

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

74
Η/Γ

**Ανάλυση κόστους οφέλους για μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης
Α.Σ.Α. δυναμικότητας έως 140MW**



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής:
Σπουδαστής:

Ψωμόπουλος Κωνσταντίνος
Σταυρόπουλος Βασίλειος AM: 33284

Αιγάλεω

Μάρτιος - 2013



Copyright © Α. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α. Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν στην εκπόνηση και υλοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας αλλά και της φοίτησης μου στη σχολή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπον καθηγητή κ. Ψωμόπουλο Κωνσταντίνο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τη στήριξη που μου παρείχε, αφ' ενός αναθέτοντας τη παρούσα πτυχιακή εργασία, και αφ' ετέρου γενικά κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο ΤΕΙ Πειραιά και της πραγματοποίησης της πρακτικής μου εργασίας στο εργαστήριο των Υψηλών Τάσεων. Τον ευχαριστώ θερμά και με ευγνωμοσύνη.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου τους γονείς μου που δε μπορώ παρά να υποκλιθώ στους κόπους τους και την υπομονή που δείχνανε συνεισφέροντας τα μέγιστα στο να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου. Ελπίζω το πτυχίο στο οποίο τόσο συνέβαλαν, να είναι μια έστω μικρή πηγή χαράς.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και να αφιερώσω την εργασία αυτή στην Ναστάζια, η οποία και με βοήθησε στην υλοποίησης της παρούσης αλλά και μου στάθηκε ψυχολογικά καθ' όλη μου τη φοίτηση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	i
Περιεχόμενα	ii
Λίστα σχημάτων	v
Λίστα πινάκων	vi
Λίστα Εικονών	vii
Summary	1
Πρόλογος	2
1^ο Κεφάλαιο ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΑΣΑ	3
1.1 Περιβάλλον	3
1.2 Στερεά απόβλητα	4
1.2.1 Αστικά Στερεά Απόβλητα	4
1.3 Ποσότητες των αστικών αποβλήτων	5
1.4 Ποιοτική ανάλυση ΑΣΑ	6
1.5 Πηγές προέλευσης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων	7
1.6 Ενεργειακό περιεχόμενο	9
1.7 Λόγοι πραγματοποίησης οικονομοτεχνικής μελέτης	11
2^ο Κεφάλαιο ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	12
2.1 Η διαχείριση στην Ελλάδα	12
2.2 Ενεργειακή κατάσταση της Ελλάδας	16
2.3 Σύντομη επισκόπηση της πορείας της ενεργειακής αγοράς	16
3^ο κεφαλαίο ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ	18
3.1 Βασικές αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων	18
3.2 Επιλογή τεχνολογίας αξιοποίησης αστικών αποβλήτων	20
3.3 Κριτήρια επιλογής τεχνολογίας διαχείρισης – επεξεργασίας	23
3.4 Τελική αποτίμηση	23
4^ο Κεφάλαιο ΚΑΥΣΗ	27
4.1 Εισαγωγή στη μονάδα καύσης	27
4.2 Υποδοχή εισερχομένων αποβλήτων	28
4.2.1 Οδική προσαγωγή	28
4.2.2 Σιδηροδρομική προσαγωγή	29
4.3 Αποθήκευση αποβλήτων και προεπεξεργασία	29
4.4 Τροφοδοσία αποβλήτων προς επεξεργασία	31
4.4.1 Φρεάτιο τροφοδοσίας	31
4.4.2 Γερανός	31
4.5 Θερμική επεξεργασία αποβλήτων - Εστίες Καύσης	32
4.5.1 Εστία κινούμενων σχαρών	34
4.5.1.1 Προδιαγραφές	35
4.5.1.1.1 Πρωτογενής αέρας καύσης:	36
4.5.1.1.2 Δευτερογενής αέρας καύσης:	36
4.5.1.2 Απαιτήσεις που επηρεάζουν το σχεδιασμό της εστίας καύσης σχαρών	36
4.5.1.3 Διαρροές σχάρας	38
4.5.1.4 Δοχείο τέφρας πυθμένα	38
4.5.1.5 Εφεδρικοί καυστήρες	39
4.5.2 Εστία περιστρεφόμενου κλιβάνου	39
4.5.3 Εστία ρευστοποιημένης κλίνης	42
4.6 Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (Λέβητες)	44
4.6.1 Κατασκευαστικές παραλλαγές	44

4.6.2	Παραγωγή ενέργειας στο λέβητα.....	45
4.7	Συστήματα ελέγχου εκπομπών και αέριας ρύπανσης	46
4.7.1	Σύσταση καυσαερίων	46
4.7.2	Επεξεργασία και έλεγχος.....	47
4.7.3	Απομάκρυνση ιπτάμενων σωματιδίων	48
4.7.3.1	Κυκλώνες.....	49
4.7.3.2	Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (ESP, Electrostatic Precipitator).....	50
4.7.3.3	Σακκόφιλτρα.....	51
4.7.4	Απομάκρυνση όξινων αερίων.....	52
4.7.4.1	Υγρή διεργασία.....	53
4.7.4.2	Ημι-υγρή ή ημι-ξηρή διεργασία.....	55
4.7.4.3	Ξηρή διεργασία.....	55
4.7.4.3.1	Διάταξη venturi	55
4.7.4.3.2	Πύργοι πληρωτικού υλικού	56
4.7.4.3.3	Πύργοι με δίσκους	56
4.7.4.3.4	Πύργοι ψεκασμού	56
4.7.5	Μείωση εκπομπών οξειδίων αζώτου (NO _x)	56
4.7.6	Μείωση οργανικών ενώσεων.....	57
4.7.7	Μείωση εκπομπών υδραργύρου	58
4.7.8	Μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (CO ₂ , N ₂ O).....	58
4.8	Επεξεργασία και έλεγχος υδατικών υπολειμμάτων.....	58
4.8.1	Έλεγχος εκροής.....	59
4.8.2	Μέθοδοι επεξεργασίας.....	59
4.9	Επεξεργασία και έλεγχος στερεών υπολειμμάτων	59
4.9.1	Είδη υπολειμμάτων.....	59
4.9.2	Επεξεργασία υπολειμμάτων από την καύση και την επεξεργασία των καυσαερίων.....	60
5^ο	Κεφάλαιο ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	62
5.1	Διαμόρφωση κόστους παραγωγής.....	62
5.2	Ανάλυση Μεθοδολογίας.....	63
5.3	Διαδικασία οικονομικής ανάλυσης	64
5.3.1	Χαρακτηριστικά αποβλήτων	64
5.3.1.1	Ποσότητα αστικών αποβλήτων.....	64
5.3.1.2	Σύνθεση αστικών αποβλήτων	64
5.3.2	Επιλογές Αξιοποίησης Αποβλήτων	66
5.3.2.1	Τύπος μονάδας.....	66
5.3.2.2	Βαθμός απόδοσης.....	66
5.3.2.3	Ποσότητα ετήσιας παραγωγής ενέργειας.....	67
5.3.2.4	Εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού	67
5.3.3	Έξοδα μονάδας	68
5.3.4	Έσοδα	70
5.3.4.1	Τέλη αποθέσεως - Gate fees	70
5.3.4.2	Έσοδα από πώληση παραγόμενης ενέργειας	71
5.3.4.3	Συνολικά έσοδα	72
5.3.5	Απολογισμός οικονομικών μεγεθών.....	73
5.3.6	Λεπτομέρειες επένδυσης.....	73
5.3.7	Οικονομικοί παράμετροι.....	74
5.3.8	Κεφαλαιακή διάρθρωση επένδυσης	75
5.3.9	Δανειακή ανάλυση.....	76
5.3.10	Ανάλυση ταμειακών ροών.....	76
5.4	Σύνοψη Αποτελεσμάτων	78
5.4.1	Επεξήγηση όρων καθορισμού βιωσιμότητας της επένδυσης	78
5.4.1.1	NPV - Καθαρή Παρούσα Αξία.....	78
5.4.1.2	IRR - Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης	78
5.4.1.3	DPB - Εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης.....	80

5.4.1.4	<i>BCR - Συντελεστής κέρδους έναντι κόστους</i>	81
5.4.2	Αποτελέσματα υπολογισμών	81
5.4.2.1	<i>Βασικό σενάριο</i>	81
5.4.2.2	<i>Βασικό σενάριο με οφέλη πώλησης υπολειμμάτων</i>	83
5.4.2.3	<i>Σενάριο δανειακού επιτοκίου 2%</i>	83
5.4.2.4	<i>Σενάριο επιτοκίου 2% με οφέλη πώλησης υπολειμμάτων</i>	85
5.4.2.5	<i>Ελκυστικό σενάριο επιτοκίου 2% και προεξοφλητικού επιτοκίου 10%</i>	85
5.4.2.6	<i>Ελκυστικό σενάριο επιτοκίου 2% και προεξοφλητικού επιτοκίου 10% με οφέλη πώλησης υπολειμμάτων</i>	86
5.4.3	Σύνοψη αποτελεσμάτων	86
6^ο	Κεφάλαιο ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
	Βιβλιογραφία	88
	Παράρτημα 1	90

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1 Εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης για τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ελληνική επικράτεια	13
Σχήμα 5.1 Μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων	64
Σχήμα 5.2 Μεταβολή του gate fee σε σχέση με τη δυναμικότητα [27]	71
Σχήμα 5.3 Διάγραμμα IRR,DPB/Gate fee.....	82
Σχήμα 5.4 Διάγραμμα IRR,DPB / Investment cost	82
Σχήμα 5.5 Διάγραμμα IRR,DPB / Δανειακό Επιτόκιο.....	83
Σχήμα 5.6 Διάγραμμα IRR,DPB/Gate fee.....	84
Σχήμα 5.7 Διάγραμμα IRR,DPB/Gate fee.....	85

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα (kg/ άτομο/ μέρα)- Τυπικές τιμές	6
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 ΕΚΠΑ, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Πολυτεχνείο της Δρέσδης.	7
Πίνακας 1.3 Γενική διάκριση ΑΣΑ, ως προς την πηγή προέλευσης.....	8
Πίνακας 1.4 Στοιχειακή ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων	9
Πίνακας 1.5 Περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε μέταλλα	10
Πίνακας 2.1 Τα χαρακτηριστικά των πέντε εργοστασίων ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας της Ελλάδας	14
Πίνακας 2.2 Συνοπτικά στοιχεία παραγωγής και διάθεσης Α.Σ.Α. στην Ελλάδα	15
Πίνακας 2.3 Προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση και παραγωγή Α.Σ.Α. στην Ελλάδα ...	16
Πίνακας 3.1 Ποσότητες ΑΣΑ σε χιλιάδες tn που αποτεφρώθηκαν τις αναγραφόμενες χρονολογίες (Eurostat).....	21
Πίνακας 3.2 Ποιοτική αποτίμηση-σύγκριση τεχνικών παραμέτρων από τη χρήση μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. [ΤΕΕ].....	24
Πίνακας 5.1 Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο. [25].....	65
Πίνακας 5.2 Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη [26].....	68
Πίνακας 5.3 Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη [26].....	69
Πίνακας 5.4 Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες [29]	71
Πίνακας 5.5 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου 1.	81
Πίνακας 5.6 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου πώλησης υπολειμμάτων.....	83
Πίνακας 5.7 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου 2.	84
Πίνακας 5.8 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου 2β.	85
Πίνακας 5.9 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων ελκυστικότερου σεναρίου.....	85
Πίνακας 5.10 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων ελκυστικότερου σεναρίου με πώληση υπολειμμάτων	86
Πίνακας 5.11 Συγκεντρωτικός πίνακας χωρίς εκμετάλλευση υπολειμμάτων.....	86
Πίνακας 5.12 Συγκεντρωτικός πίνακας με εκμετάλλευση υπολειμμάτων.....	86

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Μονάδα Θερμικής Επεξεργασίας στο Alkmaar, Ολλανδία.....	11
Εικόνα 2.1 ΧΥΤΑ φυλής.....	14
Εικόνα 3.1 Επιλογές διαχείρισης στερεών αποβλήτων.....	19
Εικόνα 3.2 Αριθμός εργοστασίων αποτέφρωσης σε λειτουργία σε Ευρωπαϊκές Χώρες (Eurostat).....	22
Εικόνα 4.1 τυπική διάταξη μονάδας WTE.....	27
Εικόνα 4.2 Φρεάτιο τροφοδοσίας με μορφή χοάνης.....	31
Εικόνα 4.3 Γερανός "αρπαγής" αποβλήτων[13].....	32
Εικόνα 4.4 Τύποι Αποτεφρωτών (α)κινούμενων εσχάρων, (β)περιστρεφόμενου κλιβάνου, (γ) ρευστοποιημένης κλίνης [14].....	33
Εικόνα 4.5 Χαρακτηριστικά της καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες.....	35
Εικόνα 4.6 Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου.....	40
Εικόνα 4.7 Βασικά μέρη σταθερής ρευστοποιημένης κλίνης [12].....	42
Εικόνα 4.8 Ρευστοποιημένη κλίση με ανακυκλοφορία.....	43
Εικόνα 4.9 Κάθετοι και Οριζόντιοι Λέβητες παραγωγής ατμού.....	45
Εικόνα 4.10 Διάγραμμα ροής διεργασίας ελέγχου αέριας ρύπανσης.....	47
Εικόνα 4.11 Εξαρτήματα και Λειτουργία των τριών συστημάτων αφαίρεσης στερεών σωματιδίων [20].....	49
Εικόνα 4.12 Λειτουργία Κυκλώνων[21].....	50
Εικόνα 4.13 Ηλεκτροστατικό φίλτρο [19].....	51
Εικόνα 4.14 Σακκόφιλτρα [21].....	52
Εικόνα 4.15 Υγρή πλυντρίδα καθαρισμού καυσαερίων.....	54
Εικόνα 4.16 Αρχή λειτουργίας στεγνής πλυντρίδας [20].....	55
Εικόνα 4.17 Σύστημα SNCR Μονάδας Martin gmbh.....	57
Εικόνα 4.18 Ισοζύγιο μάζας για την διαδικασία της καύσης [6].....	60
Εικόνα 5.1 Καρτέλα χαρακτηριστικών αποβλήτων.....	65
Εικόνα 5.2 Καρτέλα επιλογής τύπου παραγωγής.....	67
Εικόνα 5.3 Καρτέλα εξόδων επένδυσης.....	69
Εικόνα 5.4 Καρτέλα εσόδων.....	72
Εικόνα 5.5 Καρτέλα σύνοψης εσόδων - εξόδων.....	73
Εικόνα 5.6 Καρτέλα οικονομικών λεπτομερειών.....	74
Εικόνα 5.7 Καρτέλα οικονομικών παραμέτρων.....	75
Εικόνα 5.8 Καρτέλα κεφαλαιακής διάρθρωσης της επένδυσης.....	76
Εικόνα 5.9 Καρτέλα διάρθρωσης δανείων.....	76
Εικόνα 5.10 Καρτέλα ταμειακών ροών.....	77
Εικόνα 5.11 Καρτέλα οικονομικών αποτελεσμάτων βιωσιμότητας της επένδυσης (βασικό σενάριο).....	81

SUMMARY

The aim of this graduation thesis is to perform a feasibility assessment on the development of an MSW combustion plant for the area of Athens, Greece. The installed power of the plant is up to 140MW and the annual capacity of MSW is about 1 ton. The MSW combustion plant is planned to be built in the Industrial Zone of Athens, in Aspropirgos, which is situated in a distance of 20 km from the city's centre. This particular site will utilise a serious fraction of the local MSW producing electricity for the city. Apart from power production benefit, its operation would provide an effective means of dealing successfully with the industrial and municipal waste-handling problem. The feasibility study covers the areas of the current situation of the MSW handling in Greece, Plant Set-up Analysis and Economic Assessment. The purpose of this thesis is to assess the viability of the project under various conditions.

Keywords: MSW, energy, mass burning process, waste to energy, feasibility study, RDF/SRF, emissions, environment, combustion plant

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται η παρουσίαση μιας όσο το δυνατόν ολοκληρωμένης εικόνας γύρω από το θέμα των αστικών αποβλήτων και της αξιοποίησης αυτών. Αναλύεται ο κλάδος, οι δυνατότητες για ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας και τα οφέλη από τη χρήση της. Ιδιαίτερα κρίσιμος στόχος είναι η τεχνικοοικονομική αξιολόγηση επένδυσης σε μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων που αποτελεί τεχνολογία με υψηλές προοπτικές στην μελλοντική επιχειρηματική δραστηριότητα και με ιδιαίτερη συμβολή στην αντιμετώπιση των μεγάλων σύγχρονων κρίσεων που εντοπίζονται σε οικονομικό, και περιβαλλοντικό επίπεδο. Ο στόχος αυτός πραγματοποιείται με την ανάλυση κόστους – οφέλους, όπου διερευνάται η βιωσιμότητα της επένδυσης μιας μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στην Ελλάδα. Αρχικά γίνεται μια σύντομη εισαγωγή περί ΑΣΑ και τις ποσότητες αυτών και τη ποιοτική ανάλυση καθώς και το ενεργειακό τους περιεχόμενο. Έπειτα δίνεται η περιγραφή της διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα, όπως επίσης και αναλύεται η ενεργειακή κατάσταση της. Η ενεργειακή αξιοποίηση μέσω της καύσης ΑΣΑ μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους και στη παρούσα εργασία περιγράφεται η μέθοδος που επιλέγεται για ανάλυση κόστους, αλλά και ο λόγος που επιλέχθηκε αυτή η μέθοδος. Η καύση των ΑΣΑ είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως σε μεγάλες, βόρειες και πλούσιες χώρες της Ευρώπης. Αυτή η τεχνολογία επεξεργασίας των ΑΣΑ σε πολλές χώρες φτάνει έως και το 50% (π.χ. Ελβετία και Δανία) της συνολικής διαχείρισης των ΑΣΑ. Μια σύντομη ανάλυση μιας μονάδας καύσης είναι απαραίτητη για την κατανόηση του ύψους της επένδυσης καθώς και της πολυπλοκότητας της κατασκευής. Κατά την οικονομική ανάλυση περιγράφονται αναλυτικά όλα τα έσοδα και τα έξοδα του εγχειρήματος ενώ προσεγγίζονται όλες οι συνθήκες που μπορούν να προβλεφθούν και χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες οικονομικοί μέθοδοι για την αξιολόγηση της επένδυσης. Για την υλοποίηση της ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το ειδικά εξειδικευμένο λογισμικό **Waste Incineration Study & Evaluation** που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προγράμματος WTE ISLE.

Λέξεις κλειδιά: Περιβάλλον, αστικά στερεά απόβλητα, ενέργεια, διαχείριση αποβλήτων, θερμική επεξεργασία, ανάλυση κόστους, εγκατεστημένη ισχύς, σκουπίδια, υπολείμματα.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΑΣΑ

1.1 Περιβάλλον

Το περιβάλλον ορίζεται ως «το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα ζωής, την υγεία των κατοίκων την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες». Επιτακτική μοιάζει να είναι η ανάγκη της σύγχρονης κοινωνίας, με τα τόσα περιβαλλοντικά προβλήματα, για διαχείριση του περιβάλλοντος κατά αειφόρο τρόπο. Δηλαδή κατά τρόπο, ο οποίος θα ικανοποιεί τις ανάγκες των σημερινών γενεών, χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Ένας από τους παράγοντες, που αποτελούν σημαντική επιβάρυνση για το περιβάλλον, είναι τα απορρίμματα. Ο όγκος των απορριμμάτων που παράγουμε συνεχώς αυξάνει λόγω της αύξησης του ρυθμού ανάπτυξης αλλά και της αλλαγής στα καταναλωτικά πρότυπα. Ταυτόχρονα, όμως, αυξάνει και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και γίνεται ολοένα και πιο έντονη η απαίτηση των πολιτών, για την ορθή διαχείριση τους. Κάθε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων, πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο ο οποίος θα εξασφαλίζει, με σειρά προτεραιότητας, τα παρακάτω:

- Την ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων, με ενθάρρυνση της μείωσης δημιουργίας,
- Την επαναχρησιμοποίηση των υλικών,
- Την ανακύκλωση των υλικών και
- Την ανάκτηση ενέργειας, σε ειδικές εγκαταστάσεις με παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι εφαρμόζοντας τις παραπάνω αρχές στη διαχείριση των απορριμμάτων, τα τελευταία, όχι μόνο δεν θα αποτελούν επιβάρυνση για το περιβάλλον, αλλά θα μπορούν να θεωρηθούν ως μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας και μάλιστα σε μια εποχή όπου οι φυσικοί πόροι εξαντλούνται. Έτσι, δίνεται λύση στην εύρεση νέων πηγών ενέργειας, καθώς μπορούν να χρησιμοποιούνται και τα απορρίμματα, σε συνδυασμό με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (αιολική, ηλιακή), για την παραγωγή ενέργειας.

1.2 Στερεά απόβλητα

«Στερεά απόβλητα» ή απορρίμματα ορίζονται τα, ανθρωπογενούς κυρίως προέλευσης, στερεά ή ημιστερεά υλικά τα οποία στερούνται άμεσης αξίας και είναι ανεπιθύμητα για το άτομο που τα κατέχει, το οποίο επιθυμεί να τα απορρίψει (δηλαδή το κόστος απόρριψης ή αποβολής τους είναι μικρότερο από το κόστος διατήρησής τους). Τα στερεά απόβλητα με την ευρύτερη έννοια περιλαμβάνουν υλικά που παράγονται όχι μόνο σε αστικές περιοχές αλλά και λόγω αγροτικών, βιομηχανικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Είναι αντικείμενα ή υλικά από τα οποία ο κάτοχος τους θέλει ή πρέπει ή υποχρεούται να απαλλαγεί.

Κάθε αγαθό δημιουργείται με σκοπό την εξυπηρέτηση των αναγκών του ατόμου στο οποίο ανήκει. Αν η χρησιμότητα του αγαθού αυτού πάψει να υφίσταται, δηλαδή, το αγαθό σταματήσει να έχει σκοπό ύπαρξης, ενδεχομένως διότι η αρχική ανάγκη έχει εκλείψει και καμία νέα ανάγκη δεν έχει ανακύψει για το αγαθό, τότε αυτό θεωρείται «απόβλητο» για τον ιδιοκτήτη του. Για έναν άλλον πολίτη όμως το συγκεκριμένο αγαθό θα μπορούσε να έχει νέο σκοπό ύπαρξης, αποβάλλοντας από αυτό την ιδιότητα του απόβλητου και αποδίδοντας του και πάλι την ιδιότητα του αγαθού (τέτοια παραδείγματα εντοπίζονται συχνά με τα παλιά έπιπλα, τα μεταχειρισμένα ρούχα, τα ανακτώμενα χαρτιά, τα υλικά που προκύπτουν από κατεδαφίσεις κτλ.). Ως επί αυτών, η έννοια του αποβλήτου σχετίζεται με ένα υποκείμενο, έναν ιδιοκτήτη, δεδομένου μάλιστα ότι και η χρησιμότητα ενός αγαθού είναι υποκειμενική. Συμπληρωματικά, ακριβώς σε αυτή την διαπίστωση βασίζονται οι έννοιες της επαναχρησιμοποίησης, της ανάκτησης και της ανακύκλωσης των «αποβλήτων».[1]

Όσον αφορά την διάκριση μεταξύ αγαθού και αποβλήτου οι απόψεις δίστανται εδώ και πολλά χρόνια, στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης χωρίς να έχουν δοθεί ικανοποιητικοί ορισμοί, οι οποίοι να προσδιορίζουν τον διαχωρισμό αυτό, το πότε και πώς ένα προϊόν μετατρέπεται σε απόβλητο και το πότε και πώς ένα απόβλητο μετατρέπεται και πάλι σε προϊόν.[1]

Επί της ουσίας, το τι είναι ή τι δεν είναι ΑΣΑ είναι θέμα ορισμού ή σύμβασης. Κατά την προσπάθεια των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης να ενσωματώνουν τη νομοθεσία, συχνά προκύπτουν διαφορετικοί ορισμοί. Έτσι προκύπτει η αναγκαιότητα σαφούς και ενιαίου πλαισίου αναφοράς, ώστε να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις, αναλύσεις και προβλέψεις, αλλά κυρίως να μπορεί ο διαχειριστής και να θέτει υπόψη των αρμόδιων οργάνων εναλλακτικές μεθόδους διαχείρισης προς επιλογή. [1]

1.2.1 Αστικά Στερεά Απόβλητα

«Αστικά Στερεά Απόβλητα» ορίζονται ως τα στερεά απόβλητα που παράγονται από τα νοικοκυριά (οικιακά στερεά απόβλητα), τις εμπορικές δραστηριότητες (εμπορικά στερεά απόβλητα) και τον καθαρισμό των δρόμων. Στα ΑΣΑ συμπεριλαμβάνονται και άλλα στερεά απόβλητα, τα οποία μπορούν από τη φύση τους ή τη σύνθεσή τους να εξομοιωθούν με τα οικιακά στερεά απόβλητα. Τα αστικά στερεά απόβλητα αναφέρονται και ως δημοτικά στερεά απόβλητα.[2]

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τον ορισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ. Σχέδιο Οδηγίας 6919/98), ως ΑΣΑ θεωρούνται τα οικιακά απόβλητα και τα άλλα απόβλητα τα οποία λόγω της φύσης ή της σύνθεσής τους είναι παρόμοια με τα οικιακά. Ο παραπάνω ορισμός, αν και

σε κάποιο βαθμό είναι ασαφής, διαχωρίζει τα αστικά στερεά απόβλητα από τρεις άλλες βασικές κατηγορίες, τα επικίνδυνα απόβλητα (κυρίως βιομηχανικά ή μολυσματικά), τα αδρανή απόβλητα (κυρίως από οικοδομικές εργασίες) και τις ιλύες, για τα οποία προβλέπεται χωριστή συλλογή και επεξεργασία/διάθεση (με εξαίρεση τις ιλύες για τις οποίες είναι δυνατή η συνύπαρξη και συνδιάθεση).[3]

Τα αστικά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ετερογενές συνονθύλευμα 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. [4]

1.3 Ποσότητες των αστικών αποβλήτων

Η άνοδος του βιοτικού επιπέδου που συνεχώς αυξάνεται σε συνάρτηση με την οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων, είχε σαν συνέπεια την αύξηση των ποσοτήτων των στερεών απορριμμάτων καθώς και την αλλαγή της σύστασής τους. Λόγω της αύξησης αυτής, έχει προκύψει η αναγκαιότητα σωστής και κατάλληλης διαχείρισής τους.[5]

Οι ποσότητες και η σύνθεση των ΑΣΑ ποικίλουν μεταξύ περιοχών και πόλεων, από χρόνο σε χρόνο, καθώς και από μήνα σε μήνα (γεωγραφικά, διαχρονικά και διεποχικά), καθώς εξαρτώνται από τα κοινωνικοοικονομικά και καταναλωτικά χαρακτηριστικά των κατοίκων. Οι διεποχιακές διαφοροποιήσεις οφείλονται σε διαφορές στην τροφή, σε απόβλητα κήπων, στη χρήση υπαίθριων χώρων κτλ.

Οι παράγοντες επηρεασμού των ΑΣΑ είναι τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- Το νοικοκυριό: Δηλαδή το βιοτικό επίπεδο, οι καταναλωτικές συνήθειες, ο τρόπος ζωής, το μέγεθος του νοικοκυριού, η συχνότητα συλλογής κτλ.
- Το γεωγραφικό διαμέρισμα: Δηλαδή το μέγεθος του διαμερίσματος, η τουριστική κίνηση σε αυτό, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτό, τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης κατοικιών, τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά, η διευκόλυνση που παρέχεται από τον φορέα κ. α.
- Η μακροοικονομία: Δηλαδή, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, το οικογενειακό εισόδημα κ.α.
- Τα προϊόντα Δηλαδή, τα υλικά παραγωγής, η συσκευασία, η διάρκεια ζωής κ.α. [1]

Επίσης, θα πρέπει να προστεθούν ακόμη ως παράγοντες επηρεασμού των ΑΣΑ, η εποχή, η χρήση σκουπιδοφάγων, η έκταση της ανακύκλωσης, οι εφαρμοζόμενες πολιτικές πρόληψης και η νομοθεσία.[3]

Από παλαιότερα, η ανά άτομο παραγωγή ΑΣΑ παρουσιάζει αυξητική τάση, αυξανόμενου του οικονομικού επιπέδου ζωής και αντιπροσωπεύεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, έως μηδενικά για τις φτωχές χώρες, ενώ φτάνουν μέχρι τα 4 kg/ άτομο/μέρα σε ορισμένες περιοχές των Η.Π.Α.

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.[6]

Πλέον μιλάμε για αξιοσημείωτα αυξημένη παραγωγή αποβλήτων, που υπολογίζονται περί τα 2,2Mt/year στην Αττική.

Πίνακας 1.1 Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα (kg/ άτομο/ μέρα)- Τυπικές τιμές

Πληθυσμός Οικισμού ή Πόλης	Οικιακά Απόβλητα	Εμπορικά, Ιδρυμάτων, Κατασκευών	Σύνολο
<2.000	0.5	0.2	0.7
2.000-10.000	0.7	0.2	0.9
10.000-100.000	0.7	0.3	1.0
>100.000	0.8	0.5	1.3

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.

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 ΕΚΠΑ, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Πολυτεχνείο της Δρέσδης.

Παράμετρος	Μονάδα Μέτρησης	Ελάχιστο	Μέγιστο	Διάμεση Τιμή	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Υγρασία	(%)	30,0	48,2	37,2	37,5	4,6
pH			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
Αζωτο (TKN)	(%)d,w	0,61	1,30	0,95	0,93	0,23
Αγωγιμότητα	(mS/cm)	0,94	2,08	1,49	1,46	0,27
Θερμογόνος Δύναμη	(Kcal/Kg)d,w	2230	4794	2547	3045	715
Ολικό Χλωριούχα (Cl)	(%)d,w	0,13	1,45	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	
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	75,5	85,1	37,3

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 με αποτέλεσμα την έκλυση οσμών και την προσέλκυση εντόμων.

1.5 Πηγές προέλευσης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Για να μπορέσουμε να διαχειριστούμε τον όγκο των στερεών αποβλήτων, απαιτείται πρώτα επαρκής χαρακτηρισμός της γνώσης προέλευσης, του ρυθμού παραγωγής και της σύστασης τους.

Στον παρακάτω πίνακα 1.3 δείχνονται οι συνήθεις πηγές και τα είδη των ΑΣΑ. Ακόμη, προσδίδεται η διαφοροποίηση μεταξύ οικιακών και αστικών αποβλήτων. Οι ιλύες βιολογικών καθαρισμών, τα υπολείμματα της καύσης, τα υπολείμματα των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων και των κατεδαφίσεων και τα απόβλητα των νοσοκομείων, κατά κανόνα δεν περιλαμβάνονται στα ΑΣΑ, δεδομένου ότι δεν έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα οικιακά απόβλητα. Τα παραπάνω παρουσιάζονται αναλυτικότερα στον πίνακα 1.3 που ακολουθεί.[3],[1]

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.[7]

Πίνακας 1.3 Γενική διάκριση ΑΣΑ, ως προς την πηγή προέλευσης

Χαρακτηρισμός Πηγής Αποβλήτων	Τυπικές Δραστηριότητες ή Εγκαταστάσεις όπου Παράγονται	Τύποι και Συστατικά Αποβλήτων
Οικιακά Απόβλητα	Κατοικίες, Πολυκατοικίες	Τροφικά Υπολείμματα, Ζυμώσιμα, Χαρτιά, Χαρτόνια, Πλαστικά, Υφάσματα, Δέρματα, Ξύλα, Απόβλητα Κήπων, Γυαλιά, Μέταλλα, Τέφρα, Ογκώδη Αντικείμενα, Επικίνδυνα/Τοξικά Απόβλητα, Ηλεκτρικά είδη/Συσκευές, κτλ
Εμπορικά Απόβλητα	Καταστήματα, Εστιατόρια, Γραφεία, Ξενοδοχεία, Μικρές Βιοτεχνίες, Τυπογραφεία, Συνεργεία, Ελαφρά Βιομηχανία κτλ	Χαρτιά, Χαρτόνια, Πλαστικά, Ξύλα, Τροφικά Υπολείμματα, Γυαλιά, Μέταλλα, Ειδικά Απόβλητα (ηλεκτρικές συσκευές, άλλες συσκευές, επικίνδυνα τοξικά απόβλητα, κτλ)
Απόβλητα Ιδρυμάτων	Σχολεία, Νοσοκομεία, Δικαστήρια κτλ (δεν περιλαμβάνονται τα μολυσματικά απόβλητα)	Χαρτιά, Χαρτόνια, Πλαστικά, Ξύλα, Τροφικά Υπολείμματα, Γυαλιά, Μέταλλα, Ειδικά Απόβλητα (ηλεκτρικές συσκευές, επικίνδυνα/τοξικά απόβλητα, κτλ)
Απόβλητα Κατασκευαστών και Κατεδαφίσεων	Νέες κατασκευές κτιρίων, δρόμων, κτλ. Κατεδαφίσεις	Ξύλα, Σκυρόδεμα, Τούβλα, Καλώδια, Μέταλλα, Χώμα, Πέτρες, κτλ
Απόβλητα Καθαρισμού Κοινόχρηστων Χώρων	Καθαρισμός Οδών, Πάρκων, Παραλίων, Χώρων Αναψυχής	Σκουπίδια, Ξύλα, Κλαδιά, κτλ
Απόβλητα Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Αποβλήτων	Καύση Αποβλήτων, Βιολογικοί Καθαρισμοί, Σηπτικές Δεξαμενές, κτλ	Τέφρα, Ιλύς (λυματολόαση)

Είναι προφανές πως η ενέργεια από απορρίμματα συμπεριλαμβάνεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Η ανθρώπινη, η αγροτική, η βιομηχανική δραστηριότητα είναι συνεχής και ανανεώσιμη. Παράγει απόβλητα, πηγή συνεχούς και ανανεώσιμης ενέργειας. Η αποτέφρωση των οικιακών, βιομηχανικών, γεωργικών αποβλήτων μας επιτρέπει να ανακτήσουμε ενέργεια υπό μορφή θερμότητας ή ηλεκτρισμού ή και των δύο (συμπαραγωγή Θερμότητας - Ηλεκτρισμού) και απαλλάσσει το περιβάλλον από τα σκουπίδια.

Κάθε κάτοικος «παράγει», στην Ευρώπη, περίπου 1Kg οικιακά απορρίμματα (το διπλάσιο στη Βόρειο Αμερική). Τα οικιακά απόβλητα περιέχουν, ανάλογα με τις χώρες από 24 - 40% χαρτικά, 20-30% απόβλητα της κουζίνας ή του κήπου 5-11% πλαστικά. Όλα αυτά τα απόβλητα καθώς και τα υφάσματα είναι καύσιμα. Σε αντίθεση, το γυαλί (6-13%) και τα μέταλλα (4-8%) δεν είναι. Εκτιμάται λοιπόν πως περίπου το 70% των οικιακών μας απορριμμάτων είναι καύσιμα. Παρόλα αυτά η αποτέφρωση είναι κατ' αρχήν ένας τρόπος εξάλειψης των οικιακών αποβλήτων (μειώνοντας το βάρος τους κατά 70% και τον όγκο 90%) πριν αποτελέσουν μέσο παραγωγής ενέργειας. Πρωταθλήτριες στην αποτέφρωση αποβλήτων είναι η Ιαπωνία (περισσότερο από 70% των αποβλήτων) και η Γαλλία (43% των αποβλήτων). Στη Γαλλία το 2004, περισσότερα από 80% των 134 γαλλικών εργοστασίων αποτέφρωσης ανακτούσαν την ενέργεια και καθώς πρόκειται για τεράστιες εγκαταστάσεις, 95% των αποτεφρωμένων αποβλήτων αξιοποιούνταν υπό μορφή ενέργειας.

1.6 Ενεργειακό περιεχόμενο

Γενικά, τα απορρίμματα από την πλευρά της δυνατότητας καύσης τους μπορούν να καταταγούν σε δύο κατηγορίες: αυτά που μπορούν να καούν όπως τα ζυμώσιμα υλικά, πλαστικό, χαρτί, ξύλο, ελαστικά, δέρμα, υφάσματα, κ.α., και αυτά που δεν καίγονται όπως το γυαλί, τα μέταλλα, τα αδρανή, κ.α. Η περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε υγρασία και τέφρα, καθώς και σε καύσιμη ύλη, εξαρτώνται από τη σύσταση των απορριμμάτων, το είδος δηλαδή των διαφόρων υλικών που περιέχονται σε αυτά. Η στοιχειακή ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.4

Πίνακας 1.4 Στοιχειακή ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων

ΥΛΙΚΑ	C	H	O	N	Cl	S	H ₂ O	Τέφρα
Εφημερίδες	36,62	4,66	31,76	0,11	0,11	0,19	25,00	1,55
Βιβλία Περιοδικά	32,93	4,64	32,85	0,13	0,13	0,21	16,00	13,13
Υπόλοιπα Χαρτιά	32,41	4,51	29,91	0,61	0,61	0,19	23,00	9,06
Πλαστικά	56,43	7,79	8,05	3,00	3,00	0,29	15,00	8,59
Ελαστικά, Δέρμα	43,09	5,37	11,57	1,34	4,97	1,17	10,00	22,49
Ξύλο	41,20	5,03	34,55	0,24	0,09	0,07	16,00	2,82
Υφάσματα	37,23	5,02	27,11	3,11	0,27	0,28	25,00	1,98
Υπολείμματα Κήπων	23,29	2,93	17,54	0,89	0,13	0,15	45,00	10,07
Υπολείμματα Κουζίνας	17,93	2,55	12,85	1,13	0,38	0,06	60,00	5,10
Μέταλλα	4,31	0,60	3,94	0,05	0,07	0,01	5,00	85,97
Γυαλί Κεραμικά	0,50	0,07	0,35	0,03	0,01	0,00	2,00	97,04

Η συμμετοχή του χαρτιού - χαρτονιού σε βαρέα μέταλλα είναι σχετικά χαμηλή. Οι τοξικές ουσίες προέρχονται από τα πρόσθετα και τα βοηθητικά υλικά.

Τα πρόσθετα υλικά είναι ορυκτά (καολίνες - πηλός, κλπ.) ή συνθετικά (διοξείδιο του τιτανίου, υδροξείδιο του αλουμινίου, κλπ.). Επίσης χαμηλή είναι και η τιμή του υδραργύρου ο οποίος προέρχεται από τα βοηθητικά υλικά. Το χαρτί - χαρτόνι αποτελεί την κύρια πηγή για το φθόριο και το θείο. Υπολογίζεται ότι το 50% του φθορίου και το 24% του θείου προέρχεται από την ομάδα αυτή των υλικών. Τα πλαστικά αποτελούν την βασική πηγή για το χλώριο, το κάδμιο, θείο, μόλυβδο, φθόριο και υδράργυρο, τα οποία βρίσκονται στους σταθεροποιητές.

Όταν χρησιμοποιείται ως μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων ή υγειονομική ταφή, δεν υπάρχει μεγάλο πρόβλημα από το κάδμιο, σε αντίθεση με την καύση όπου π.χ. τα πιγμέντα διασπώνται σε θερμοκρασία 600°C. Στην κατηγορία των ζυμώσιμων (λαχανικά φρούτα, τροφές) υπάρχουν κυρίως τα βαρέα μέταλλα Cu, Pb, Zn, Cd, Hg.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί όταν αναμιγνύονται τα οικιακά, τα κλαδιά, και τα φύλλα που προέρχονται από κήπους. Οι μεγαλύτερες ποσότητες Zn (25%), F (30%), και S (19%) βρίσκονται στα απορρίμματα αυτής της κατηγορίας. Ο βαθμός εκπομπής των επικίνδυνων ουσιών εξαρτάται από τις συνθήκες καύσης και την κινητικότητα των αερίων. Οι συνθήκες αυτές μπορούν να προσδιοριστούν εκτός από την σύνθεση των απορριμμάτων, από τη θερμοκρασία και τη λειτουργία της μονάδος. Από τη σύγκριση των επικίνδυνων ουσιών που περιέχονται στα απορρίμματα στην Ελλάδα με τα απορρίμματα άλλων χωρών, προκύπτει ότι στα Ελληνικά απορρίμματα παρουσιάζονται χαμηλές τιμές του Pb, Zn και Cu σε αντίθεση με τις υψηλές τιμές στο Cd. Στον Πίνακα 1.5 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων σε μέταλλα.

Η καύση και γενικότερα η ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων, συνδέεται με το ποσό θερμότητας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση τους. Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση της μονάδας μάζας ενός υλικού εκφράζεται ως η θερμογόνος δύναμη του υλικού αυτού. Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των υδρατμών που παράγονται κατά την καύση, η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται ως ανώτερη (οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε υγρό) και σε κατώτερη (οι υδρατμοί παραμένουν στην αέρια φάση).

Η θερμογόνος δύναμη ενός υλικού εξαρτάται από την περιεκτικότητα του στα βασικά καύσιμα στοιχεία, που είναι ο άνθρακας και το υδρογόνο και σε μικρότερο ποσοστό το θείο.

Σημαντικές παραμέτρους για τη δυνατότητα καύσης ενός υλικού, αποτελούν η περιεκτικότητα του σε υγρασία και τέφρα. Η υγρασία (στην ουσία το νερό) που περιέχεται στα απορρίμματα αποτελεί εμπόδιο για την εύκολη καύση τους επειδή απαιτεί σημαντικό ποσό ενέργειας για να απομακρυνθεί ώστε να μπορέσουν τα απορρίμματα να καούν και να αποδώσουν το θερμικό φορτίο που περιέχουν. Από την άλλη, η τέφρα αποτελείται από ανόργανα συστατικά που περιέχονται στα απορρίμματα (μέταλλα, γυαλί και άλλα αδρανή όπως χώμα) τα οποία δε μπορούν να καούν, και επιπρόσθετα θα πρέπει να απομακρυνθούν από το χώρο στον οποίο γίνεται η καύση απορριμμάτων.[6]

Πίνακας 1.5 Περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε μέταλλα

Υλικό	Cd	Cu	Fe	Hg	Mn	Na	Pb	Zn
Χαρτί	2	100	2000	0,1	75	1550	125	375
Πλαστικά	14	525	3875	0,4	100	1475	800	975
Ζυμώσιμα	4	575	7025	2	300	3575	900	750
Σκόνες	3	27	12050	0,3	625	2500	550	1125

1.7 Λόγοι πραγματοποίησης οικονομοτεχνικής μελέτης

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε υπό το πλαίσιο ρεαλιστικής ανάλυσης κόστους που θα μπορούσε να απευθύνεται σε οποιοδήποτε φορέα θα ενδιαφερόταν για το ενδεχόμενο μιας τέτοιας επένδυσης. Έχει να κάνει με μια τεχνολογία σύγχρονης μηχανικής που μπορεί να προσελκύσει το ενδιαφέρον νέων μηχανικών σε έναν τομέα που στην συγκεκριμένη χώρα εκλείπει.

Ο στόχος μιας ανάλυσης κόστους όπως η παρούσα, για το ενδεχόμενο μιας τέτοιας επένδυσης, είναι η εξακρίβωση της βιωσιμότητας της υπό το παρόν νομικό πλαίσιο όσο αφορά τα ενεργειακά ζητήματα. Το κλειδί της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι η διατήρηση των στοιχείων στα πιο συντηρητικά πλαίσια για ακόμη πιο ασφαλή συμπεράσματα δεδομένου και του λεπτού ζητήματος της διαχείρισης των απορριμμάτων με τεχνολογία που δεν καθίσταται αρεστή στο κοινωνικό σύνολο της Ελλάδας, αλλά και της ρευστής οικονομικής κατάστασης της Ελλάδας.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επιδιώχθηκε η μεγαλύτερη δυνατή αντικειμενικότητα για έγκυρα αντικειμενικά αποτελέσματα για όλα τα στάδια υπολογισμών.



Εικόνα 1.1 Μονάδα Θερμικής Επεξεργασίας στο Alkmaar, Ολλανδία.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

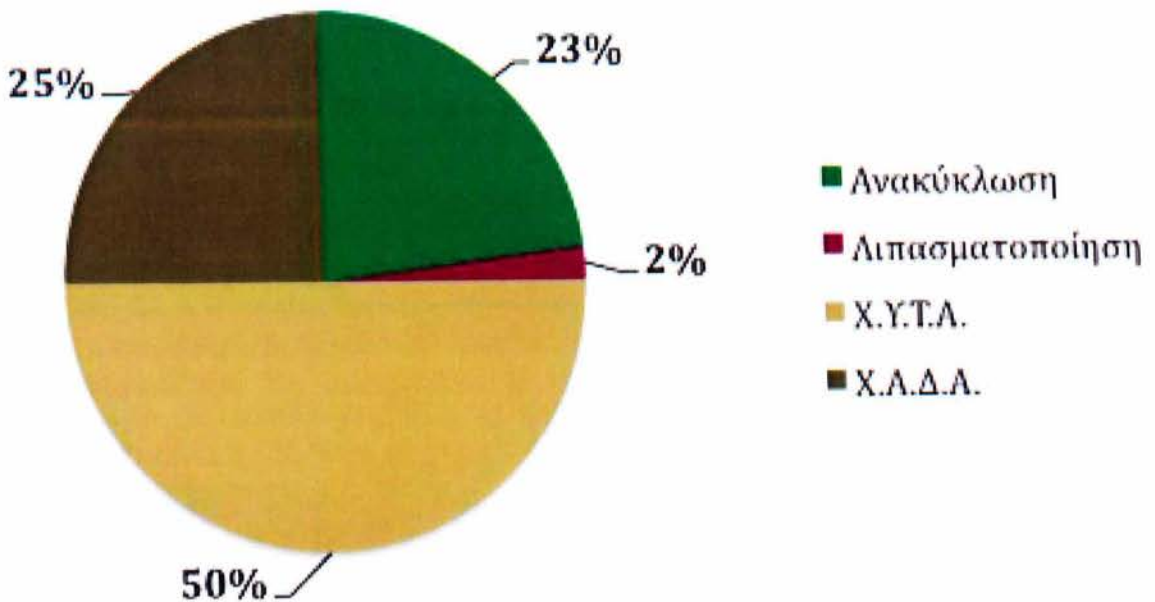
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 Η διαχείριση στην Ελλάδα

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 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).



Σχήμα 2.1 Εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης για τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ελληνική επικράτεια

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 απαλλαγεί 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 72.000€ 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.[8]

Υπάρχουν πέντε εργοστάσια ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας τα οποία βρίσκονται στο ΧΥΤΑ Άνω 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 kWh ανά τόνο που διατίθεται σε ΧΥΤΑ.



Εικόνα 2.1 ΧΥΤΑ φυλής.

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά αυτών των εργοστασίων.

Πίνακας 2.1 Τα χαρακτηριστικά των πέντε εργοστασίων ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας της Ελλάδας

Τοποθεσία	Έτος λειτουργίας	Δυναμικότητα	Εγκατεστημένες Ισχύς
Περιφ. Αττικής-Λιόσια	Μάρτιος 2001	300.000t ΑΣΑ/έτος	23,5MWe
Περιφ. Θεσσαλίας-Βόλος	Ιούνιος 2008	110.000t ΑΣΑ/έτος	1,25MWe
Περιφ. Κ. Μακεδονίας-Ταγαράδες	Δεκέμβριος 2006	637.000t ΑΣΑ/έτος	5MWe
Περιφ. Κρήτης-Χανιά	2005	70.000t ΑΣΑ/έτος	2,3MWe
Περιφ. Πελοποννήσου-Καλαμάτα		30.000t ΑΣΑ/έτος	
Σύνολο		1.147.000t ΑΣΑ/έτος	32,5MWe

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 απαλλάσσουν 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 διατείνονται 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.

Πίνακας 2.2 Συνοπτικά στοιχεία παραγωγής και διάθεσης Α.Σ.Α. στην Ελλάδα

Ροή υλικών	Τόνοι, τον χρόνο	% συνολικών ΑΣΑ.
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 ανακύκλωση	1.378.446	23%
Λιπασματοποίηση (Ε. Μ, Α Κ., κ.τ.λ.)	115.625	2%
Ταφή σε ΧΥΤΑ	3.031.571	50,6%
Ταφή σε ΧΑΔΑ	1,459.434	244%
Συνολική ταφή	4.490.000	75.0%

Αναμένεται ότι η διαχρονική παραγωγή απορριμμάτων στις Περιφέρειες θα αυξηθεί, λόγω της αναμενόμενης αύξησης του πληθυσμού και της οικονομικής ανάπτυξης. Στον πίνακα παρουσιάζεται η προβλεπόμενη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας από το 2010 έως το 2030. Οι Bogner και Matthews [9] έχουν αποδείξει ότι η κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο το έτος σε ένα κράτος έχει σχέση ανάλογη με την παραγωγή αστικών αποβλήτων. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, η προβλεπόμενη παραγωγή Α.Σ.Α. στην Ελλάδα για τα ανωτέρω έτη παρουσιάζεται στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.3 Προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση και παραγωγή Α.Σ.Α. στην Ελλάδα

Κατανάλωση ενέργειας (GWh)	2010	2015	2020	2025	2030
	65299	72537	77197	83464	88791
% αλλαγή	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030	
	11.08	6.42	8.12	6.38	
Πρόβλεψη Α.Σ.Α., τόνοι	2010	2015	2020	2025	2030
	6,000,000	6,664,800	7,092,680	7,668,605	8,157,862

2.2 Ενεργειακή κατάσταση της Ελλάδας

Ο τομέας της ενέργειας συνιστά σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης της Ελληνικής οικονομίας. Η σημερινή περίοδος αποτελεί τμήμα μίας μακράς μεταβατικής φάσης προς την «οικονομία χαμηλού άνθρακα» και αυξημένης περιβαλλοντικής προστασίας. Διευρύνονται οι καινοτομίες στις ενεργειακές τεχνολογίες, υφίστανται όμως συχνές αλλαγές κατεύθυνσης και επιλογής στόχων.

Σε ό,τι αφορά την ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα:

- Στη χρονική περίοδο 5/2009-4/2010 προήλθε από λιγνίτη (48,9%), Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) (17,0%), Φυσικό Αέριο (ΦΑ) (16,9%), πετρέλαιο (9,4%) και εισαγωγές (7,9%, το 2009).
- Η οικονομική κρίση επέφερε σοβαρή πτώση της ζήτησης με αποτέλεσμα να προβλέπεται επάρκεια μέχρι το 2020 με ένταξη στο σύστημα των υπό κατασκευή μονάδων φυσικού αερίου και των προβλεπόμενων να εγκατασταθούν νέων λιγνιτικών μονάδων.
- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται αρνητικά από την έλλειψη σταθερού νομικού πλαισίου και από τις τοπικές κοινωνικές αντιδράσεις.

2.3 Σύντομη επισκόπηση της πορείας της ενεργειακής αγοράς

Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα έχει υποστεί σημαντικές και πολλαπλές αλλαγές στην τελευταία δεκαετία. Η πρώτη προσπάθεια για την απελευθέρωση της αγοράς έγινε με τον ν.2773/1999 με τον οποίο διαχωρίστηκε το ανταγωνιστικό σκέλος της αγοράς (παραγωγή και προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας) από το μονοπωλιακό σκέλος (μεταφορά και διανομή). Επιπλέον δημιουργήθηκε η ΡΑΕ και ο ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ που ορίστηκε υπεύθυνος για τη διαχείριση και μελέτη ανάπτυξης του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και τη λειτουργία της αγοράς αποκλίσεων. Ο διαχειριστής του δικτύου παρέμεινε ως διεύθυνση της ΔΕΗ ΑΕ. Κατά την πρώτη αυτή περίοδο της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, ένας προμηθευτής για να έχει δικαίωμα να δραστηριοποιηθεί και να προμηθεύσει ενέργεια έναντι επiléγοντα πελάτη, έπρεπε να κατέχει δυναμικό παραγωγής εγκατεστημένο στην Ελλάδα ή σε χώρα της Ε.Ε. Επομένως μόνο ηλεκτροπαραγωγοί μπορούσαν να είναι προμηθευτές. Παράλληλα, η οργανωμένη χονδρεμπορική αγορά είχε σχεδιασθεί ως αγορά αποκλίσεων, αφού ο κύριος όγκος των συναλλαγών ηλεκτρικής

ενέργειας προβλεπόταν να γίνεται απευθείας μεταξύ του εγκατεστημένου παραγωγικού δυναμικού και του προμηθευτή που το κατείχε. Γρήγορα διαπιστώθηκε ότι το τραπεζικό σύστημα ήταν απρόθυμο να χρηματοδοτήσει νέες επενδύσεις σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής αφού, κατά τη διάρκεια εξέτασης του δανειοδοτικού αιτήματος, ο παραγωγός δεν είχε βεβαιωμένα συμβόλαια πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας επειδή κανείς επιλέγων πελάτης δεν ήταν διατεθειμένος να δεσμευτεί με συμβόλαιο για την ενέργεια που θα απορροφούσε 3-5 έτη αργότερα. Με το σύστημα αυτό κατασκευάστηκε μόνο μια μονάδα ηλεκτροπαραγωγής ΦΑ ισχύος 400 MW από τα ΕΛΠΕ.

Το 2003 σχεδιάστηκε η πρώτη σημαντική αλλαγή στη δομή της αγοράς με το ν.3175/2003, η οποία τέθηκε σε ουσιαστική εφαρμογή περί το 2006. Δημιουργήθηκε η υποχρεωτική χονδρεμπορική αγορά (mandatory pool) όπου όλοι οι παραγωγοί ήταν υποχρεωμένοι να πωλούν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και από την οποία όλοι οι προμηθευτές ήταν υποχρεωμένοι να απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια και να την πωλούν στους επιλέγοντες πελάτες. Ταυτόχρονα, ένας προμηθευτής πλέον δεν ήταν υποχρεωμένος να κατέχει παραγωγικό δυναμικό αλλά να έχει εξασφαλίσει μακροχρόνια διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας από παραγωγούς μέσω συμβάσεων διαθεσιμότητας ισχύος. Αποτέλεσμα της εξέλιξης αυτής, ήταν να δημιουργηθούν άλλες τέσσερις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου συνολικής ισχύος 1.700 MW και η συνολική ισχύς από ανεξάρτητους παραγωγούς ανήλθε σε 2.600 MW περίπου, μαζί με μία συμπαραγωγική μονάδα φυσικού αερίου 330 MW και μια αιχμακική μονάδα φυσικού αερίου 150 MW. Ταυτόχρονα, αναπτύχθηκαν αρκετοί εναλλακτικοί προμηθευτές ρεύματος. Το 2008 έγινε η τρίτη σημαντική αλλαγή στην αγορά που αφορούσε στην εισαγωγή του Μηχανισμού του Μεταβλητού Κόστους Παραγωγής. Η σκοπιμότητα για την εισαγωγή αυτού του Μηχανισμού έγκειται στο γεγονός ότι οι νέες μονάδες ΦΑ είχαν κατασκευαστεί ως μονάδες βάσης (ένας αεριοστρόβιλος και ένας ατμοστρόβιλος σε κοινό άξονα και μερικές φορές με κοινό Μ/Σ) και δεν μπορούσαν να μειώνουν ισχύ τις ώρες χαμηλού φορτίου τη νύχτα, λόγω υψηλού τεχνικού ελάχιστου. Για να μπορέσουν λοιπόν οι μονάδες αυτές να δουλεύουν και τη νύχτα τουλάχιστον στο τεχνικό ελάχιστο, ορίστηκε ότι θα αμείβονται τουλάχιστον στο μεταβλητό κόστος παραγωγής τους πλέον 5% αρχικά και από το 2010 πλέον 10% (αυτή η επιπλέον αμοιβή 10% καλύπτει πρακτικά μέρος του σταθερού κόστους λειτουργίας τους). Επιπλέον, επειδή ουδέποτε εφαρμόστηκαν τα διμερή Συμβόλαια Διαθεσιμότητας Ισχύος μεταξύ παραγωγών και προμηθευτών, ο ΔΕΣΜΗΕ είναι υποχρεωμένος να αγοράζει τη διαθεσιμότητα ισχύος από τους παραγωγούς και να την πωλεί στους προμηθευτές σε ρυθμιζόμενη τιμή 35.000,00 € ανά διαθέσιμο MW ετησίως και μετά το 2010 σε 45.000,00 € ανά διαθέσιμο. Το 2011 έγινε μια νέα σημαντική αλλαγή. Πλέον της αγοράς επόμενης ημέρας και της αγοράς αποκλίσεων δημιουργήθηκε και η αγορά επικουρικών υπηρεσιών (πρωτεύουσας και δευτερεύουσας εφεδρείας) που εκκαθαρίζεται ταυτόχρονα με την αγορά επόμενης ημέρας (αρχικά οι επικουρικές υπηρεσίες ήταν ρυθμιζόμενες και μόνο συγκεκριμένες μονάδες τις παρείχαν με ρυθμιζόμενη χρέωση). Τέλος, στις αρχές του 2012 έγινε η τελευταία μέχρι σήμερα αλλαγή στην αγορά που είναι η δημιουργία του ΑΔΜΗΕ ΑΕ ως θυγατρική της ΔΕΗ ΑΕ και προήλθε από τη συγχώνευση του ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ και της Γενικής Διεύθυνσης Μεταφοράς της ΔΕΗ ΑΕ με παράλληλη εκχώρηση των παγίων μεταφοράς στην θυγατρική αυτή. Ο ΑΔΜΗΕ ΑΕ είναι υπεύθυνος για την διαχείριση και ανάπτυξη του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, δημιουργήθηκε ο ΛΑΓΗΕ ΑΕ με απόσχιση από τον ΔΕΣΜΗΕ ΑΕ που είναι υπεύθυνος για την λειτουργία της αγοράς. Πρόσφατα, δημιουργήθηκε ο ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ που είναι 100% θυγατρική της ΔΕΗ ΑΕ και προήλθε από απόσχιση της Γενικής Διεύθυνσης Διανομής της ΔΕΗ ΑΕ. Ο ΔΕΔΔΗΕ είναι υπεύθυνος για την διαχείριση και ανάπτυξη του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και κατέχει τα πάγια της διανομής.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ

3.1 Βασικές αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων

Οι βασικές αρχές της Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων, σύμφωνα με την στρατηγική της Ε.Ε (οδηγία πλαίσιο 75/442/ΕΟΚ) [10][2] αναφέρονται ως εξής:

- Η αρχή της «πρόληψης»
- Η αρχή της «προφύλαξης»
- Η αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει» και της «ευθύνης του παραγωγού»
- Η αρχή της «εγγύτητας» και της «αυτοτελούς επάρκειας»

Σκοπός των αρχών αυτών είναι να εξασφαλίσουν:

- Όπου είναι δυνατόν, μέσω της μείωσης ή της πρόληψης της παραγωγής αποβλήτων, τη διατήρηση της φύσης και των πόρων, όσον αφορά την αρχή της πρόληψης.
- Τη μείωση των επιπτώσεων των αποβλήτων στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, και ειδικότερα την μείωση των επικίνδυνων συστατικών στα απόβλητα, όσον αφορά την αρχή της προφύλαξης.
- Πως αυτός που ρυπαίνει το περιβάλλον μέσω της παραγωγής αποβλήτων, θα πρέπει να πληρώνει το κόστος των πράξεων του, όσον αφορά την αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει και την αρχή της ευθύνης του παραγωγού.
- Μια επαρκής υποδομή μέσω της δημιουργίας ενός ολοκληρωμένου και επαρκούς δικτύου εγκαταστάσεων τελικής διάθεσης, με βάση την αρχή της εγγύτητας και της αυτοτελούς επάρκειας.

Επίσης, η Ε.Ε σύμφωνα με την παραπάνω στρατηγική της Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων, ιεράρχησε τις διαχειριστικές επιλογές με την εξής σειρά

1. Πρόληψη της ρύπανσης και ελαχιστοποίηση : Βασικό ζήτημα στην πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από το στάδιο της εξαγωγής παρθένων πρώτων υλών, της επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν - σε αρκετά παγιωμένη μορφή - μέθοδοι αναλύσεων κύκλου ζωής για τα κάθε είδους προϊόντα, κατασκευές κ.λπ. Ήδη όμως έχουν ληφθεί αποφάσεις που υλοποιούνται είτε μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων (π. χ. LIFE), είτε μέσω θεσμοθέτησης τεχνικών προτύπων, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN). Σε ειδικές περιπτώσεις η πρόληψη μπορεί να γίνεται μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων), ώστε να προλαμβάνεται σε μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων. Άλλοι

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

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

3. Ανακύκλωση: Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αιεφόρου πολιτικής διαχείρισης τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δεν μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε διαδικασίες ανάκτησης υλικών. Βασική διαδικασία για την ανάκτηση των υλικών, είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή. Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των καταναλωτών και των τελικών χρηστών στην αλυσίδα διαχείρισης και τους καθιστά περισσότερο ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Σημαντική επίσης προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

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

5. Βέλτιστη τελική διάθεση: Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης έχει βαρύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση. Χρησιμοποιείται εκτενώς μιας και είναι η οικονομικότερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικές διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο να καταλήγουν σε χώρους διάθεσης μόνο τα μη ανακτήσιμα και αδρανή απόβλητα.[3]

Τα παραπάνω απεικονίζονται στο ακόλουθο διάγραμμα



Εικόνα 3.1 Επιλογές διαχείρισης στερεών αποβλήτων

3.2 Επιλογή τεχνολογίας αξιοποίησης αστικών αποβλήτων

Οι περισσότερες διαδικασίες αξιοποίησης αστικών αποβλήτων παράγουν ηλεκτρισμό απευθείας μέσω καύσης ή παράγουν καύσιμα όπως μεθάνιο, μεθανόλη, αιθανόλη ή συνθετικά καύσιμα. Επιπλέον είναι δυνατό να διαχωριστεί το ειδικό κλάσμα απορριμμάτων με υψηλή θερμική απόδοση (RDF/RSF) και να καίγεται ως μοναδικό καύσιμο ή μέσω συναποτέφρωσης με άλλο καύσιμο παράγοντας επίσης ηλεκτρισμό και θερμότητα.

Θερμική επεξεργασία και τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων.

Η θερμική επεξεργασία των σύμμεικτων ΑΣΑ περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες μετατροπής του περιεχομένου τους σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη αποδέσμευση θερμικής ενέργειας. Οι τεχνικές θερμικής επεξεργασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: αποτέφρωση - καύση (incineration - combustion), αεριοποίηση (gasification), πυρόλυση (pyrolysis) και τεχνική του πλάσματος (plasma technology). Πολλές από τις σύγχρονες τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να παράγουν περισσότερη ενέργεια από την ίδια ποσότητα καυσίμου απ' όση θα ήταν δυνατή με την απευθείας καύση! Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του διαχωρισμού των διαβρωτικών συστατικών (στάχτη) από τα τροποποιημένα καύσιμα, επιτυγχάνοντας έτσι μεγαλύτερες θερμοκρασίες καύσης σε π.χ. μπόιλερ, αεριοστρόβιλους, μηχανές εσωτερικής καύσης, κυψέλες καυσίμων. Οι τεχνολογίες αυτές είναι ικανές να μετατρέψουν αποδοτικά την ενέργεια σε υγρά ή αέρια καύσιμα.

Η ανάκτηση ενέργειας σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο χαρακτηρίζεται ως μέθοδος διάθεσης, πρακτικά όμως εξαιτίας των διαδικασιών που τη διέπουν (παραγωγή ενέργειας αλλά και παραγωγή υπολείμματος που πρέπει να οδηγείται προς ταφή) είθισται να εξετάζεται ως μέθοδος επεξεργασίας.

Αποτέφρωση είναι η οξείδωση, δηλαδή η ένωση των χημικών στοιχείων των στερεών αποβλήτων με το οξυγόνο. Οι πρώτες ύλες που μπορούν να οδηγηθούν σε μια μονάδα αποτέφρωσης είναι σύμμεικτα αστικά απόβλητα, διάφορα καύσιμα καθώς και γεωργικά απόβλητα. Οι βασικές χρησιμότητες της αποτέφρωσης είναι η δραστική μείωση του όγκου των απορριμμάτων, που φτάνει μέχρι και το 80% του αρχικού όγκου και η δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας από τα απορρίμματα. Έτσι στενότητα χώρου και σημαντικές ενεργειακές ανάγκες «διευκολύνουν» τη λειτουργία μονάδων αποτέφρωσης. Στο επόμενο κεφάλαιο αναπτύσσεται αναλυτικά η μέθοδος αυτή.[11]

Αεριοποίηση: επιτυγχάνει δραστική μείωση του όγκου των προς ταφή απορριμμάτων και παραγωγή αξιοποιήσιμων παραπροϊόντων. Πρόκειται για μια διαδικασία ατελούς καύσης στην οποία τα στερεά απόβλητα καίγονται με λιγότερο από το απαιτούμενο οξυγόνο. Σαν συνέπεια της διαδικασίας αυτής είναι η παραγωγή καυσίμου αερίου και στερεού υπολείμματος με μεγάλη προσροφητική ικανότητα, το οποίο αν είναι καθαρό είναι κατάλληλο ως φίλτρο σε ορισμένες εφαρμογές. Ως πρώτες ύλες για την εφαρμογή της μεθόδου λαμβάνονται το RDF, διάφορα καύσιμα καθώς και τα γεωργικά απόβλητα.[11]

Πυρόλυση: πρόκειται για διαδικασία θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων (πλην του γυαλιού και των μετάλλων) σε θερμοκρασίες μεταξύ 400 °C - 800 °C είτε κάτω από συνθήκες πλήρους απουσίας O₂ είτε κάτω από συνθήκες περιορισμένης παροχής του. Οι πρώτες ύλες είναι ίδιες με αυτές της αποτέφρωσης και της αεριοποίησης. Οδηγεί δε στην παραγωγή αερίων, στερεών και υγρών προϊόντων που μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά.

Έχει περιορισμένη μέχρι σήμερα εφαρμογή, ωστόσο την περίοδο αυτή βρίσκονται σε εξέλιξη συστηματικές προσπάθειες μετατροπής της σε τεχνολογία μεγάλης κλίμακας, ενώ σημειώνονται σημαντικές βελτιώσεις σε ότι αφορά κυρίως στη μείωση των υγρών αποβλήτων και την καλύτερη αξιοποίηση των αέριων προϊόντων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο περιορισμό των υγρών προϊόντων (υδρογονανθράκων) με κατάλληλη ρύθμιση της θερμοκρασίας, ώστε το μεγαλύτερο μέρος τους να παραμένει σε αέρια κατάσταση.

Τα πλεονεκτήματα της πυρόλυσης σε σχέση με την αποτέφρωση είναι η αξιοποίηση μεγαλύτερου μέρους απορριμμάτων, οι σημαντικά μειωμένες εκπομπές αέριων ρύπων και η μεγαλύτερη προσαρμοστικότητά της σε αυξομειώσεις της ποσότητας των απορριμμάτων.[11]

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 3.1 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.

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

Χώρα	1995	2000	2006	2009
ΕΕ 27 Χώρες	31,08	38,07	48,89	50,97
Δανία	1,53	1,88	2,14	2,32
Γερμανία	7,92	10,97	15	15,54
Ελλάδα	0	0	0	0
Σλοβενία	0	0	7	14

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 οξείδωση 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 δραστικά.



Εικόνα 3.2 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 καύσιμο και οξυγόνο στην εστία καύσης,
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης,
- Συνεχής απομάκρυνση των αερίων,
- Τυρβώδης ροή των αερίων
- Επαρκής χρόνος παραμονής των αποβλήτων στο χώρο καύσης,
- Ανακίνηση των απορριμμάτων και δημιουργία τύρβης,
- Διατήρηση κατάλληλης θερμοκρασίας στον κλίβανο.

Τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων παραμένουν στο παραγόμενο στερεό υπόλειμμα. Τα κυριότερα είδη μονάδων αποτέφρωσης, που έχουν αναπτυχθεί, είναι δύο:

- Μονάδες που απαιτούν ελάχιστη προεπεξεργασία των απορριμμάτων (μονάδες τύπου mass-fired).
- Μονάδες όπου χρησιμοποιούνται απορριμματογενή καύσιμα (RDF ή SRF).

3.3 Κριτήρια επιλογής τεχνολογίας διαχείρισης – επεξεργασίας

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: [4]

- **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.

3.4 Τελική αποτίμηση

Για την τελική επιλογή της τεχνολογίας που μελετάμε την οικονομική της βιωσιμότητα, τα παρακάτω λήφθηκαν υπόψη.

- 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 σύμμεκτα ΑΣΑ, η καύση και η αεριοποίηση πλάσματος φαίνεται πολύ αξιόπιστες μέθοδοι ενώ οι υπόλοιπες εμφανίζουν ευαισθησία εφαρμογής. Η λειτουργία μονάδων πυρόλυσης και αεριοποίησης με σύμμεκτα 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.
- 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.
- 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 3.2 που ακολουθεί αποτυπώνει ποιοτικά την τεχνική αποτίμηση των εξεταζόμενων μεθόδων.

Πίνακας 3.2 Ποιοτική αποτίμηση-σύγκριση τεχνικών παραμέτρων από τη χρήση μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. [ΤΕΕ]

Μέθοδος/Κριτήριο	Καύση	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Αεριοποίηση πλάσματος
Απαιτηση έκτασης	+++	++	++	+
Μείωση όγκου & βάρους αποβλήτων	+++	++	++	
Απαιτηση -Δυνατότητα σε δυναμικότητα	+++	+	+	+
Βλάβες εξοπλισμού	++	++	++	
Προεπεξεργασία - Διαλογή ΑΣΑ	-	++	++	-
Σύμμεκτα 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

- Σύμφωνα με στοιχεία για το επενδυτικό και λειτουργικό κόστος και με σχετική εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης από το ΤΕΕ, 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.

Σύμφωνα με τις παραπάνω παρατηρήσεις, κρίνεται σκόπιμο να μελετηθεί η οικονομική βιωσιμότητα μονάδας αποτέφρωσης απορριμμάτων και πιο συγκεκριμένα τύπου mass-fired. Πρόκειται για τη πιο εφαρμοσμένη τεχνολογία με τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και που ενδείκνυται για μεγάλες δυναμικότητες οπότε και επενδύσεις. Υπάρχει μία καλά ανεπτυγμένη 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.

Φυσικά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η κοινωνική αποτίμηση. 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. Οι μονάδες θερμικής επεξεργασίας επίσης, 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. Ως θετικό η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας

αν και εξαρτάται άμεσα από τον βαθμό αυτοματισμού μίας εγκατάστασης. Σε μονάδες θερμικής επεξεργασίας αντίστοιχης δυναμικότητας με τη παρούσα, οι θέσεις εργασίας ανέρχονται σε περίπου 100 θέσεις άμεσες και 800-1000 έμμεσες.

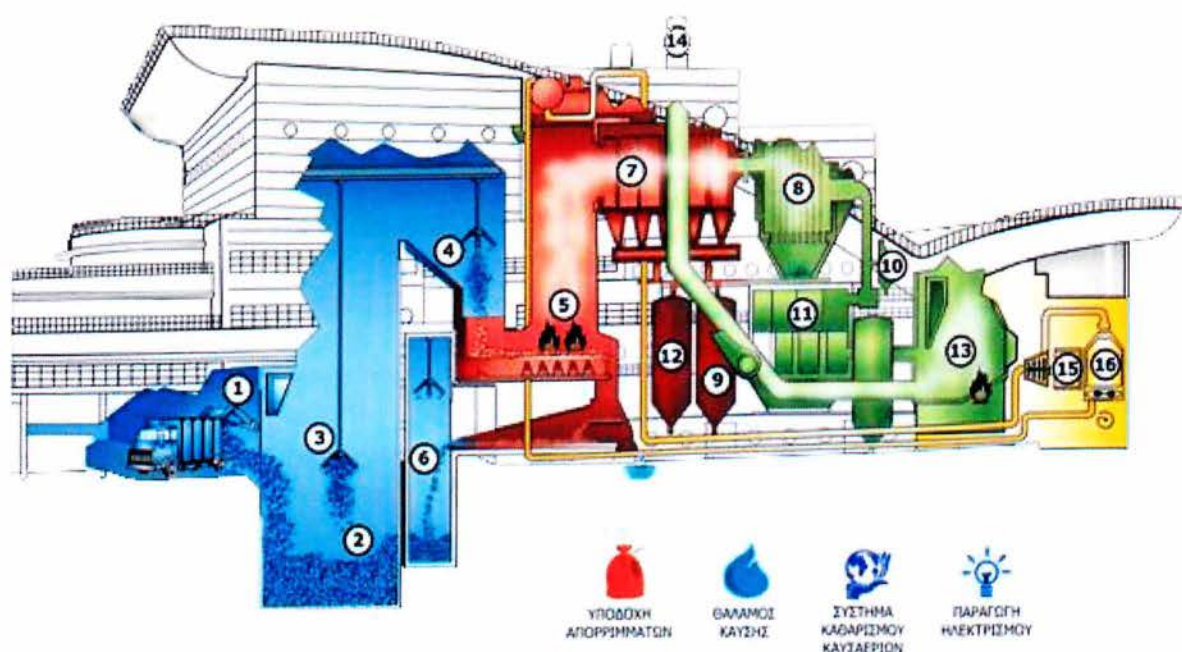
Τα παραπάνω δεδομένα ενισχύουν τη κατεύθυνση προς τη μονάδα αποτέφρωσης απορριμμάτων τύπου mass-fired καθώς κοινωνικά ο οποιοσδήποτε πειραματισμός θα ήταν ανασταλτικός παράγοντας. Επίσης δε προτιμάται μονάδα όπου χρησιμοποιούνται απορριμματογενή καύσιμα (RDF ή SRF) λόγω της προϋπόθεσης επιπλέον υποδομών και επενδύσεων που απαιτούνται για την προεπεξεργασία των απορριμμάτων και στην Ελλάδα δεν υπάρχουν τη δεδομένη στιγμή.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΚΑΥΣΗ

4.1 Εισαγωγή στη μονάδα καύσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η δομή μιας μονάδας καύσης για την καλύτερη κατανόηση του συνολικού κόστους της επένδυσης



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. ΥΠΟΔΟΧΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ | 9. ΣΙΛΟ ΤΕΦΡΑΣ |
| 2. ΧΩΡΟΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ | 10. ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΑΝΤΙΔΡΩΝΤΩΝ |
| 3. ΑΡΠΑΓΗ | 11. ΣΑΚΚΟΦΙΛΤΡΑ |
| 4. ΧΟΑΝΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ | 12. ΣΙΛΟ |
| 5. ΘΑΛΑΜΟΣ ΚΑΥΣΗΣ | 13. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΞΕΙΔΙΩΝ |
| 6. ΤΕΦΡΑ ΠΥΘΜΕΝΑ | 14. ΚΑΜΙΝΑΔΑ |
| 7. ΛΕΒΗΤΑΣ | 15. ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ - ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ |
| 8. ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΑ ΦΙΛΤΡΑ | 16. ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ |

Εικόνα 4.1 τυπική διάταξη μονάδας WTE

Η βασική δομή μιας μονάδας καύσης αποβλήτων περιλαμβάνει τα ακόλουθα τμήματα:

- Υποδοχή εισερχομένων αποβλήτων
- Αποθήκευση αποβλήτων και πρώτων υλών και προεπεξεργασία, όπου είναι απαραίτητο (επί τόπου ή σε άλλες εγκαταστάσεις)

- Τροφοδοσία αποβλήτων προς επεξεργασία
- Θερμική επεξεργασία αποβλήτων
- Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (λέβητας)
- Καθαρισμός καυσαερίων
- Απομάκρυνση καυσαερίων
- Παρακολούθηση και έλεγχος των εκπομπών
- Έλεγχος και επεξεργασία των λυμάτων (προερχόμενα από την επιτόπου αποστράγγιση, την επεξεργασία των καυσαερίων, την αποθήκευση)
- Διαχείριση και επεξεργασία της προερχόμενης από την καύση τέφρας/τέφρας πυθμένα
- Απομάκρυνση/ διάθεση στερεών υπολειμμάτων.

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

4.2 Υποδοχή εισερχομένων αποβλήτων

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 περίφραξη του χώρου παράδοσης μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό μέσο.

4.2.1 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.

4.2.2 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.

4.3 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 εξασφαλίζονται τα εξής[7]:

- 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.

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.

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°). [12]

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.[7] 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.

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 σύνθητες 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.

4.4 Τροφοδοσία αποβλήτων προς επεξεργασία

4.4.1 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.

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.



Εικόνα 4.2 Φρεάτιο τροφοδοσίας με μορφή χοάνης

4.4.2 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.



Εικόνα 4.3 Γερανός "αρπαγής" αποβλήτων[13]

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 ταυτοχρόνως όλες οι ζώνες (χοάνη, θέσεις εκφόρτωσης, ζώνη στοιβάγματος, ζώνη ανάμιξης) και για το σκοπό αυτό εγκαθίστανται κατά περίπτωση κάμερες επίβλεψης.

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

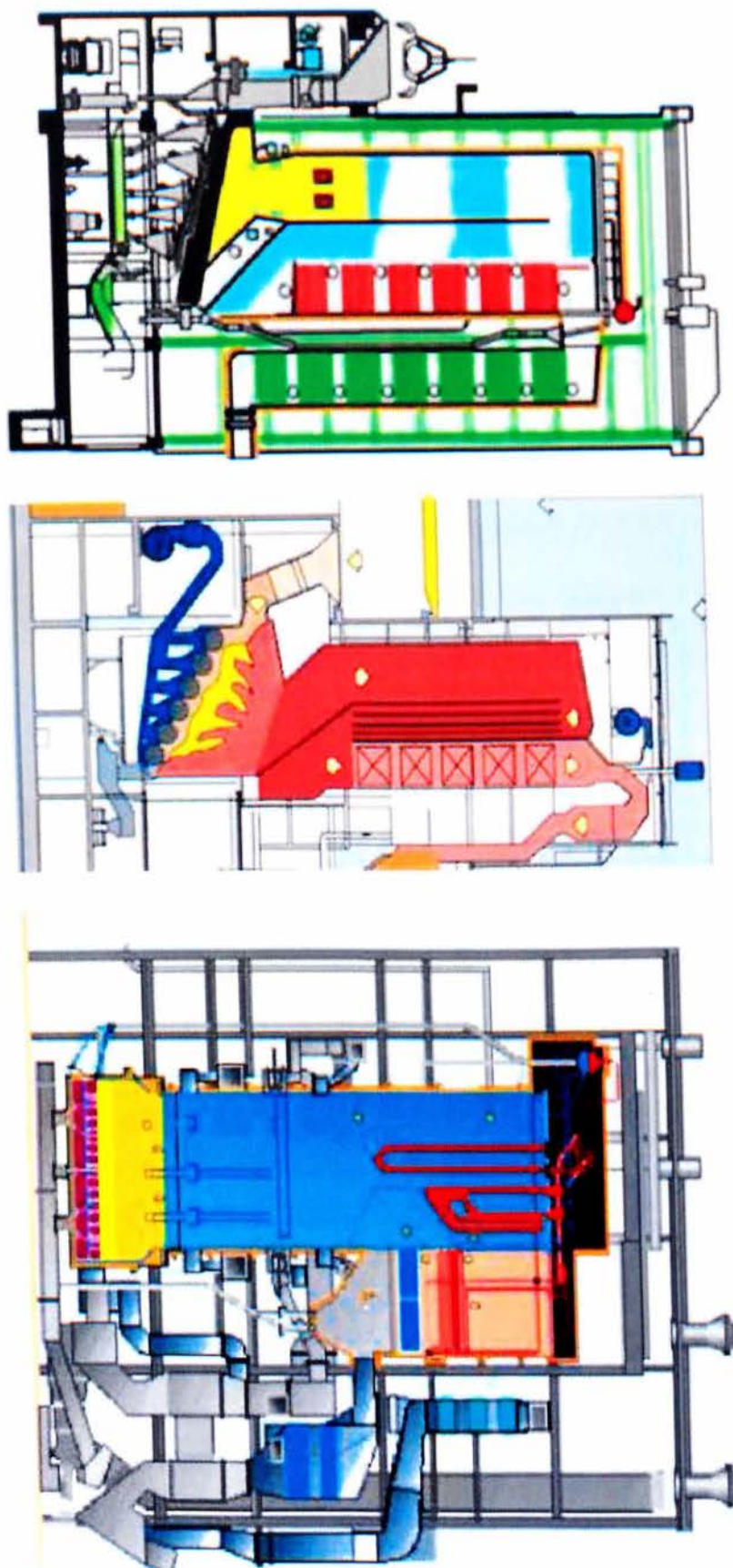
- Κλιματισμός.
- Εγκατάσταση πλυσίματος (ή φουσίματος) για καθαρισμό των τζαμιών.
- Εξασφαλισμένη οδός διαφυγής σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Τουαλέτα.

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

4.5 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 4.4 Τύποι Αποτεφρωτών (α)κινούμενων εσχάρων, (β)περιστρεφόμενου κλιβάνου, (γ) ρευστοποιημένης κλίνης [14]

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.

4.5.1 Εστία κινούμενων σχαρών

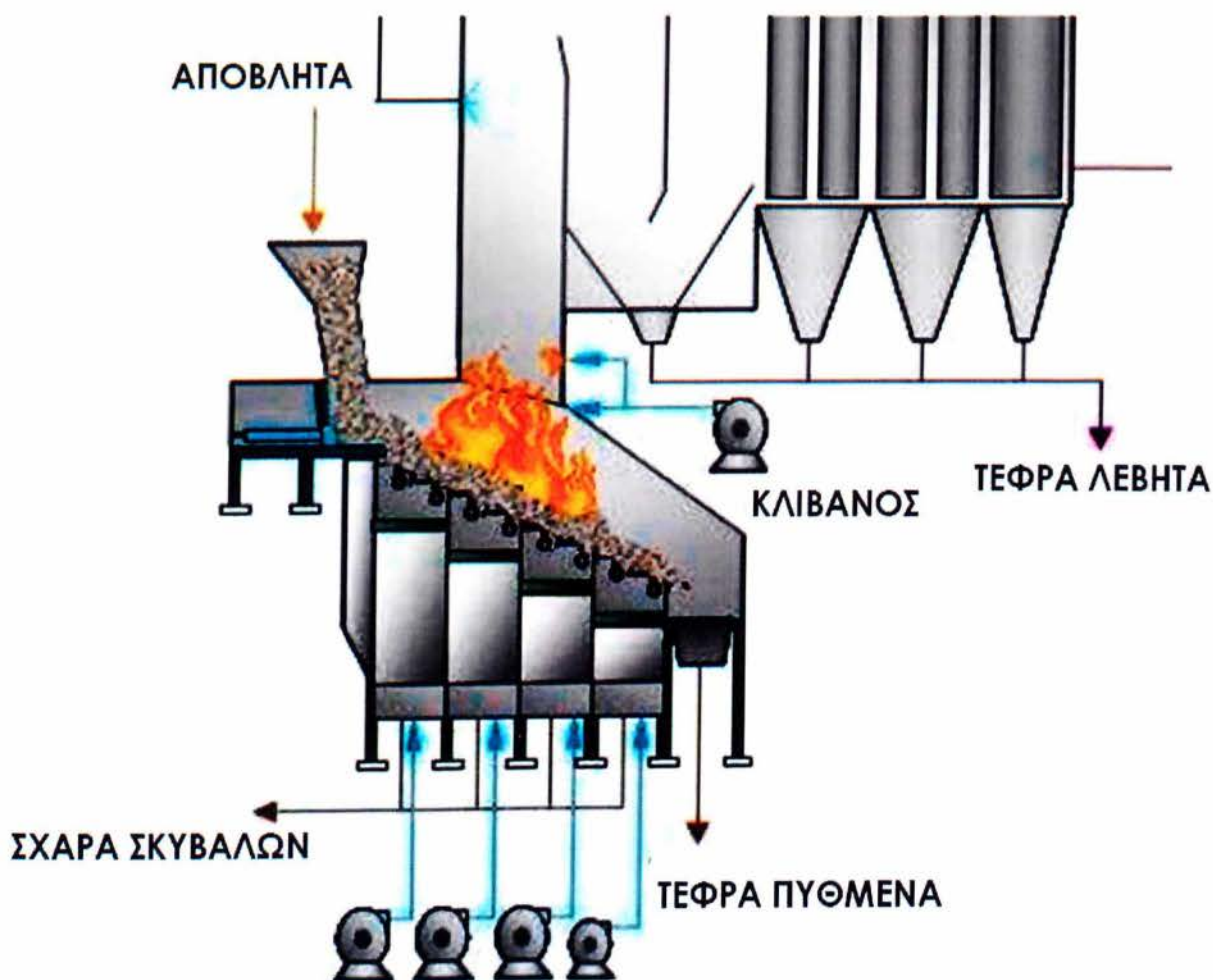
Οι σχάρες είναι στερεωμένες στα τοιχώματα της εστίας καύσης πάνω σε φέροντα μηχανισμό και μεταφέρουν τα στερεά απόβλητα, επιτυγχάνουν την ομοιόμορφη παροχή του αέρα, αναμοχλεύουν τα υλικά στη ζώνη κύριας καύσης και τέλος, μεταφέρουν την παραγόμενη τέφρα. Φυσητήρας πρωτεύοντος αέρα καύσης διαχέει τον 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. [12]

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

1. 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.
2. Ζώνη πυρόλυσης: Αυξάνοντας τη θερμοκρασία εξατμίζονται διαρκώς περισσότερα πτητικά συστατικά.
3. 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).
4. Ζώνη αεριοποίησης: Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της πλήρους ανάφλεξης των απορριμμάτων προκαλεί αεριοποίηση μιας ποικιλίας υλικών που περιέχονται σε αυτά.

5. 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.
6. Ζώνη ολοκλήρωσης της καύσης: Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει αρκετά αδραντοποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της σχάρας.



Εικόνα 4.5 Χαρακτηριστικά της καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες

4.5.1.1 Προδιαγραφές

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

- Ακριβής ρύθμιση του πρωτογενούς αέρα.
- Καμία μεταβολή στις διαστάσεις των διαθεσίμων 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).

Ο αέρας καύσης αναρροφάται από δύο θέσεις. Από την τάφρο απορριμμάτων και 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).

4.5.1.1.1 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.

4.5.1.1.2 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. [7]

4.5.1.2 Απαιτήσεις που επηρεάζουν το σχεδιασμό της εστίας καύσης σχαρών

Ο σχεδιασμός της εστίας καύσης με εσχάρες επηρεάζεται από:

- 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 O₂ 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.

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).

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

Κριτήριο καλής καύσης χρησιμοποιούνται συνήθως 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.

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 ανθεκτικότητα τους έναντι στο θείο και το χλώριο, τα οποία σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες, δημιουργούν έντονες διαβρωτικές συνθήκες.

Συνηθισμένοι τύποι σχαρών [15] είναι:

- 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. [16]
- 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.

4.5.1.3 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.

4.5.1.4 Δοχείο τέφρας πυθμένα

Χρησιμοποιούνται για την ψύξη και απομάκρυνση των στερεών υπολειμμάτων 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.[12]

Υπάρχουν δύο τύποι δοχείων για την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας.

1. 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.

2. 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 σάρας 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.

4.5.1.5 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.

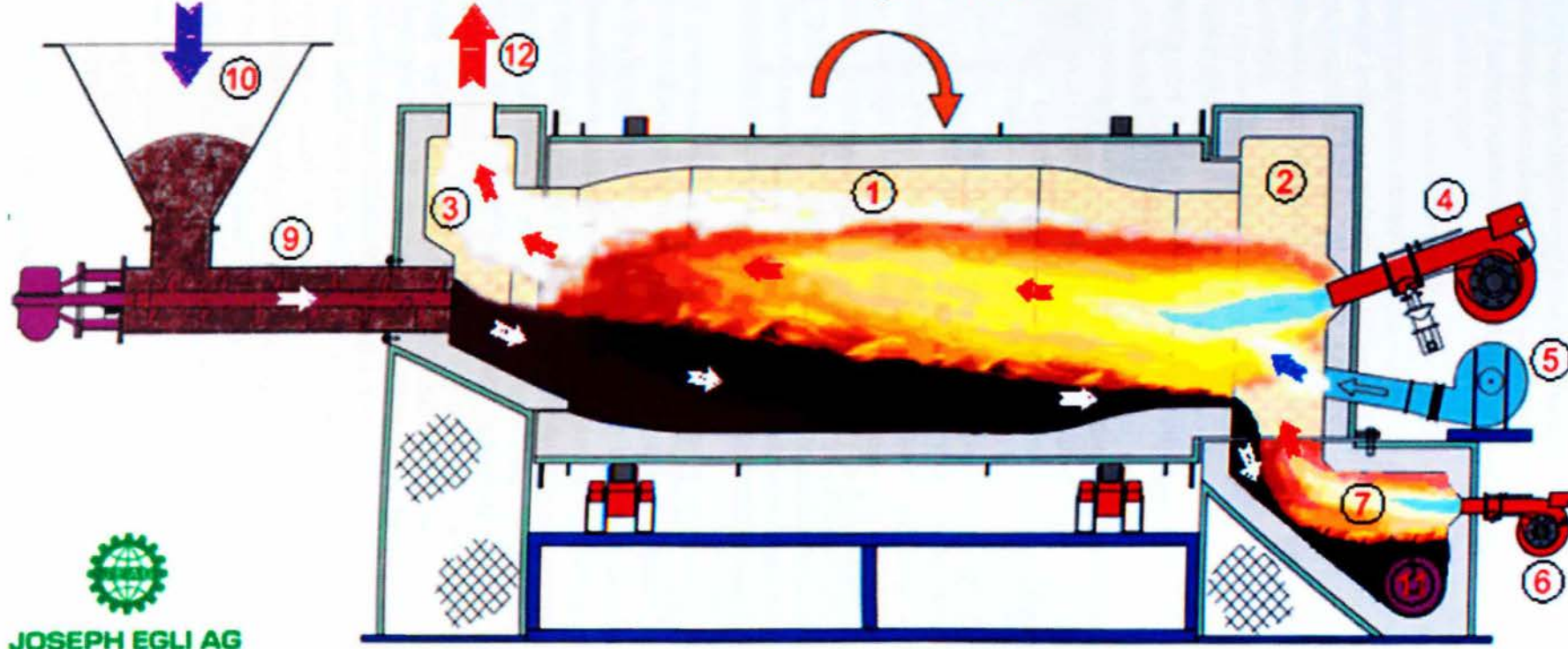
4.5.2 Εστία περιστρεφόμενου κλιβάνου

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. [17]

1. Περιστροφικός θάλαμος καύσης
2. Εμπρόσθια κεφαλή
3. Οπίσθια κεφαλή
4. Καυστήρας έναρξης και υποστήριξης
5. Κύριος ανεμιστήρας αέρος

6. Αυτόματος καυστήρας τέφρας
7. Θάλαμος τέφρας
9. Τροφοδότης αποβλήτων
10. Τροφοδότης επικύνδυνων αποβλήτων
11. Κοιλίας φόρτωσης τέφρας
12. Έξοδος απαερίων



Εικόνα 4.6 Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου

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. 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 ανάμιξης 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 και 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.

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

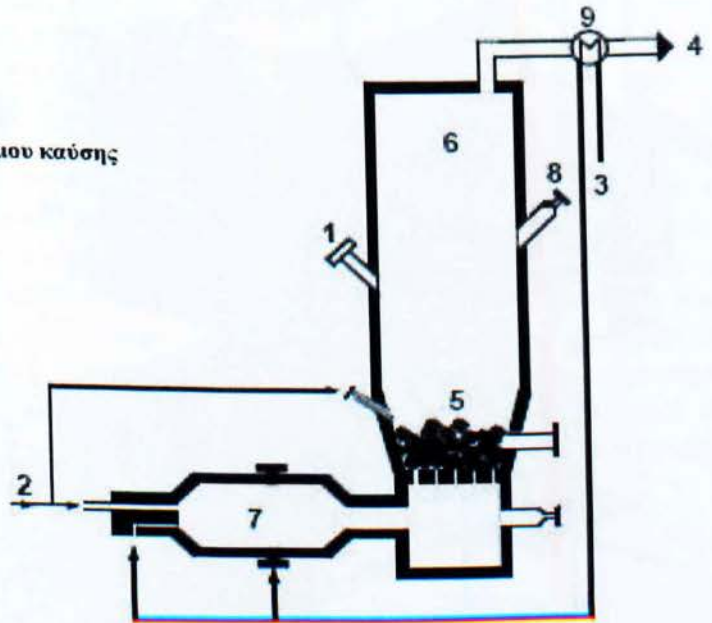
- Συχνά, είναι αναγκαίος ένας θάλαμος μετάκαυσης.

4.5.3 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 απαερίων και ενός βοηθητικού υλικού καύσης. Η τιμή της κυμαίνεται μεταξύ 750 -880°C, χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες αποτέφρωσης, γεγονός που οφείλεται στην καλή ανάμιξη του προς επεξεργασία αποβλήτου. Το απαιτούμενο οξυγόνο καύσης και ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων αποτελούν επίσης σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης, οι οποίες καθορίζονται με βάση το ρυθμό τροφοδοσίας των προς επεξεργασία απορριμμάτων.

1. Τροφοδοσία υλός με αποσύνθεση / ψεκασμό
2. Πρόσθετα καύσιμα
3. Ατμοσφαιρικό οξυγόνο
4. Αέρια απόβλητα
5. Ρευστοποιημένη κλίνη
6. Θάλαμος μετά καύσης
7. Έναρξη λειτουργίας θαλάμου καύσης
8. Γαλί επιθεώρησης
9. Προθερμαντήρας αέρα



Εικόνα 4.7 Βασικά μέρη σταθερής ρευστοποιημένης κλίνης [12]

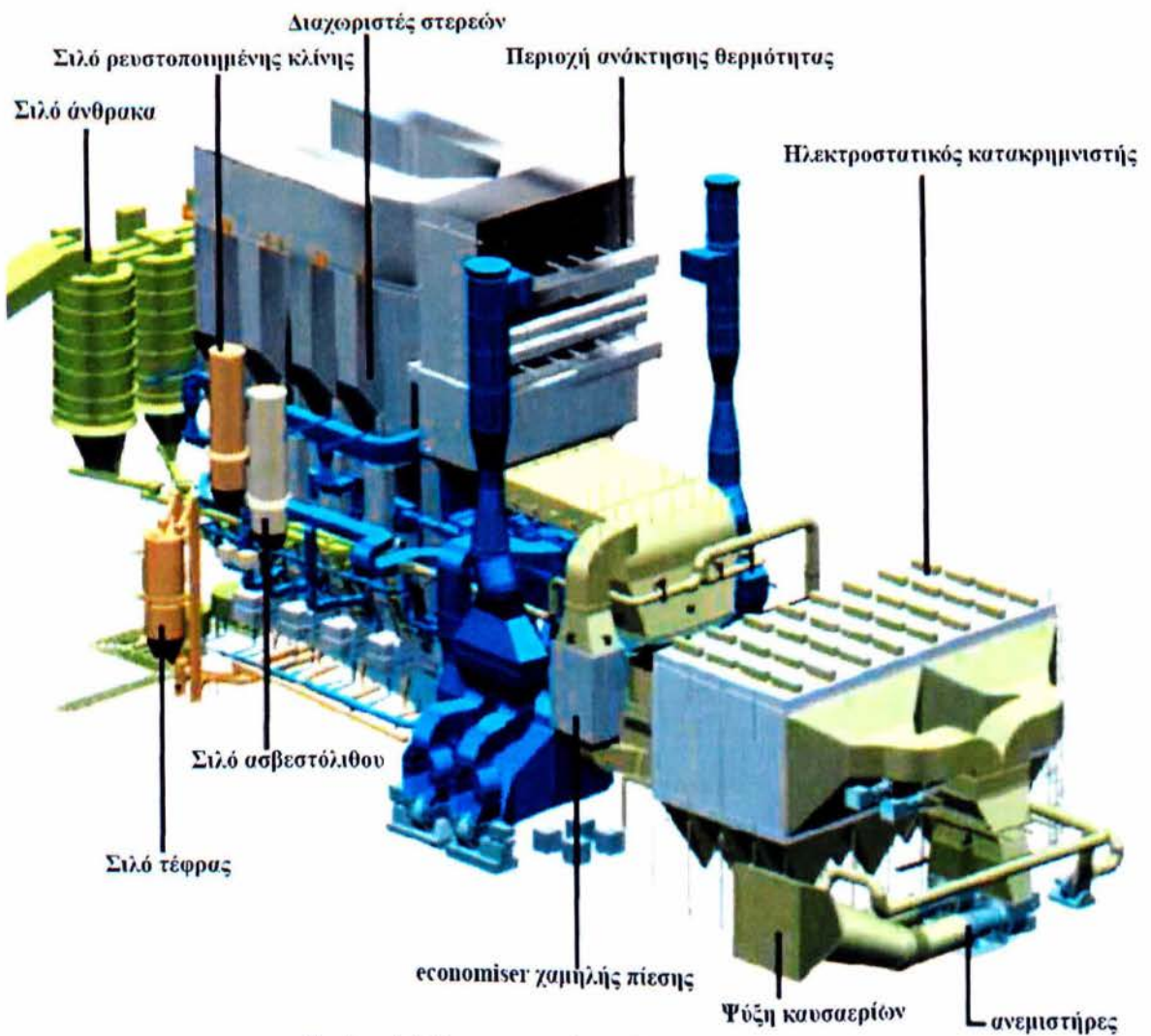
Οι εγκαταστάσεις ρευστοποιημένης κλίνης διακρίνονται σε τρία είδη

- Σταθερή. Αποτελείται από έναν αδιαβατικό κυλινδρικό θάλαμο καύσης από πυρίμαχο υλικό και μία βαλβίδα σε μορφή δίσκου, μία σταθερή ρευστοποιημένη κλίνη και ένα θάλαμο μετάκαυσης. Στο κάτω μέρος του θαλάμου καύσης, τα απόβλητα αναμιγνύονται ομοιογενώς και διοχετεύονται στην κλίνη. [17]
- 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 μέ...

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 4.8 Ρευστοποιημένη κλίνη με ανακυκλοφορία

4.6 Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (Λέβητες)

Όλες οι σύγχρονες εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων είναι εξοπλισμένες με λέβητες που διαφοροποιούνται ως προς τον σχεδιασμό και τις διαφορετικές παραμέτρους λειτουργίας ατμού, οι οποίοι βρίσκονται ανάμεσα από τον φλογothάλαμο 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. [17]

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.[12]

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 [18]. 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 απαιτούνται ειδικές αντοχές σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (πυρίμαχα τούβλα, υαλοβάμβακας κλπ).

4.6.1 Κατασκευαστικές παραλλαγές

Οι λέβητες μονάδων καύσης απορριμμάτων κατασκευάζονται κατά κανόνα ως λέβητες φυσικής κυκλοφορίας. Μπορεί να γίνουν οι ακόλουθες διακρίσεις [7]:

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:

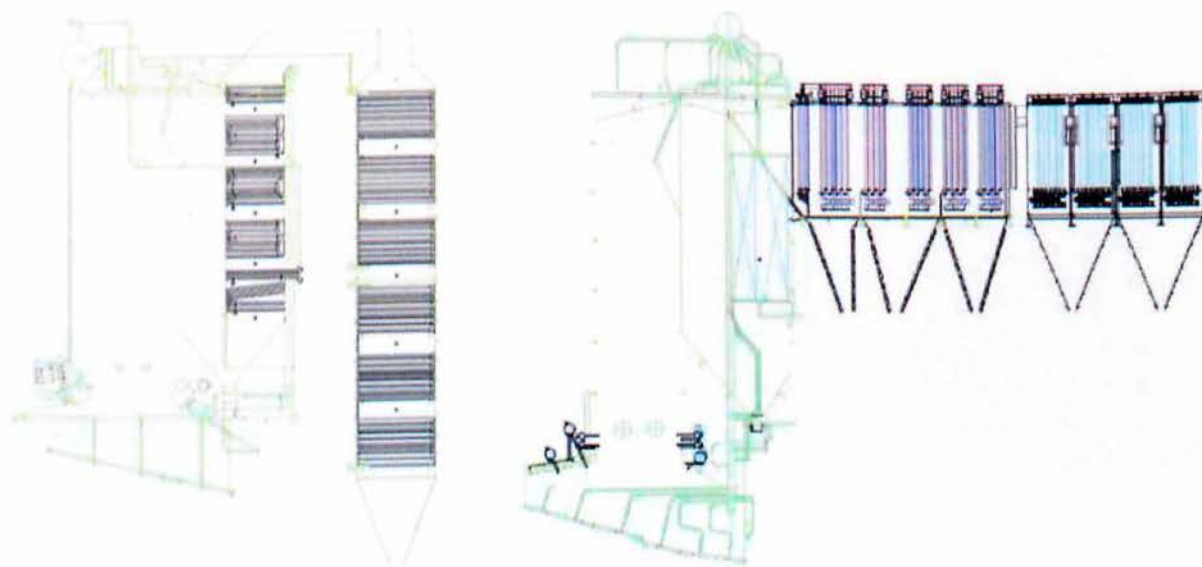
- Λέβητας τριών διαδρομών.
- Λέβητας τεσσάρων διαδρομών.
- Λέβητας πέντε διαδρομών. Ανάλογα με την αρχή κατασκευής:
- Κρεμάμενος λέβητας.
- Εδρασμένος λέβητας.

Ανάλογα με τον τρόπο οδήγησης των καυσαερίων:

- Αεραλωτός.
- Υδραλωτός (συνηθέστερος).

Ανάλογα με τη διεύθυνση περιρροής των αυλών:

- Οριζόντιος.
- Κατακόρυφος



Εικόνα 4.9 Κάθετοι και Οριζόντιοι Λέβητες παραγωγής ατμού

4.6.2 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 κατάλληλη θέση.

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

4.7 Συστήματα ελέγχου εκπομπών και αέριας ρύπανσης

4.7.1 Σύσταση καυσαερίων

Κατά την αποτέφρωση προκύπτουν περίπου 4.500-6.000m³ καυσαερίων ανά τόνο απορριμμάτων, τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000 °C. [12]

Οι ουσίες που εκπέμπονται στα αέρια της καύσης συνοψίζονται παρακάτω:

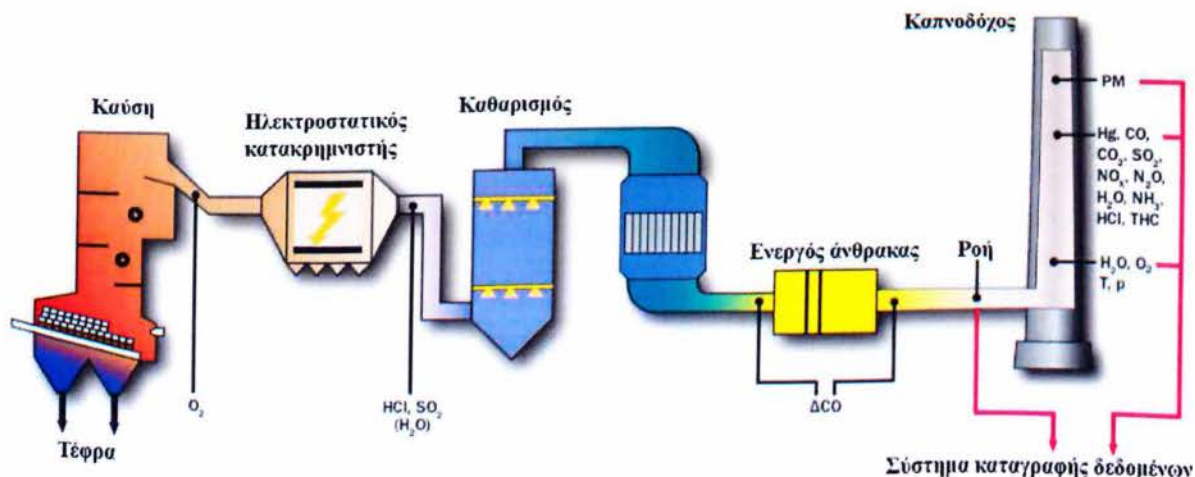
- > **Διοξείδιο του άνθρακα (CO²):** Ένας τόνος ΑΣΑ, με την καύση παράγει 0,7 ως 1,7 τόννους διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο εκλύεται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα και συνεπώς, συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- > **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** Είναι τοξικό αέριο και προκύπτει από την ατελή καύση 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 πρόέρχεται 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.
- > **Οξείδια 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.
- > **Οξείδια αζώτου:** Διάφορα οξείδια 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. Παρ' ολ' αυτά, από εργαστηριακές δοκιμές, είναι γνωστό ότι μια θερμοκρασία δημιουργίας τους είναι οι 300oC 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, θερμομέτρα, 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 $HgCl_2$. Σε περιπτώσεις υψηλής συγκέντρωσης υδροχλωρίου στα καυσαέρια, παραμένει στη μορφή $HgCl_2$, 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 την επεξεργασία των καυσαερίων και πιο συγκεκριμένα, στην απομάκρυνση των νιτρικών οξέων.

4.7.2 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 4.10 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. 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 μονάδες αυτές παρουσιάζουν υψηλές διακυμάνσεις στην ποσότητα και, ιδιαίτερα, τη σύσταση των τροφοδοτούμενων προς αποτέφρωση ΑΣΑ. Αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι οι μονάδες 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.

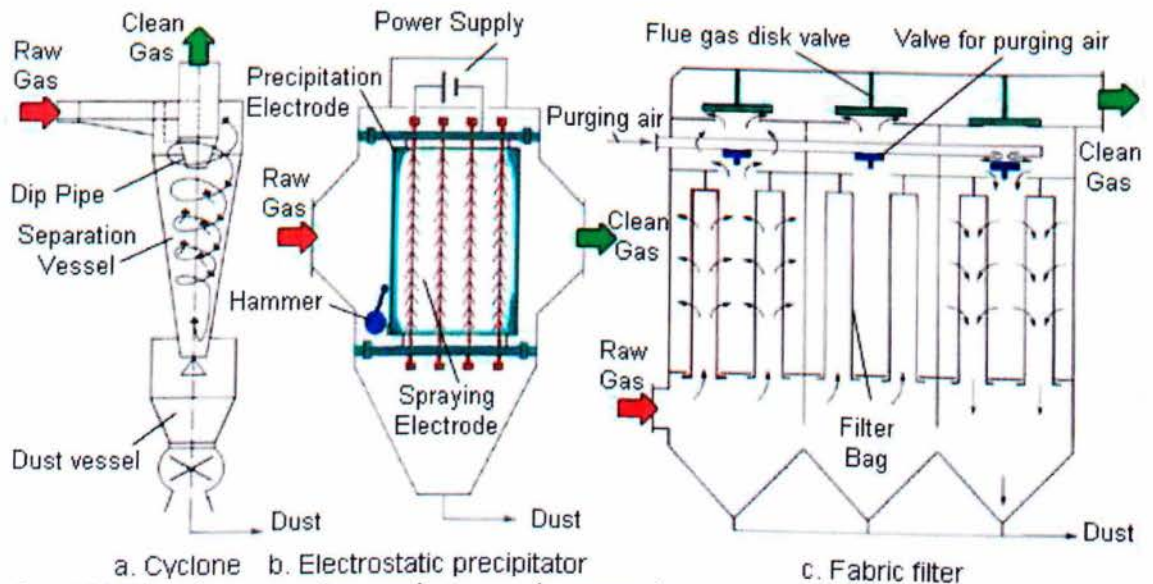
Οι σημαντικότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων αποσκοπούν στα παρακάτω στάδια καθαρισμού των καυσαερίων:

- Απομάκρυνση της ιπτάμενης τέφρας.
- Απομάκρυνση των όξινων αερίων.
- Απομάκρυνση συγκεκριμένων ρύπων όπως Hg ή PCDD/Fs.
- Μείωση των οξειδίων του αζώτου. [19]

4.7.3 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
- Σακκόφιλτρων



Εικόνα 4.11 Εξαρτήματα και Λειτουργία των τριών συστημάτων αφαίρεσης στερεών σωματιδίων [20]

4.7.3.1 Κυκλώνες

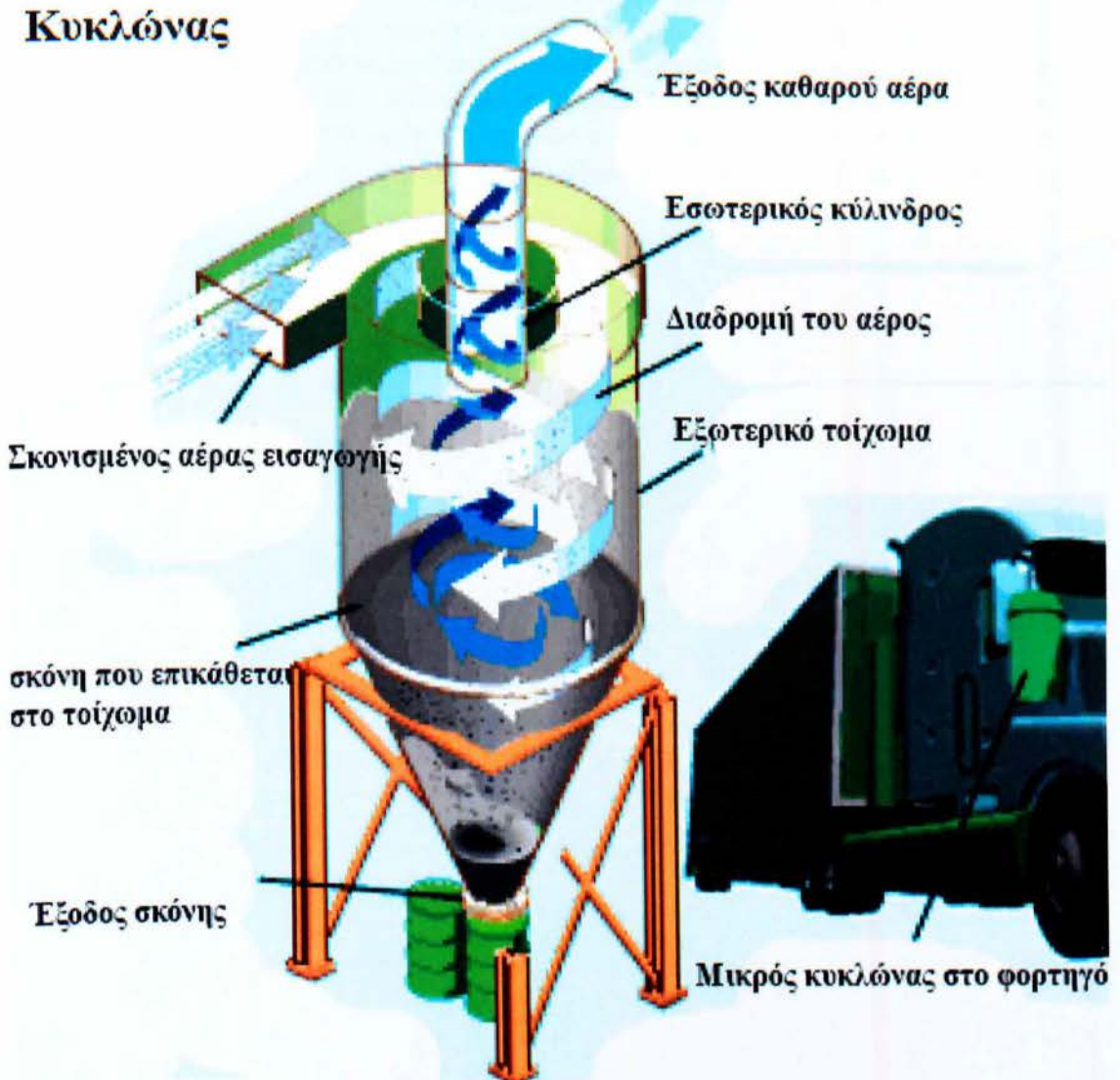
Η λειτουργία των κυκλώνων και των πολυκυκλώνων (χρήση πολλών μονάδων κυκλώνων) στηρίζεται στην αύξηση της φαινόμενης διαφοράς πυκνότητας μεταξύ στερεού και αερίου όταν ασκείται φυγόκεντρη δύναμη (πολλαπλασιασμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας g).

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.

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. [19]

Πλεονεκτήματά τους είναι η γρήγη 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. [12]

Κυκλώνας

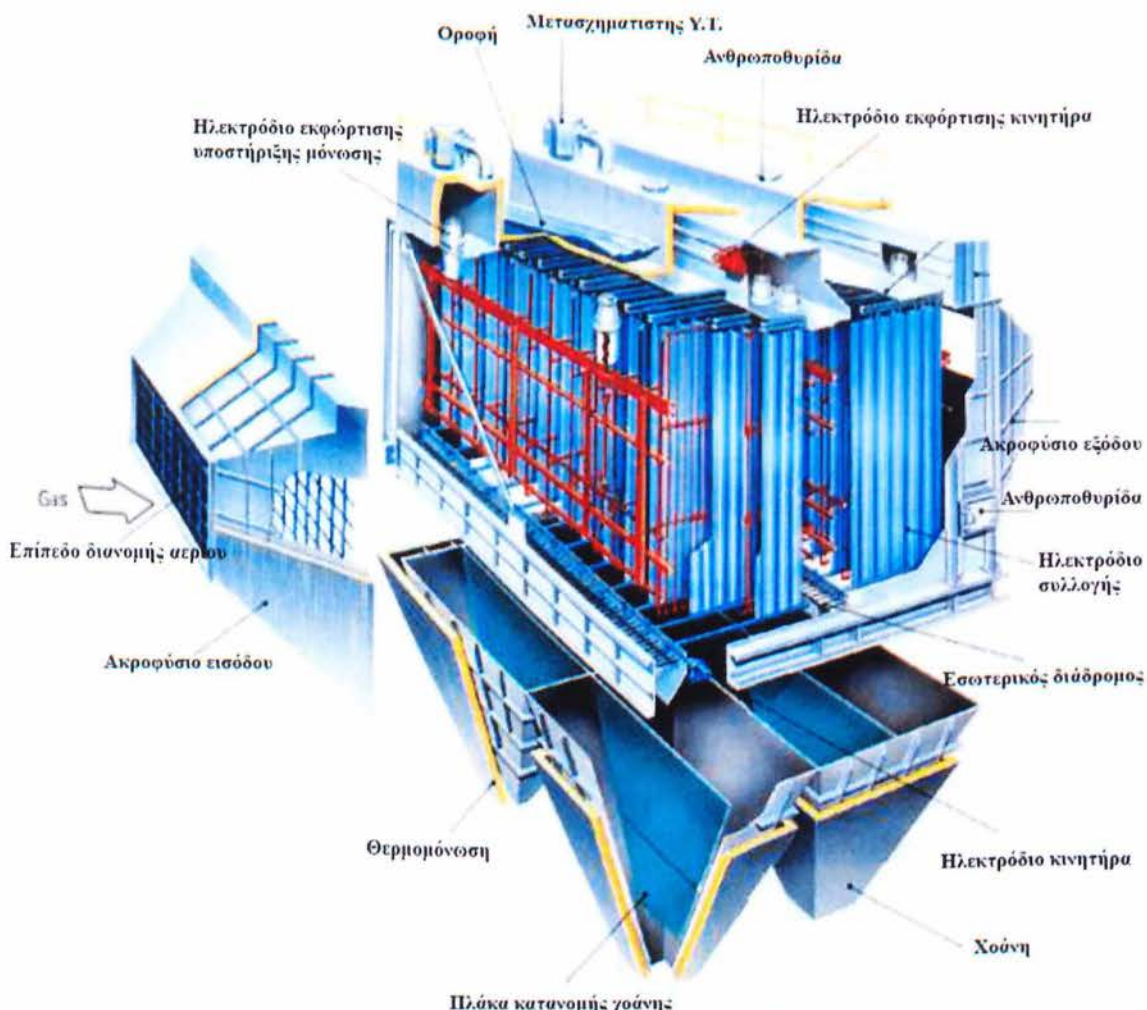


Εικόνα 4.12 Λειτουργία Κυκλώνων[21]

4.7.3.2 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 ροή των καυσαερίων διοχετεύεται μέσω περασμάτων πλάτους 20-40cm που δημιουργούνται από ηλεκτρικά φορτισμένες μεταλλικές πλάκες Collecting plate (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. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους κυμαίνεται από 160 ως 260°C ενώ οι υψηλότερες αποφεύγονται καθώς μπορεί να αυξηθεί ο κίνδυνος σχηματισμού PCDD/F.

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. [12]



Εικόνα 4.13 Ηλεκτροστατικό φίλτρο [19]

4.7.3.3 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 υφασμάτινους 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/m^3 . [19]

Το μέσο φίλτραρίσματος αποτελείται από ινώδη υλικά που πρέπει να παρουσιάζουν τις εξής ιδιότητες [17]:

- 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.



Εικόνα 4.14 Σακκόφιλτρα [21]

Η απόδοση του φιλτραρίσματος είναι μεγάλη για ένα ευρύ φάσμα μεγεθών των σωματιδίων όμως, για σωματίδια πολύ μικρής διαμέτρου 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.

4.7.4 Απομάκρυνση όξινων αερίων

Μετά την πρωτογενή καθίζηση της ιτάμενης 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 [12]:

- Υγρή διεργασία.
- Ημι-υγρή ή ημι-ξηρή διεργασία.
- Ξηρή διεργασία.

4.7.4.1 Υγρή διεργασία

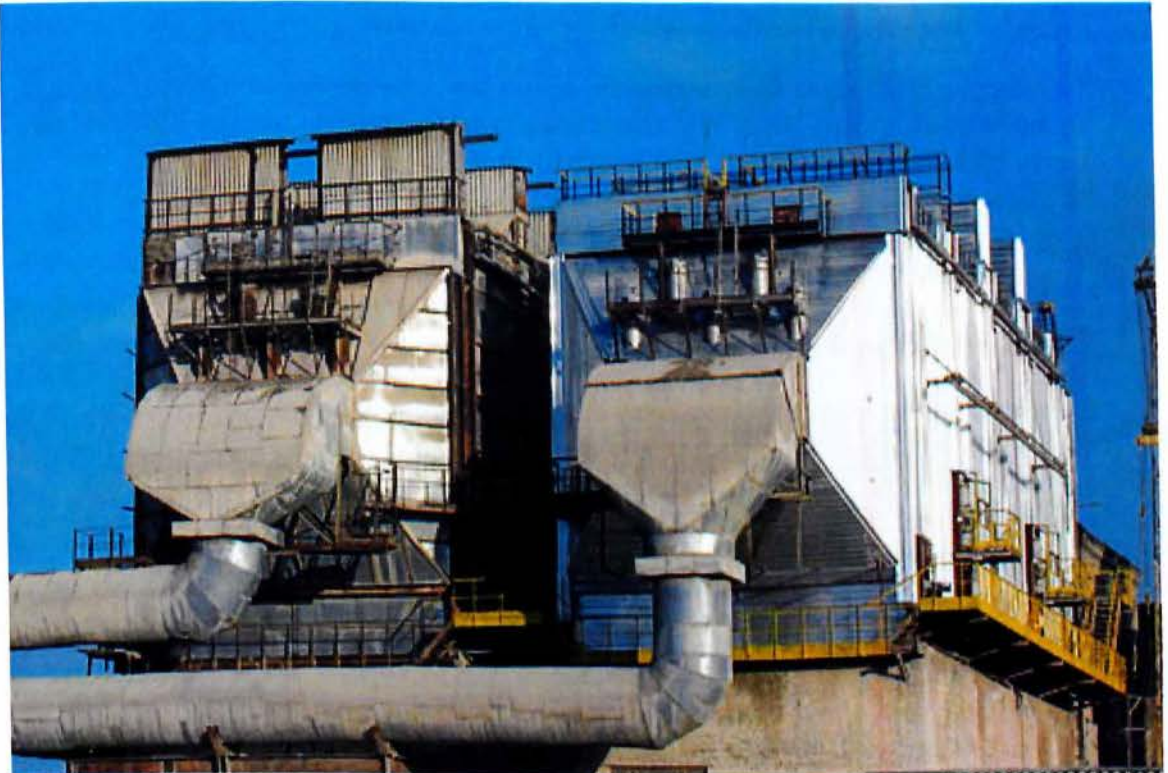
Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην απορρόφηση των αερίων συστατικών από ένα υγρό. Το ρεύμα των καυσαερίων τροφοδοτείται σε νερό, υπεροξειδίο του υδρογόνου ή/και σε διάλυμα έκπλυσης που περιέχει τμήμα του αντιδραστηρίου (π.χ. διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου). Η διαθέσιμη επιφάνεια του υγρού που ελέγχει 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 [19].



Εικόνα 4.15 Υγρή πλυντρίδα καθαρισμού καυσαερίων

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 απαέρια 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.

4.7.4.2 Ημι-υγρή ή ημι-ξηρή διεργασία

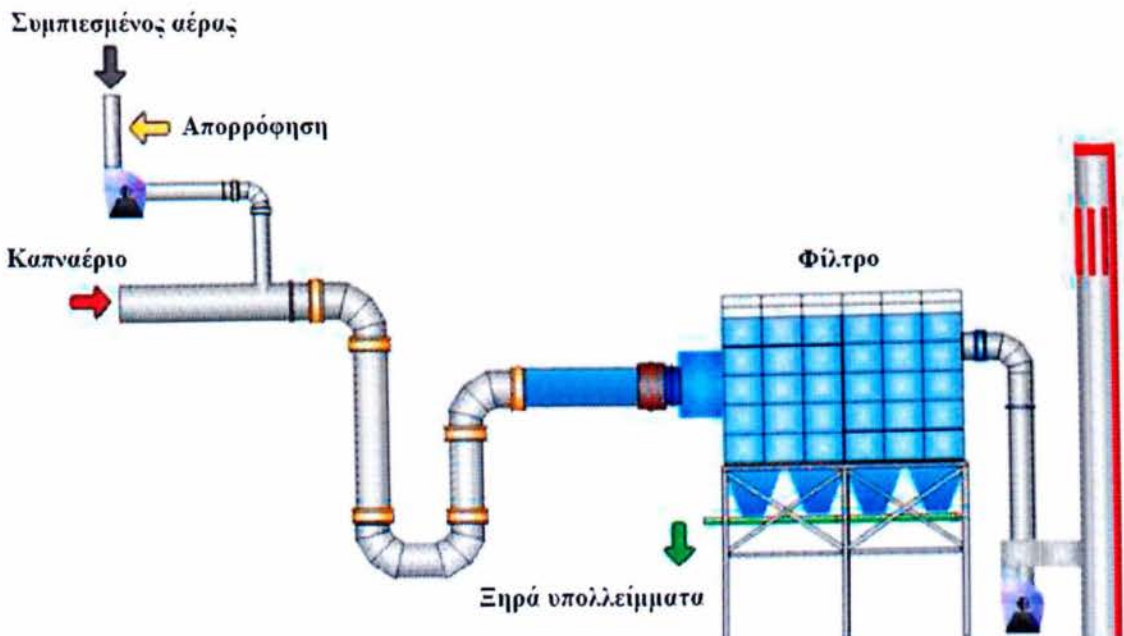
Το απορροφητικό μέσο προστίθεται στο ρεύμα των καυσαερίων ως υδατικό διάλυμα. Σε αυτή τη διαδικασία, η θερμότητα των καυσαερίων χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του διαλύτη και εν τέλει, το προϊόν της αντίδρασης είναι ξηρό, δηλαδή, σε στερεά μορφή, το οποίο πρέπει να εναποτεθεί σε κάποιο επόμενο στάδιο,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

4.7.4.3 Ξηρή διεργασία

Η διεργασία των στεγνών πλυντριδών 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 . Οι διάφορες διατάξεις πλυντριδών που εφαρμόζονται είναι:

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



Εικόνα 4.16 Αρχή λειτουργίας στεγνής πλυντρίδας [20]

4.7.4.3.1 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 ελλατώνεται και το μέγεθος των σταγονιδίων. Έπειτα, λόγω

ελάττωσης της ταχύτητας, γίνεται ο διαχωρισμός αερίου και υγρού μίγματος και απομακρύνονται.

4.7.4.3.2 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.

4.7.4.3.3 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.

4.7.4.3.4 Πύργοι ψεκασμού

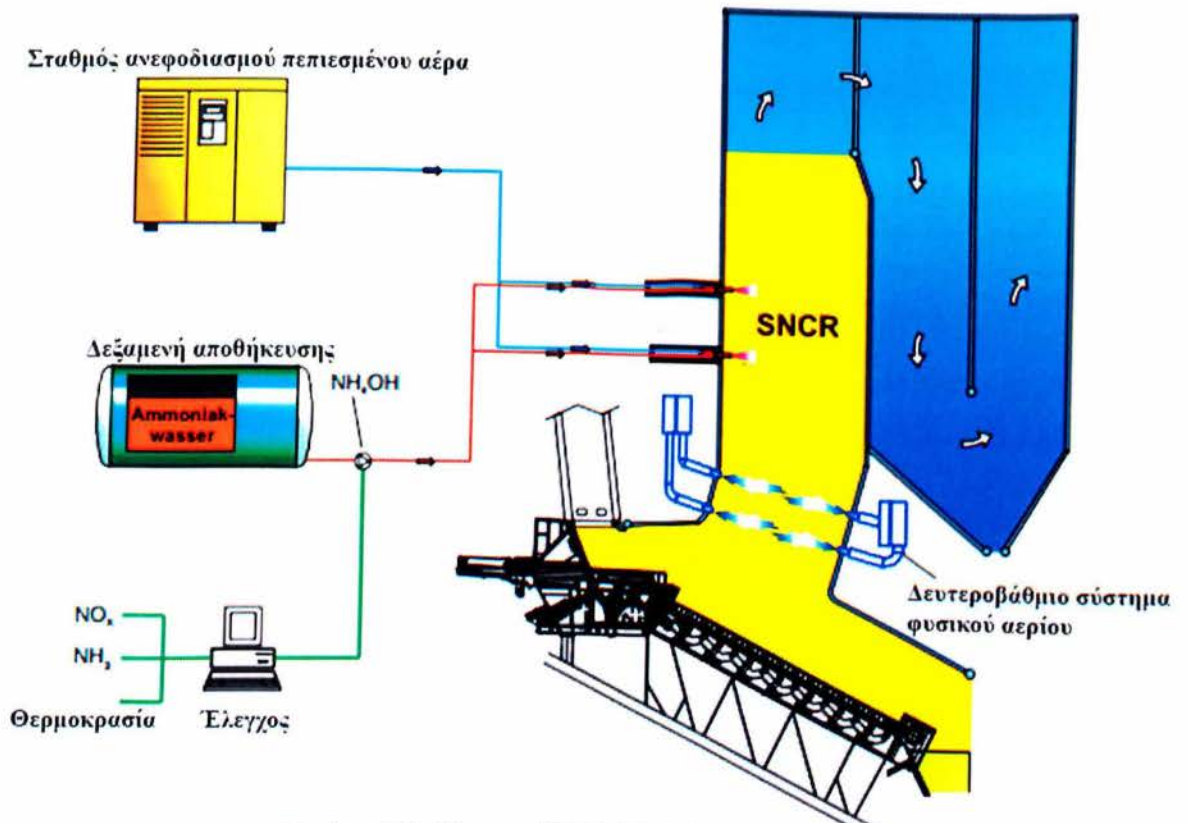
Επεξεργάζονται μεγάλες παροχές αερίου με μικρή πτώση πίεσης και έχουν υψηλές αποδόσεις για χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων όμως χρησιμοποιούνται και για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων. Έχουν χαμηλότερη απόδοση από τα άλλα συστήματα αλλά και χαμηλότερο κόστος (πάγιο και λειτουργικό).

4.7.5 Μείωση εκπομπών οξειδίων αζώτου (NO_x)

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

Η μη καταλυτική απομάκρυνση (NSCR) που πραγματοποιείται με την έγχυση αμμωνίας ή κάποιου αντιδραστήριου 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 τη μέθοδο αυτή περιλαμβάνει σταθμό αποθήκευσης και τροφοδοσίας του αντιδραστήριου, τη συσκευή για την έγχυσή του και τον αντιδραστήρα που ενσωματώνεται στο ρεύμα των καυσαερίων σε θερμοκρασίες μεταξύ $800-1.000^\circ\text{C}$. Σημαντικές παράμετροι για τη χρήση της μεθόδου είναι η καλή ανάμειξη των καυσαερίων και της αμμωνίας με τη δημιουργία τυρβών και η παρατήρηση του βέλτιστου ελάχιστου χρόνου παραμονής στον αντιδραστήρα. [17]

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 οξείδια του αζώτου προς παραγωγή υδρατμών και αζώτου. Για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος, απαιτείται θερμοκρασία μεταξύ 180 και 450°C , με το σύστημα στις περισσότερες μονάδες καύσης να λειτουργεί από $230-300^\circ\text{C}$. Η απόδοση της μεθόδου είναι πολύ υψηλή, πρακτικά πάνω από 90%. [12]



Εικόνα 4.17 Σύστημα SNCR Μονάδας Martin gmbh

4.7.6 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 για τη μείωση τους 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 NO_x . 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 [22]
- 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. [23]
- 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 $60-70^\circ\text{C}$ 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. [24]

- 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.

4.7.7 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.

4.7.8 Μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, N₂O)

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.

4.8 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, τη σβέση της τέφρας, στην ψύξη αερίων στους πύργους υγρής απορρόφησης, σε μερικούς ηλεκτροστατικούς κατακρημιστές
- 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.

4.8.1 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.

4.8.2 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: εξουδετερώνονται 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.

4.9 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 διοξειδίων και άλλων που περιέχονται στα καυσαέρια.

4.9.1 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 4.18 Ισοζύγιο μάζας για την διαδικασία της καύσης [6]

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.

4.9.2 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 μμηθεί την ποιότητα πρωτογενών υλικών κατασκευής καθώς, λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε ανόργανα στοιχεία, καθίστανται 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 υπολειμμάτων περιλαμβάνουν βελτιστοποίηση 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 υπολειμμάτων, 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 και μη μετάλλων, πράγμα που επιτυγχάνεται με τη χρήση μαγνητικών διαχωριστών, ή διαχωριστών δινορρευμάτων.
- Διεργασίες έκπλυσης. Στόχος είναι η απομάκρυνση των ευδιάλυτων ρύπων, όπως τα χλωριούχα, τα θειϊκά 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. [17]
- Θερμική επεξεργασία. Στόχος είναι η μείωση του όγκου των υπολειμμάτων 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 υλικό. [12]

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

5.1 Διαμόρφωση κόστους παραγωγής

Το συνολικό κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του εξοπλισμού, το κόστος λειτουργίας του έργου, το κόστος επανάκτησης των κεφαλαίων της επένδυσης και το κόστος της εξυπηρέτησης της χρηματοδότησης της επένδυσης (δανεισμός). Ορισμένες από τις ανωτέρω κατηγορίες κόστους είναι ανάλογες της εγκατεστημένης ισχύος του έργου, άλλες είναι ανάλογες με την παραγόμενη ενέργεια και άλλες αποτελούν σταθερό χρηματικό έξοδο ανεξαρτήτως του μεγέθους του έργου (σταθερά & μεταβλητά κόστη). Οι κατηγορίες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν το κόστος παραγωγής είναι:

A. Το συνολικό κόστος (συνολική επένδυση) που απαιτείται μέχρι την έναρξη λειτουργίας του έργου και αφορά:

- Το κόστος ανάπτυξης του έργου (μελέτες, αδειοδότηση, κόστος γης).
- Το κόστος κατασκευής του έργου το οποίο αναλύεται στις αντίστοιχες επιμέρους κατηγορίες κόστους για την προμήθεια του εξοπλισμού, ανάλογα με την κάθε τεχνολογία ΑΠΕ και την μεταφορά και εγκατάστασή του.
- Το κόστος κατασκευής των έργων σύνδεσης.
- Το χρηματοοικονομικό κόστος στη διάρκεια κατασκευής (τόκοι βραχυπρόθεσμου δανεισμού, απόδοση κεφαλαίων, κλπ.).
- Το άθροισμα των παραπάνω μεγεθών αποτελεί το συνολικό κόστος κατασκευής.
- Το μέγεθος αυτό διαιρούμενο με την εγκαθιστάμενη ισχύ δίδει το ανηγμένο (ή ειδικό) κόστος κατασκευής.

B. Οι ετήσιες δαπάνες (μεταβλητές/σταθερές) κατά τη διάρκεια λειτουργίας, οι οποίες αναλύονται σε πολλές διαφορετικές συνιστώσες, σχετίζονται συνήθως και με την παραγωγή του υπό εξέταση σταθμού. Ειδικότερα στα έξοδα λειτουργίας του έργου περιλαμβάνονται:

- Το κόστος επισκευών και συντήρησης του έργου το οποίο αντιστοιχεί συνήθως σε ποσοστό επί του προϋπολογισμού του έργου, ή σε ποσοστό επί της παραγόμενης ενέργειας.
- Το κόστος για την ασφάλιση του έργου κατά πολλαπλών κινδύνων καθώς και το κόστος για την ασφάλιση των ετήσιων εσόδων τα οποία υπολογίζονται ως ποσοστό του αντίστοιχου ασφαλιζόμενου ποσού.
- Οι δαπάνες μισθοδοσίας.
- Το κόστος διοίκησης και λογιστικής παρακολούθησης του έργου.
- Διάφορα άλλα έξοδα λειτουργίας, παροχές σε τρίτους, ενοίκια, υλικά άμεσης ανάλωσης και λοιπά γενικά ή απρόβλεπτα έξοδα.

Επιπλέον, στις ετήσιες δαπάνες ανάλογα με το επιχειρηματικό μοντέλο που επιλέγεται για την υλοποίηση του έργου περιλαμβάνονται:

- Το κόστος εξυπηρέτησης των τόκων και των χρεολυσίων του έργου (εξυπηρέτηση δανεισμού του έργου),
- Το κόστος επανάκτησης του κεφαλαίου της επένδυσης (αποσβέσεις), καθώς και το εναλλακτικό κόστος των ιδίων κεφαλαίων (επιθυμητή απόδοση επένδυσης).

5.2 Ανάλυση Μεθοδολογίας

Για τον οικονομική μελέτη της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το ειδικό λογισμικό **Waste Incineration Study & Evaluation** που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου Intelligent Energy Europe IEE.

Κάθε τιμή η στοιχείο που ζητήθηκε από το λογισμικό δίνεται κατόπιν ανάλυσης και επεξήγησης που περιλαμβάνεται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο. Επίσης σε πολλά στάδια έχουν ληφθεί υπόψη οι τιμές από περιπτώσεις σε διάφορες μονάδες άλλων χωρών, με προτεραιότητα στις περιπτώσεις έργων που εμφανίζουν ομοιότητες ως προς τη δυναμικότητα αλλά και την επικαιρότητα. Παρακάτω ακολουθεί η διεργασία των υπολογισμών ακολουθώντας τα βήματα της μεθοδολογίας του λογισμικού, προσθέτοντας περαιτέρω ανάλυση όπου κρίνεται σκόπιμο.

Κατά την ανάλυση που ακολουθεί θα ακολουθήσουμε τη συλλογιστική που το λογισμικό προτείνει και η οποία είναι η εξής:

Αρχικά θα καθοριστεί η συνολική δυναμικότητα του σταθμού σε επίπεδο απορριμμάτων προς επεξεργασία.

Στη συνέχεια θα δηλωθεί η σύνθεση των απορριμμάτων της περιοχής που αναφερόμαστε και με βάση τις θερμογόνους δυνάμεις του κάθε τύπου απορριμμάτων, που δίνονται από το λογισμικό, υπολογίζεται το συνολικό ετήσιο θερμικό περιεχόμενο της μονάδας σύμφωνα πάντα φυσικά και με τη δυναμικότητα του σταθμού.

Έπειτα καθορίζεται ο τύπος της μονάδας παραγωγής και εισάγεται βαθμός απόδοσης της θερμοδυναμικής μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ύστερα περνάμε στην ανάλυση και τον καθορισμό του κόστους της μονάδας.

Καθορίζουμε τα έσοδα της μονάδας έπειτα από καθορισμό των τελών εισόδου (gate fees) και της τιμής πώλησης της ενέργειας που παράγεται και υπολογίζονται τα συνολικά έσοδα.

Πλέον παραμετροποιούνται διάφορες συνθήκες του έργου, όπως ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου, δανειακές παραμέτρους, πληθωριστικές ρυθμίσεις, αλλά και το επιτόκιο προεξόφλησης (discount rate) της επένδυσης.

Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών των διαφόρων σεναρίων που θα προκύψουν περί βιωσιμότητας της επένδυσης.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι, αναλύσεις και βιβλιογραφικές αναφορές από τις οποίες προκύπτουν τα δεδομένα της μελέτης, θα περιλαμβάνονται στα επιμέρους στάδια του υπολογισμού, με βάση πάντα την συλλογιστική σειρά του λογισμικού, για άμεση και καλύτερη σύνδεση αυτών με τις τελικές επιλογές των τιμών.

Επίσης, σε όλα τα στάδια θα επισυνάπτονται και οι αντίστοιχες εικόνες από το περιβάλλον του λογισμικού.

Τα εργαλεία ανάδειξης της επένδυσης σε βιώσιμη ή μη βιώσιμη, όπως η μέθοδος Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (IRR) και η μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας (NPV) είναι εργαλεία δεδομένης αποτελεσματικότητας και εγκυρότητας και συνοδεύονται από ανάλυση ταμειακών ροών αλλά και από παρεμβάσεις με διάφορα άλλα σενάρια.

5.3 Διαδικασία οικονομικής ανάλυσης

5.3.1 Χαρακτηριστικά αποβλήτων

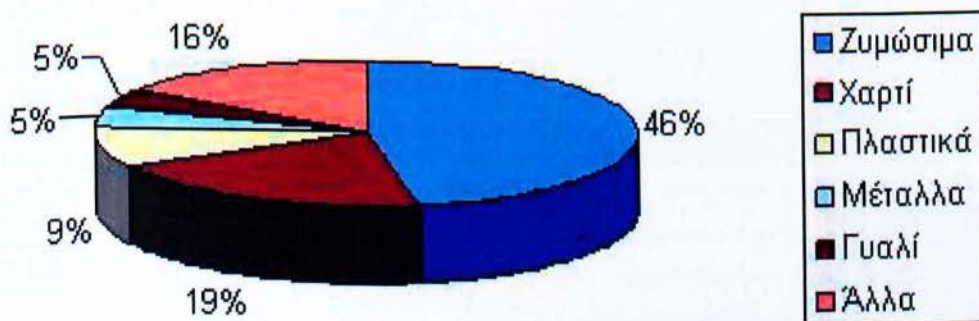
5.3.1.1 Ποσότητα αστικών αποβλήτων

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) τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως τα απορρίμματα που προέρχονται από κατοικίες καθώς και ένα μέρος των στερεών αποβλήτων που παράγονται από εμπορικές δραστηριότητες. [6]

Η ποσότητα αυτή αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα και με τις εκτιμήσεις των αρμόδιων φορέων που λειτουργούν τους ΧΥΤΑ. Μόνο στην Αττική, εκτιμάται ότι σήμερα η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων ξεπερνά τους 6.000 τόνους/ημέρα. Άρα πλέον γίνεται λόγος για παραγωγή περίπου 2,2M t/y στην Αττική, οπότε και κρίνεται σκόπιμος ο σχεδιασμός μονάδας για 1Mt/y απορρίμματα.

5.3.1.2 Σύνθεση αστικών αποβλήτων

Στο Διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων.



Σχήμα 5.1 Μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων

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. Σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη η δεύτερη έρευνα για τη σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων της Αθήνας. Πραγματοποιείται από το Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών (επικεφαλής ο καθηγητής Μιχαήλ Σκούλλος) για λογαριασμό του ΕΣΔΚΝΑ.

Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία, ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων σήμερα στην Αθήνα εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (40%), αν και πλέον σε μικρότερο ποσοστό. Αντίθετα έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο (29%) η παρουσία χαρτιού και χαρτονιού, ενώ διπλασιάστηκε το ποσοστό των πλαστικών (14%). Στα ίδια επίπεδα περίπου εκτιμάται ότι περιέχεται στα απορρίμματά γυαλί (3%), μέταλλα (3%), αδρανή (3%), δέρμα-ξύλο-λάστιχο (2%), ενώ το υπόλοιπο 6% αποτελείται από διάφορα άλλα υλικά.

Στον Πίνακα 5.1 που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στην στη Δυτική Ευρώπη και ΗΠΑ.

Πίνακας 5.1 Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο. [25]

	Δυτική Ευρώπη	ΗΠΑ	Μέση Ανατολή
Οργανικά	21,3	22,6	60
Χαρτί	27,4	45,6	25,3
Υφάσματα	3,5	4,5	1,4
Πλαστικά	3,1	2,6	5,8
Γυαλί	9,5	6,2	1
Μέταλλα	8,5	9,1	9,1
Σκόνη, Αδρανή	19,8	7,6	2,
Διάφορα	6,8	1,8	1,4

Όπως προκύπτει από τον υπολογισμό της μέσης κατώτατης θερμογόνου δύναμης της δεδομένης σύνθεσης, η θερμογόνος δύναμη της συγκεκριμένης σύνθεσης απορριμμάτων μπορεί να υποστηρίξει την αποτέφρωση των αποβλήτων.

$$\text{Συνολική Θερμογόνος Δύναμη} = 12,65 \text{ (kJ/kg)}$$

Εξ. 5.1

Λαμβάνοντας υπόψη το συνολικό βάρος απορριμμάτων που θα επεξεργαστεί η μονάδα, υπολογίζεται από το λογισμικό και το συνολικό ετήσιο θερμικό περιεχόμενο της μονάδας το οποίο είναι άκρως καθοριστικό για την ενεργειακή αξιοποίηση.

$$\text{Συνολικό θερμικό περιεχόμενο} = 12.650.000.000 \text{ MJ}$$

Εξ. 5.2

The screenshot shows the 'Waste Characteristics' section of the WISE software. The interface includes a sidebar with navigation options like 'New Project', 'Open Existing Project', and 'Save Project'. The main area displays the following data:

- Waste quantity:** Total waste weight per annum: 1.000.000 tons
- Waste composition (Percentage):**
 - Food scrap and putrescibles: 40%
 - Paper & cardboard: 29%
 - Plastics: 14%
 - Textiles: 4%
 - Tyres & rubber: 1%
 - Wood: 1%
 - Glass: 3%
 - Metals: 3%
 - Garden waste: 2%
 - Unclassified: 3%
- Thermal Content:** Total Thermal Content: 12.650.000.000 MJ
- Calorific Value (kJ/kg):**
 - Food scrap and putrescibles: 5.000
 - Paper & cardboard: 17.000
 - Plastics: 32.000
 - Textiles: 17.000
 - Tyres & rubber: 23.000
 - Wood: 19.000
 - Glass: 0
 - Metals: 0
 - Garden waste: 7.000
 - Unclassified: 0

At the bottom, it says 'Developed by exergia' with the website <http://www.exergia.gr> and navigation buttons '<< Previous' and 'Next >>'.

Εικόνα 5.1 Καρτέλα χαρακτηριστικών αποβλήτων

5.3.2 Επιλογές Αξιοποίησης Αποβλήτων

5.3.2.1 Τύπος μονάδας

Έπειτα καθορίζεται ο τύπος της μονάδας. Υπάρχουν οι μέθοδοι αξιοποίησης που είναι δοκιμασμένες και εξ' αυτών επιλέγεται παραγωγή μόνο ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αποτέφρωσης των απορριμμάτων.

Είναι σαφώς πιο αποδοτική η επιλογή της συμπαραγωγής, επιλογή που θα αύξανε δραματικά τον βαθμό απόδοσης της μονάδας και τα έσοδα της. Επίσης μια τέτοια επιλογή θα είχε σημαντικά οφέλη:

- Με τις σημερινές αυξήσεις των τιμών πετρελαίου το κόστος θέρμανσης με τηλεθέρμανση είναι κάτω του 50% του κόστους αντίστοιχης θέρμανσης με πετρέλαιο.
- Κατάργηση των βυτιοφόρων από τις εθνικές οδούς και τους δρόμους των πόλεων για τη μεταφορά καυσίμων στα κτίρια και κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση (περισσότερα από 500 βυτιοφόρα οχήματα ετησίως για την Πτολεμαΐδα).
- Εξοικονόμηση συναλλάγματος, αφού ανεξαρτητοποιείται η τοπική κοινωνία από το πετρέλαιο.
- Τοπική αναδιανομή του εισοδήματος δηλαδή αναθέρμανση της οικονομίας της πόλης.
- Νέες θέσεις εργασίας και ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού της περιοχής, διότι η συγκεκριμένη τεχνολογία θα απαιτούσε περαιτέρω επενδύσεις. Επίσης θα απασχολείτο τοπικό εργατοτεχνικό και επιστημονικό δυναμικό στην μελέτη, κατασκευή και την λειτουργία των έργων και αποκτάται τεχνογνωσία.

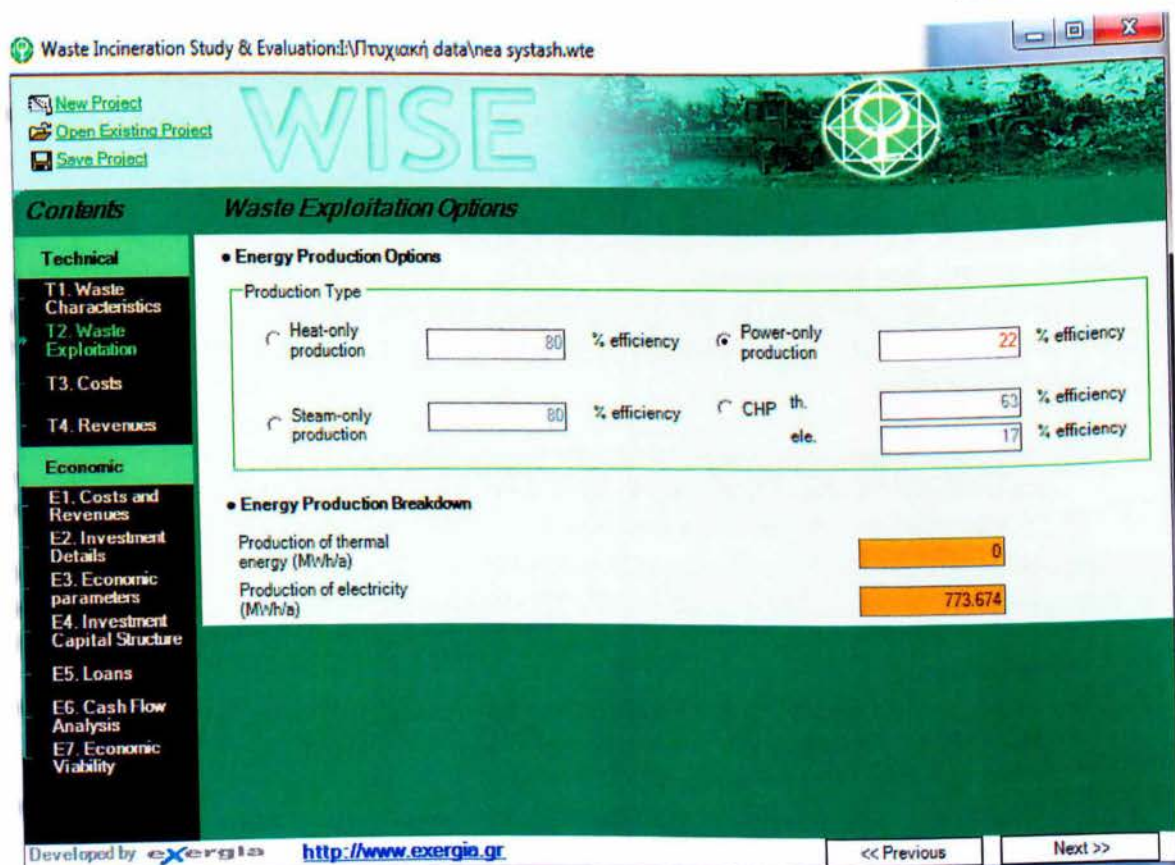
Ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας, της ανταγωνιστικότητας και του ανθρώπινου δυναμικού της περιοχής, διότι μειώνεται το κόστος παραγωγής προϊόντων που χρειάζονται θερμότητα και τα λειτουργικά κόστη των επαγγελματικών χώρων της πόλης. Επίσης δημιουργούνται νέες ευκαιρίες με την αστική και εξωαστική χρήση της θερμότητας (θερμοκήπια, ξηραντήρια, βαφεία, χώροι άθλησης, κέντρα υγιεινής κλπ.).

Ο λόγος που δεν επιλέγεται στη παρούσα μελέτη είναι το γεγονός ότι λόγω κλιματικής κατάστασης της συγκεκριμένης γεωγραφικής θέσης της μονάδας, η αγορά τηλεθέρμανσης σε οικιακούς καταναλωτές είναι περιορισμένη χρονικά σε σχέση με χώρες ψυχρότερου κλίματος. Επίσης δε μπορεί να τεκμηριωθεί βάσιμα ένα μέγεθος το οποίο επηρεάζεται τόσο πολύ από τις καιρικές συνθήκες σε μια ήδη ρευστή οικονομικά χώρα. Θα ήταν ορθή η αναζήτηση βιομηχανικών εγκαταστάσεων που να έχουν ανάγκη μεγάλες ποσότητες θερμότητας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και να υπάρξουν συμφωνίες με αυτές τις εταιρίες για την απόφαση ενσωμάτωσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Επίσης στη παρούσα μελέτη, κρίνεται πως η αναζήτηση και ο υπολογισμός του λεγόμενου worst case scenario είναι πιο χρήσιμος τη δεδομένη στιγμή.

5.3.2.2 Βαθμός απόδοσης

Στη συνέχεια εισάγεται βαθμός απόδοσης της θερμοδυναμικής μετατροπής σε ηλεκτρική ενέργεια 22%. Διάφορα σενάρια μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ στην Ελλάδα στηρίζονται σε βαθμό περίπου 25%, αλλά ο βαθμός αυτός κρίνεται αρκετά υψηλός, δεδομένου ότι συνηθίζεται να επιτυγχάνεται βαθμός 20% - 25%, αν και τελευταίες εγκαταστάσεις ξεπερνούν ακόμη και το 30%.



Εικόνα 5.2 Καρτέλα επιλογής τύπου παραγωγής

5.3.2.3 Ποσότητα ετήσιας παραγωγής ενέργειας

Συνεπώς προκύπτει ετήσια παραγωγή ενέργειας:

$$\text{Παραγωγή ηλεκτρισμού} = 773.674 \text{ MWh/y}$$

Εξ. 5.3

Οπότε οι 1.000.000 τόνοι απορριμμάτων με τη σύνθεση αυτών της Αττικής, σύμφωνα πάντα με τον βαθμό απόδοσης, προσδιορίζεται ότι μπορούν να παράγουν 773.674 MWh ηλεκτρικής ενέργειας που σημαίνει ότι πλέον μπορεί να υπολογιστεί η εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού.

5.3.2.4 Εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού

Αρχικά υπολογίζουμε ότι για τη παραγωγή της συγκεκριμένης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένου ότι η μονάδα θα λειτουργεί επί 24ώρου βάσεως ετησίως (8760 ώρες), αλλά και ότι τέτοιες μονάδες συνήθως έχουν 7500-8000 ώρες λειτουργίας ανά έτος, έχουμε καθαρή εγκατεστημένη ισχύ:

$$957.015 / 8000 = 96,71 \text{ MW}$$

Αν θεωρήσουμε βαθμό χρησιμοποίησης του σταθμού περί το 0,90 (85%-90% συνήθως) έχουμε συνολική εγκατεστημένη ισχύ:

$$96,71 * 1,10 = 106,5 \text{ MW}$$

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς = 106,5MW

Εξ.5.4

5.3.3 Έξοδα μονάδας

Ύστερα περνάμε στη καρτέλα που αφορά τα κόστη της μονάδας.

Ως συνολικό κόστος επένδυσης αγνοείται η τιμή που το λογισμικό προτείνει αυτομάτως, καθώς θεωρείται αρκετά αισιόδοξη για τα ελληνικά δεδομένα, όσον αφορά πολλές παραμέτρους, όπως κόστος γης κ.α. Εισάγεται λοιπόν ως

Συνολικό κόστος επένδυσης = 450M.EUR

Εξ.5.5

Το παραπάνω ποσό δεν είναι τυχαίο και καθορίζεται από βιβλιογραφικές εκτιμήσεις αλλά και παραδείγματα προσφάτων παρόμοιων έργων. Είναι δεδομένο πως όσο πιο πρόσφατη είναι η κατασκευή μιας μονάδας, τόσο πιο οικονομικό είναι το κόστος επένδυσης λόγω ραγδαίας αύξησης της τεχνολογίας και του ανταγωνισμού. Επίσης όσο μεγαλύτερη είναι και η δυναμικότητα της μονάδας, τόσο πιο οικονομικά αποδοτική καθίσταται. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται στοιχεία δυναμικότητας, κόστους κατασκευής και επιμερισμού αυτού για διάφορες εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ της Ευρώπης.

Πίνακας 5.2 Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη [26]

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

Χαρακτηριστική είναι επίσης και η πρόσφατα ολοκληρωμένη (2010) μονάδα στη περιοχή της Νάπολι στις Ιταλίας όπου πρόκειται για συνολικό ύψος επένδυσης 350M.EUR για παρόμοιας τεχνολογίας μονάδα, δυναμικότητας 650.000t/y

Όσον αφορά τα κόστη λειτουργίας της μονάδας, το λογισμικό προσαρμόζει αυτόματα το ύψος του κόστους αναλογικά, με βάση την επιλογή συνολικού κόστους επένδυσης που αναλύθηκε παραπάνω. Επίσης κρίνεται πως πληροί τις επίκαιρες προϋποθέσεις για να υιοθετηθεί το ποσό αυτό. Επίσης να σημειωθεί πως το ποσό κρίνεται σχετικά υψηλό αν ληφθεί υπόψη η κοινωνικοοικονομική κατάσταση της χώρας, που σίγουρα καθιστά τη πιο οικονομική όσον αφορά πολλά από τα κόστη λειτουργίας όπως εργατικά κ.α..

Πίνακας 5.3 Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη [26]

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

Waste Incineration Study & Evaluation:G:\Πτυχιακή data\1tMSW 20DiscRate.wte

WISE

Contents *Cost of development and operation*

Technical
 T1. Waste Characteristics
 T2. Waste Exploitation
 T3. Costs
 T4. Revenues
Economic
 E1. Costs and Revenues
 E2. Investment Details
 E3. Economic parameters
 E4. Investment Capital Structure
 E5. Loans
 E6. Cash Flow Analysis
 E7. Economic Viability

Investment cost
 Investment cost € million

Operation and Management Cost
 O&M Cost € million

O&M Cost Breakdown

Personnel	<input type="text" value="7.35"/> € million
Maintenance	<input type="text" value="6.75"/> € million
Utilities	<input type="text" value="2.25"/> € million
Ash disposal	<input type="text" value="3.35"/> € million
Administration	<input type="text" value="2.25"/> € million
Other	<input type="text" value="9"/> € million

Developed by <http://www.exergia.gr>

Εικόνα 5.3 Καρτέλα εξόδων επένδυσης

5.3.4 Έσοδα

Τα έσοδα της μονάδας είναι:

1. Τέλη αποθέσεως
2. Πώληση παραγόμενης ενέργειας
3. Πώληση υπολειμμάτων

5.3.4.1 Τέλη αποθέσεως - Gate fees

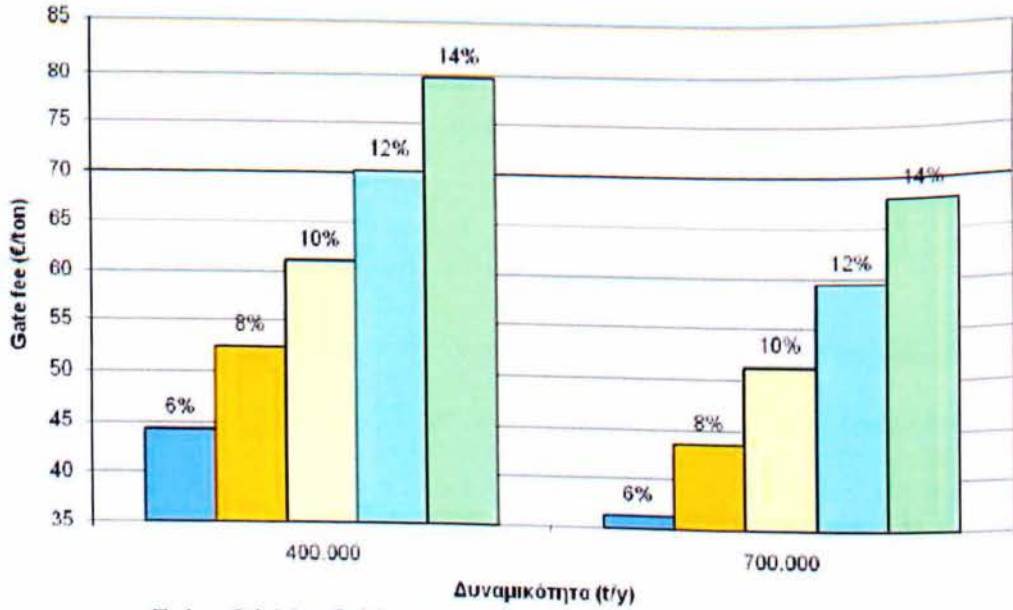
Το πρώτο έσοδο που καθορίζεται είναι αυτό των τελών εισόδου. Τα λεγόμενα τέλη εισόδου (Gate fees) αντιπροσωπεύουν τη μονάδα (συνήθως ανά τόνο) πληρωμής από την τοπική αρχή ή τον ιδιώτη, στον πάροχο υπηρεσιών διαχείρισης των ΑΣΑ όπως η μονάδα που εξετάζεται. Οι τιμές τους επηρεάζονται από παραμέτρους, 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 άλλων παρόχων, διαφορετικών στη περίπτωση της Ελλάδας υπηρεσιών διαχείρισης των ΑΣΑ. 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.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, στην Ελλάδα, 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 50€/tn ΑΣΑ, 30 με 40€ υψηλότερα από τα σημερινά στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων [27]. 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 [28]. Ενδεικτικά παρατίθενται στοιχεία των gate fees για καύση των απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.



Σχήμα 5.2 Μεταβολή του gate fee σε σχέση με τη δυναμικότητα [27]

Πίνακας 5.4 Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες [29]

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)

Είναι προφανές πως στη περίπτωση που γίνεται πώληση ενέργειας σε δημόσιο μόνο φορέα, όπως συμβαίνει δηλαδή στη περίπτωση της Ελλάδας, η τιμή πώλησης της είναι καθορισμένη και σταθερή και δύσκολα επιδέχεται μεταβολές, ειδικά από τη μεριά της μονάδας. Οπότε μοναδικός τρόπος ελέγχου της βιωσιμότητας αλλά και της κερδοφορίας της επένδυσης είναι ο καθορισμός σωστού gate fee. Επίσης είναι προφανές πως δε πρέπει να ξεπερνά κατά πολύ τα υπάρχοντα gate fees των άλλων φορέων όπως των ΧΥΤΑ. Για τους παραπάνω λόγους επιλέχθηκε

$$\text{Τέλη αποθέσεως} - \text{gate fee} = 50\text{EUR/ton}$$

Εξ.5.6

Οπότε δεδομένης της δυναμικότητας της μονάδας προκύπτει:

$$\text{Ετήσια έσοδα από τέλη αποθέσεως} = 50.000.000\text{EUR/year}$$

Εξ.5.7

5.3.4.2 Έσοδα από πώληση παραγόμενης ενέργειας

Όσον αφορά τώρα τη τιμή πώλησης της ενέργειας, αυτή προκύπτει από το ισχύον νομικό πλαίσιο το οποίο καθορίζει ότι ένα τμήμα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των ΑΣΑ, θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ΑΠΕ) σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/EC. Αυτό το τμήμα της ηλεκτρικής ενέργειας, ο ΟΛΑΓΗΕ είναι υποχρεωμένος να το αγοράσει. Η «υποχρέωση χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας» είναι το

εθνικό καθεστώς στήριξης το οποίο επιβάλλει στους παραγωγούς ενέργειας την υποχρέωση να συμπεριλαμβάνουν ένα συγκεκριμένο ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή τους, απαιτεί από τους προμηθευτές ενέργειας να συμπεριλαμβάνουν ένα συγκεκριμένο ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον εφοδιασμό τους ή απαιτεί από τους καταναλωτές ενέργειας να συμπεριλαμβάνουν ένα συγκεκριμένο ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κατανάλωσή τους.

Σύμφωνα με τον πρόσφατο νόμο 3851/2010 το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των απορριμμάτων που θεωρείται ΑΠΕ, το 50% δηλαδή, παράγει ενέργεια αξίας 87,85EUR/MWh και αυτός ο νόμος καθιστά την επένδυση αρκετά ασφαλή καθώς μπορεί έτσι να επιλεγθεί ανταγωνιστικό gate fee όπως παραπάνω. Η υπόλοιπη ενέργεια πωλείται στην οριακή τιμή του συστήματος που ισχύει 50EUR/MWh. Οπότε υπολογίζονται τα έσοδα από την πώληση ενέργειας:

$$\text{Ετήσια έσοδα πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας} = 66.034.035\text{EUR/y} \quad \text{Εξ.5.8}$$

5.3.4.3 Συνολικά έσοδα

Υπολογίζονται λοιπόν τα συνολικά έσοδα:

$$\text{Ετήσια συνολικά έσοδα} = 116.034.035\text{EUR/y} \quad \text{Εξ.5.9}$$

Στα πεδία των εσόδων από πώληση υλικών, στο worst case plan δεν θα υπολογιστεί κάποιο κέρδος. Στη πραγματικότητα βέβαια, το πιο πιθανό είναι να επιτευχθεί συμφωνία με βιομηχανίες που θα αγόραζαν την εναπομένουσα τέφρα για χρήση ή ακόμη τα μέταλλα και το γυαλί. Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις παγκοσμίως φροντίζουν και έχουν έσοδα από αυτό το προϊόν και μάλιστα καθόλου ευκαταφρόνητα. Στη συνέχεια θα υπολογιστούν τα οικονομικά οφέλη μιας συμφωνίας ανάλογης με ευρωπαϊκά δεδομένα, όπως τη περίπτωση της Νάπολι όπου η τέφρα πωλείται σε εταιρία κατασκευής υποδομών οδοστρωμάτων.

The screenshot shows the WISE software interface. The main window is titled 'WISE' and has a navigation menu on the left. The 'Contents' section includes 'Technical' (T1 Waste Characteristics, T2 Waste Exploration, T3 Costs, T4 Revenues) and 'Economic' (E1 Costs and Revenues, E2 Investment Details, E3 Economic parameters, E4 Investment Capital Structure, E5 Loans, E6 Cash Flow Analysis, E7 Economic Viability). The 'Revenues' section is active, showing the following data:

Category	Parameter	Value	Unit
Gate Fee Income	Gate fee	50	€/ton
	Gate Fee Revenue	50.000.000	€/a
Energy Sales	Heat selling price	0	€/MWh
	Steam selling price	0	€/MWh
	Electricity selling price	69	€/MWh
	Revenue from energy sales	53.383.506	€/a
Material Sales	Glass selling price	0	€/ton
	Metals selling price	0	€/ton
	Revenue from materials sales	0	€/a
Total	Total Revenue	103.383.506	€/a

At the bottom of the interface, it says 'Developed by exergia' with the URL <http://www.exergia.gr> and navigation buttons '<< Previous' and 'Next >>'.

Εικόνα 5.4 Καρτέλα εσόδων

5.3.5 Απολογισμός οικονομικών μεγεθών

Παρακάτω ακολουθεί μία σύνοψη των εξόδων και εσόδων της επένδυσης:



Εικόνα 5.5 Καρτέλα σύνοψης εσόδων - εξόδων

5.3.6 Λεπτομέρειες επένδυσης

Εκτιμούνται ως χρόνος εκτέλεσης του έργου τα 2 χρόνια. Κατά τη διάρκεια αυτών, τον πρώτο χρόνο κατασκευής του έργου εκτιμάται πληρωμή του 45% του συνολικού ύψους της επένδυσης, ενώ τον δεύτερο χρόνο 55%. Κατά τη διάρκεια των 2 χρόνων κατασκευής, το έργο δανειοδοτείται ανά χρόνο με ισόποσα δάνεια με συνολικό δανεισμό 51% του συνολικού ύψους της επένδυσης. Το υπόλοιπο 49% υπολογίζεται ως ίδια κεφάλαια.

Ως χρόνος αποπληρωμής των δανείων ορίζεται χρόνος περίπου μισός του ελάχιστου κύκλου ζωής της επένδυσης, δηλαδή 12 χρόνια, ενώ υπολογίζεται ως περίοδος χάριτος του δανείου τα 2 χρόνια, όπου θα αποπληρώνονται μόνο οι τόκοι. Το επιτόκιο της δανειοδότησης υπολογίζεται στο 6%, επιτόκιο υψηλό για τη διασφάλιση του χειρότερου σεναρίου. Θα υπολογιστεί και σενάριο με 2% επιτόκιο για κάθε ενδεχόμενο.

Στους υπολογισμούς, ως έτος -1 λογίζεται η πρώτος χρόνος κατασκευής της μονάδας και ως έτος 0 ο δεύτερος χρόνος κατασκευής της. Οπότε τα έτη λειτουργίας της μονάδας να υπολογίζονται και παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες (ταμειακές ροές κτλ) από 1 - 20 έτη.

Waste Incineration Study & Evaluation: Πτυχιολογία data\nea systash final.wte

Now Project
Open Existing Project
Save Project

WISE

Contents Investment Details

Technical

- T1. Waste Characteristics
- T2. Waste Exploitation
- T3. Costs
- T4. Revenues

Economic

- E1. Costs and Revenues
- E2. Investment Details
- E3. Economic parameters
- E4. Investment Capital Structure
- E5. Loans
- E6. Cash Flow Analysis
- E7. Economic Viability

• Construction duration

Estimated Construction Duration years

• Investment Capital Structure

Year	Capital Cost Schedule (% of Capital)	Grants (% of Capital)	Loan (% of Capital)
Year (-3)			
Year (-2)	0	0	0
Year (-1)	45	0	26
Year (0)	55	0	25

• Terms of Loan

Loan term years

Loan grace period years

Loan interest rate %

Developed by <http://www.exergia.gr> << Previous Next >>

Εικόνα 5.6 Καρτέλα οικονομικών λεπτομερειών

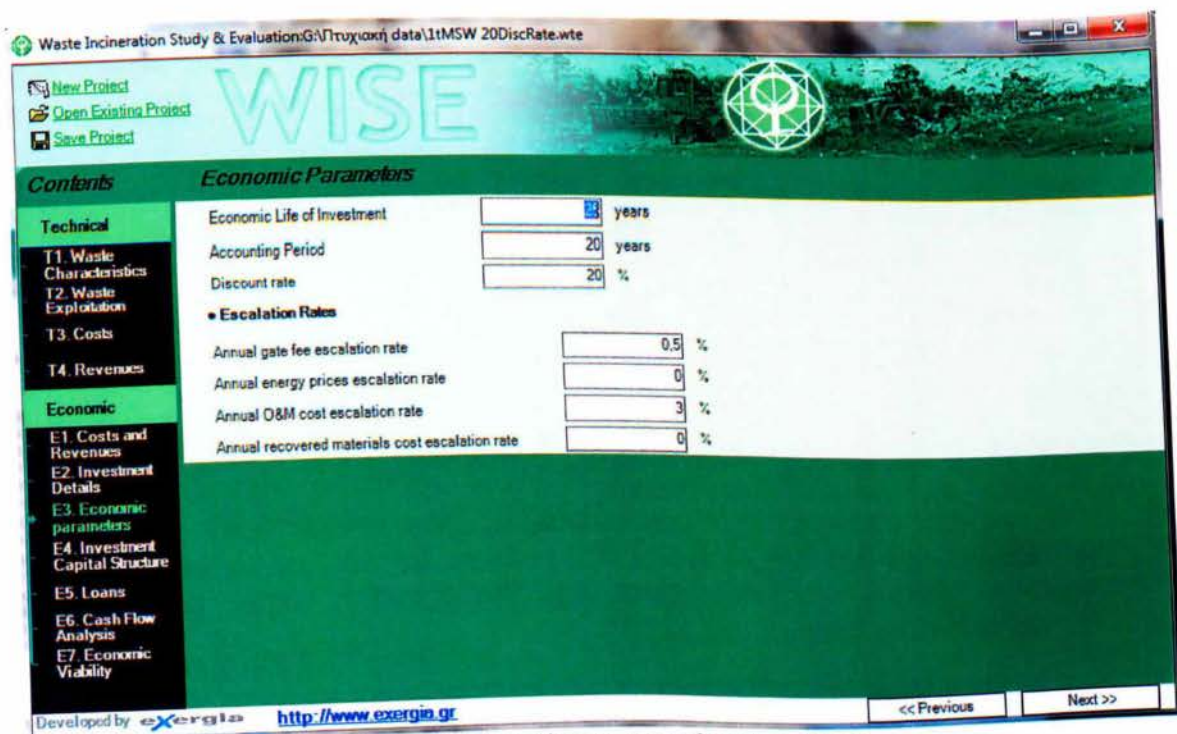
5.3.7 Οικονομικοί παράμετροι

Ο οικονομικός κύκλος της επένδυσης ορίζεται ως 25 χρόνια και ο χρόνος που το λογισμικό θα λάβει υπόψη του τα 20 χρόνια λόγω αδυναμίας του λογισμικού να επεξεργαστεί παραπάνω χρόνο ζωής, καθώς αυτός θεωρείται ο σωστός χρόνος για αποτίμηση μιας επένδυσης τέτοιου τύπου.

Στη συνέχεια καθορίζεται το discount rate. Πρόκειται για το προεξοφλητικό επιτόκιο ή αλλιώς το κόστος κεφαλαίου. Το επιτόκιο προεξόφλησης, είναι μια καθαρά επενδυτική παράμετρος που αντανακλά την ελάχιστη αποδεκτή απόδοση μιας επένδυσης. Συγκεκριμένα το επιτόκιο προεξόφλησης ενσωματώνει το επιθυμητό επενδυτικό επιτόκιο μιας ασφαλούς επένδυσης (κόστος ευκαιρίας) προσαυξημένο με έναν αποδεκτό συντελεστή ασφαλείας (κόστος ρίσκου). Η αβεβαιότητα που υπάρχει στην πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών σε σχέση με το βαθμό τεχνολογικής ωριμότητας κάθε τεχνολογίας αλλά και άλλες παραμέτρους (π.χ. την είσπραξη οφειλών από τρίτους, τη διαμόρφωση του κόστους πρώτων υλών, το ευρύτερο οικονομικό περιβάλλον, κ.α.) σχετίζεται άμεσα με το ρίσκο της κάθε επένδυσης. Είναι καθοριστικός παράγοντας μιας επένδυσης που στόχο έχει τη προσαρμογή των οικονομικών δεδομένων με βάση την αναμενόμενη και μη μελλοντική πληθωριστική κατάσταση αλλά και τυχόν επενδύσεις που μπορεί να απαιτηθούν κατά τον χρόνο ζωής της επένδυσης. Υπάρχουν διάφορες μελέτες που βασίζονται σε ένα discount rate περίπου ίσο με το τρέχον επιτόκιο δανεισμού με τη λογική της σύνδεσης του ενδεχόμενου κόστους κεφαλαίου με ότι πιο έγκυρο στοιχείο μπορεί να υπάρχει στη παρούσα κατάσταση αναφορικά με το μέλλον. Αν γίνει λανθασμένη εκτίμηση και βασιστεί μια μελέτη σε μικρότερο discount rate από ότι τελικά προκύψει, τότε υπάρχει κίνδυνος μικρότερων κερδών σε δραματικό βαθμό έως και μη βιώσιμη επένδυση. Το σύνολο των οικονομικών αναλύσεων κόστους βασίζονται

σε discount rate 6-12% οπότε κρίνεται σκόπιμη η ανάλυση κόστους για ένα σενάριο των 10% και ένα σενάριο πιο συντηρητικό, της τάξεως του 20% που κρίνεται υπερβολικά μεγάλο κόστος κεφαλαίου, αλλά θα είχε ενδιαφέρον να εξακριβωθεί η βιωσιμότητα μιας επένδυσης με τόσο μη ελκυστικά δεδομένα, δεδομένης και της ρευστής οικονομικής κατάστασης της Ελλάδας αλλά και του λεπτού θέματος της διαχείρισης των απορριμμάτων. Έπειτα παραμετροποιείται η μελέτη καθορίζοντας τα παρακάτω:

- Μέσος ρυθμός αύξησης των εσόδων από τα gate fees το 0,5%.
- Μηδενική αύξηση της τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας, κάτι που θεωρείται πολύ συντηρητικό στοιχείο στη μελέτη, αλλά έχει στόχο να προσεγγίσει ακόμη περισσότερο το χειρότερο σενάριο σε μια χώρα ιδιαίτερα ρευστής οικονομίας.
- Ως ποσοστό αύξησης των λειτουργικών εξόδων συνολικά, ορίζεται ποσοστό 3%.



Εικόνα 5.7 Καρτέλα οικονομικών παραμέτρων

5.3.8 Κεφαλαιακή διάρθρωση επένδυσης

Πλέον γίνεται ένας απολογισμός της σύνθεσης των πληρωμών των εξόδων.

Waste Incineration Study & Evaluation (ΑΠτυχιακή) data\nea systash final.wite

WISE

Contents: Investment Capital Structure

Technical

Investment Capital Structure Table (amounts in €)

	Year	Investment Cost	Own Funds	Grants	Loans
T1 Waste Characteristics	-2	0	0	0	0
T2 Waste Exploitation	-1	202.500.000	85.500.000	0	117.000.000
T3 Costs	0	247.500.000	135.000.000	0	112.500.000
T4 Revenues	Total	450.000.000	220.500.000	0	229.500.000
	Present value	490.500.000	237.600.000		

Developed by XCORP http://www.scorpio.gr

Εικόνα 5.8 Καρτέλα κεφαλαιακής διάρθρωσης της επένδυσης

5.3.9 Δανειακή ανάλυση

Έπειτα ακολουθεί πλήρης ανάλυση των πληρωμών των δανείων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου. Αναλύονται τα ποσά των πληρωμών για τις δανειακές υποχρεώσεις της επένδυσης λαμβάνοντας υπόψη το δανειακό επιτόκιο της επένδυσης αλλά και την περίοδο χάριτος που καθορίστηκε προηγουμένως.

Waste Incineration Study & Evaluation (ΑΠτυχιακή) data\nea systash final.wite

WISE

Contents: Loans

Structure of Loans (amounts in €)

Year	Investment	Loans	Payments 2	Subsidiary 2	Interest 2	Payments 3	Subsidiary 3	Interest 3	Payments 4	Subsidiary 4	Interest 4	Total Interest	Total Capital Structure
-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	202.500.000	117.000.000	0	0	0	7.020.000	117.000.000	7.020.000	6.750.000	112.500.000	6.750.000	7.020.000	7.020.000
0	247.500.000	112.500.000	0	0	0	7.020.000	117.000.000	7.020.000	6.750.000	112.500.000	6.750.000	13.770.000	20.790.000
1	0	0	0	0	0	13.955.412	102.713.056	6.603.875	13.418.666	105.811.334	6.750.000	13.353.875	27.374.078
2	0	0	0	0	0	13.955.412	94.920.421	6.162.783	13.418.666	98.762.548	6.349.890	12.912.663	27.374.078
3	0	0	0	0	0	13.955.412	86.680.234	5.695.225	13.418.666	91.269.036	5.926.753	11.620.978	27.374.078
4	0	0	0	0	0	13.955.412	77.924.435	5.199.614	13.418.666	83.227.148	5.478.179	10.675.782	27.374.078
5	0	0	0	0	0	13.955.412	68.623.289	4.674.265	13.418.666	74.908.111	4.999.629	9.673.895	27.374.078
6	0	0	0	0	0	13.955.412	58.785.274	4.117.397	13.418.666	65.983.932	4.494.487	8.611.884	27.374.078
7	0	0	0	0	0	13.955.412	48.256.978	3.527.116	13.418.666	56.524.302	3.959.036	7.486.152	27.374.078
8	0	0	0	0	0	13.955.412	37.302.964	2.901.419	13.418.666	46.487.094	3.391.459	6.282.877	27.374.078
9	0	0	0	0	0	13.955.412	25.985.751	2.238.179	13.418.666	35.869.254	2.789.826	5.028.025	27.374.078
10	0	0	0	0	0	13.955.412	13.165.483	1.535.145	13.418.666	24.601.683	2.152.095	3.687.242	27.374.078
11	0	0	0	0	0	13.955.412	0	0	13.418.666	12.659.119	1.476.101	2.266.020	27.374.078
12	0	0	0	0	0	0	0	0	13.418.666	0	759.547	759.547	13.418.666
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Developed by XCORP http://www.scorpio.gr

Εικόνα 5.9 Καρτέλα διάρθρωσης δανείων

5.3.10 Ανάλυση ταμειακών ροών

Καρτέλα Cash Flow Analysis Πλέον περνάμε στην ανάλυση ταμειακών ροών όπως αυτές υπολογίζονται το λογισμικό.

Study & Evaluation:\Α\Πτυχιακή data\nea systash final.wte

WISE

Cash Flow Analysis

• Cash Flow Analysis Table (amounts in €)

Year	INVESTMENT COST	OPERATING COST	Gate fee revenue	Energy sales revenue	Material sales revenue	REVENUE	BENEFIT	TOTAL CAPITAL RECOVERY	NET BENEFIT	Present Value	Cumulative PV
0	237.600.000						-237.600.000	8.424.000	-246.024.000	-246.024.000	
1	0	23.175.000	50.250.000	53.383.506	0	103.633.506	80.458.506	20.705.412	59.753.094	49.794.245	49.794.245
2	0	23.870.250	50.501.250	53.383.506	0	103.884.756	80.014.506	27.374.078	52.640.428	36.555.853	86.350.097
3	0	24.586.358	50.753.756	53.383.506	0	104.137.262	79.550.905	27.374.078	52.176.827	30.194.923	116.545.020
4	0	25.323.948	51.007.525	53.383.506	0	104.391.031	79.067.083	27.374.078	51.693.005	24.929.111	141.474.131
5	0	26.083.667	51.262.563	53.383.506	0	104.646.069	78.562.402	27.374.078	51.188.324	20.571.439	162.045.570
6	0	26.866.177	51.518.875	53.383.506	0	104.902.381	78.036.205	27.374.078	50.662.127	16.966.644	179.012.214
7	0	27.672.162	51.776.470	53.383.506	0	105.159.976	77.487.814	27.374.078	50.113.736	13.985.824	192.998.038
8	0	28.502.327	52.035.352	53.383.506	0	105.418.858	76.916.531	27.374.078	49.542.453	11.521.991	204.520.029
9	0	29.357.397	52.295.529	53.383.506	0	105.679.035	76.321.638	27.374.078	48.947.560	9.486.365	214.006.394
10	0	30.238.119	52.557.007	53.383.506	0	105.940.513	75.702.394	27.374.078	48.328.316	7.805.293	221.811.687
11	0	31.145.262	52.819.792	53.383.506	0	106.203.298	75.058.036	27.374.078	47.683.957	6.417.688	228.229.375
12	0	32.079.620	53.083.891	53.383.506	0	106.467.397	74.387.777	27.374.078	47.013.698	5.272.899	233.502.274
13	0	33.042.009	53.349.310	53.383.506	0	106.732.816	73.690.807	13.418.666	60.272.142	5.633.268	239.135.542
14	0	34.033.269	53.616.057	53.383.506	0	106.999.563	72.966.294	0	72.966.294	5.683.094	244.818.636
15	0	35.054.267	53.884.137	53.383.506	0	107.267.643	72.213.376	0	72.213.376	4.687.043	249.505.679
16	0	36.105.895	54.153.558	53.383.506	0	107.537.064	71.431.169	0	71.431.169	3.863.561	253.369.241
17	0	37.189.072	54.424.325	53.383.506	0	107.807.831	70.618.760	0	70.618.760	3.183.017	256.552.257
18	0	38.304.744	54.696.447	53.383.506	0	108.079.953	69.775.209	0	69.775.209	2.620.829	259.173.086
19	0	39.453.886	54.969.929	53.383.506	0	108.353.435	68.899.549	0	68.899.549	2.156.615	261.329.702
20	0	40.637.503	55.244.779	53.383.506	0	108.628.285	67.990.782	0	67.990.782	1.773.475	263.103.177

rgia <http://www.exergia.gr>

<< Previous Next >>

5.4 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών της μελέτης όπως τα συνοψίζει το εξειδικευμένο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αλλά και μέσω παρατηρήσεων που απορρέουν από τα αποτελέσματα αλλά και τον τρόπο υπολογισμού.

5.4.1 Επεξήγηση όρων καθορισμού βιωσιμότητας της επένδυσης

Στη τελευταία καρτέλα του λογισμικού έχουμε την σύνοψη των αποτελεσμάτων των υπολογισμών και φυσικά την απάντηση στο ερώτημα περί βιωσιμότητας της εν λόγω επένδυσης. Η συνολική σύνοψη του λογισμικού περιλαμβάνει τις έννοιες:

- NPV (Καθαρή Παρούσα Αξία)
- IRR (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)
- DPB (Εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης)
- BCR (Συντελεστής Κέρδους έναντι Κόστους)

Οι παραπάνω τιμές συνοδεύονται με διαγράμματα μεταβολής του IRR και του DPB της επένδυσης σε αναλογία με τα gate fees, το συνολικό ύψος της επένδυσης και του επιτοκίου κρατώντας όλα τα υπόλοιπα στοιχεία σταθερά για κάθε περίπτωση, ώστε να βγάλει κανείς και ανάλογα συμπεράσματα άμεσων συνδέσεων των παραπάνω στοιχείων με τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

5.4.1.1 NPV - Καθαρή Παρούσα Αξία

NPV είναι η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Η μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας - ΚΠΑ (net present value-NPV) μας δίνει τη παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών μετά τους φόρους, προεξοφλημένων με το κόστος κεφαλαίου της επένδυσης [30].

$$NVP = CF_0 + \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad \text{Εξ.5.10}$$

αν $NVP > 0$ τότε η επένδυση αξίζει να χρηματοδοτηθεί. Όπου,
 CF_0 : το κόστος χρηματοδότησης, με $CF_0 \leq 0$
 CF_t : οι μελλοντικές εισροές για τις επόμενες n περιόδους
 r : το κόστος κεφαλαίου (ή προεξοφλητικό επιτόκιο)
 t : χρόνος σε έτη

5.4.1.2 IRR - Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης

IRR είναι ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (internal rate of return- IRR) που είναι καθοριστικός παράγοντας για τη χρηματοδότηση του έργου.

Η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης ορίζει το προεξοφλητικό επιτόκιο στο οποίο η ΚΠΑ εξισώνεται με το μηδέν. Δηλαδή:

$$NVP = CF_0 + \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

Εξ.5.11

Αν $IRR \geq r$ τότε η επένδυση αξίζει να χρηματοδοτηθεί.

Εάν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος ή ίσος με την απαιτούμενη απόδοση, η επένδυση γίνεται αποδεκτή. Στην αντίθετη περίπτωση, η πρόταση απορρίπτεται. Το κριτήριο αποδοχής βασίζεται στην ακόλουθη άποψη: Εάν η επιχείρηση αποδεχτεί ένα πρόγραμμα με εσωτερικό βαθμό απόδοσης ο οποίος υπερβαίνει το κόστος των κεφαλαίων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την χρηματοδότηση του συγκεκριμένου προγράμματος, το πλεόνασμα το οποίο απομένει μετά την αποπληρωμή των κεφαλαίων το καρπώνονται οι μέτοχοι της επιχείρησης. Κατά συνέπεια η παραπάνω αποδοχή αυξάνει την χρηματιστηριακή τιμή της μετοχής της επιχείρησης και επομένως και τον πλούτο των μετοχών της. Στην περίπτωση αυτή, η απαιτούμενη απόδοση ονομάζεται και συντελεστής απόρριψης (hurdle rate or cutoff rate).

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης έχει τα παρακάτω τέσσερα πλεονεκτήματα [30]:

- Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί ταμειακές ροές και αναγνωρίζει πλήρως τη διαχρονική αξία του χρήματος
- Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στον επιχειρηματικό κόσμο, διότι είναι ευκολότερο να εξηγηθεί απ' ό,τι η καθαρή παρούσα αξία. Επιπλέον η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί τον καθορισμό της απαιτούμενης απόδοσης στην αρχή της διαδικασίας αλλά μόνο στο τέλος της, πράγμα το οποίο διευκολύνει ορισμένα στελέχη.
- Στον βαθμό που η απαιτούμενη απόδοση είναι μια κατά προσέγγιση εκτίμηση, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι πιθανό να αποτελεί για ορισμένα διευθυντικά στελέχη μια πιο ικανοποιητική μέθοδο αξιολόγησης επενδυτικών προτάσεων απ' ότι η καθαρή παρούσα αξία.
- Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης αποτελεί μέτρο ασφάλειας το οποίο επιτρέπει την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης σε σχέση με τον κίνδυνο αυτή ενέχει. Για παράδειγμα εάν μία επένδυση έχει εσωτερικό βαθμό απόδοσης ίσο με 25% και απαιτούμενη απόδοση ίση με 10%, η διαφορά των δύο επενδύσεων (15%) αποτελεί ένα μεγάλο περιθώριο ασφάλειας που επιτρέπει την "πολυτέλεια" της ύπαρξης κάποιου πιθανού λάθους. Αντιθέτως η μέθοδος της καθαρής παρούσας αξίας δεν παρέχει αυτού του είδους την πληροφόρηση.

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης έχει τα παρακάτω τέσσερα μειονεκτήματα [30]:

- Η μέθοδος απαιτεί την ακριβή πρόβλεψη των μελλοντικών ταμειακών ροών. Στην πραγματικότητα όμως, η εκτίμηση των ταμειακών ροών γίνεται δυσκολότερα όσο απομακρυνόμαστε από το παρόν.
- Η μέθοδος υποθέτει ότι οι μελλοντικές εισροές επαναεπενδύονται με επιτόκιο ίσο με τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης. Στην πραγματικότητα η υπόθεση αυτή μπορεί να μην είναι ρεαλιστική. Εάν ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης δεν είναι λογικός για επανεπένδυση των μελλοντικών ταμειακών εισροών, τότε για την απόρριψη ή την αποδοχή του προγράμματος θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και την μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας, η οποία υποθέτει ότι η επανεπένδυση των μελλοντικών ταμειακών εισροών γίνεται με επιτόκιο ίσο με την απαιτούμενη απόδοση.
- Είναι δύσκολη η εφαρμογή της μεθόδου στην ιεράρχηση πολλαπλών επενδύσεων. Η μέθοδος υποθέτει διαφορετικά επιτόκια επανεπένδυσης των μελλοντικών ταμειακών

εισροών, όταν εξετάζει διαφορετικά προγράμματα, παρόλο που η επιχείρηση είναι μια και οι προοπτικές επένδυσης παραμένουν κοινές για όλα τα προγράμματα.

- Μερικές φορές η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού μπορεί να δώσει πολλαπλούς εσωτερικούς βαθμούς απόδοσης (multiple internal rates of return) και λανθασμένα αποτελέσματα. Όταν σε ένα επενδυτικό πρόγραμμα παρουσιαστούν πολλαπλοί εσωτερικοί βαθμοί απόδοσης, κανένας από αυτούς δεν είναι σωστός, καθώς κανένας δεν δίνει την πραγματική απόδοση του προγράμματος. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος της καθαρής παρούσας αξίας που δίνει τα σωστά αποτελέσματα. Εάν όμως είμαστε υποχρεωμένοι να βρούμε ένα εσωτερικό βαθμό απόδοσης, τότε θα πρέπει να τροποποιηθεί η προσέγγιση η οποία ακολουθείται μέχρι τώρα, μετατρέποντας τις μη τυπικές ταμειακές ροές σε τυπικές ροές. Η μέθοδος αυτή λέγεται μέθοδος του τροποποιημένου βαθμού απόδοσης (modified internal rate of return-MIRR). [30]

Γενικά, καθώς και οι δύο μέθοδοι είναι ισοδύναμες, συνδέουμε τα αποτελέσματα της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) με αυτά του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (ΕΒΑ). Οι δύο μέθοδοι αξιολόγησης επενδυτικών κεφαλαίων μπορεί να οδηγήσουν σε αντίθετες αποφάσεις σχετικά με την αποδοχή ή την απόρριψή τους, όταν οι επενδυτικές αυτές προτάσεις είναι αμοιβαία αποκλειόμενες [30]. Αυτό μπορεί να συμβεί σε τρεις περιπτώσεις, οι οποίες είναι οι εξής:

1. Όταν υπάρχουν διαφορές στο μέγεθος των προγραμμάτων (size disparity problem). Στην περίπτωση αυτή, θα έχουμε να συγκρίνουμε, για παράδειγμα ένα μεγάλο επενδυτικό πρόγραμμα με ένα μικρότερο.
2. Όταν υπάρχουν διαφορές στην διάρκεια ζωής των προγραμμάτων (unequal lives). Στην περίπτωση αυτή, θα έχουμε να συγκρίνουμε, για παράδειγμα ένα μακροχρόνιο επενδυτικό πρόγραμμα με ένα βραχυχρόνιο.
3. Όταν υπάρχουν διαφορές στη διαχρονική διάρθρωση των ταμειακών ροών των προγραμμάτων (time disparity problem). Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε να συγκρίνουμε, για παράδειγμα, ένα επενδυτικό πρόγραμμα του οποίου οι ταμειακές ροές αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου με ένα πρόγραμμα του οποίου οι ταμειακές ροές μειώνονται με την πάροδο του χρόνου.

Στις παραπάνω περιπτώσεις οι ταμειακές ροές των προγραμμάτων αυτών διαφέρουν ως προς το μέγεθος ή/και ως προς τον χρόνο πραγματοποίησής τους. Σημαντικό ωστόσο ρόλο διαδραματίζει και το επιτόκιο με το οποίο επανεπενδύονται οι ταμειακές ροές. Το επιτόκιο αυτό επανεπένδυσης των ταμειακών ροών, διαφέρει στις δύο αυτές περιπτώσεις και οδηγούν σε διαφορετική κατάταξη προγραμμάτων και επομένως σε αντίθετες αποφάσεις σχετικά με την αποδοχή ή την απόρριψή τους, όταν τα έργα είναι αμοιβαία αποκλειόμενα. Γενικότερα, για την αξιολόγηση αμοιβαία αποκλειόμενων κεφαλαίων, θα πρέπει να προτιμάται η μέθοδος της καθαρής παρούσας αξίας. [30]

Στην περίπτωση του σεναρίου που έχει διαμορφωθεί, το r που είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο ή αλλιώς το discount rate, είχε θεωρηθεί 20%, οπότε με το συγκεκριμένο αποτέλεσμα $IRR = 21,46\%$ προκύπτει ότι και από πλευράς εσωτερικού βαθμού απόδοσης η επένδυση αξίζει να χρηματοδοτηθεί καθώς $IRR > r$. [30]

5.4.1.3 DPB - Εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης

DPB είναι ο εκτιμώμενος χρόνος απόσβεσης των αρχικών κεφαλαίων (Dynamic Pay Back). Σε συνδυασμό με τα παραπάνω, μπορεί να καθορίσει το ρίσκο της επένδυσης, την αντοχή της

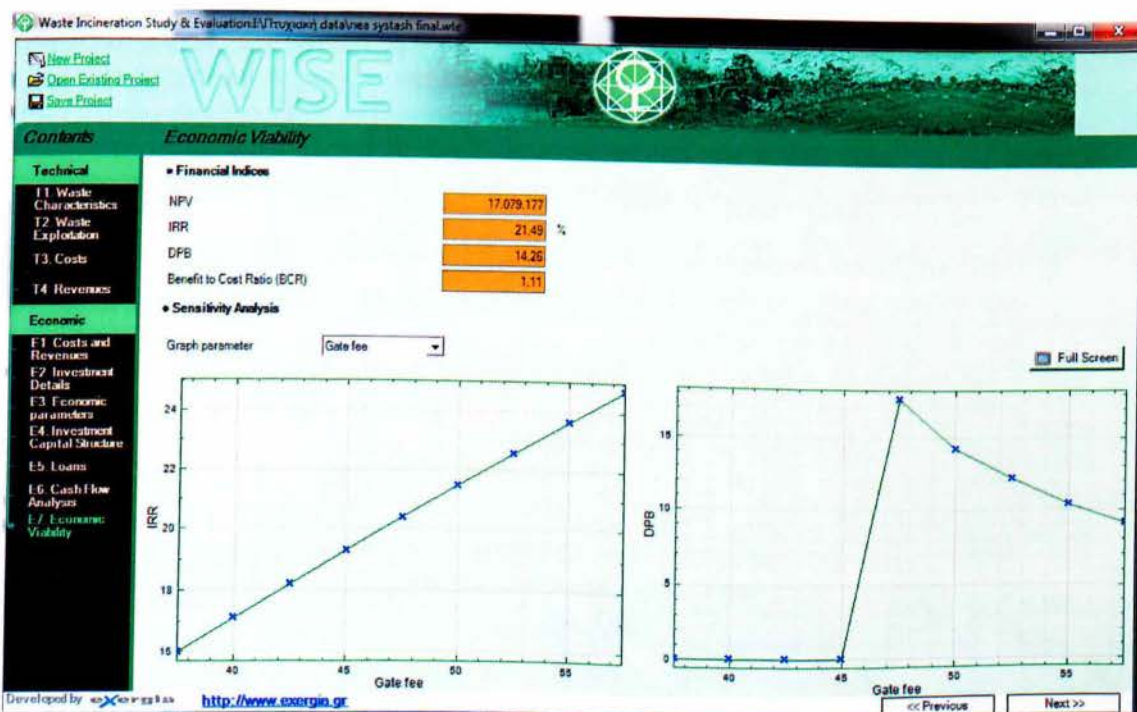
σε τυχόν διαφοροποιήσεις των συνθηκών ειδικά όσο απομακρυνόμαστε από το παρόν κατά τη μελέτη και τυχόν κοινοτικές χρηματοδοτήσεις.

5.4.1.4 BCR - Συντελεστής κέρδους έναντι κόστους

BCR είναι ο συντελεστής κέρδους έναντι συνολικού κόστους.

5.4.2 Αποτελέσματα υπολογισμών

5.4.2.1 Βασικό σενάριο



Εικόνα 5.11 Καρτέλα οικονομικών αποτελεσμάτων βιωσιμότητας της επένδυσης (βασικό σενάριο)

Στο βασικό σενάριο υπολογισμών, τα αποτελέσματα όπως φαίνονται και στη παραπάνω σύνοψη του λογισμικού, είναι τα εξής:

Πίνακας 5.5 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου 1.

1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =6% / discount rate = 20%	
NPV	17.079.177
IRR	21,49 %
DPB	14,26
BCR	1,11

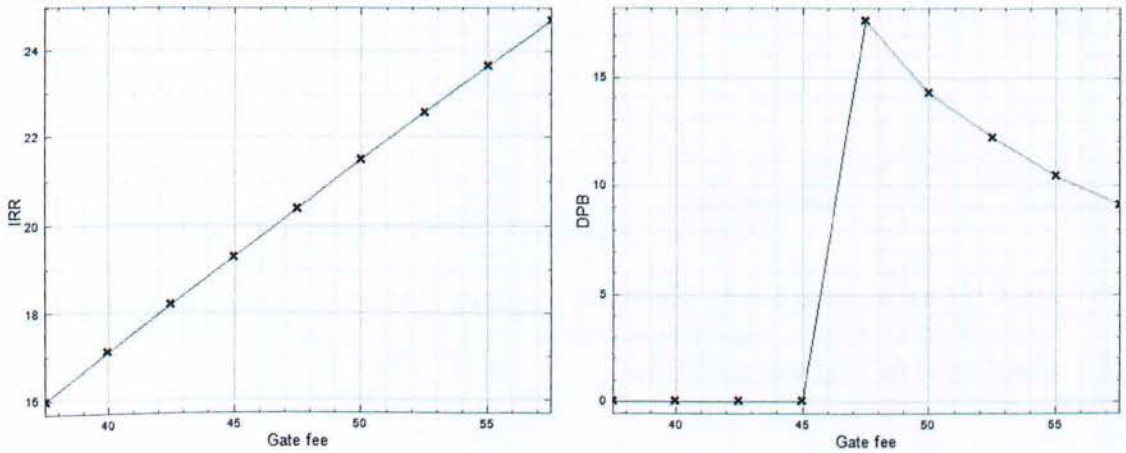
Στη προκειμένη περίπτωση έχουμε πλήρως ενθαρρυντικά στοιχεία καθώς

$$\begin{aligned} \text{NPV} &> 0 \\ \text{IRR} &> \text{discount rate} \end{aligned}$$

Λαμβάνοντας υπόψη ότι πρόκειται για τις πιο συντηρητικές συνθήκες (1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =6% / discount rate = 20%), συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για μια πολύ ενδιαφέρουσα επένδυση.

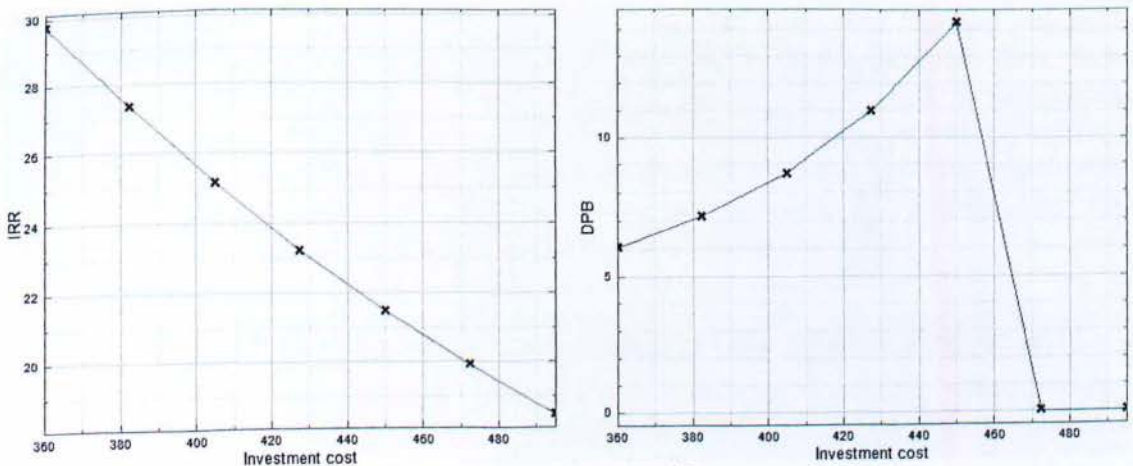
Ο χρόνος απόσβεσης (DPB = 14,26) υπολογίζεται σε λιγότερο από 15 χρόνια και θεωρείται ικανοποιητικός.

Ακολουθούν τα διαγράμματα IRR,DPB/Gate fee, IRR,DPB / Investment cost, Διάγραμμα IRR,DPB / Δανειακό Επιτόκιο.



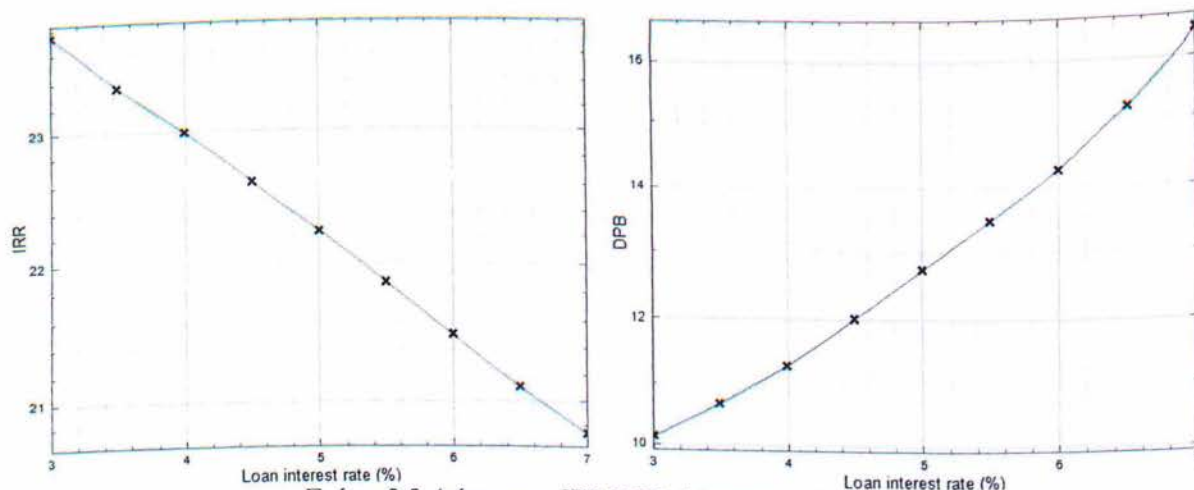
Σχήμα 5.3 Διάγραμμα IRR,DPB/Gate fee

Από τα παραπάνω διαγράμματα βλέπουμε πως μπορούμε να επιτύχουμε βιώσιμο gate fee περίπου 47EUR για να έχουμε την επιθυμητή εξίσωση του IRR με το discount rate 20% και παράλληλα να επιτυγχάνεται απόσβεση. Επίσης βλέπουμε πόσο μειώνεται το ρίσκο της επένδυσης λόγω αύξησης του IRR αν μεγαλώσουμε το gate fee. Ύστερα παρατηρούμε ότι σε ενδεχόμενη μείωση του gate fee στα 43EUR ως πιο ανταγωνιστικό τέλος, θα είχαμε αύξηση του χρόνου απόσβεσης στα 15+ έτη, παραμένοντας βέβαια σε ασφαλείς χρόνους, δεδομένης 25ετούς χρόνου ζωής της μονάδας. Αν τέλος, αυξάναμε το gate fee στο ποσό των 57EUR θα είχαμε απόσβεση σε 9 έτη.



Σχήμα 5.4 Διάγραμμα IRR,DPB / Investment cost

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει η αναλογία του συνολικού κεφαλαίου με τον εσωτερικό βαθμό απόσβεσης IRR και αντίστροφη αναλογία του με τον χρόνο απόσβεσης.



Σχήμα 5.5 Διάγραμμα IRR,DPB / Δανειακό Επιτόκιο

Όπως είναι προφανές από το παραπάνω διάγραμμα, όσο μειωμένο επιτόκιο εξασφαλιστεί από το επενδυτικό σχήμα, τόσο πιο μειωμένο είναι το ρίσκο της επένδυσης (IRR αυξάνει) και τόσο μικραίνει ο χρόνος απόσβεσης.

Είναι σαφές ότι επένδυση μονάδας δυνατότητας επεξεργασίας 1Mt απορριμμάτων έχει ευδιάκριτα οφέλη και σχετικά χαμηλό επενδυτικό ρίσκο και καθίσταται μια πρώτης τάξεως ευκαιρία, ειδικά σε μια χώρα που η τεχνολογία αυτή είναι ανεφάρμοστη προς το παρόν.

5.4.2.2 Βασικό σενάριο με οφέλη πώλησης υπολειμμάτων

Επιπροσθέτως, θα υπολογιστεί το τρέχον σενάριο με όφελος πώλησης τυπικής ποσότητας μετάλλων από τα υπολείμματα τέφρας, σύμφωνα πάντα με αναγωγή από ποσότητες σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις [31]. Σύμφωνα με μελέτες το όφελος της πώλησης υπολειμμάτων της καύσης ανέρχεται προσεγγιστικά στο 1,5M EUR / 100.000 ton αποβλήτων, οπότε στη μονάδα του 1Mton/year το ετήσιο όφελος προκύπτει 15M EUR.

Πίνακας 5.6 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου πώλησης υπολειμμάτων

1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =6% / discount rate = 20% / bottom ash	
NPV	90.122.873
IRR	27,79 %
DPB	6,94
BCR	1,41

Είναι προφανή τα οφέλη από την εκμετάλλευση της παραγόμενης τέφρας.

5.4.2.3 Σενάριο δανειακού επιτοκίου 2%

Στη συνέχεια εξετάζονται τα οικονομικά αποτελέσματα ενός σεναρίου με σταθερά όλα τα χαρακτηριστικά και μεταβάλλοντας το δανειακό επιτόκιο στο 2%.

Πίνακας 5.7 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου 2.

1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 20%	
NPV	49.569.940
IRR	24,48 %
DPB	9,24
BCR	1,22

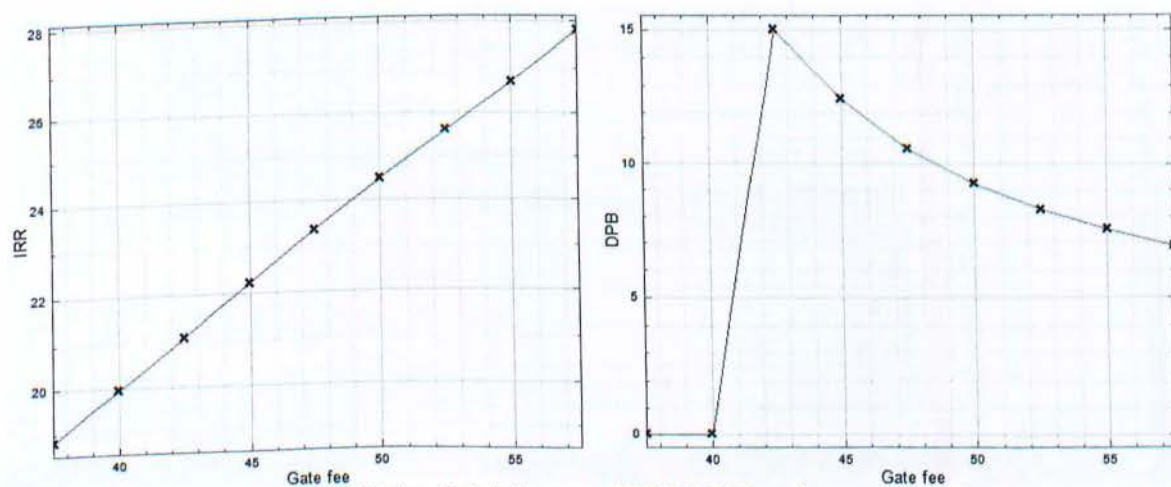
Στη προκειμένη περίπτωση, όπως ήταν αναμενόμενο, προκύπτουν ακόμη πιο ενθαρρυντικά στοιχεία καθώς

$$\text{NPV} \gg 0$$

$$\text{IRR} > \text{discount rate}$$

Ο χρόνος απόσβεσης (DPB = 9,24) υπολογίζεται σε λιγότερο από 10 χρόνια και θεωρείται υπερβολικά ικανοποιητικός.

Ακολουθούν τα διαγράμματα IRR,DPB/Gate fee..



Σχήμα 5.6 Διάγραμμα IRR,DPB/Gate fee

Από τα παραπάνω διαγράμματα βλέπουμε πως μπορούμε να επιτύχουμε βιώσιμο gate fee από 43EUR για να έχουμε την επιθυμητή εξίσωση του IRR με το discount rate 20%. Επίσης βλέπουμε πόσο μειώνεται το ρίσκο της επένδυσης λόγω αύξησης του IRR αν μεγαλώσουμε το gate fee. Ύστερα παρατηρούμε ότι σε ενδεχόμενη μείωση του gate fee στα 43EUR ως πιο ανταγωνιστικό τέλος, θα είχαμε αύξηση του χρόνου απόσβεσης στα 15+ έτη, παραμένοντας βέβαια σε ασφαλείς χρόνους, δεδομένης 25ετούς ζωής της μονάδας. Αν τέλος, αυξάναμε το gate fee στο ποσό των 57EUR θα είχαμε απόσβεση σε 7 έτη.

Όπως είναι προφανές από το παραπάνω διάγραμμα, όσο μειωμένο επιτόκιο εξασφαλιστεί από το επενδυτικό σχήμα, τόσο πιο μειωμένο είναι το ρίσκο της επένδυσης (IRR αυξάνει) και τόσο μικραίνει ο χρόνος απόσβεσης. Μάλιστα στο συγκεκριμένο σενάριο γίνεται σαφές ότι στη περίπτωση που επιτευχθεί χαμηλό επιτόκιο θα μπορεί να επιτευχθεί και ακόμη πιο ανταγωνιστικό gate fee.

5.4.2.4 Σενάριο επιτοκίου 2% με οφέλη πώλησης υπολειμμάτων

Έπειτα υπολογίζουμε το τρέχον σενάριο με το όφελος πώλησης τυπικής ποσότητας μετάλλων από τα υπολείμματα τέφρας

Πίνακας 5.8 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων σεναρίου 2β.

1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 20% / bottom ash	
NPV	122.613.636
IRR	30,98%
DPB	5,63
BCR	1,53

Είναι προφανή τα οφέλη από την εκμετάλλευση της παραγόμενης τέφρας.

5.4.2.5 Ελκυστικό σενάριο επιτοκίου 2% και προεξοφλητικού επιτοκίου 10%

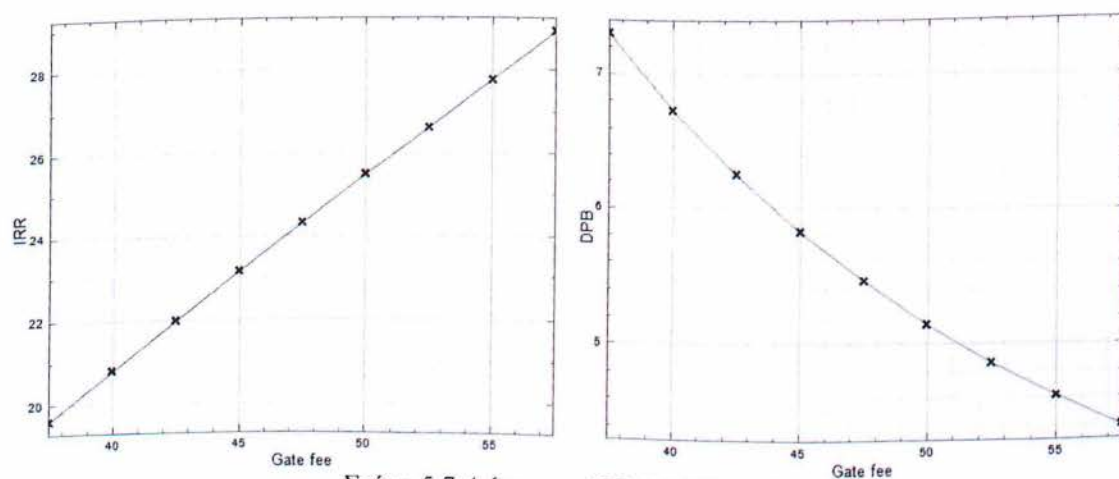
Έπειτα παρουσιάζονται τα οικονομικά αποτελέσματα ενός σεναρίου με το επιτόκιο ξανά στο 2% μεταβάλλοντας το προεξοφλητικό επιτόκιο (Discount rate) στο αρκετά πιο ρεαλιστικό 10% για να βρεθούν οι πιο ελκυστικές συνθήκες, χωρίς να ξεφεύγουν από ρεαλιστικά δεδομένα.

Πίνακας 5.9 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων ελκυστικότερου σεναρίου.

1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 10%	
NPV	279.422.652
IRR	25,47 %
DPB	5,14
BCR	2,23

Στη προκειμένη περίπτωση, όπως ήταν αναμενόμενο, έχουμε εξαιρετικά ενθαρρυντικά στοιχεία. Ο χρόνος απόσβεσης (DPB = 5,14) υπολογίζεται σε κάτι παραπάνω από 5 χρόνια και θεωρείται άκρως ικανοποιητικός.

Ακολουθούν τα διαγράμματα IRR,DPB/Gate fee.



Σχήμα 5.7 Διάγραμμα IRR,DPB/Gate fee

Από τα παραπάνω διαγράμματα βλέπουμε πως μπορούμε να επιτύχουμε σίγουρα βιώσιμο gate fee κάτω από 37EUR για να έχουμε πάνω από την επιθυμητή εξίσωση του IRR με το discount rate 10%. Επίσης βλέπουμε πόσο μειώνεται το ρίσκο της επένδυσης λόγω αύξησης του IRR αν μεγαλώσουμε το gate fee. Ύστερα παρατηρούμε ότι σε ενδεχόμενη μείωση του gate fee στα 37EUR ως πιο ανταγωνιστικό τέλος, θα είχαμε αύξηση του χρόνου απόσβεσης στα 7,5 έτη. Αν τέλος, αυξάνονταν το gate fee στο ποσό των 57EUR θα είχαμε απόσβεση σε περίπου 4,5 έτη.

5.4.2.6 Ελκυστικό σενάριο επιτοκίου 2% και προεξοφλητικού επιτοκίου 10% με οφέλη πώλησης υπολειμμάτων

Έπειτα υπολογίζουμε το τρέχον σενάριο με το όφελος πώλησης τυπικής ποσότητας μετάλλων από τα υπολείμματα τέφρας

Πίνακας 5.10 Σύνοψη Οικονομικών Δεδομένων ελκυστικότερου σεναρίου με πώληση υπολειμμάτων.

1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 10% / bottom ash	
NPV	407.126.108
IRR	32,2 %
DPB	3,84
BCR	2,79

Είναι προφανή τα οφέλη από την εκμετάλλευση της παραγόμενης τέφρας.

5.4.3 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.11 Συγκεντρωτικός πίνακας χωρίς εκμετάλλευση υπολειμμάτων.

	NPV	IRR (%)	DPB	BCR
1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =6% / discount rate = 20%	17.079.177	21,49	14,26	1,11
1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 20%	49.569.940	24,48	9,24	1,22
1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 10%	279.422.652	25,47	5,14	2,23

Πίνακας 5.12 Συγκεντρωτικός πίνακας με εκμετάλλευση υπολειμμάτων.

	NPV	IRR (%)	DPB	BCR
1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =6% / discount rate = 20%	90.122.873	27,79	6,94	1,41
1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 20%	122.613.636	30,98	5,63	1,53
1Mt MSW / 12,65MJ/t / gate fee= 50eur/t / loan interest =2% / discount rate = 10%	407.126.108	32,2	3,84	3,79

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την οικονομική ανάλυση προκύπτει ότι η Επένδυση είναι βιώσιμη από την άποψη Ιδιωτικο-Οικονομικών κριτηρίων δεδομένου ότι ακόμη και στη περίπτωση άκρως ανταγωνιστικού, για τη τεχνολογία, τέλους χρήσης στα 40EUR /τόνο εισερχόμενων απορριμμάτων, η επένδυση βρίσκεται άνω του νεκρού σημείου και καθίσταται βιώσιμη.

Με βάση οποιοδήποτε σενάριο υπολογίστηκε, το IRR των Ιδίων Κεφαλαίων βρίσκεται πάντα εντός αρκετά ικανοποιητικού εύρους τιμών που θεωρείται απόλυτα ενθαρρυντικό καθώς δεν υπολογίστηκε καμία μορφή επιχορήγησης και βρισκόμαστε σε αρκετά δυσμενείς οικονομικές συνθήκες αλλά και λαμβάνοντας υπόψη τη φύση και τον χαρακτήρα του έργου.

Τα προβλεπόμενα έσοδα της επένδυσης, σε τιμές συντηρητικά υπολογισμένες και μη αυξανόμενες ιδιαίτερα ετησίως, κινούνται σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα, γεγονός που επιτρέπει την αποπληρωμή των Ιδίων Κεφαλαίων εντός έντεκα (11) ετών στο χειρότερο σενάριο.

Όπως αναμενόταν, η ανάλυση δείχνει ότι η επένδυση επηρεάζεται σημαντικά από τη μεταβολή του ύψους του τέλους χρήσης και του επιτοκίου της δανειοδότησης της επένδυσης, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις - που σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να αποκλειστούν - μειώνεται η αποδοτικότητά της.

Τέλος, καθίσταται προφανές πως το ενδεχόμενο αξιοποίησης των υπολειμμάτων της καύσης, μετατρέπει την επένδυση σε ακόμη πιο ενδιαφέρουσα, με άκρως θετικά αποτελέσματα στην ανάλυση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Παναγιωτακόπουλος «Βιώσιμη Διαχείριση αστικών Στερεών αποβλήτων», Θεσσαλονίκη 2002
- [2] Abeliotis K. «A review of EMAS in Greece: Is it effective? », Journal of Cleaner Production 2006
- [3] Andreadakis A.D., Razis Y., Hadjibiros K., Christoulas D.G. (2000) “Municipal solid waste management in Greece” in Municipal Waste Management in Europe, pp 171-202, Kluger Academic Publishers
- [4] ΕΕΔΣΑ, 2008
- [5] Γεωργόπουλος Α. "Γη, ένας μικρός και εύθραυστος πλανήτης". Εκδόσεις Gutenberg, Εκπαίδευση και περιβάλλον, Αθήνα 2004
- [6] Καλογήρου Ε. (2009), Το Πρόβλημα Και Η Λύση Της Διαχείρισης Των Απορριμμάτων Της Αττικής, 3ο Διεθνές συνέδριο ΕΕΔΣΑ, 30-31 Οκτωβρίου, Αθήνα.
- [7] Μουσιόπουλος Ν., Καραγιαννίδης Α., σημειώσεις στο μάθημα “Διαχείριση Απορριμμάτων”, τμ. Μηχανολόγων Μηχ, ΑΠΘ, Θεσ/κη, Ιούνιος 2002
- [8] 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
- [9] Bogner, J., and E. Matthews, Global methane emissions from landfills: New methodology and annual estimates 1980]1996, Global Biogeochem. Cycles, 17 2003
- [10] Οδηγία πλαίσιο 75/442/ΕΟΚ
- [11] Tchobanoglous G.,H. Theisen. andS. Vigil, 1993: Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management issues. McGraw-Hill, Inc.,NewYork
- [12] European Commission, Reference Document on the best available techniques for “Waste Incineration”, Integrated Pollution Prevention and Control, August 2006
- [13] www.kroeger-greifertechnik.de/en
- [14] Finbioenergy, 2006

- [15] Χιονίδης Θ., "Ενέργεια από απόβλητα: Διαχείριση απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης με θερμική και/ή μηχανική-βιολογική επεξεργασία", Μεταπτυχιακή διατριβή, Χανιά, Νοέμβριος 2007
- [16] Οικονομόπουλος Α., "Διαχείριση οικιακού τύπου απορριμμάτων/ Προβλήματα Εθνικού Σχεδιασμού και Ορθολογικές Λύσεις", Τμ. Μηχ Περιβάλλοντος, Κρήτη, Φεβρουάριος 2007
- [17] Federal Environment Agency, "State of the Art for Waste Incineration Plants", Austria, 2002
- [18] Qun Chen et al., "Condensing boiler applications in the process industry", Department of Chemical & Process Engineering, Sheffield University, UK, July 2010
- [19] J.Vehlow et al., "Management of Solid Residues in Waste-to-Energy and Biomass Systems", Germany, 2007
- [20] www.wtert.eu
- [21] www.britannica.com
- [22] Belgium "Flemish experiences with dioxin abatement and control in waste incinerators", VITO, 2002.
- [23] EIPPCB, "Site visit reports from EIPPCB", 2002. (eippcb.jrc.es)
- [24] Andersson, "PCDD/F removal from flue gases in wet scrubbers - a novel technique", 2002.
- [25] Σύγχρονες τεχνολογίες ανακύκλωσης απορριμμάτων, Διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση, ΤΕΙ Χαλκίδας, Μάιος 2004
- [26] Ecoprog& Fraunhofer UMISICHT, 2006
- [27] Μαγουλάς Κ., Βουτσάς Ε., Τασιός Δ., Επενδύσεις στην Ενεργειακή Αξιοποίηση Αστικών Απορριμμάτων, Δύο Προτάσεις για την Αττική", Αθήνα, Δεκέμβριος 2010
- [28] Νικολάου Α., "Θερμοδυναμική Προσομοίωση και Τεχνικοοικονομική Μελέτη της Αεριοποίησης Πλάσματος για την Επεξεργασία Στερεών Αστικών Απορριμμάτων", τμήμα Χημ. Μηχ., ΕΜΠ, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- [29] ΙΤΑ 2007
- [30] Δημήτριος Βασιλείου, Νικόλαος Ηρειώτης, "Χρηματοοικονομική Διοίκηση, Θεωρία και πρακτική", εκδόσεις Rosili, 2008
- [31] Simon P. M. Berkhout¹, Bert P. M. Oudenhoven², Peter C. Rem¹ «Optimizing Non-Ferrous Metal Value from MSWI Bottom Ashes.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Περιγραφή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την οικονομική ανάλυση της εργασίας. Πρόκειται για το λογισμικό Waste Incineration Study & Evaluation που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου IEE WTE ISLE. Ακολουθούν τα βήματα / καρτέλες του λογισμικού και ο τρόπος που συμπληρώθηκαν.

Καρτέλα Waste characteristics

Εδώ εισάγουμε την ετήσια ποσότητα απορριμμάτων (tons/y) που η μονάδα θα επεξεργαστεί. Στη συνέχεια συμπληρώνουμε τη σύνθεση των απορριμμάτων για τη περιοχή της Αττικής όπου η μονάδα θα αντλεί τους πόρους της.

The screenshot shows the 'Waste Incineration Study & Evaluation: New' window. The main area is titled 'Waste Characteristics' and contains the following data:

• Waste quantity	
Total waste weight per annum	<input type="text" value="0"/> tons

• Waste composition		
	Percentage	Calorific Value (kJ/kg)
Food scrap and putrescibles	<input type="text" value="0"/> %	5.000
Paper & cardboard	<input type="text" value="0"/> %	17.000
Plastics	<input type="text" value="0"/> %	32.000
Textiles	<input type="text" value="0"/> %	17.000
Tyres & rubber	<input type="text" value="0"/> %	23.000
Wood	<input type="text" value="0"/> %	19.000
Glass	<input type="text" value="0"/> %	0
Metals	<input type="text" value="0"/> %	0
Garden waste	<input type="text" value="0"/> %	7.000
Unclassified	<input checked="" type="text" value="100"/> %	0

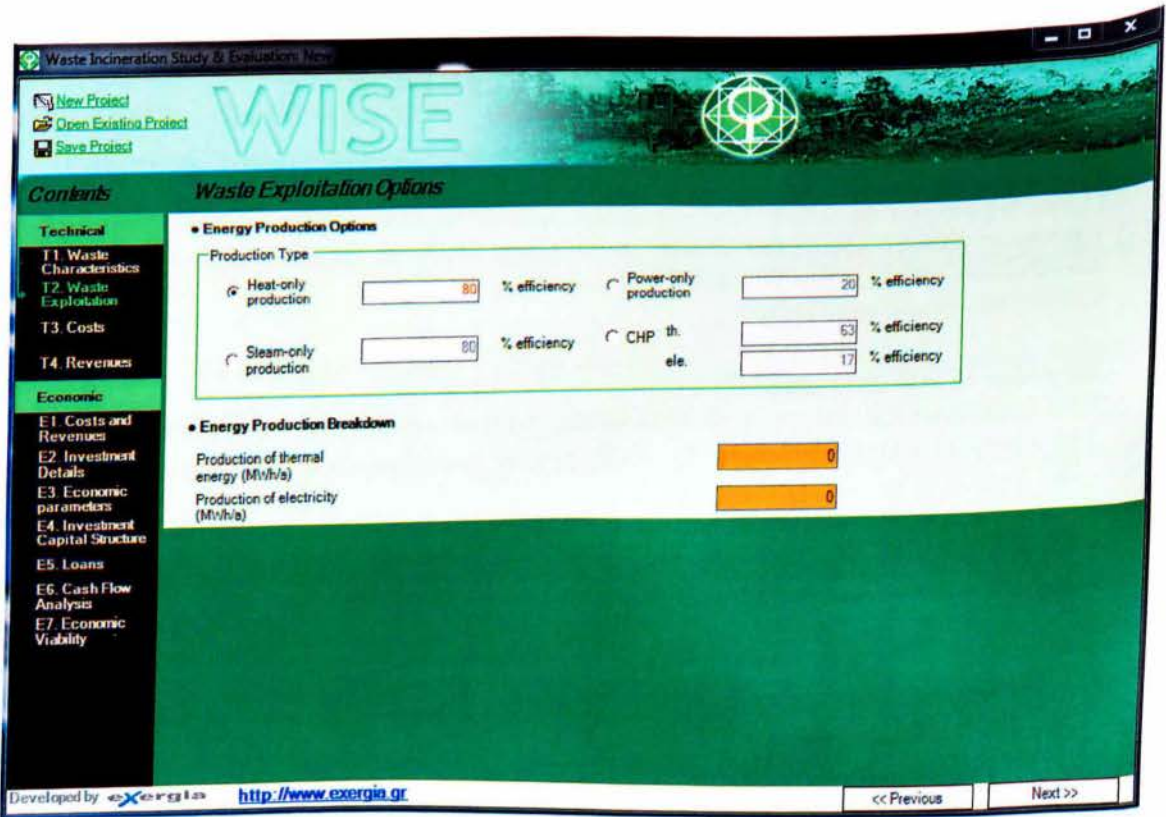
• Thermal Content	
Total Thermal Content	<input checked="" type="text" value="0"/> MJ

At the bottom of the window, it says 'Developed by exergio' and provides the URL 'http://www.exergio.gr'. There are also navigation buttons for '<< Previous' and 'Next >>'.

Όπως βλέπουμε και στην παραπάνω εικόνα το λογισμικό παρέχει τιμές θερμογόνου δύναμης κάθε κατηγορίας απορριμμάτων και εισάγουμε ύστερα από τις άνω βιβλιογραφικές αναφορές το ποσοστό κάθε κατηγορίας που παράγεται στην περιοχή της Αττικής.

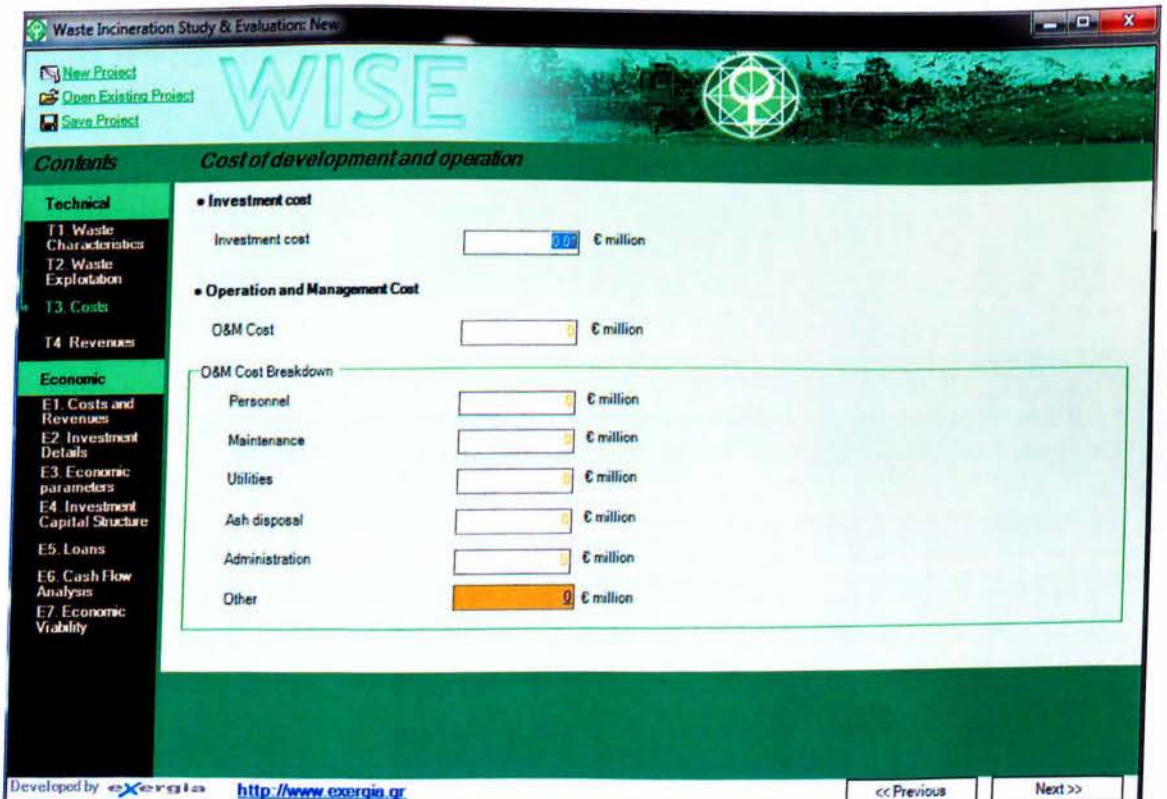
Καρτέλα Waste Exploitation

Στη συγκεκριμένη καρτέλα όπως φαίνεται και στη παρακάτω εικόνα καθορίζεται αρχικά ο τύπος της παραγωγής. Υπάρχουν οι μέθοδοι αξιοποίησης που είναι δοκιμασμένες και εξ' αυτών επιλέγουμε παραγωγή μόνο ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αποτέφρωσης των απορριμμάτων.



Καρτέλα Costs

Εδώ αναλύονται τα κόστη της μονάδας.



Καρτέλα Revenues

Στη καρτέλα αυτή εισάγονται και υπολογίζονται τα έσοδα της μονάδας.

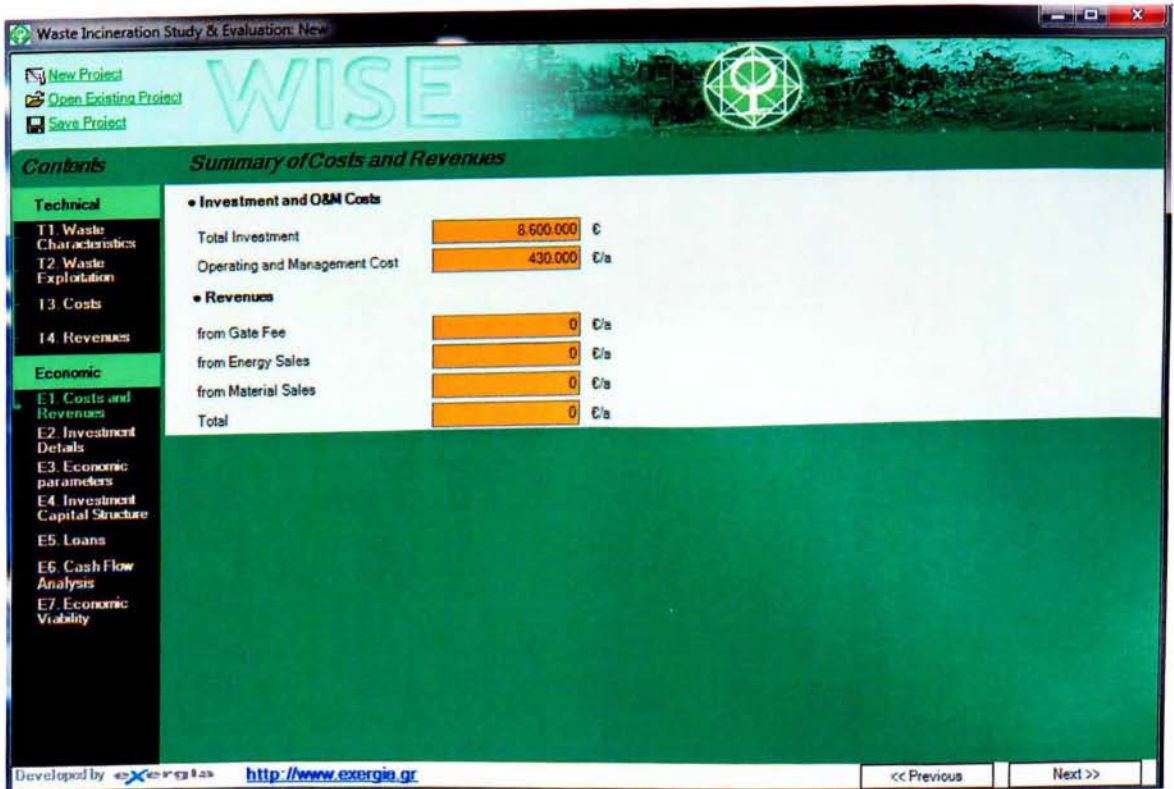
The screenshot shows the 'WISE' software interface for 'Waste Incineration Study & Evaluation: New'. The main window is titled 'Revenues' and contains several input fields for financial data. A left sidebar lists navigation options under 'Technical' and 'Economic' categories. The 'Revenues' section is currently selected.

Category	Parameter	Value	Unit
• Gate Fee Income	Gate fee	124	€/ton
	Gate Fee Revenue	0	€/a
• Energy Sales	Heat selling price	0	€/MWh
	Steam selling price	0	€/MWh
	Electricity selling price	0	€/MWh
	Revenue from energy sales	0	€/a
• Material Sales	Glass selling price	0	€/ton
	Metals selling price	0	€/ton
	Revenue from materials sales	0	€/a
• Total	Total Revenue	0	€/a

Developed by <http://www.exergia.gr> << Previous Next >>

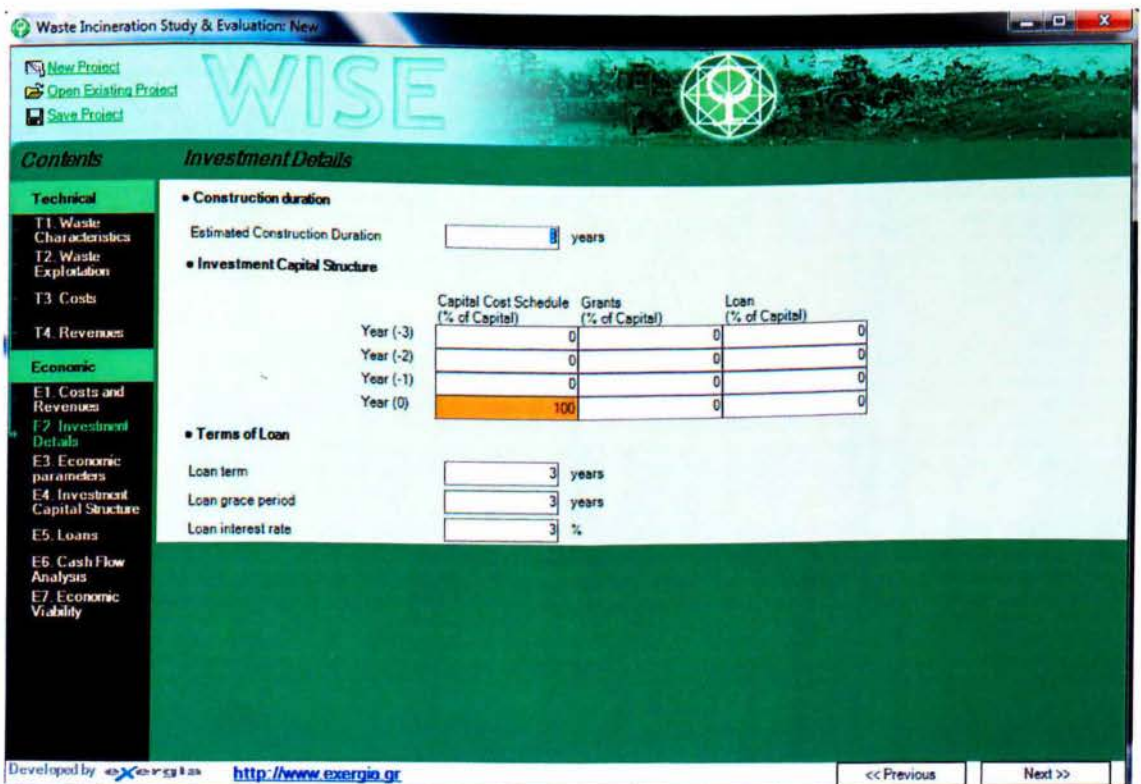
Καρτέλα Costs and Revenues

Περνάμε πλέον στη καρτέλα Summary of Costs and Revenues όπου το λογισμικό μας κάνει έναν απολογισμό των οικονομικών μεγεθών, όσον αφορά τα έξοδα και τα έσοδα.



Καρτέλα Investment details

Στη παρούσα καρτέλα εισάγονται λεπτομέρειες όσον αφορά την οικονομική διάρθρωση.



Καρτέλα Economic Parameters

Στη καρτέλα αυτή καθορίζεται ο οικονομικός κύκλος της επένδυσης καθώς και το προεξοφλητικό επιτόκιο. Έπειτα παραμετροποιούνται οι μελλοντικές τάσεις των τιμών.

The screenshot shows the 'Waste Incineration Study & Evaluation: New' window. The main area is titled 'WISE' and contains a 'Contents' sidebar on the left and a 'Economic Parameters' section on the right. The sidebar lists various sections, with 'Economic' highlighted. The 'Economic Parameters' section includes input fields for 'Economic Life of Investment' (set to 20 years), 'Accounting Period' (set to 20 years), and 'Discount rate' (set to 20%). Below these are 'Escalation Rates' for 'Annual gate fee escalation rate', 'Annual energy prices escalation rate', 'Annual O&M cost escalation rate', and 'Annual recovered materials cost escalation rate', all set to 3%.

Parameter	Value	Unit
Economic Life of Investment	20	years
Accounting Period	20	years
Discount rate	20	%
• Escalation Rates		
Annual gate fee escalation rate	3	%
Annual energy prices escalation rate	3	%
Annual O&M cost escalation rate	3	%
Annual recovered materials cost escalation rate	3	%

Developed by <http://www.exergia.gr> << Previous Next >>

Καρτέλα Investment Capital Structure

Στην εν λόγω καρτέλα γίνεται ένας απολογισμός της σύνθεσης των πληρωμών των εξόδων

Waste Incineration Study & Evaluation: New

WASTE INCINERATION STUDY & EVALUATION (WISE)

Contents **Cash Flow Analysis**

Technical

• Cash Flow Analysis Table (amounts in €)

Year	INVESTMENT COST	OPERATING COST	Gate fee revenue	Energy sales revenue	Material sales revenue	REVENUE	BENEFIT	TOTAL CAPITAL RECOVERY	NET BENEFIT	Present Value	Cumulative PV
0	10 000						-10 000		-10 000	-10 000	-10 000
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Developed by <http://www.exergia.gr> << Previous Next >>

Καρτέλα Economic Viability

Τέλος, ακολουθεί η καρτέλα των αποτελεσμάτων της μελέτης

