

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΟΖΑΝΗΣ**

**ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΥΣΗΣ  
ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ  
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ: ΚΟΡΜΑ Π. ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΝΕΛΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΚΟΖΑΝΗ 2005**

Η παρούσα μελέτη αφιερώνεται στην οικογένειά μου, ιδιαίτερα τη μητέρα και τον πατέρα μου, και σε όλους όσοι με βοήθησαν στο έως τώρα ατέρμονο ταξίδι μου...

Για την πολύτιμη βοήθεια, τη στήριξη και την αρωγή στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας ευχαριστώ από καρδιάς τον καθηγητή κ. Γεώργιο Μαρνέλλο, όπως επίσης και τους καθηγητές μου που όλα αυτά τα χρόνια της σκληρής μελέτης μου εμφύσησαν όχι μόνο γνώσεις, αλλά με μύησαν και σε έναν διαφορετικό τρόπο σκέψης.

Η Ιθάκη σ' έδωσε τ' ωραίο ταξείδι.  
Χωρίς αυτήν δεν θα' βγαινες στον δρόμο.  
Αλλά δεν έχει να σε δώσει πια.  
Κι αν πτωχική την βρεις, η Ιθάκη δεν σε γέλασε.  
Έτσι σοφός που έγινες, με τόση πείρα,  
Ήδη θα το κατάλαβες οι Ιθάκες τι σημαίνουν.

Κ. Π. Καβάφης



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Α.Π.Θ. - ΤΜΗΜΑ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ  
Αριθμ. Εισαγ.:...1609.....  
Ημερομηνία:.....19.14.106

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ (σελίδα 10)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΣΚΟΠΟΣ (σελίδα 13)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ (σελίδα 15)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Ελλάδα
- (3). Ευρωπαϊκή Ένωση
- (4). Συμπεράσματα

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (σελίδα 20)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Παραγωγή Απορριμμάτων & Συνέπειες
  - (2.1). Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις
  - (2.2). Οικονομικές Επιπτώσεις
  - (2.3). Τεχνολογικές Επιπτώσεις
  - (2.4). Κοινωνικές Επιπτώσεις
- (3). Αντιμετώπιση Επιπτώσεων

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΟΡΙΣΜΟΙ ΕΝΝΟΙΩΝ (σελίδα 27)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΗΠΑ (σελίδα 31)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Καύση για Παραγωγή Ενέργειας (WTE)
  - (2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (2.2). Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις με την Εφαρμογή WTE
    - (2.2.1). Εγκαταστάσεις SEMASS
    - (2.2.2). Εκπομπές Υδραργύρου
    - (2.2.3). Εκπομπές Διοξεινών
- (3). Υγειονομική Ταφή (ΧΥΤΑ)
  - (3.1). Εισαγωγικά Στοιχεία



- (3.2). Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις με την Εφαρμογή ΧΥΤΑ
  - (3.2.1). Μόλυνση Παρακείμενων Υδάτων
  - (3.2.2). Εκπομπές Μεθανίου στην Ατμόσφαιρα
  - (3.2.3). Εκπομπές Υδραργύρου
  - (3.2.4). Χρήση Εδάφους για την Υγειονομική Ταφή
- (4). Συμπεράσματα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ** (σελίδα 41)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Τάσεις & Στρατηγικές Κατευθύνσεις
- (3). Συμπεράσματα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ & Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ** (σελίδα 49)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Διαχείριση Απορριμμάτων στην Ελλάδα
  - (2.1). Υφιστάμενη Κατάσταση
  - (2.2). Σχεδιασμός Διαχείρισης
    - (2.2.1). Εκπόνηση Σχεδιασμού
    - (2.2.2). Σύγκριση & Αξιολόγηση Εναλλακτικών Προτάσεων
- (3). Διαχείριση Απορριμμάτων στη Δ. Μακεδονία
  - (3.1). Εισαγωγή
  - (3.2). Προϋπολογισμός Υλοποίησης (1998-2006)
    - (3.2.1). Εξοπλισμός Μεταφόρτωσης & Υγειονομικής Ταφής
    - (3.2.2). Έργα Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης
- (4). Συμπεράσματα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΜΟΝΑΔΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΑ Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ** (σελίδα 60)

- (1). Γενικά Στοιχεία Προγράμματος
- (2). Γενική Διευθέτηση Εγκατάστασης - Επιφάνεια
  - (2.1). Κανόνες για την Επιλογή του Χώρου Εγκατάστασης
  - (2.2). Απαιτούμενη Επιφάνεια (θεωρητικά)
  - (2.3). Επιφάνεια για την Αποθήκευση της Σκωρίας
- (3). Δυναμικότητα
  - (3.1). Ποσότητα Επεξεργασίας ανά Χρονική Μονάδα
  - (3.2). Χρόνος Λειτουργίας
- (4). Θερμοδυναμικά Χαρακτηριστικά Απορριμμάτων
- (5). Κυριότερα Συστήματα & Υποσυστήματα Μονάδος
- (6). Εγκαταστάσεις
  - (6.1). Ειδικές Χωματοουργικές Εργασίες
  - (6.2). Κτιριοδομή
  - (6.3). Σιδηροκατασκευές
  - (6.4). Ασφαλτόστρωτοι Χώροι

- (6.5). Μηχανήματα (Μέσα - Υλικά)
- (7). Ανάκτηση Ενέργειας
  - (7.1). Διαδικασία Παραγωγής Ενέργειας
  - (7.2). Απαιτήσεις της Περιοχής
  - (7.3). Στοιχεία από Παρόμοιες Εγκαταστάσεις
- (8). Εκτιμώμενο Κόστος Πώλησης
- (9). Κατάλοιπα
- (10). Καθαρισμός Αερίων
  - (10.1). Όρια Εκπεμπόμενων Ρύπων
  - (10.2). Σύστημα Μέτρησης & Χρόνος Αναφοράς Διοξεινών
- (11). Χρηματοοικονομικά

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 : ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ** (σελίδα 73)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Αστικά (Δημοτικά) Απορρίμματα
  - (2.1). Σύνθεση Αστικών Απορριμμάτων
  - (2.2). Σύσταση Αστικών Απορριμμάτων
- (3). Χαρακτηριστικά Στερεών Απορριμμάτων
  - (3.1). Φυσικές Ιδιότητες
    - (3.1.1). Ειδικό Βάρος & Πυκνότητα
    - (3.1.2). Υγρασία
    - (3.1.3). Θερμική Ενέργεια
    - (3.1.4). Υδατοϊκανότητα
    - (3.1.5). Διαπερατότητα
  - (3.2). Χημικές Ιδιότητες
    - (3.2.1). Προσεγγιστική Χημική Ανάλυση
    - (3.2.2). Τελική Στοιχειακή Ανάλυση
    - (3.2.3). Θερμοκρασία Τήξης
    - (3.2.4). Θερμαντική Ικανότητα
- (4). Θερμογόνος Δύναμη των ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας
  - (4.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (4.2). Υπολογισμοί
  - (4.3). Συμπεράσματα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ & ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ** (σελίδα 99)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Ζύγιση Απορριμμάτων
- (3). Αποβάθρα
- (4). Δειγματοληψία (Έλεγχος)
- (5). Εκφόρτωση Απορριμμάτων
- (6). Δυνατότητα Προεπεξεργασίας
  - (6.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (6.2). Τεχνικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά Μηχανήματος
- (7). Ομογενοποίηση & Στοίβαξη Απορριμμάτων
  - (7.1). Εισαγωγικά Στοιχεία

- (7.2). Θρυμματισμός Ογκωδών Απορριμμάτων
- (8). Τάφος Υποδοχής Απορριμμάτων
  - (8.1). Αποθήκευση (διάρκεια & διαστάσεις)
  - (8.2). Ζώνες Τάφρου
  - (8.3). Είδη Τάφρων
    - (8.3.1). Τάφος Βάθους
    - (8.3.2). Επιφανειακή Τάφος
    - (8.3.3). Πυροπροστασία στο Χώρο της Τάφρου
- (9). Κινητή Γέφυρα & Γερανός
  - (9.1). Κινητή Γέφυρα
    - (9.1.1). Γενικά Στοιχεία
    - (9.1.2). Ταχύτητα Κινήσεως
    - (9.1.3). Κύκλος Λειτουργίας
    - (9.1.4). Αρπάγη & Σύστημα Ελιγμών
  - (9.2). Γερανός
    - (9.2.1). Γενικά Στοιχεία
    - (9.2.2). Βοηθητικός Εξοπλισμός

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 : ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ** (σελίδα 115)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα
  - (2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (2.2). Πλεονεκτήματα Τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας ΣΑ
  - (2.3). Μειονεκτήματα & Προβληματισμοί
- (3). Καύση
  - (3.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (3.2). Βασικά Χαρακτηριστικά Καύσης Απορριμμάτων
  - (3.3). Διαδικασία της Καύσης
  - (3.4). Προεπεξεργασίες Καύσης
  - (3.5). Επεξεργασίες μετά την Καύση
  - (3.6). Ξήρανση
  - (3.7). Θερμική Διάσπαση – Εξαερίωση
  - (3.8). Κύρια Καύση (Αποτέφρωση)
    - (3.8.1). Θερμοκρασία Ανάφλεξης
    - (3.8.2). Προϋποθέσεις για Πλήρη Καύση
    - (3.8.3). Προϊόντα της Καύσης
    - (3.8.4). Σημείο Δρόσου (Dew point)
    - (3.8.5). Στοιχειομετρική Καύση
    - (3.8.6). Κυκλοφορία Αερίων
    - (3.8.7). Συντελεστής Απόδοσης της Καύσης
    - (3.8.8). Ανάλυση Καυσαερίων
  - (3.9). Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας από την Καύση
    - (3.9.1). Απώλειες Ενέργειας
    - (3.9.2). Ορθολογική Διαχείριση Ενέργειας
    - (3.9.3). Βελτίωση του Συντελεστή Απόδοσης της Καύσης
- (4). Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας
  - (4.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (4.2). Είδη Τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας

- (4.3). Καινοτόμες Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας
- (4.4). Κυριότερες Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας
- (4.5). Τυπικά Διαγράμματα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ ΕΣΤΙΑΣ**

(σελίδα 140)

- (1). Χοάνη
- (2). Σύστημα Εξαγωγής της Σκωρίας
- (3). Φούρνος
  - (3.1). Γενικά Στοιχεία
  - (3.2). Κυριότερα Τμήματα Φούρνου
    - (3.2.1). Εσχάρες
    - (3.2.2). Θάλαμος Καύσης
  - (3.3). Ταξινόμηση Φούρνων
  - (3.4). Φούρνοι Συνεχούς Λειτουργίας
- (4). Σύστημα Αέρα Καύσης
  - (4.1). Γενικά Στοιχεία
  - (4.2). Κατανομή & Ποσότητες Αέρα
    - (4.2.1). Πρωτογενής Αέρας Καύσης (75%)
    - (4.2.2). Δευτερογενής Αέρας Καύσης (25%)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 : ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ**

(σελίδα 150)

- (1). Εισαγωγή – Εκκίνηση Καύσης
- (2). Είδη Ρύπων
  - (2.1). Βαρέα Μέταλλα
  - (2.2). Διοξίνες & Φουράνια
- (3). Αερισμός
- (4). Θάλαμος Καύσης Αερίων
- (5). Θάλαμος Ψύξης
  - (5.1). Διάλυση με Αέρα
  - (5.2). Έγχυση Νερού
- (6). Πύργος Ψύξης
- (7). Αφαίρεση Σκόνης από τα Αέρια Καύσης
  - (7.1). Κυκλώνες
    - (7.1.1). Πλεονεκτήματα Κυκλώνων
    - (7.1.2). Μειονεκτήματα Κυκλώνων
  - (7.2). Ηλεκτροστατικά Φίλτρα
    - (7.2.1). Πλεονεκτήματα Ηλεκτροστατικών Φίλτρων
    - (7.2.2). Μειονεκτήματα Ηλεκτροστατικών Φίλτρων
  - (7.3). Σακόφιλτρα
    - (7.3.1). Πλεονεκτήματα Σακόφιλτρων
    - (7.3.2). Μειονεκτήματα Σακόφιλτρων
- (8). Καπνοδόχος

- (8.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
- (8.2). Καθορισμός Ύψους Καπνοδόχου
  - (8.2.1). Υπολογισμός  $H_k$
  - (8.2.2). Υπολογισμός  $H_o$
- (9). Επιτρεπόμενα Όρια
  - (9.1). Έλεγχος Οξειδίων του Αζώτου
    - (9.1.1). Μεταβολές στην Καύση
    - (9.1.2). Επεξεργασία Απαερίων Καύσης
  - (9.2). Έλεγχος Οξειδίων του Θείου
    - (9.2.1). Απόρριψη με Ξηρό Καθαρισμό
    - (9.2.2). Απομάκρυνση με Διπλό Υγρό Καθαρισμό
    - (9.2.3). Ανάκτηση με Ξηρές Διεργασίες

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 : ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ** (σελίδα 173)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Παράγοντες προς Εξέταση
- (3). Συσκευές & Διατάξεις Ανάκτησης Ενέργειας
  - (3.1). Γενικά Στοιχεία
  - (3.2). Κλίβανοι & Φούρνοι
    - (3.2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
    - (3.2.2). Χώρος Καύσης
    - (3.2.3). Εσωτερική Επένδυση
  - (3.3). Καυστήρες
    - (3.3.1). Καυστήρας Πετρελαίου (diesel oil)
    - (3.3.2). Δεξαμενές Καυσίμου
    - (3.3.3). Καυστήρας Φωταερίου
  - (3.4). Ανεμιστήρες (Αεροσυμπιεστές)
  - (3.5). Εναλλάκτες
    - (3.5.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
    - (3.5.2). Είδη Εναλλακτών Θερμότητας
    - (3.5.3). Υπολογισμοί Μετάδοσης Θερμότητας
  - (3.6). Λέβητες
    - (3.6.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
    - (3.6.2). Προσδιορισμός Απόδοσης Λέβητα
    - (3.6.3). Λέβητας Απόβλητης Θερμότητας σε Μονάδες Καύσης
    - (3.6.4). Κριτήρια Σχεδιασμού Λεβήτων σε Μονάδες Καύσης
    - (3.6.5). Σημεία Ιδιαίτερης Προσοχής
  - (3.7). Ατμοστρόβιλοι
  - (3.8). Γεννήτριες
    - (3.8.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
    - (3.8.2). Είδη Απωλειών
    - (3.8.3). Βαθμός Απόδοσης Γεννήτριας
    - (3.8.4). Ψύξη



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 : ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ** (σελίδα 200)

- (1). Κύκλωμα Νερού
  - (1.1). Σταθμός Αντλησης
  - (1.2). Διεργασία
  - (1.3). Επεξεργασία Ύδατος
- (2). Κύκλωμα Νερού – Ατμού
  - (2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (2.2). Παράμετροι Ατμού σε Μονάδες Καύσης
  - (2.3). Μειωτήρας Κυκλώματος Υψηλής Πίεσης
- (3). Κύκλωμα Πεπιεσμένου Αέρα
- (4). Κύκλωμα Ηλεκτρικό & Ελέγχου Εντολών
  - (4.1). Ηλεκτρικό Κύκλωμα
  - (4.2). Κύκλωμα Ελέγχου Εντολών
    - (4.2.1). Είδη Εντολών
    - (4.2.2). Αυτόματες Εντολές

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17 : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ** (σελίδα 208)

- (1). Εισαγωγή
- (2). Στοιχεία Κόστους Μονάδων Θερμικής Επεξεργασίας (ΜΘΕ)
- (3). Πάγιο Κόστος Μονάδας
  - (3.1). Βασικές Εγκαταστάσεις
  - (3.2). Βοηθητικές Εγκαταστάσεις (Λοιπές Επενδύσεις)
    - (3.2.1). Σύστημα Εισαγωγής
    - (3.2.2). Βοηθητικά Κυκλώματα
    - (3.2.3). Δομή Κτιριακών Εγκαταστάσεων
    - (3.2.4). Σιδηροκατασκευές & Ασφαλτόστρωση
    - (3.2.5). Διάφορα
- (4). Έξοδα Διοικητικού & Εργατοτεχνικού Προσωπικού
  - (4.1). Διοικητικό Προσωπικό
  - (4.2). Εργατοτεχνικό Προσωπικό
- (5). Λειτουργικό Κόστος Μονάδας
  - (5.1). Παροχές
  - (5.2). Εργατικό Προσωπικό (Διοικητικοί)
  - (5.3). Εργατικό Προσωπικό (Εργατοτεχνίτες)
  - (5.4). Συντήρηση
  - (5.5). Απόθεση & Μεταφορά (ΧΥΤΑ)
  - (5.6). Οικονομικές Δαπάνες
- (6). Έσοδα Μονάδας
- (7). Σύνολο
- (8). Οικονομικότητα Έργου Παραγωγής Ενέργειας
  - (8.1). Εισαγωγικά Στοιχεία
  - (8.2). Απόδοση
  - (8.3). Κόστος

- (8.4). Δείκτες Οικονομικότητας
  - (8.4.1). Βαθμός Εσωτερικής Απόδοσης (ΒΕΑ)
  - (8.4.2). Λόγος Απόδοσης – Κόστους
  - (8.4.3). Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)
- (8.5). Οικονομικότητα Μονάδας Καύσης ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ** (σελίδα 229)

- (1). Συμπεράσματα
- (2). Τελικές Εκτιμήσεις

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄: ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**  
(σελίδα 234)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄: ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΥΣΗΣ ΑΣΑ**  
(σελίδα 236)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΕΡΔΩΝ ΜΟΝΑΔΑΣ** (σελίδα 237)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΣΑ** (σελίδα 238)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε΄: ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ** (σελίδα 246)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ΄: ΣΤΑΘΕΡΕΣ** (σελίδα 247)

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ** (σελίδα 248)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

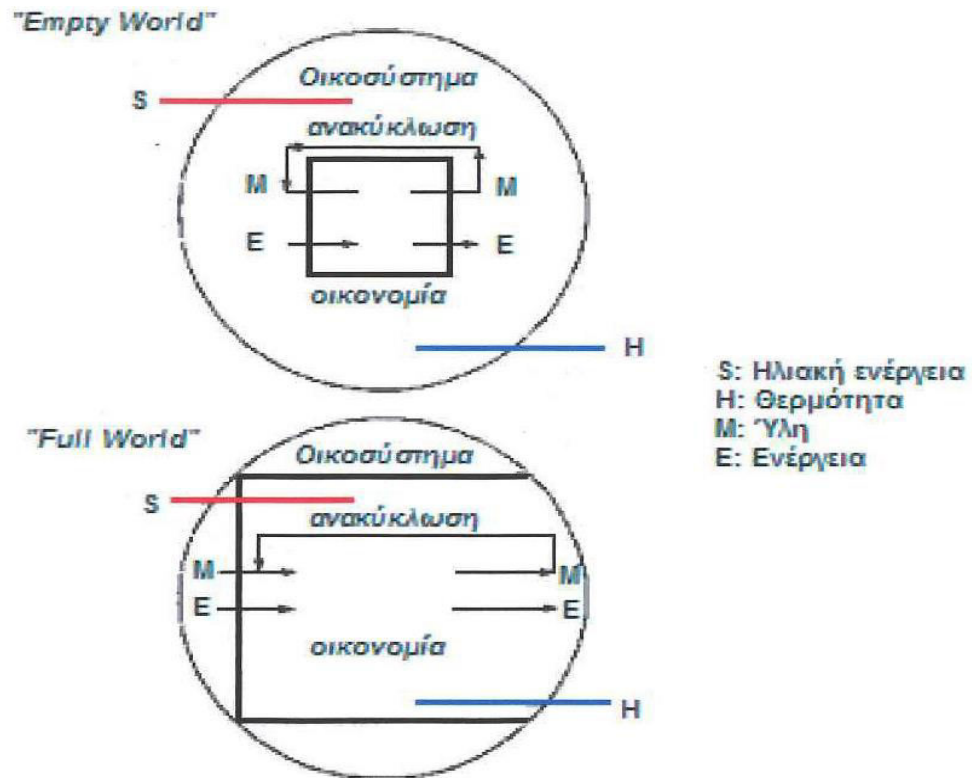
Στην εποχή των έντονων αντιθέσεων, όπου από τη μία πλευρά παρατηρείται ανάπτυξη του τεχνολογικού τομέα ενώ από την άλλη πλευρά υποβιβασμός της ποιότητας ζωής, ο σύγχρονος άνθρωπος προσπαθεί να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσής του. Το καθαρό περιβάλλον είναι υπόθεση τόσο ατομική όσο και κρατική. Απαιτείται η αφύπνιση της κοινής συνείδησης, η οποία θα οδηγήσει στην προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση της ενέργειας. Η ανάπτυξη μίας κοινωνίας διάθεσης και υπερκαταναλωτισμού, στην οποία ο περισσότερος κόσμος οδηγείται από το γενικότερο «ρεύμα» της σύγχρονης εποχής και αγοράζει αλόγιστα αγαθά, τα οποία ενδέχεται να μην είναι τα απολύτως αναγκαία, έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της ποσότητας των αστικών απορριμμάτων.

Εκτός από την ποσότητα, ανάλογα επιβαρύνθηκαν τόσο η ποιότητα των απορριμμάτων όσο και τα παραχθέντα ρυπαντικά φορτία από τις διεργασίες αποδόμησης, τα οποία διοχετεύονται στο έδαφος, τον αέρα και το υπόγειο νερό, οδηγώντας στη μόλυνση του εδάφους, της ατμόσφαιρας και των υπογείων υδροφόρων οριζόντων. Ο προφανής περιβαλλοντικός κίνδυνος που ελλοχεύει για τις επόμενες γενεές και η υποχρέωση πραγματοποίησης «ανθεκτικής» ανάπτυξης (sustainable development) των τεχνολογικών μεθόδων, η οποία θα οδηγήσει σταδιακά στη μείωση της περιβαλλοντικής καταστροφής, απαιτούν τη συμβολή όλων στις διαδικασίες πρόληψης και ελάττωσης της ρύπανσης οιασδήποτε μορφής (υπέργεια, ατμοσφαιρική, υπόγεια).

Ο πληθυσμός του πλανήτη αυξάνεται συνεχώς. Αυτή είναι μία απλή, αλλά πολύ σημαντική διαπίστωση. Ο βιομηχανικός τομέας έχει ιδιαίτερα συνεισφέρει, ώστε ο κόσμος μας από μάλλον άδειος να γίνεται όλο και πιο γεμάτος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Αλλά πόσο γεμάτος;

Οι πρώτες εκτιμήσεις αναφέρουν ότι, τουλάχιστον ένα ποσοστό 40% όσων η Γη προσφέρει ως πρωτογενή παραγωγή, χρησιμοποιείται από το ανθρώπινο είδος. Γνωρίζοντας επίσης και τις προβλέψεις του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών και των άλλων διεθνών οργανισμών για το διπλασιασμό του πληθυσμού της Γης κατά τον επόμενο αιώνα, αναμένεται ότι αυτό το

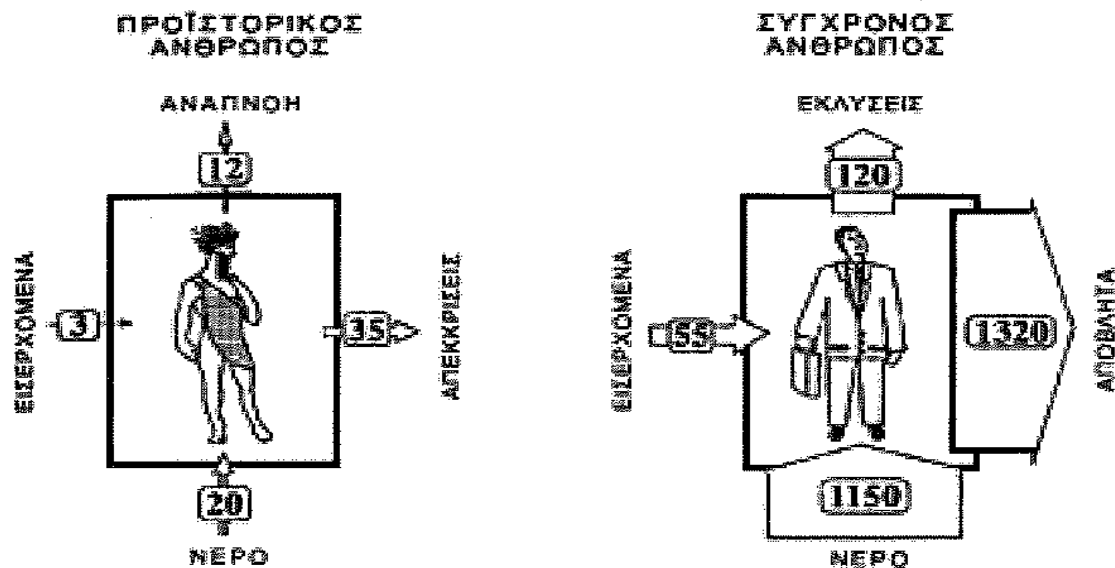
ποσοστό θα γίνει 80%, άρα μόνο μία φυσική αύξηση των αποθεμάτων κατά 20% είναι δυνατή.



Σχήμα 1. Η οικονομία ως ανοικτό υποσύστημα του οικοσυστήματος

Εκτός από την αύξηση του πληθυσμού, υπάρχει και μία δεύτερη σημαντική κινητήρια δύναμη η οποία προκαλεί ανησυχία και αυτή είναι η αυξανόμενη ανάγκη της οικονομίας για νέους φυσικούς πόρους. Σκεφθείτε τι κάνει ο άνθρωπος σήμερα και τι έκανε ο άνθρωπος της προβιομηχανικής εποχής στη φύση, συγκρίνοντας την κατά κεφαλήν κατανάλωση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Ο σύγχρονος άνθρωπος χρησιμοποιεί όλο και περισσότερα αποθέματα και με αυτόν τον τρόπο επιβαρύνει την ικανότητα του οικοσυστήματος προς ανανέωση.

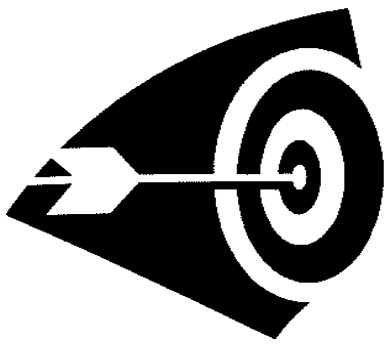




Σχήμα 2. Κατά κεφαλήν εκροές (σε χιλιόγραμμα)

Εν κατακλείδι, είναι σημαντικό ο σύγχρονος άνθρωπος να κατανοήσει την ανάγκη εκμετάλλευσης όλων των δυνατών πόρων και την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος. Η εκμετάλλευση των απορριμμάτων για την παραγωγή ενέργειας αποτελεί μία ιδιαίτερως σημαντική παράμετρο στην προσπάθεια προστασίας του οικοσυστήματος.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών Μονάδος Θερμικής Επεξεργασίας Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ), ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις, σε συνδυασμό πάντοτε με τις οικονομικές και τις λοιπές απαιτήσεις, της περιοχής Δυτικής Μακεδονίας στα πλαίσια των ανανεωσίμων πηγών παραγωγής ενέργειας (παραγωγή ζεστού νερού ή και ηλεκτρικού ρεύματος).

Η ραγδαία και συνεχής αύξηση του όγκου των στερεών απορριμμάτων που παράγονται στις οικονομικά αναπτυσσόμενες χώρες, έχει καταστήσει επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης καινούριων και πρωτοποριακών μεθόδων και τεχνικών, οι οποίες θα στοχεύουν:

- ✓ Στη μείωση των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι οποίες ενδέχεται να προκληθούν στα διάφορα στάδια διαχείρισης των απορριμμάτων.
- ✓ Στη μετατροπή των απορριμμάτων σε ενέργεια.

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται η διαχείριση των αστικών απορριμμάτων, των απορριμμάτων δηλαδή που προέρχονται από το σύνολο των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται στα πλαίσια λειτουργίας μίας ανθρώπινης κοινότητας, συμπεριλαμβανομένων και των εμπορικών, επαγγελματικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων και των υπηρεσιών παροχής κοινής ωφελείας.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων περιλαμβάνει μία σειρά από επιμέρους λειτουργίες, οι οποίες αφορούν στην περισυλλογή, τη συλλογή, τη χωριστή συλλογή, τη μεταφορά, τη μεταφόρτωση και την επεξεργασία ή/και τη διάθεση των αποβλήτων. Η ορθολογική και ολοκληρωμένη διαχείριση των στερεών απορριμμάτων θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα σύνολο δραστηριοτήτων, οι οποίες θα υλοποιούνται με σύγχρονες προδιαγραφές, με σκοπό και στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Τα απορρίμματα θεωρούνται ως υλικά, τα οποία δεν έχουν ακόμη τοποθετηθεί στη «σωστή» τους θέση και είναι αναγκαία η ανακύκλωση και ανάκτηση των υλικών αυτών για την εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας. Δε θα πρέπει να θεωρούμε την ανακύκλωση ως πανάκεια, διότι υπάρχουν κάποια όρια στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί ως μέθοδος διαχείρισης. Κάθε στοιχείο των απορριμμάτων έχει έναν περιορισμένο κύκλο ζωής, πέραν του οποίου παύει να είναι κατάλληλο, είτε για επαναχρησιμοποίηση είτε για ανακύκλωση, όπως τα χαρτί για παράδειγμα. Άλλωστε, σε μακροσκοπική εκτίμηση θεωρείται ότι η ανακύκλωση δεν απομακρύνει τα απορρίμματα, αλλά απλώς δίνει μία παράταση στην τελική διάθεσή τους.

Το πιο ευπαθές σημείο της διαχείρισης των απορριμμάτων είναι η ταφή τους σε χώρους διάθεσης. Πράγματι, στον μέσο πολίτη η έκφραση «χώρος διάθεσης» αντικατοπτρίζει μία εικόνα απερίγραπτης όψης σκουπιδιών με οσμές, πλήθος τρωκτικών και μόλυνση του περιβάλλοντος χώρου. Ο εξωραϊσμός της εικόνας αυτής επιδιώκεται μέσω της υγειονομικής ταφής με σύγχρονες προδιαγραφές και σε σύγχρονους Χώρους Διάθεσης Απορριμμάτων, οι οποίοι μακροπρόθεσμα θα φθάσουν να χρησιμοποιούνται ως χώροι καταλοίπων. Ουσιώδης είναι ο ρόλος ενός ικανού manager του χώρου διάθεσης, ο οποίος θα υλοποιεί το πρόγραμμα με τη βοήθεια ειδικά εκπαιδευμένου προσωπικού.

Η επεξεργασία των απορριμμάτων για την παραγωγή λιπάσματος, η καύση για την παραγωγή ενέργειας, η ανάκτηση και αξιοποίηση του βιοαερίου, η ανάκτηση εκ νέου υλικών από χώρους διάθεσης που έχουν επιτελέσει τη λειτουργία τους, καθώς και η αποκατάσταση και παρακολούθηση των χώρων αυτών, είναι διαδικασίες μέσω των οποίων επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με βάση την πλέον πρόσφατη τεχνολογία.

Επιπρόσθετα, η επαρκής πληροφόρηση, η εκπαίδευση και η ενεργός συμμετοχή του κοινού στις διαδικασίες κρίνονται απαραίτητες για την ολοκλήρωση των, βασιζόμενων στην κοινωνική αποδοχή, ενεργειών.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### **(1). Εισαγωγή**

Σύμφωνα με τους στόχους και τις δράσεις του Εθνικού Σχεδιασμού, η αξιοποίηση των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων επιτυγχάνεται αρχικά με την ανακύκλωση και τη λιπασματοποίησή τους και κατά δεύτερο λόγο με την ανάκτηση ενέργειας. Όσον αφορά τα οργανικά συστατικά, τίθεται ως στόχος η αξιοποίησή τους κατά 22,5% έως το 2005, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας των υλικών που οδηγούνται προς τελική διάθεση στους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ).

Ο Εθνικός Σχεδιασμός θέτει επίσης ως στόχο την υλοποίηση προγραμμάτων πληροφόρησης και ενημέρωσης του κοινού σε σχέση με τη διαχείριση των παραγόμενων οικιακών αποβλήτων. Στόχος των προγραμμάτων αυτών είναι από τη μία πλευρά η εξασφάλιση της συμμετοχής των πολιτών στα στάδια της διαλογής στην πηγή και της ανακύκλωσης και από την άλλη πλευρά η αποδοχή των εγκαταστάσεων διαχείρισης απορριμμάτων στην περιοχή τους.

### **(2). Ελλάδα**

Το νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων βασίζεται στο νόμο - πλαίσιο για τη διαχείριση του περιβάλλοντος, Ν.1650/86 (ΦΕΚ 160Α/18-10-86). Ο συγκεκριμένος νόμος, όπως και κάθε νόμος - πλαίσιο, καθόρισε τους γενικούς στόχους και τις κατευθύνσεις για την προστασία του περιβάλλοντος από έργα και δραστηριότητες, καλύπτοντας εκτός από τα στερεά απορρίμματα, το σύνολο των ατμοσφαιρικών συνιστωσών, συμπεριλαμβανομένων των υδάτινων πόρων, των εδαφών, της ατμόσφαιρας, της ραδιενεργού ακτινοβολίας, του θορύβου, των τοξικών και επικίνδυνων υλικών και του οικολογικού πλούτου της Ελλάδος.

Σταδιακά, ο Ν. 1650/86 συμπληρώθηκε από σειρά νομοθετημάτων που εξειδικεύουν τις μεθόδους εφαρμογής της στρατηγικής προστασίας του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με τη φύση της ανθρωπογενούς δραστηριότητας και την απειλούμενη περιβαλλοντική παράμετρο. Ένα από αυτά τα νομοθετήματα είναι και η Κοινή Υπουργική Απόφαση 69269/5387/90 (ΦΕΚ 678B/25-10-90), η οποία καθορίζει τη διαδικασία υποβολή μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας κάθε έργου και δραστηριότητας. Στην περίπτωση της διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων, οι περιβαλλοντικοί όροι δύναται να περιλαμβάνουν την υπόδειξη μεθόδων για τη διαχείριση και την τελική διάθεσή τους.

Στη συνέχεια, με τα άρθρα 6 & 7 της ΚΥΑ 113944/97 (ΦΕΚ 1016B/17-11-1997) περιγράφηκαν τα περιεχόμενα των μελετών προέγκρισης χωροθέτησης και των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για έργα διαχείρισης στερεών απορριμμάτων. Σύμφωνα με τις γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, η ορθολογική αντιμετώπιση του προβλήματος απαιτεί ολοκληρωμένο Σχεδιασμό Διαχείρισης Απορριμμάτων σε περιφερειακό και νομαρχιακό επίπεδο. Στον ολοκληρωμένο σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη τα βασικά κριτήρια που χαρακτηρίζουν μία ευρύτερη περιοχή, όπως κοινωνικά, χωροταξικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά, πάντοτε στο πλαίσιο εφαρμογής και εξειδίκευσης των γενικών πολιτικών κατευθύνσεων.

Ο υπόχρεος φορέας διαχείρισης κατά το σχεδιασμό οφείλει να επιλέξει την περιβαλλοντικά αποδεκτή και οικονομικά εφικτή λύση. Το πρόγραμμά του δημοσιοποιείται και γίνεται προσπάθεια να επιτευχθεί η κοινωνική αποδοχή του έργου. Οι κυριότεροι στόχοι των όρων και διαδικασιών για το σχεδιασμό της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων είναι:

- Η σωστή εφαρμογή των νομοθετικών ρυθμίσεων για πρόληψη ή και μείωση των αποβλήτων, αξιοποίηση και περιβαλλοντικά αποδεκτή διάθεση με ασφάλεια και προστασία της δημόσιας υγείας.
- Η ενιαία - κατά το δυνατόν - αντιμετώπιση της διαχείρισης των αποβλήτων κατά το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και διάθεσης των αποβλήτων.
- Η ασφαλής και ορθολογική διαχείριση των απορριμμάτων.

Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 67728/824/96 (ΦΕΚ 358B/18-5-1996) βασικός στόχος της πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων είναι η πρόληψη ή και η μείωση της παραγωγής αποβλήτων (ποσοτική μείωση), καθώς και η μείωση της περιεκτικότητάς τους σε επικίνδυνες ουσίες (ποιοτική βελτίωση). Επιδιώκεται η αξιοποίηση των υλικών από τα απόβλητα με τη μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης και την ανάκτηση της ενέργειας. Τα απόβλητα που δεν υπόκεινται σε διεργασίες αξιοποίησης και τα υπολείμματα της επεξεργασίας των αποβλήτων θα πρέπει να διατίθενται κατά τρόπο περιβαλλοντικά αποδεκτό.

Με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 67728/824/96, τέθηκαν οι παρακάτω στόχοι σχετικά με την ανάκτηση υλικών:

- ✓ Μέχρι το 2005 θα ανακτάται κατ' ελάχιστον το 25% των απορριμμάτων των συσκευασιών.
- ✓ Μέχρι το 2010 θα ανακτάται κατ' ελάχιστον το 50% των απορριμμάτων των συσκευασιών και κατά μέγιστο το 65%.
- ✓ Μέχρι το 2010 θα ανακυκλώνεται κατ' ελάχιστον το 25% των απορριμμάτων συσκευασίας και κατά μέγιστο το 45% και οπωσδήποτε το 15% κατά βάρος κάθε υλικού συσκευασίας.

Σύμφωνα με την προαναφερθείσα Υπουργική Απόφαση, τα βιομηχανικά απόβλητα, όπως η ιπτάμενη τέφρα των ατμοηλεκτρικών σταθμών, η φωσφογύψος, τα στείρα και τα υπερκείμενα μεταλλείων τα οποία χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα, χρήζουν διαφορετικής διαχείρισης από τα λοιπά στερεά απόβλητα.

Επίσης, θα πρέπει να πραγματοποιείται έρευνα αγοράς για τη βιωσιμότητα των μονάδων ανακύκλωσης, για τις οποίες θα πρέπει να καθορίζονται:

- Τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία της μονάδας (για παράδειγμα δυναμικότητα, βαθμός απόδοσης, στοιχεία εξοπλισμού).
- Το πλήρες εγχειρίδιο των στοιχείων από τα οποία αποτελείται η μονάδα.
- Το είδος και η ποσότητα των προς επεξεργασία απορριμμάτων και των παραγόμενων υλικών.
- Οι ώρες ημερησίας λειτουργίας της μονάδας.



➤ Η ασφάλεια των εργατικού προσωπικού στη μονάδα.

➤ Τα μέτρα που λαμβάνονται για την αξιοποίηση ή και τη διάθεση των υπολειμμάτων που παράγονται από τη μονάδα.

Η κατάρτιση των τεχνικών προδιαγραφών και των γενικών προγραμμάτων διαχείρισης προδιαγράφεται με την ΚΥΑ 114218/97 (ΦΕΚ 1016B/17-11-1997), η οποία αποτελεί εφαρμογή του άρθρου 24 του Συντάγματος και της ΚΥΑ 67728/824/96. Η ΚΥΑ 114218/97 καλύπτει συνολικά τα επιμέρους στοιχεία ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων, από την προσωρινή αποθήκευση και διαλογή στην πηγή, την ανακύκλωση, την περισυλλογή και μεταφορά, τη μεταφόρτωση, τη διαλογή σε κεντρικές εγκαταστάσεις, τη θερμική επεξεργασία, την κομποστοποίηση και τη διάθεση σε ΧΥΤΑ.

Εκτός των νομοθετημάτων που διέπουν τη διαχείριση του συνόλου των στερεών απορριμμάτων, έχει εκδοθεί σημαντικός αριθμός αποφάσεων που αφορούν σε συγκεκριμένους τύπους απορριμμάτων, οι οποίοι λόγω των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους εγκυμονούν αυξημένους κινδύνους για το περιβάλλον. Ως παράδειγμα αναφέρεται η ΚΥΑ 72751/85 (ΦΕΚ 665B/85) που αφορά στον καθορισμό μέτρων και όρων για τη διαχείριση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCBs & PCTs) σε συμμόρφωση με τις Οδηγίες 78/139 και 76/403 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

### **(3). Ευρωπαϊκή Ένωση**

Το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης του περιβάλλοντος είναι σε μεγάλο βαθμό εναρμονισμένο με το αντίστοιχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η σχετική με τη διαχείριση απορριμμάτων Κοινοτική Νομοθεσία δίνει έμφαση στην *ανάκτηση υλικών και ενέργειας* από τα απορρίμματα και θεωρεί την τελική διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής ως επιτρεπόμενη μόνο στην περίπτωση ανάκτησης ενέργειας από το παραγόμενο βιοαέριο ή για τη διάθεση των υπολειμμάτων από τις μεθόδους επεξεργασίας.

Ειδικότερα για τη θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα εξέδωσε το 1989 τις πρώτες Οδηγίες για νέες και υπάρχουσες εγκαταστάσεις καύσης δημοτικών αστικών απορριμμάτων (Οδηγία 369 του 1989 & Οδηγία 203/429 του 1989). Επίσης, με την Απόφαση 0289 της Ευρωπαϊκής Κοινότητας το έτος 1998 καθορίστηκαν τα όρια στις εκπομπές των ρύπων NO<sub>x</sub> και SO<sub>2</sub>, ενώ προτάθηκε μείωση των εκπομπών:

➤ Των διοξινών - σε σύγκριση με το επίπεδο των τιμών του 1985 - έως και 90% μέχρι το 2005.

➤ Των καδμίου (Cd), υδραργύρου (Hg) και μολύβδου (Pb) τουλάχιστον κατά 70% σε σχέση με τις εκπομπές του 1995.

Η Οδηγία 2000/76/EC θέτει τις προδιαγραφές λειτουργίας και τα όρια εκπομπών ρύπων για εγκαταστάσεις καύσης στερεών απορριμμάτων ή μειγμάτων καυσίμων που περιέχουν στερεά απορρίμματα. Η Οδηγία αναφέρεται στη διαδικασία αδειοδότησης εγκαταστάσεων καύσης, την παραλαβή των προς καύση υλικών, τη λειτουργία των μονάδων καύσης, τα όρια των αερίων εκπομπών, τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και των στερεών απορριμμάτων της καύσης, την παρακολούθηση της απόδοσης και την παροχή στοιχείων στις επιβλέπουσες αρχές και το κοινό.

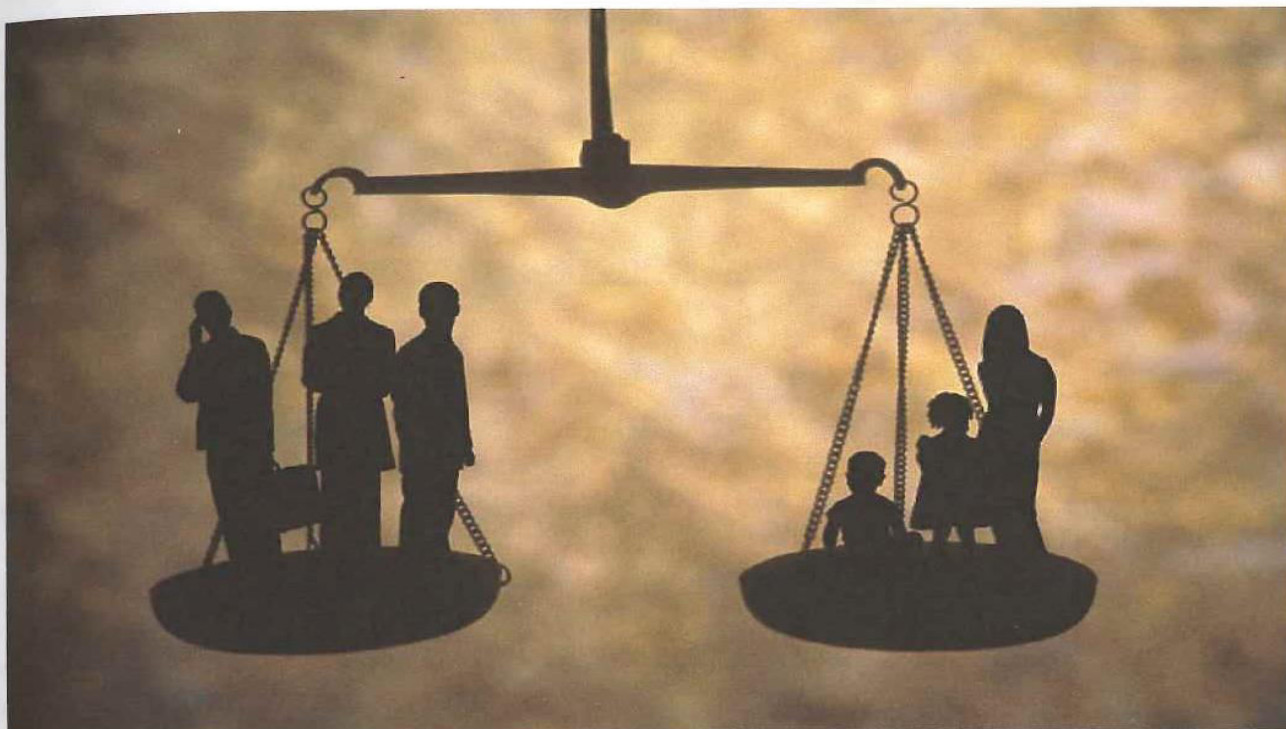
Επίσης, στην Οδηγία 2003/54/EC (26/6/2003) σχετικά με την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αναφέρεται ότι ο Διαχειριστής του Δικτύου Μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να δίνει προτεραιότητα σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από απόβλητα (άρθρο 14, παράγραφος 4).

#### **(4). Συμπεράσματα**

Συμπερασματικά, κρίνεται αναγκαία, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο, η ορθή διαχείριση των απορριμμάτων. Η απόθεσή τους σε χώρους υγειονομικής ταφής δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση λύση, αφού απλά οδηγεί σε περαιτέρω μόλυνση του περιβάλλοντος χώρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο χώρος ταφής απορριμμάτων στην Ψυτάλλεια, όπου είναι φανερό το πρόβλημα που προκαλεί.

Η δημιουργία μίας μονάδας καύσης αστικών απορριμμάτων δεν είναι εύκολη υπόθεση, καθώς απαιτεί κατάλληλο σχεδιασμό και αρκετά υψηλό αρχικό κόστος. Στην Ευρώπη λειτουργούν ήδη ανάλογες μονάδες και η Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχει οικονομικά κίνητρα για τη δημιουργία καινούριων. Σε μία εποχή όπου η απελευθέρωση των αγορών αποτελεί πραγματικότητα, η ανάληψη τέτοιων έργων και η δραστηριοποίηση στον ενεργειακό τομέα μπορεί να αποδειχθούν προσοδοφόρες. Σε κάθε περίπτωση, η Ελλάδα θα πρέπει να δραστηριοποιηθεί στον τομέα αυτόν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ



### **(1). Εισαγωγή**

Οι πολίτες, σε συνεργασία με το κράτος, θα πρέπει να κατέχουν ενεργό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος. Η ανάπτυξη δεν ταυτίζεται πλέον με τη μονοδιάστατη οικονομική μεγέθυνση του παρελθόντος. Αντίθετα, αποτελεί μία περίπλοκη, ολοκληρωμένη και ισορροπημένη διαδικασία με την οποία δεν αυξάνεται μόνον ο πλούτος, αλλά όλες οι αξίες του ανθρώπου και μόνο στο μέτρο που επιτρέπει η αποδοτική αξιοποίηση των φυσικών πόρων και ο σεβασμός προς το περιβάλλον. Η βιώσιμη ανάπτυξη δεν είναι εφικτή δίχως βιώσιμο κράτος, το οποίο θα πρέπει να είναι «ηθικό» και «ευφυές».

Η διαχείριση των απορριμμάτων εξακολουθεί να αποτελεί σημείο έντονων τριβών με μεγάλες πολιτικές και κοινωνικές αντιδράσεις και ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται αποτελεί μία αδιάψευστη εικόνα του πολιτισμού της σύγχρονης καταναλωτικής κοινωνίας. Οι συνιστώσες διαχείρισης των στερεών αποβλήτων είναι η συλλογή, η μεταφορά, η επεξεργασία και η διάθεση. Η ανεξέλεγκτη καύση ή και διάθεση και η απόρριψη των απορριμμάτων ή και υπολειμμάτων στη θάλασσα, αποτελούσε την παλαιότερη πρακτική και εφαρμόζεται σήμερα στις χώρες όπου δεν υφίσταται ορθολογική διαχείριση, επιφέροντας καταστροφή και μόλυνση των υδάτων.

## **(2). Παραγωγή Απορριμμάτων & Συνέπειες**

Αν και η παραγωγή ρύπων από τα απορρίμματα λαμβάνει χώρα σε όλα τα στάδια της διαχείρισης αυτών, η μεγαλύτερη παραγωγή τους παρατηρείται κατά την επεξεργασία και τη διάθεση των αποβλήτων. Οι επιπτώσεις της παραγωγής των ρύπων από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων διαχείρισης είναι περιβαλλοντικές, οικονομικές, τεχνολογικές και κοινωνικές, ενώ η επίδρασή τους έχει τοπική και παγκόσμια εμβέλεια. Σε σημαντικότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον οδηγεί η ανεξέλεγκτη απόρριψη των απορριμμάτων, η οποία πραγματοποιείται συνήθως σε χώρους που βρίσκονται σε λεκάνες απορροής και χαρακτηρίζονται από έλλειψη περίφραξης, ενώ λαμβάνει χώρα ανεξέλεγκτη καύση και διασκορπισμός των απορριμμάτων.

### **(2.1). Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις**

Οι χώροι διάθεσης απορριμμάτων είναι υπεύθυνοι για τις εκπομπές αερίων ρύπων (κυρίως μεθανίου) και διασταλλαζόντων, τα οποία περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο, βαρέα μέταλλα και άλατα. Τα διασταλλάζοντα, στην περίπτωση διαρροής τους, είναι υπεύθυνα για την τοπική ρύπανση επιφανειακών και υπογείων υδάτων. Για τον λόγο αυτόν υφίστανται επεξεργασία, από την οποία όμως προκύπτουν χλωριούχα άλατα. Η επίδραση των οργανικών είναι τοξική για τους εργαζομένους στο χώρο και τους κατοίκους των τοπικών κοινοτήτων, ενώ η επίδραση των βαρέων μετάλλων θεωρείται ελαχίστης σημασίας λόγω της χαμηλής συγκέντρωσής τους και με την προϋπόθεση ότι παραμένουν στο χώρο διάθεσης.



Για την αδρανοποίηση των ρύπων απαιτείται προεπεξεργασία των απορριμμάτων πριν από τη διάθεσή τους. Η προκύπτουσα αέρια φάση από τη βιοαποικοδόμιση των οργανικών συστατικών περιέχει μεθάνιο, το οποίο συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι νέες Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προτείνουν τη μη διάθεση των οργανικών. Η επεξεργασία της υγρής φάσης (βαρέα μέταλλα, οργανικές ουσίες, άλατα) πραγματοποιείται σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και η συμμετοχή στη ρύπανση των επιφανειακών υδάτων ανέρχεται στο 1%, ενώ η συμμετοχή των χλωριούχων αλάτων φτάνει στο 2%.

Όπως αναφέρθηκε, η βιοαποικοδόμιση των απορριμμάτων συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω των αυξημένων εκπομπών μεθανίου. Για τον λόγο αυτόν, η Ευρωπαϊκή Ένωση προτείνει την εκτροπή των οργανικών συστατικών από τους χώρους υγειονομικής ταφής και την επεξεργασία τους σε μονάδες αναερόβιας ζύμωσης (τουλάχιστον για το 25% των οργανικών έως το έτος 2005). Η επιλογή των χαρακτηριστικών των μονάδων αυτών (για παράδειγμα περιοχή και δυναμικότητα της εγκατάστασης), θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με τη χρήση εργαλείων χωροθέτησης, κατανομής και πολυκριτηριακής αξιολόγησης.

Η θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων συνεισφέρει ελάχιστα στη συνολική αέρια ρύπανση σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανία, εκπομπές κυκλοφορούντων οχημάτων). Παρ' όλα αυτά, κατά την καύση των απορριμμάτων παράγονται *ποιοτικοί* μικρο-ρύπαντες (διοξίνες και φουράνια), πτητικά μεγάλης διασποράς και βαρέα μέταλλα.

Τα βαρέα μέταλλα παραμένουν στην καμινάδα σε ελάχιστες ποσότητες (αδρανή), ενώ η μεγαλύτερη ποσότητά τους βρίσκεται στην ιπτάμενη τέφρα και στο υπόλειμμα των συστημάτων ελέγχου της αέριας ρύπανσης. Για τον λόγο αυτόν απαιτείται προεπεξεργασία του υπολείμματος για την περαιτέρω διάθεσή του. Τέλος, από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων προκύπτουν αρκετές ποσότητες αδρανοποιημένων αλάτων, τα οποία, σε αντιδιαστολή με τους χώρους υγειονομικής διάθεσης των απορριμμάτων, ρυπαίνουν μόνο τα επιφανειακά ύδατα.

Οι προτεινόμενες προς κατασκευή μονάδες διαχείρισης απορριμμάτων στην Ελλάδα ανήκουν στις εγκαταστάσεις μεταφόρτωσης, στις μονάδες ανάκτησης υλικών και παραγωγής compost, αερόβιας ζύμωσης και σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, 1998).



## **(2.2). Οικονομικές Επιπτώσεις**

Η εσφαλμένη περιβαλλοντική διαχείριση των απορριμμάτων επηρεάζει αρνητικά τα στοιχεία κόστους στην οποία αφορούν. Κύρια πηγή χρηματοδότησης των δραστηριοτήτων της διαχείρισης απορριμμάτων αποτελούν τα έσοδα των τελών καθαριότητας, τα οποία καλούνται να καλύψουν τις δαπάνες της διαχείρισης απορριμμάτων. Η αύξηση των τελών αποφασίζεται στις συνεδριάσεις των δημοτικών συμβουλίων, δίχως να λαμβάνεται υπόψη η πραγματικά παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων αλλά και δίχως να καθορίζεται μία ενιαία τιμολογιακή πολιτική, η οποία προφανώς θα προέκυπτε από τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης απορριμμάτων ως προς το κόστος.

Επιπρόσθετα, σύνηθες φαινόμενο αποτελεί η χωροθέτηση εγκαταστάσεων χωρίς να λαμβάνονται υπόψη όλες οι συνιστώσες της διαχείρισης, με αποτέλεσμα το κόστος επένδυσης και λειτουργίας να βρίσκεται μακριά από τη βέλτιστη εναλλακτική τιμολογιακή πολιτική (ανταποδοτικά τέλη, τέλος πύλης).

Η αδυναμία βέλτιστης λειτουργίας του συστήματος της διαχείρισης έχει ως αποτέλεσμα αρνητικές συνέπειες όχι μόνο για την τοπική οικονομία (ανεργία, ανακυκλώσιμα προς χωματερές, ενεργειακή εξάρτηση) αλλά και μη εναρμόνιση με τις νομοθετικές περιβαλλοντικές κατευθύνσεις (ανεξέλεγκτη απόρριψη και καύση απορριμμάτων).

Έτσι, δίχως τη διαμόρφωση σχεδίων ολοκληρωμένης διαχείρισης απορριμμάτων, τα οποία θα προκύπτουν από βέλτιστα, ως προς το κόστος, εναλλακτικά σενάρια, θα είναι αδύνατος ο καθορισμός τους.

## **(2.3). Τεχνολογικές Επιπτώσεις**

Η εσφαλμένη διαχείριση των απορριμμάτων έχει αρνητικές επιπτώσεις στον υπάρχοντα τεχνολογικό εξοπλισμό και στις εγκαταστάσεις διαχείρισης. Στην περίπτωση της αποκομιδής, προβλήματα παρουσιάζονται στα απορριμματοφόρα αφού μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις για τη διάθεση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους μεταφοράς και συνεπώς του συνολικού κόστους διαχείρισης.

Οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις μεταφόρτωσης, επεξεργασίας και τελικής διάθεσης που έχουν χωροθετηθεί χωρίς ολοκληρωμένη αξιολόγηση της λειτουργίας τους, επηρεάζουν αρνητικά τη συνολική διαχείριση απορριμμάτων σε επίπεδο νομού ή περιφέρειας (για παράδειγμα αδυναμία μονάδας ανάκτησης υλικών να διαθέσει τα προϊόντα της στην αγορά λόγω της χαμηλής ποιότητας των παραγόμενων υλικών, τρέχουσα δυναμικότητα σταθμού μεταφόρτωσης μικρότερη αυτής του σχεδιασμού). Αυτό έχει ως συνέπεια την απομάκρυνση του συνολικού συστήματος διαχείρισης από τη βέλτιστη εναλλακτική περιβαλλοντική, τεχνολογική και οικονομική λειτουργία.

#### **(2.4). Κοινωνικές Επίπτώσεις**

Στην περίπτωση μη ορθολογικής διαχείρισης απορριμμάτων, οι κάτοικοι των περιοχών όχι μόνο δε λαμβάνουν αντισταθμιστικά οφέλη, αλλά είναι ανύπαρκτη η ενημέρωση και η συμμετοχή τους στη λήψη αποφάσεων. Δημιουργούνται αντιδράσεις και δεν επιτυγχάνεται κοινωνική αποδοχή για τη λειτουργία της εγκατάστασης. Η σοβαρότερη κοινωνική επίπτωση αφορά στην παρεμπόδιση δημιουργίας περιβαλλοντικής συνείδησης, ειδικότερα στις νεότερες γενεές.

Αποτελέσματα των παραπάνω είναι:

- ✓ Υποβάθμιση της ποιότητας ζωής
- ✓ Παρεμπόδιση της βιώσιμης ανάπτυξης, η οποία, σημειωτέον, στηρίζεται εξ' ολοκλήρου στη συμμετοχή των πολιτών
- ✓ Υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος σε χώρους με οικολογικό, πολιτιστικό και αισθητικό ενδιαφέρον
- ✓ Σπατάλη υλών και ενέργειας

### **(3). Αντιμετώπιση Επιπτώσεων**

Με βάση τη σύντομη αναφορά των επιπτώσεων διαπιστώνεται ότι, αν και αυτές είναι γνωστές, τα σχέδια διαχείρισης απορριμμάτων συνεχίζουν να πραγματοποιούνται χωρίς να λαμβάνονται υπόψη περιβαλλοντικά, οικονομικά και τεχνολογικά κριτήρια αξιολόγησης. Η έλλειψη του σωστού σχεδιασμού και συνεπώς της ορθολογικής διαχείρισης είναι αρνητικές, τόσο για το περιβάλλον όσο και για την τοπική οικονομία, αφού:

✓ Η λειτουργία των υπαρχουσών ή προτεινόμενων εγκαταστάσεων χαρακτηρίζεται αποκομμένη από τις υπόλοιπες συνιστώσες.

✓ Είναι αδύνατη η εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών (για παράδειγμα εκτροπή του οργανικού τμήματος των απορριμμάτων από τους χώρους διάθεσης μέσω αξιολόγησης τυπολογιών και δυναμικοτήτων εγκαταστάσεων, δεικνύοντας την ανεξέλεγκτη απόρριψη και ελεύθερης καύσης των αποβλήτων).

✓ Η μη βέλτιστη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και ροών απορριμμάτων από και προς αυτές συνεπάγεται αδυναμία ορθολογικού προσδιορισμού των αντισταθμιστικών οφελών, των πηγών χρηματοδότησης, της τιμολογιακής πολιτικής και των κινήτρων προς τις τοπικές κοινωνίες.

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τη μη ορθολογική διαχείριση των απορριμμάτων θα πρέπει να καταγραφούν:

✓ Τα ποσοτικά (παραγωγή απορριμμάτων) και ποιοτικά (σύσταση απορριμμάτων) στοιχεία που αφορούν στην περιοχή μελέτης (για παράδειγμα Νομαρχία, ή Περιφέρεια).

✓ Οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις διαχείρισης (για παράδειγμα μονάδες μεταφόρτωσης, μονάδες ανάκτησης υλικών ή και ενέργειας, χώροι διάθεσης) και τα χαρακτηριστικά τους (δυναμικότητα, βαθμός συμπίεσης, υπολείμματα) στην περιοχή μελέτης, καθώς και υπάρχουσες άλλες βιομηχανικές μονάδες, οι οποίες θα μπορούσαν να ενταχθούν στο σύστημα, όπως οι περιστρεφόμενοι κλίβανοι της τσιμεντοβιομηχανίας.

Έπειτα, θα πρέπει να υπάρξει καταγραφή:

➤ Όλων των νομοθετικών στόχων (ποσότητες ανακυκλώσιμων υλικών, εκτροπή οργανικού από χώρους διάθεσης).

➤ Των τάσεων της αγοράς (πελάτες των δευτερογενών υλικών ή της ανακτώμενης ενέργειας).

➤ Των διαθέσιμων προς κατασκευή τεχνολογιών μεταφόρτωσης + επεξεργασίας - διάθεσης και των χαρακτηριστικών τους (κόστος επένδυσης-λειτουργίας, βαθμός απόδοσης ανάκτησης υλικών ή ενέργειας, εκπομπές ρύπων κ.ά.) στην περιοχή εφαρμογής αλλά και στο διεθνές περιβάλλον.

➤ Των προτιμήσεων των τοπικών φορέων, σχετικά με τις τεχνολογίες διαχείρισης των απορριμμάτων.

Τα παραπάνω στοιχεία μπορούν να αποτελέσουν δεδομένα εισόδου σε σύστημα χωροθέτησης εγκαταστάσεων και κατανομής ροών από και προς αυτές, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη του:

✓ Τις παραγόμενες ποσότητες και τη σύσταση των απορριμμάτων, τα χαρακτηριστικά των υπαρχουσών και διαθέσιμων τεχνολογιών διαχείρισης στις περιοχές εφαρμογής

✓ Τις νομοθετικές τάσεις και αποφάσεις

✓ Τις προτιμήσεις των τοπικών φορέων διαχείρισης

Ένα σύστημα αξιολόγησης της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων θα πρέπει να παρέχει βέλτιστα εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης απορριμμάτων που θα στηρίζονται στα προαναφερόμενα δεδομένα εισόδου.

Τέλος, τα βέλτιστα εναλλακτικά σενάρια θα πρέπει να αφορούν στις συνιστώσες της ολοκληρωμένης διαχείρισης και να αξιολογούνται ως προς τις επιδόσεις που παρουσιάζουν σε περιβαλλοντικά, τεχνολογικά και οικονομικά κριτήρια.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΟΡΙΣΜΟΙ ΕΝΝΟΙΩΝ



Πριν από την ανάπτυξη των γενικών αρχών επεξεργασίας των απορριμμάτων κρίνεται σκόπιμη η αναφορά ορισμένων γενικών ορισμών και εννοιών, οι οποίες είναι βασικές για την κατανόηση των διαδικασιών που αφορούν στην επεξεργασία των απορριμμάτων.

Οι ορισμοί αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Απορρίμματα: Τα δημοτικά (ανάμεικτα ή προδιαλεγμένα) στερεά.
- Στερεά απόβλητα ή απορρίμματα: Ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται κυρίως σε στερεά φυσική κατάσταση, από τις οποίες ο κάτοχός τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί. Τα απορρίμματα γενικά, θεωρούνται χρήσιμα υλικά που δεν είναι τοποθετημένα στην κανονική τους θέση.
- Επικίνδυνα απόβλητα: Τα απόβλητα ή ο συνδυασμός αποβλήτων που εμφανίζουν δυναμικό κίνδυνο για τη ζωή των ανθρώπων ή των ζώων (χημικά, τοξικά, βιολογικά, ραδιενεργά, διαβρωτικά, αναφλέξιμα και εκρηκτικά).
- Επικίνδυνα οικιακά απορρίμματα: Τα προϊόντα καθαρισμού, χρώματα, λάδια αυτοκινήτων, εντομοκτόνα κ.ά..
- Ταξινόμηση επικινδύνων αποβλήτων (superfund): Η εύρεση του βαθμού επικινδυνότητας έκθεσης του πληθυσμού και η απαιτούμενη αποκατάσταση του χώρου.



➤ Διαχωρισμός υγρών από στερεά απόβλητα: Όταν οι στερεές ύλες ξεπερνούν το 20% της σύστασης των απορριμμάτων, τα απόβλητα χαρακτηρίζονται ως στερεά και δύναται να διατεθούν σε χώρο υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) ή χώρο ελεγχόμενης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΕΔ), εφόσον πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

✓ Ο χώρος υγειονομικής ταφής θα πρέπει να διαθέτει στεγανό υπόβαθρο από άργιλο ή συνθετική γεωμεμβράνη.

✓ Θα πρέπει να υπάρχει σύστημα συλλογής των υγρών, τα οποία προέρχονται από τα απορρίμματα.

✓ Η ιλύς θα πρέπει να διατίθεται ώστε να γίνεται ανάμιξη και διασκορπισμός μέσα στα απορρίμματα (τέσσερα έως πέντε μέρη απορριμμάτων με ένα ιλύος για μία καλή απορρόφηση).

Από την Ε.Ρ.Α. έχει καθιερωθεί ένα τεστ μέσω βαρύτητας, σύμφωνα με το οποίο η ουσία που δοκιμάζεται ρίχνεται σε ένα χωνί και το υγρό στάζει σε ένα διαβαθμισμένο κύλινδρο. Εάν σε πέντε λεπτά συλλέγεται κάποιο υγρό, η δοκιμαζόμενη ουσία θεωρείται υγρό.

➤ Διαχείριση απορριμμάτων: Είναι οι διεργασίες συλλογής, μεταφοράς, διαλογής και επεξεργασίας των απορριμμάτων, καθώς επίσης και η αποθήκευσή τους πάνω ή κάτω από το έδαφος (υπέργεια ή υπόγεια αποθήκευση). Στη διαχείριση των απορριμμάτων περιλαμβάνονται επίσης οι αναγκαίες εργασίες επεξεργασίας για την επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή ανακύκλωση των απορριμμάτων.

➤ Ιεραρχία διαχείρισης απορριμμάτων: Η ακόλουθη κατάταξη: Ελάττωση στην πηγή, ανακύκλωση, επεξεργασία και διάθεση καταλοίπων ή διάθεση σε κατάλληλο χώρο με πρόβλεψη περιβαλλοντικής αποκατάστασής του.

➤ Φορέας διαχείρισης απορριμμάτων: Το φυσικό ή νομικό πρόσωπο, το οποίο, σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας, ορίζεται υπόχρεο για την ολική ή μερική διαχείριση των απορριμμάτων μίας περιοχής.



➤ Προσωρινή αποθήκευση στερεών αποβλήτων: Η τοποθέτηση των στερεών αποβλήτων σε ορισμένο χώρο και με την κατάλληλη συσκευασία για εύλογο χρονικό διάστημα, μέχρις ότου πραγματοποιηθεί η συλλογή τους.

➤ Συλλογή απορριμμάτων: Όλες οι εργασίες που αφορούν στην παραλαβή και φόρτωση των απορριμμάτων από τους τόπους προσωρινής αποθήκευσής τους στα μέσα μεταφοράς τους, προκειμένου να μεταφερθούν στις εγκαταστάσεις διάθεσης απορριμμάτων.

➤ Χωριστή συλλογή: Λειτουργία που επιδιώκει τη χωριστή ανάκτηση ενός ή περισσότερων υλικών που περιέχονται στα οικιακά απορρίμματα.

➤ Διάθεση απορριμμάτων ή στερεών αποβλήτων: Οι διεργασίες διαχείρισης, εκτός από τη συλλογή και τη μεταφορά των απορριμμάτων, οι οποίες έχουν ως σκοπό να καταστήσουν τα στερεά απόβλητα αβλαβή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Στη διάθεση των απορριμμάτων συμπεριλαμβάνονται και οι επεξεργασίες για την ανακύκλωση ή την επαναχρησιμοποίηση υλικών που προέρχονται από αυτά, καθώς και η παραγωγή ενέργειας.

➤ Ανάκτηση: Η ενέργεια συλλογής υλικών για εκ νέου χρήση.

➤ Ανακύκλωση: Η ενέργεια επανεισαγωγής στον κύκλο της παραγωγής ενός προϊόντος ή υλικών που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του ίδιου προϊόντος.

➤ Επαναχρησιμοποίηση: Η εκ νέου χρησιμοποίηση ενός προϊόντος, το οποίο έχει ήδη χρησιμοποιηθεί (επιμήκυνση της ζωής ενός προϊόντος).

➤ Αξιοποίηση: Η διαδικασία επεξεργασίας των απορριμμάτων, η οποία έχει ως στόχο την ανάκτηση υλικών ή ενέργειας κατά τη διάρκεια των λειτουργιών διάθεσης των απορριμμάτων.

➤ Υπολείμματα: Τα απόβλητα που προκύπτουν από την επεξεργασία τους σε μονάδες ανάκτησης ενέργειας και υλικών.

➤ Καύση: Η χημική οξείδωση των απορριμμάτων παρουσία αέρα, η οποία οδηγεί στο σχηματισμό αέριων προϊόντων, κυρίως αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμών, και στερεών προϊόντων (τέφρα). Μέρος της εκλυόμενης ενέργειας δύναται να ανακτηθεί με εναλλαγή θερμότητας από τα αέρια προϊόντα της καύσης.

Τα συστήματα καύσης απορριμμάτων μπορούν να τροφοδοτηθούν με δύο τύπους καυσίμου:

✓ Στερεά απορρίμματα ως έχουν (Commingle Solid Waste).

✓ Καύσιμα που έχουν προκύψει από την επεξεργασία στερεών απορριμμάτων (Refuse Derived Fuels - RDF).

➤ Τεχνολογία της καύσης στη διάθεση των ΣΑ: Αφορά στη θερμική επεξεργασία των στερεών απορριμμάτων (ΣΑ) παρουσία περίσσειας αέρα, με σκοπό να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν πληρέστερη οξείδωση των στοιχείων των ΣΑ. Η θερμική επεξεργασία των στερεών απορριμμάτων χρησιμοποιείται τόσο για τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, όσο και για την ανάκτηση θερμότητας. Κατά την καύση, η καύσιμη ύλη είναι τα ίδια τα στερεά απορρίμματα.

➤ Πυρόλυση: Η θερμική διάσπαση των οργανικών ουσιών χωρίς, ή με ελάχιστη, παρουσία οξυγόνου. Η διεργασία της πυρόλυσης εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι οι περισσότερες οργανικές ενώσεις είναι θερμικά ασταθείς και ως εκ τούτου, η παροχή θερμότητας από μία εξωτερική πηγή τροφοδοτεί μία σειρά ενδόθερμων αντιδράσεων διάσπασης και συμπύκνωσης. Κατά την πυρόλυση, η καύσιμη ύλη δεν είναι τα ίδια τα στερεά απόβλητα, αλλά το αέριο μίγμα που παράγεται κατά τη θερμική επεξεργασία των ΣΑ και το πισσώδες υπόλειμμα.

➤ Αεριοποίηση: Η θερμική διάσπαση των οργανικών ουσιών με μικρή παρουσία οξυγόνου. Λαμβάνει χώρα μερική καύση του οργανικού υλικού παρουσία ποσότητας αέρα μικρότερη αυτής που απαιτείται από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης. Κατά την Αεριοποίηση η καύσιμη ύλη δεν είναι τα ίδια τα στερεά απόβλητα, αλλά το αέριο μίγμα που παράγεται κατά τη θερμική επεξεργασία των ΣΑ και το πισσώδες υπόλειμμα.

➤ Αποτέφρωση: Η διαδικασία κατά την οποία τα απορρίμματα καίγονται υπό ελεγχόμενες συνθήκες, ώστε να οξειδωθεί ο άνθρακας και το υδρογόνο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ Η.Π.Α.

### **(1). Εισαγωγή**

Στις Η.Π.Α. τουλάχιστον το 60% των δημοτικών στερεών αποβλήτων (ΔΣΑ) που παράγονται είναι μη-ανακυκλώσιμα. Οι κύριες εναλλακτικές λύσεις για τη διάθεση είναι:

➤ Η υγειονομική ταφή – ένα ποσοστό 55% ΔΣΑ στις Η.Π.Α. πάει σε χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων (ΧΥΤΑ).

➤ Η καύση – ένα ποσοστό 14% καίγεται σε μονάδες θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας (Waste-To-Energy, WTE).

Οι εφαρμογές τέτοιων διεργασιών στο περιβάλλον μπορούν να είναι ευεργετικές (ανάκτηση ενέργειας) ή καταστρεπτικές (εκπομπές αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του Θερμοκηπίου). Όπως είναι γνωστό, τα κύρια μέσα για τη διαχείριση των ΔΣΑ είναι η ανάκτηση υλικών (ανακύκλωση), η ανάκτηση ενέργειας (καύση ή αεριοποίηση), η βιολογική μετατροπή και η υγειονομική ταφή (ΧΥΤΑ).

Για οικονομικούς ή και για πρακτικούς λόγους όλα τα απορριπτόμενα υλικά δεν είναι ανακυκλώσιμα και μόνο ένα ποσοστό, το οποίο δεν είναι ικανοποιητικό, δύναται να υποστεί κομποστοποίηση. Επομένως εξαρτάται από τις προτεραιότητες που θέτει η κάθε μονάδα, οι οποίες ενδέχεται να είναι ελαχιστοποίηση αποβλήτων ή ανάκτηση των υλικών με ανακύκλωση. Έτσι, τα μόνα άλλα μέσα για τη διάθεση των ΔΣΑ είναι η ανάκτηση ενέργειας υλικών με επεξεργασία σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας (WTE) ή η υγειονομική ταφή.

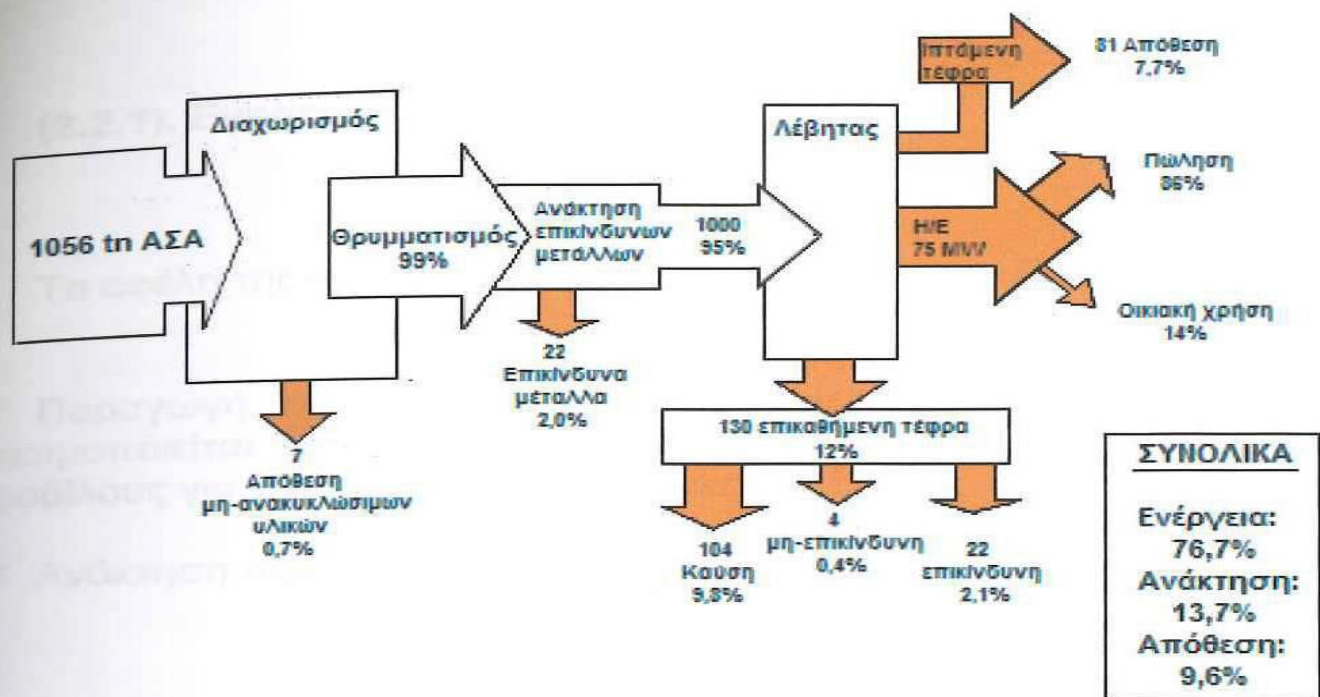
## **(2). Καύση για Παραγωγή Ενέργειας (WTE)**

### **(2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

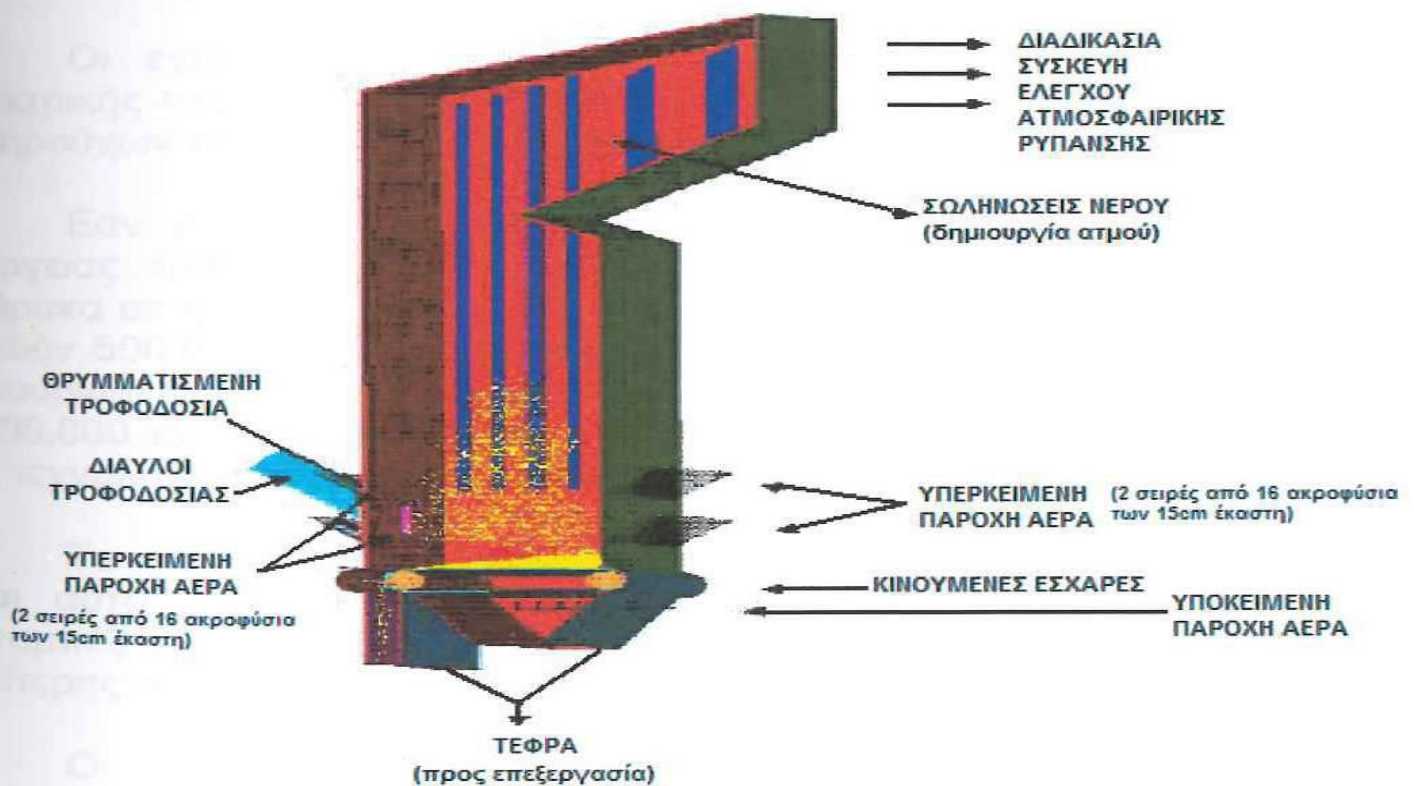
Ο λιγότερο δαπανηρός τρόπος για να καούν τα ΔΣΑ είναι στις εγκαταστάσεις «μαζικής καύσης». Η «μαζική καύση» είναι η κυρίαρχη μέθοδος καύσης των ΔΣΑ παγκοσμίως, αλλά υπάρχουν τεχνολογίες WTE που υποβάλλουν την τροφοδοσία των ΔΣΑ σε προεπεξεργασία. Ο όρος «καύσιμα προερχόμενα από απόβλητα» (Refuse Derived Fuel - RDF) περιγράφει τα ΔΣΑ που έχουν υποστεί προεπεξεργασία για να διαμορφωθεί ένα αρκετά ομοιόμορφο υλικό.

Από την εταιρία Energy Answers Corporation (Albany, Νέα Υόρκη) αναπτύχθηκε τέτοιου είδους τεχνολογία και υλοποιείται στις εγκαταστάσεις SEMASS της εταιρείας American Ref-Fuel. Κατά μέσο όρο παράγονται 720 kWh ηλεκτρικής ενέργειας ανά τόνο ΔΣΑ. Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται στο θάλαμο καύσης είναι υψηλότερες απ' ό,τι στη μαζική καύση και η απορριπτόμενη τέφρα στον πυθμένα ικανοποιεί τα κριτήρια μη-τοξικότητας της E.P.A. και μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μεταξύ άλλων ευεργετικών χρήσεων, και για επίστρωση δρόμων. Επιπρόσθετα, σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα ανακτώνται από αυτήν την τέφρα.

Το διάγραμμα ροής και ο θάλαμος καύσης βασισμένα στην αναφερομένη τεχνολογία φαίνονται στις Εικόνες 1 & 2.



Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής μίας μονάδος SEMASS (900 tn/day)



Εικόνα 2. Θάλαμος καύσης SEMASS



## **(2.2). Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις με την Εφαρμογή WTE**

### **(2.2.1). Εγκαταστάσεις SEMASS**

Τα οφέλη της καύσης στις σύγχρονες εγκαταστάσεις WTE είναι:

- ✓ Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας – η θερμότητα από την καύση χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού, ο οποίος χρησιμοποιείται σε στροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- ✓ Ανάκτηση των σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων

Οι εγκαταστάσεις SEMASS παράγουν ετησίως 70 MW περίπου ηλεκτρικής ενέργειας για πώληση, ενώ επιτυγχάνεται ανάκτηση 36.000 τόνων σιδηρούχων και 5.000 τόνων μη σιδηρούχων μετάλλων.

Εάν η θερμική απόδοση αυτών των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας ήταν η ίδια με τη θερμική απόδοση εγκαταστάσεων καύσης άνθρακα σε λέβητα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα ήταν ισοδύναμη με σχεδόν 500.000 τόνους άνθρακα ετησίως. Με την τωρινή απόδοση τους και λειτουργία τους, αυτές οι εγκαταστάσεις αποφεύγουν την εξόρυξη περίπου 3.000.000 τόνων άνθρακα. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει χώρος για την ανάπτυξη της τεχνολογίας WTE στον 21<sup>ο</sup> αιώνα.

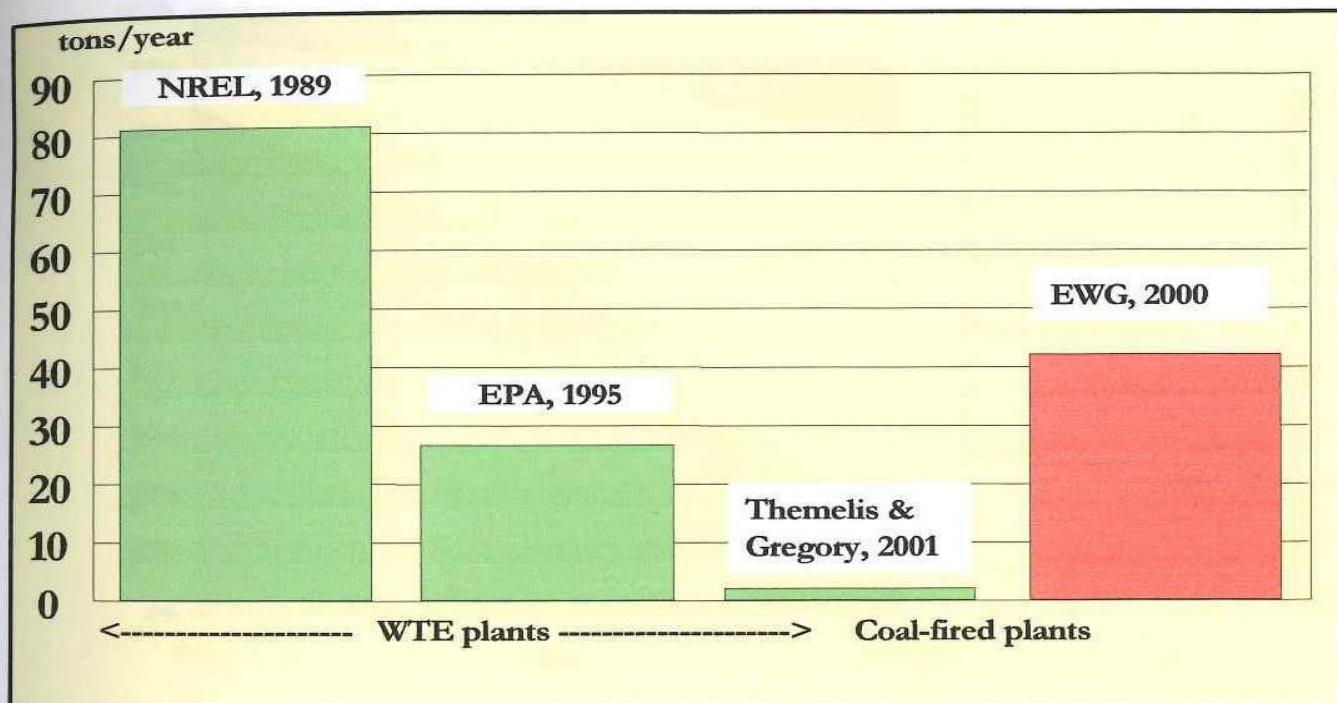
Το πιο εριστικό ζήτημα σχετικά με την ανάκτηση ενέργειας από ΔΣΑ είναι αυτό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα. Τα προηγούμενα έτη, οι εκπομπές του υδραργύρου, του υδροχλωρικού οξέος και των διοξινών ήταν ιδιαίτερης ανησυχίας.

Οι εκπομπές μειώθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα στις σύγχρονες εγκαταστάσεις WTE στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Αυτό επιτεύχθηκε εν μέρει με τη μείωση των προδρόμων στο ρεύμα τροφοδοσίας και εν μέρει από πολύ βελτιωμένα συστήματα ελέγχου αερίων εκπομπών. Τα επίπεδα εκπομπών του SEMASS είναι αρκετά κάτω από τα πρότυπα της Ε.Ρ.Α..

### **(2.2.2). Εκπομπές Υδραργύρου**

Ο υδράργυρος είναι ένας καλός δείκτης της δραματικής μείωσης των εκπομπών WTE κοντά στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα.. Οι εκπομπές υδραργύρου από τις αμερικανικές εγκαταστάσεις WTE το 1999, υπολογίζονται να είναι λιγότερο από 2 τόνους, δηλαδή 13 φορές μικρότερες από τις εκτιμήσεις της E.P.A. το 1995 και σχεδόν σαράντα φορές χαμηλότερες από τις εκπομπές των εγκαταστάσεων WTE το 1989. Αντίθετα, οι εκπομπές υδραργύρου το 2001 από όλες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα των Η.Π.Α., ήταν περίπου 43 μετρικοί τόνοι.

Η μείωση στις εκπομπές υδραργύρου από τις εγκαταστάσεις WTE στις Η.Π.Α. φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 1.



Σχεδιάγραμμα 1. Μείωση των εκπομπών υδραργύρου σε εγκαταστάσεις WTE την τελευταία δεκαετία του 20<sup>ου</sup> αιώνα

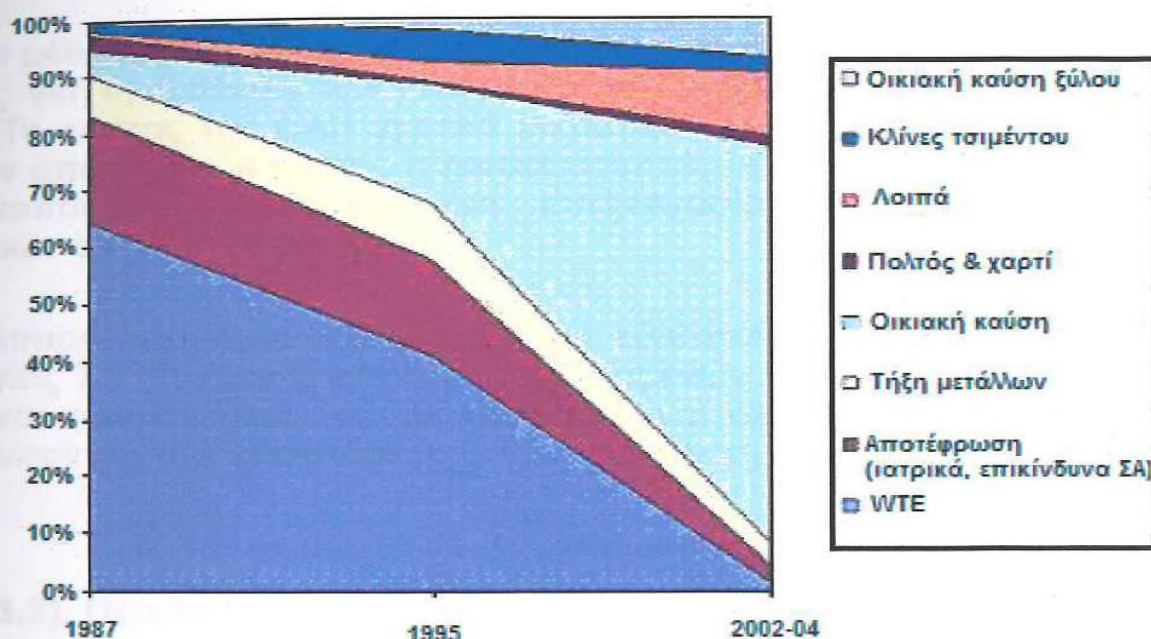
### (2.2.3). Εκπομπές Διοξινών

Η εφαρμογή των κανονισμών της Μέγιστης Διαθέσιμης Τεχνολογίας Ελέγχου (MACT) της U.S.E.P.A. την περίοδο 1990 - 2000 είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών διοξινών από όλες τις πηγές των Η.Π.Α. κατά έναν συντελεστή 10 και των διοξινών από εγκαταστάσεις WTE

κατά έναν συντελεστή 600. Αυτήν την περίοδο, οι συνολικές μετρημένες εκπομπές διοξινών όλων των εγκαταστάσεων WTE των Η.Π.Α. είναι λιγότερες από 15 γραμμάρια τοξικών ισοδύναμων (<15 grams TEQ).

Γενικά, αναφέρεται ότι η εφαρμογή του ξηρού καθαρισμού, η έγχυση ενεργοποιημένου άνθρακα και τα φίλτρα ινώδους δομής στις εγκαταστάσεις WTE, έχουν βοηθήσει στη μείωση τόσο των εκπομπών πτητικών ουσιών όσο και των εκπομπών βαρέων μετάλλων και διοξινών.

Ο τρόπος με τον οποίο οι εκπομπές διοξινών στις εγκαταστάσεις WTE στις Η.Π.Α. έχουν γίνει μια πολύ μικρή πηγή διοξινών φαίνονται από τα στοιχεία της Ε.Ρ.Α. που δίνονται στο Σχεδιάγραμμα 2.



Σχεδιάγραμμα 2. Μείωση των εκπομπών διοξινών από WTE και άλλες πηγές στις Η.Π.Α. μετά την εφαρμογή των κανονισμών MACT

### (3). Υγειονομική Ταφή (ΧΥΤΑ)

#### (3.1). Εισαγωγικά Στοιχεία

Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων θεωρείται μέχρι σήμερα μία αρκετά οικονομική και αποδοτική μέθοδος για τη διάθεση των απορριμμάτων



στους ΧΥΤΑ. Η εύρεση της καταλλήλου εκτάσεως και η εκπλήρωση των περιβαλλοντικών και άλλων παραμέτρων, με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στη γύρω περιοχή, αποτελούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την κοινωνική αποδοχή ενός ΧΥΤΑ. Η τελική αποκατάσταση για μια κατάλληλη χρήση και η ένταξη στο τοπίο και τον περιβάλλοντα χώρο, αποτελούν κύριες επιδιώξεις, που βοηθούν στην προώθηση της αρχής της αειφόρου διαχείρισης των απορριμμάτων και έχουν ιδιαίτερη βαρύτητα για το περιβάλλον που κληρονομείται στις μελλοντικές γενεές.

Η μέθοδος της υγειονομικής ταφής θεωρείται μία πρακτική και χρήσιμη μέθοδος για τη διάθεση των απορριμμάτων ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το κόστος της είναι σχετικά μικρότερο, συγκρινόμενο με αυτό άλλων μεθόδων όπως είναι η καύση, η λιπασματοποίηση, η πυρόλυση, η υδρόλυση, η μεθανοποίηση, η ολοκληρωμένη επεξεργασία (παραγωγή καυσίμου και ζυμωσίμων οργανικών ουσιών).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εξεύρεση ενδεδειγμένων εκτάσεων λειτουργίας ΧΥΤΑ είναι η εκπλήρωση ορισμένων κριτηρίων καταλληλότητας, καθώς και των σχετικών περιβαλλοντικών και άλλων παραμέτρων, για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στη γύρω περιοχή.

### **(3.2). Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις με την Εφαρμογή ΧΥΤΑ**

Τα οφέλη των σύγχρονων ΧΥΤΑ περιλαμβάνουν τη συλλογή μεθανίου από βιοαέριο και τη συλλογή και την επεξεργασία διαλυμάτων προϊόντων διήθησης. Το αναφερόμενο συνολικό ποσό αερίου αμερικανικών ΧΥΤΑ που συλλέγεται ετησίως είναι 8,1 δισεκατομμύρια Nm<sup>3</sup>. Σε μία υποτιθέμενη περιεκτικότητα 54% CH<sub>4</sub>, το μεθάνιο που έχει συλλεχθεί υπολογίζεται στα 4,3 δισεκατομμύρια Nm<sup>3</sup>.

#### **(3.2.1). Μόλυνση Παρακείμενων Υδάτων**

Κατά τη διάρκεια της ζωής των σύγχρονων ΧΥΤΑ και για μια απαιτούμενη περίοδο μετά από αυτήν, τα υγρά απόβλητα αποχέτευσης συλλέγονται και υπόκεινται σε χημική επεξεργασία.

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα στους ΧΥΤΑ μπορούν να συνεχιστούν για δεκαετίες, ή ακόμα και για αιώνες, μετά από το κλείσιμό τους. Ο κίνδυνος τέτοιων «κρυμμένων» εκπομπών είναι μεγάλος, επειδή η πυκνότητα των υλικών που καταλήγουν σε υγειονομική ταφή αυξάνει με το χρόνο, καθώς το υλικό συμπιέζεται και το έδαφος υποχωρεί.

Οι σύγχρονοι αμερικανικοί ΧΥΤΑ προσπαθούν να συλλέξουν το βιοαέριο που παράγεται κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Παρ' όλα αυτά, ο αριθμός φρεατίων αερίου που παρέχεται είναι περιορισμένος, με αποτέλεσμα μόνο ένα μέρος του βιοαερίου να συλλέγεται.

### **(3.2.2). Εκπομπές μεθανίου στην ατμόσφαιρα**

Η αναερόβια αποσύνθεση των ΔΣΑ στους ΧΥΤΑ οδηγεί στην παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Το αέριο που παράγεται από αυτήν την αντίδραση αποτελείται από σχεδόν 54 % μεθάνιο και 46% διοξείδιο του άνθρακα. Το μεθάνιο που παράγεται από τα ΔΣΑ στους ΧΥΤΑ των Η.Π.Α. ανέρχεται σε 7,2 δισεκατομμύρια Nm<sup>3</sup> ετησίως. Δεδομένου ότι μόνο 4,3 δισεκατομμύρια Nm<sup>3</sup> του μεθανίου συλλέγονται πραγματικά στους ΧΥΤΑ, 2,9 δισεκατομμύρια Nm<sup>3</sup> πρέπει να εκπεμφθούν στην ατμόσφαιρα.

Η μετατροπή αυτού του όγκου αερίου σε τόνους άνθρακα (1,55 εκατομμύρια τόνοι), και λαμβάνοντας υπόψη ότι η συνεισφορά του μεθανίου στο φαινόμενο του Θερμοκηπίου (Global Warming Potential - GWP) κατά τη διάρκεια ενός χρονικού πλαισίου 100 ετών είναι 23 φορές μεγαλύτερη αυτής του διοξειδίου του άνθρακα, η απώλεια μεθανίου από τους ΧΥΤΑ στην ατμόσφαιρα αντιστοιχεί σε 35,7 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου άνθρακα, δηλαδή περίπου 2% των ανθρωπογενών εκπομπών του άνθρακα των Η.Π.Α..

Οι συνολικές εκπομπές άνθρακα από τους ΧΥΤΑ είναι ίσες με 35,7 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου άνθρακα, συν 3,29 εκατομμύρια άνθρακα υπό μορφή CO<sub>2</sub> στη συνολική ροή βιοαερίου συν 2,3 εκατομμύρια τόνους άνθρακα από την καύση του μεθανίου που έχει συλλεχθεί. Συνεπώς, οι συνολικές εκπομπές άνθρακα από τους ΧΥΤΑ των Η.Π.Α. είναι 41,3 εκατομμύρια τόνοι ετησίως.

### **(3.2.3). Εκπομπές Υδραργύρου**



Στους αμερικανικούς ΧΥΤΑ οι εκπομπές υδραργύρου φθάνουν τους 115 τόνους (περίπου 25% της παρούσας κατανάλωσης υδραργύρου στις Η.Π.Α.). Ένα σημαντικό ζήτημα είναι η κινητικότητα αυτού του υδραργύρου.

Θεωρώντας ότι αρκετός υδράργυρος που περιέχεται στα ΔΣΑ βρίσκεται σε μεταλλική μορφή (λαμπτήρες φθορίου, θερμομέτρα) και ότι η πίεση ατμών του υδραργύρου στις θερμοκρασίες των ΧΥΤΑ (40°C) είναι 0,007 mmHg, σε σύγκριση με την πίεση ατμών του νερού (5,67 mmHg σε 40°C), μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι εάν ένα σταγονίδιο νερού εξατμίζεται σε μία ώρα, ένα σταγονίδιο υδραργύρου του ίδιου μεγέθους θα εξατμιστεί σε 810 ώρες (4 εβδομάδες).

Επιπλέον, οι συνθήκες σε ΧΥΤΑ με ΔΣΑ (θερμοκρασία, υγρασία, μειωμένη ατμόσφαιρα) είναι ευνοϊκές για την υγρή κινητικότητα του υδραργύρου (για παράδειγμα υπό μορφή μεθυλικού υδραργύρου). Εντούτοις, και οι δύο αυτές εκπομπές αντιπροσωπεύουν τις πηγές της περιοχής, επομένως δεν είναι εύκολο να μετρηθούν.

### **(3.2.4). Χρήση Εδάφους για την Υγειονομική Ταφή**

Η χρήση αγρών και ορεινών περιοχών για την υγειονομική ταφή καυσίμων υλικών αποτελεί κοινή πρακτική στις Η.Π.Α., επειδή αποτελούν πιο οικονομική πρακτική από τις εγκαταστάσεις WTE. Παρ' όλα αυτά, δεν αντιπροσωπεύει μία βιώσιμη χρήση του εδάφους επειδή μετά το κλείσιμο του ΧΥΤΑ, δεν είναι εύκολη η αποκατάσταση της περιοχής.

Βάσει του σύγχρονου σχεδιασμού ΧΥΤΑ, έχει υπολογισθεί ότι ένα στρέμμα έκτασης (0,4 εκτάρια) χρησιμοποιείται για την ταφή 30.000 τόνων ΔΣΑ. Λαμβάνοντας υπόψη τον παρόντα ρυθμό υγειονομικής ταφής στις Η.Π.Α., η αντίστοιχη άμεση χρήση του εδάφους είναι 3.800 στρέμματα (1.500 εκτάρια). Φυσικά, ανάλογα και με το μέγεθος των ΧΥΤΑ, αυξάνει η έκταση του περιβάλλοντος χώρου που κρίνεται ακατάλληλη για τους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα.

### **(4). Συμπεράσματα**

Μία σύγχρονη μονάδα WTE παράγει καθαρά 610 kWh ανά μετρικό τόνο ΔΣΑ και μειώνει έτσι την εξάρτηση από την εξόρυξη άνθρακα ή τις εισαγωγές πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα:

✓ Αυτή τη στιγμή, 30 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι ΔΣΑ καίγονται ετησίως στις αμερικανικές εγκαταστάσεις, παράγοντας έτσι 20 δισεκατομμύρια kWh.

Αυτό είναι ισοδύναμο με μία αποταμίευση σχεδόν 40 εκατομμυρίων βαρελιών πετρελαίου σε ετήσια βάση.

✓ Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις WTE μπορούν να ανακτήσουν τα περισσότερα από τα σιδηρούχα μέταλλα που περιέχονται στα ΔΣΑ, όπως και μερικά από τα μη σιδηρούχα μέταλλα.

✓ Οι αμερικανικές εγκαταστάσεις WTE εκπέμπουν λιγότερους από δύο τόνους υδραργύρου και 15 γραμμάρια TEQ διοξινών και φουρανίων ετησίως. Οι εκπομπές έχουν μειωθεί δραστικά την τελευταία δεκαετία λόγω της εγκατάστασης συστημάτων ελέγχου αερίων ρύπων, τα οποία υπερτερούν έναντι των αντίστοιχων συστημάτων ελέγχου στις περισσότερες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα.

✓ Ένα κατ' εκτίμηση ποσοστό 60% του αερίου μεθανίου που παράγεται στους ΧΥΤΑ συλλέγεται και χρησιμοποιείται ως καύσιμο ή φλέγεται. Το μεθάνιο είναι 23 φορές πιο ισχυρό ως αέριο θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα. Συνολικά, οι εκπομπές αερίου θερμοκηπίου από τους ΧΥΤΑ των Η.Π.Α. είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερες από εκείνες των εγκαταστάσεων WTE και αυτό χωρίς να περιλαμβάνεται το όφελος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

✓ Κατ' εκτίμηση 2.350 τόνοι των χλωριωμένων και άλλων πτητικών οργανικών ουσιών, καθώς επίσης και σχεδόν 80.000 τόνοι σουλφιδίων, μερκαπτάνων και αμμωνίας, εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα.

✓ Περίπου 115 τόνοι υδραργύρου αποβάλλονται ετησίως στους ΧΥΤΑ των Η.Π.Α. και έχει καταδειχθεί ότι ο μεταλλικός υδράργυρος που εκτίθεται στην ατμόσφαιρα θα εξατμιστεί, ενώ η θερμοκρασία, η υγρασία και η παρουσία μειωμένων οργανικών υλικών στους ΧΥΤΑ παρέχουν ευνοϊκές συνθήκες για την κινητικότητα του υδραργύρου.

✓ Οι εκπομπές των ΧΥΤΑ, με εξαίρεση τις ροές βιοαερίων μέσω των φρεατίων αερίου, είναι πηγές περιοχής και επομένως πολύ δύσκολα μετρώνται.

✓ Ακόμη και αν επιτραπεί η συλλογή και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που παράγονται από τους ΧΥΤΑ, οι αντιδράσεις μέσα σε τέτοιες περιοχές μπορούν να συνεχιστούν για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα μετά από το κλείσιμο των ΧΥΤΑ, με την πιθανότητα μελλοντικής μόλυνσης των παρακείμενων υδάτων και ουσιαστικά, την αποτροπή της περαιτέρω χρήσης της περιοχής που βρίσκονται οι ΧΥΤΑ.

✓ Η υγειονομική ταφή πρέπει να περιοριστεί στη διάθεση των μη ανακυκλώσιμων και μη αναφλέξιμων υλικών. Φυσικά, αυτός είναι και ο τελικός στόχος των Οδηγιών για Υγειονομική Ταφή (Landfill Directive) της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ



#### **(1). Εισαγωγή**

Στις τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας των Στερεών Αποβλήτων (ΣΑ) περιλαμβάνονται κατά κύριο λόγο η καύση και, δευτερευόντως, η πυρόλυση και η αεριοποίηση, ενώ νέες μέθοδοι ή τροποποιήσεις αυτών δοκιμάζονται και αναπτύσσονται συνεχώς. Κυρίαρχη θέση μεταξύ τους κατέχει η καύση των ΑΣΑ με πολύ μεγαλύτερα ποσοστά εφαρμογής από τις υπόλοιπες εναλλακτικές τεχνολογίες.

Οι τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας και κυρίως η καύση όσον αφορά τα σύμμεικτα Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ), είναι μία δοκιμασμένη μέθοδος διεθνώς, με μακρόχρονη παρουσία σε πολλές χώρες, με αξιόπιστα αποτελέσματα και με διαρκή τεχνολογική εξέλιξη.

Σήμερα οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας κατέχουν τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και παγκοσμίως τη δεύτερη θέση στη διάθεση των ΑΣΑ μετά την υγειονομική ταφή, ενώ σε ορισμένες χώρες εμφανίζονται ως η κυρίαρχη τεχνολογία.

Σε ολόκληρο τον κόσμο, διατίθενται με τη μέθοδο της θερμικής επεξεργασίας περίπου 130 εκατομμύρια τόνοι ΑΣΑ ετησίως σε περισσότερες από 600 εγκαταστάσεις. Από το 1995 η συνολικά παγκόσμια δυναμικότητα των μονάδων θερμικής επεξεργασίας αυξήθηκε κατά 16 εκατομμύρια τόνους ΑΣΑ. Εγκαταστάσεις Θερμικής Επεξεργασίας υπάρχουν σε 35 χώρες στον κόσμο, από πολύ μεγάλες (Κίνα) έως πολύ μικρές (Βερμούδες).

Το 2002 σε ολόκληρη την Ευρώπη, η συνολική δυναμικότητα υπερέβαινε τα 50 εκατομμύρια τόνους και η παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ήταν περίπου 44 εκατομμύρια GJ και 150 εκατομμύρια GJ αντίστοιχα.

Σε αντίθεση με την Ευρώπη, στις Η.Π.Α. γίνεται πολύ περιορισμένη θερμική αξιοποίηση του ατμού από τις γεννήτριες, είτε πρόκειται για οικιακή είτε για βιομηχανική χρήση.

Σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης η καύση είναι η κυρίαρχη τεχνολογία, ενώ σε πολλές έχει σημαίνουσα θέση, σε ορισμένες όμως άλλες χώρες η εφαρμογή της είναι πολύ περιορισμένη, ενώ στην Ελλάδα απουσιάζει πλήρως. Στις Η.Π.Α. το ποσοστό των διατιθεμένων ΑΣΑ με μεθόδους Θερμικής Επεξεργασίας ανέρχεται στο 23%.

Αν προσεγγίσουμε προσεκτικότερα τα στοιχεία που αφορούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, θα διαπιστώσουμε τα ακόλουθα:

➤ Στα τέλη του 2000 υπήρχαν 304 μονάδες αποτέφρωσης σε 18 Ευρωπαϊκές χώρες από τις οποίες οι 269 ήταν σε κράτη μέλη της τότε Ευρωπαϊκής Ένωσης.

➤ Σχεδόν σε όλες (96%) γίνεται ανάκτηση ενέργειας από τα απορρίμματα.

➤ Αυτές οι μονάδες ποικίλουν σε μέγεθος και κατά μέσο όρο έχουν δυνατότητα επεξεργασίας 177.000 τόνων απορριμμάτων το χρόνο (στη Δυτική Ευρώπη).

➤ Στη Νορβηγία ο μέσος όρος είναι μόλις 83.000 τόνοι απορριμμάτων ανά έτος σε 5 μονάδες θερμικής επεξεργασίας, σε αντίθεση με την Ολλανδία όπου 11 μονάδες παρουσιάζουν μέσο όρο 488.000 τόνους απορριμμάτων ανά έτος.



➤ Η συνολική δυνατότητα θερμικής κατεργασίας των απορριμμάτων στην Ευρώπη είναι 50,2 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο οικιακών και συναφών αποβλήτων, εκ των οποίων τα 47,3 εκατομμύρια τόνοι επεξεργάζονται σε κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Τα στατιστικά αυτά στοιχεία βασίζονται σε μονάδες κατεργασίας δημοτικών στερεών αποβλήτων με δυνατότητα επεξεργασίας άνω των 30.000 τόνων τον χρόνο.

Από το 1993 έχει μειωθεί ο αριθμός των μονάδων αποτέφρωσης, καθώς πολλές μικρές μονάδες αντικαταστάθηκαν από λιγότερες σε αριθμό, αλλά μεγαλύτερες σε ισχύ μονάδες. Αυτές οι σύγχρονες μονάδες επιτυγχάνουν καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις, συνδυάζοντας υψηλή ενεργειακή απόδοση και χαμηλό λειτουργικό κόστος. Από τις μονάδες που κατασκευάστηκαν τα τελευταία έτη (1995-2000), το 30% αποτελούν μονάδες που αντικατέστησαν παλαιότερες που υπήρχαν στην ίδια ή σε γειτονική περιοχή.

Ο αριθμός των εν ενεργεία μονάδων θερμικής επεξεργασίας μειώθηκε αισθητά από 415 το 1993 σε 275 το 1997, ενώ στα τέλη του 2000 ανερχόταν σε 304 μονάδες. Μερικές από τις μονάδες έκλεισαν, διότι είχαν ολοκληρώσει τον κύκλο λειτουργίας τους, ενώ οι περισσότερες αναγκάστηκαν να τερματίσουν τη λειτουργία τους εξαιτίας των αυστηρότατων ορίων εκπομπών ρύπων που θεσπίστηκαν με την Ευρωπαϊκή Οδηγία του 1996 σχετικά με την αποτέφρωση απορριμμάτων. Για τις μονάδες αυτές, με τεχνοοικονομικά κριτήρια αποφασίστηκε να μην επενδύσουν σε νέες τεχνολογίες, ώστε να πληρούν τις νέες ευρωπαϊκές προδιαγραφές (οικονομικά ασύμφορο).

Από την άλλη μεριά, οι σύγχρονες μονάδες θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων ικανοποιούν την Ευρωπαϊκή Οδηγία για ανάκτηση ενέργειας και την τάση προς μεγαλύτερες μονάδες, με σημαντική μείωση του λειτουργικού κόστους. Επίσης, επωφελούνται από τη διαθέσιμη τεχνογνωσία και επιτυγχάνουν υψηλές αποδόσεις και χαμηλότερες εκπομπές ρύπων.

Οι μονάδες που κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του 1980 μπορούσαν να ανακτήσουν μόλις 100 GWh ανά μονάδα και ανά έτος. Τη δεκαετία του 1990 αυξήθηκε σε 200 GWh και τώρα ανέρχεται σε 400 GWh ανά μονάδα και ανά έτος. Με την πάροδο των χρόνων έχει αυξηθεί και η ικανότητα επεξεργασίας των μονάδων από 125.000 τόνους απορριμμάτων το έτος (για μονάδες που κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του 1980) σε 225.000 τόνους.

Η μεγαλύτερη μονάδα θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων είναι η "AVR" και βρίσκεται στην Ολλανδία. Η μονάδα έχει δυνατότητα κατεργασίας 1,5 εκατομμυρίων τόνων ΑΣΑ ετησίως και παραγωγή 500 GWh ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση. Μεγάλες μονάδες υπάρχουν επίσης στη Γερμανία



και τη Γαλλία, με δυνατότητα καύσης έως και 750.000 τόνους ΑΣΑ ετησίως, όμως πέρα από αυτές, οι υπόλοιπες μονάδες είναι σημαντικά χαμηλότερης δυναμικότητας.

Το μέγεθος μίας μονάδας έχει σημαντική επίδραση στο κόστος λειτουργίας της. Βέβαια, υπάρχουν και ποικίλοι παράγοντες που επηρεάζουν το λειτουργικό κόστος. Το κόστος επεξεργασίας κυμαίνεται από € 25-30 στη Γαλλία μέχρι και €160 στη Γερμανία. Πάντως, ένα μέσο κόστος επεξεργασίας υπολογίζεται σε 30-100 €/tn ΑΣΑ.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (πριν τη διεύρυνση) επιτυγχάνεται ανάκτηση ενέργειας 44,4 TWh, ενώ η συνολική δυναμικότητα από την εκμετάλλευση όλων των μονάδων ανέρχεται σε 49,6 TWh ετησίως (2002).

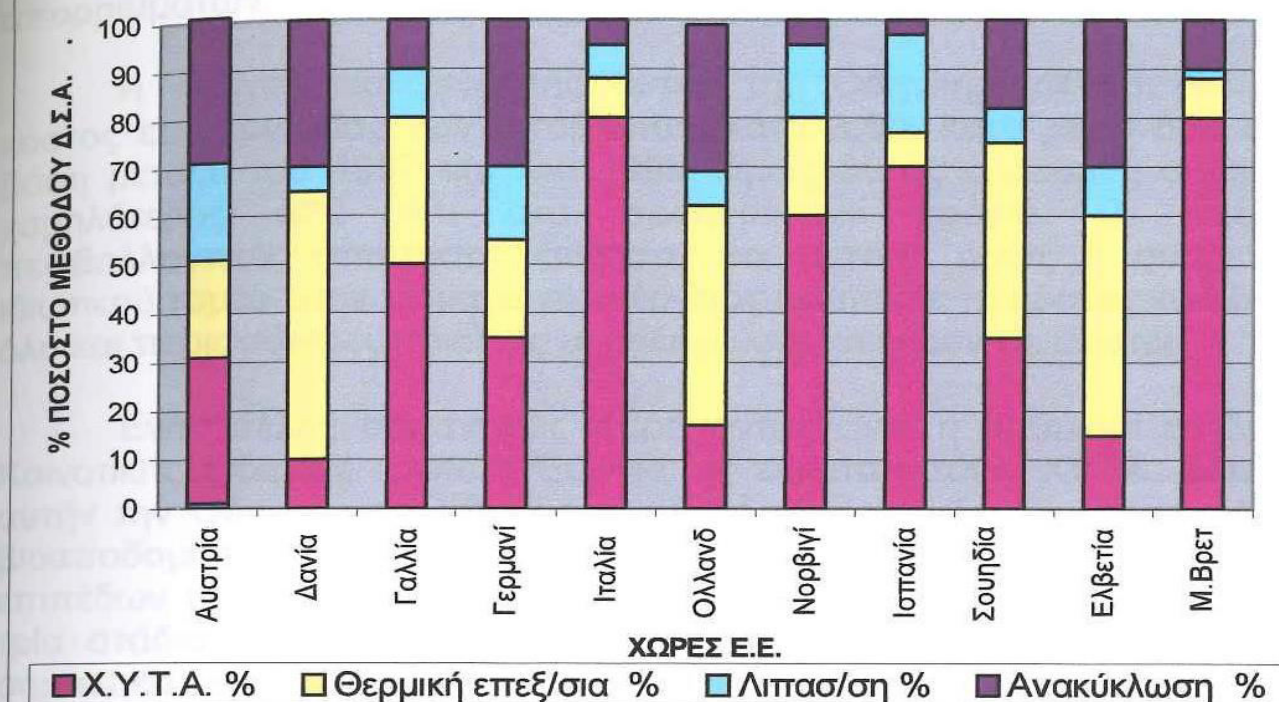
Το είδος της παραγόμενης ενέργειας διαφέρει από χώρα σε χώρα και εξαρτάται από την τοπική ζήτηση και τις διαθέσιμες τεχνολογίες. Συνολικά, περίπου το 70% χρησιμοποιείται για κεντρική θέρμανση και το υπόλοιπο 30% για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά προσέγγιση, αυτό είναι ίσο με τη συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας της Ελβετίας και είναι φανερό πόσο σημαντική είναι η συνεισφορά της ενέργειας που ανακτάται από τη θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ευρώπης. Η ενέργεια που ανακτάται ανά κάτοικο είναι υψηλότερη σε Δανία, Σουηδία και Ελβετία και χαμηλότερη σε Ισπανία, Ιταλία, Αγγλία και Φινλανδία.

Το συνολικό ενεργειακό δυναμικό των μονάδων αποτέφρωσης στην Ευρώπη είναι 8.800 MW. Η μέση ενεργειακή απόδοση κάθε μονάδας είναι 15,3 MW/tn και η μέση παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ετησίως είναι 61 GWh. Όπως αναμενόταν, κράτη όπως η Γερμανία (84 μονάδες) και η Γαλλία (56 μονάδες) έχουν σημαντικά υψηλότερα ποσά παραγόμενης ενέργειας από μονάδες θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων συγκριτικά με άλλα Ευρωπαϊκά κράτη (για παράδειγμα, Αυστρία με 4 και Πορτογαλία με 2 μονάδες), λόγω του μεγάλου αριθμού τέτοιων μονάδων που λειτουργούν. Παρ' όλα αυτά, εάν ανάγουμε τα ποσά ενέργειας ανά κάτοικο παρατηρούμε ότι στη Δανία σε κάθε κάτοικο αντιστοιχούν ετησίως 1.000 kWh, στη Σουηδία 600 kWh και στην Ελβετία 500 kWh. Στις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες αντιστοιχούν λιγότερο από 200 kWh ανά κάτοικο ετησίως.

Αν και οι περισσότερες μονάδες αποτέφρωσης λειτουργούν κοντά στο μέγιστο της απόδοσής τους, η διάθεση απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ εξακολουθεί να κυριαρχεί. Τόσο στην Αγγλία όσο και στην Ιταλία, το 80% των δημοτικών στερεών αποβλήτων καταλήγει σε ΧΥΤΑ σε αντίθεση με κράτη όπως Δανία, Ολλανδία και Ελβετία όπου το ποσοστό αυτό είναι κάτω από 10%.

Οι μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων σε 11 ευρωπαϊκές χώρες (2002) φαίνονται στο Σχεδιάγραμμα 1.

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ



Σχεδιάγραμμα 1. Μέθοδοι επεξεργασίας αποβλήτων σε 11 ευρωπαϊκές χώρες (2002)

### (2). Τάσεις & Στρατηγικές Κατευθύνσεις

Υπάρχει συγκεκριμένη τάση προς μεγαλύτερες και πιο οικονομικές μονάδες, οι οποίες επιτυγχάνουν καλύτερες περιβαλλοντικές επιδόσεις, βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Υπάρχουν αρκετοί λόγοι που συνηγορούν προς αυτήν την κατεύθυνση, όπως η επίδραση της τεχνολογίας και οι αυστηρές νομικές και κανονιστικές απαιτήσεις που θα πρέπει να πληρούν παράλληλα με την αυξημένη κοινωνική ευαισθησία σε θέματα υγιεινής και περιβάλλοντος.

Εντούτοις, με άμεση επένδυση στις νέες τεχνολογίες οι ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις αλλά και οι εγκαταστάσεις που πρόκειται να κατασκευαστούν στο μέλλον θα μπορούν να πληρούν τα κριτήρια της κοινοτικής ντιρεκτίβας (2000/76/EC) σχετικά με την αποτέφρωση απορριμμάτων.

Η ανάγκη ικανοποίησης αυτής της Οδηγίας επέφερε αύξηση στο κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων κατά 3,5% κατά μέσο όρο σε ετήσια βάση μεταξύ του 1997 και του 1999, όμως αυτός ο ρυθμός αύξησης ήταν χαμηλότερος από ό,τι στα προηγούμενα χρόνια. Οι αυξανόμενες περιβαλλοντικές απαιτήσεις αύξησαν το κόστος, όμως η συμμετοχή του ιδιωτικού τομέα στην παραγωγή ενέργειας συμπύεσε το κόστος καθώς σήμερα όλο και περισσότερες μονάδες αποτέφρωσης ανήκουν σε ιδιώτες.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η βαθμιαία επίδραση της Κοινοτικής Οδηγίας 1999/31/EC για τις εγκαταστάσεις ΧΥΤΑ. Σύμφωνα με αυτήν την Οδηγία, τα κράτη μέλη οφείλουν να μειώσουν την ποσότητα των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ στο 35% των επιπέδων του 1995. Η μείωση θα ολοκληρωθεί σε 15 έτη, εφαρμοζόμενη σε τρία στάδια. Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά σε αυτόν τον στόχο. Η χρήση της αποτέφρωσης ως μεθόδου επεξεργασίας των απορριμμάτων αναμένεται να αυξηθεί μελλοντικά και να αποτελέσει μία από τις κύριες πηγές ανάκτησης ενέργειας.

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που δύναται να επηρεάσουν τον τομέα της ανάκτησης ενέργειας από τα απόβλητα. Από τους πλέον σημαντικούς είναι η απαίτηση μεγαλύτερης ικανότητας επεξεργασίας για ανεπεξέργαστα απόβλητα. Επίσης, έχουν επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις στην τεχνολογία καύσης που βρίσκονται σε προηγμένο στάδιο έρευνας και αναμένεται να αυξήσουν την απόδοση της διεργασίας και να μειώσουν τις απαιτήσεις σε δαπανηρές διατάξεις καταστολής ρυπαντών.

Υπάρχει η τάση για ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων όπου, εκτός από την παραγωγή ενέργειας, θα γίνεται διαχωρισμός σε μέταλλα που περιέχουν σίδηρο ή όχι, καθώς και χρήση της τέφρας σε ποικίλες κατασκευαστικές εφαρμογές.

Υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για καινοτομικές διεργασίες θερμικής επεξεργασίας των αποβλήτων. Επίσης αντί της αποτέφρωσης έχουν προταθεί διάφοροι εναλλακτικοί τρόποι, οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια εξέλιξης και ειδικότερα υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον τόσο για την μέθοδο πυρόλυσης όσο και την μέθοδο αεριοποίησης του απόβλητου.

Η ενέργεια από την αποτέφρωση των αποβλήτων έχει σημαντική συνεισφορά στη μείωση του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>. Ένας αριθμός παραγόντων την καθιστούν πιο ελκυστική από την παραγωγή ενέργειας μέσω καύσης φυσικού καυσίμου.

Ο πρώτος παράγοντας είναι ότι τα κατάλληλα επιλεγμένα απόβλητα έχουν υψηλή θερμική αξία. Για παράδειγμα, μίγμα αποβλήτων από πλαστικά έχει συγκρίσιμη θερμική αξία με τον άνθρακα, όμως παράγει 29% λιγότερο CO<sub>2</sub> από ό,τι η καύση του άνθρακα.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι ότι η ενέργεια που παράγεται από τα απόβλητα αποτρέπει την καύση φυσικού καυσίμου και μειώνει την εξάρτηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης από ξένους παροχείς ενέργειας. Εκτιμάται ότι αρκεί η θερμική επεξεργασία μόλις του 10% των δημοτικών αποβλήτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για να καλυφθεί το 5% από τις ενεργειακές της ανάγκες και να έχει αποθεματικό 14 εκατομμύρια τόνους πετρέλαιο το χρόνο.

Η ενέργεια που ανακτάται από τη θερμική επεξεργασία των αποβλήτων μειώνει τις εκπομπές των ρύπων που συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με δύο τρόπους:

- Αποτρέπει την εκπομπή μεθανίου και άλλων αέριων ρύπων από τους ΧΥΤΑ.
- Παράγει λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με άλλα παραδοσιακά καύσιμα.

Μία ανάλυση των ισοδυνάμων εκπομπών CO<sub>2</sub> ανά kWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας έδειξε ότι το συνολικό θερμικό ενεργειακό δυναμικό από τα απόβλητα είναι χαμηλότερο από ό,τι του άνθρακα, του πετρελαίου ακόμη και του φυσικού αερίου.

Τέλος, η ενέργεια που προέρχεται από επεξεργασία δημοτικών στερεών απορριμμάτων συνεισφέρει ήδη κατά 3% στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιπρόσθετα, οι συνολικές εκπομπές ρύπων από τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων, οι οποίες πληρούν τα πλέον αυστηρά περιβαλλοντικά κριτήρια, είναι συγκρίσιμες με αυτές των πλέον καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών.



### **(3). Συμπεράσματα**

Η τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας συνοδεύονται από σημαντικά πλεονεκτήματα κατά την εφαρμογή τους στη Διαχείριση των Στερεών Απορριμμάτων (ΔΣΑ). Τα μειονεκτήματά τους εστιάζονται κυρίως στις οικονομικές παραμέτρους και όχι στις περιβαλλοντικές.

Υπάρχει αυξητική τάση διεθνώς στην εφαρμογή τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας. Προς το παρόν, όσον αφορά τα σύμμεικτα ΑΣΑ, η καύση (αποτέφρωση) φαίνεται πολύ αξιόπιστη μέθοδος, ενώ η πυρόλυση και η αεριοποίηση εμφανίζουν ευαισθησία εφαρμογής. Η πυρόλυση και η αεριοποίηση έχουν πολύ αξιόπιστα αποτελέσματα σε επιλεγμένα κλάσματα των ΑΣΑ. Στις περιπτώσεις αυτές, συνοδεύονται από περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα έναντι της καύσης.

Η εφαρμογή της καύσης είναι προβληματική οικονομικά για μικρές οικιστικές ενότητες (ελάχιστο όριο κατοίκων 80.000 έως 100.000), ενώ ως προς αυτό η πυρόλυση και αεριοποίηση εμφανίζουν πλεονέκτημα.

Επίσης, είναι υπό διερεύνηση η επίδραση εκτεταμένων προγραμμάτων ανακύκλωσης υλικών στη λειτουργία των μονάδων θερμικής επεξεργασίας. Τα έως τώρα αποτελέσματα από χώρες του εξωτερικού, δε δείχνουν να προκύπτει πρόβλημα, ούτε φαίνεται πιθανό να υπάρξει.

Μία σύγχρονη τάση είναι, όχι η αντιπαράθεση των εναλλακτικών μεθόδων ΔΣΑ, αλλά ο συνδυασμός τους. Έτσι, αντί της καύσης σύμμεικτων απορριμμάτων (mass burn) είναι συνήθης πλέον στην Ευρώπη η συνύπαρξη Εγκαταστάσεων Ανακύκλωσης με καύση των υπολειμμάτων ή καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση του RDF. Ακόμη βρίσκει εφαρμογή η κομποστοποίηση με καύση του παραγόμενου compost ή του σύμμεικτου κλάσματος compost και λοιπών ΣΑ.

Γίνονται συνέχεια ερευνητικές προσπάθειες και αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας ή παραλλαγές και βελτιώσεις αυτών. Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας μπορούν να διαδραματίσουν σημαίνοντα ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο.





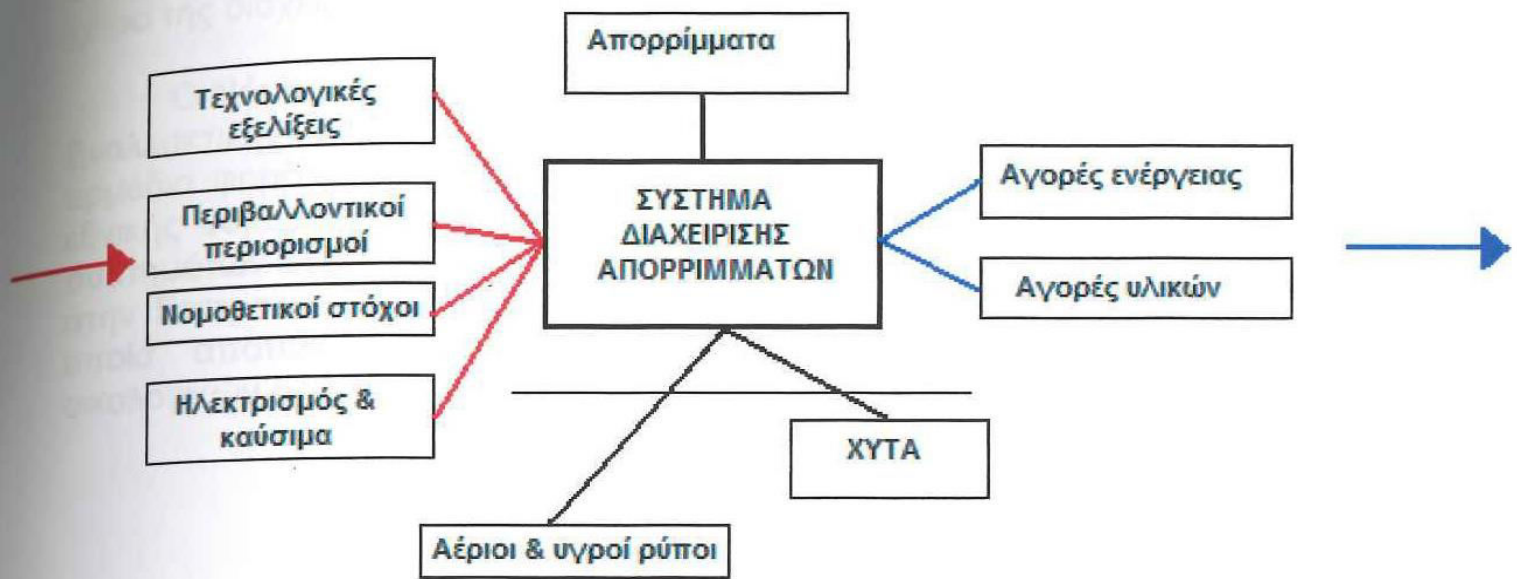
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ & Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

### **(1). Εισαγωγή**

Η διαχείριση των απορριμμάτων έχει προαχθεί σήμερα στις πρώτες θέσεις της ατζέντας για το περιβάλλον, καθώς οι δραστηριότητες και το ενδιαφέρον κυβερνήσεων και πολιτών σε ολόκληρο τον κόσμο έχουν φθάσει σε επίπεδα άνευ προηγουμένου. Η Διαχείριση Αποβλήτων (ΔΑ), τόσο σε περιφερειακό όσο και σε τοπικό επίπεδο, περιλαμβάνει προβλήματα σχεδιασμού εντελώς διαφορετικά από αυτά του απώτερου αλλά και του σχετικά πρόσφατου παρελθόντος.

Η αυξανόμενη συνειδητοποίηση για τα περιβαλλοντικά προβλήματα, έχει αναγκάσει τις εθνικές κυβερνήσεις αλλά και τις τοπικές αρχές στην αναζήτηση καινούριων τεχνικών και οργανωτικών λύσεων για μελλοντικά συστήματα ΔΑ. Τα παρόντα προβλήματα της Διαχείρισης Απορριμμάτων έχουν οξυνθεί σε πολλές περιοχές, καθώς οι υπάρχοντες χώροι υγειονομικής απόθεσης (ΧΥΤΑ) γεμίζουν με ταχείς ρυθμούς, ενώ οι Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας (ΜΘΕ) – όπου αυτές υφίστανται – είτε χρησιμοποιούνται στο όριο της δυναμικότητάς τους, είτε αντιμετωπίζουν προβλήματα τροφοδοσίας και αποδοχής από τους πολίτες.

Οι πολιτικές και κοινωνικές αντιδράσεις έχουν καταστήσει σχεδόν αδύνατη την εξασφάλιση νέας δυναμικότητας, δηλαδή θέσεις που να είναι ταυτόχρονα προσεγγίσιμες και τεχνολογικά κατάλληλες για ΧΥΤΑ, όπως επίσης εγκρίσεις για ΜΘΕ. Επιπλέον, σε πολλές περιοχές παρατηρείται αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων, παρά την εκτεταμένη προδιαλογή των υλικών και την ανακύκλωση. Στην Εικόνα 1 φαίνονται οι πιο σημαντικοί παράγοντες στο περιβάλλον ενός συστήματος ΔΑ.



Εικόνα 1. Παράγοντες που επηρεάζουν τη Διαχείριση Απορριμμάτων

Η ανάγκη για τη σκιαγράφηση μίας ολοκληρωμένης πολιτικής στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων έχει δημιουργήσει νέους προσανατολισμούς σε κοινοτικό και εθνικό επίπεδο, ανοίγοντας ένα σημαντικό κεφάλαιο για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων. Στα πλαίσια των σχετικών Οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι γενικές αρχές διαχείρισης των αποβλήτων έχουν επαναπροσδιοριστεί, στοχεύοντας στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων, τον περιορισμό στη χρήση επικινδύνων υλικών, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ανάκτηση ενέργειας.

Στην Ελλάδα, ήδη έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες από την Πολιτεία για την εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την κοινοτική, καθώς και για την έγκαιρη ανάπτυξη των κατάλληλων υποδομών για την επίτευξη των επιμέρους στόχων των σχετικών Οδηγιών, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Ο Νόμος 2939/2001 για την Εναλλακτική Διαχείριση Αποβλήτων Συσκευασιών και άλλων προϊόντων έχει θέσει τις βάσεις για τη σύσταση συλλογικών ή ατομικών συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων συσκευασιών ή άλλων προϊόντων, στα πλαίσια των οποίων οι υπόχρεοι διαχειριστές (δηλαδή οι παραγωγοί και οι εισαγωγείς) καλούνται να οργανώσουν ή και να συμμετέχουν σε συστήματα συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης και επεξεργασίας (επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή ανακύκλωση) των αποβλήτων. Σύμφωνα με τον Νόμο και την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», οι υπόχρεοι διαχειριστές χρηματοδοτούν την



οργάνωση και λειτουργία των συστημάτων αυτών σε συνεργασία ή άνευ της Τοπικής Αυτοδιοίκησης. Οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) μπορούν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των συστημάτων αυτών, όχι μόνο παρέχοντας τις υφιστάμενες υποδομές, αλλά γνωρίζοντας το χώρο της διαχείρισης αποβλήτων καλύτερα από κάθε άλλο φορέα.

Ο Νόμος 2939 αποτέλεσε και τη βάση για την οργάνωση του Γραφείου Εναλλακτικής Διαχείρισης και Άλλων Προϊόντων στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ως αρμόδιο φορέα, μέχρι αυτή τη στιγμή, για τη θέσπιση και εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την κοινοτική καθώς και την παρακολούθηση των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης. Η έγκριση των συστημάτων έγκειται στην Επιτροπή Παρακολούθησης της Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΕΠΕΔ), η οποία αποτελείται από εκπροσώπους υπουργείων, βιομηχανιών και οικολογικών οργανώσεων.

## **(2). Διαχείριση Απορριμμάτων στην Ελλάδα**

### **(2.1). Υφιστάμενη Κατάσταση**

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών είναι η αντιμετώπιση των παραγόμενων στερεών αποβλήτων (ΣΑ). Οι καταναλωτικές συνήθειες και τάσεις και οι εφαρμοζόμενες παραγωγικές δομές έχουν οδηγήσει διαχρονικά σε σημαντική αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων των ΣΑ και σε συνεχή μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους.

Τα γεγονότα αυτά, σε σχέση με τις σύγχρονες τάσεις και νομοθετικές απαιτήσεις για την περιβαλλοντική προστασία και την αειφόρο ανάπτυξη, οδηγεί διεθνώς στην ανάγκη ολοκληρωμένης χάραξης πολιτικής διαχείρισης των ΣΑ, αλλά και συνεχούς παρακολούθησης, καταγραφής των εξελίξεων και επαναχάραξης της πολιτικής.

Στη χώρα μας, την τελευταία δεκαπενταετία έχουν γίνει σημαντικότερα βήματα ως προς τη βελτίωση των συνθηκών διαχείρισης των ΣΑ και σίγουρα η σημερινή κατάσταση είναι πολύ καλύτερη από αυτήν που επικρατούσε στις αρχές της δεκαετίας του 1990, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, όπου δίνονται στοιχεία για το 1997.

Παρ' όλα αυτά, σημαντικότερα θέματα απομένουν προς επίλυση. Ενδεικτικό είναι, ότι την εποχή που σε ολόκληρο σχεδόν τον αναπτυγμένο κόσμο, η πολιτική, η επιστήμη και οι κοινωνίες, προσπαθούν να αφομοιώσουν τις έως τώρα αποκτηθείσες εμπειρίες και τα συμπεράσματα, επιχειρώντας να βελτιώσουν τις υφιστάμενες τεχνολογίες, να αναπτύξουν νέες και να διευρύνουν την εφαρμογή των αρχών της ολοκληρωμένης διαχείρισης ΣΑ. Στον αντίποδα, στη χώρα μας δεν έχουμε προβεί σε ουσιαστικά έργα.



Εικόνα 2. Ποσοστιαία κ.β. κατανομή των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων ανά μέθοδο διαχείρισης το 1997 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1998)

Το 2000 η κατάσταση στην Ελληνική πραγματικότητα βελτιώθηκε ακόμα περισσότερο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Η ανακύκλωση για το χαρτί, το πλαστικό, τα μέταλλα και το γυαλί, ανέρχεται στο 21%. Όσον αφορά τα ζυμώσιμα, η ανακύκλωσή τους (λιπασματοποίηση) είναι μόλις 1,7% παρά το γεγονός ότι καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ποιοτικής σύστασης των απορριμμάτων (ΚΥΑ 14312/1302, 2000).





Εικόνα 3. Ποσοστιαία κ.β. κατανομή των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων ανά μέθοδο διαχείρισης το 2000

Από το σύνολο των αστικών απορριμμάτων που παράγονται στην Ελλάδα ανακυκλώνεται το 8,7% αυτών. Τα υλικά που ανακυκλώνονται περιλαμβάνουν το χαρτί, τα μέταλλα, το πλαστικό και το γυαλί, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 37,5% των συνολικά παραγόμενων οικιακών αποβλήτων, καθώς και τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων που ανέρχονται στο 47%.

Στην Ελλάδα ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί στους χώρους τελικής διάθεσης αποβλήτων, οι οποίοι αποτελούν τη βάση της διαχείρισης απορριμμάτων, δεδομένου ότι πάντοτε θα υπάρχουν υπολείμματα των μονάδων επεξεργασίας που θα πρέπει να διοχετεύονται στους ΧΥΤΑ. Η χωροθέτηση των χώρων αυτών απαιτεί την κοινωνική αποδοχή των κατοίκων που ζουν στις γύρω περιοχές και συχνά «ταλανίζεται» από αντιδράσεις.

Η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, καθώς και η είσοδος του φυσικού αερίου στο ενεργειακό δυναμικό του μεγαλύτερου τμήματος της ηπειρωτικής Ελλάδας, θα έχει θετικά αποτελέσματα στην πιθανή εφαρμογή μεθόδων θερμικής επεξεργασίας. Η νομοθεσία προδιαγράφει το σχεδιασμό της διαχείρισης που αποσκοπεί στη μελέτη και τον καθορισμό των μεθόδων και στη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων διάθεσης, ενώ ορίζει ότι η ανάκτηση υλικών και ενέργειας θα πρέπει να προκύπτει μετά από σχεδιασμό των υπόχρεων φορέων της διαχείρισης (Ν. 1650/86).

Ο σχεδιασμός ανά νομό ή περιφέρεια θα πρέπει να προκύπτει μετά από αξιολόγηση των εναλλακτικών βέλτιστων σεναρίων, στα πλαίσια της ορθολογικής διαχείρισης απορριμμάτων. Στα σεναρία αυτά, θα πρέπει να εμπεριέχονται και καινοτόμες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων. Ο έλεγχος της λειτουργίας των μονάδων αυτών θα πρέπει να πραγματοποιείται από τις αρμόδιες υπηρεσίες περιβάλλοντος.



Παρά το γεγονός ότι η ανάκτηση ενέργειας από τα απορρίμματα εντάσσεται στους στόχους του Εθνικού Σχεδιασμού (ΚΥΑ 14312/1302, 2000) ακολουθώντας την ανακύκλωση και τη λιπασματοποίησή τους (παραγωγή compost), είναι ανύπαρκτη στην Ελλάδα. Παρά τις προσπάθειες της επιστημονικής κοινότητας, ελάχιστα ποσά ενέργειας ανακτώνται το τελευταίο διάστημα σε δύο μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (χώρος ημι-ελεγχόμενης διάθεσης Ταγαράδων).

Τροχοπέδη για την εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας στην Ελλάδα αποτελούν:

- ✓ Η έλλειψη ανάλογων εμπειριών
- ✓ Η ανυπαρξία τοπικών κατασκευαστών διαφόρων αντίστοιχων μονάδων
- ✓ Η έλλειψη της απαραίτητης τεχνολογίας
- ✓ Η ελλιπής σχετική ενημέρωση του κοινού από τους τοπικούς φορείς της διαχείρισης (Δήμοι, Κοινότητες, Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης)
- ✓ Οι μεμονωμένες και ανεπιτυχείς προσπάθειες του παρελθόντος
- ✓ Η ανυπαρξία της χρήσης εργαλείων αξιολόγησης για τη σκοπιμότητα δημιουργίας και συνύπαρξης των μονάδων αυτών με τις άλλες εγκαταστάσεις της ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων (μεταφόρτωσης, επεξεργασίας και τελικής διάθεσης) σε νομαρχιακό ή περιφερειακό επίπεδο.

## **(2.2). Σχεδιασμός Διαχείρισης**

Ο σχεδιασμός σε Νομαρχιακό ή Περιφερειακό επίπεδο καταρτίζεται σε δύο στάδια, όπως προβλέπεται από τα ισχύοντα νομοθετικά μέτρα και τους όρους για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ΚΥΑ 69728/824, 1996).

### **(2.2.1). Εκπόνηση Σχεδιασμού**

Σύμφωνα με το πρώτο στάδιο, καταρτίζεται και εγκρίνεται το πλαίσιο, δηλαδή καθορίζονται στοιχεία όπως οι στόχοι, η ποσότητα και η ποιότητα των αποβλήτων, οι επιλεγόμενες μέθοδοι διαχείρισης των απορριμμάτων, η χρηματοδοτική πολιτική και η καταλληλότητα των χώρων. Οι στόχοι αφορούν στη μείωση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση, ενώ περιγράφονται ακόμη τα είδη απορριμμάτων στους οποίους αναφέρονται (για παράδειγμα συσκευασίες προϊόντων). Η περιγραφή των πηγών αποβλήτων καθορίζει την *ποιότητα* -σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων- και την *ποσότητά* τους.

### **(2.2.2). Σύγκριση & Αξιολόγηση Εναλλακτικών Προτάσεων**

Όσον αφορά τη χρηματοδοτική πολιτική, προσδιορίζονται οι πηγές επιχορήγησης ή χρηματοδότησης, η τιμολογιακή πολιτική και το πλαίσιο αντισταθμιστικών οφελών σε όλες τις φάσεις της διαχείρισης, με βάση τη βιωσιμότητα και την αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού. Η καταλληλότητα των χώρων προκύπτει αρχικά από το στάδιο προτάσεων και στη συνέχεια από το σχέδιο αποκλεισμού.

Σύμφωνα με το στάδιο προτάσεων, για οποιοδήποτε έργο ή δραστηριότητα που αφορά στη διαχείριση, είναι απαραίτητο να προταθούν οι καταρχήν κατάλληλοι χώροι και αναλόγως να τεθούν και οι όροι που θα το εξειδικεύσουν σε μία συγκεκριμένη περιοχή έρευνας (Περιφέρεια, Νομός, Δήμος). Ακολουθώντας, και σύμφωνα με το σχέδιο αποκλεισμού, η επιλογή ενός ή περισσοτέρων εναλλακτικών χώρων πραγματοποιείται σύμφωνα με τους όρους καταλληλότητας και τα κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης.

Με την εφαρμογή των όρων καταλληλότητας αποκλείονται περιοχές μετά από εισήγηση των ενδιαφερόμενων υπηρεσιών. Καταρτίζεται κατάλογος συνεκτιμώμενων κριτηρίων καταλληλότητας περιοχών και χώρων για τις εγκαταστάσεις. Στη συνέχεια, τα κριτήρια ομαδοποιούνται και αξιολογούνται οι ομάδες τους. Τέλος, επιλέγονται οι χώροι που υποβάλλονται σε συγκριτική αξιολόγηση καταλληλότητας.

### **(3). Διαχείριση Απορριμμάτων στη Δυτική Μακεδονία**

#### **(3.1). Εισαγωγή**

Το Διαχειριστικό Σχέδιο για το Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΟΣΔΑ) της Δυτικής Μακεδονίας εκπονήθηκε το 1995 με πρωτοβουλία της Περιφέρειας και εγκρίθηκε από το Περιφερειακό Συμβούλιο το επόμενο έτος. Η οριστική επίλυση του προβλήματος των απορριμμάτων αποτελεί κεντρικό στόχο του Συστήματος, με σκοπό την προστασία της Δημόσιας Υγείας, την περιβαλλοντική αναβάθμιση και την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων.

Ο στόχος κλιμακώνεται σε δύο στάδια:

➤ Στόχος I: Πλήρης εφαρμογή της υγειονομικής ταφής και, συνακόλουθα, οριστική εξάλειψη της ανεξέλεγκτης & ημιελεγχόμενης απόρριψης.

➤ Στόχος II: Σταδιακή μείωση των προς ταφή ποσοτήτων μέσω της ανάπτυξης συστημάτων ανάκτησης & αξιοποίησης των απορριμμάτων.

Η υλοποίηση του προγράμματος ξεκίνησε στα τέλη του 1997 από την Ανώνυμη Εταιρία Διαχείρισης Απορριμμάτων Δυτικής Μακεδονίας (ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε.), στην οποία μετέχουν οι 61 Δήμοι και Κοινότητες της Περιφέρειας (πληθυσμός 300.000 κάτοικοι, παραγωγή απορριμμάτων: 100.000 tn/y).

Τον Φεβρουάριο του 1997 ο σχεδιασμός εγκρίθηκε από το Περιφερειακό Συμβούλιο και το Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης ενσωματώθηκε αυτούσιο στον Εθνικό Σχεδιασμό (ΦΕΚ 723B, Ιούνιος 2000) και αποτελεί πλέον Νόμο του Κράτους.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη των Στόχων του προγράμματος αποτελεί η σταδιακή υλοποίηση ενός ενιαίου και, σε επίπεδο Περιφέρειας, Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης, προκειμένου να καταστεί λειτουργικά και οικονομικά βιώσιμη η εφαρμογή μεθόδων Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης των απορριμμάτων της Δυτικής Μακεδονίας.

Η επιλογή αυτή, κατ' αρχήν προϋποθέτει τη συγκέντρωση του συνόλου των απορριμμάτων της Περιφέρειας σε μία κεντροβαρική θέση, στην οποία χωροθετήθηκαν οι Κεντρικές Εγκαταστάσεις Ολοκληρωμένης Διαχείρισης του Συστήματος (Μονάδα Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης και Χώρος Υγειονομικής Ταφής των υπολειμμάτων). Η προοπτική της ολοκληρωμένης

διαχείρισης διασφάλισε την κοινωνική συναίνεση ως προς τη θέση των κεντρικών εγκαταστάσεων, κυρίως στις περιοχές γύρω από αυτές.

### (3.2). Προϋπολογισμός Υλοποίησης (1998 – 2006)

Ο συνολικός προϋπολογισμός υλοποίησης για την περίοδο 1998-2006 φαίνεται στον Πίνακα 1, όπου καταγράφονται οι πηγές χρηματοδότησης για την περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας.

ΠΗΓΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ ΟΣΔΑ Δ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 1998-2006						
	Δημόσια Δαπάνη		Ιδιωτικά Κεφάλαια		ΣΥΝΟΛΟ	
<b>Δαπάνες 1998-2004</b>	<b>19.074</b>	<b>38%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>19.074</b>	<b>38%</b>
Ταμείο Συνοχής (2002/4)	12.974	26%	0	0%	12.974	26%
Άλλες Πηγές <sup>1</sup>	6.100	12%	0	0%	6.100	12%
<b>Δαπάνες 2004-2006</b>	<b>22.489</b>	<b>44%</b>	<b>9.166</b>	<b>18%</b>	<b>31.655</b>	<b>62%</b>
Ταμείο Συνοχής (2004/6)	17.989	35%	8.316	16%	26.305	52%
Άλλες Πηγές <sup>2</sup>	4.500	9%	850	2%	5.350	11%
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ Π/Υ</b>	<b>41.563</b>	<b>82%</b>	<b>9.166</b>	<b>18%</b>	<b>50.730</b>	<b>100%</b>
<b>Ταμείο Συνοχής 2002-2006</b>	<b>30.963</b>	<b>61%</b>	<b>8.316</b>	<b>16%</b>	<b>39.280</b>	<b>77%</b>

Πίνακας 1. Πηγές χρηματοδότησης στην περιοχή της Δ. Μακεδονίας

#### (3.2.1). Εξοπλισμός Μεταφόρτωσης & Υγειονομικής Ταφής

Κατά την περίοδο 1998 – 2004 οι συνολικές δαπάνες για προμήθειες κινητού εξοπλισμού προσεγγίζουν τα € 8 εκατ., ενώ επιπλέον δαπάνες ύψους € 2,4 εκατ. προβλέπονται κατά την τριετία 2004 – 2006.

Τα έργα της Β' Φάσης κατανέμονται σε τρεις ομάδες και αποτελούν, στο σύνολό τους σχεδόν, τα τελικά στάδια των έργων που ήδη κατασκευάζονται με συγχρηματοδότηση από το Ταμείο Συνοχής II στα πλαίσια υλοποίησης της Α' Φάσης, όπως αυτή εγκρίθηκε με την απόφαση Ε(2001)4068/20-12-2001 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Ο συνολικός προϋπολογισμός των έργων της Β' Φάσης υπερβαίνει τα € 26 εκατ..



### (3.2.2). Έργα Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης

Τα έργα μηχανικής επεξεργασίας & αξιοποίησης των απορριμμάτων αφορούν στην κατασκευή της Μονάδας Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης (ΜΕΑ) των μεικτών απορριμμάτων των 61 ΟΤΑ της περιοχής, η οποία χωροθετείται από κοινού με τον Περιφερειακό ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας εντός των Κεντρικών Εγκαταστάσεων. Ο προϋπολογισμός αναμένεται στα € 19,2 εκατ..

Έχει ήδη ολοκληρωθεί η προκαταρκτική τεχνική μελέτη, σύμφωνα με την οποία προβλέπεται η κατασκευή των εξής υποδομών:

- ✓ Χώρος υποδοχής των φορτίων των συρμών μεταφόρτωσης
- ✓ Μονάδα Μηχανικής Διαλογής & παραγωγής RDF
- ✓ Χώρος υποδοχής ιλύος & πρασίνων
- ✓ Μονάδα Ομογενοποίησης του οργανικού κλάσματος
- ✓ Αποθήκη τελικών προϊόντων
- ✓ Επιφάνειες ζύμωσης & ωρίμανσης του compost
- ✓ Μονάδα ραφινάρισματος
- ✓ Κτιριακές εγκαταστάσεις για το προσωπικό και τη στέγαση του κινητού εξοπλισμού

Σημειώνεται ότι σημαντικό τμήμα των υποστηρικτικών υποδομών, (περίφραξη, πύλη εισόδου, φυλάκιο, γεφυροπλάστιγγες, συνεργείο & πλυντήριο οχημάτων, κτίριο διοίκησης, αντιπυρική ζώνη, βιολογικός καθαρισμός, μέρος του οδικού δικτύου καθώς και του δικτύου ομβρίων) κατασκευάζονται ήδη.

Οι Κεντρικές Εγκαταστάσεις Ολοκληρωμένης Διαχείρισης είναι χωροθετημένες σε οικόπεδο 330 στρεμμάτων εντός του Λιγνιτικού Κέντρου Δ. Μακεδονίας, στη μεσαπόσταση Κοζάνης - Πτολεμαΐδας.

Ο κομβικός χαρακτήρας της Μονάδας στα πλαίσια του ΟΣΔΑ Δυτικής Μακεδονίας συμπληρώνεται με την τροφοδοσία της γραμμής παραγωγής RDF με υλικά από το δίκτυο των εγκαταστάσεων Ανακύκλωσης.



#### (4). Συμπεράσματα

Η συνολική επένδυση αναμένεται να προσεγγίσει τα € 25 εκατ. έως το 2007, δίχως να συνυπολογίζεται το κόστος κατασκευής της μονάδας παραγωγής ενέργειας, η οποία προβλέπεται να τεθεί σε λειτουργία πριν το τέλος της δεκαετίας στα πλαίσια της τρέχουσας εργολαβίας του Α' κυττάρου του Περιφερειακού ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας, ο οποίος αποτελεί υποδομή άρρηκτα συνδεδεμένη με τη Μονάδα, καθώς η διάρκεια λειτουργίας του εξαρτάται απόλυτα από αυτήν.

Η επιλογή της εκτέλεσης της Μονάδας Επεξεργασίας και Αξιοποίησης (ΜΕΑ) ως δημοσίου έργου με σύμβαση παραχώρησης και μερική χρηματοδότησή της από ιδιωτικά κεφάλαια, ακολουθεί πλήρως την επιταγή της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε ό,τι αφορά την «ενίσχυση των προσπάθειών των κρατών μελών προς την κατεύθυνση αυτή» με στόχο «να μεγιστοποιηθεί το αποτέλεσμα μόχλευσης των κοινοτικών πηγών χρηματοδότησης, ώστε να αυξηθεί ο όγκος των χρηματοδοτούμενων υποδομών σε ένα πλαίσιο περιστολής των Εθνικών Δημοσίων Δαπανών».



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9**  
**ΜΟΝΑΔΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΑ**  
**ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**(1). Γενικά Στοιχεία Προγράμματος**

- ✓ Όνομασία Προγράμματος:

«Θερμική επεξεργασία ΑΣΑ περιοχής Δυτικής Μακεδονίας»

- ✓ Φάση προγράμματος:

Αρχικός σχεδιασμός

- ✓ Χρόνος έναρξης και πέρας προγράμματος αντίστοιχα:

1-1-2006 ~ 1-1-2007

- ✓ Άδειες κατασκευής του έργου:

Θεωρείται ότι θα έχουν εκδοθεί εντός του 2005

- ✓ Προϋπολογισμός του έργου:

Θεωρείται ότι υπάρχει προϋπολογισμός (€ 52.000.000)

- ✓ Τόπος εγκατάστασης:

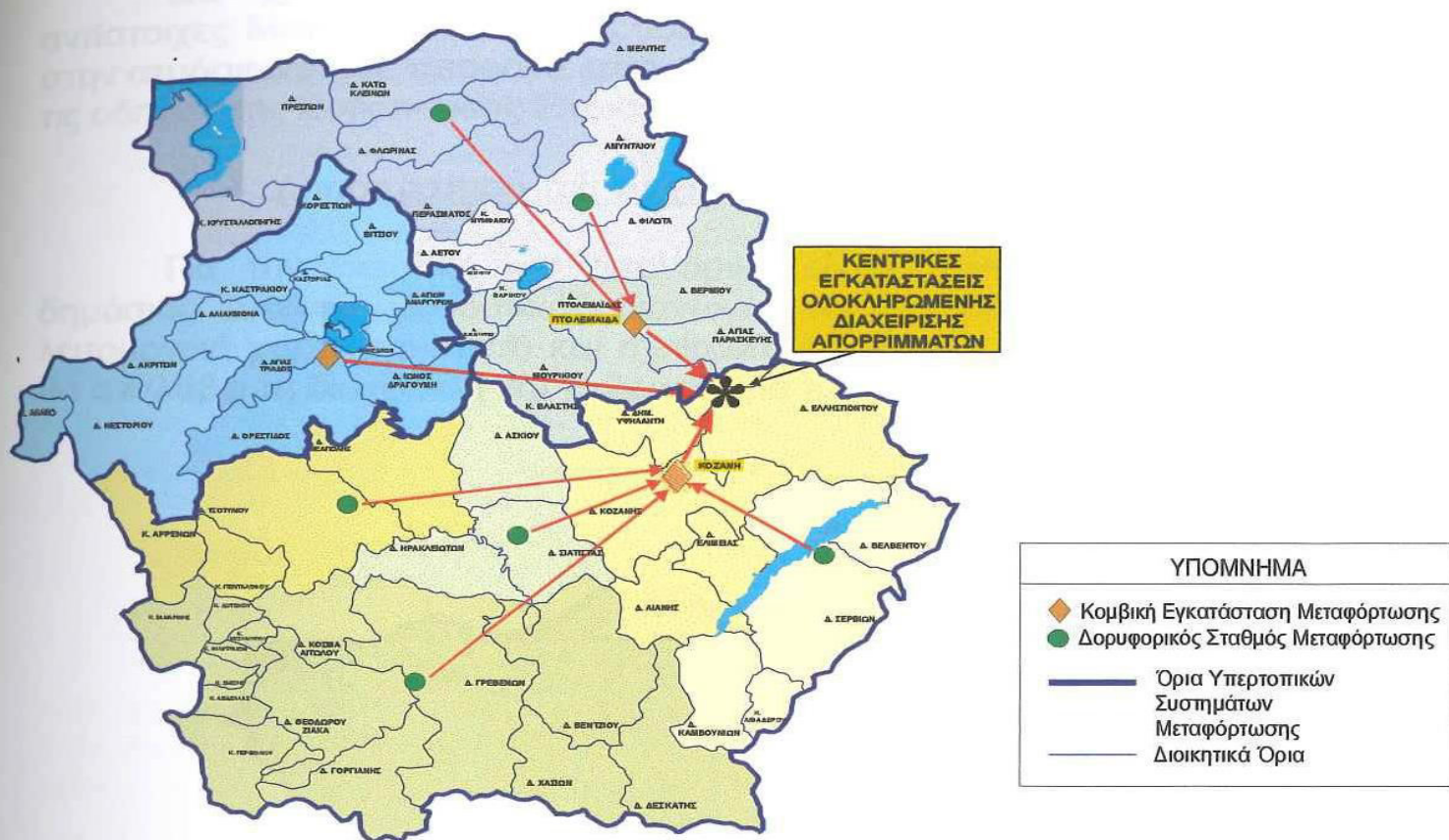
Περιφερειακό Κέντρο Ανακύκλωσης Κοζάνης





Το Περιφερειακό Κέντρο Ανακύκλωσης Κοζάνης αποτελεί το κομβικό σημείο αναφοράς του Δικτύου των εγκαταστάσεων του Περιφερειακού Συστήματος Ανακύκλωσης και αναμένεται να καλύψει τις ανάγκες επεξεργασίας των υλικών συσκευασίας, στα πλαίσια της ανάπτυξης του αντίστοιχου Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης στη Δυτική Μακεδονία.

Η Μονάδα, ετήσιας δυναμικότητας 15.000 τόνων, θα τροφοδοτείται με προεπεξεργασμένα ανακυκλώσιμα υλικά από τα Τοπικά Κέντρα Ανακύκλωσης (ΤΚΑ) της Πτολεμαΐδας, της Καστοριάς, της Φλώρινας και των Γρεβενών, καθώς και μέσω του διαδημοτικού συστήματος συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών της διαχειριστικής ενότητας της Κοζάνης.



✓ Χαρακτήρας του έργου:

Το έργο θα έχει κοινωνικό χαρακτήρα και ως εκ τούτου δεν θα αποβλέπει σε κέρδη μεγαλύτερα του 5% (μόνο για τη συντήρηση).

✓ Αποσβέσεις:

Θεωρούμε ότι το 40% του κεφαλαίου θα δοθεί ως επιχορήγηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση, το 30% θα προέρχεται από ίδια κεφάλαια και το υπόλοιπο 30% από δανειοδότηση και περίοδο αποπληρωμής 10 έτη. Λόγω του χαρακτήρα του έργου οι αποσβέσεις θα είναι μακροχρόνιες: 5 έτη για την



απόσβεση του κεφαλαίου επένδυσης κατασκευής του εργοστασίου και του λοιπού κεφαλαίου επένδυσης.

✓ Χώρος (Οικόπεδο):

Θεωρείται ότι θα κατασκευασθεί σε δημόσιο χώρο (δε θα χρειασθεί αγορά οικοπέδου). Κατ' εκτίμηση όμως θα ληφθεί υπόψη η αξία του οικοπέδου.

✓ Τεχνολογία κατασκευής:

Θα χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία *Αποτέφρωσης*, παρόμοια με αντίστοιχες Μονάδες Χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα σε ποσοστά κατά πολύ μικρότερα των προβλεπόμενων από τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

✓ Δημοπράτηση του Έργου:

Για την ποιοτική και οικονομική εξασφάλιση θα πρέπει να γίνει δημόσιος Διεθνής μειοδοτικός διαγωνισμός με προδιαγραφές (τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά) και minimum απαιτήσεις, από την υπηρεσία που θα αναλάβει τη διαχείριση και τη λειτουργία του έργου.



## **(2). Γενική Διευθέτηση Εγκατάστασης- Επιφάνεια**

### **(2.1). Κανόνες για την Επιλογή του Χώρου Εγκατάστασης**

Η επιλογή του χώρου γίνεται μετά από την εκπόνηση εδαφολογικής, υδρογεωλογικής, περιβαλλοντικής και τεχνικοοικονομικής μελέτης, για το σύνολο της διαχείρισης των απορριμμάτων της περιοχής που θα εξυπηρετήσει η μονάδα καύσης.

Κατά την επιλογή του χώρου εξετάζονται οι οχλήσεις που προέρχονται από:

- ✓ Τις οσμές των νωπών απορριμμάτων, μέσα στην τάφρο υποδοχής
- ✓ Την τέφρα και τους καπνούς
- ✓ Τις μύγες, τα πτηνά και τα τρωκτικά
- ✓ Τον θόρυβο

Η στέγαση της τάφρου υποδοχής, η πλήρης καύση των απορριμμάτων, η αποκονίωση και γενικά η συνολική αντιμετώπιση των ενοχλήσεων, επιτρέπει την τοποθέτηση της εγκατάστασης καύσης των απορριμμάτων κοντά σε έναν οικισμό.

### **(2.2). Απαιτούμενη Επιφάνεια (θεωρητικά)**

Η απαιτούμενη επιφάνεια για την κυρίως εγκατάσταση, για ένα οικισμό 200.000 κατοίκων, βρίσκεται μεταξύ 2.000 και 3.000 m<sup>2</sup>.

Εάν ληφθεί υπόψη η εσωτερική οδοποιία και άλλες εξαρτήσεις, φθάνουμε στην ανάγκη μίας έκτασης 10.000 m<sup>2</sup>.

Εάν προβλεφθούν και χώροι πρασίνου, η απαιτούμενη επιφάνεια μπορεί να αυξηθεί μέχρι 15.000 m<sup>2</sup>.



Για διάφορες χωρητικότητες μπορούμε να δεχθούμε σε πρώτη προσέγγιση έναν κανόνα αναλογίας.

### (2.3). Επιφάνεια για την Αποθήκευση της Σκουριάς

Ο όγκος της παραγόμενης σκουριάς εκτιμάται ότι θα είναι κατά προσέγγιση το 10% των ανεπεξέργαστων απορριμμάτων.

Για έναν οικισμό 200.000 κατοίκων η απαιτούμενη έκταση θα είναι 3.000 έως 4.000 m<sup>2</sup>.

Η προσωρινή αποθήκευση στην εγκατάσταση, εφόσον δεν υπάρχει ο αναγκαίος χώρος, γίνεται σε δάπεδο από σκυρόδεμα ή σε έδαφος μικρής διαπερατότητας (όχι για περισσότερο από 90 ημέρες).

Για τη μεταφορά σε χώρο διάθεσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλα μεταφορικά μέσα.

Λεπτομέρειες σχετικά με την τοποθέτηση των εγκαταστάσεων στο έδαφος φαίνονται στο παρακάτω Τοπογραφικό Σχέδιο, όπου παρουσιάζεται η κάτοψη του χώρου.

Το εμβαδόν του θα είναι κατ' εκτίμηση:

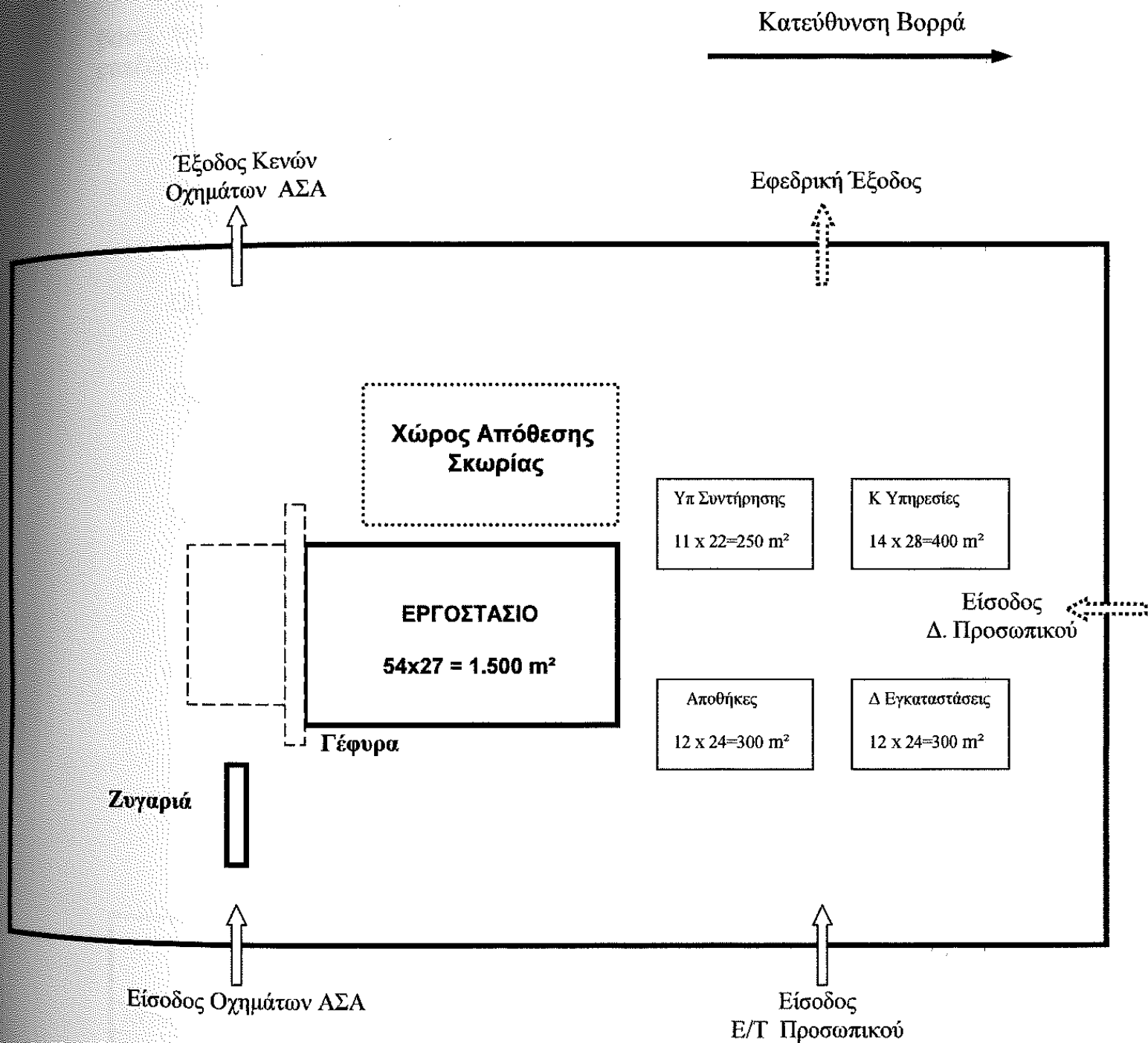
✓ Χώροι Βιομηχανικοί (στεγασμένοι)	2.400 m <sup>2</sup>
✓ Χώροι στεγασμένοι κτίρια	700 m <sup>2</sup>
✓ Χώροι στεγασμένοι πρόχειροι	900 m <sup>2</sup>
✓ Οδοποιίας ασφαλτόστρωτοι	7.000 m <sup>2</sup>
✓ Χώροι πρασίνου	5.000 m <sup>2</sup>
✓ Σκουριάς	4.000 m <sup>2</sup>
	-----
Σύνολο	20.000 m <sup>2</sup>

Πιο αναλυτικά, το εμβαδόν των εγκαταστάσεων της Μονάδας Θερμικής Επεξεργασίας ΑΣΑ στη Δυτική Μακεδονία φαίνεται στον Πίνακα 1.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΕΚΤΑΣΗ (m <sup>2</sup> )
<b>ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ:</b>	
Κυρίως Εργοστάσιο	1.500
Ζυγιστήριο	100
Φορτοεκφορτώσεις & μανούβρες	1.000
Αποβάθρα	1.000
Απόθεσης σκωρίας	4.000
<b>ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ:</b>	
Διοικητικές & Οικονομικές Υπηρεσίες	300
<b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ:</b>	
Συνεργεία	300
Υποσταθμοί	300
Αποθήκες	200
<b>ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ:</b>	
Γκαράζ	500
Τραπεζαρία	200
Τουαλέτες	100
Βεστιάριο	100
Στεγασμένοι χώροι	400
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΩΝ ΧΩΡΟΣ:</b>	
Δρόμοι κίνησης	5.000
Χώροι πρασίνου	5.000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ</b>	<b>20.000</b>

Πίνακας 1. Απαιτούμενη έκταση οικοπέδου

Στο Σχεδιάγραμμα 1 φαίνεται η κάτοψη του οικοπέδου, καθώς και μία εκτίμηση του χώρου.



Σχεδιάγραμμα 1. Κάτοψη οικοπέδου

### **(3). Δυναμικότητα**

Θα ληφθεί ως δυναμικότητα μεγαλύτερη από την υπολογισθείσα με βάση τον πληθυσμό της περιοχής κατά 30% περίπου. Ήτοι, για την επεξεργασία 135.000 τόνων αστικών στερεών απορριμμάτων ετησίως.

#### **(3.1). Ποσότητα Επεξεργασίας ανά Χρονική Μονάδα**

Οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τα στοιχεία :

Πληθυσμός της περιοχής:

- ✓ 302.750 κάτοικοι (2001)

Ποσότητα παραγομένων αποβλήτων: (Πίνακας 1)

- ✓ Ανά έτος : 93.271 τόνοι
- ✓ Ανά κάτοικο : 0,80 - 0,88 κιλά την ημέρα

Ποσότητα (εκτιμώμενη ) για καύση:

- ✓ Ανά μήνα : 8934,00 τόνοι
- ✓ Ανά ώρα : 12,40 τόνοι
- ✓ Ανά ημέρα : 298,94 τόνοι

ΝΟΜΟΙ	Κάτοικοι	Κιλά/ κάτοικο/ ημέρα	Τόνοι/ ημέρα	Τόνοι/ έτος
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	38.481	0,817	31,44	11.318
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	53.054	0,870	46,16	16.617
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΚΟΖΑΝΗΣ	156.464	0,880	137,69	49.568
ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΦΛΩΡΙΝΑΣ	54.751	0,800	43,80	15.768
ΣΥΝΟΛΟ	302.750	3,367	259,09	<b>93.271</b>

**Πίνακας 1. Ποσότητα παραγόμενων απορριμμάτων ανά Νομό**



### **(3.2). Χρόνος Λειτουργίας**

Θα καθορισθεί ο χρόνος λειτουργίας σε ετήσια, εβδομαδιαία και ημερήσια βάση, ως ακολούθως:

- ✓ Ώρες λειτουργίας (ετησίως) : 7.500
- ✓ Ώρες λειτουργίας (ημερησίως) : 24
- ✓ Ημέρες λειτουργίας (εβδομαδιαίως) : 6 ημέρες
- ✓ Βάρδιες (ημερησίως) : 3

### **(4). Θερμοδυναμικά Χαρακτηριστικά Απορριμμάτων**

Θα ληφθεί ως θερμογόνος δύναμη των αποβλήτων όπως ακριβώς έχει υπολογισθεί με βάση τη σύσταση των ΑΣΑ της περιοχής, των στοιχειομετρικών στοιχείων και της υγρασίας του Ελλαδικού χώρου σε:

Κ.Θ.Δ. = 2.430 Kcal/kg

Κ.Θ.Δ. = 10.203 KJ/kg

όπου Κ.Θ.Δ. η Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη των απορριμμάτων.

## **(5). Κυριότερα Συστήματα & Υποσυστήματα Μονάδος**

Τα κύρια Συστήματα είναι:

- ✓ Εισαγωγής
- ✓ Καύσης
- ✓ Ανάκτησης Ενέργειας
- ✓ Καθαρισμού των Καυσαερίων

Τα βοηθητικά υποσυστήματα είναι :

- ✓ Προθέρμανσης φούρνου
- ✓ Νερού ψύξης/ θέρμανσης
- ✓ Αέρος ψύξης/ θέρμανσης
- ✓ Ηλεκτρισμού

## **(6). Εγκαταστάσεις**

### **(6.1). Ειδικές Χωματοουργικές Εργασίες**

- Αποβάθρα ( $15\text{m} \times 40\text{m} = 600 \text{ m}^2$ )
- Τάφος ( $40\text{m} \times 20\text{m} \times 8\text{m} = 6.400 \text{ m}^3$ )
- Καπνοδόχος ύψους 32 m
- Εγκατάσταση Ζυγιστηρίου
- Γεώτρηση

### **(6.2). Κτιριοδομή**

- Διοικητικές Εγκαταστάσεις
- Κοινωνικές εγκαταστάσεις (Τραπεζαρία - Λουτρά - Βεστιάριο)
- Αποθήκες

### **(6.3). Σιδηροκατασκευές**

#### Στέγαστρα

- Συνεργείο Επισκευών
- Γκαράζ
- Αεροσυμπιεστής
- Υποσταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος
- Αντλιοστάσιο

#### Δεξαμενές

- Πετρελαίου (εναλλακτικά υγροποιημένου Φυσικού αερίου - LNG)
- Ύδατος

### **(6.4). Ασφαλτόστρωτοι Χώροι**

- Οδοποιία (5.000m x 7m = 35.000 m<sup>2</sup>)
- Χώρος απόθεσης σκωρίας (4.000 m<sup>2</sup>)
- Χώρος αποβάθρας (50m x 20m = 1.000 m<sup>2</sup>)

### **(6.5). Μηχανήματα (Μέσα – Υλικά)**

#### Για λειτουργικές ανάγκες εργοστασίου

- Ζυγαριά 20-25 τόνων
- Κινητή γέφυρα 40 τόνων ανά ώρα
- Γερανός 20-30 τόνων
- Περιστροφικός κοπτήρας 20-60 rpm, 20 τόνων την ώρα
- Υποσταθμός ηλεκτρικός (ΔΕΗ)
- Αντλιοστάσιο (Μηχανή)
- Αεροσυμπιεστής (Μηχανή)
- Μέσα πυροπροστασίας
- Μέσα δειγματοληψίας

#### Για λοιπές ανάγκες (Εξοπλισμοί εγκαταστάσεων & γραφείων)

- Διοικητικών εγκαταστάσεων
- Κοινωνικών εγκαταστάσεων
- Εργοστασίου
- Λοιπών χώρων

## **(7). Ανάκτηση Ενέργειας**

Η ανάκτηση ενέργειας θεωρείται απαραίτητη και με επιθυμητό είδος ενέργειας προς ανάκτηση κατά σειρά προτεραιότητας:

- Ρεύμα
- Ατμός
- Ζεστό Νερό

### **(7.1). Διαδικασία Παραγωγής Ενέργειας**

Ο ατμός που παράγεται στον ατμολέβητα διοχετεύεται στον ατμοστρόβιλο, ο οποίος συνδέεται με γεννήτρια, μετατρέποντας έτσι την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η ηλεκτρική ισχύς που παράγεται είναι περίπου 10,2 MWh (από στοιχεία παρόμοιων μονάδων που λειτουργούν στο εξωτερικό).

### **(7.2). Απαιτήσεις της Περιοχής**

Για τις ανάγκες τηλεθέρμανσης χρησιμοποιείται ατμός που παράγει το εργοστάσιο της ΔΕΗ. Μετά από σχετική απομάστευση, ο ατμός διοχετεύεται σε εναλλάκτη στους 120 °C ενώ κατ' αντιροή θερμαίνεται το νερό του κυκλώματος της πόλης, που εισέρχεται στους 70 °C και εξέρχεται με 120 °C και πίεση 10 bar. Το κόστος της τηλεθέρμανσης (δηλαδή 35 €/MWh) καταβάλλεται από τον καταναλωτή στην αντίστοιχη υπηρεσία εκμετάλλευσης .

### **(7.3). Στοιχεία από Παρόμοιες Εγκαταστάσεις**

Σε αντίστοιχα εργοστάσια άλλων χωρών που επεξεργάζονται περίπου ίση ποσότητα ΑΣΑ με τα ίδια χαρακτηριστικά, παράγεται στο λέβητα:

- Ποσότητα ατμού  $Q = 27$  μετρικοί τόνοι την ώρα
- Πίεση  $P = 40$  bar
- Θερμοκρασία  $T = 384$  °C



## **(8). Εκτιμώμενο Κόστος Πώλησης**

- Ατμός: 11 € ανά μετρικό τόνο
- Ζεστό νερό: 80 € / Gcal
- Ρεύμα: 0,11 € / kWh
- Κρύο νερό (για ψύξη): 2,3 € / TR (tons of refrigeration)

## **(9). Κατάλοιπα**

Δεν υπάρχει σχετική νομοθεσία για την επεξεργασία των καταλοίπων. Δεν έχουν δημιουργηθεί ΧΥΤΑ για την υποδοχή τους. Έτσι, θεωρείται ότι θα γίνεται παρόμοιος χειρισμός όλων των καταλοίπων με τη στάχτη (σκωρία).

## **(10). Καθαρισμός Αερίων**

### **(10.1). Όρια Εκπεμπόμενων Ρύπων**

Είναι απαραίτητος ο καθαρισμός των αερίων ρύπων, τα δε όρια εκπομπών στην καύση των απορριμμάτων είναι αντίστοιχα με τα προβλεπόμενα όρια της Ε.Ε. Το κόστος της υγειονομικής ταφής (κυρίως μεταφορικών εξόδων) θα αναφέρεται κυρίως στα μεταφορικά.

### **(10.2). Σύστημα Μέτρησης & Χρόνος Αναφοράς Διοξινών**

Για τον υπολογισμό των διοξινών ο μέσος όρος θα αναφέρεται ανά εβδομάδα και ως σύστημα μέτρησης των διοξινών θα επιλεγεί το Dry System: De NOx (SCR).

## **(11). Χρηματοοικονομικά**

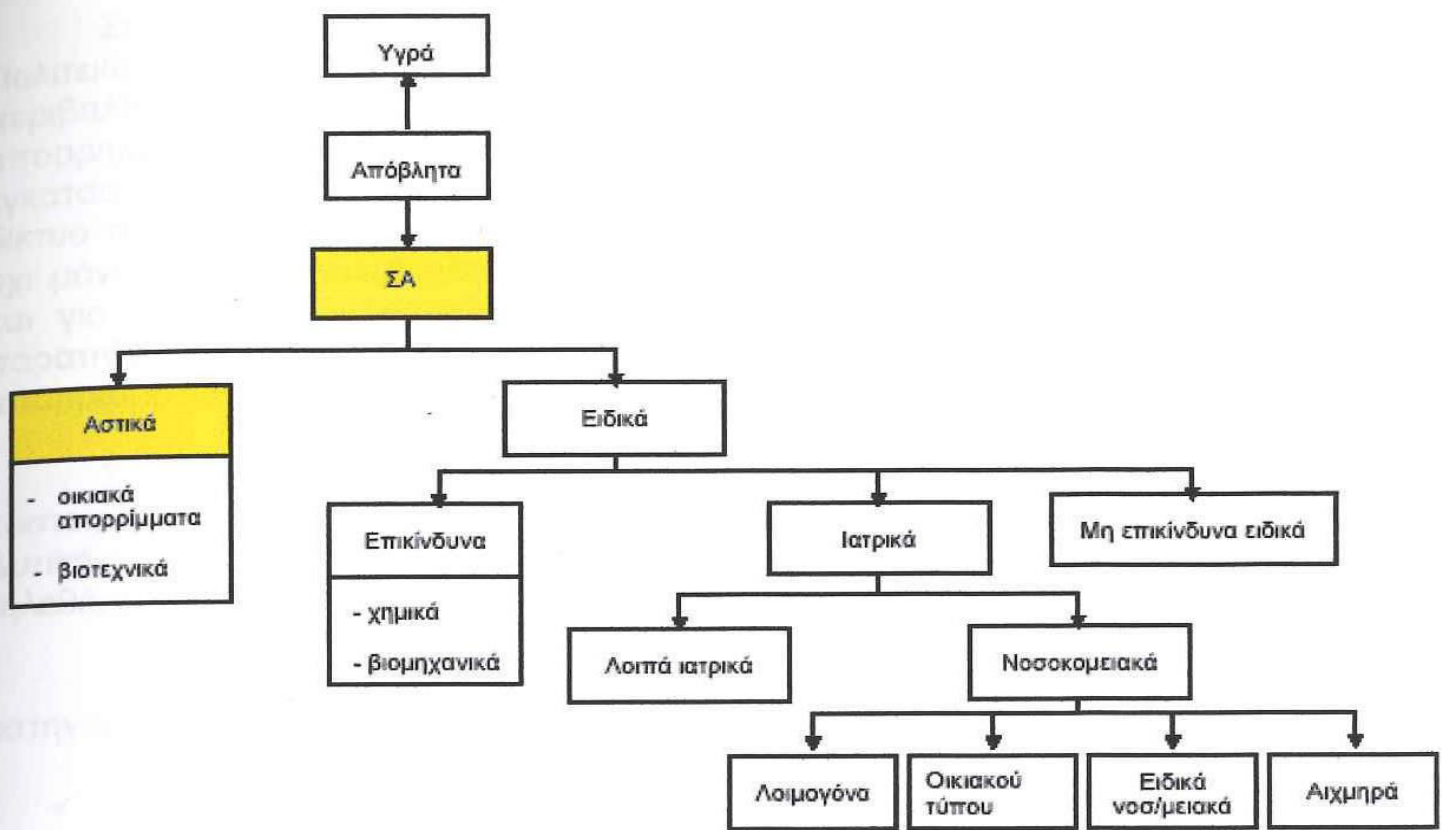
Στα Χρηματοοικονομικά θεωρήθηκε ότι το 40% της επένδυσης είναι επιδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση, το 30% προέρχεται από ίδια κεφάλαια με περίοδο απόσβεσης 5 έτη και το 30% από δανεισμό με επιτόκιο 8% και περίοδο αποπληρωμής 10 έτη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ



### (1). Εισαγωγή

«Στερεά απορρίμματα» νοούνται ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται σε στερεή συνήθως φυσική κατάσταση, από τις οποίες ο κάτοχός τους επιθυμεί ή υποχρεούται να απαλλαγεί και δεν περιλαμβάνονται στον κατάλογο επικίνδυνων αποβλήτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο παραπάνω όρος είναι γενικός και περιλαμβάνει την ετερογενή μάζα των στερεών απορριμμάτων από τις αστικές κοινότητες, όπως επίσης και την περισσότερο ομοιογενή μάζα γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων, όπως επίσης και μπαζών. Στο Σχεδιάγραμμα 1 παρουσιάζεται μία γενικευμένη διάκριση των στερεών απορριμμάτων.



Σχεδιάγραμμα 1. Γενική διάκριση στερεών απορριμμάτων

Στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσουν τα στερεά αστικά απορρίμματα, τα οποία προέρχονται κυρίως από οικιακή χρήση. Τα συγκεκριμένα απόβλητα διατίθενται σε χωματερές, οι οποίες αποτελούν σοβαρό πρόβλημα και πηγή συνεχούς μόλυνσης για τα αστικά κέντρα.

Η καύση των απορριμμάτων αποτελεί μία σημαντική εναλλακτική περίπτωση διαχείρισης απορριμμάτων, η οποία δεν έχει τύχει ακόμη κάποιας εφαρμογής στον Ελλαδικό χώρο. Με τον όρο «Καύση Απορριμμάτων» δεν εννοείται η ανεξέλεγκτη καύση διαφόρων ειδών απορριμμάτων σε ανεξέλεγκτες χωματερές ή υπαίθριους χώρους. Εννοείται η θερμική καταστροφή των καταλλήλων προς καύση απορριμμάτων με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμότητας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμού ατμού (τηλεθέρμανση).

Σε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής διατηρούνται και εκσυγχρονίζονται με πρόσθετα μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας αρκετές μονάδες καύσης σύμμεικτων απορριμμάτων. Ο κανόνας των περιπτώσεων αυτών αφορά κυρίως σε εγκαταστάσεις καύσης, οι οποίες χάρη στα υπάρχοντα, προ δεκαετιών ήδη, δίκτυα τηλεθέρμανσης, αξιοποιούν την εκλυόμενη κατά την καύση θερμότητα όχι μόνο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά, περίπου κατ' ισομοιρία, και για τη διανομή ζεστού νερού και ατμού (συμπαραγωγή). Χάρη στα παραπάνω δεδομένα προκύπτουν σημαντικά έσοδα για τις μονάδες καύσης απορριμμάτων τα οποία μειώνουν αρκετά το τελικό κόστος καύσης.

Στη χώρα μας ισχύουν οι πιο πάνω προϋποθέσεις, επομένως το κόστος της καύσης ενδέχεται να μην είναι απαγορευτικό στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, όπου σήμερα υπάρχουν και λειτουργούν εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης (Κοζάνη & Πτολεμαΐδα) .

Τα αστικά στερεά απορρίμματα (ΑΣΑ) μπορούν να καταταγούν σε κατηγορίες:

✓ Ανάλογα με την δυνατότητα καύσης:

- Σε αυτά που μπορούν να καούν, όπως είναι τα ζυμώσιμα υλικά, τα πλαστικά, το χαρτί, το ξύλο, τα ελαστικά, το δέρμα, τα υφάσματα, κ.ά..
- Σε αυτά που δεν καίγονται, όπως είναι το γυαλί, τα μέταλλα, τα αδρανή, κ.ά..

✓ Ανάλογα με τα είδη των υλικών που περιέχονται σε αυτά:

- Υγρασία, τέφρα & καύσιμη ύλη

✓ Ανάλογα με το θερμικό περιεχόμενό τους:

- Θερμογόνος δύναμη

## **(2). Αστικά (Δημοτικά) Απορρίμματα**

Τα απορρίμματα που πρόκειται να συλλεχθούν, να μεταφερθούν και να διατεθούν είναι:

- Τα κατάλοιπα κάθε φύσης που περιλαμβάνουν κυρίως οικιακά απορρίμματα, στάχτες, κατάλοιπα γυαλιών, φύλλα, σκουπίσματα, χαρτιά και άλλα που τοποθετούνται μέσα σε πλαστικές και χάρτινες σακούλες ή δοχεία.



- Απορρίμματα από βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις, γραφεία, κτίρια διοίκησης, αυλές και κήπους, τοποθετημένα σε δοχεία ή σάκους στις ίδιες συνθήκες με τα οικιακά.
- Κοπριές, αφυδατωμένες ιλείς, προϊόντα από τους καθαρισμούς των δημοσίων οδών, των δημοσίων πάρκων, των νεκροταφείων και βοηθητικών κτιρίων, συγκεντρωμένων σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.
- Τα προϊόντα καθαρισμού και τα κατάλοιπα χώρων εκθέσεων, αγορών, χώρων δημοσίων εορτών, θέσεων συγκέντρωσης ζώων, συγκεντρωμένων και τοποθετούμενων σε μεγάλα container για την εκκένωσή τους.
- Τα απορρίμματα από σχολεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, φυλακές και όλα τα δημόσια κτίρια, συγκεντρωμένα σε δοχεία συλλογής σε κατάλληλους χώρους.
- Ογκώδη αντικείμενα εγκαταλειμμένα σε δημόσιους χώρους ή τοποθετημένα σε καθορισμένες θέσεις, καθώς και τα πτώματα μικρών ζώων.

Στον ορισμό των αστικών απορριμμάτων δεν περιλαμβάνονται:

- Τα αδρανή και τα κατάλοιπα των δημοσίων έργων.
- Οι βιομηχανικές στάχτες και σκουριές, τα ανατομικά και μολυσματικά απορρίμματα των νοσοκομείων και κλινικών και τα απορρίμματα σφαγείων.
- Ογκώδη απορρίμματα πολύ μεγάλου βάρους ή διαστάσεων ή τέτοιας φύσης, που δεν μπορούν να φορτωθούν σε συνήθη μεταφορικά μέσα.

### **(2.1). Σύνθεση Αστικών Απορριμμάτων**

Η σύνθεση και τα χαρακτηριστικά των αστικών απορριμμάτων επηρεάζονται από πολυάριθμους παράγοντες όπως:

- Ο χαρακτήρας του πολεοδομικού συγκροτήματος (πολεοδομική ζώνη, βιομηχανική κ.ά.).
- Το κλίμα και η εποχή (το καλοκαίρι περιέχονται πολλά φρούτα και φρέσκα λαχανικά και το χειμώνα αρκετές στάχτες).

- Ο τύπος της κατοικίας.
- Η στάθμη ζωής.
- Τα υλικά συσκευασίας.

Τα αστικά απορρίμματα είναι ουσιαδώς ετερογενή. Μπορεί όμως να ομαδοποιηθούν σε ορισμένες κατηγορίες που παρουσιάζουν κάποια ομοιογένεια. Συνήθως είναι η ακόλουθη ταξινόμηση σε 10 κατηγορίες:

1. Λεπτά, κατώτερα από 20mm
2. Χαρτιά και χαρτόνια
3. Ράκη
4. Πλαστικά
5. Οστά
6. Θραύσματα καύσιμα, μη ταξινομημένα
7. Μέταλλα
8. Γυαλιά
9. Θραύσματα μη καύσιμα και μη ταξινομημένα
10. Ζυμώσιμες ύλες

Η ταξινόμηση αυτή γίνεται συχνά δεκτή στις αναλύσεις που πραγματοποιούνται για τα αστικά απορρίμματα.

Αναλυτικότερα:

- ✓ Ζυμώσιμα: Περιλαμβάνουν τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου.
- ✓ Χαρτί: Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά & χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων.
- ✓ Μέταλλα: Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Είναι δόκιμος ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κύριο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Σε ορισμένες αναλύσεις έχουν εξεταστεί ως ξεχωριστή υποκατηγορία οι μπαταρίες, λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους.
- ✓ Γυαλί: Η διαχείριση του αποβλήτου γυαλιού στη χώρα μας πάσχει κυρίως από την έλλειψη υαλουργιών, κυρίως σε περιοχές μακριά από την Αττική. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή λευκού και καφέ γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.

✓ Πλαστικό: Περιλαμβάνει το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία έτη και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα τρόφιμα, κ.ά.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της λόγω της πληθώρας των χρησιμοποιούμενων πολυμερών (PVC, PP, PE, PS, PET, ABS, κ.ά.).

✓ Δέρμα - Ξύλο - Λάστιχο - Ύφασμα: χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα (ΔΞΛΥ).

✓ Αδρανή: Εδώ περιλαμβάνονται χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (χώματα, πέτρες, κ.ά.).

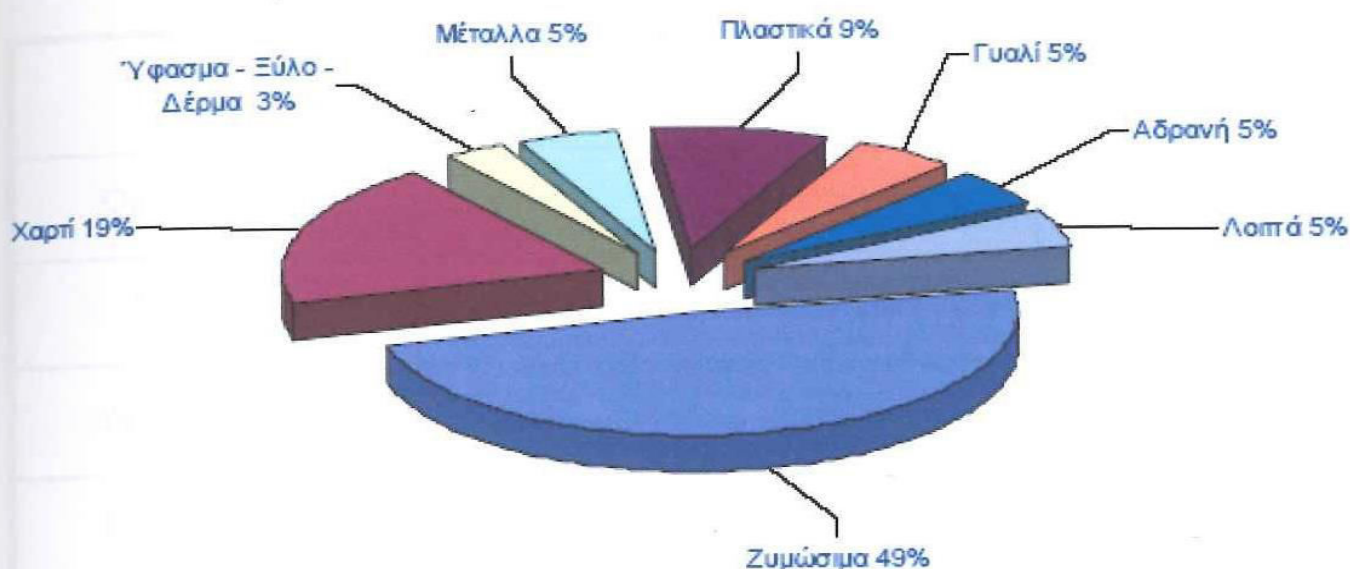
✓ Λοιπά: Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δεν μπορούν να κατανεμηθούν σε κάποια από τις άλλες κατηγορίες.

	Αθήνα	Θεσ/νίκη	Ρόδος	Χανιά	Κως	Καλαμάτα	Νάξος
Ζυμώσιμα	56	52	41	55	37	47	48
Χαρτί	20	18	15	19	25	25	22
ΔΞΛΥ	4	8	4	4	5	6	5
Μέταλλα	3	5	10	4	5	3,5	3
Πλαστικά	7	7	12	8	11	7,5	9
Γυαλί	2,5	4	16	4	12	3	6
Αδρανή & Λοιπά	7,5	6	2	8	5	8	7

Πίνακας 1. Σύνθεση αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα (% κ.β.)

Στον Πίνακα 1 δίνεται η σύνθεση των αστικών απορριμμάτων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Βασικά χαρακτηριστικά της σύνθεσης των ελληνικών αστικών απορριμμάτων είναι το υψηλό ποσοστό σε ζυμώσιμα υλικά και πλαστικά. Οι διακυμάνσεις για τις κατηγορίες των υλικών όπως χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί, ύφασμα - ξύλο - δέρμα, αδρανή και υπόλοιπα δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Αντιθέτως, τα ζυμώσιμα υλικά παρουσιάζουν αυξήσεις κατά τη θερινή περίοδο.

Η μέση τιμή σύνθεσης των Ελληνικών απορριμμάτων φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Μέση τιμή σύνθεσης των Ελληνικών απορριμμάτων

Η μέση σύνθεση των απορριμμάτων διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα, εξαρτώμενη από μεγάλη ποικιλία παραγόντων, όπως το βιοτικό επίπεδο, η διατροφή, το πρόγραμμα ανακύκλωσης υλικών, κ.ά.

Η σύνθεση κατά μέγεθος των ελληνικών απορριμμάτων όπως έχει προκύψει από μετρήσεις είναι:

I. 0-40 mm	34,80% (κ.β.)
II. 40-120 mm	35,36% (κ.β.)
III. >102 mm	29,84% (κ.β.)

Κατά την ταξινόμηση ανά μέγεθος, η κατηγορία II (40-120 mm) δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την κατηγορία III (0-40 mm), ενώ η κατηγορία I (>120 mm) έχει το μεγαλύτερο ποσοστό ανομοιογένειας από τις άλλες δύο.

Μερικές τυπικές αναλύσεις για τα ΑΣΑ στη Δυτική Ευρώπη, τις ΗΠΑ και τη Μέση Ανατολή παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.



	ΔΥΤΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ	ΗΠΑ	ΜΕΣΗ ΑΝΑΤΟΛΗ
Οργανικά	21,3	22,6	60,0
Χαρτί	27,4	45,8	25,3
Υφάσματα	3,5	4,5	1,4
Πλαστικά	3,1	2,6	5,8
Γυαλί	9,5	6,2	1,0
Μέταλλα	8,5	9,1	2,8
Σκόνη, Αδρανή	19,8	7,6	2,3
Διάφορα	6,8	1,8	1,4

**Πίνακας 2. Σύνθεση αστικών απορριμμάτων σε άλλες χώρες (% κ.β.)**

Η σύνθεση των απορριμμάτων ποικίλλει, βέβαια, ανάλογα και με την εποχή του έτους. Χαρακτηριστικά στοιχεία της εποχιακής μεταβολής της σύστασης των απορριμμάτων για την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Υλικά	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας
Ζυμώσιμα	54,7	57,3	49,2	45,9
Χαρτί	17,2	15,0	20,4	18,1
ΔΞΛΥ	7,7	7,3	10,2	12,5
Πλαστικά	6,9	6,5	6,4	9,5
Αδρανή	3,5	4,3	3,1	4,2
Μέταλλα	8,2	5,7	6,0	5,0
Γυαλί	3,8	3,7	4,7	4,8

Πίνακας 3. Εποχιακή μεταβολή της σύστασης των απορριμμάτων για την ευρύτερη περιοχή της Θεσ/νίκης

## (2.2). Σύσταση Αστικών Απορριμμάτων

Η συμμετοχή του χαρτιού - χαρτονιού σε βαρέα μέταλλα είναι σχετικά χαμηλή. Οι τοξικές ουσίες προέρχονται από τα πρόσθετα, τα βοηθητικά υλικά και τα πιγμέντα. Τα πρόσθετα υλικά είναι ορυκτά (καολίνες - πηλός, κ.ά.) ή συνθετικά (διοξείδιο του τιτανίου, υδροξείδιο του αλουμινίου, κ.ά.). 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 προέρχονται από την ομάδα αυτή των υλικών.

Τα πλαστικά αποτελούν τη βασική πηγή για το χλώριο, το κάδμιο, το θείο, τον μόλυβδο, το φθόριο και τον υδράργυρο, τα οποία βρίσκονται στους σταθεροποιητές και τα πιγμέντα. Το κάδμιο, όταν χρησιμοποιείται ως μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων η υγειονομική ταφή, δεν προκαλεί μεγάλο πρόβλημα στα στραγγίσματα, σε αντίθεση με την καύση, όπου για παράδειγμα τα πιγμέντα διασπώνται σε θερμοκρασία 600 °C .

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η στοιχειακή ανάλυση των αστικών απορριμμάτων.

Υλικά	C	H	O	N	Cl	S	Νερό	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	0,11	0,13	0,21	16,00	13,13
Υπόλοιπα Χαρτιά	32,41	4,51	29,91	0,31	0,61	0,19	23,00	9,06
Πλαστικά	56,43	7,79	8,05	0,85	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

Πίνακας 4. Στοιχεία ανάλυσης διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων (% κ.β.)

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 απορρίμματα με 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 και από τις συνθήκες κινητικότητά τους. Οι συνθήκες αυτές μπορούν να προσδιορισθούν εκτός από την σύνθεση των απορριμμάτων και τη θερμοκρασία και από τη λειτουργία της μονάδος.

Σε σύγκριση των επικίνδυνων ουσιών των απορριμμάτων στην Ελλάδα με τα απορρίμματα άλλων χωρών, στα Ελληνικά απορρίμματα παρουσιάζονται χαμηλές τιμές σε *Cu, Pb, Zn* εν αντιθέσει με τις υψηλές τιμές στο *Cd*.

Η περιεκτικότητα σε μέταλλα διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Υλικό	Cd	Cu	Fe	Hg	Mn	Na	Pb	Zn
Χαρτί	2	100	2.000	0,1	75	1.550	125	375
Πλαστικά	14	525	3.875	0,4	100	1.475	800	975
Ζυμώσιμα	4	575	7.025	2	300	3.575	900	750
Σκόνες	3	27	12.05	0,3	625	2.500	550	1.125

Πίνακας 5. Περιεκτικότητα σε μέταλλα (ppm) σε διάφορες κατηγορίες υλικών

### (3). Χαρακτηριστικά Στερεών Απορριμμάτων

Πέρα από τη σύσταση των στερεών απορριμμάτων, η οποία όπως αναφέρθηκε, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο διαχείρισής τους, ο προσδιορισμός των κύριων φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων τους μπορεί επίσης να συμβάλλει αποτελεσματικά στο σωστό σχεδιασμό και την ομαλή λειτουργία όλων των επιμέρους τμημάτων ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης στερεών απορριμμάτων.



### (3.1). Φυσικές Ιδιότητες

#### (3.1.1). Ειδικό Βάρος & Πυκνότητα

Το ειδικό βάρος ή η πυκνότητα των στερεών απορριμμάτων προσδιορίζεται είτε στη μορφή που αυτά συναντιούνται μέσα στα δοχεία συλλογής τους είτε σε συμπιεσμένη μορφή. Τυπικές τιμές ειδικού βάρους δε δύναται να αναφερθούν, αφού αυτό εξαρτάται τόσο από τη γεωγραφική θέση της υπό εξέταση περιοχής και την εποχή του έτους, όσο και από το χρόνο παραμονής των απορριμμάτων στα δοχεία συλλογής. Στη μορφή που τα απορρίμματα παραλαμβάνονται από τα απορριμματοφόρα οχήματα, η πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ  $250 - 350 \text{ kg/m}^3$ , ενώ στη σακούλα προσυλλογής μεταξύ  $150 - 200 \text{ kg/m}^3$ . Στον Πίνακα 6 δίνονται οι τυπικές τιμές πυκνότητας κάποιων απορριμμάτων.

Συστατικά	Πυκνότητα ( $\text{kg/m}^3$ )
Υπολείμματα τροφών	290
Χαρτιά	85
Χαρτόνια	50
Πλαστικά	65
Γυαλιά	195
Μέταλλα	210
Κονσέρβες	90
Απορρίμματα κήπων (κλαδιά φύλλα κ.λπ.)	105
Στάχτη, σκόνη, τούβλα κ.λπ.	480
Δέρμα	160
Υφάσματα	240
Αδρανή άνω των 20 mm	250
Αδρανή κάτω των 20 mm	480

Πίνακας 6. Τυπικές πυκνότητες απορριμμάτων

Η πυκνότητα των απορριμμάτων είναι μικρότερη στις κεντρικές συνοικίες και στις αναπτυσσόμενες περιοχές, γεγονός που οφείλεται στη συμμετοχή των υλικών συσκευασίας στα απορρίμματα.

Η πυκνότητα των απορριμμάτων μέσα στην τάφρο μεταβάλλεται κατά τα ακόλουθα:

- Στην τάφρο κατά την πτώση:  $0,15 - 0,25 \text{ tn/m}^3$
- Στην τάφρο για τις ανώτερες στρώσεις:  $0,30 - 0,40 \text{ tn/m}^3$
- Μέσα στην αρπάγη της κυλιομένης γέφυρας:  $0,40 - 0,60 \text{ tn/m}^3$

### (3.1.2). Υγρασία

Το ποσοστό υγρασίας στα απορρίμματα είναι σημαντικό και εξαρτάται από τη σύσταση των απορριμμάτων, την εποχή, το κλίμα κ.ά.. Εκφράζεται με δύο τρόπους:

(α). Με βάση το ολικό υγρό βάρος (βάρος υγρασίας ως προς ολικό βάρος απορριμμάτων). Αυτός είναι και ο συνήθης τρόπος και υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$M = \frac{(w - d)}{w} \quad (\%) \quad (\text{Εξ.1})$$

όπου  $M$  είναι η υγρασία (%),  $w$  το αρχικό βάρος των απορριμμάτων (δείγμα) και  $d$  το βάρος του δείγματος μετά από ξήρανση στους  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ .

(β). Με βάση το ξηρό βάρος (βάρος υγρασίας ως προς ξηρό βάρος απορριμμάτων) και υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$M = \frac{(w - d)}{W} \quad (\%)$$

(Εξ.2)

Η υγρασία γενικά κυμαίνεται από 25% έως 60%. Τυπικές τιμές για τον Ελλαδικό χώρο είναι 30% τον χειμώνα και 35% το καλοκαίρι. Το ποσοστό υγρασίας είναι σημαντικό σε ορισμένες διαδικασίες επεξεργασίας όπως η λιπασματοποίηση και η καύση, γι' αυτό και ο ακριβής προσδιορισμός της είναι σημαντικός. Μερικές τυπικές τιμές της περιεχόμενης υγρασίας των πιο συνηθισμένων τύπων απορριμμάτων δίνονται στον Πίνακα 7.

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

Πίνακας 7. Τυπικές τιμές υγρασίας απορριμμάτων (% κ.β.)

### (3.1.3). Θερμική Ενέργεια

Η θερμική ενέργεια των απορριμμάτων ενδιαφέρει ιδιαίτερα για τη διαδικασία της καύσης. Προσδιορίζεται πειραματικά με θερμιδόμετρο, ενώ εναλλακτικά μπορεί να εκτιμηθεί από βιβλιογραφικά δεδομένα.

Εάν είναι γνωστή η στοιχειακή σύνθεση των απορριμμάτων η ενέργεια μπορεί να εκτιμηθεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$Btu/lb = 145C + 610(H_2 - \frac{1}{8}O_2) + 40S + 10N \quad (Εξ.3)$$

όπου  $C$ ,  $H$ ,  $O$ ,  $S$ ,  $N$  είναι τα ποσοστά των στοιχείων % κατά βάρος.

### (3.1.4). Υδατοϊκανότητα

Η υδατοϊκανότητα ή αλλιώς χωρητικότητα υγρασίας είναι το μέγιστο ποσοστό υγρασίας που μπορούν να κατακρατήσουν τα απορρίμματα κάτω από το βάρος των υπερκείμενων στρωμάτων. Έχει ιδιαίτερη σημασία, επειδή προσδιορίζει την έναρξη παραγωγής στραγγισμάτων (εκχυλισμάτων) στις χωματερές. Η υδατοϊκανότητα εξαρτάται από την πίεση που ασκείται από τα υπερκείμενα στρώματα και το βαθμό αποσύνθεσης των απορριμμάτων. Στα «φρέσκα» απορρίμματα ανέρχεται περίπου στο 30% που όγκου των απορριμμάτων. Σε όρους μάζας το ποσοστό εκτιμάται σε 50-60% κατά βάρος (ολικό βάρος).

### (3.1.5). Διαπερατότητα

Η ειδική διαπερατότητα ή υδατοπερατότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα των στερεών απορριμμάτων είναι ιδιότητα που δίνει ένα μέτρο της ευκολίας κίνησης του νερού και των άλλων ρευστών μέσα από τα απορρίμματα. Η ειδική διαπερατότητα εξαρτάται αποκλειστικά από τα χαρακτηριστικά των



απορριμμάτων και συγκεκριμένα το πορώδες, την κατανομή των πόρων, την κατανομή μεγεθών και την ειδική επιφάνεια.

Η ειδική διαπερατότητα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$K = C \cdot d^2 \frac{\gamma}{\mu} = k \frac{\gamma}{\mu} \quad (\text{Εξ.4})$$

όπου  $K$  είναι ο συντελεστής διαπερατότητας,  $C$  είναι αδιάστατη σταθερά,  $d$  είναι το μέσο μέγεθος των κόκκων,  $\gamma$  το ειδικό βάρος του διερχόμενου ρευστού,  $\mu$  το δυναμικό ιξώδες του ρευστού και  $k$  η πραγματική διαπερατότητα. Η ειδική διαπερατότητα μέσα σε ένα ΧΥΤΑ λαμβάνει τιμές περίπου  $10^{-12}$  έως και  $10^{-11}$   $\text{m}^2$  στην κατακόρυφη διεύθυνση και  $10^{-10}$   $\text{m}^2$  στην οριζόντια διεύθυνση.

### (3.2). Χημικές Ιδιότητες

Η εξέταση των χημικών ιδιοτήτων των στερεών απορριμμάτων είναι αναγκαία για τη σωστή επιλογή του τρόπου τελικής διάθεσής τους, ιδιαίτερα αν μία από τις εξεταζόμενες λύσεις είναι και αυτή της καύσης με ταυτόχρονη ανάκτηση της εκλυόμενης θερμικής ενέργειας. Επομένως, η γνώση της χημικής σύστασης των απορριμμάτων είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό των διάφορων διαδικασιών επεξεργασίας, όπως είναι η ανάκτηση υλικών, η καύση και η λιπασματοποίηση. Οι σημαντικότερες χημικές ιδιότητες μπορούν να προσδιορισθούν με τις εξής μεθόδους:

- Προσεγγιστική χημική ανάλυση
- Τελική στοιχειακή ανάλυση
- Προσδιορισμός θερμοκρασίας σύντηξης (1100 - 1200 ° C)
- Προσδιορισμός θερμικής ενέργειας

### **(3.2.1). Προσεγγιστική Χημική Ανάλυση**

Η προσεγγιστική χημική ανάλυση διενεργείται για να προσδιορισθεί το εξαερώσιμο ποσοστό και η υγρασία των απορριμμάτων. Μετρώνται οι συνιστώσες:

- Υγρασία (απώλεια βάρους κατά τη θέρμανση στους 105 °C για 1 ώρα)
- Εξαερώσιμα στερεά (περαιτέρω απώλεια βάρους για θέρμανση στους 950°C)
- Τέφρα (στερεό υπόλειμμα)

### **(3.2.2). Τελική Στοιχειακή Ανάλυση**

Η στοιχειακή ανάλυση των στερεών απορριμμάτων περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των περιεκτικοτήτων του στοιχειακού άνθρακα, του οξυγόνου, του αζώτου, του θείου και της τέφρας (Πίνακας 4).

Λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος σχετικά με την εκπομπή χλωριωμένων ενώσεων κατά την καύση απορριμμάτων, πολλές φορές η στοιχειακή ανάλυση περιλαμβάνει και προσδιορισμούς περιεκτικότητας αλογόνων.

### **(3.2.3.). Θερμοκρασία Τήξης**

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

### **(3.2.4). Θερμαντική Ικανότητα**

Η καύση και γενικότερα η ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων συνδέεται με το ποσό της 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 θερμογόνος δύναμη του υλικού αυτού.

Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των υδρατμών που παράγονται κατά την καύση, η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται ως Ανώτερη (Gross) όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε υγρό και ως Κατώτερη (Net) όταν οι υδρατμοί παραμένουν στην αέρια φάση. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι για την εξάτμιση του νερού απαιτείται προσφορά ενέργειας, η οποία καλείται λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών.

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

Σημαντικές παράμετροι για τη δυνατότητα καύσης ενός υλικού είναι η περιεκτικότητά 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 των απορριμμάτων.

Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$A.Θ.Δ. = 80.8 * C + 344 * (H - 1/8O) + 25 * S \quad (Εξ.5)$$

όπου A.Θ.Δ.: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (kcal/kg)  
C: Άνθρακας, %  
H: Υδρογόνο, %  
O: Οξυγόνο, %  
S: Θείο, %

Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη υπολογίζεται αφαιρώντας από την ανώτερη θερμογόνο δύναμη τη λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών:

$$K.Θ.Δ. = A.Θ.Δ. - 580 \cdot (H+W)$$

(Εξ.6)

όπου K.Θ.Δ.: Κατώτερη θερμογόνος δύναμη (kcal/kg)  
 H: Υδρογόνο, %  
 W: Υγρασία, %

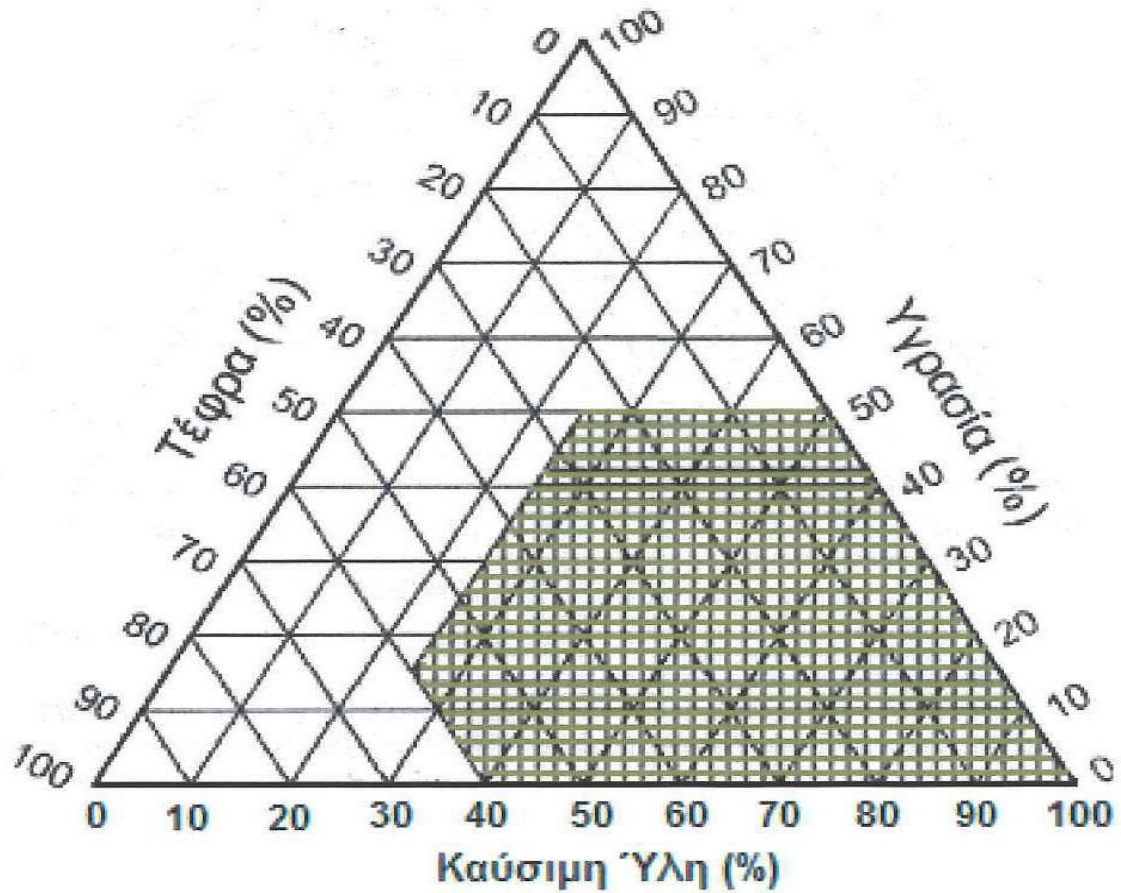
Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων μπορεί επομένως να εκτιμηθεί με βάση τη μέση σύσταση των απορριμμάτων και τη μέση θερμογόνο δύναμη της κάθε κατηγορίας. Η θερμογόνος δύναμη και το ενεργειακό περιεχόμενο στα Ελληνικά οικιακά απορρίμματα φαίνονται στον Πίνακα 8.

Υλικά	Περιεκτικότητα % κ.β.	Κ.Θ.Δ. Kcal/Kg	Ενέργεια στα 100 Kg/Kcal	Συμμετοχή στην ενέργεια, %
Χαρτί	20,0	3.960	79.300	32,3
Πλαστικά	8,5	7.700	65.450	26,7
Οργανικά	49,0	1.100	53.900	22
Γυαλί	4,5	33	748	-
Μέταλλα	4,5	165	742	-
ΔΛΞΥ	4,0	4.400	13.200	5,4
Αδρανή	5,0	30	150	-
Υπόλοιπα	5,5	5.770	31.735	12,9

Πίνακας 8. Θερμογόνος δύναμη & ενεργειακά στοιχεία στα Ελληνικά οικιακά απορρίμματα

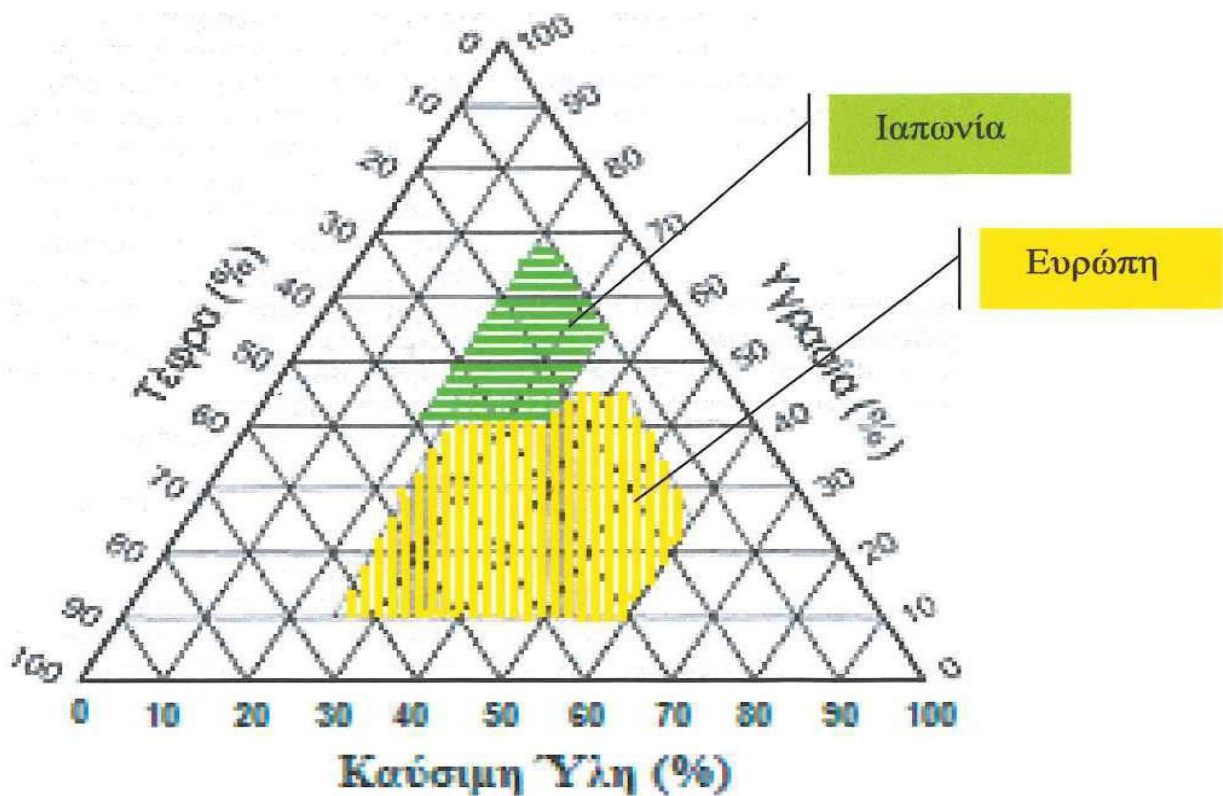
Σύμφωνα με τον Tanner, τα απορρίμματα καίγονται όταν η περιεκτικότητά τους σε νερό δεν ξεπερνά το 50%, η περιεκτικότητα σε τέφρα το 60% και η καύσιμη ύλη να είναι τουλάχιστον 25%, δηλαδή η κατώτερη θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων να είναι 3.350 kJ/kg.

Η περιοχή καύσης απορριμμάτων φαίνεται στο Σχήμα 2. Η περιοχή καύσης στα απορρίμματα που παράγονται σε χώρες της Ευρώπης και την Ιαπωνία φαίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 2. Περιοχή καύσης απορριμμάτων





Σχήμα 3. Σύσταση απορριμμάτων σε Ευρώπη & Ιαπωνία

#### (4). Θερμογόνος Δύναμη των ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας

##### (4.1). Εισαγωγικά Στοιχεία

Τα στερεά αστικά απορρίμματα χαρακτηρίζονται από τη θερμογόνο δύναμή τους, ανώτερη και κατώτερη. Το θερμικό περιεχόμενο των απορριμμάτων έχει ιδιαίτερη σημασία, ιδιαίτερα εάν η μέθοδος επεξεργασίας των αποβλήτων είναι η καύση.

Η θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ εξαρτάται τόσο από τη σύστασή τους όσο και από την περιεχόμενη υγρασία. Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται η σύσταση των ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας και η περιεχόμενη σε αυτά υγρασία.

	(% κ.β.)	Τόνοι/έτος	(% κ.β.)	(% κ.β.)
Υλικά	Ποιοτική Σύσταση	Ποσοτική Σύσταση	Μέση Υγρασία	Υγρασία ΑΣΑ
Οργανικά	48,5	48.500	70	33,950
Χαρτί & Χαρτόνι	22,0	22.000	6	1,320
ΔΛΞΥ	4,0	4.000	20	0,800
Πλαστικά	10,5	10.500	2	0,210
Αλουμίνιο & Σιδηρούχα	4,0	4.000	3	0,120
Γυαλί	3,0	3.000	2	0,060
Αδρανή	3,5	3.500	2	0,070
<b>ΣΥΝΟΛΟ :</b>	100,0	100.000		<b>36,755</b>

**Πίνακας 9. Ποσοτική, ποιοτική σύσταση & μέση υγρασία ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας**

Στον Πίνακα 10 γίνεται ο υπολογισμός των στοιχείων που περιέχονται στα ΑΣΑ Δυτικής Μακεδονίας (% κ.β.), καθώς και η περιεχόμενη σε αυτά ολική υγρασία.

Υλικά	C	H	O	N	Cl	S	H <sub>2</sub> O	Τέφρα
Οργανικά	8,70	1,24	6,23	0,55	0,18	0,03	29,10	2,47
Χαρτί - Χαρτόνι	7,48	1,01	6,93	0,04	0,06	0,04	4,69	1,74
ΔΛΞΥ	1,65	20,12	1,38	0,01	0,00	0,00	0,64	0,11
Πλαστικό	5,93	0,82	0,85	0,09	0,32	0,03	1,58	0,90
Αλουμίνιο - Σιδηρούχα	0,17	0,02	0,16	0,00	0,00	0,00	0,20	3,44
Γυαλί	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	2,91
Αδρανή	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	3,40
Διάφορα	1,36	0,18	1,00	0,09	0,01	0,01	1,58	0,27
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>25,31</b>	<b>23,39</b>	<b>16,58</b>	<b>0,78</b>	<b>0,58</b>	<b>0,12</b>	<b>37,91</b>	<b>15,25</b>

Πίνακας 10. Υπολογισμός στοιχείων που περιέχονται στα ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας

#### (4.2). Υπολογισμοί

Στο σημείο αυτό θα υπολογισθεί η θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ στη Δυτική Μακεδονία. Τα στοιχεία σύστασης των απορριμμάτων δίνονται στον παρακάτω πίνακα και προέρχονται από μετρήσεις της εταιρείας ΔΙΑΔΥΜΑ, η οποία εδρεύει και λειτουργεί στην Κοζάνη.



	%(κ.β.)	%(κ.β.)	Kcal/kggr	Kcal/kggr	%(κ.β.)
Υλικά	Σύσταση	Μέση Υγρασία	Κ.Θ.Δ. Υλικών	Κ.Θ.Δ. ΑΣΑ	Υγρασία
Οργανικά	48,5	70	1100	533,5	33,95
Χαρτί & Χαρτόνι	22	6	3960	871,2	1,32
ΔΛΞΥ	4	20	4400	176	0,8
Πλαστικά	10,5	2	7700	808,5	0,21
Αλουμίνιο & Σιδηρούχα	4	3	165	6,6	0,12
Γυαλί	3	2	33	0,99	0,06
Αδρανή	3,5	2	30	1,05	0,07
Διάφορα	4,5	5	5770	259,65	0,225
<b>ΣΥΝΟΛΟ :</b>	<b>100</b>			<b>2657,49</b>	<b>36,755</b>

Πίνακας 11. Υπολογισμός Κ.Θ.Δ. των ΑΣΑ Δυτικής Μακεδονίας

Για την εύρεση της θερμογόνου δύναμης των αστικών στερεών απορριμμάτων στη Δυτική Μακεδονία θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη θα υπολογισθεί από τη σχέση:

$$\text{Κ.Θ.Δ.} = \frac{\alpha\Theta_{\alpha} + \beta\Theta_{\beta} + \dots + \omega\Theta_{\omega}}{100} - \frac{600Y}{100} \quad (\text{Εξ.7})$$

όπου  $\alpha, \beta, \dots, \omega$  είναι η % κατά βάρος σύσταση των ΑΣΑ στα διάφορα υλικά (πλαστικά, οργανικά, χαρτί, κ.ά.),  $\Theta_{\alpha}, \Theta_{\beta}, \dots, \Theta_{\omega}$  είναι η κατώτερη θερμογόνος δύναμη των διαφόρων υλικών και  $Y$  η ολική υγρασία, όπως προκύπτει από την τελευταία στήλη του Πίνακα 11.

Βάζοντας τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα στην Εξίσωση 7, προκύπτει ότι η Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη των ΑΣΑ της Δ. Μακεδονίας είναι 2.430 kcal/kg ή 10.203,23 kJ/kg.

Η Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη προκύπτει από τη σχέση:

$$\text{Α.Θ.Δ.} = \text{Κ.Θ.Δ.} + 5,38W \quad (\text{Εξ.8})$$

όπου  $W$  είναι το % κατά βάρος ποσοστό του νερού στα προϊόντα της καύσης. Δίνεται από την εξίσωση:

$$W = Y + 9H \quad (\text{Εξ.9})$$

όπου  $H$  είναι το ολικό ποσοστό του υδρογόνου στα ΑΣΑ.

Βάζοντας τα δεδομένα στην παραπάνω εξίσωση, προκύπτει:

$$W = 37,91 + (9 \cdot 23,39) = 248,5$$



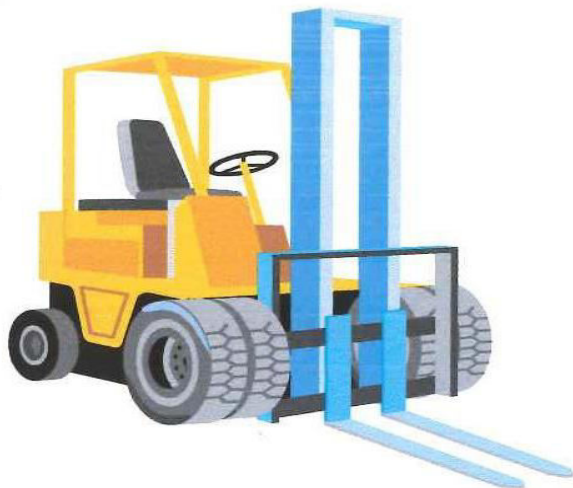
Οπότε:

$$A.Θ.Δ.=2.340+(5,83*248,5)=3.879 \text{ kcal/kg} \text{ ή } 16.240,6 \text{ kJ/kg.}$$

#### **(4.3). Συμπεράσματα**

Σκοπός των παραπάνω υπολογισμών ήταν η εύρεση της θερμογόνου δύναμης και της σύστασης των αστικών στερεών απορριμμάτων στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας.

Από την ανάλυση προέκυψε ότι η θερμογόνος δύναμη είναι 16.240,6 kJ/kg, η ολική υγρασία δεν ξεπερνά το 37,91% (Πίνακας 10) και η ολική τέφρα το 15,25% (Πίνακας 10), που σημαίνει ότι κρίνεται δυνατή η καύση τους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ & ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

### **(1). Εισαγωγή**

Το σύστημα εισαγωγής και τροφοδοσίας των απορριμμάτων περιλαμβάνει την είσοδο των απορριμματοφόρων στην εγκατάσταση, τη ζύγιση των απορριμμάτων, τους προκαταρκτικούς ελέγχους και τη δειγματοληψία, την τοποθέτηση των ΑΣΑ στην τάφρο και την παραλαβή τους από την αρπάγη της γέφυρας.

Για τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας των απορριμματοφόρων, θα πρέπει να είναι καθορισμένη η κατεύθυνση της κίνησής τους μέσα στην εγκατάσταση. Συγκεκριμένα ακολουθούνται τα εξής βήματα:

1. Είσοδος των απορριμματοφόρων στη γεφυροπλάστιγγα.
2. Όδευση προς το χώρο εκφόρτωσης.
3. Έξοδος από άλλη κατεύθυνση της εγκατάστασης.

### **(2). Ζύγιση Απορριμμάτων**

Για τη ζύγιση των απορριμμάτων υπάρχουν μηχανές φόρτωσης μέχρι 40 τόνους. Η ζύγιση των ΑΣΑ μπορεί να γίνει είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα. Στην περίπτωση αυτόματης ζύγισης, ο οδηγός εισάγει στη μηχανή μία κάρτα με τα στοιχεία του απορριμματοφόρου. Για την περίπτωση βλάβης, θα πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα χειροκινήτου ζύγισης ή ακόμα μίας μηχανής ως εφεδρικής. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του συστήματος ζύγισης των απορριμμάτων.

### **(3). Αποβάθρα**

Εμπρός από την τάφρο υποδοχής των απορριμμάτων απαιτείται ένας χώρος για τις μανούβρες των απορριματοφόρων, ο οποίος καλείται αποβάθρα. Ο χώρος θα πρέπει να είναι αρκετά πλατύς (15-20 m), για να είναι ευχερής η διακίνηση των απορριματοφόρων. Η υποδομή του θα πρέπει να είναι αρκετά ενισχυμένη λόγω της βαριάς κυκλοφορίας και να έχει ανάλογη έκταση για την ασφαλή και δίχως περιορισμούς κίνηση των απορριματοφόρων.

### **(4). Δειγματοληψία (Έλεγχος )**

Πριν από την καύση είναι απαραίτητος ένας έλεγχος των απορριμμάτων για τους ακόλουθους λόγους:

✓ Δεν επιτρέπεται να εισέρχονται στην τάφρο υλικά επικίνδυνα για τη λειτουργία της εγκατάστασης (για παράδειγμα εκρηκτικά).

✓ Πρέπει να αποκλείονται συγκεκριμένα υλικά, τα οποία 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 της αίθουσας είτε σε ειδική κυλιόμενη ταινία ελέγχου.

## **(5). Εκφόρτωση Απορριμμάτων**

Η εκφόρτωση των απορριμμάτων γίνεται με άδειασμα κατ' ευθείαν μέσα στην τάφρο, από τη μία ή και τις δύο πλευρές, ανάλογα με τη λύση που επιλέγεται. Για την αποφυγή τυχόν συγκρούσεων με την αρπάγη της κινητής γέφυρας, δίνεται μία κλίση από τη μεριά της αποβάθρας προς την τάφρο.

Για την αποφυγή της ανύψωσης της σκόνης έχουν εφαρμοσθεί διάφορα συστήματα (όπως η ύπαρξη κλειστής αίθουσας), με πιο αποτελεσματική τη δημιουργία ελαττωμένης πίεσης στο χώρο. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι η αναρρόφηση του αέρα με αεριστήρες και η διοχέτευση των αερίων στο φούρνο.

## **(6). Δυνατότητα Προεπεξεργασίας**

### **(6.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Στη συγκεκριμένη μελέτη θα υπολογισθεί Μονάδα Επεξεργασίας ΑΣΑ χωρίς τα ΑΣΑ να έχουν υποστεί προ - επεξεργασία με μηχανικό ή άλλο τρόπο. Δηλαδή, θα ασχοληθούμε με την καύση σύμμεικτων ΑΣΑ. Παρ' όλα αυτά, κρίνεται σκόπιμη η αναφορά της δυνατότητας προεπεξεργασίας των ΑΣΑ, η οποία δίνει RDF με υψηλή θερμογόνο δύναμη.

Η δυνατότητα προεπεξεργασίας με μηχανικό διαχωρισμό των ΑΣΑ για καύση του παραγόμενου RDF με ποσότητα βιολογικής λάσπης απλώς αναφέρεται, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για λεπτομερή μελέτη και σχεδιασμό ανάλογης Μονάδας Επεξεργασίας. Υπόψη ότι είναι δυνατόν να παράγονται από τα ΑΣΑ της περιοχής Δυτικής Μακεδονίας οι παρακάτω ποσότητες RDF:

- ✓ Το μήνα: 1.354 τόνοι
- ✓ Την ώρα: 5,43 τόνοι
- ✓ Την ημέρα: 130,2 τόνοι

## **(6.2). Τεχνικά Λειτουργικά Χαρακτηριστικά Μηχανήματος Μηχανικού Διαχωρισμού ΑΣΑ**

Το μηχάνημα είναι ένας οριζόντιος περιστρεφόμενος χαλύβδινος κύλινδρος όπου τα διάφορα είδη αποβλήτων τεμαχίζονται σε μικρά κομμάτια, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία ή για αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας.

Η περιστροφή του τυμπάνου γίνεται με 3,6 στροφές το λεπτό (rpm) και οδηγεί σε μία κατανομή των μαλακότερων συστατικών. Με την περιστροφή τα απόβλητα έρχονται σε επαφή με τα τοιχώματα του τυμπάνου, όπου με την τριβή συνθλίβονται.

Το μήκος του είναι περίπου 24 m και η εσωτερική διάμετρος 3,8 m. Αυτό το μέγεθος επιτρέπει την οικονομική λειτουργία με τη μεγαλύτερη αξιοπιστία και το χαμηλότερο κόστος συντήρησης. Η ικανότητα του τυμπάνου είναι συνήθως 20 τόνοι ανά ώρα συνεχούς λειτουργίας.

Ένα τυπικό τύμπανο εγκατάστασης Waste-To-Energy (WTE):

- ✓ Μπορεί να επεξεργασθεί πολλά είδη στερεών αποβλήτων.
- ✓ Επιτρέπει την επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων.
- ✓ Έχει τη δυνατότητα διαχωρισμού των οργανικών συστατικών.
- ✓ Είναι ιδανικό για εγκαταστάσεις Waste-To-Energy (WTE).

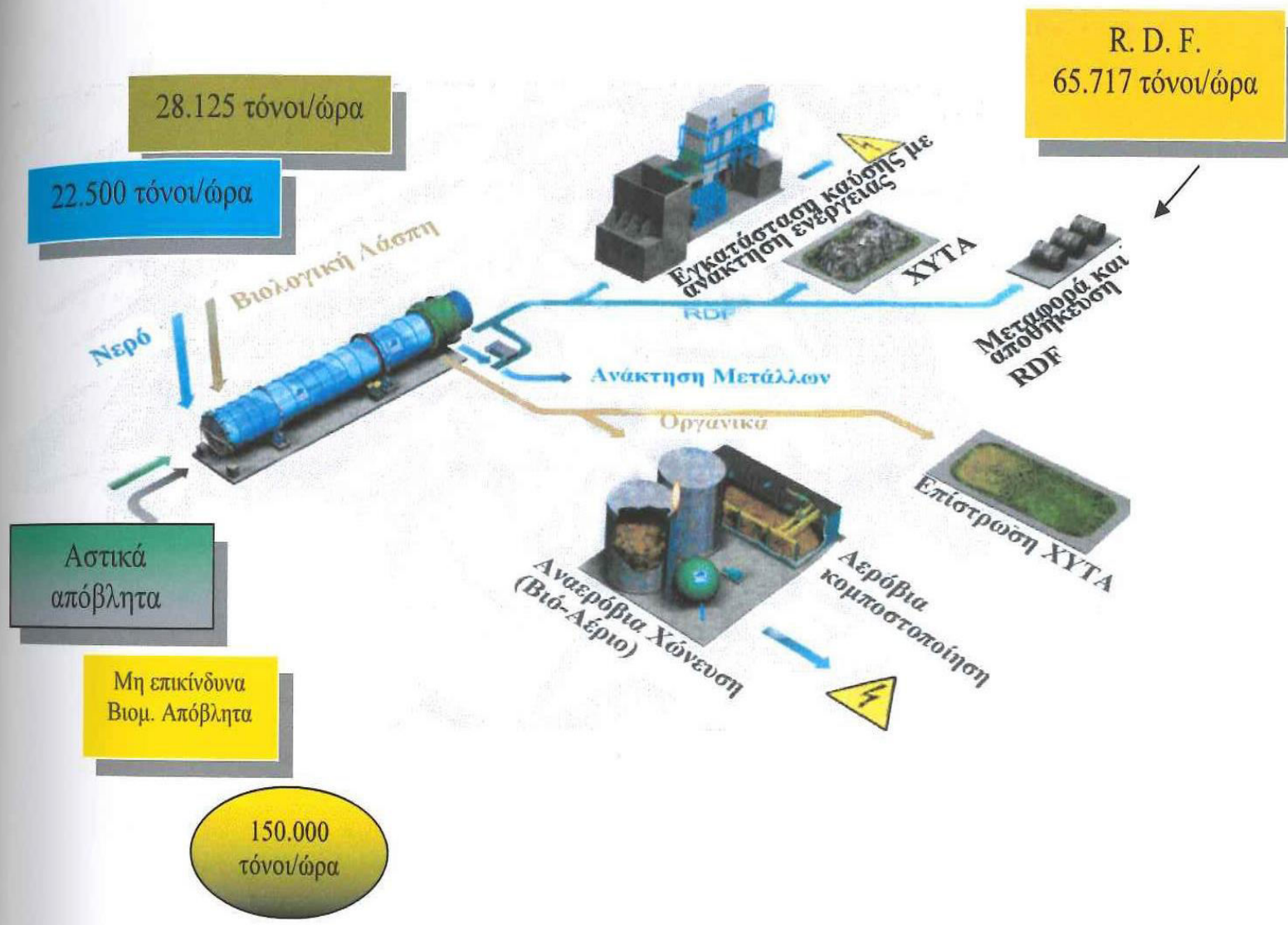
Γενικά, με τη χρήση τυμπάνου επιτυγχάνονται λιγότερες διακυμάνσεις και καλύτερες ιδιότητες των υλικών επεξεργασίας. Τέλος, αποκτάται μεγαλύτερη ποσότητα ατμού και ηλεκτρικού ρεύματος με συνεχή ροή.



Στον Πίνακα 1 καταγράφονται οι ποσότητες ενός τυπικού μηχανικού διαχωρισμού ΑΣΑ και στο Σχεδιάγραμμα 1 φαίνονται οι ποσότητες των υλικών που μπορούν να παραχθούν με μηχανικό διαχωρισμό.

	Kg	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	150.000,00	200.625,00
ΝΕΡΟ	22.500,00	11,21
ΛΑΣΠΗ	28.125,00	14,02
ΜΕΤΑΛΛΑ	8.970,00	4,47
ΜΕΤΑΛΛΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ	6.996,60	3,49
ΜΕΤΑΛΛΑ ΜΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ	1.973,40	0,98
R.D.F.	65.550,00	32,67
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ R.D.F.	4.916,25	2,45
ΣΤΑΧΤΕΣ	13.110,00	6,53
ΟΡΓΑΝΙΚΑ	97.807,50	48,75
ΑΔΡΑΝΗ ΔΙΑΧ. ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ	6.553,10	3,27
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΓΙΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ	91.254,40	45,49
ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ	52.197,52	26,02
ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟ ΑΕΡΟΒΙΟ	41.758,01	20,81

**Πίνακας 1. Τυπικός μηχανικός διαχωρισμός ΑΣΑ**



Σχεδιάγραμμα1. Μηχανικός διαχωρισμός ΑΣΑ

## **(7). Ομογενοποίηση & Στοιβάξη Απορριμμάτων**

### **(7.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Τα απορρίμματα που προορίζονται για καύση καλύπτουν ένα ιδιαίτερα μεγάλο εύρος υλικών και συστατικών, γεγονός το οποίο δημιουργεί σοβαρές περιπλοκές στις φάσεις της καύσης και του καθαρισμού των καυσαερίων.

Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση του απαιτούμενου εξοπλισμού δε μπορεί να γίνει για μέγιστες, αλλά για μέσες τιμές και, ως εκ τούτου, θα πρέπει να αποφευχθούν αιχμές και απότομες διακυμάνσεις των περιεκτικοτήτων σε επικίνδυνες ουσίες και της θερμογόνου δύναμης. Επίσης, πρέπει να περιορισθεί το μέγεθος των καιγόμενων απορριμμάτων με γνώμονα το χρόνο παραμονής τους στην εσχάρα καύσης (χρόνος αποτέφρωσης).

Οι παραπάνω στόχοι επιτυγχάνονται με θρυμματισμό και καλή ανάμιξη.

### **(7.2). Θρυμματισμός Ογκωδών Απορριμμάτων**

Τα ογκώδη απορρίμματα ανέκαθεν θρυμματίζονταν πριν καούν. Οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για την ποιότητα της καύσης και τον καθαρισμό των καυσαερίων έχουν τελευταία επιβάλλει το θρυμματισμό και άλλων απορριμμάτων που ανήκουν στις κατηγορίες «οικιακά» και «εμπορικά».

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 1 ή 2 κοπτήρες, δουλεύουν σε 20 έως 60 στροφές το λεπτό (rpm) και έχουν μηχανισμό αυτόματου φρεναρίσματος και μερικής αναστροφής σε περίπτωση υπερφόρτισης. Έχουν ικανότητα επεξεργασίας άνω των 20 τόνων την ώρα.

## (8). Τάφος Υποδοχής Απορριμμάτων

Ο γεωμετρικός όγκος της τάφρου υποδοχής απορριμμάτων προκύπτει από το γινόμενο του μήκους, του πλάτους και του βάθους της. Το βάθος μετριέται από την αποβάθρα εκφόρτωσης μέχρι τον πυθμένα της τάφρου. Η πλήρωση της τάφρου, λόγω σχηματισμού ενός πρανούς  $45^\circ$ , είναι μερική. Ο συντελεστής πλήρωσης είναι μικρότερος από 1 και ισούται με 0,5 στην περίπτωση μίας τετράγωνης τάφρου.

Με τη χρήση κινητής γέφυρας μπορεί να αυξηθεί το ωφέλιμο ύψος αποθήκευσης πάνω από τη στάθμη της αποβάθρας εκφόρτωσης. Μπορούν δε να χρησιμοποιηθούν και παραπετάσματα, τα οποία όμως εμποδίζουν την εκφόρτωση των απορριμματοφόρων.

Μία τάφος υποδοχής απορριμμάτων με κινητή γέφυρα παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Τάφος υποδοχής απορριμμάτων με κινητή γέφυρα

### (8.1). Αποθήκευση (διάρκεια & διαστάσεις)

Τα κριτήρια για την εκλογή των διαστάσεων και τον προσδιορισμό του όγκου της τάφρου, είναι:

- ✓ Η ημερήσια δυναμικότητα καύσης για τη μέγιστη λειτουργία.
- ✓ Οι περισσότερο επιβαρημένες ημέρες συλλογής κατά τη διάρκεια της εβδομάδας.
- ✓ Οι εποχιακές μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους.
- ✓ Η μεταβολή της πυκνότητας των απορριμμάτων μέσα στην τάφρο.

Οι τάφροι απορριμμάτων διαστασιολογούνται για ενδιάμεση αποθήκευση ποσότητας 3-5 ημερών.

Υπολογισμοί σχετικοί με τη χωρητικότητα της τάφρου φαίνονται στον Πίνακα 2. Υποθέτουμε ότι η πυκνότητα των απορριμμάτων είναι  $300 \text{ Kg/m}^3$  και η εγκατάσταση υποδοχής της τάφρου λειτουργεί 24 ώρες το 24ωρο.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
Βάρος απορριμμάτων (Kg/h )	18.000
Όγκος Απορριμμάτων ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	60
Πυκνότητα ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	300
Ικανότητα αποθήκευσης τάφρου (ημέρες)	3-5
Βάρος απορριμμάτων ( Kg/ day)	432.000
Βάρος απορριμμάτων (Kg/ 4day )	1.728.000
Όγκος απορριμμάτων ( $\text{m}^3/ 4\text{day} \pm 10\%$ )	6336
Όγκος τάφρου ( $\text{m}^3$ )	6.336
Ακμή Κύβου (m)	18,5
Μήκος (m)	40
Πλάτος(m)	20
Βάθος (m)	8

Πίνακας 2. Υπολογισμός της τάφρου υποδοχής των ΑΣΑ περιοχής Δ. Μακεδονίας



## **(8.2). Ζώνες Τάφρου**

Η τάφρος χωρίζεται στις ακόλουθες επιμέρους ζώνες:

- ✓ Ζώνη ξεφορτώματος
- ✓ Ζώνη ανάμιξης
- ✓ Ζώνη στοιβάγματος (κλίση του σωρού: 80-85°).

## **(8.3). Είδη Τάφρων**

Υπάρχουν δύο κύριες κατασκευαστικές παραλλαγές της τάφρου:

- ✓ Η τάφρος βάθους
- ✓ Η επιφανειακή τάφρος

Οι σημερινές υψηλές απαιτήσεις σε μία μονάδα καύσης απορριμμάτων μπορούν να εκπληρωθούν καλύτερα με την επιφανειακή τάφρο, αλλά στην πράξη να προτιμάται κάποια μέση λύση μεταξύ των δύο (επιφανειακή και βάθους).

### **(8.3.1). Τάφρος Βάθους**

Η τάφρος 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 αυτανάφλεξης (σε περιπτώσεις μεγάλου στοιβάγματος) και ο περιορισμένος διατιθέμενος χώρος (πλάτος τάφρου) για την ανάμειξη των απορριμμάτων.

### **(8.3.2). Επιφανειακή Τάφρος**

Στην επιφανειακή τάφρο, 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 φθινή θεμελίωση και ο επαρκής διαθέσιμος χώρος για ανάμιξη των απορριμμάτων. Στα μειονεκτήματα κατατάσσονται η μεγάλη διαδρομή του γερανού και οι υψηλές απαιτήσεις σε επιφάνεια.

Ως ζώνη στοιβάγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί εν μέρει και η ζώνη εκφόρτωσης (με κλειστές τις θύρες των θέσεων εκφόρτωσης), αλλά πρέπει πάντοτε να υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις εκφόρτωσης (τουλάχιστον 4). 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 απ' ευθείας στην εστία καύσης.

### **(8.3.3). Πυροπροστασία στο Χώρο της Τάφρου**

Η τάφρος έχει αποδειχθεί το τμήμα εκείνο της εγκατάστασης καύσης με την υψηλότερη επικινδυνότητα έναντι πυρκαγιών. Ιδιαίτερα προβληματικός έχει αποδειχθεί ο έγκαιρος εντοπισμός πυρκαγιών, καθώς συνήθη φαινόμενα κατά τη λειτουργία αποτελούν τα σύννεφα σκόνης, τα οποία καθιστούν δύσκολο τον άμεσο εντοπισμό καπνού. Μέχρι στιγμής όλα τα αυτόματα συστήματα πυροπροστασίας έχουν αποδειχθεί αναξιόπιστα.

Ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέτρο πυρόσβεσης αποτελεί η ανύψωση του καιγόμενου πυρήνα με το γερανό, ο οποίος μπορεί κατόπιν να οδηγηθεί απευθείας στην εστία καύσης (αφού ενδεχομένως εκκενωθεί προηγουμένως το φρεάτιο τροφοδοσίας). Λόγω των παραπάνω είναι επιβεβλημένη η ιδιαίτερη προστασία του γερανού και της καμπίνας οδήγησης από τις επιπτώσεις μίας πυρκαγιάς.

Δόκιμα μέτρα για το σκοπό αυτό είναι:

- ✓ Προσαγωγή στην καμπίνα αέρα αναρροφούμενου από μία περιοχή ασφαλή από καπνό μέσω αγωγού προστατευμένου από φωτιά.
- ✓ Προστασία των παραθύρων της καμπίνας από την ακτινοβολούμενη θερμότητα.
- ✓ Τηλεχειρισμός του γερανού.
- ✓ Εγκατάσταση του εξοπλισμού λειτουργίας και ρύθμισης του γερανού σε δωμάτιο ασφαλές από φωτιά.
- ✓ Εγκατάσταση ψεκασμού για τα καλώδια επί της γερανογέφυρας.

Κατά το σχεδιασμό του καλύμματος της αίθουσας της τάφρου 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.

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 αίθουσα της τάφρου ως πρωτεύων αέρας καύσης.

## **(9). Κινητή Γέφυρα & Γερανός**

### **(9.1). Κινητή Γέφυρα**

#### **(9.1.1). Γενικά Στοιχεία**

Κατά κανόνα υπάρχουν δύο γερανογέφυρες, με τη μία ως εφεδρική. Μία γερανογέφυρα θα πρέπει να είναι σε θέση να αντεπεξέλθει σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Η ισχύς προδιαγράφεται έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στο διπλάσιο της τροφοδοσίας της εσχάρας.

Για μία εγκατάσταση με ικανότητα επεξεργασίας 15~20 τόνους/ώρα η γερανογέφυρα θα πρέπει να προδιαγραφεί για διπλάσια ικανότητα. Δηλαδή 30~ 40 τόνους/ώρα.

Με ένα σύνηθες περιεχόμενο μίας λήψης (αρπάγης) της τάξης των 3~6 m<sup>3</sup> (ή 1~2 τόνους) και για καύση 18 τόνους/ώρα (κατά μέσο όρο), η προδιαγραφή της γερανογέφυρας αντιστοιχεί σε 18 κύκλους (διαδρομές) λειτουργίας/ ώρα, οι οποίες θα διεξάγονται σε πλάτος τάφρου μέχρι και 60 m.

Η κινητή γέφυρα περιλαμβάνει δύο κινητές δοκούς που τα άκρα τους κινούνται πάνω σε ρουλεμάν, ένα κινητό αμαξάκι, το μηχανισμό μετάθεσης και το μηχανισμό ανοίγματος και ανύψωσης της αρπάγης.

Η κινητή γέφυρα καθορίζεται από την ποσότητα των απορριμμάτων που μπορεί να διαχειρισθεί ωριαίως, λαμβανομένων υπόψη των κατωτέρω:

- ✓ Ενός συντελεστού χρησιμοποίησης μικρότερου της μονάδος, 60-80 %, λόγω των αναπόφευκτων διακοπών κατά τον κύκλο λειτουργίας.
- ✓ Την ανάγκη εξομάλυνσης της στάθμης των απορριμμάτων της τάφρου.

### **(9.1.2). Ταχύτητα Κινήσεως**

Οι ταχύτητες της κινητής γέφυρας (ανύψωση, μεταφορά, κατεύθυνση) μεταβάλλονται από 30 έως 90 μέτρα το λεπτό (m/min).

### **(9.1.3). Κύκλος Λειτουργίας**

Ο κύκλος λειτουργία της γέφυρας περιλαμβάνει τις ακόλουθες εργασίες:

- ✓ Λήψη απορριμμάτων
- ✓ Ανύψωση, μετάθεση
- ✓ Κατεύθυνση προς τη χοάνη
- ✓ Άνοιγμα της αρπάγης και άδειασμα στη χοάνη
- ✓ Επάνοδος
- ✓ Κάθοδος με ανοικτή την αρπάγη στην τάφρο απορριμμάτων

Ο κύκλος λειτουργίας κινητής γέφυρας για καύση 18 τόνων ΑΣΑ / ώρα (κατά μέσο όρο) φαίνεται στον Πίνακα 3.

## ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Συνολικός χρόνος για 1 κύκλο ή μία (1) διαδρομή (sec)	180
Συνολικός χρόνος για 18 κύκλους (sec)	3.240
Κύκλοι (Φορτώσεις ή διαδρομές ανά ώρα)	18
Λειτουργία σε πλάτος τάφρου (m)	20
Λειτουργία σε μήκος τάφρου (m)	40
Παλινδρομική ταχύτητα $u = 30-90$ (m/min)	30
Λειτουργία σε μέγιστο πλάτος (m)	60

Πίνακας 3. Υπολογισμός κύκλου λειτουργίας της κινητής γέφυρας φορτοεκφόρτωσης & τροφοδοσίας με ΑΣΑ περιοχής Δυτικής Μακεδονίας

### (9.1.4). Αρπάγη & Σύστημα Ελιγμών

Η αρπάγη (κάδος) θα πρέπει να έχει ένα συγκεκριμένο βάρος για να μπορεί να εισχωρεί μέσα στα απορρίμματα. Αυτό οδηγεί σε μία ελάχιστη χωρητικότητα, ίση προς 1000 έως 1500 λίτρα.

Η κίνησή της γίνεται με καλώδια, δύο για την ανύψωση και δύο για το άνοιγμα και κλείσιμο. Η κινητή γέφυρα μπορεί να είναι χειροκίνητη, ημιαυτόματη ή αυτόματη.

Η χειροκίνηση γίνεται είτε μέσα από την καμπίνα που τοποθετείται πάνω στη γέφυρα είτε από ένα ορισμένο μέρος, το οποίο έχει θέα προς την τάφρο απορριμμάτων. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συσκευή τηλεόρασης για τη διεύθυνση των εργασιών.

Στην ημιαυτόματη κίνηση, οι ελιγμοί (μανούβρες) είναι χειροκίνητοι, ενώ οι ελιγμοί για τη φόρτιση του φούρνου και την επαναφορά της αρπάγης είναι αυτόματοι.

Όσον αφορά τον πλήρη αυτοματισμό, θα πρέπει να προβλέπεται και δυνατότητα χειροκίνησης του συστήματος, για την περίπτωση βλάβης στη μετάδοση των κινήσεων.



## **(9.2). Γερανός**

### **(9.2.1). Γενικά Στοιχεία**

Οι λειτουργίες που επιτελεί ο γερανός είναι:

- ✓ Η διαρκής κένωση των θέσεων εκφόρτωσης.
- ✓ Η ανάμειξη των απορριμμάτων.
- ✓ Το στοίβαγμα των απορριμμάτων.

### **(9.2.2). Βοηθητικός Εξοπλισμός**

Ο προβλεπόμενος βοηθητικός εξοπλισμός του γερανού περιλαμβάνει αυτοματισμούς οδήγησης και λήψης όπως και πρόβλεψη για ζύγισμα.

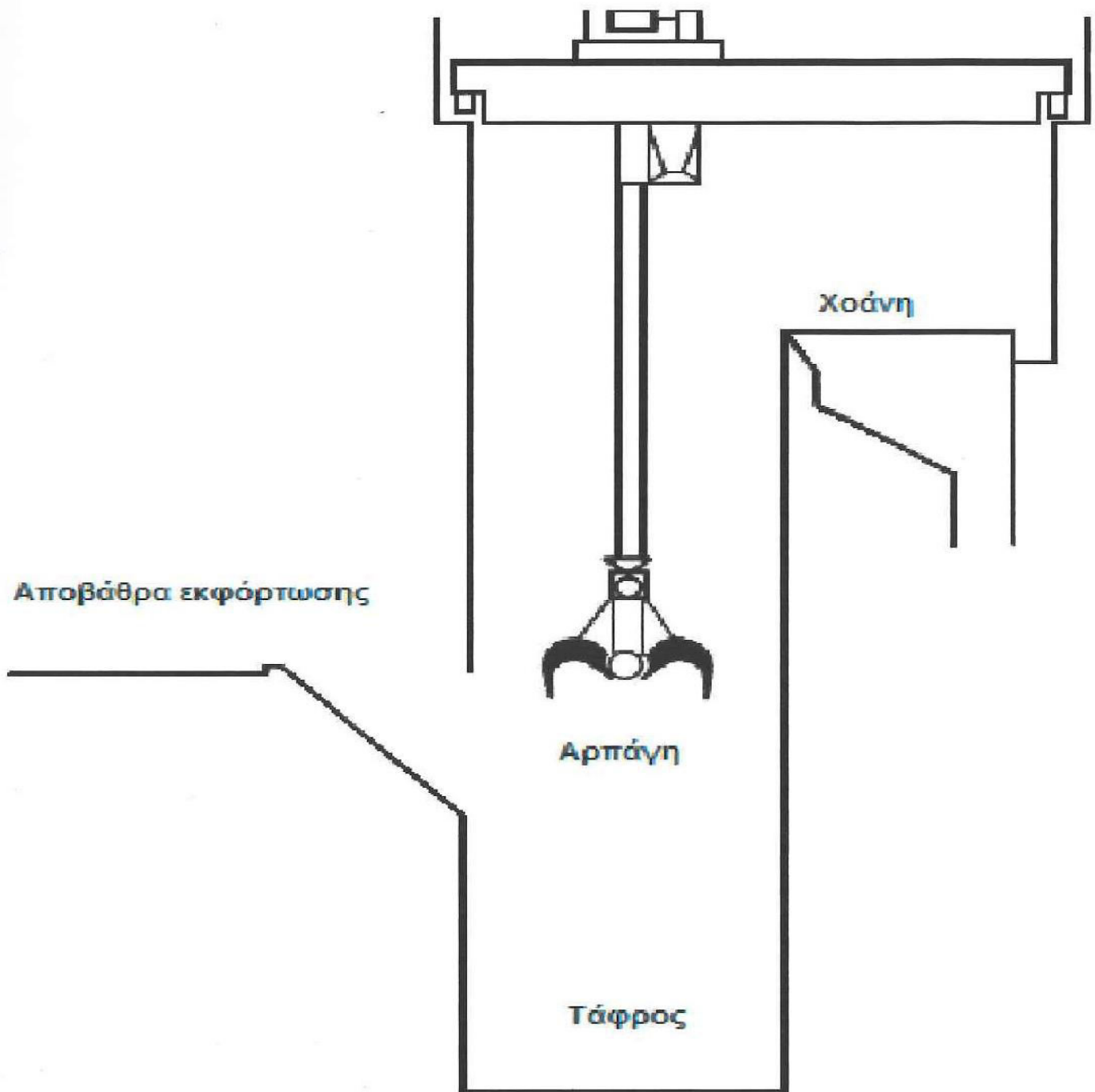
Η λειτουργία των γερανών επιβλέπεται από τον οδηγό σε μία εξωτερική καμπίνα, η οποία μπορεί να εγκατασταθεί σε διάφορα σημεία, όπως στον τοίχο κατά μήκος της τάφρου (είτε απέναντι στις θέσεις εκφόρτωσης είτε απέναντι στις χοάνες τροφοδοσίας), σε έναν πλευρικό τοίχο (συντά μαζί με τη βάρδια) ή και στους δύο πλευρικούς τοίχους (ένας πλευρικός τοίχος αντιστοιχεί σε κάθε γερανογέφυρα).

Για καμμία από τις παραπάνω θέσεις δεν είναι εύκολα προσπελάσιμες ταυτοχρόνως όλες οι ζώνες (χοάνη, θέσεις εκφόρτωσης, ζώνη στοίβαγματος, ζώνη ανάμειξης) 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 φυσήματος) για καθαρισμό των τζαμικών.
- ✓ Εξασφαλισμένη οδός διαφυγής σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- ✓ Τουαλέτα.

Στην Εικόνα 2 φαίνεται σχηματικά το σύστημα εισαγωγής αστικών στερεών απορριμμάτων.



Εικόνα 2. Σύστημα εισαγωγής ΑΣΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

### ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ



#### **(1). Εισαγωγή**

Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων, περιλαμβάνουν ως κυρίαρχη την καύση (αποτέφρωση) των ΣΑ και πιο πρόσφατα αναπτυσσόμενες την πυρόλυση και την αεριοποίηση, ενώ διαρκώς ερευνώνται και αναπτύσσονται νέες τεχνικές ή βελτιωμένες παραλλαγές τους.

Με έμφαση στα βασικά τους πλεονεκτήματα (μείωση όγκου και βάρους ΣΑ, απουσία παθογόνων παραγόντων, μικρές απαιτούμενες εκτάσεις) και ιδιαίτερα βαρύνουσα τη δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας, έχει καταφέρει να εμφανίζει αυξητική τάση διεθνώς και να κατατάσσεται ως δεύτερη τεχνολογία διάθεσης ΣΑ, μετά την υγειονομική ταφή.

Επί του παρόντος από τις μεθόδους αυτές, η μέθοδος της καύσης (αποτέφρωση) θεωρείται πλέον αξιόπιστη για σύμμεικτα ΑΣΑ, ενώ η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η παραλλαγές τους εμφανίζουν μεν αυξημένα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, ακόμη όμως εμφανίζουν αυξημένη ευαισθησία στα σύμμεικτα ΑΣΑ. Προσφέρουν όμως πολύ αξιόπιστες λύσεις στον τομέα των προδιαλεγμένων κατηγοριών ΑΣΑ (καύσιμο κλάσμα – RDF, χαρτί, πλαστικά, ελαστικά κ.ά.).

## **(2).Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα**

### **(2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Στις τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας των Στερεών Αποβλήτων (ΣΑ) περιλαμβάνονται κατά κύριο λόγο η καύση και δευτερευόντως η πυρόλυση και η αεριοποίηση, ενώ νέες μέθοδοι ή τροποποιήσεις αυτών δοκιμάζονται και αναπτύσσονται συνεχώς. Κυρίαρχη θέση μεταξύ τους κατέχει η καύση των ΣΑ, με πολύ μεγαλύτερα ποσοστά εφαρμογής από τις υπόλοιπες εναλλακτικές τεχνολογίες.

Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας, και κυρίως η καύση όσον αφορά τα σύμμεικτα Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ), είναι μία δοκιμασμένη μέθοδος διεθνώς, με μακρόχρονη παρουσία σε πολλές χώρες, με αξιόπιστα αποτελέσματα και με διαρκή τεχνολογική εξέλιξη.

Σήμερα οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας κατέχουν τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και παγκοσμίως τη δεύτερη θέση στη διάθεση των ΣΑ (μετά την υγειονομική ταφή), ενώ σε ορισμένες χώρες εμφανίζονται ως η κυρίαρχη τεχνολογία.

Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας, μπορεί είτε να εφαρμόζονται αυτόνομα ως αποκλειστική μέθοδος επεξεργασίας των ΣΑ, είτε να συνδυάζονται με άλλες μεθόδους επεξεργασίας των ΣΑ (για παράδειγμα Μηχανική Διαλογή, Λιπασματοποίηση, κ.ά.).

Τη διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων επηρεάζουν οι ακόλουθοι παράμετροι:

- ✓ η ομοιογένεια
- ✓ το μέγεθος των κόκκων ή τεμαχίων καθώς και η κατανομή τους
- ✓ η ειδική επιφάνειά τους
- ✓ η θερμική τους αγωγιμότητα
- ✓ η θερμοκρασία ανάφλεξης
- ✓ η δυνατότητα αποθήκευσης
- ✓ το ειδικό βάρος

- ✓ η θερμογόνος δύναμη της καύσιμης ύλης
- ✓ η ποσοτική σύνθεση της καύσιμης ύλης, τέφρα και νερό
- ✓ η περιεκτικότητα σε πτητικά
- ✓ η περιεκτικότητα σε επικίνδυνες ουσίες
- ✓ το σημείο τήξης της τέφρας

## **(2.2). Πλεονεκτήματα Τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας ΣΑ**

Κάποια από τα πλεονεκτήματα των τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας των στερεών απορριμμάτων είναι:

- ✓ Μείωση του όγκου των ΣΑ
- ✓ Μείωση του βάρους των ΣΑ
- ✓ Πλήρης απουσία παθογόνων παραγόντων στα προϊόντα
- ✓ Απαίτηση μικρών εκτάσεων
- ✓ Εκμετάλλευση της ενέργειας των ΣΑ.: Μέσω των τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας, γίνεται δυνατή η πληρέστερη εκμετάλλευση της περιεχόμενης στα ΣΑ ενέργειας. Η διάθεσή της μπορεί να είναι είτε ως ηλεκτρική είτε ως θερμική ενέργεια είτε επιπλέον (για την πυρόλυση/αεριοποίηση) ως ελαιώδης καύσιμη ύλη
- ✓ Είναι η μόνη ή η πλέον αξιόπιστη τεχνολογία, για ορισμένα είδη αποβλήτων: νοσοκομειακά, ή ορισμένες κατηγορίες τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων
- ✓ Είναι η μόνη ή η πλέον αξιόπιστη τεχνολογία διάθεσης



Εκτός των ανωτέρω κύριων πλεονεκτημάτων, οι μονάδες θερμικής επεξεργασίας συνοδεύονται και από άλλα δευτερεύοντα πλεονεκτήματα, όπως για παράδειγμα η μείωση των εκπομπών του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ επιτρέπει και τη μερική ανάκτηση υλικών προς αξιοποίηση

### **(2.3). Μειονεκτήματα & Προβληματισμοί**

✓ **Αυξημένο κόστος κατασκευής:** οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος κατασκευής, το υψηλότερο από τις άλλες τεχνολογίες ΔΣΑ. Το 30-50% του συνολικού κόστους επένδυσης, στις νέες εγκαταστάσεις, αντιστοιχεί στην τεχνολογία για την προστασία του περιβάλλοντος.

✓ **Αυξημένο κόστος λειτουργίας:** Γενικά, οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας χαρακτηρίζονται από μεγάλο κόστος λειτουργίας, συνήθως το μεγαλύτερο από τις άλλες τεχνολογίες ΔΣΑ. Παρ' όλα αυτά, το κόστος διαφέρει πολύ από μονάδα σε μονάδα, ενώ στις σύγχρονες μονάδες, έχει μειωθεί σημαντικά. Το κόστος μειώνεται δραστικά, όσο αυξάνεται η δυναμικότητα της μονάδας.

✓ **Απαιτήση αυξημένων πληθυσμών:** Ιδιαίτερα οι μονάδες καύσης, απαιτούν μία ελάχιστη δυναμικότητα ώστε να κρίνονται οικονομικά βιώσιμες. Έτσι δύσκολα μπορεί να εφαρμοσθούν σε μικρές πληθυσμιακές ενότητες. Ένας εκτιμώμενος ελάχιστος εξυπηρετούμενος πληθυσμός για μονάδες καύσης είναι 80.000 κάτοικοι, αλλά μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία. Η πυρόλυση πλεονεκτεί προς το σημείο αυτό, αφού μπορεί να εφαρμοσθεί και για μικρές ποσότητες ΣΑ.

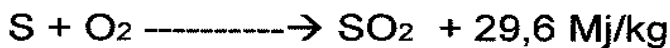
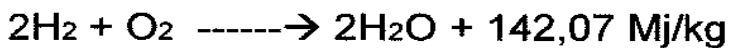
✓ **Πλην της καύσης,** οι υπόλοιπες τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας, χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητες για σύμμεικτα ΑΣΑ. Η λειτουργία μονάδων πυρόλυσης και αεριοποίησης με ΑΣΑ έχει αναδείξει σημαντικά προβλήματα. Όμως η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών για κλάσματα των ΣΑ (για παράδειγμα RDF – καύσιμο κλάσμα, χαρτί, πλαστικά, ξύλα, ελαστικά κ.ά.) έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα.

### (3). Καύση

#### (3.1). Εισαγωγικά Στοιχεία

Ορισμός: Ως καύση ορίζεται η εξώθερμη χημική αντίδραση κατά την οποία το οξυγόνο αντιδρά με κάποιο είδος καυσίμου εκλύοντας θερμότητα.

Οι βασικές αντιδράσεις που περιγράφουν τα παραπάνω φαινόμενα είναι:



Σημαντική για την καύση είναι η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου, η θερμότητα δηλαδή που ελευθερώνει 1kg καυσίμου όταν καίγεται. Υπάρχει ανώτερη και κατώτερη θερμογόνος δύναμη και η σχέση που ισχύει μεταξύ τους είναι :

$$H_u = H_o - 600(h + w) \quad (\text{kcal/kg}) \quad (\text{Εξ.1})$$

όπου  $H_u$  η κατώτερη θερμογόνος δύναμη,  $H_o$  η ανώτερη θερμογόνος δύναμη,  $h$  η % αναλογία  $H_2$  και  $w$  η % αναλογία υγρασίας του καυσίμου.  $600\text{kcal/kg}$  είναι η θερμότητα ατμοποίησης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση.

Η ειδική επιφάνεια και η αγωγιμότητα επηρεάζουν την ταχύτητα της θερμικής διαδικασίας. Η επίδραση αυτών των παραμέτρων είναι δύσκολο να προσδιορισθεί, λόγω της ανομοιογένειας του υλικού.

Η θερμοκρασία ανάφλεξης επηρεάζει την ικανότητα αντίδρασης και αυξάνεται από την περιεκτικότητα σε πτητικά. Η θερμοκρασία ανάφλεξης υπολογίζεται στους  $400^\circ\text{C}$ .

Η πυκνότητα των απορριμμάτων εξαρτάται από την υγρασία τους και κυμαίνεται στην περιοχή 150 - 350 kg/m<sup>3</sup>.

Η περιεκτικότητα σε τέφρα των οικιακών απορριμμάτων κυμαίνεται στην περιοχή 26 - 33 % κ.β..

Η υγρασία των απορριμμάτων είναι 25 - 50 % κ.β..

Σε περίπτωση που απομακρυνθεί το χαρτί (πολύ δύσκολο), τότε η θερμογόνος δύναμη μειώνεται στις 2070 kcal/kg, δηλαδή παρατηρείται μείωση κατά 15,3 %.

*Η αυτοδυναμία στην καύση επιτυγχάνεται με κατώτερα θερμογόνα δύναμη 1.450 kcal/kg, άρα και σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει πρόβλημα καύσης.*

### **(3.2). Βασικά Χαρακτηριστικά Καύσης Απορριμμάτων**

Τα βασικά χαρακτηριστικά της καύσης είναι:

- ✓ Η φλόγα (μέτωπο, ταχύτητα, θερμοκρασία, σταθερότητα).
- ✓ Η θερμοκρασία φλογοθαλάμου.
- ✓ Ο έλεγχος φλόγας.
- ✓ Ο χρόνος παραμονής της καύσιμης ύλης και των αερίων που παράγονται.

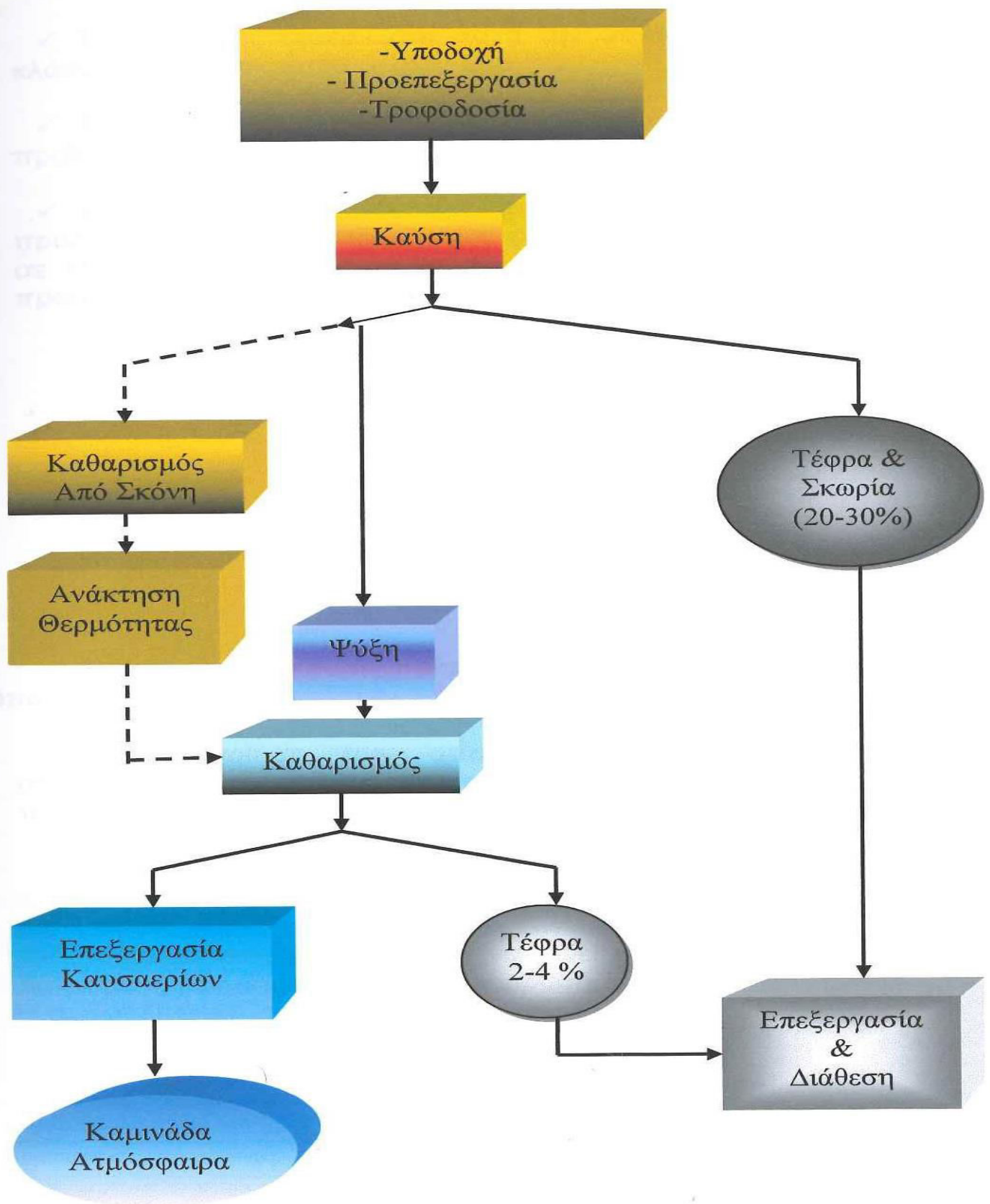
Η φλόγα είναι η ζώνη που λαμβάνουν χώρα οι αντιδράσεις της καύσης και παράγεται ορατή ακτινοβολία. Το μέτωπο της φλόγας ορίζεται ως η περιοχή μεταξύ του μίγματος των απορριμμάτων-αέρα και των προϊόντων της καύσης. Όλες οι αντιδράσεις στην καύση είναι εξώθερμες και σε μια πλήρη καύση, από τους υδρογονάνθρακες σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα, αιθάλη και ελεύθερες ρίζες.

Η πραγματική θερμοκρασία της φλόγας διαφέρει από την θεωρητική, γιατί υπάρχουν απώλειες. Το σύνολο των απωλειών κατά την καύση κυμαίνεται από 7-32% και αφορά: τα καυσαέρια 6-20%, τα άκαυστα υλικά 0.5-3.5% και τις απώλειες θερμότητας από τα άκαυστα αέρια καύσιμα 0-3%.

Η θερμοκρασία του φλογοθαλάμου εξαρτάται από την θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων, τον σχεδιασμό του φλογοθαλάμου, την παροχή του αέρα, και τον έλεγχο της καύσης. Έλεγχος της θερμοκρασίας σημαίνει έλεγχος του μίγματος αέρα-καύσιμης ύλης και της μεταφοράς θερμότητας.

Όλες οι μονάδες καύσης χρησιμοποιούν για την καταστροφή του κλάσματος το οποίο καίγεται στα απορρίμματα, *αέρα και θερμότητα*. Για το λόγο αυτό οι υπολογισμοί για την καύση είναι βασικά οι ίδιοι για κάθε σύστημα.

### (3.3). Διαδικασία της Καύσης



Σχεδιάγραμμα 1. Η διαδικασία της καύσης



Η καύση ακολουθεί τέσσερις φάσεις:

- ✓ Τη φάση της ξήρανσης του υλικού με εξάτμιση νερού σε θερμοκρασίες λίγο πάνω από τους 100 °C
- ✓ Τη φάση της εξαερίωσης κατά την οποία απομακρύνεται το πτητικό κλάσμα σε θερμοκρασία αερίου 250 °C
- ✓ Τη φάση της έναυσης, όπου ο άνθρακας μετατρέπεται σε αέρια προϊόντα σε θερμοκρασία 500- 600°C
- ✓ Τη φάση της αποτέφρωσης, όπου οξειδώνονται πλήρως τα αέρια που προήλθαν από τις προηγούμενες φάσεις. Η αποτέφρωση λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία 800-1100 °C και τα αέρια που προήλθαν από τις προηγούμενες φάσεις οξειδώνονται πλήρως.

Η διαδικασία της καύσης φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 1.

### **(3.4). Προεπεξεργασίες Καύσης**

Πριν από την καύση πρέπει να προηγηθούν ορισμένες επεξεργασίες όπως:

- ✓ Ομογενοποίηση των απορριμμάτων: Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη και πραγματοποιείται μέσα στο φούρνο, μέσω κινητών προωθούμενων εσχάρων ή μέσω θραύσης των απορριμμάτων.
- ✓ Ενδεχομένη διαλογή: Αφαίρεση του σιδήρου μέσω μαγνητών, καθώς και άλλων αξιόλογων υλικών.
- ✓ Λιπασματοποίηση: Μπορεί να γίνει συνδυασμός μιας εγκατάστασης λιπασματοποίησης και ενός αποτεφρωτήρα.

### **(3.5). Επεξεργασίες μετά την Καύση**

Η καύση μπορεί να ακολουθηθεί από μεταγενέστερες επεξεργασίες όπως:

- ✓ Εξουδετέρωση μέσω καύσης, ορισμένων πτητικών οργανικών ουσιών στο επάνω μέρος του φούρνου εξοπλισμένου με καυστήρα, μετά από έγχυση αέρα.
- ✓ Ψύξη με νερό των πυρακτωμένων σταχτών που βγαίνουν από το φούρνο, που απαιτεί ακολούθως καθαρισμό του χρησιμοποιηθέντος νερού (καθίζηση).
- ✓ Αποκονίωση και ο καθαρισμός των αερίων της καύσης.
- ✓ Ανάκτηση της θερμότητας για την παραγωγή θερμού νερού ή ατμού.

### **(3.6). Ξήρανση**

Η ξήρανση των απορριμμάτων επιτυγχάνεται με την έκθεσή τους σε θερμοκρασία 100 °C περίπου. Η απαιτούμενη για την ξήρανση θερμότητα εξαρτάται από τη σύνθεση των απορριμμάτων και φυσικά από την περιεκτικότητα σε υγρασία.

### **(3.7). Θερμική Διάσπαση - Εξαερίωση**

Η θερμική διάσπαση των οργανικών ενώσεων επιτυγχάνεται στους 250 με 900 °C. Κατά την θερμική διάσπαση απομακρύνονται τα πτητικά υλικά.

Η εξαερίωση περιλαμβάνει την μετατροπή των ανθρακούχων υλικών σε, κάτω από υψηλές θερμοκρασίες σε αέριο καύσιμο υλικό. Η θερμοκρασία σε αυτή την ζώνη είναι 800 έως 1150 °C και σε καμμία περίπτωση δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 1150 °C. Όταν γίνεται υπέρβαση της θερμοκρασίας αυτής δημιουργείται πρόβλημα από την τήξη της τέφρας και το κόλλημα των εσχάρων.

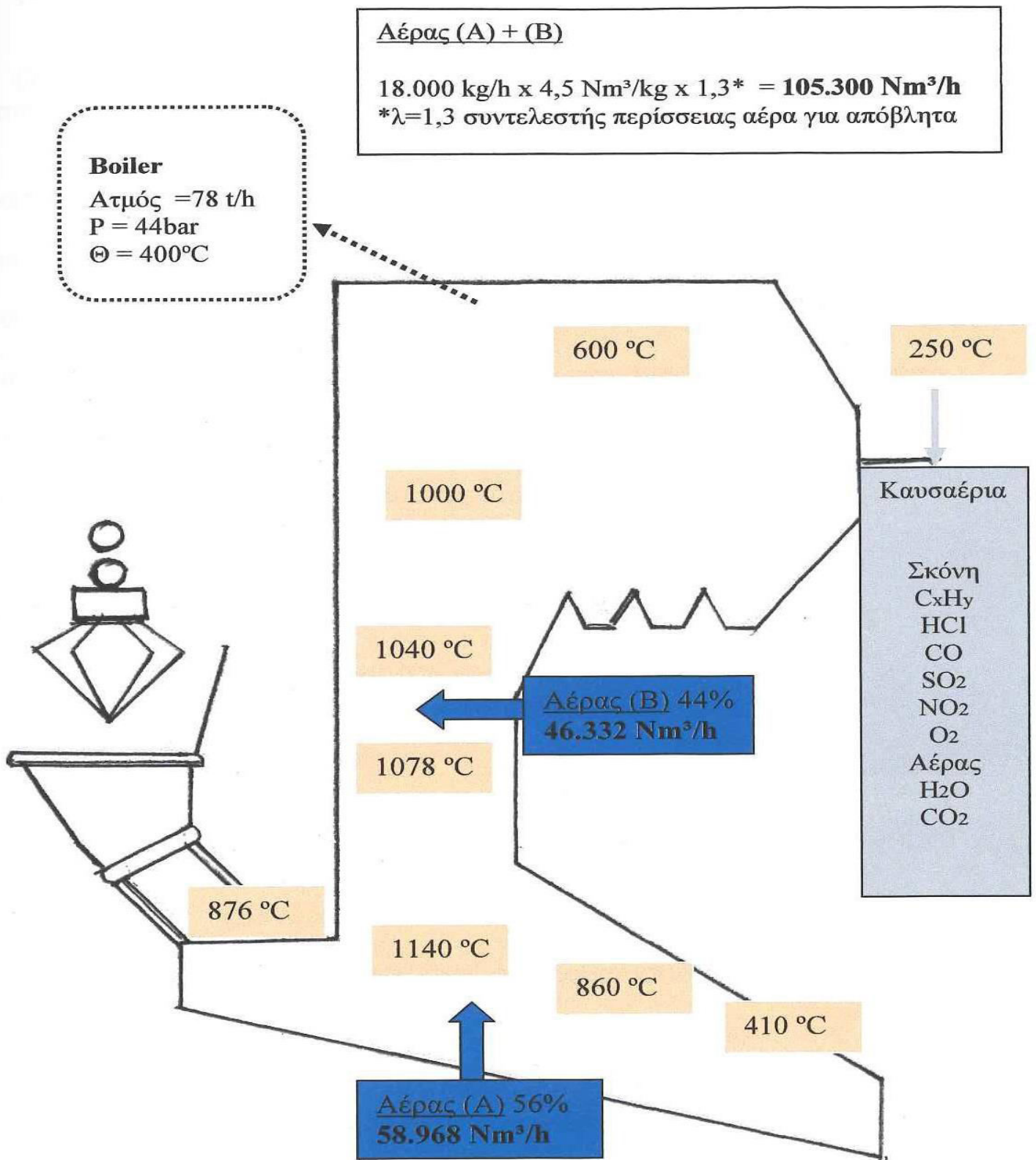
### **(3.8). Κύρια Καύση (Αποτέφρωση)**

Η κύρια καύση περιλαμβάνει την πλήρη οξείδωση των αποβλήτων σε νερό, διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του θείου και του αζώτου. Είναι μια διαδικασία καύσης σε πολύ υψηλή θερμοκρασία που μετατρέπει τη στάχτη σε ένα υγρό κατάλοιπο. Στην εγκατάσταση αυτή τα θρυμματισμένα απορρίμματα κατέρχονται βραδέως στο φούρνο και συναντούν τα αέρια που ανέρχονται συνεχώς όλο και πιο θερμά. Γίνεται ξήρανση και προοδευτική άνοδος της θερμοκρασίας. Τα παραγόμενα θερμά αέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ατμού και για την τροφοδότηση του φούρνου για τις ανάγκες της καύσης των απορριμμάτων.

#### **(3.8.1). Θερμοκρασία Ανάφλεξης**

Είναι μια βασική παράμετρος στην αποτέφρωση που για τα απορρίμματα συνήθως κυμαίνεται γύρω στους 400 °C.

Στο Σχήμα 1 δίνονται οι θερμοκρασίες καύσης των απορριμμάτων κατά το σχηματισμό του φούρνου.



Σχήμα 1. Φούρνος & θερμοκρασίες καύσης

### **(3.8.2). Προϋποθέσεις για Πλήρη Καύση**

Προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης καύση των στερεών αποβλήτων είναι απαραίτητες οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

1. Αρκετό καύσιμο υλικό και οξειδωτικό μέσο ( $O_2$ ) στην εστία καύσης
2. Εφικτή (από τα συγκεκριμένα κάθε φορά μέσα) θερμοκρασία ανάφλεξης
3. Σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης – οξυγόνου)
4. Συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση
5. Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης (άκαυστα υλικά)
6. Διατήρηση κατάλληλης θερμοκρασίας στον κλίβανο
7. Τυρβώδης ροή των αερίων
8. Επαρκής χρόνος παραμονής των αποβλήτων στην περιοχή καύσης
9. Δημιουργία τύρβης και ανακίνηση των απορριμμάτων

### **(3.8.3). Προϊόντα της Καύσης**

Τα προϊόντα της διαδικασίας αποτέφρωσης είναι τα ακόλουθα:

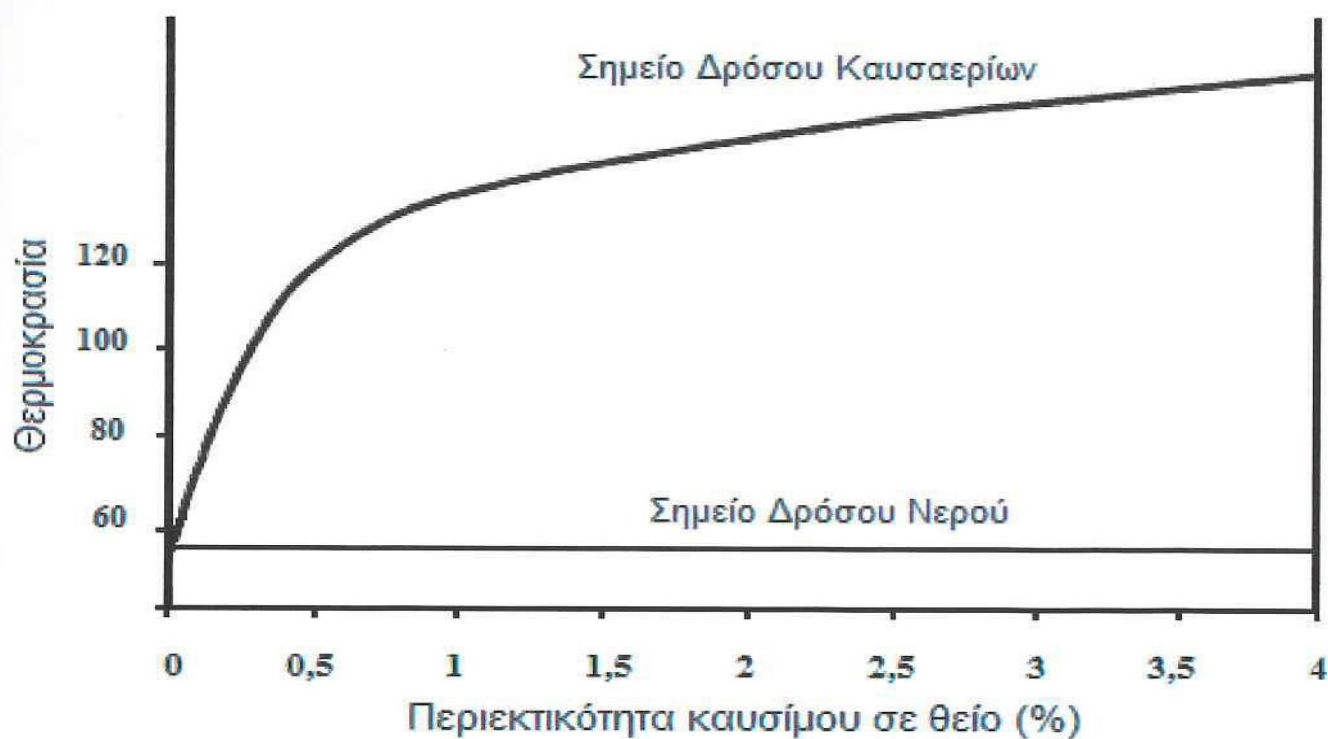
- ✓ Απαέρια (με υδρατμούς) που μετά τον καθαρισμό τους είναι κατάλληλα για διάθεση στην ατμόσφαιρα
- ✓ Ανόργανη τέφρα από την οποία με περαιτέρω επεξεργασία μπορεί να γίνει ανάκτηση υλικών. Το σκραπ που είναι δυνατόν να ανακτηθεί είναι περίπου το 2,5% της ποσότητας των τροφοδοτούμενων απορριμμάτων. Η τελικά προκύπτουσα τέφρα χρησιμοποιείται ως αδρανές υλικό για δομικές χρήσεις, όπως για παράδειγμα στην οδοποιία, τσιμεντοβιομηχανία, είτε οδεύει προς υγειονομική ταφή.
- ✓ Υγρό απόβλητο αποτέλεσμα των διαδικασιών σβέσης της τέφρας και ψύξης των αερίων
- ✓ Θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας.



### (3.8.4). Σημείο Δρόσου (Dew point)

Είναι η θερμοκρασία κάτω από την οποία υγροποιούνται τα συστατικά των καυσαερίων ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , κ.ά.)

Το σημείο δρόσου προσδιορίζεται στο Διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1. Σημείο Δρόσου σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα σε θείο

### (3.8.5). Στοιχειομετρική Καύση

Κατά την στοιχειομετρική καύση το σύνολο του  $O_2$  καίγεται προς  $CO_2$ . Στην πράξη όμως σπάνια συναντάται τέλεια καύση. Για να εξασφαλισθεί η καύση ολόκληρης της ποσότητας του υπάρχοντος καυσίμου, είναι συνήθως απαραίτητη μία επιπλέον ποσότητα αέρα, η οποία ονομάζεται περίσσεια αέρα (excess air). Η ποσότητα αυτή είναι απαραίτητη συνήθως λόγω της μη τέλειας μίξης καυσίμου - αέρα, εξαρτάται δε από:

- ✓ Το είδος του καυσίμου
- ✓ Την ποιότητα του καυσίμου
- ✓ Τον βαθμό ανάμιξης καυσίμου – αέρα

Η περίσσεια αέρα δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\lambda = L / L_o \quad (\text{Εξ.2})$$

όπου  $\lambda$  είναι η περίσσεια αέρα,  $L$  είναι η πραγματικά αναγκαία ποσότητα αέρα (χρησιμοποιούμενη) και  $L_o$  η θεωρητικά αναγκαία ποσότητα αέρα.

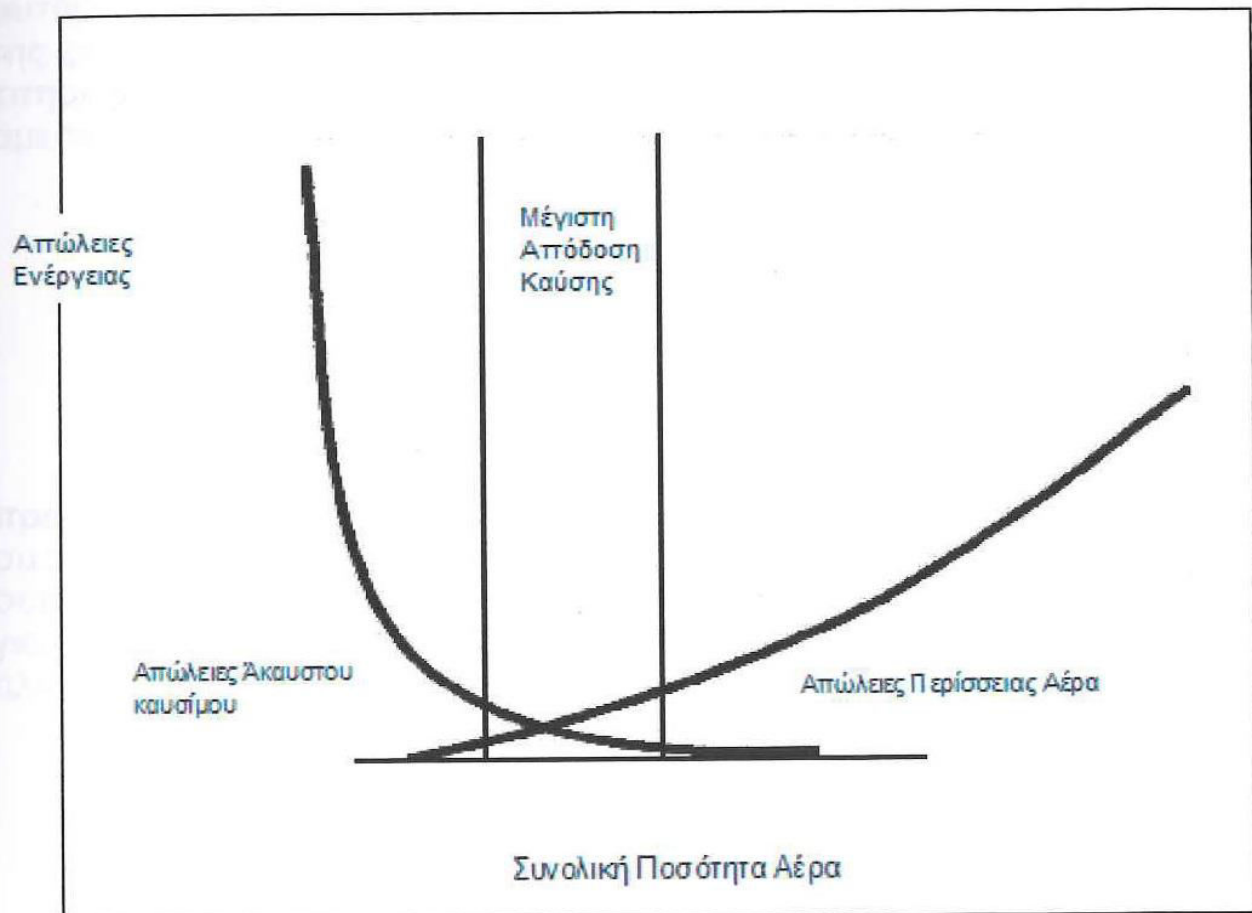
Ορισμένες ενδεικτικές τιμές περίσσειας αέρα για διαφορετικά καύσιμα δίνονται στον Πίνακα 1.

ΕΙΔΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ
Φυσικό αέριο	1,05
Πετρέλαιο	1,07 – 1,15
Λιγνίτης	1,25 – 1,30
Λιθάνθρακας	1,10 – 2,00

Πίνακας 1. Ενδεικτικές τιμές περίσσειας αέρα για διάφορα καύσιμα

Από την άλλη πλευρά, υπερβολική περίσσεια αέρα μειώνει την απόδοση. Οι απώλειες θερμότητας στα καυσαέρια, οι οποίες είναι και οι πιο βασικές, ελαχιστοποιούνται όταν υπάρχει στην καύση η μικρότερη δυνατή περίσσεια αέρα, σε σχέση πάντοτε με την στοιχειομετρική ποσότητα αέρα.

Η σχέση περισσειας αέρα με τις απώλειες ενέργειας παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 2. Σχέση περισσειας αέρα & απωλειών ενέργειας

### (3.8.6). Κυκλοφορία Αερίων

Η κυκλοφορία μέσα στον φούρνο πραγματοποιείται είτε με φυσική είτε με εξαναγκασμένη κυκλοφορία.

Η φυσική κυκλοφορία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς καυστήρες φούρνους και κλιβάνους, για λόγους κατασκευής. Δεν προσφέρει όμως την δυνατότητα ελέγχου αφ' ενός και αφ' ετέρου η δημιουργούμενη μίξη καυσίμου & αέρα δεν είναι και τόσο αποδοτική. Το τελευταίο γεγονός απαιτεί μεγαλύτερη περίσσεια αέρα, αυξάνοντας, ως γνωστόν τις απώλειες.

Στην εξαναγκασμένη κυκλοφορία κάποια διάταξη ανεμιστήρα φροντίζει για την παροχή αέρα μέσα σε καυστήρες φούρνους και κλιβάνους. Ο τρόπος αυτός προσφέρει καλύτερη ανάμιξη καυσίμου - αέρα, λόγω της πτώσης πίεσης του αέρα, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μεγαλύτερο στροβιλισμό και τελικά καλύτερη μίξη. Είναι δυνατόν να ελεγχθεί χειροκίνητα ή αυτόματα η ποσότητα του παραπάνω αέρα μέσω μιας διάταξης αυξομείωσης της ροής (damper), σε συνδυασμό ή όχι με έλεγχο της παροχής καυσίμου, επηρεάζοντας έτσι άμεσα το καιγόμενο μίγμα καυσίμου - αέρα και ελέγχοντας άμεσα την πορεία και την ποιότητα της καύσης.

### (3.8.7). Συντελεστής Απόδοσης της Καύσης

Ο συντελεστής απόδοσης της καύσης είναι ένα μέγεθος που προσδιορίζει την ποσότητα της ενέργειας που χρησιμοποιείται από το σύστημα σε σχέση με τη συνολική ποσότητα ενέργειας που παρέχεται στο σύστημα. Ο όρος Συντελεστής Απόδοσης Καύσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της απόδοσης λεβήτων, κλιβάνων, φούρνων καθώς και άλλων συστημάτων καύσης.

$$\Sigma. A. = \frac{\text{Εκμεταλλεύσιμη Θερμότητα}}{\text{Προσδιδόμενη Θερμότητα}} \cdot 100(\%) \quad (\text{Εξ.3})$$

Η μεγαλύτερη απόδοση καύσης επιτυγχάνεται όταν αναμιχθεί πολύ καλά το καύσιμο με τον παρεχόμενο αέρα καύσης.

### **(3.8.8). Ανάλυση Καυσαερίων**

Για την ανάλυση των καυσαερίων χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος ORSAT, μέθοδος η οποία προσδιορίζει την ποσοστιαία σύσταση των βασικών αερίων O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, που εμφανίζονται στα καυσαέρια, δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την ποιότητα και την απόδοση της καύσης. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται ο βαθμός απόδοσης της καύσης.

## **(3.9). Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας από την Καύση**

### **(3.9.1). Απώλειες Ενέργειας**

Οι κύριες αιτίες απωλειών ενέργειας είναι:

- ✓ Ατελής Καύση
- ✓ Απώλειες στα καυσαέρια
- ✓ Απώλειες λόγω ακτινοβολίας ή μεταφοράς
- ✓ Απώλειες λόγω υγρασίας στο καύσιμο

### **(3.9.2). Ορθολογική Διαχείριση Ενέργειας**

Ανάλογα με το είδος καυσίμου απαιτείται μεγαλύτερος ή μικρότερος χρόνος προετοιμασίας για καύση. Το φυσικό αέριο, για παράδειγμα, είναι έτοιμο για επί τόπου καύση. Αντίθετα, το μαζούτ 3500 χρειάζεται προθέρμανση. Το ξύλο σαν καύσιμο μπορεί κατά την φύλαξή του να έχει απορροφήσει υγρασία, οπότε χρειάζεται ξήρανση.

Η πράξη έχει δείξει ότι εάν είναι δυνατή μία μείωση της περισσειας αέρα κατά 15% θα βελτίωνε κατά 1,5% τον συντελεστή απόδοσης της καύσης, γι' αυτόν τον λόγο η περίσσεια του αέρα καύσης θα πρέπει να περιορίζεται στα κατώτερα εφικτά επίπεδα.



Στα πλαίσια της ορθολογικής διαχείρισης περιλαμβάνεται και η διαδικασία συντήρησης. Οι βασικές καθώς και οι δευτερεύουσες ρυθμίσεις του καυστήρα θα πρέπει να ελέγχονται και να συμφωνούν απόλυτα με τις συστάσεις του κατασκευαστή.

Στις εξωτερικές επιφάνειες οι θερμοκρασίες δεν θα έπρεπε ξεπερνούν τους 50°C για λόγους ασφάλειας των εργαζομένων. Η συμβολή μίας θερμογραφικής κάμερας σε ένα αναλυτικό Energy Audit, θα εντόπιζε και τις πιο ασήμαντες εστίες απωλειών.

### **(3.9.3). Βελτίωση Συντελεστή Απόδοσης της Καύσης**

Περίσσεια αέρα σε σχέση με την στοιχειομετρικά απαιτούμενη ποσότητα μέχρι κάποιο βαθμό, προσφέρει καλύτερες συνθήκες καύσης, αλλά αυξάνει και την θερμοκρασία των καυσαερίων, αυξάνοντας παράλληλα τις απώλειες θερμότητας στα τελευταία που παίζουν το σημαντικότερο ρόλο.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων αποτελεί μια αρκετά καλή πηγή πληροφοριών για την ποιότητα της καύσης. Ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες καυσαερίων προειδοποιούν για μεγάλες απώλειες σε αυτά.

Η εμπειρία δείχνει ότι μια μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων κατά 25°C αυξάνει κατά 1% τον συντελεστή απόδοσης της καύσης σε ένα λέβητα.

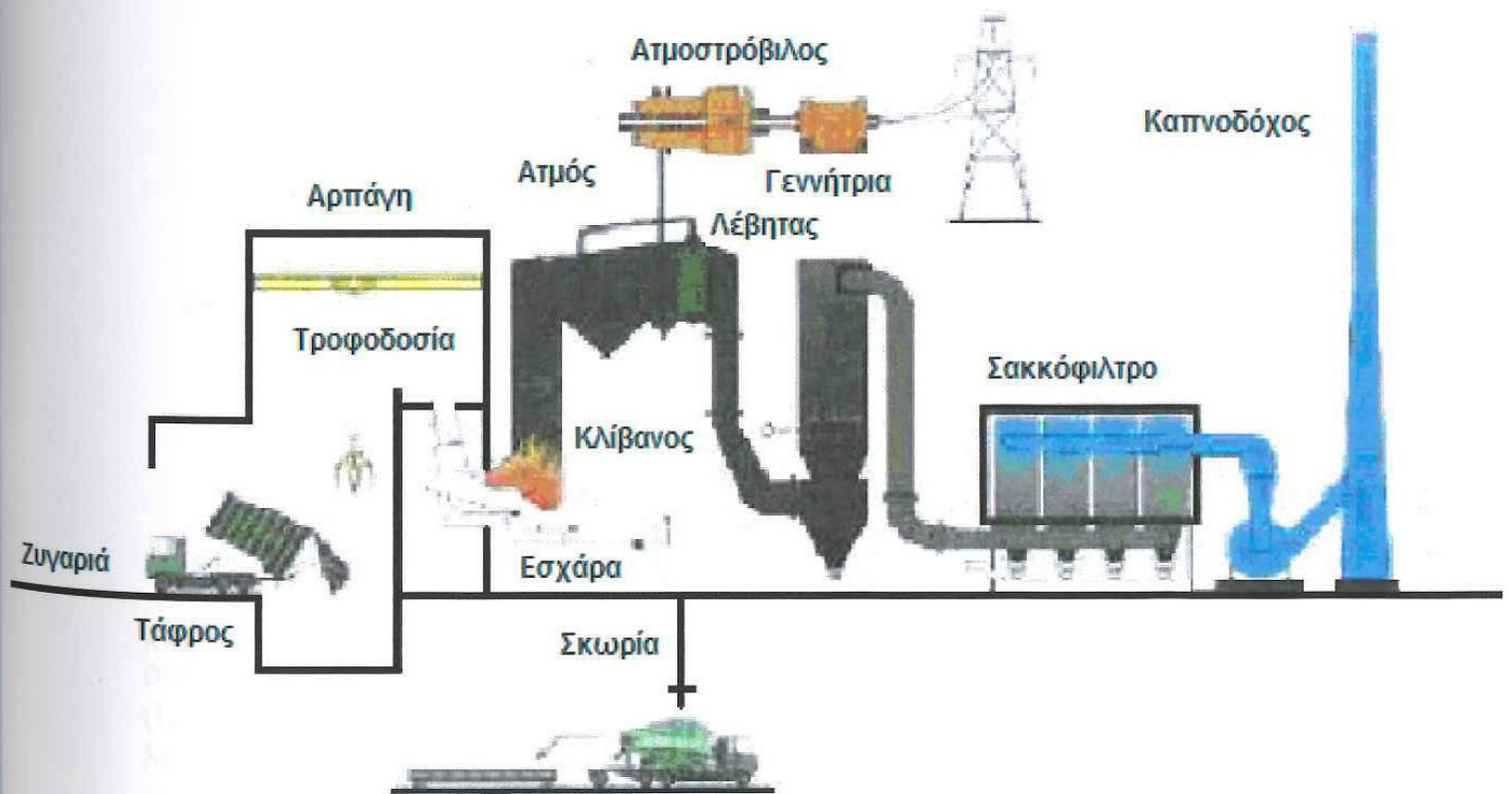
Εγκατάσταση ή βελτίωση της ήδη υπάρχουσας θερμομόνωσης, του θαλάμου καύσης συμβάλει σημαντικά στη μείωση των απωλειών λόγω ακτινοβολίας θερμότητας στο περιβάλλον.

#### (4). Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας

##### (4.1). Εισαγωγικά Στοιχεία

Οι τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας αναπτύχθηκαν κατά τις δεκαετίες του '70 και του '80 ως εναλλακτικές λύσεις της χρήσης συμβατικών καυσίμων, με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η διάκριση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας γίνεται βασικά με το είδος της εστίας καύσης και τον τύπο του θαλάμου καύσης.

Μια τυπική μονάδα καύσης με ανάκτηση ενέργειας φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Τυπική εγκατάσταση καύσης

Για το σχεδιασμό και τη σωστή λειτουργία των εγκαταστάσεων καύσης, τα στοιχεία που κυρίως λαμβάνονται υπόψη είναι:

- ✓ η ποσότητα των απορριμμάτων
- ✓ η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων
- ✓ η σύστασή τους
- ✓ η περιεχόμενη σε αυτά υγρασία
- ✓ η εποχιακή διακύμανση όλων των παραπάνω χαρακτηριστικών

Κατά την καύση των απορριμμάτων παράγεται κυρίως διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και υδρατμοί ενώ εκλύεται και θερμότητα. Στην περίπτωση ατελούς καύσης (συνθήκες έλλειψης οξυγόνου) παράγεται και μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}$ ).

#### **(4.2). Είδη Τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας**

✓ **Ανάλογα τον τύπο της εστίας καύσης** διακρίνονται οι παρακάτω τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας:

- α) Εστίας τύπου εσχάρας
- β) Εστίας τύπου ρευστοποιημένης κλίνης
- γ) Περιστρεφόμενου κλιβάνου

✓ **Ανάλογα τον τύπο του θαλάμου καύσης** διακρίνονται οι παρακάτω τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας:

- α) Μαζικής καύσης
- β) Τμηματικής καύσης
- γ) Καύσιμου από Σκουπίδια [ΚαΣ, (RDF, Refuse Derived Fuel)]

Οι μονάδες μαζικής καύσης, τμηματικής καύσης και RDF χαρακτηρίζονται ως συμβατικές λόγω της μακρόχρονης εφαρμογής τους σε οικονομικά αναπτυγμένες χώρες με πλούσια βιομηχανική παράδοση (Ιαπωνία, Η.Π.Α., Γερμανία, Αγγλία, Γαλλία, Ισπανία, Δανία, Σουηδία κ.ά.). Η λειτουργία τους είχε ως αποτέλεσμα την ελάττωση του όγκου των απορριμμάτων προς διάθεση, την αποφυγή της μόλυνσης υπόγειων και επιφανειακών υδροφόρων οριζόντων και το συνεπαγόμενο οικονομικό όφελος από την πώληση της ανακτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εγκατάσταση καύσης των απορριμμάτων μπορεί – για μεγάλες μονάδες – να διαθέτει και τμήμα ανάκτησης της εκλυόμενης ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή, τα καπναέρια μετά τον καθαρισμό τους οδηγούνται σε ειδικό εναλλάκτη θερμότητας για παραγωγή ατμού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας.

Στη συνέχεια τα καπναέρια ψύχονται και εκλύονται στην ατμόσφαιρα.

Όταν η εγκατάσταση δε διαθέτει τμήμα ανάκτησης ενέργειας, τα καπναέρια απλώς ψύχονται, διέρχονται από το σύστημα καθαρισμού και οδηγούνται στην ατμόσφαιρα.

#### **(4.3). Καινοτόμες Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας**

Οι καινοτόμες μέθοδοι ΘΕ συνδυάζουν την καύση, την πυρόλυση και την εξαερίωση και οι μονάδες εφαρμογής τους αποτελούνται από τυποποιημένες κατασκευές συμβατικών μονάδων.

Οι σπουδαιότεροι λόγοι της γρήγορης εξάπλωσης των νέων μεθόδων είναι τα προκύπτοντα, λόγω εφαρμογής τους, οικολογικά (ελάχιστες εκπομπές αέριων ρύπων και μικρές ποσότητες τηγμένης σκωρίας μέσω διαχωρισμού πλύσης), ενεργειακά (εξοικονόμηση και ενεργειακή απεξάρτηση) και οικονομικά (φθηνότερη κατασκευή) οφέλη.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση των μεθόδων Noell και Thermoselect όχι μόνο οι ποσότητες των ρύπων είναι ελάχιστες αφού η εξαερίωση λαμβάνει χώρα με καθαρό οξυγόνο, αλλά επίσης παράγεται ηλεκτρική ενέργεια με την αξιοποίηση του αέριου σύνθεσης.

#### **(4.4). Κυριότερες Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας**

##### ✓ Μέθοδος Siemens:

Η μέθοδος της Siemens απαιτεί προεπεξεργασία των απορριμμάτων με περιστροφικό κόπτη και είναι κατάλληλη για την επεξεργασία των αστικών απορριμμάτων, των αστικών λυμάτων και της ιλύος.

##### ✓ Μέθοδος Thermoselect:

Η μέθοδος Thermoselect είναι μια ήπια διαδικασία που συνδυάζει πυρόλυση (στο πρώτο στάδιο) με εξαερίωση (στο δεύτερο στάδιο) με προσαγωγή οξυγόνου υψηλής θερμοκρασίας.

✓ Μέθοδος Noell:

Η μέθοδος NOELL συνδυάζει την πυρόλυση με την εξαερίωση.

✓ Μέθοδος EDDITH

Η μέθοδος EDDITH στηρίζεται στη θερμόλυση των δημοτικών απορριμμάτων και έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή τους σε ομοιογενές στερεό καύσιμο, που εύκολα αποθηκεύεται και προκαλεί ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση.

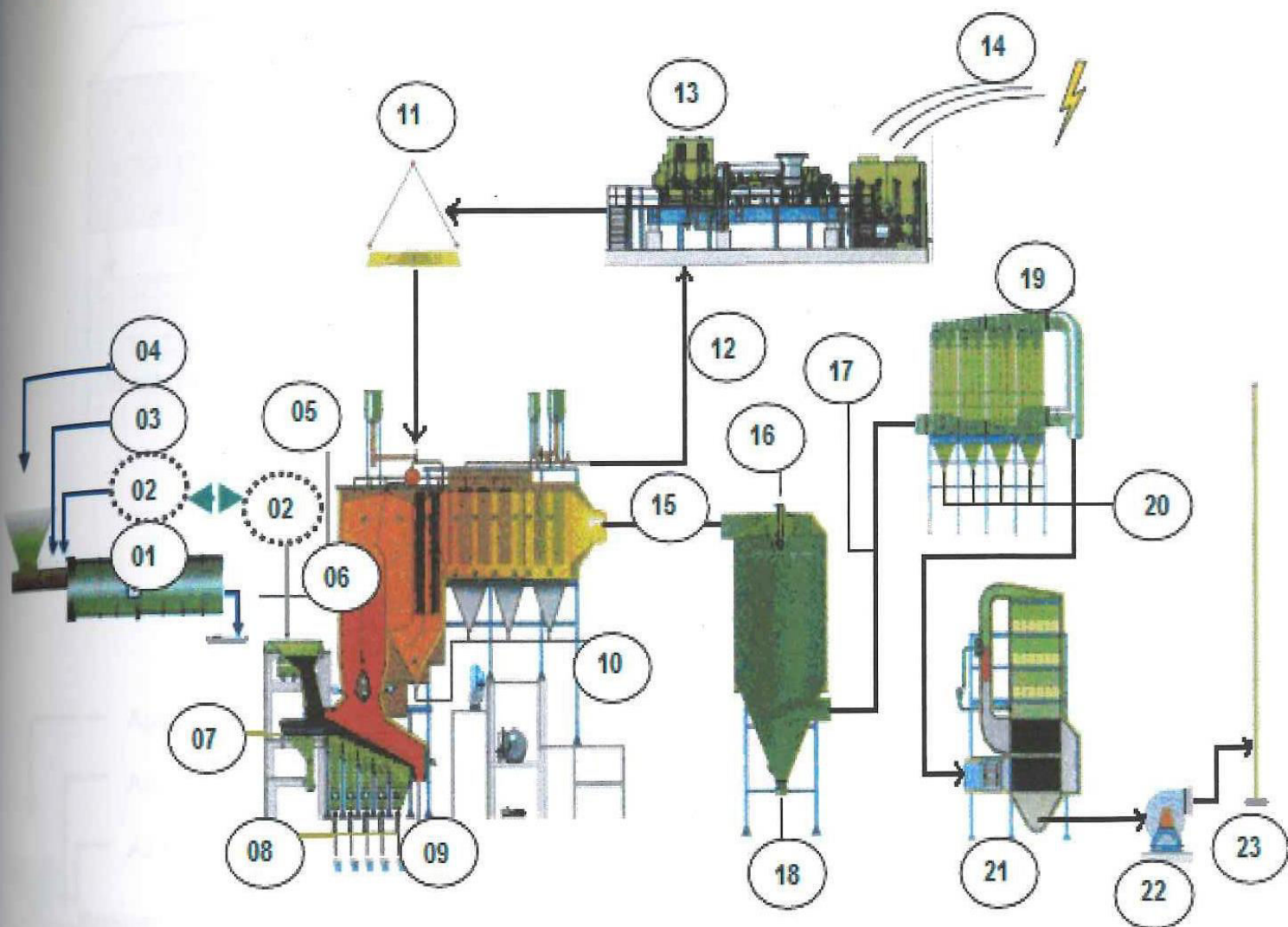
✓ Μέθοδος Von Roll

Η εταιρία Von Roll έχει αναπτύξει διάφορες μεθόδους επεξεργασίας για μια μεγάλη ποικιλία αποβλήτων

#### **(4.5). Τυπικά Διαγράμματα**

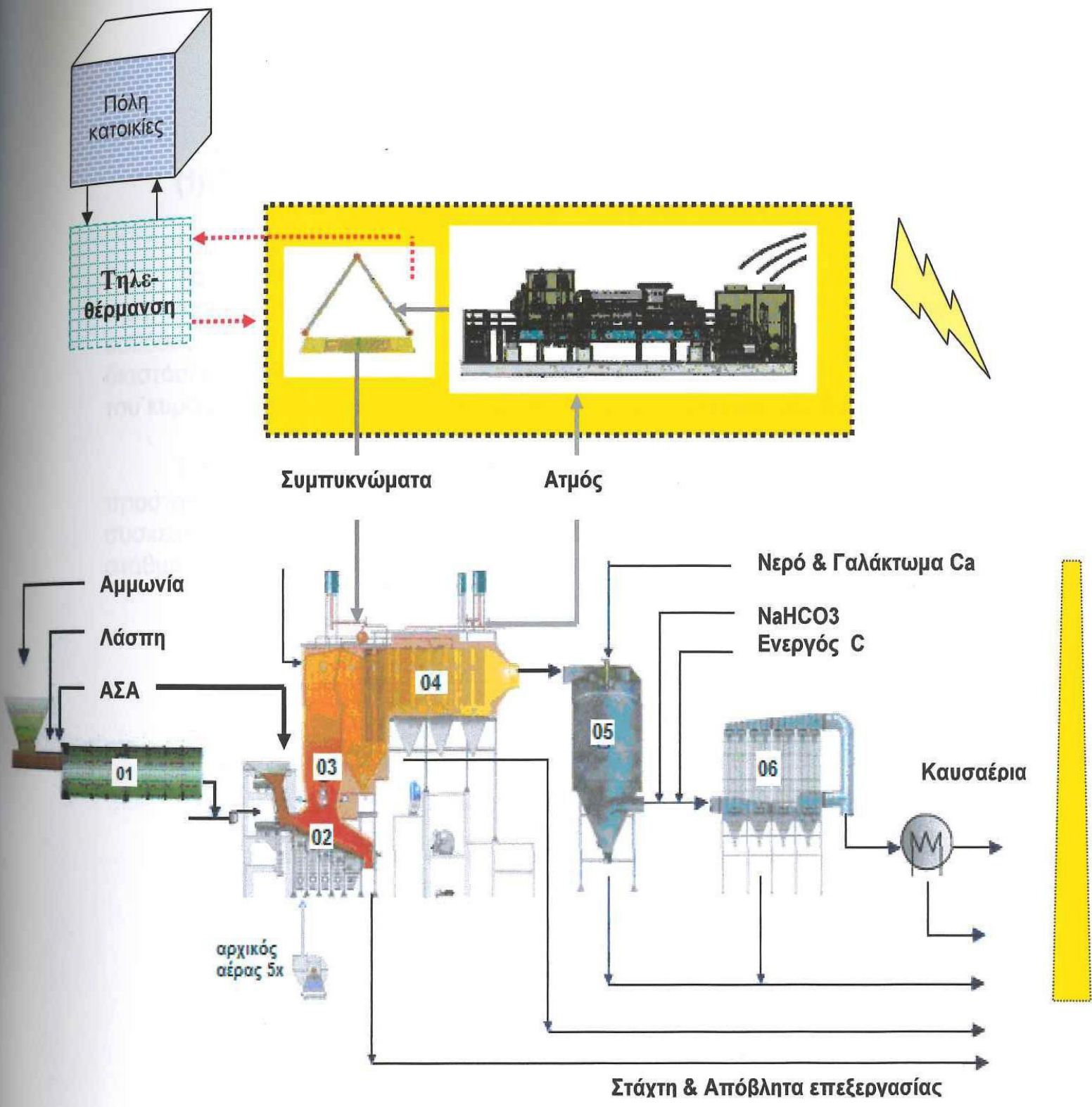
Τυπικά διαγράμματα μεθόδων επεξεργασίας ΑΣΑ με ανάκτηση ή όχι ενέργειας φαίνονται στις Εικόνες 2 & 3.





- |                         |                        |                             |                       |                 |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------|
| 01. Τύμπανο διαχωρισμού | 06. Πρίσμα             | 11. Αεροσυμπυκνωτής         | 16. Οξείδιο ασβεστίου | 21. SCR         |
| 02. Στερεά απόβλητα     | 07. Κινούμενες εσχάρες | 12. Ατμός                   | 17. Ενεργός άνθρακας  | 22. Ανεμιστήρας |
| 03. Λάσπη αποβλήτων     | 08. Εδράσεις εσχάρων   | 13. Ατμοστρόβιλος           | 18. Υπολείμματα       | 23. Καπνοδόχος  |
| 04. Έκχυση αμμωνίας     | 09. Στάχτη             | 14. Ηλεκτρική ενέργεια      | 19. Σακκόφιλτρα       |                 |
| 05. Boiler deNOx        | 10. Υπολείμματα boiler | 15. Ημι-υγρός αντιδραστήρας | 20. Υπολείμματα       |                 |

Εικόνα 2. Ολοκληρωμένη εγκατάσταση



- 01. Τύμπανο Διαχωρισμού
- 02. Ψύξη με νερό στη Σχάρα
- 03. Πρίσμα
- 04. Boiler (Διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας)
- 05. Περιστροφικός ψεκαστήρας
- 06. Σακκόφιλτρα

Εικόνα 3. Ολοκληρωμένη Μονάδα Μηχανικής Επεξεργασίας ΑΣΑ με παραγωγή ενέργειας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ – ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ ΕΣΤΙΑΣ

### **(1). Χοάνη**

Το σύστημα φόρτισης του φούρνου, χοάνη-αυλάκι, πρέπει να πραγματοποιεί την τροφοδότηση του φούρνου χωρίς παραγέμισμα. Το αυλάκι καθόδου των απορριμμάτων στον φούρνο πρέπει να έχει τις κατάλληλες διαστάσεις, ώστε να μπορούν να περνούν τα μεγάλα αντικείμενα. Το βάθος του κυμαίνεται από 0,8 έως 1,5 μέτρα, ανάλογα με το μέγεθος του φούρνου.

Στην άκρη του αυλακιού υπάρχει μια ποσότητα νερού, για να προστατεύει από την άνοδο ξαφνικών φλογών. Στη χοάνη υπάρχουν συσκευές οι οποίες επισημαίνουν διάφορους κινδύνους, όπως η πολύ χαμηλή στάθμη απορριμμάτων.

### **(2). Σύστημα Εξαγωγής της Σκωρίας**

Το σύστημα εξαγωγής της σκωρίας θα πρέπει να εξασφαλίζει:

- ✓ Την ψύξη της
- ✓ Την εξαγωγή της με διατήρηση της στεγανότητας της εστίας

Η ψύξη γίνεται γενικά με καταβύθιση της σκωρίας στο νερό. Η σκωρία έχει θερμοκρασία 250 έως 700°C και η ψύξη της δημιουργεί μία εκπομπή ατμού, ο οποίος είναι πολύ ή λίγο φορτισμένος με λεπτές στάχτες.

Η εξαγωγή της γίνεται με άλυσο και σε κατάλληλη ταχύτητα, ώστε να μη δημιουργούνται μεγάλες τριβές.

Η σκωρία υφίσταται επεξεργασία για την αφαίρεση του σιδήρου μέσω ενός μαγνητικού τύμπανου, το οποίο είναι τοποθετημένο στην αρχή της μεταφορικής ταινίας, ή μέσω ενός ηλεκτρομαγνήτη.

Η σκωρία αποθηκεύεται σε κατάλληλο χώρο για ορισμένο χρόνο (ημέρες), προκειμένου να μεταφερθεί μετά σε χώρο, εκτός της περιοχής του εργοστασίου, εάν δεν επαρκεί ο οικοπεδικός χώρος που διατίθεται.

Το ένα κιλό αποβλήτων παράγει περίπου 250 γραμμάρια σκουριάς και οι 18 τόνοι ΑΣΑ παράγουν 4.500 κιλά την ώρα (4,5 τόνοι).

Ο υπολογισμός της σκωρίας που προκύπτει από την καύση 18 τόνων ΑΣΑ την ώρα (κατά μέσο όρο) φαίνεται στον Πίνακα 1. Στον πίνακα γίνεται υπολογισμός των ποσοτήτων της τέφρας, ιπτάμενης και ρύπων, όπως επίσης και κοστολόγηση για τη μεταφορά της σε 3, περίπου, χιλιόμετρα (απόσταση εργοστασίου - ΧΥΤΑ).

	Τόνοι ανά ώρα	Τόνοι ανά ημέρα	Τόνοι ανά μήνα	Τόνοι ανά έτος	€/τόνο	€/μήνα	€/έτος
Τέφρα (20%)	3	74	2.234	23343	5	11170	116717
Ιπτάμενη τέφρα (2%)	0,24	6	178	1867	8	1424	14936
Υπολείμματα από καθαρισμό ρύπων (1,5%)	1,18	4,48	134	1400	10	1340	14000
Σύνολο	4,42	84,48	2.546	26610	23	13.934	145.653

Πίνακας 1. Κοστολόγηση τέφρας



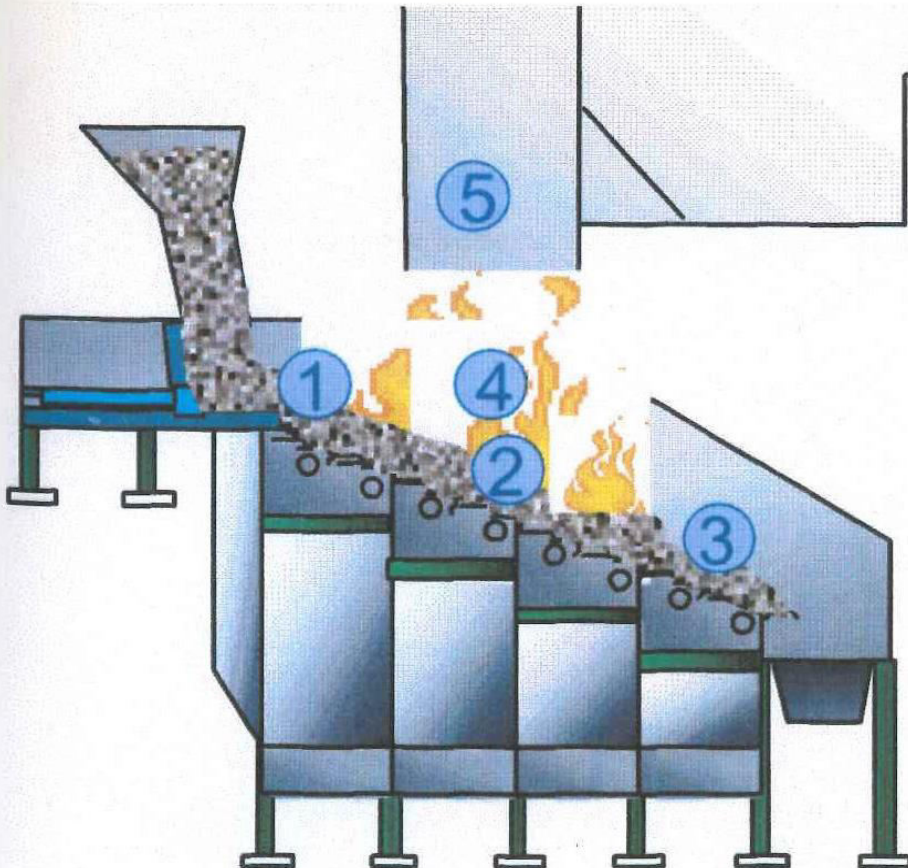
### (3). Φούρνος

#### (3.1). Γενικά Στοιχεία

Στην εσχάρα και στο χώρο επάνω από αυτήν λαμβάνουν χώρα οι χημικές αντιδράσεις, οι οποίες οξειδώνουν, εξυγιαίνουν και αδραντοποιούν το ανομοιογενές μίγμα των απορριμμάτων. Για το σκοπό αυτό προσάγεται στις περιοχές αυτές το οξειδωτικό μέσο, δηλαδή ο αέρας καύσης.

Επάνω στην εσχάρα λαμβάνουν χώρα ετερογενείς αντιδράσεις (δηλαδή σε στερεά, υγρή και αέρια φάση) μέσα στα καιόμενα απορρίμματα, ενώ κατά τη μετάκαυση στο φλογοθάλαμο και στην πρώτη διαδρομή των καυσαερίων στο λέβητα λαμβάνουν χώρα κατά κανόνα ομογενείς αντιδράσεις σε αέρια φάση. Η καύση στην εσχάρα επηρεάζεται σημαντικά από την οδήγηση των καυσαερίων επάνω από αυτήν, κάτι που καθορίζεται από την κατασκευαστική διαμόρφωση της εστίας.

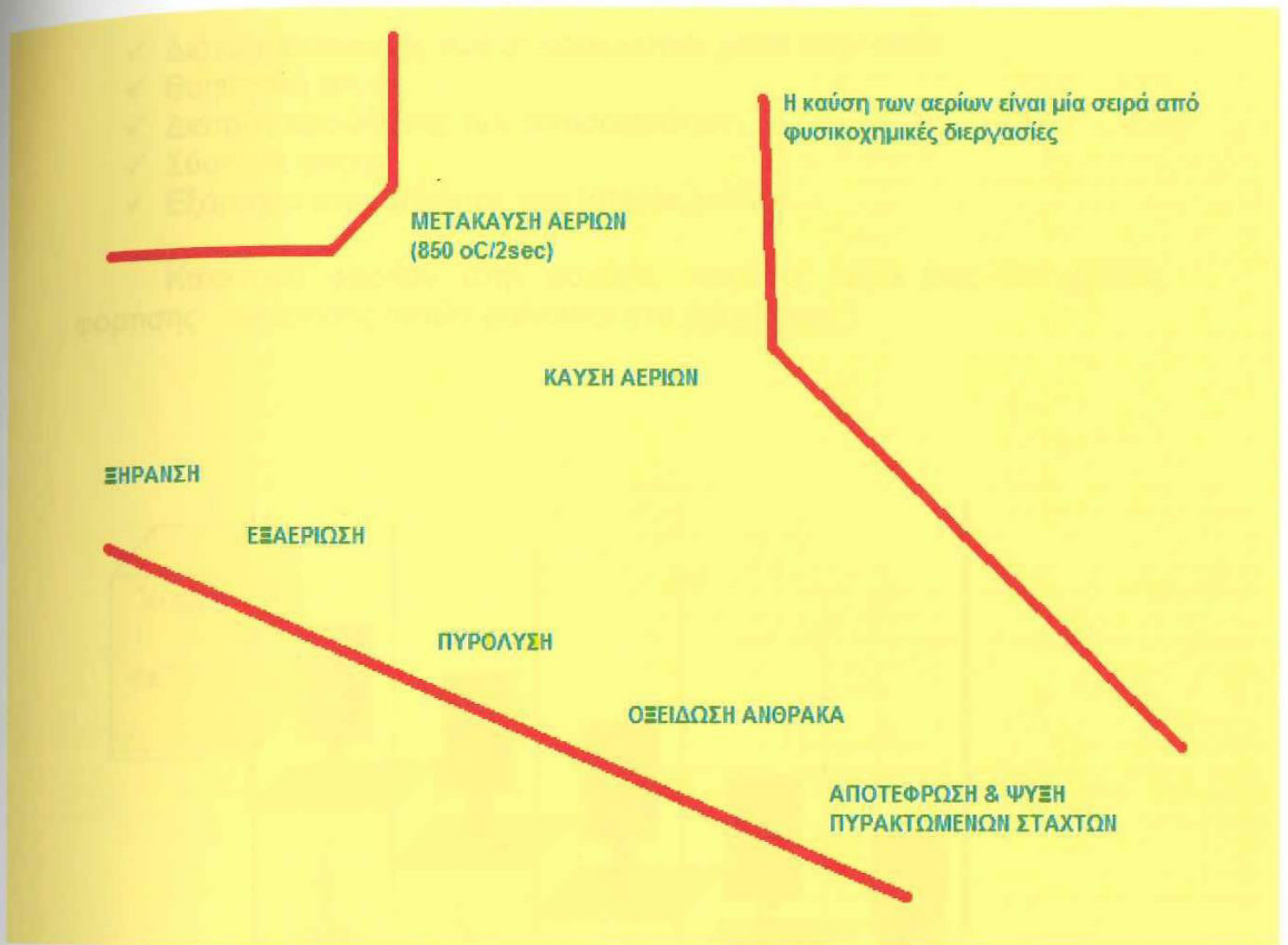
Ο φούρνος αποτελείται από την εσχάρα και το θάλαμο καύσης, που επιτρέπει την πλήρη καύση των αερίων. Από άποψη κόστους αποτελεί το 25 με 50% του συνολικού κόστους. Στις Εικόνες 1 & 2 φαίνονται τα κύρια μέρη του φούρνου.



1. Ξήρανση
2. Αεριοποίηση
3. Ολοκλήρωση καύσης
4. Καύση αερίων
5. Εξουδετέρωση αερίων

Εικόνα 1. Καύση σε εσχάρα





Εικόνα 2. Εστία καύσης (διαδοχικές φάσεις καύσης)

### (3.2). Κυριότερα Τμήματα Φούρνου

#### (3.2.1). Εσχάρες

Περιλαμβάνουν:

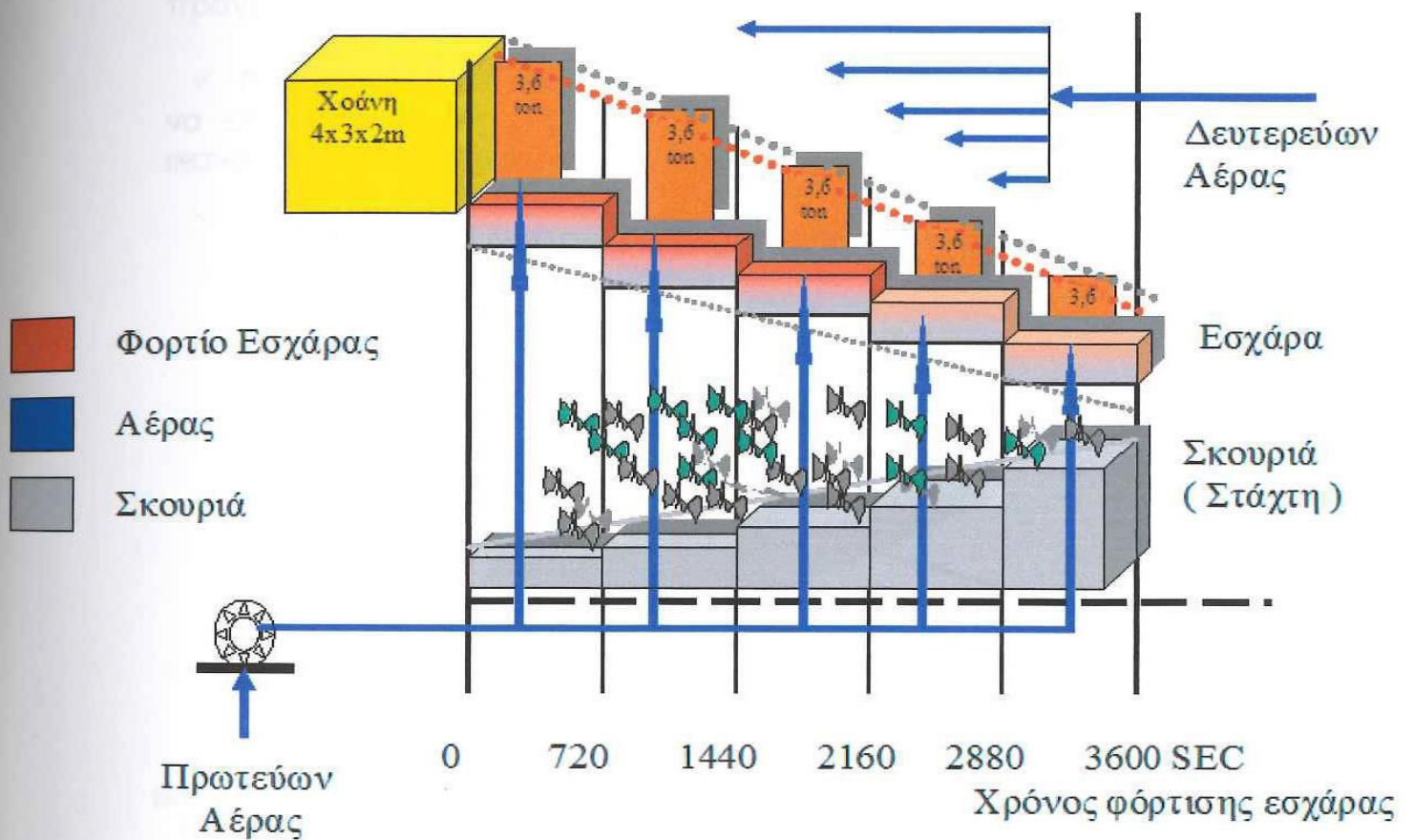
- ✓ Διάταξη εισαγωγής των απορριμμάτων μέσα στην εστία
- ✓ Βοηθητική καύση
- ✓ Διάταξη προώθησης των απορριμμάτων
- ✓ Σύστημα ψύξης
- ✓ Εξάρτημα ανακατέματος των απορριμμάτων

Κατανομή φορτίου στην εσχάρα, παροχές αέρα έως και χρόνος φόρτισης- εκφόρτισης αυτών φαίνονται στο Διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1. Κατανομή φορτίων ΑΣΑ στις εσχάρες σε σχέση με το χρόνο

Στο Διάγραμμα 2 φαίνονται οι παροχές του πρωτογενούς και δευτερογενούς αέρα καύσης, καθώς και η παραγωγή σκουριάς σε συνάρτηση με τον χρόνο φόρτισης και εκφόρτισης της εσχάρας.



Διάγραμμα 2. Παροχή αέρα και παραγωγή σκουριάς στις εσχάρες συναρτήσει του χρόνου



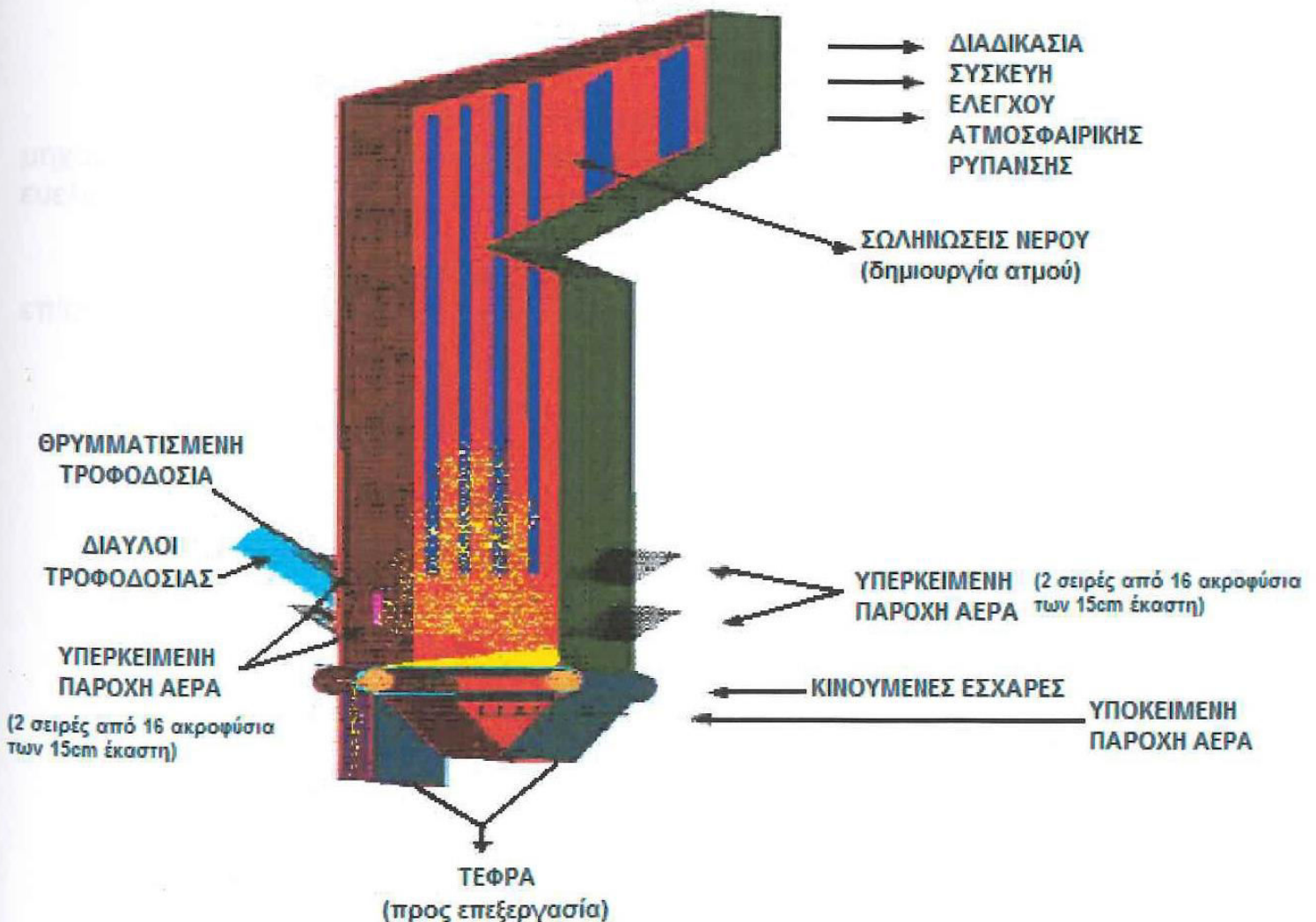
### (3.2.2). Θάλαμος Καύσης

Σχηματίζεται με τοιχώματα επενδυμένα εσωτερικά με ανθιστάμενα υλικά, ευρισκόμενα πάνω από την εσχάρα. Ένα άνοιγμα επιτρέπει την εκκένωση των αερίων. Ο θάλαμος έχει δύο σκοπούς:

✓ Να επιτρέπει μια εσωτερική ανάμιξη του δευτερεύοντος αέρα που εισάγεται πάνω από την εσχάρα και των ατελώς καιγομένων αερίων, για να πραγματοποιείται μια καύση όσο το δυνατό πιο τέλεια

✓ Να ζεσταίνει με ακτινοβολία τα νωπά απορρίμματα, να τα ξηραίνει και να επιτρέπει με τη μεγάλη του θερμική αδράνεια, την συγκράτηση μιας ικανοποιητικής θερμοκρασίας, για μια καλή καύση των αερίων.

Περιγραφή και λεπτομέρειες φαίνονται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Θάλαμος καύσης του SEMASS

### **(3.3). Ταξινόμηση Φούρνων**

Οι φούρνοι ταξινομούνται ανάλογα με τη συνέχεια ή την ασυνέχεια της λειτουργίας τους.

Από θερμική άποψη ένας φούρνος χαρακτηρίζεται εκ των κατωτέρω:

1. Φορτίο καύσης ανά  $m^2$  χρησίμου επιφανείας εσχάρας:  
από 250 έως 450 kg απορρίμματα ανά  $m^2$  ανά ώρα.
2. Θερμικό φορτίο ανά  $m^2$  χρησίμου επιφανείας εσχάρας:  
από 500.000 έως 900.000 kcal ανά  $m^2$  ανά ώρα.
3. Θερμικό φορτίο ανά  $m^3$  θαλάμου καύσης:  
από 80.000 έως 150.000 kcal ανά  $m^3$  ανά ώρα.

### **(3.4). Φούρνοι Συνεχούς Λειτουργίας**

Οι φούρνοι συνεχούς λειτουργίας χαρακτηρίζονται γενικά, από σύνθετη μηχανική λειτουργία και έχουν μηχανική κίνηση των εσχαρών. Έχουν μεγάλη ευελιξία και καλύτερες συνθήκες υγιεινής.

Οι φούρνοι αυτοί, εκτός από το πλεονέκτημα του αυτοματισμού, δίνουν επίσης τη δυνατότητα μίας μεγάλης παροχής (μέχρι 50 τόνους την ώρα).

## **(4). Σύστημα Αέρα Καύσης**

### **(4.1). Γενικά Στοιχεία**

Ο αέρας καύσης αναρροφάται από 2 θέσεις:

- ✓ Από την τάφρο απορριμμάτων
- ✓ Κάτω από το περίβλημα του λεβητοστασίου.



## **(4.2). Κατανομή & Ποσότητες Αέρα**

### **(4.2.1). Πρωτογενής Αέρας Καύσης (75 %)**

Η παροχή του πρωτογενούς αέρα καύσης υπολογίζεται στα 60.750 Nm<sup>3</sup>/h. Η αναρρόφηση γίνεται από το χώρο της τάφρου απορριμμάτων της μονάδας (ή εναλλακτικά κάτω από το περίβλημα του λέβητα). Η αναρρόφηση αέρα από την τάφρο θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο ψηλά, για να αποφευχθεί η παράσυρση ελαφρών χαρτιών που κλείνουν το δικτυωτό προστασίας της αναρρόφησης. Η λήψη πρέπει να έχει μεγάλες διαστάσεις για να δέχεται μικρές ταχύτητες εισόδου, της τάξης των 1 έως 2 m/sec.

- ✓ Αποτελεί περίπου το 75% του συνολικά προσαγόμενου αέρα καύσης.
- ✓ Υφίσταται κατά κανόνα διβάθμια προθέρμανση (1<sup>η</sup> βαθμίδα: μέχρι 120°C, 2<sup>η</sup> βαθμίδα: μέχρι 200°C).
- ✓ Χρησιμοποιείται φυγοκεντρικός ανεμιστήρας, τυπική περίπτωση: 1500 στροφές/λεπτό (rpm), στατική πίεση: 50 mbar (5000 Pa), ο οποίος εγκαθίσταται μέσα στο λεβητοστάσιο.
- ✓ Υπάρχει δυνατότητα ρυθμιζόμενης κατανομής στις επιμέρους ζώνες της εσχάρας.

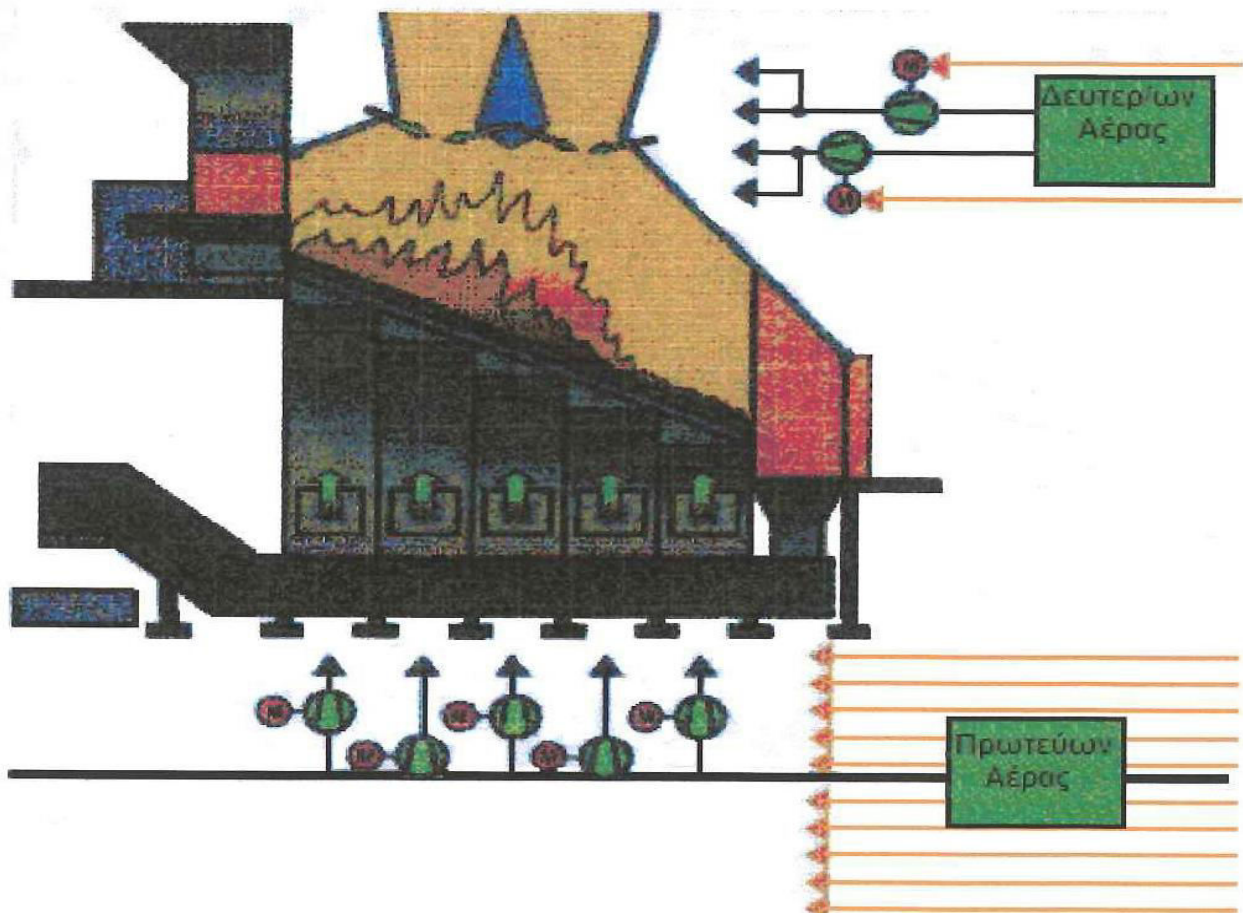
### **(4.2.2). Δευτερογενής Αέρας Καύσης (25%)**

Η παροχή του δευτερογενούς αέρα καύσης υπολογίζεται στα 20.250 Nm<sup>3</sup>/h. 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 CH<sub>4</sub>).

✓ 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.

Στο Σχήμα 1 φαίνεται η προσαγωγή του πρωτογενούς και του δευτερογενούς αέρα της καύσης.



Σχήμα 1. Προσαγωγή πρωτογενούς & δευτερογενούς αέρα καύσης



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΗΣ

### (1). Εισαγωγή- Εκκίνηση Καύσης

Κατά την εκκίνηση μίας μονάδας καύσης απορριμμάτων από την κρύα κατάσταση, ο φλογοθάλαμος θα πρέπει να θερμανθεί περίπου στους 850°C πριν αρχίσουν να εισέρχονται σε αυτόν απορρίμματα προς καύση. Επίσης, θα πρέπει να εξασφαλισθεί ότι η ελάχιστη θερμοκρασία του φλογοθαλάμου κατά τη λειτουργία δε θα κατέβει κάτω από αυτό το όριο.

Για τους παραπάνω λόγους εγκαθίστανται στο φλογοθάλαμο καυστήρες έναυσης και καυστήρες υποστήριξης, οι οποίοι λειτουργούν με πετρέλαιο θέρμανσης ή με φυσικό αέριο (συντά καυστήρες εναλλασσομένου καυσίμου). Οι καυστήρες έναυσης (συνήθως δύο στον αριθμό) πρέπει να μπορούν να καθαρίζονται δονητικά από επικαθίσεις.

Εάν οι καυστήρες έναυσης και υποστήριξης προδιαγραφούν για το 50% της ονομαστικής ισχύος της εσχάρας, η εκκίνηση μίας κρύας εστίας μπορεί να ολοκληρωθεί σε 6 με 8 ώρες. Ο παραπάνω χρόνος μπορεί να μειωθεί στο μισό, εάν οι θερμαντικές επιφάνειες του λέβητα προθερμανθούν με βοηθητικό ατμό.

Η καύση πραγματοποιείται σε δύο στάδια και σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες:

#### 1. Αεριοποίηση: Αδύνατος αέρας

Οργανικά συστατικά + O<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> (methane), H<sub>2</sub>, CO

#### 2. Πλήρης Καύση: Υπερβολικός αέρας (>6%)

CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, CO + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + θερμότητα

## (2). Είδη Ρύπων

Τα καυσαέρια περιέχουν:

Ανθρακας	+ O <sub>2</sub>	→	CO <sub>2</sub> + θερμότητα
Υδρογόνο	+ O <sub>2</sub>	→	H <sub>2</sub> O (ατμός) + θερμότητα
Θείο	+ O <sub>2</sub>	→	SO <sub>2</sub> + θερμότητα
Αζωτο	+ O <sub>2</sub>	→	NO <sub>2</sub>
Αλογόνα (Cl, F,...)	+ H <sub>2</sub>	→	HCl, HF
βαρέα μέταλλα (ή σκόνη) + Q		→	ατμός ή στερεά φάση (σκόνη)

### (2.1). Βαρέα Μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα είναι μία ομάδα μετάλλων και ιοντικές ενώσεις τους με ένα σχετικά μεγάλο ατομικό βάρος όπως: Αντιμόνιο (Sb), αρσενικό (As), κάδμιο (Cd), χαλκός (Cu), υδράργυρος (Hg) και ψευδάργυρος (Zn).

Στις θερμοκρασίες αποτέφρωσης μεταξύ 700 και 1.000 °C μερικά μέταλλα θα εμφανιστούν στη φάση ατμού (Hg, Cd, Pb, Zn).

Μερικά μέταλλα προσροφώνται στη σκόνη και στη στάχτη και είναι ιδιαίτερα τοξικά.

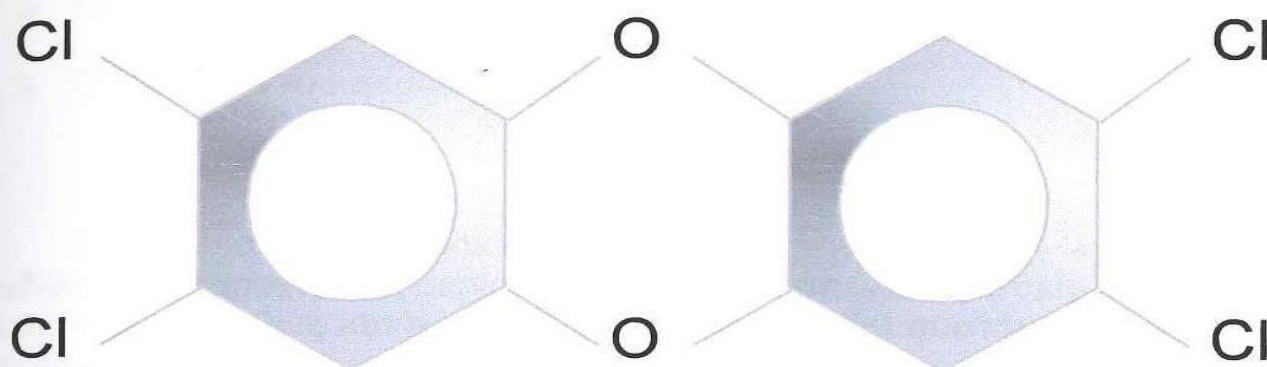
### (2.2). Διοξίνες & Φουράνια

Το είδος διοξινών που απαντάται είναι οι διοξίνες PCDD, οι οποίες είναι οι πολυχλωριωμένες διοξίνες (dibenzo PCDD). Είναι συλλογικός όρος που καλύπτει 75 διαφορετικές ενώσεις.

Το είδος φουρανίων που απαντάται είναι τα φουράνια PCDF, τα οποία είναι πολυχλωριωμένα φουράνια (dibenzo PCDF). Είναι συλλογικός όρος που καλύπτει 135 διαφορετικές ενώσεις.



Στο Σχήμα 1 φαίνεται ο χημικός τύπος των φουρανίων.



Σχήμα 1. Χημικός τύπος φουρανίων

### (3). Αερισμός

Οι ανεμιστήρες παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια για τη μετακίνηση του αέρα μέσω των αεριοσυλλεκτών, των αγωγών και των συσκευών ελέγχου. Οι ανεμιστήρες μετακινούν τον αέρα και παρέχουν τη συνολική αύξηση πίεσης για να υπερνικηθούν οι απώλειες πίεσης που δημιουργούνται όταν ο αέρας ρέει μέσω αγωγών και συσκευών ελέγχου. Οι πίνακες κατάταξης των ανεμιστήρων δίνουν δεδομένα σε όρους στατικής πίεσης ανεμιστήρα (Fan static pressure).

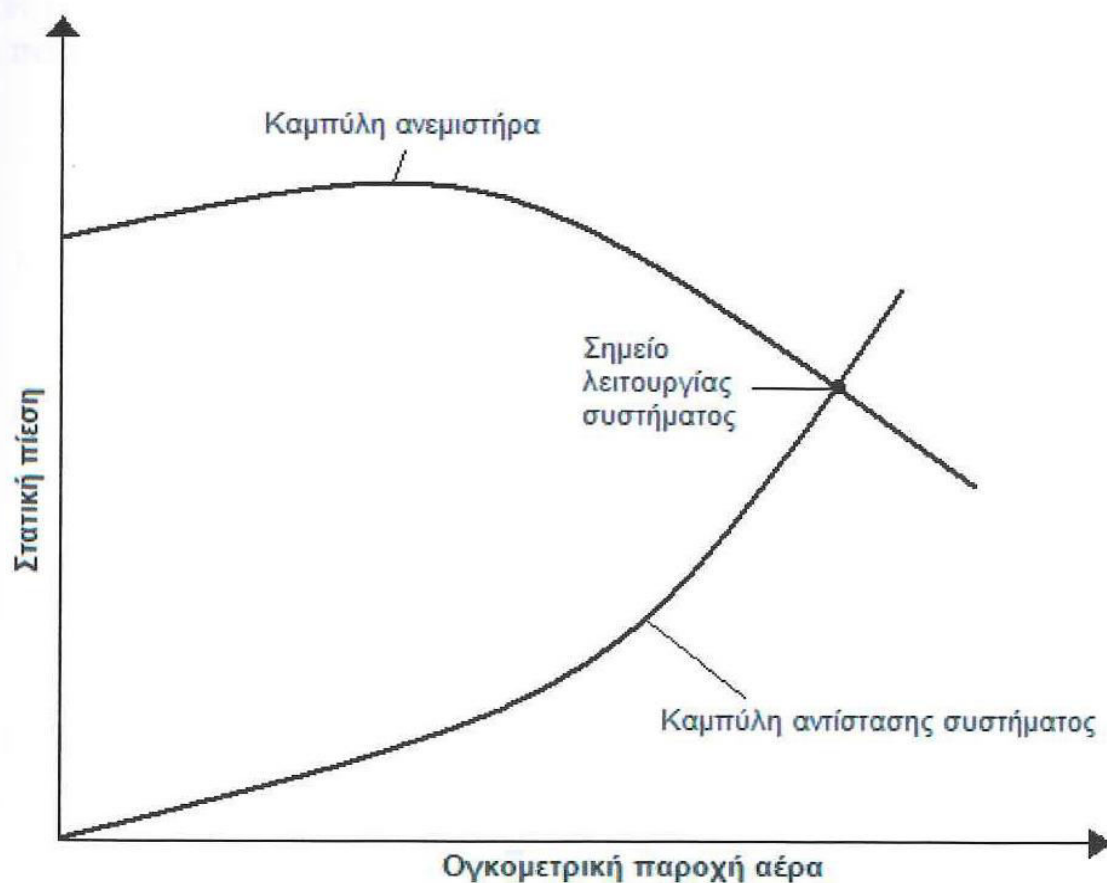
Οι ανεμιστήρες είναι ακτινικής ή φυγοκεντρικής ροής και πτερωτής ή αξονικής ροής. Σε ένα φυγοκεντρικό ανεμιστήρα, ο αέρας εισέρχεται στην πλήμνη του στροφείου, περιστρέφεται σε ορθές γωνίες, και επιταχύνεται και συμπιέζεται από τη φυγόκεντρο δύναμη στην εκροή. Σε έναν ανεμιστήρα αξονικής ροής, ο αέρας ρέει ευθύγραμμα μέσω της συσκευής κατά μήκος του άξονα περιστροφής. Τα πτερύγια με αεροτομή έλκουν τον αέρα μέσα, προς το χείλος πρόσπτωσης και τον εκτονώνουν από το χείλος εκφυγής. Η φυγοκεντρική δύναμη μετατρέπεται σε αύξηση πίεσης από τα σταθερά πτερύγια.



Για την εκλογή του κατάλληλου τύπου ανεμιστήρα θα πρέπει να είναι γνωστά τρία βασικά στοιχεία:

- Ογκομετρική παροχή
- Παρεχόμενη αύξηση της στατικής πίεσης του ανεμιστήρα
- Πυκνότητα του αερίου στον ανεμιστήρα

Οι ανεμιστήρες χαρακτηρίζονται από την καμπύλη λειτουργίας, που συνδέει την παροχή του αερίου προς την πίεση. Η καμπύλη λειτουργίας των ανεμιστήρων, καθώς και η καμπύλη αντίστασης του συστήματος φαίνονται στο Σχεδιάγραμμα 1.



Σχεδιάγραμμα 1. Καμπύλη λειτουργίας του ανεμιστήρα & καμπύλη αντίστασης του συστήματος

Η παροχή εκφράζεται σε m<sup>3</sup>/h. Το ολικό μανομετρικό ύψος εκφράζεται από την εξίσωση:

$$H_{tot} = \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{\delta} \quad (\text{Εξ.1})$$

όπου  $\Delta P_{\sigma}$  είναι η διαφορά της στατικής πίεσης και  $\Delta P_{\delta}$  η διαφορά της δυναμικής πίεσης, η οποία ισούται με:

$$\Delta P_{\delta} = \frac{m \cdot v^2}{2g} \quad (\text{Εξ.2})$$

όπου  $m$  η μάζα σε kg/ m<sup>3</sup> και  $v$  η ταχύτητα του αέρα σε m/sec.

Η αναγκαία ισχύς είναι το γινόμενο της πίεσης επί την παροχή. Εάν  $Q$  είναι η παροχή σε m<sup>3</sup>/h τότε:

$$P = (Q/3.600) \cdot H_{tot} \quad (\text{kgm/sec}) \quad (\text{Εξ.3})$$

$$P = (Q/3.600) \times H_{tot} \times 9,81 \times 10^{-3} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Εξ.4})$$

$$P = 2,72 \times Q \times H_{tot} \times 10^{-6} \quad (\text{kWY}) \quad (\text{Εξ.5})$$

Εάν  $n$  είναι ο βαθμός απόδοσης του αεριστήρα, τότε η απορροφούμενη ισχύς ( $P_a$ ) θα είναι:

$$P_a = P/n \quad (\text{Εξ.6})$$

Ανεμιστήρες με διάφορα χαρακτηριστικά φαίνονται στον Πίνακα 1.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟ	ΤΥΠΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ	ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΟΤΕΡ./ΦΤΕΡ.	WATT	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ø σε mm	ΠΑΡΟΧΗ Μ3/Η	DB (A)	ΤΙΜΗ ΗΙΒ	ΤΙΜΗ ΗΙΤ
ΗΙΒ - 800 (1 Ηρ)	ΗΙΤ - 800 (1 Ηρ)	900	750	800	15.000	62	175.000	165.000
ΗΙΒ - 1000 (1,5 Ηρ)	ΗΙΤ - 1000 (2 Ηρ)	700	1100	1000	25.000	64	190.000	180.000
ΗΙΒ - 1250 (2 Ηρ)	ΗΙΤ - 1250 (2 Ηρ)	1400-430	1500	1250	40.000	64	250.000	240.000

**Πίνακας 1. Τύποι φυσητήρων αέρος**

Για την εγκατάστασή μας θα επιλέξουμε τον Ανεμιστήρα ΗΙΤ - 1250 (2Ηρ), για παροχή αερίων 38.000 m<sup>3</sup>/h.

#### **(4). Θάλαμος Καύσης Αερίων**

Είναι το τμήμα του φούρνου πάνω από τη φωτιά, μέσα στο οποίο πρέπει να γίνει η πλήρης καύση των αερίων (μετάκαυση), πριν την έξοδο τους. Εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες (900-1000°C), επομένως θα πρέπει να είναι επενδυμένος με υλικά ιδιαίτερωσ ανθιστάμενα στη θερμότητα. Γενικώς, ο θάλαμος καύσης των αερίων κατασκευάζεται από ανθεκτικά τούβλα ή από μπετόν και αργιλοαλουμινούχα με μεγάλη περιεκτικότητα σε αλουμίνιο (35 έως 50%), του οποίου το σημείο τήξεως είναι 1700°C (περίπου).

Σε ένα σχετικό ύψος από την εσχάρα, τα τούβλα των τοιχωμάτων επενδύονται από τσιμέντο μεγάλης περιεκτικότητας σε ανθρακικό πυρίτιο, έτσι ώστε να ανθίστανται στις διαβρώσεις των σκουριών, οι οποίες προσκολλούνται στην επιφάνεια και ελαττώνουν σιγά-σιγά την τομή της εξόδου των αερίων. Το θερμαντικό φορτίο στους φούρνους καύσης αερίων των απορριμμάτων μεταβάλλεται μεταξύ 80.000 και 150.000 Kcal/m<sup>3</sup>/h.

#### **(5). Θάλαμος Ψύξης**

Σκοπός του θαλάμου ψύξεως είναι να πραγματοποιεί την ψύξη των αερίων, με διοχέτευση αέρα ή νερού σε μορφή σταγονιδίων. Τα καυσαέρια των διεργασιών είναι συνήθως θερμά και θα πρέπει να ψυχθούν πριν κατευθυνθούν διαμέσου του εξοπλισμού ελέγχου. Σε εξάρτηση με τη μέθοδο ψύξης, η ογκομετρική παροχή των αερίων που ψύχθηκαν θα μπορούσε να μειωθεί, μειώνοντας έτσι το απαιτούμενο μέγεθος του κατάντη εξοπλισμού ελέγχου, των αγωγών και των ανεμιστήρων. Κατά συνέπεια, η εγκατάσταση εξοπλισμού για την ψύξη θερμών καυσαερίων μπορεί να έχει χρήσιμη οικονομική σημασία, ακόμη και αν η θερμότητα δεν ανακτάται.

Με τα τρέχοντα υψηλά κόστη της ενέργειας, η ανάκτηση ενός τμήματος της θερμότητας είναι σχεδόν πάντοτε οικονομικά αποδοτική. Ένα ενδεχόμενο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει από την ψύξη σε χαμηλή θερμοκρασία είναι η συμπύκνωση της υγρασίας, με επακόλουθα τη διάβρωση ή και το φράξιμο του κατάντη εξοπλισμού.

### **(5.1). Διάλυση με Αέρα**

Η διάλυση με αέρα είναι μία από τις ευκολότερες μεθόδους για την ψύξη θερμών ρευμάτων αερίων. Ωστόσο, εκτός αν το αέριο είναι πολύ θερμό και η θερμοκρασία ψύξης στην οποία στοχεύουμε είναι σημαντικά υψηλότερη από την ατμοσφαιρική θερμοκρασία, ο τελικός όγκος του αέρα μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος.

### **(5.2). Έγχυση Νερού**

Η έγχυση νερού ψύχει πολύ αποδοτικά λόγω της υψηλής θερμοκρασίας εξατμίσου του νερού. Καθώς το νερό που ψεκάζεται μέσα στο θάλαμο ανάμιξης εξατμίζεται, τα νερά απορροφά σημαντική θερμότητα από το ρεύμα αέρα, μειώνοντας κατά συνέπεια τη θερμοκρασία του αέρα. Ο τελικός όγκος του ρεύματος που ψύχεται είναι σημαντικά μικρότερος από ό,τι εάν χρησιμοποιείτο αέρας αραίωσης, αλλά η προκύπτουσα υγρασία του ρεύματος δύναται να είναι αρκετά υψηλή. Το γεγονός αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στις μονάδες που ακολουθούν.

### **(6). Πύργος Ψύξης**

Ο πύργος ψύξης ακολουθεί μερικές φορές ένα θάλαμο ψύξης. Παρουσιάζεται στη μορφή ενός κυλινδρικού πύργου από χαλκό, που μέσα φέρει εκτοξευτήρες σταγονιδίων νερού.

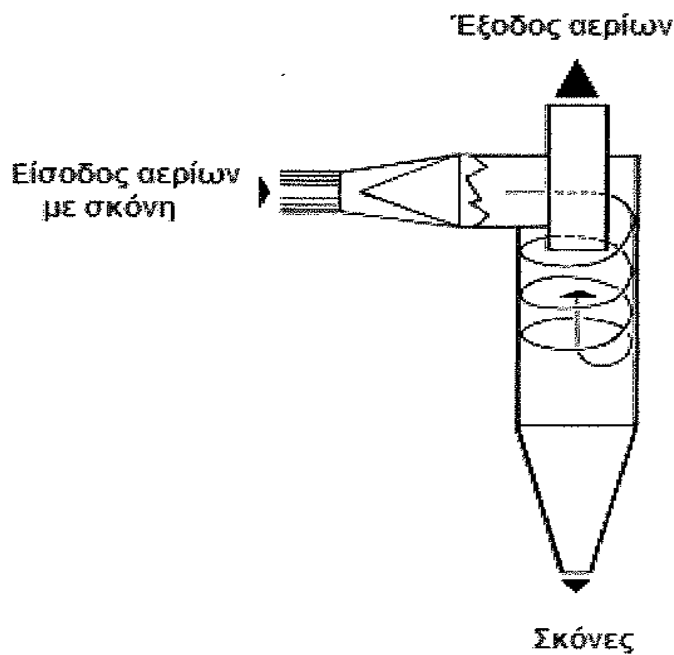
### **(7). Αφαίρεση Σκόνης από τα Αέρια Καύσης**

#### **(7.1). Κυκλώνες**

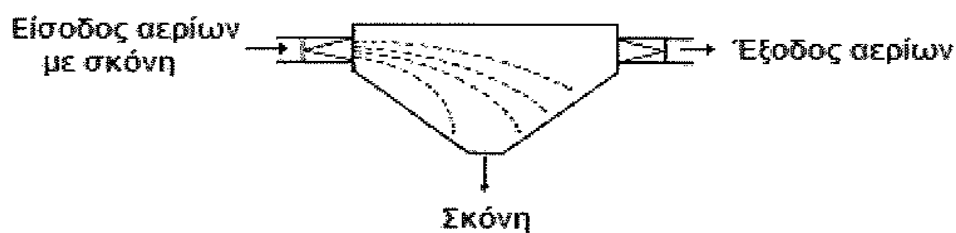
Οι κυριότεροι τρόποι αφαίρεσης της σκόνης είναι με καθίζηση και με κυκλώνες και πολυκυκλώνες. Επίσης, μπορεί να επιδιωχθεί η αφαίρεση δι' υγρής οδού, δια της χρησιμοποίησης σειράς στοιχείων από σωλήνες μέσα στους οποίους διέρχεται ένα φιλμ νερού. Τα αέρια έρχονται σε επαφή με το νερό και απαλλάσσονται από τις σκόνες. Τα ακάθαρτα νερά συγκεντρώνονται και υφίστανται καθαρισμό. Είναι αναγκαία αρκετή ποσότητα νερού, ίση με 2 έως 2,5 m<sup>3</sup>/τόνο καιομένων απορριμμάτων. Δηλαδή, 36~45 m<sup>3</sup>/ώρα νερό.



Στο Σχήμα 2 φαίνεται η μέθοδος αφαίρεσης της σκόνης με τη χρήση κυκλώνα, ενώ στο Σχήμα 3 η αφαίρεση της σκόνης μέσω θαλάμου καθιζήσεως.



Σχήμα 2. Αφαίρεση σκόνης με κυκλώνα



Σχήμα 3. Αφαίρεση σκόνης δια θαλάμου καθιζήσεως

### **(7.1.1). Πλεονεκτήματα Κυκλώνων**

Τα πλεονεκτήματα των κυκλώνων είναι:

- Μικρό κόστος κεφαλαίου
- Δυνατότητα λειτουργίας σε υψηλές θερμοκρασίες
- Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης εξαιτίας της απουσίας κινούμενων μερών

### **(7.1.2). Μειονεκτήματα Κυκλώνων**

Τα μειονεκτήματα των κυκλώνων είναι:

- Χαμηλές αποδόσεις, ειδικά για πολύ μικρά σωματίδια
- Υψηλό κόστος λειτουργίας λόγω της πτώσης πίεσης

## **(7.2). Ηλεκτροστατικά Φίλτρα**

Η διεργασία του διαχωρισμού με ηλεκτροστατικά φίλτρα (ή ηλεκτρικούς κατακρημνιστές) περιλαμβάνει τον ιονισμό του αέρα με το ρυπαντικό φορτίο που ρέει ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, τη φόρτιση, τη μετακίνηση και τη συλλογή του ρυπαντικού φορτίου (σωματίδια) στις αντίθετα φορτισμένες πλάκες και την απομάκρυνση των σωματιδίων από τις πλάκες. Τα σωματίδια μπορεί να είναι είτε ξηρές σκόνες είτε υγρά σωματίδια.

Ο αέρας ρέει μέσω του ηλεκτροστατικού φίλτρου (Electrostatic Precipitator –ESP), αλλά τα σωματίδια αποτίθενται πάνω στις πλάκες. Το υλικό τινάζεται ή ξεπλένεται από τις πλάκες και συγκεντρώνεται στη βάση του ESP. Το ESP είναι μοναδικό ανάμεσα στις άλλες συσκευές ελέγχου αέριας ρύπανσης στο ότι οι δυνάμεις συλλογής δρουν μόνο στα σωματίδια και όχι σε ολόκληρο το ρεύμα του αέρα. Αυτό το φαινόμενο τυπικά έχει ως αποτέλεσμα μία υψηλή απόδοση συλλογής με μία πολύ χαμηλή πτώση πίεσης του αέρα.

Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα έχουν τη μορφή ενός ή περισσοτέρων θαλάμων με θόλο και φέρουν σκάφες, για τη συγκέντρωση της σκόνης στο χαμηλότερο μέρος. Στο εσωτερικό τους έχει γίνει διαμερισμάτωση, με έναν

αριθμό πλακών τοποθετημένων στην κατεύθυνση ροής των αερίων. Μεταξύ τους βρίσκονται τεντωμένα σύρματα ή σιδηρές βέργες, που συνδέονται με μία ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης (10.000 έως 50.000 V). Τα αέρια περνούν από το δημιουργούμενο ηλεκτρικό φορτίο, μεταξύ συρμάτων και πλακών. Οι σκόνες ωθούνται στις πλάκες ή τα ηλεκτρόδια συλλογής και πέφτουν στις σκάφες, από τις οποίες αδειάζονται με ένα κατάλληλο σύστημα.

Οι σκόνες που προσκολλούνται επάνω στις πλάκες αφαιρούνται με περιοδικά κτυπήματα. Η αποκονίωση διευκολύνεται όταν τα αέρια έχουν υγρασία 10%.

### **(7.2.1). Πλεονεκτήματα Ηλεκτροστατικών Φίλτρων**

Τα πλεονεκτήματα των ηλεκτροστατικών φίλτρων είναι:

- Πολύ υψηλές αποδόσεις, ακόμα και για μικρά σωματίδια
- Επεξεργασία πολύ μεγάλων όγκων αερίου με χαμηλή πτώση πίεσης
- Ξηρή συλλογή πολύτιμων υλικών, ή υγρή συλλογή για καπνούς και ομιχλώματα
- Λειτουργία σε εκτεταμένη περιοχή θερμοκρασιών αερίου
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας, εκτός από τις πολύ υψηλές αποδόσεις

### **(7.2.2). Μειονεκτήματα Ηλεκτροστατικών Φίλτρων**

Τα μειονεκτήματα των ηλεκτροστατικών φίλτρων είναι:

- Υψηλό κόστος επένδυσης
- Δεν υφίσταται έλεγχος στις εκπομπές αερίων
- Έλλειψη ευελιξίας σε μεταβολές των συνθηκών λειτουργίας, από τη στιγμή της εγκατάστασης
- Καταλαμβάνουν πολύ χώρο
- Είναι πιθανόν να μην λειτουργούν σε σωματίδια με πολύ υψηλή ηλεκτρική ειδική αντίσταση

### (7.3). Σακόφιλτρα

Το φιλτράρισμα με ύφασμα είναι μία ευρέως γνωστή και αποδεκτή μέθοδος για τον διαχωρισμό των ξηρών σωματιδίων από ρεύμα αερίου (απαέρια καύσης). Κατά το φιλτράρισμα με ύφασμα, τα αέριο με τα σωματίδια ρέει μέσα και διαμέσου ενός αριθμού υφασμάτων σάκων τοποθετημένων παράλληλα, αφήνοντας τη σκόνη η οποία συγκρατείται από το ύφασμα. Το ύφασμα από μόνο του φιλτράρει τα σωματίδια. Ωστόσο, το ύφασμα είναι περισσότερο σημαντικό στο ρόλο του ως μέσο στήριξης για το στρώμα της σκόνης που συσσωρεύεται γρήγορα πάνω σε αυτό. Το στρώμα της σκόνης είναι υπεύθυνο για το υψηλής απόδοσης φιλτράρισμα των μικρών σωματιδίων, για το οποίο είναι γνωστά τα σακόφιλτρα. Αυτή η επίδραση του στρώματος σκόνης είναι περισσότερο σημαντική για υφάσματα με πλέξη από ό,τι για υφάσματα από τσόχα.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη υφασμάτων, διαφορετικοί τρόποι ύφανσής τους σε διάφορα μεγέθη σάκων, διαφορετικοί τρόποι διαμόρφωσης των σάκων σε ένα σακόφιλτρο και διαφορετικοί τρόποι ροής του αέρα μέσα από τους σάκους. Η εκτεταμένη λειτουργία ενός σακόφιλτρου απαιτεί τον περιοδικό καθαρισμό της σκόνης από την επιφάνεια του υφάσματος και την απομάκρυνσή της από το σακόφιλτρο.

Οι τρεις συνηθισμένοι τύποι σακόφιλτρων, ταξινομημένοι σύμφωνα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό της σκόνης από τους σάκους, είναι τα σακόφιλτρα με ρεύμα αέρα αντιθέτου ροής (reverse air), τα σακόφιλτρα μη μηχανική δόνηση (shaker) και τα σακόφιλτρα δόνησης με αέρα υπό πίεση (pulse jet).

Κάποια χαρακτηριστικά των σακόφιλτρων για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση είναι:

- Να είναι φίλτρα μέσου μεγέθους (τσάντες)
- Να αυτοκαθαρίζονται με τη διαφορά πίεσεως ( $\Delta p$ ) που δημιουργείται όταν ο αέρας αλλάζει κατεύθυνση (αντίστροφη κατεύθυνση)
- Να έχουν απόδοση πάνω από 99,9%, δηλαδή  $5 \text{ mg/Nm}^3$
- Να έχουν μεγάλη πτώση πίεσης, σημείο δρόσου  $180 > T > 220 \text{ }^\circ\text{C}$

### **(7.3.1). Πλεονεκτήματα Σακόφιλτρων**

Τα πλεονεκτήματα των σακόφιλτρων είναι:

- Πολύ υψηλές αποδόσεις συλλογής, ακόμη και για πολύ μικρά σωματίδια
- Λειτουργία για μεγάλο εύρος σωματιδίων
- Αποτελούνται από επιμέρους στοιχεία κατά το σχεδιασμό και τα κατασκευαστικά στοιχεία μπορούν να προσυναρμολογηθούν στο εργοστάσιο
- Λειτουργία σε εκτεταμένο εύρος ογκομετρικών παροχών
- Απαιτούν σχετικά χαμηλές πτώσεις πίεσης

### **(7.3.2). Μειονεκτήματα Σακόφιλτρων**

Τα μειονεκτήματα των σακόφιλτρων είναι:

- Απαιτούν μεγάλες επιφάνειες δαπέδου έδρασης
- Τα υφάσματα μπορεί να υποστούν φθορά από τις υψηλές θερμοκρασίες ή από τα διαβρωτικά χημικά
- Δε μπορούν να λειτουργήσουν σε περιβάλλον με υγρασία, επειδή τα υφάσματα μπορεί να γίνουν «τυφλά»
- Έχουν πιθανότητα για φωτιά ή έκρηξη



## **(8). Καπνοδόχος**

### **(8.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Η καπνοδόχος κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από τούβλα. Προστατεύεται από τις θερμικές επιδράσεις με εσωτερική επένδυση. Όταν η επένδυση είναι τοποθετημένη κατ' ευθείαν επί του σώματος, πρέπει μεταξύ της επένδυσης και του τοιχώματος να αφήνεται ένα πέρασμα αέρα με φυσική κυκλοφορία για να αποφεύγεται η συγκέντρωση της σκόνης που περνά μέσα από τις ενώσεις των τούβλων (οι σκόνες όταν υγρανθούν διογκώνονται και προκαλούν πτώση τμημάτων της επένδυσης).

Στο εξωτερικό μέρος της καπνοδόχου τοποθετείται σκάλα με προστατευτικό κυγκλίδωμα. Στην κορυφή της καπνοδόχου εγκαθίσταται χυτοσίδηρο στεφάνι, με κατάλληλη διάταξη γειωμένης συσκευής αλεξικέρανου.

### **(8.2). Καθορισμός Ύψους Καπνοδόχου**

#### **(8.2.1). Υπολογισμός $H_k$**

Οι εκπεμπόμενοι καπνοί από την καπνοδόχο, περιέχουν μέσα στα επιτρεπόμενα όρια των ισχυόντων κανονισμών, ορισμένη περιεκτικότητα από σκόνη και χημικούς ρυπαντές (θείο και κυρίως χλώριο).

Η εξουδετέρωση της εναπομένουσας ρύπανσης, βασίζεται στο διασκορπισμό των καπνών, που εξαρτάται από το ύψος της καπνοδόχου και την ταχύτητα διάχυσης τους.

Ο στόχος είναι να καθορισθεί, το ελάχιστο ύψος της καπνοδόχου, σε συνάρτηση με την μέγιστη περιεκτικότητα σκόνης, που μπορεί να γίνει δεκτή στο έδαφος.

Το ελάχιστο ύψος εξόδου των αερίων, από την καπνοδόχο του εργοστασίου καύσης απορριμμάτων, πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τις τιμές που προκύπτουν για τα  $H_k$  και  $H_0$  υπολογιζόμενων κατά τα ακόλουθα.

$$H_k = \sqrt{(680 \cdot q) / C_m \sqrt[3]{n / (R \cdot \Delta t)}} \quad (\text{Εξ.7})$$

Το  $H_k$  εκφράζεται σε μέτρα. Είναι δε:

$\Delta t$  : Η διαφορά θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ) μεταξύ της θερμοκρασίας των εξερχόμενων αερίων από την καπνοδόχο όταν η εγκατάσταση βρίσκεται στη μέγιστη λειτουργία της και της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος, στην εξεταζόμενη θέση.

$R$  : Η παροχή του απορριπτόμενου αερίου σε  $\text{m}^3/\text{day}$ , που αντιστοιχεί στη μέγιστη λειτουργία της εγκατάστασης, υπολογιζόμενη για την ενεργό θερμοκρασία διάχυσης των αερίων.

$C_m$  : Η μέγιστη περιεκτικότητα σε λεπτή σκόνη που γίνεται δεκτή στη στάθμη του εδάφους, λόγω της μελετουμένης εγκατάστασης, εκφραζόμενη σε  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Το  $C_m$  πρέπει να ληφθεί σαν διαφορά μεταξύ του  $0,15 \text{ kg}/\text{m}^3$ , που αποτελεί την τιμή αναφοράς και της μέσης περιεκτικότητας, που μετριέται στην εξεταζόμενη θέση.

Εφόσον δεν υπάρχουν μετρήσεις, δεχόμαστε τις κατωτέρω τιμές για τη μέση περιεκτικότητα.

- ✓  $0,05 \text{ kg}/\text{m}^3$  σε ζώνη λίγο ρυπασμένη.
- ✓  $0,09 \text{ kg}/\text{m}^3$  σε ζώνη μέσης βιομηχανικής ανάπτυξης και πυκνότητας οίκησης.
- ✓  $0,11 \text{ kg}/\text{m}^3$  σε ζώνη πολύ αστικοποιημένη και βιομηχανοποιημένη.

$q$  : Η μέγιστη παροχή σκόνης σε  $\text{kg}/\text{h}$  κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης.

$n$  : Ο αριθμός των καπνοδόχων της περιοχής, περιλαμβανομένης και της καπνοδόχου του εργοστασίου καύσης, που βρίσκονται σε μια οριζόντια απόσταση μικρότερη από  $2 H_k$ , από τη θέση της μελετουμένης καπνοδόχου.

### (8.2.2). Υπολογισμός $H_0$

Ο υπολογισμός αυτός γίνεται, για τα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια που μπορεί να διαταράξουν τη διάχυση των αερίων. Τα εμπόδια εξετάζονται όταν βρίσκονται σε μια απόσταση μικρότερη από  $10 H_k$  από την καπνοδόχο και έχουν πλάτος μεγαλύτερο από  $10 m$ .

Έστω  $H_i$  το υψόμετρο ενός εμποδίου που βρίσκεται σε μια οριζόντια απόσταση  $d$  από την καπνοδόχο και οριζόμενο κατά τα κατωτέρω. Εάν το  $d$  είναι μικρότερο ή ίσο με  $2 H_k$ , τότε το υψόμετρο του εμποδίου υπολογίζεται ως:

$$H_i = 1,4 \cdot h_i \quad (\text{Εξ.8})$$

Εάν το  $d$  περιλαμβάνεται μεταξύ  $2 H_k$  και  $10 H_k$ , τότε το υψόμετρο του εμποδίου υπολογίζεται ως:

$$H_i = \frac{7}{4} h_i \left( \frac{1-d}{10H_k} \right) \quad (\text{Εξ.9})$$

Το  $H_0$  είναι η μεγαλύτερη από τις τιμές  $H_i$ , που υπολογίζονται για τις θέσεις όλων των ανωτέρω εμποδίων.

Ο υπολογισμός της καπνοδόχου για τη μονάδα καύσης ΑΣΑ στη Δυτική Μακεδονία φαίνεται στον Πίνακα 2.

<b>ΔΕΔΟΜΕΝΑ</b>	
Βάρος απορριμμάτων (W, kg/h)	18.000
Όγκος απορριμμάτων (V, m <sup>3</sup> /h)	60
Πυκνότητα απορριμμάτων (d, kg/m <sup>3</sup> )	300
Θερμοκρασία εξερχόμενων καυσαερίων (T, °C)	62
Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος (T, °C)	20
Μέγιστη παροχή σκόνης (q, kg/h)	48,6
Περιεκτικότητα σε σκόνη στο έδαφος (C <sub>m</sub> , kg/m <sup>3</sup> )	0,1
Αριθμός καπνοδόχων (n)	1
Παροχή απορριπτόμενου αερίου (R, m <sup>3</sup> /day°C)	927.692,3
Ύψος καπνοδόχου (H <sub>k</sub> , m)	31,22

Πίνακας 2. Υπολογισμός του ύψους καπνοδόχου της εγκατάστασης θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στη Δ. Μακεδονία

Αντικαθιστώντας τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα στην εξίσωση 7, βρίσκουμε ότι το ύψος της καπνοδόχου υπολογίζεται στα 32 m.

### (9). Επιτρεπόμενα Όρια

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα επιτρεπόμενα από την Ευρωπαϊκή Ένωση όρια των αερίων ρύπων.

Στοιχεία	Mg/Nm <sup>3</sup>	EU std Mg/Nm <sup>3</sup> , Dry, 11%O <sub>2</sub>
Σκόνη	8.000	10
HCl + HF	1.250	10/1
SO <sub>x</sub>	800	50
NO <sub>x</sub>	200	200
CO	10	50
Hg	3	0,05
Βαριά μέταλλα	10	0,5
Διοξίνες & φουράνια	1 ng TEQ / Nm <sup>3</sup>	<0,1 ng TEQ / Nm <sup>3</sup>
TOC (Συνολικός οργανικός C)		<3%

Πίνακας 3. Συγκέντρωση ρύπων 1 Nm<sup>3</sup> (=1,250g) αερίων, προβλεπόμενα από Ε.Ε. - Προτεινόμενα για την εγκατάστασή μας).

TEF = 1 για την τοξικότερη ένωση

TEQ = Τοξική ισοδύναμη ποιότητα (σε σχέση με την ένωση TEF)



## **(9.1). Έλεγχος Οξειδίων του Αζώτου (NO<sub>x</sub>)**

Τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται σε μεγάλες ποσότητες είναι τα NO και NO<sub>2</sub>. Τα οξείδια του αζώτου είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση του φωτοχημικού νέφους και κρίνεται απαραίτητος ο περιορισμός τους.

Οι δύο κύριες κατηγορίες ελέγχων των NO<sub>x</sub> είναι οι μεταβολές στην καύση και οι τεχνικές επεξεργασίας των αερίων της καύσης. Οι μεταβολές στην καύση χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν των τον σχηματισμό NO<sub>x</sub> κατά τη διάρκεια της πραγματικής καύσης. Οι τεχνικές επεξεργασίας των αερίων καύσης χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των NO<sub>x</sub> από τα αέρια καύσης, αφού έχουν ήδη σχηματιστεί τα NO<sub>x</sub>.

### **(9.1.1). Μεταβολές στην Καύση**

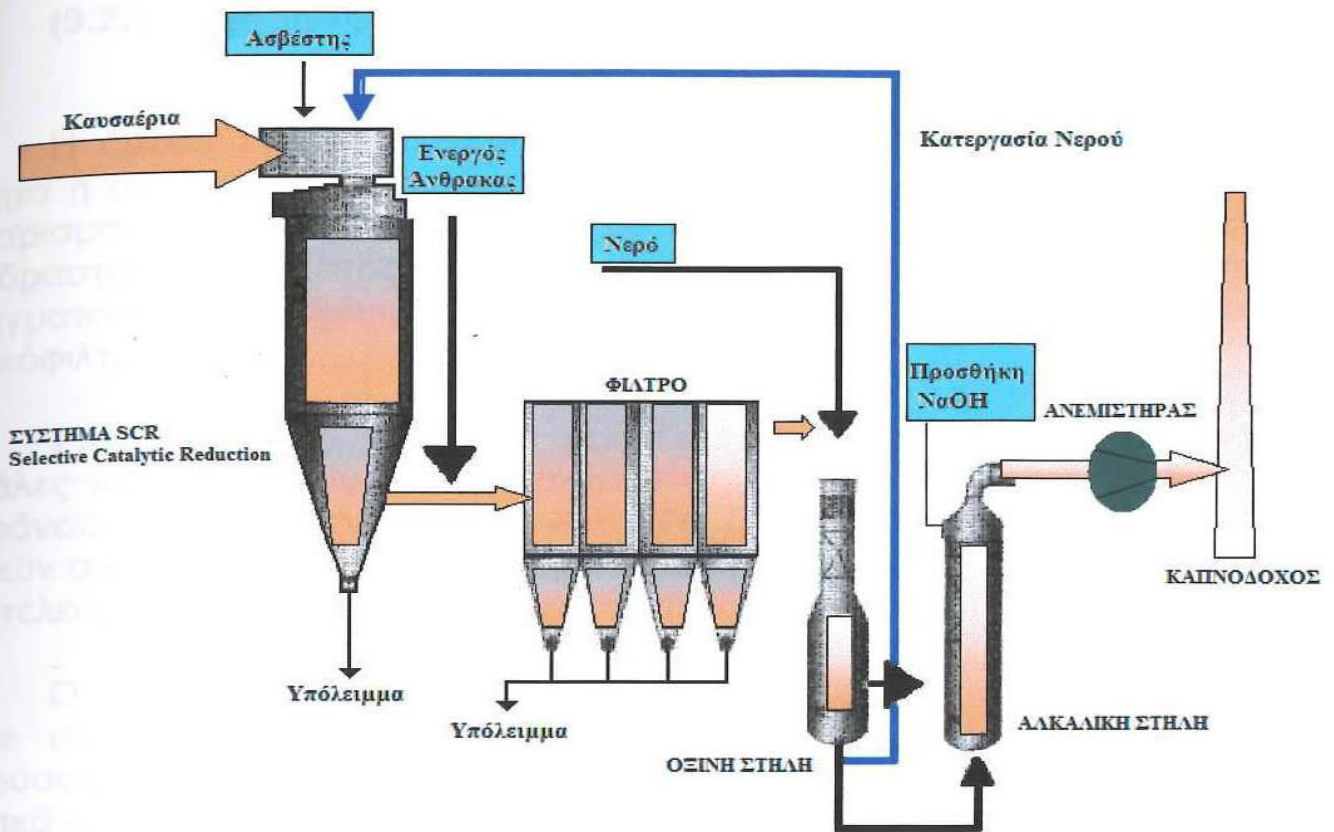
Νέοι καυστήρες χαμηλής εκπομπής NO<sub>x</sub> (boiler de-NO<sub>x</sub>) εκπροσωπούν την πλέον κοινή αλλαγή στο σχεδιασμό εξοπλισμού για τη μείωση σχηματισμού NO<sub>x</sub>. Οι καυστήρες χαμηλής εκπομπής NO<sub>x</sub> παρεμποδίζουν το σχηματισμό NO<sub>x</sub> με τον έλεγχο του μίγματος καυσίμου – αέρα, ενώ δοκιμές δείχνουν ότι οι εκπομπές NO<sub>x</sub> μειώνονται κατά 40-60% σε σύγκριση με παλαιότερους συμβατικούς καυστήρες.

### **(9.1.2). Επεξεργασία Απαιερίων Καύσης**

Η πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η εκλεκτική καταλυτική αναγωγή (Selective Catalytic Reduction – SCR). Στην εκλεκτική καταλυτική αναγωγή ανάγονται μόνο τα NO<sub>x</sub> (τελικά σε αέριο N<sub>2</sub>). Με τη χρήση κατάλληλου καταλύτη, η αμμωνία, το υδρογόνο, το μονοξείδιο του άνθρακα ή ακόμα και το υδρόθειο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναγωγικά μέσα, στις περισσότερες όμως περιπτώσεις επιλέγεται η αμμωνία. Ο καταλύτης είναι μίγμα οξειδίων τιτανίου και βαναδίου και μορφοποιείται σε πελέτες ή σε κυψελοειδή μορφή.

Η καλύτερη θερμοκρασιακή περιοχή για καταλυτική δραστικότητα και εκλεκτικότητα για SCR είναι από 300 μέχρι 400 °C. Οι μονάδες SCR τυπικά επιτυγχάνουν περίπου 80% αναγωγή των NO<sub>x</sub>.

Στο Σχήμα 4 φαίνεται η διαδικασία της Εκλεκτικής Καταλυτικής Μείωσης για την απομάκρυνση διοξινών, φουρανίων, NO<sub>x</sub> και βαρέων μετάλλων.



Σχήμα 4. Σύστημα SCR (Selective Catalytic Reduction) – Εκλεκτική Καταλυτική Μείωση

## (9.2). Έλεγχος Οξειδίων του Θείου ( $SO_x$ )

Τα οξείδια του θείου που εκπέμπονται σε μεγάλες ποσότητες είναι τα  $SO_2$  και  $SO_3$ . Το σημαντικότερο πρόβλημα των οξειδίων του θείου είναι η όξινη απόθεση (όξινη βροχή, όξινο χιόνι) και γι' αυτόν τον λόγο κρίνεται σκόπιμος ο περιορισμός των εκπομπών τους.

Οι δύο βασικές προσεγγίσεις για τον έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του θείου είναι η απομάκρυνση του θείου από το καύσιμο ή η απομάκρυνση του διοξειδίου του θείου από τα καυσαέρια. Στη συγκεκριμένη μελέτη, επειδή το καύσιμο είναι τα στερεά αστικά απορρίμματα, θα περιοριστούμε στην απομάκρυνση του διοξειδίου του θείου από τα καυσαέρια.

### (9.2.1). Απόρριψη με Ξηρό Καθαρισμό

Η άμεση έγχυση κονιορτοποιημένης ασβέστου ή ασβεστόλιθου στον λέβητα ή στην κατεύθυνση του ρεύματος στον αγωγό είναι μία μορφή ξηρού καθαρισμού. Στη διεργασία ξηρού καθαρισμού, κονιορτοποιημένο αντιδραστήριο (άσβεστος, trona ή nacholite) εισάγεται μέσα στο καπναέριο. Πραγματοποιείται ξηρή ρόφηση και τα στερεά σωματίδια συλλέγονται σε σακκόφιλτρο.

Στο παρελθόν, το κύριο μειονέκτημα της άμεσης έγχυσης ήταν οι μεγάλες ποσότητες του αντιδραστήριου που ήταν απαραίτητες, διότι μόνον οι επιφάνειες των σωματιδίων είναι ενεργές. Παρ' όλα αυτά, η δημιουργία πολύ μικρών σωματιδίων δίνει πολύ περισσότερη επιφάνεια ανά μονάδα βάρους, με αποτέλεσμα την αποδοτικότερη χρήση της ασβέστου.

Ο ξηρός καθαρισμός περιλαμβάνει επίσης την εισαγωγή με πίεση είτε trona είτε nacholite. Το trona εμφανίζεται φυσικά ως  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Το trona εξορύσσεται εμπορικά και πωλείται ως προϊόν. Το nacholite εμφανίζεται φυσικά ως  $\text{NaHCO}_3$ .

Τα πλεονεκτήματα του ξηρού καθαρισμού είναι το χαμηλό κόστος κεφαλαίου και οι χαμηλές απαιτήσεις σε συντήρηση. Τα μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος αντιδραστήριου (συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς) και των πιθανών προβλημάτων διάθεσης των αποβλήτων (στραγγίσματα των ευδιάλυτων αλάτων νατρίου).

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τον ξηρό καθαρισμό, καθώς και τα αντιδραστήρια είναι οι εξής:



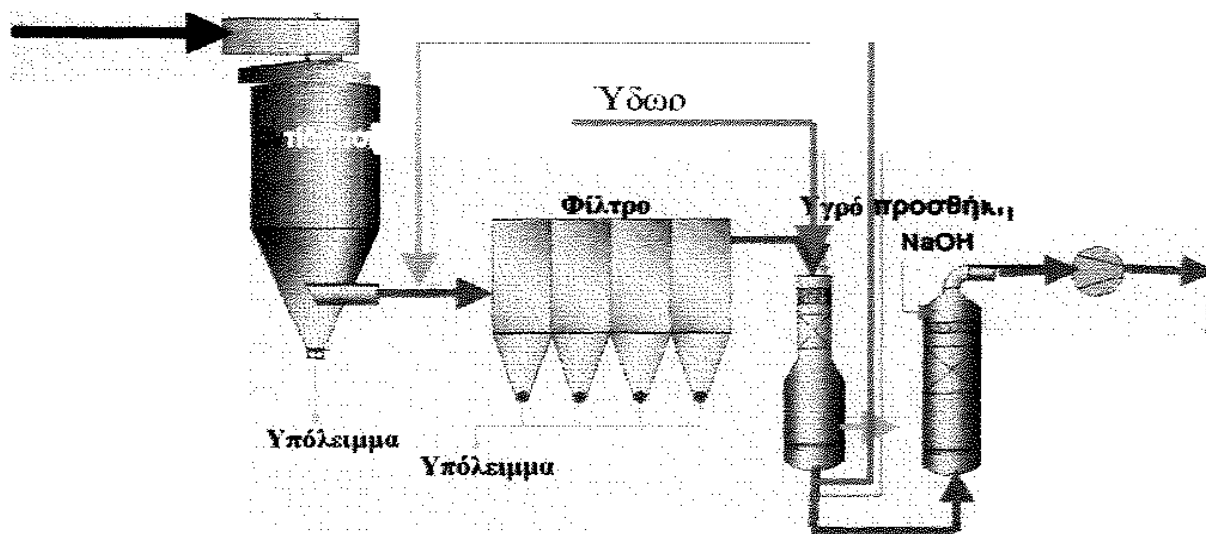
## (9.2.2). Απομάκρυνση με Διπλό Υγρό Καθαρισμό

Το διπλό αλκαλικό σύστημα αναπτύχθηκε για την αντιμετώπιση των προβλημάτων σχετικά με τον καθαρισμό με άσβεστο και ασβεστόλιθο (κυρίως η επικαθίση και το φράξιμο εσωτερικά του πύργου καθαρισμού). Το διπλό αλκαλικό σύστημα χρησιμοποιεί δύο αντιδραστήρια:

- Διάλυμα θειώδους νατρίου και υδροξειδίου του νατρίου σε νερό
- Ασβεστόλιθος με συμπλήρωμα υδροξειδίου του νατρίου ή σόδα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του διπλού αλκαλικού συστήματος είναι η μείωση των επικαθίσεων (από τη σκουριά) και του φραξίματος, καθώς και το χαμηλότερο κόστος συντήρησης.

Στο Σχήμα 5 δίνεται το διάγραμμα καθαρισμού των αερίων με διπλό αλκαλικό σύστημα.

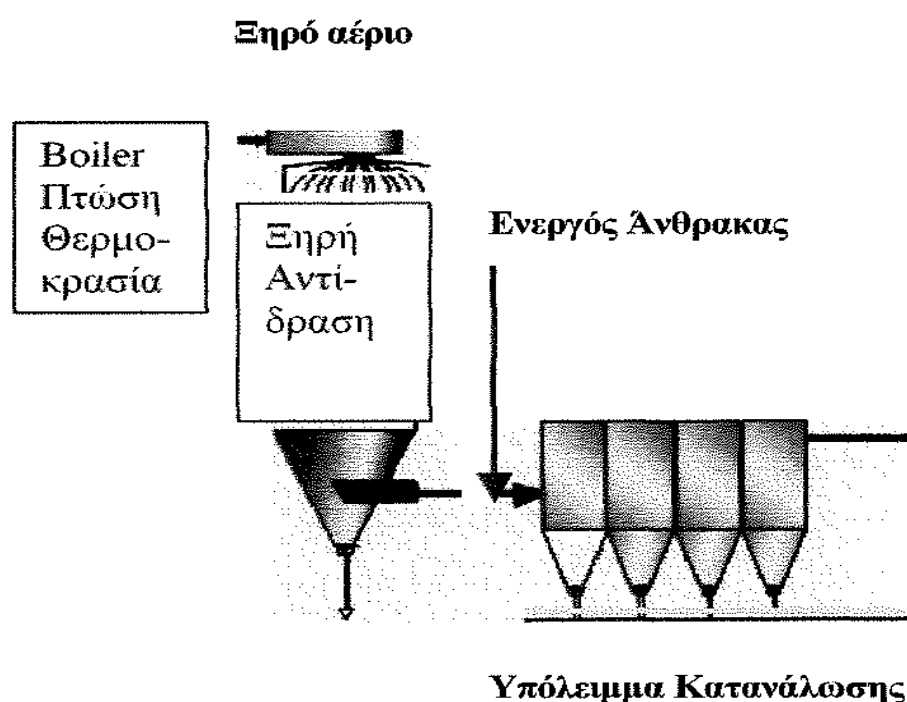


Σχήμα 5. Διάγραμμα καθαρισμού σε δύο στάδια

### (9.2.3). Ανάκτηση με Ξηρές Διεργασίες

Αρκετά συστήματα ενεργού άνθρακα αναπτύχθηκαν για την απορρόφηση του διοξειδίου του θείου. Ο άνθρακας καταλύει την αντίδραση του  $\text{SO}_2$  σε  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , προλαμβάνοντας με αυτόν τον τρόπο την εκρόφηση του διοξειδίου του θείου. Ο άνθρακας μπορεί να αναγεννηθεί μέσω πλύσης με νερό, παράγοντας ένα αραιό ρεύμα θειικού οξέος, το οποίο εξουδετερώνεται και απορρίπτεται.

Στο Σχήμα 6 δίνεται το διάγραμμα καθαρισμού των αερίων με ξηρή διεργασία.

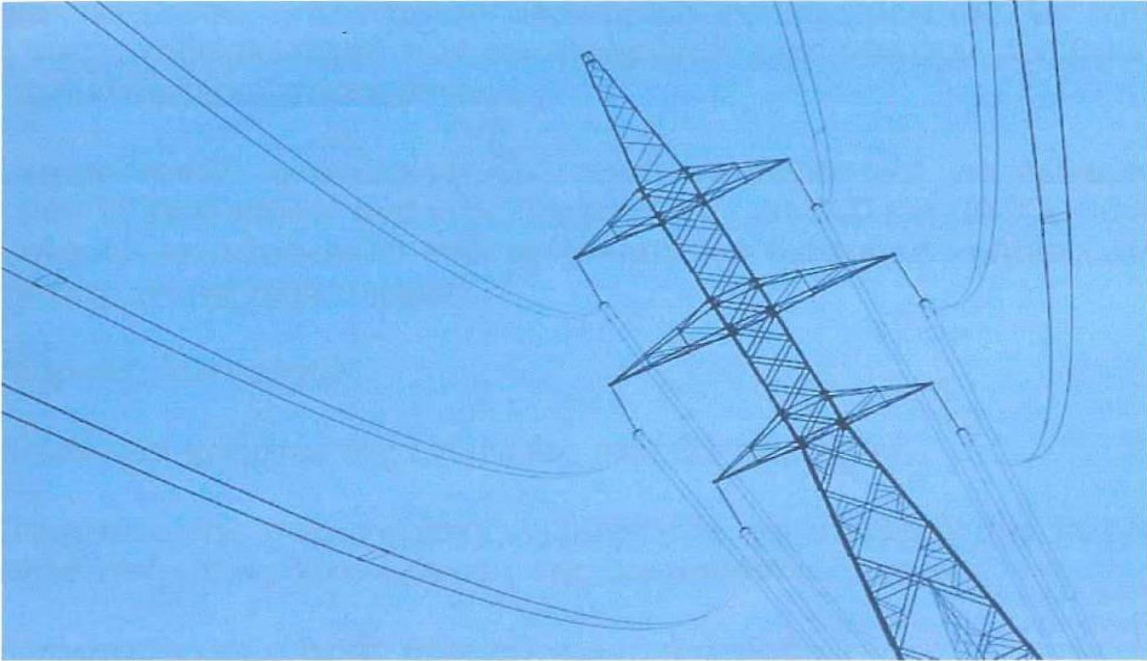


Σχήμα 6. Καθαρισμός αερίων με ξηρή διαδικασία



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



#### **(1). Εισαγωγή**

Τα οικιακά απορρίμματα μπορούν να θεωρηθούν ως ένα «φτωχό» καύσιμο, όπως η τύρφη. Η καύση τους ελευθερώνει 1.200-2.000 kcal/kg. Η ανάκτηση της ελευθερωμένης θερμότητας ελαττώνει το κόστος αυτής της τεχνικής (καύση).

Οι αποκτούμενες θερμίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θερμού νερού ή ατμού χαμηλής πίεσης (αστική ή βιομηχανική θέρμανση, θέρμανση σε θερμοκήπια, πισίνες κ.ά.).

## **(2). Παράγοντες προς Εξέταση**

Η ανάκτηση της θερμότητας δεν είναι πάντοτε οικονομικώς ενδιαφέρουσα και απαιτείται η κατάρτιση οικονομικοτεχνικής μελέτης, με στόχο την εξέταση της αποδοτικότητας των απαιτούμενων επενδύσεων, λαμβανομένων υπόψη των κατωτέρω παραγόντων:

- ✓ Ετήσιο τονάζ: η ανάκτηση δεν είναι ανταποδοτική για δυναμικότητες κάτω των 20.000 τόνων ανά έτος. Μεταξύ των 20.000 και 60.000 τόνων ανά έτος μπορεί να αποδειχθεί ενδιαφέρουσα για διάφορες χρήσεις, αλλά όχι για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- ✓ Διάρκεια λειτουργίας.
- ✓ Δυναμικοί χρήστες της ενέργειας που θα παραχθεί.
- ✓ Ποσότητα της παραγόμενης θερμότητας και σταθερότητα παραγωγής, σε συνάρτηση με τις διακυμάνσεις της θερμογόνου δύναμης.
- ✓ Απόσταση μεταφοράς θερμού νερού ή ατμού.
- ✓ Τιμή πώλησης.

## **(3). Συσκευές & Διατάξεις Ανάκτησης Ενέργειας**

### **(3.1). Γενικά Στοιχεία**

Ως συσκευές ανάκτησης ενέργειας ορίζονται οι συσκευές οι οποίες διευκολύνουν τη μετάδοση μηχανικού - θερμικού φορτίου και ηλεκτρικού φορτίου από το ένα σύστημα στο άλλο και συναντιούνται σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, σε κύκλους παραγωγής ισχύος, παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, ανάκτησης θερμότητας, σε χημικές διεργασίες και αλλού.

Οι πιο απλές συσκευές που συμμετέχουν στη διαδικασία ανάκτησης ενέργειας από Αστικά Στερεά Απορρίμματα (ΑΣΑ) είναι οι κλίβανοι (φούρνοι), οι εναλλάκτες, οι λέβητες, οι ατμοστρόβιλοι και οι γεννήτριες.

### **(3.2). Κλίβανοι & Φούρνοι**

#### **(3.2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Θερμαντήρες καύσης ή κλίβανοι ή φούρνοι λέγονται οι εγκαταστάσεις όπου η θερμότητα που εκλύεται από την καύση (αερίων, υγρών ή στερεών καυσίμων) χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των προς επεξεργασία υλικών. Κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στους κλιβάνους άμεσης και στους κλιβάνους έμμεσης θέρμανσης.

Στους κλιβάνους άμεσης θέρμανσης τα υλικά θερμαίνονται σε άμεση επαφή με τη φλόγα και τα προϊόντα της καύσης. Παράδειγμα τέτοιων κλιβάνων είναι οι περιστρεφόμενοι κλίβανοι, όπως οι κλίβανοι ανοιχτής φωτιάς.

Στους κλιβάνους έμμεσης θέρμανσης το θερμαινόμενο υλικό δεν έρχεται σε άμεση επαφή με τη φλόγα ή τα καυσαέρια, τα οποία διαχωρίζονται από το κύριο, προς θέρμανση, υλικό με μεταλλικό ή πυρίμαχο τοίχωμα. Παραδείγματα είναι οι ατμολέβητες και οι εξατμιστές.

Οι φούρνοι και οι κλίβανοι βρίσκουν κυρίως εφαρμογές στη βιομηχανία σε:

- ✓ Θέρμανση μετάλλων
- ✓ Τήξη μετάλλων
- ✓ Έψηση τούβλων
- ✓ Έψηση κεραμικών
- ✓ Αφύγρανση ξύλου
- ✓ Ξήρανση βαφής
- ✓ Παραγωγή ασβέστου

Τα πιθανά καύσιμα μπορεί να είναι:

- ✓ Μαζούτ
- ✓ Φυσικό αέριο
- ✓ Κωκ

Μετάδοση θερμότητας με αγωγή παρουσιάζεται μόνο σε φούρνους όπου το προϊόν χωρίζεται από τη φλόγα με μία επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας.

Μετάδοση θερμότητας με συναγωγή παρουσιάζεται στα όρια μεταξύ τοιχώματος και ρευστού. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης είναι πολύ σημαντικός για φούρνους που λειτουργούν κάτω από τους 6.000 °C.

Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία είναι σημαντική σε φούρνους που λειτουργούν πάνω από 6.000 °C. Σε ηλεκτρικό φούρνο για παράδειγμα, τα τοιχώματα τα οποία θερμαίνονται από ηλεκτρόδια εκπέμπουν ακτινοβολία στο περιεχόμενο του φούρνου.

Σχηματική απεικόνιση φούρνου (με φυσικό ελκυσμό) φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Απεικόνιση φούρνου με φυσικό ελκυσμό

### **(3.2.2). Χώρος Καύσης**

Ο χώρος καύσης θα πρέπει να διαμορφώνεται κατάλληλα, ώστε να εμφανίζει τον απαιτούμενο όγκο για την τέλεια καύση της υπό πλήρες φορτίο αναγκαίας ποσότητας απορριμμάτων χωρίς υπερφόρτωση, ήτοι :

- Να αντιστοιχούν 80.000 έως 150.000 kcal/h/m<sup>3</sup> καθαρού όγκου του θαλάμου.
- Η θερμαινόμενη επιφάνεια εσχάρας να φέρει θερμικό φορτίο από 500.000 έως 900.000 kcal/h/m<sup>2</sup>.
- Οι διαδρομές των καυσαερίων να είναι ελεγχόμενες για καθαρισμό.
- Η ταχύτητα των καυσαερίων να διατηρείται σε όλα τα σημεία της διαδρομής μεγάλη, ώστε να επιτυγχάνεται αυτοκαθαρισμός των επιφανειών με ελάττωση της επικαθύμενης αιθάλης.
- Ο χώρος καύσης να επενδυθεί με πυρίμαχους πλίνθους (εφόσον αυτό συνιστάται από τον κατασκευαστή) ευρωπαϊκής προέλευσης, ικανού πάχους, κατά την έκταση και τον τρόπο που συνιστά ο κατασκευαστής.

### **(3.2.3). Εσωτερική Επένδυση**

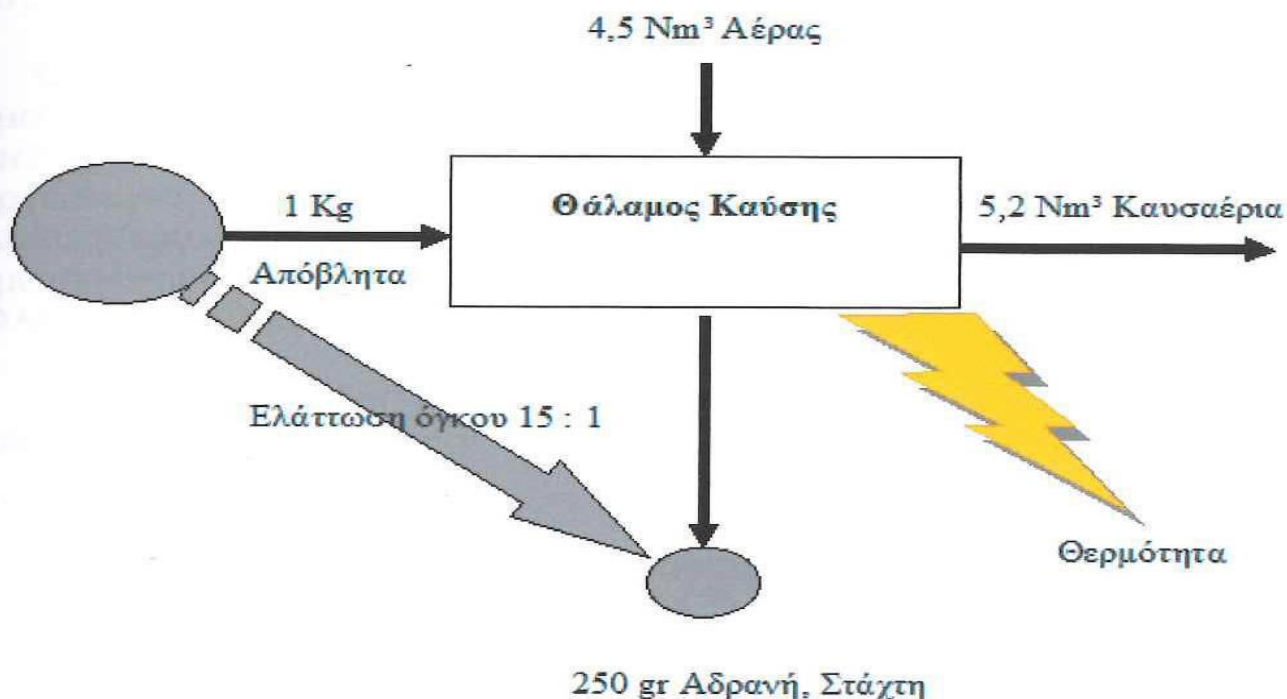
Οι πυρίμαχοι πλίνθοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Να αντέχουν τουλάχιστον σε θερμοκρασία 1670 °C.
- Για φορτίο 2 kg/cm<sup>2</sup> η θερμοκρασία κατάρρευσης του υλικού να μην είναι μικρότερη από 1570 °C για πλίνθους ειδικού σχήματος.
- Οι πλίνθοι να έχουν κανονική εσωτερική κατασκευή χωρίς ραγίσματα, η δε εξωτερική επιφάνειά τους να μην έχει ραγίσματα θραύσης ή προεξοχές.



### (3.2.4). Πειραματικά & Ενεργειακά Δεδομένα

Στο Σχήμα 2 Φαίνονται κάποια πειραματικά δεδομένα για την καύση των στερεών απορριμμάτων.



Σχήμα 2. Πειραματικά δεδομένα της καύσης απορριμμάτων

#### Θερμότητα:

- **1 Kg απόβλητα παράγει 10 MJ (μέσος όρος 7,5~15 MJ)**
- 1 Kg υγρό καύσιμο παράγει 42 MJ
- 1 Kg άνθρακας παράγει 30 MJ
- 1 Kg ξηρό ξύλο παράγει 15 MJ
- 1 Kg τύρφη παράγει 12 MJ

10 MJ Ενέργεια μπορούν να θερμάνουν 80 λίτρα νερό μέχρι 30 °C ή  
1 Kg Απόβλητα = Με ένα ζεστό μπάνιο

#### Ηλεκτρισμός:

- **1 Kg Απόβλητα αποδίδει 0,675 kWh**

Μία λάμπα 75 W μπορεί να φωτίζει συνεχώς 9 ώρες

### **(3.3). Καυστήρες**

#### **(3.3.1). Καυστήρας Πετρελαίου (diesel oil)**

Ο καυστήρας θα πρέπει να είναι κατάλληλος για μονοφασικό ή τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα πολικής τάσης 380V/50Hz, αυτόματης λειτουργίας και ικανότητας καύσης όχι μικρότερης από την προβλεπόμενη στη μελέτη.

Ο καυστήρας θα πρέπει να είναι πλήρως εξοπλισμένος για τελείως αυτόματη λειτουργία και αυτόματη ρύθμιση της φλόγας σε δύο βαθμίδες (εάν απαιτείται από τη μελέτη). Θα διαθέτει δε όλες τις απαιτούμενες συσκευές και όργανα για την τέλεια διασκόρπιση του πετρελαίου, ανάμιξη με τον αέρα και καύση του (ήτοι ανεμιστήρα, αεροσυμπιεστή κ.ά.), καθώς και για την αυτόματη έναυση της καύσης μέσω σπινθηριστή. Ο καυστήρας θα είναι κατάλληλος για καύση ελαφρού πετρελαίου (1500-3500 Redwood-1).

Υπάρχουν πολλοί τύπου καυστήρων αλλά σε όλους μπορούμε να διακρίνουμε τρία βασικά μέρη:

- Το σωλήνα προσαγωγής καυσίμου με το ακροφύσιο (burner gun).
- Τη διάταξη με τις θυρίδες ρύθμισης της παροχής του εισερχόμενου αέρα (air register).
- Την πυρίμαχη επένδυση (burner tile) που κατευθύνει τον αέρα και ακτινοβολεί τη θερμότητα προς την εστία καύσης.

#### **(3.3.2). Δεξαμενές Καυσίμου**

Υπάρχουν διάφοροι τύποι δεξαμενών καυσίμου ανάλογα με τη χρήση του καυσίμου και την οικοπεδική έκταση. Μπορούμε να διακρίνουμε τους εξής τύπους δεξαμενών καυσίμου:

- ✓ Δεξαμενή ελαφρού ακάθαρτου πετρελαίου

✓ Υπόγεια δεξαμενή πετρελαίου

Διάμετρος (mm)	Πάχος (mm)
μέχρι 1750	5
1751 - 2000	6
2001 - 2500	7
2501 - 2750	8
2751 - 2900	9
2901 - 3200	10

Πίνακας 1. Διαστάσεις υπόγειας δεξαμενής πετρελαίου

✓ Δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης

Η δεξαμενή πετρελαίου θα κατασκευαστεί από χαλύβδινα ελάσματα πάχους 4mm εξ' ολοκλήρου ηλεκτροσυγκολλητή, με τις απαραίτητες εσωτερικές ενισχύσεις από μορφοσίδηρο, γωνίες 40x40x4mm.

### (3.3.3). Καυστήρας Φωταερίου

Ο καυστήρας φωταερίου αποτελείται από τον φουσητήρα του αέρα με τον κινητήρα, τον κυρίως καυστήρα και όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα και συσκευές για την αυτόματη λειτουργία και ρύθμιση της φλόγας, την πλήρη ανάμιξη του αερίου με τον αέρα, την πλήρη καύση του αερίου και την αυτόματη έναυση.

Ο φουσητήρας μεταφέρει τον αέρα στην κεφαλή ανάμιξης, όπου αναμιγνύεται με το φωταέριο. Η κεφαλή ανάμιξης πρέπει να είναι κατάλληλη για γρήγορη και έντονη ανάμιξη, ακόμα και για ελάχιστη περίσσεια αέρα, και για τη σταθεροποίηση της φλόγας.

Η ρύθμιση της φλόγας γίνεται σε δύο βαθμίδες, η δε έναυση επιτυγχάνεται μόνο σε χαμηλή φλόγα. Τόσο η ποσότητα του φωταερίου, όσο και η παροχή του πρωτογενούς και δευτερογενούς αέρα ρυθμίζονται αυτόματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατανάλωσης.

Υπάρχει φίλτρο αερίου, ρυθμιστής ποσότητας αερίου (για παράδειγμα στραγγαλιστική δικλείδα), ρυθμιστής πίεσης αερίου και πιεζοστάτης αερίου που σβήνει τον καυστήρα σε περίπτωση χαμηλής πίεσης του αερίου.

Επίσης, υπάρχει αποφρακτική διάταξη ασφαλείας, η οποία θα απελευθερώνει την παροχή του αερίου μόνο στην περίπτωση της απρόσκοπτης λειτουργίας όλων των εξαρτημάτων. Η βαλβίδα ασφαλείας θα είναι ηλεκτρομαγνητικής ή μηχανικής λειτουργίας.

### (3.4). Ανεμιστήρες (Αεροσυμπιεστές)

Ο ανεμιστήρας παρέχει υπό πίεση την απαιτούμενη για την καύση ποσότητα πετρελαίου και συντελεί στην βεβιασμένη κυκλοφορία (forced draft) των καυσαερίων. Χρησιμοποιείται για τον διασκορπισμό του πετρελαίου με αέρα.

Γενικά χαρακτηριστικά ανεμιστήρων φαίνονται στον Πίνακα 2.

ΤΥΠΟΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟ	ΤΥΠΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ	ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΟΤΕΡ./ΦΤΕΡ.	WATT	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Ø σε mm	ΠΑΡΟΧΗ Μ3/Η	Db (A)	ΤΙΜΗ ΗΒ	ΤΙΜΗ ΗΓ
HIB - 800 (1 Hp)	HIT - 800 (1 Hp)	900	750	800	15.000	62	175.000	165.000
HIB - 1000 (1,5 Hp)	HIT - 1000 (2 Hp)	700	1100	1000	25.000	64	190.000	180.000
HIB - 1250 (2 Hp)	HIT - 1250 (2 Hp)	1400-430	1500	1250	40.000	64	250.000	240.000

Πίνακας 2. Λειτουργικά χαρακτηριστικά ανεμιστήρων



### **(3.5). Εναλλάκτες Θερμότητας**

#### **(3.5.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Ως εναλλάκτης θερμότητας ορίζεται μία συσκευή που διευκολύνει τη μετάδοση του θερμικού φορτίου από ένα ρευστό σε ένα άλλο και συναντάται σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, σε κύκλους παραγωγής ισχύος, σε συσκευές ανάκτησης θερμότητας, σε χημικές διεργασίες και αλλού.

Στους πιο απλούς εναλλάκτες το θερμό και το ψυχρό ρευστό αναμιγνύονται απευθείας. Πιο συνηθισμένοι ωστόσο είναι οι εναλλάκτες στους οποίους τα δύο ρευστά δεν έρχονται σε επαφή εξαιτίας της ύπαρξης κάποιου παρεμβαλλόμενου τοιχώματος.

#### **(3.5.2). Είδη Εναλλακτών Θερμότητας**

Οι εναλλάκτες θερμότητας μπορούν να ταξινομηθούν είτε βάσει της μορφής της ροής των ρευστών είτε βάσει των κατασκευαστικών ιδιαιτεροτήτων τους. Τυπικοί εναλλάκτες θερμότητας είναι οι πλακοειδείς εναλλάκτες (plate & frame), οι εναλλάκτες αυλών-κελύφους (shell & tube) και οι εναλλάκτες σταυρωτής ροής (crossflow).

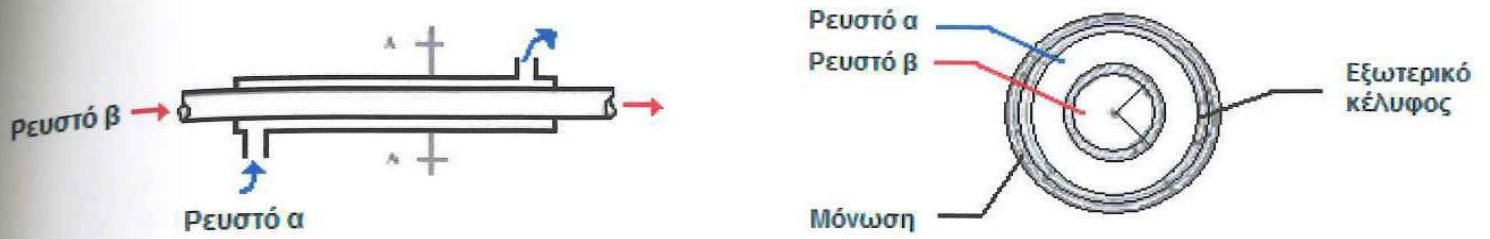
Αν και τα δύο ρευστά κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση, έχουμε παράλληλη ροή αυτών, δηλαδή ομοροή (parallel-flow). Αν κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις η πραγματοποιούμενη διεργασία λαμβάνει τον χαρακτηρισμό της αντιροής (counter-flow).

Οι πιο απλές μορφές εναλλακτών είναι οι εναλλάκτες:

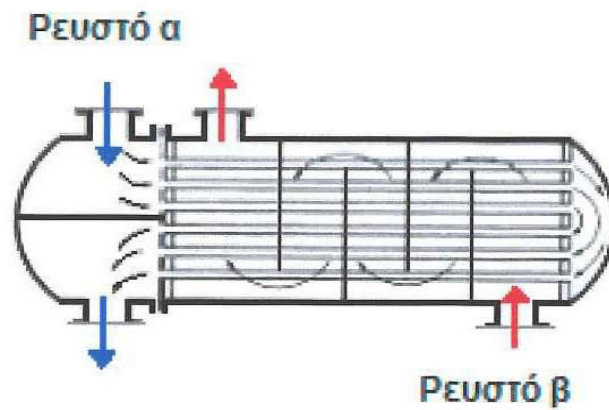
- ✓ Αυλών-κελύφους
- ✓ Δέσμης σωλήνων με ανακλαστήρες
- ✓ Σταυρωτής ροής

Στοιχεία σχετικά με τους εναλλάκτες που αφορούν στα είδη τους φαίνονται στα Σχήματα 3, 4 & 5.

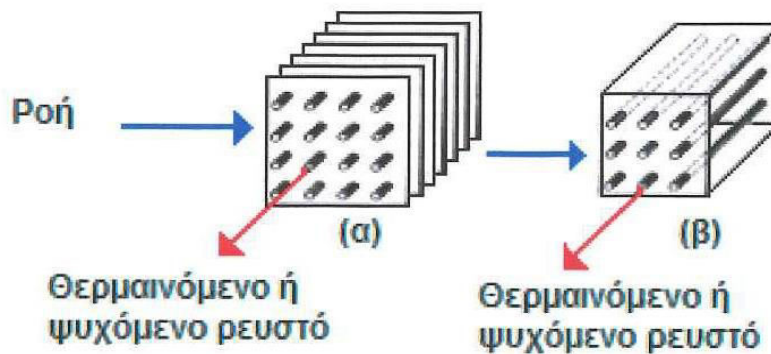




Σχήμα 3. Πλάγια όψη και τομή ενός εναλλάκτη διπλού σωλήνα



Σχήμα 4. Εναλλάκτης δέσμης σωλήνων με ανακλαστήρες (αυλών-κελύφους)



Σχήμα 5. Εναλλάκτες σταυρωτής ροής (α) με πτερύγια & χωρίς ανάμιξη, (β) με πτερύγια & ανάμιξη του ρευστού εκτός σωλήνα

### (3.5.3). Υπολογισμοί Μετάδοσης Θερμότητας

Ο κύριος στόχος στη θερμική ανάλυση των εναλλακτών θερμότητας είναι ο υπολογισμός της επιφάνειας που χρειάζεται για τη μετάδοση θερμότητας με δεδομένο ρυθμό και για δεδομένες θερμοκρασίες και παροχές ρευστών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση του ολικού συντελεστή μετάδοσης θερμότητας (overall heat transfer coefficient)  $U$ , ο οποίος προκύπτει από τη θεμελιώδη σχέση για τον υπολογισμό του ρυθμού μετάδοσης θερμότητας ( $q$ ).

$$q=UA\Delta T \quad (\text{Εξ.1})$$

όπου  $T$  είναι η μέση θερμοκρασιακή διαφορά για ολόκληρο τον εναλλάκτη και  $A$  η επιφάνεια που είναι κάθετη στην κατεύθυνση της θερμορροής.

Ο ολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας  $U$  ισούται με το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων. Στις πλέον συνήθεις περιπτώσεις που συναντώνται, ισχύουν οι ακόλουθες εξισώσεις, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν την Εξίσωση 2 για επίπεδο τοίχωμα και τις Εξισώσεις 3&4 για κυλινδρικό τοίχωμα.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_i}} \quad (\text{Εξ.2})$$

$$U_o = \frac{1}{\frac{r_o}{r_i h_i} + \left[ \frac{r_o \ln(r_o / r_i)}{k} + \frac{1}{h_o} \right]} \quad (\text{Εξ.3})$$

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \left[ \frac{r_i \ln(r_o / r_i)}{k} + \frac{r_i}{r_o h_o} \right]} \quad (\text{Εξ.4})$$

όπου  $r$ ,  $L$ ,  $k$  &  $h$  είναι η ακτίνα του σωλήνα, το πάχος του τοιχώματος, η θερμική αγωγιμότητα του τοιχώματος και ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (υμενίου) αντίστοιχα.

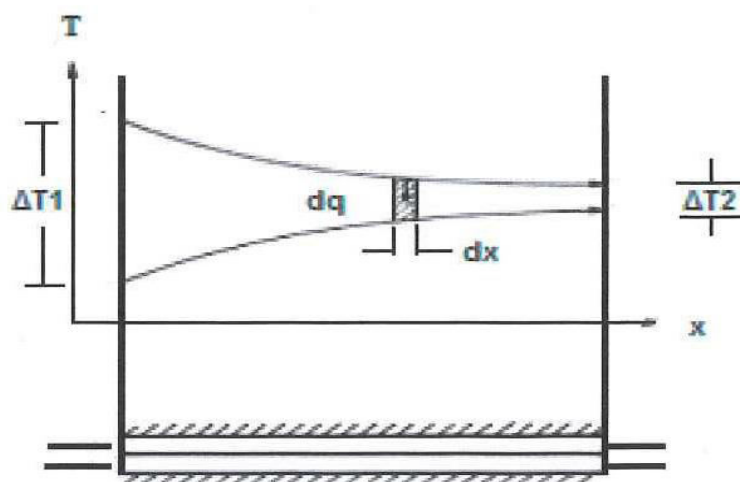
Για τον προκαταρκτικό σχεδιασμό των εναλλακτών θερμότητας είναι προτιμότερη η θεώρηση προσεγγιστικής τιμής του ολικού συντελεστή μετάδοσης θερμότητας από σχετικούς πίνακες. Στον Πίνακα 3 δίνονται κάποιες προσεγγιστικές τιμές του  $U$ .

ΡΕΥΣΤΟ	U	
	Btu / hr-ft <sup>2</sup> -°F	W / m <sup>2</sup> -K
Λάδι με λάδι	30 - 55	170 - 312
Οργανικό ρευστό με οργανικό ρευστό	10 - 60	57 - 340
Ατμός με:		
Υδατικά διαλύματα	100 - 600	567 - 3400
Βαρύ ορυκτέλαιο	10 - 30	57 - 170
Ελαφρύ ορυκτέλαιο	30 - 60	170 - 340
Αέρια	5 - 50	28 - 284
Νερό	175 - 600	993 - 3400
Νερό με:		
Αλκοόλη	50 - 150	284 - 850
Άλη	100 - 200	567 - 1135
Πεπιεσμένο αέρα	10 - 30	57 - 170
Συμπυκνούμενη αλκοόλη	45 - 120	255 - 680
Συμπυκνούμενη αμμωνία	150 - 250	850 - 1420
Συμπυκνούμενο Freon-12	80 - 150	454 - 850
Συμπυκνούμενο λάδι	40 - 100	227 - 567
Βενζίνη	60 - 90	340 - 510
Απαιτικό λάδι	20 - 60	113 - 340
Οργανικούς διαλύτες	50 - 150	284 - 850
Νερό	150 - 300	850 - 1700

Πίνακας 3. Προσεγγιστικές τιμές του  $U$  για κάποια κοινά ρευστά

Για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του εναλλάκτη πρέπει να μεριμνούμε για την πλευρά του ρευστού με τον χαμηλότερο συντελεστή συναγωγής. Για παράδειγμα, αν από τη μία πλευρά εκτυλίσσονται φαινόμενα συμπύκνωσης ή βρασμού και από την άλλη πλευρά θέρμανσης ή ψύξης ενός αερίου, η κρίσιμη πλευρά είναι αυτή του αερίου. Στην πλευρά αυτή είναι πιθανώς σκόπιμη η πρόβλεψη της χρήσης πτερυγίων για την εντατικοποίηση της μετάδοσης θερμότητας.

Στο Σχεδιάγραμμα 1 δίνεται το θερμοκρασιακό profile ενός εναλλάκτη πλακών ομορροής.



Σχεδιάγραμμα 1. Θερμοκρασιακό profile εναλλάκτη πλακών ομορροής

### (3.6). Λέβητες

#### (3.6.1). Εισαγωγικά Στοιχεία

Η λειτουργία των λεβήτων απαιτεί σημαντικές καταναλώσεις καυσίμων για την παραγωγή θερμικής ενέργειας υπό μορφή ατμού ή ζεστού νερού. Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία τους με υψηλό βαθμό απόδοσης είναι σημαντική παράμετρος για την εξοικονόμηση ενέργειας.

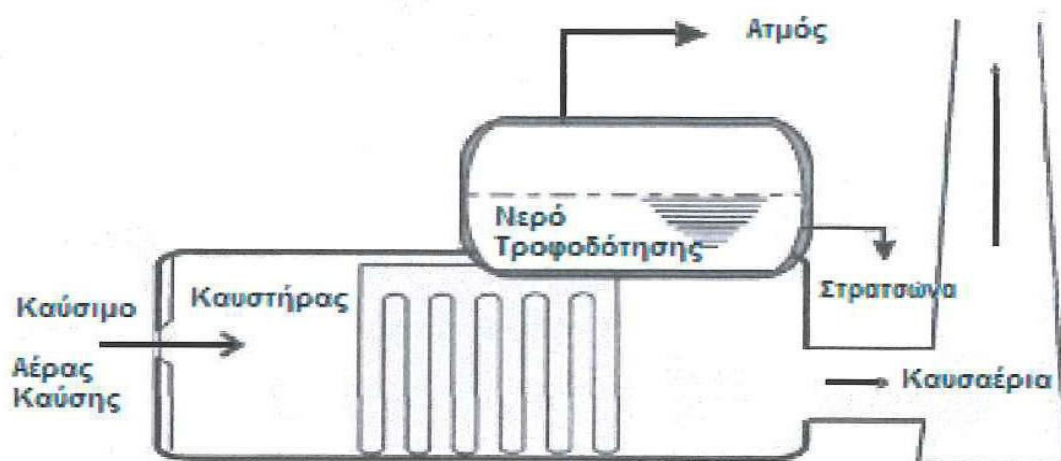
Τα βασικά είδη των λεβήτων είναι:

- Οι υδραυλωτοί
- Οι αεριαυλωτοί

Στους υδραυλωτούς το νερό κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς και τα καυσαέρια περνούν εξωτερικά, ενώ στους αεριαυλωτούς τα καυσαέρια κινούνται διαμέσου των αυλών, οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε νερό.

Το καύσιμο (με την απαιτούμενη ποσότητα αέρα) καίγεται και αποδίδει τη θερμότητα του δύναμη. Τα παραγόμενα από την καύση θερμά αέρια θερμαίνουν το νερό τροφοδοσίας που μετατρέπεται σε ατμό (ή θερμό νερό). Οι απώλειες από την στρατσώνα (blowdown) είναι αναγκαίες για την επίτευξη ικανοποιητικής απόδοσης του λέβητα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

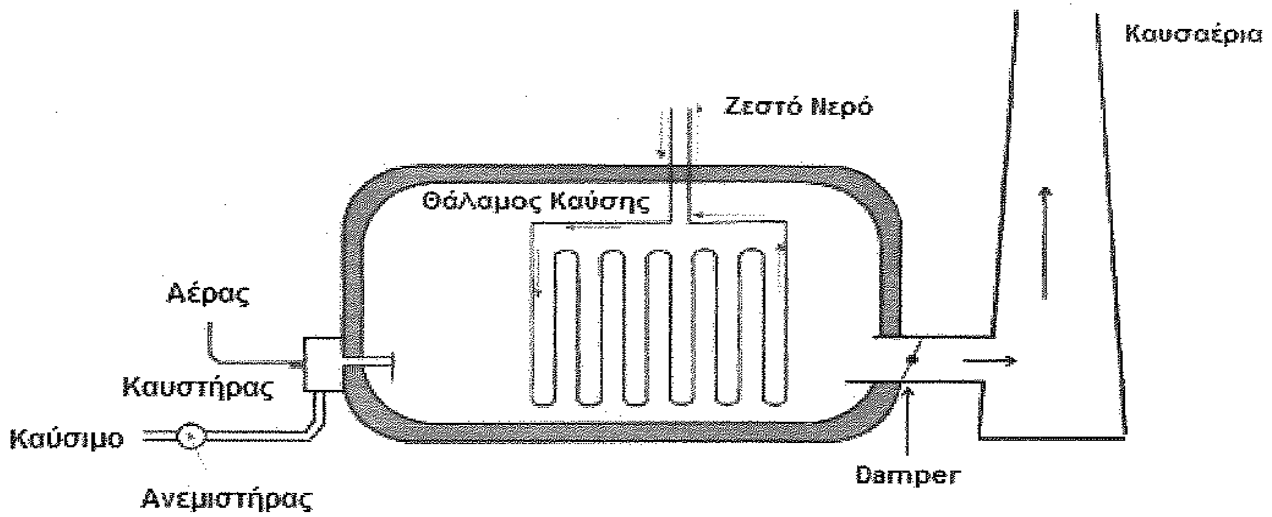
Η βασική λειτουργία λέβητα φαίνεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Βασική λειτουργία λέβητα

Στο Σχήμα 7 δίνεται η λειτουργία του λέβητα με τεχνητό ελκυσμό.





Σχήμα 7. Λειτουργία λέβητα με τεχνητό ελκυσμό

### (3.6.2). Προσδιορισμός Απόδοσης Λέβητα

Ο συντελεστής απόδοσης ενός λέβητα προσδιορίζεται από τους τύπους:

$$\eta = \frac{\text{Αποδιδόμενη Θερμότητα Λέβητα}}{\text{Προσφερόμενη Θερμότητα Καυσίμου}} \cdot 100\% \quad (\text{Εξ.5})$$

ή

$$\eta = \frac{\text{Προσφερόμενη Θερμότητα στο νερό παροχής}}{\text{Προσφερόμενη Θερμότητα στον λέβητα}} \cdot 100\% \quad (\text{Εξ.6})$$

Ο βαθμός απόδοσης κατά προσέγγιση δίδεται από την ακόλουθη σχέση:

$$BA = \frac{100 \cdot QA}{B \cdot HK} \quad (\text{Εξ.7})$$

όπου  $BA$  είναι ο βαθμός απόδοσης του λέβητα,  $QA$  είναι η ονομαστική ισχύς του λέβητα σε kcal/h,  $B$  η ωριαία κατανάλωση καυσίμου σε kcal/h και  $HK$  η κατώτερη θερμική δύναμη καυσίμου σε kcal/h.

Παράδειγμα:  $QA=20.000$  kcal/h,  $B = 2$ kg/h &  $HK = 10.500$  kcal/h

Οπότε από την εξίσωση 4 :  $BA = 100 \cdot 20.000 / 2 \cdot 10.500 = 95,2 \%$

### **(3.6.3). Λέβητας Απόβλητης Θερμότητας σε Μονάδες Καύσης**

Ο λέβητας απόβλητης θερμότητας παρεμβάλλεται μεταξύ του φλογοθαλάμου και της εγκατάστασης καθαρισμού των καυσαερίων. Σε αυτόν λαμβάνει χώρα μετάδοση θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία από τα καυσαέρια στον κύκλο νερού-ατμού.

### **(3.6.4). Κριτήρια Σχεδιασμού Λεβήτων σε Μονάδες Καύσης**

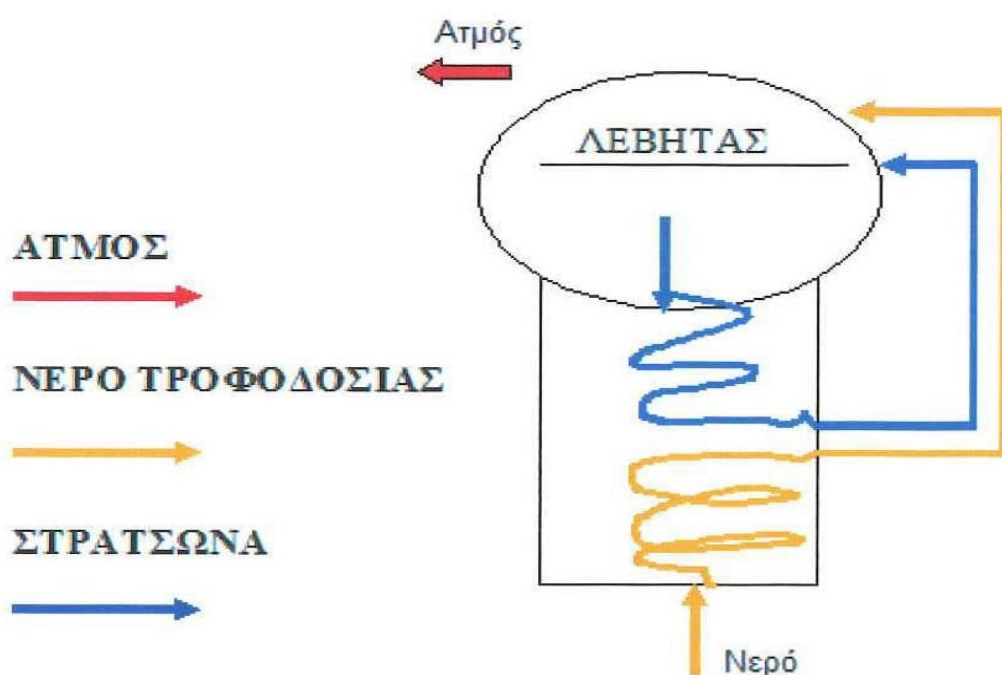
Στο σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση μονάδων καύσης απορριμμάτων πρέπει να θέτονται οι ακόλουθοι στόχοι:

- Μακροί χρόνοι διαδρομών καυσαερίων.
- Μεγάλη διαθεσιμότητα μέσου παραλαβής θερμότητας.
- Βαθμός απόδοσης λέβητα σταθερός στο χρόνο.

Η Μονάδα Ατμοπαραγωγής (λέβητας) θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να παράγει ατμό με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Μέγιστη ικανότητα παραγωγής ατμού: 36 τόνοι ανά ώρα( 2m<sup>3</sup> νερό ανά τόνο απορριμμάτων)
- Μέγιστη Θερμοκρασία: 263,9 °C (υπέρθερμου ατμού)
- Μέγιστη πίεση ατμού: 50 bar

Στο Σχήμα 8 δίνεται το διάγραμμα λειτουργίας του λέβητα.



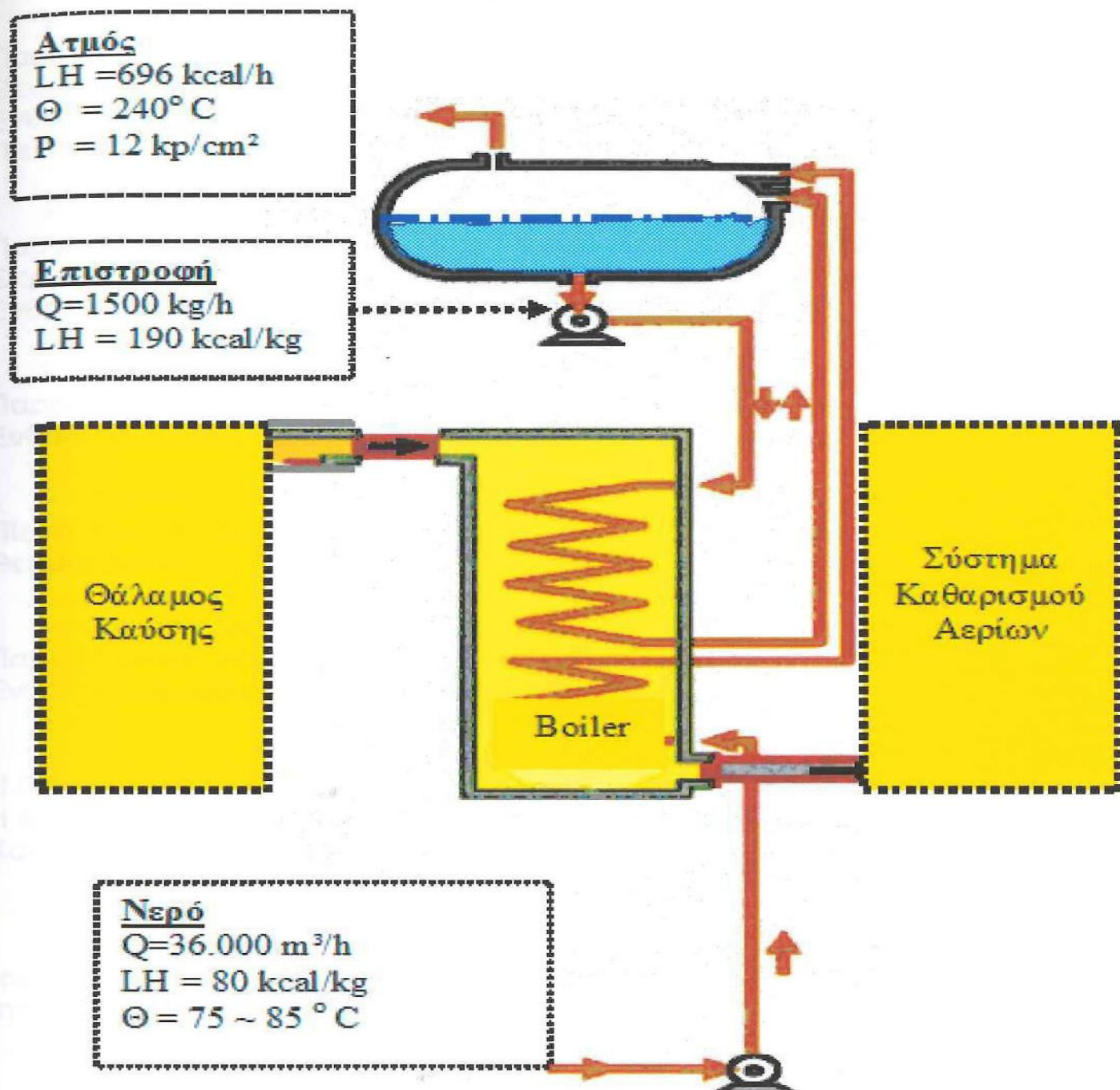
Σχήμα 8. Διάγραμμα λειτουργίας λέβητα ατμού

### Υπολογισμός βαθμού απόδοσης:

Ο θερμικός βαθμός απόδοσης του λέβητα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\eta = \frac{\text{Θερμική ενέργεια που αποδίδει το καύσιμο}}{\text{Θερμότητα που παραλαμβάνει ο ατμός}} \cdot 100\% \quad (\text{Εξ.8})$$

Στο Σχήμα 9 δίνεται ένα πιο ολοκληρωμένο διάγραμμα των ροών από και προς τον ατμολέβητα.



Σχήμα 9. Διάγραμμα λέβητα παραγωγής ατμού (λεπτομέρεια)



➤ Ατμός:

Παροχή = 36.840,37 kg/h

Θερμοκρασία (T)= 240°C

Ενθαλπία κορεσμένου ατμού (LH, 240°C) = 696 kcal/kg= 2.802,2 kJ/kg

Πίεση (P)=12 kp/cm<sup>2</sup>

➤ Νερό τροφοδοσίας:

Παροχή = 36.000 m<sup>3</sup>/h

Θερμοκρασία (T)=80°C

Ενθαλπία νερού (LH, 80°C) =80 kcal/kg = 334,92 kJ/kg

➤ Καύσιμο (απορρίμματα):

Παροχή = 18.000 kg/h

Ενθαλπία αποβλήτων=1.450 kcal/kg ΑΣΑ= 6.061 kJ/kg ΑΣΑ

➤ Λέβητας:

Πίεση (P)=187 kg/cm<sup>2</sup>

Θερμοκρασία (T) =187 °C

➤ Στρατσώνα (επιστροφή):

Παροχή νερού επιστροφής = 1.500 kg/h

Ενθαλπία νερού επιστροφής (LH) =190 kcal/kg

Η θερμική ενέργεια που αποδίδει το καύσιμο είναι: 30.350 kW

Η θερμότητα που παραλαμβάνει ο ατμός είναι: 616 kcal/kg =2574,88 kJ/kg

Και συνολικά: 26.349,87 kW

Αγνοώντας την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για την αντλία του νερού τροφοδοσίας και την αντλία του καυσίμου, ο θερμικός βαθμός απόδοσης του ατμολέβητα είναι:

$$\eta = \frac{26.349,87 \text{ (kW)}}{30.350 \text{ (kW)}} \cdot 100\% = 86,82\%$$

Δηλαδή, από τη χημική ενέργεια του καυσίμου, το 83% παραλαμβάνεται ως χρήσιμη ενέργεια και το 17% χάνεται. Σε μία τυπική εγκατάσταση οι απώλειες κατανέμονται ως εξής:

- 18% με τα καυσαέρια
- 1,1% με την απομάστευση (στρατσώνα)
- 0,9% από τα τοιχώματα του λέβητα

Υπολογισμός επιφάνειας εναλλαγής θερμότητας (A):

Η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$A = \frac{q \ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)}{U (\Delta T_2 - \Delta T_1)} \quad (\text{Εξ.9})$$

$$U_{\text{total}} = 300 \text{ w/m}^2\text{K}$$

➤ Νερό:

Παροχή = 36.000 kg/h = 10 kg/sec

Θερμοκρασία εισόδου (1) = 80 °C

Θερμοκρασία εξόδου (2) = 280 °C

Ειδική θερμότητα (c) = 4181 J/kgK

➤ Καυσαέρια:

Θερμοκρασία εισόδου (1') = 600 °C

Θερμοκρασία εξόδου (2') = 260 °C

Οπότε:

$$q = mc(T_2 - T_1) = 10 \times 4181 \times (280 - 80) = 8.362.000 \text{ W}$$

και

$$A = (8.362.000 / 300) \times \{ \ln(180/220) / (180 - 220) \} = 139,36 \text{ m}^2$$

### (3.6.5). Σημεία Ιδιαίτερης Προσοχής

- Χρόνος παραμονής των απαερίων στο τμήμα ακτινοβολίας του λέβητα περίπου 10 sec, ώστε να εξασφαλισθεί πλήρης καύση των στερεών σωματιδίων.
- Επαρκής ψύξη των καυσαερίων στο τμήμα ακτινοβολίας, ακόμη και στην περίπτωση πολλών επικαθήσεων στα τοιχώματα αυτού.
- Χαμηλή ταχύτητα ροής των καυσαερίων κατά τη μετάβασή τους από το φλογοθάλαμο στο τμήμα ακτινοβολίας του λέβητα, ώστε να αποφεύγεται η συμπαραρροή στερεών σωματιδίων.
- Επιτάχυνση των καυσαερίων, κατά τη μετάβασή τους από την 2<sup>η</sup> στην 3<sup>η</sup> διαδρομή (μέσω κατάλληλης στένωσης της διατομής ροής) στα 6-8 m/sec, ώστε να επιτυγχάνεται ένας πρώτος διαχωρισμός των στερεών σωματιδίων (αποκονίωση) λόγω αδράνειας. Στην 3<sup>η</sup> διαδρομή, η ταχύτητα ροής πέφτει πάλι στα 5 m/sec.
- Τοποθέτηση εσωτερικών τοίχων σε περιοχές της 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> διαδρομής, όπου ο λέβητας έχει πλάτος άνω των 5 m, προς αύξηση της θερμαντικής επιφάνειας και προς εσωτερική στήριξη των τοιχωμάτων του λέβητα.
- Ρευστομηχανικά ομαλή μετάβαση από το τμήμα ακτινοβολίας στο τμήμα συναγωγής.
- Μη τοποθέτηση υπερθερμαντήρα ακτινοβολίας στο φλογοθάλαμο.
- Μείωση της θερμοκρασίας καυσαερίων οπωσδήποτε ως τους 650°C πριν από τον πρώτο υπερθερμαντήρα.
- Χαμηλή ταχύτητα καυσαερίων στο τμήμα συναγωγής προς αποφυγή μηχανικής διάβρωσης των δεσμών σωλήνων.
- Τοποθέτηση του πρώτου υπερθερμαντήρα σε ομοροή με τα καυσαέρια, ώστε μέσω των σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών των τοιχωμάτων να αποφεύγεται η διάβρωση των τελευταίων.
- Δυνατότητα πλήρους εκκένωσης της εγκατάστασης από το νερό.
- Επαρκής προσπελασιμότητα όλων των δεσμών σωλήνων (για επισκευές).
- Εξωτερικός καθαρισμός των κρεμάμενων δεσμών σωλήνων με κρουστικά ή δονητικά συστήματα.
- Εύκολα αποσυναρμολογήσιμη χοάνη τέφρας κάτω από το τμήμα συναγωγής.

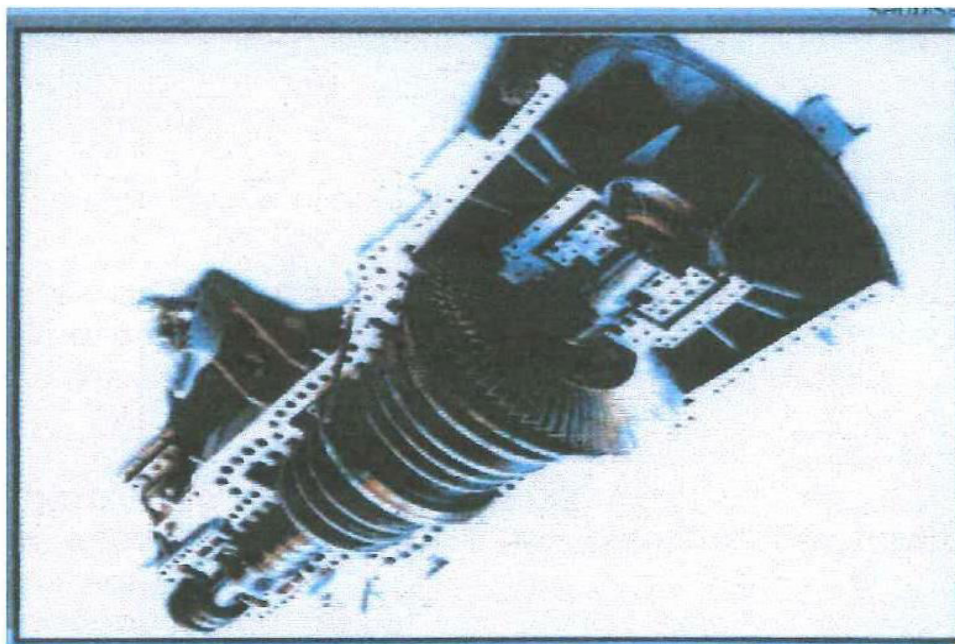
- Αεριοστεγανή κατασκευή λέβητα.
- Ρύθμιση της θερμοκρασίας ατμού με ενδιάμεσο ψεκασμό νερού.

### (3.7). Ατμοστρόβιλοι

Με τις θερμικές μηχανές επιδιώκεται η παραγωγή μηχανικού έργου από τη θερμική ενέργεια που τίθεται στη διάθεσή μας κατά την καύση, αξιοποιώντας την αποταμιευμένη στα καύσιμα χημική ενέργεια. Μία από αυτές τις μηχανές, η οποία λειτουργεί σε ανοιχτό κύκλωμα ατμού, είναι ο ατμοστρόβιλος.

Η σύγχρονη στάθμη κατασκευής των ατμοστροβίλων δίνει τους εξής βαθμούς απόδοσης: 0,84 μέχρι και 0,91. στη συγκεκριμένη μελέτη, επειδή η προς εξέταση μονάδα είναι αρκετά μεγάλης δυναμικότητας, θα δεχθούμε ένα βαθμό απόδοσης γύρω στο 90%.

Στην Εικόνα 1 δίνεται η τομή ατμοστροβίλου.

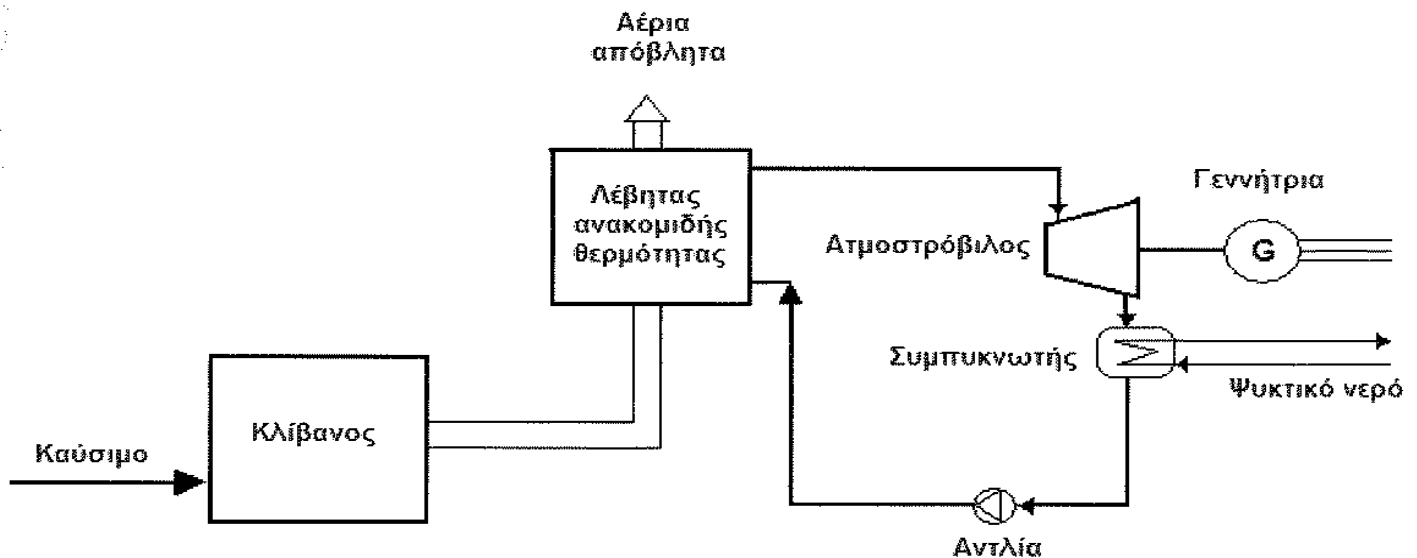


Εικόνα 1. Τομή ατμοστροβίλου

Ο ατμοστρόβιλος λειτουργεί σε συνδυασμό με τον ατμολέβητα, όπως περιγράφηκε στα προηγούμενα, και τον συμπυκνωτή.

Οι βιομηχανικοί ατμοστρόβιλοι κατασκευάζονται σήμερα σε ένα ευρύ φάσμα ισχύος. Για εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής δίνουν ισχύ μέχρι και 100 MW περίπου, με αντίστοιχη ταχύτητα περιστροφής στις 3.000 rpm.

Στη συγκεκριμένη μελέτη αναφερόμαστε σε ατμοστρόβιλους με κύκλο βάσης ατμού. Στο Σχήμα 10 φαίνεται η ολοκληρωμένη εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με εκμετάλλευση του ατμού.



Σχήμα 10. Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ατμού

Ο ατμοστρόβιλος θα πρέπει έχει μέγιστη ικανότητα παραγωγής 12 KWh, που αντιστοιχεί στα 18 κιλά απορριμμάτων την ώρα, καθώς και τα παρακάτω χαρακτηριστικά όπως θα καθορίζονται στη λεπτομερή μελέτη:

- Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής: 3.000 rpm
- Αριθμός ακροφυσίων ατμού: 1 (θεωρούμε ότι δεν υπάρχει ενδιάμεση απομάστευση ατμού)
- Πίεση εισόδου ατμού: 50 bar
- Πίεση εξόδου ατμού (συμπυκνωτής - ψυγείο ατμού): 0,05 - 0,10 bar



## **(3.8). Γεννήτριες**

### **(3.8.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Η γεννήτρια είναι ηλεκτρική μηχανή για τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Σήμερα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο οι σύγχρονες τριφασικές γεννήτριες, οι οποίες αποτελούν την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε όλον τον κόσμο και αποτελούν τους μεγαλύτερους ηλεκτρομηχανικούς μετατροπείς, φθάνοντας ισχείς 1.500 MW.

Υπάρχουν δύο ειδών σύγχρονες γεννήτριες, οι γεννήτριες σταθερού πεδίου (stationary field) και οι γεννήτριες στρεφόμενου πεδίου (revolving field). Συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες είναι οι γεννήτριες στρεφόμενου πεδίου. Σε αυτές, ο δρομέας παράγει το πεδίο και είναι βασικά ένας στρεφόμενος μαγνήτης. Ο στάτης έχει τα τυλίγματα τυμπάνου που είναι συνδεδεμένα με το φορτίο.

Επειδή ο στρεφόμενος μαγνήτης παράγεται από συνεχές ρεύμα, στις γεννήτριες αυτές χρειαζόμαστε δύο μόνο δακτυλίους ολίσθησης για την τροφοδοσία του δρομέα με συνεχές ρεύμα. Αυτό αυξάνει την αξιοπιστία της μηχανής, τις ταχύτητες περιστροφής και επομένως προτιμάται σαν κατασκευαστική λύση.

### **(3.8.2). Είδη Απωλειών**

#### Ηλεκτρικές απώλειες (απώλειες χαλκού):

- ✓ Απώλειες τυλιγμάτων τυμπάνου
- ✓ Απώλειες τυλιγμάτων πεδίου
- ✓ Απώλειες ψηκτρών και δακτυλίων

#### Μαγνητικές απώλειες (απώλειες σιδήρου):

- ✓ Απώλειες φορτίου
- ✓ Απώλειες υστέρησης οφειλόμενες στο στρεφόμενο πεδίο
- ✓ Απώλειες δινορρευμάτων

## Μηχανικές απώλειες:

- ✓ Απώλειες εδράνων ατράκτου
- ✓ Απώλειες ανεμισμού

Επομένως, η ροή ισχύος στην έξοδο της γεννήτριας προκύπτει από την αφαίρεση των επιμέρους απωλειών από την είσοδο ισχύος, η οποία αποτελείται από τη μηχανική ισχύ στην άτρακτο της γεννήτριας και την ισχύ του πεδίου.

### **(3.8.3). Βαθμός Απόδοσης Γεννήτριας**

Ο βαθμός απόδοσης της γεννήτριας προκύπτει από την αφαίρεση των επιμέρους απωλειών του συστήματος.

### **(3.8.4). Ψύξη**

Οι σύγχρονες γεννήτριες ψύχονται έμμεσα, δηλαδή με εξωτερική ψύξη των τυλιγμάτων, ή άμεσα, με ψύξη που βρίσκεται στη μόνωση των αγωγών.

Στην έμμεση ψύξη, το ψυκτικό μέσο που έρχεται σε επαφή με τους αγωγούς είναι αέρας ή υδρογόνο και κυκλοφορεί μέσω ακτινικών ανοιγμάτων στον στάτη της μηχανής. Τα τυλίγματα του δρομέα ψύχονται με ροή ψυκτικού μέσου κατά τον άξονα της μηχανής. Οι περισσότερες μεγάλες γεννήτριες διαθέτουν κλειστά συστήματα κυκλοφορίας με πτερύγια ψύξης, έτσι ώστε να μεταφέρεται η θερμότητα των αερίων σε νερό ψύξης.

Οι γεννήτριες που ψύχονται με άμεση ψύξη, φέρουν ονόματα όπως supercharged ή inner-cooled. Το ψυκτικό μέσο είτε είναι σε άμεση επαφή με τον χαλκό, είτε χωρίζεται από αυτόν με λεπτό στρώμα υλικού με μικρή θερμική αντίσταση. Το ψυκτικό υγρό είναι υδρογόνο, λάδι ή νερό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ



### **(1). Κύκλωμα Νερού**

#### **(1.1). Σταθμός Άντλησης**

Ο σταθμός άντλησης θα πρέπει να είναι σε θέση να προμηθεύει τις απαιτούμενες ποσότητες νερού, για το εργοστάσιο καύσης.

Ο σταθμός πρέπει να περιλαμβάνει:

- ✓ Την υδροληψία
- ✓ Το κυρίως αντλιοστάσιο

Τα κυκλώματα νερού προορίζονται ανάλογα με την συντρέχουσα περίπτωση, για τις κατωτέρω λειτουργίες:

- Για το κυρίως εργοστάσιο
- Ψύξη της σκουριάς
- Έγχυση νερού για την ψύξη των καπνών
- Τροφοδότηση για την αφαίρεση της σκόνης, όταν χρησιμοποιείται η υγρά μέθοδος
- Διάφορες ψύξεις (προστατευτικές ποσότητες νερού, για τις σκάφες και τις εσχάρες)
- Πλύσιμο των αυλών και των κτιρίων
- Για βοηθητικές εργασίες
- Τροφοδότηση των εγκαταστάσεων υγιεινής
- Τροφοδότηση με νερό πόσιμο

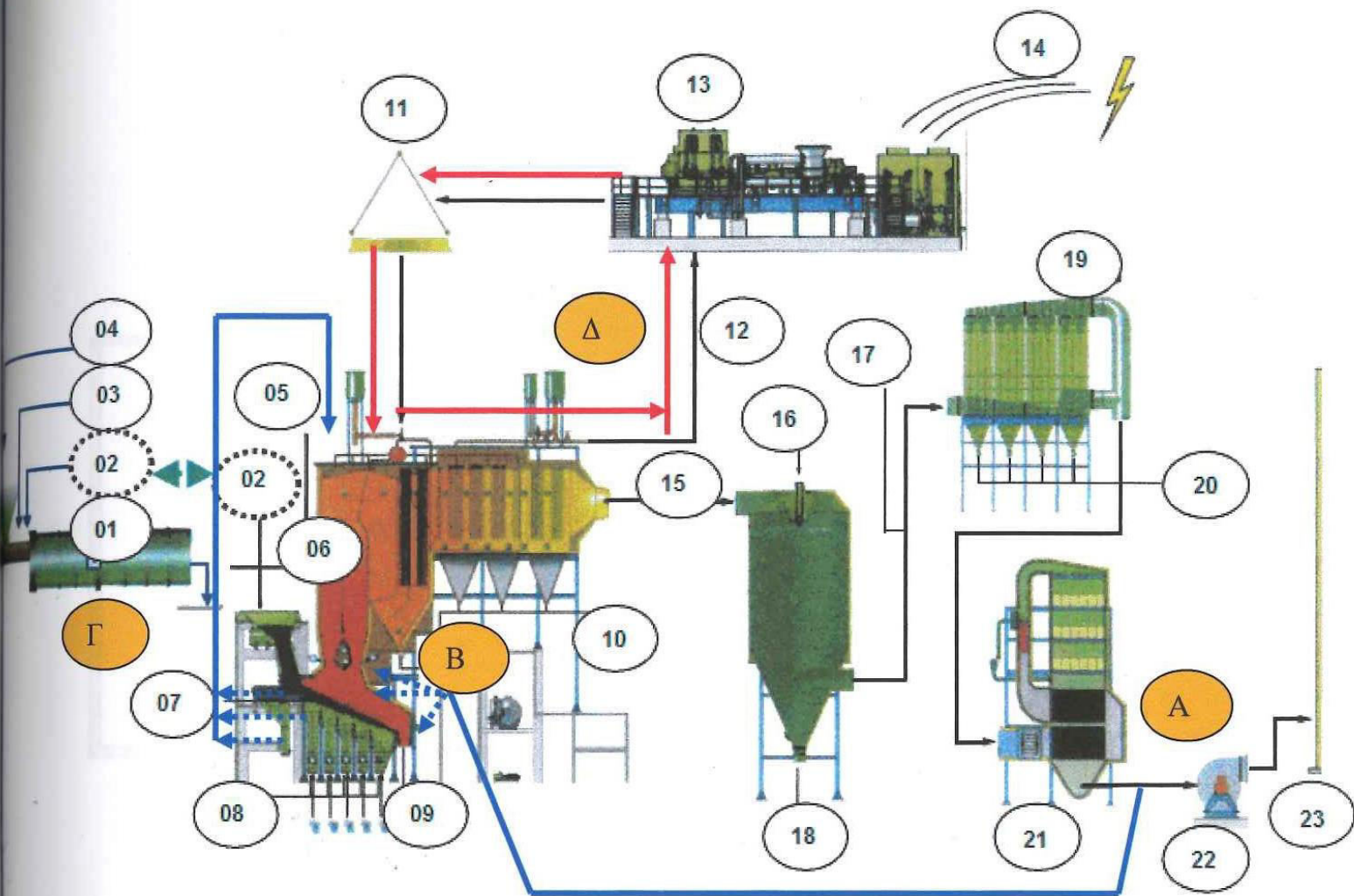
Η ανωτέρω τροφοδότηση με νερό μπορεί να γίνει:

- ✓ Από ξεχωριστή υδροληψία (για παράδειγμα γεώτρηση).
- ✓ Από το σύστημα ύδρευσης της πόλης.

### **(1.2). Διεργασία**

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού για ένα εργοστάσιο καύσης απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας, είναι περίπου 0,18 έως 0,20 m<sup>3</sup> ανά τόνο καιομένων απορριμμάτων. Εάν γίνεται ψύξη των αερίων με έγχυση νερού, θα πρέπει να υπολογίσουμε ότι, γι' αυτή τη λειτουργία χρειάζονται 2 m<sup>3</sup> νερού ανά τόνο καιομένων απορριμμάτων.

Στο Διάγραμμα 1 φαίνεται το κύκλωμα νερού για την ψύξη των εσχαρών.



→ Κύκλωμα νερού ψύξης εσχαρών  
→ Κύκλωμα ατμού

● Θερμοκρασίες νερού σε °C A= 100 , B=60-80, Γ=90-100, Δ=380

- 01. Τύμπανο διαχωρισμού
- 02. Στερεά απόβλητα
- 03. Λάσπη αποβλήτων
- 04. Έκχυση αμμωνίας
- 05. Boiler deNOx

- 06. Πρίσμα
- 07. Κινούμενες εσχάρες
- 08. Εδράσεις εσχαρών
- 09. Στάχτη
- 10. Υπολείμματα boiler

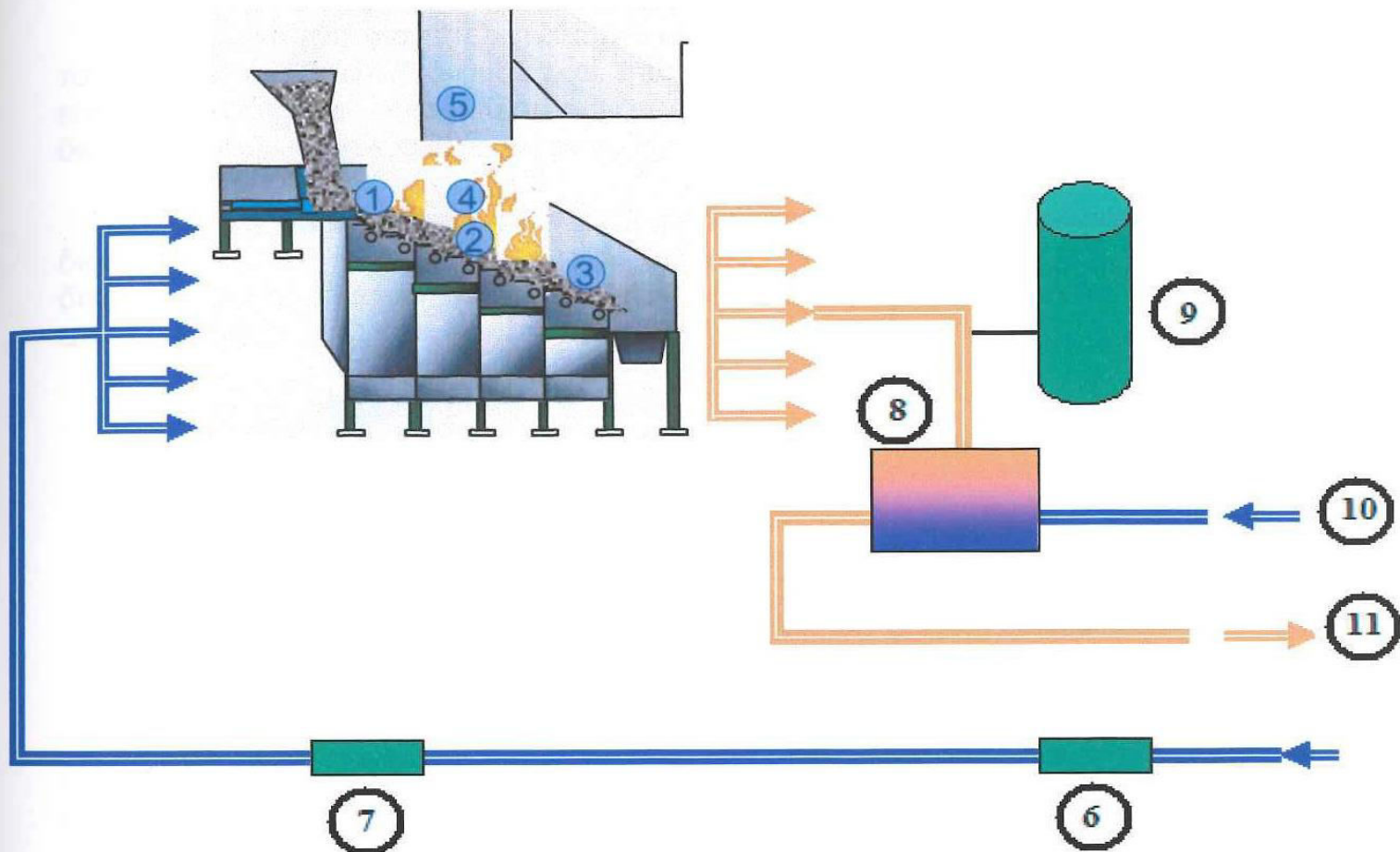
- 11. Αεροσυμπυκνωτής
- 12. Ατμός
- 13. Ατμοστρόβιλος
- 14. Ηλεκτρική ενέργεια
- 15. Ημι-υγρός αντιδραστήρας

- 21. SCR
- 22. Ανεμιστήρας
- 23. Καπνοδόχος

Διάγραμμα 1. Κύκλωμα νερού για την ψύξη των εσχαρών



Λεπτομερέστερα, η ψύξη της εσχάρας φαίνεται στο Διάγραμμα 2.



#### ΚΑΥΣΗ

1. Ξήρανση
2. Αεριοποίηση
3. Ολοκλήρωση Καύσης
4. Καύση Αερίων
5. Εξουδετέρωση Αερίων

#### ΨΥΞΗ

6. Αντλία Τροφοδοσίας
7. Αντλία Κυκλοφορίας
8. Εναλλάκτης Θερμότητας
9. Σταθεροποιητής Πίεσης
10. Είσοδος Εναλλάκτη
11. Έξοδος Εναλλάκτη

Διάγραμμα 2. Καύση ΑΣΑ & ψύξη εσχάρας

### (1.3). Επεξεργασία Ύδατος

Η απαίτηση για επεξεργασία του τροφοδοτικού νερού προκύπτει από το γεγονός ότι διάφορες ουσίες οι οποίες είναι διαλυμένες στο φυσικό νερό, είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικά λειτουργικά προβλήματα και διάβρωση των εγκαταστάσεων ατμού.

Με την επεξεργασία του νερού επιδιώκεται κυρίως η απομάκρυνση των διαλυμένων σε αυτό αλάτων και αερίων. Η ύπαρξη αλάτων στο νερό δημιουργεί επικαθίσεις στις επιφάνειες συναλλαγής, επιφέροντας δυσμενή αποτελέσματα:

- Μείωση της μετάδοσης θερμότητας.
- Τοπικές υπερθερμάνσεις επιφανειών με κίνδυνο καταστροφής τους λόγω πολύ υψηλών τάσεων.
- Μείωση διατομής σωλήνων με κίνδυνο φραγμού τους.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές, με κύριες αυτών την αφαλάτωση και τον στρατσωνισμό. Στη συγκεκριμένη μελέτη έχουμε επιλέξει τη δεύτερη μέθοδο αντιμετώπισης των αλάτων του νερού, μέσω απομάκρυνσής του από τη στρατσώνα.

Για τη διατήρηση της περιεκτικότητας των αλάτων του νερού σε επιτρεπτά επίπεδα, απαιτείται συνεχής περιοδική απομάκρυνση ποσότητας νερού από τον λέβητα. Το νερό απομακρύνεται από το κάτω μέρος του θαλάμου με τη χρήση κατάλληλης διάταξης, γνωστής ως στρατσώνα, συμπαρασύροντας μαζί του και τα άλατα. Ο υπολογισμός της απαιτούμενης ποσότητας που θα πρέπει να απομακρυνθεί, δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$q = (1 - c) \frac{S_z}{S_G - S_z} \cdot 100\% \quad (\text{Εξ.1})$$

όπου  $q$  είναι η απαγόμενη ποσότητα νερού σε t/h ανηγμένη στην παροχή παραγόμενου ατμού,  $c$  είναι τα επιστρέφοντα συμπυκνώματα σε t/h ανά ποσότητα παραγόμενου ατμού σε t/h,  $S_z$  είναι η περιεκτικότητα σε άλατα του επεξεργασμένου νερού προσθήκης σε mg/l και  $S_g$  η οριακή τιμή της περιεκτικότητας σε άλατα του νερού του ατμολέβητα σε mg/l.

Η εξερχόμενη ποσότητα νερού από τη στρατσώνα εκτονώνεται σε κατάλληλη στραγγαλιστική διάταξη, με αποτέλεσμα ένα ποσοστό αυτής να μετατρέπεται σε ατμό.

## **(2). Κύκλωμα Νερού - Ατμού**

### **(2.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Το κύκλωμα νερού - ατμού είναι εν γένει όμοιο με αυτό των θερμικών, ηλεκτρικών και θερμοηλεκτρικών σταθμών. Στην περίπτωση αποκλειστικής παραγωγής ηλεκτρισμού, εκλείπει η ενεργειακή βελτιστοποίηση μέσω αναθέρμανσης του ατμού. Άλλα γνωρίσματα είναι οι σχετικά χαμηλές παράμετροι ατμού και η ύπαρξη εγκατάστασης συμπυκνωτήρα αέρα και μειωτήρα κυκλώματος υψηλής πίεσης για φάσεις λειτουργίας δίχως παραγωγή ηλεκτρισμού.

### **(2.1). Παράμετροι Ατμού σε Μονάδες Καύσης**

Τα απαέρια των μονάδων καύσης απορριμμάτων χαρακτηρίζονται από μία έντονη διαβρωτικότητα, η οποία αυξάνει με αύξηση της θερμοκρασίας των σωλήνων (αυλών). Εξαιτίας αυτού, επιδιώκονται χαμηλές θερμοκρασίες στους σωλήνες και ως εκ τούτου χαμηλές παράμετροι ατμού (πίεση και θερμοκρασία), έτσι ώστε να περιορισθούν αστοχίες της εγκατάστασης εξαιτίας τρυπήματος των αυλών λόγω διάβρωσης.

Η ηλεκτροπαραγωγή απαιτεί σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις ατμού (500 °C, αύξηση του συντελεστή απόδοσης) και επιβάλλει συντήρηση κάθε 4.000 - 5.000 ώρες. Σε περίπτωση που τροφοδοτείται μόνο δίκτυο τηλεθέρμανσης, είναι ενδεικνυόμενος ο σχεδιασμός λέβητα κορεσμένου ατμού θερμοκρασίας έως 350 °C και η συντήρηση μπορεί να γίνεται κάθε 7.000 - 8.000 ώρες.

## **(2.2). Μειωτήρας Κυκλώματος Υψηλής Πίεσης**

Μία μονάδα καύσης απορριμμάτων πρέπει να μπορεί να διατηρείται σε λειτουργία ακόμα και σε περιπτώσεις ακινησίας του στροβίλου. Στην περίπτωση αυτή ο ατμός οδηγείται, αφού στραγγαλιστεί και ψυχθεί με πρόσδοση νερού, στο δοχείο συλλογής κορεσμένου ατμού και από εκεί στο συμπυκνωτήρα.

## **(3). Κύκλωμα Πεπιεσμένου Αέρα**

Χρειάζεται για τις εργασίες συντήρησης του εργοστασίου και τη λειτουργία του εργαστηρίου επισκευών. Τροφοδοτείται από ένα αντλιοστάσιο πεπιεσμένου αέρα που ελευθερώνει αέρα με πίεση 7-8 bar. Ο χρησιμοποιούμενος αέρας θα πρέπει να είναι καθαρός και οι αεριστήρες που χρησιμοποιούνται είναι συνηθέστερα ξηρού τύπου.

## **(4). Κύκλωμα Ηλεκτρικό & Ελέγχου Εντολών**

### **(4.1). Ηλεκτρικό Κύκλωμα**

Οι διάφορες συσκευές του εργοστασίου πρέπει να είναι χαμηλής τάσης (220/380 V). Πρέπει να υπάρχει υποσταθμός για τη μετατροπή της υψηλής τάσης σε χαμηλή τάση. Σημαντική είναι η ύπαρξη πίνακα χαμηλής τάσης, τοποθετημένου συνήθως στην αίθουσα ελέγχου του εργοστασίου, ο οποίος θα πρέπει να είναι κατάλληλα γειωμένος.

Απαραίτητη είναι επίσης η εγκατάσταση βοηθητικής ισχύος, για την περίπτωση διακοπών ρεύματος.

Οι πραγματοποιούμενοι έλεγχοι στον φούρνο αφορούν σε:

- ✓ Θερμοκρασία του κυκλώματος των αερίων σε διάφορα σημεία, του θαλάμου καύσης, του θαλάμου ψύξης των αερίων και των αποκονιωτών
- ✓ Υποπίεση στον θάλαμο καύσης
- ✓ Απώλειες στον αποκονιωτή
- ✓ Μετρήσεις περίσσειας αέρα

## **(4.2). Κύκλωμα Ελέγχου Εντολών**

### **(4.2.1). Είδη Εντολών**

Οι εντολές διακρίνονται σε:

- ✓ Τοπικές εντολές: Οι εντολές αυτού του τύπου αφορούν στις μανούβρες που γίνονται κοντά στις συσκευές.
- ✓ Εντολές από αποστάσεις: Είναι οι εντολές που δίδονται από το σταθμό ελέγχου μέσω ηλεκτρικών και μερικές φορές υδραυλικών μεταδόσεων ή μέσω αέρα, οπότε καλούνται πνευματικές.

### **(4.2.1). Αυτόματες Εντολές**

Οι κυριότερες αυτόματες εντολές στο φούρνο αναφέρονται στην υποπίεση στο θάλαμο καύσης και στη θερμοκρασία των αερίων. Επίσης, αναφέρονται στη θερμοκρασία των αερίων στην έξοδο του θαλάμου ψύξης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



### **(1). Εισαγωγή**

Από τα μέχρι τώρα βιβλιογραφικά στοιχεία:

Το ολικό κόστος χωρίς ανάκτηση ενέργειας εκτιμάται περίπου σε 15-40 Ευρωπαϊκές Λογιστικές Μονάδες (Ε.Λ.Μ.) ανά τόνο επεξεργαζομένων απορριμμάτων. Τα έξοδα κεφαλαίου και εκμετάλλευσης κατανέμονται ως κατωτέρω:

- Φούρνος & βοηθητικός εξοπλισμός: 20-50 %
- Άλλες επενδύσεις: 25-35 %
- Έξοδα εκμετάλλευσης: 45-65 %

Το ολικό κόστος με ανάκτηση ενέργειας εκτιμάται περίπου σε 9-20 Ε.Λ.Μ. ανά τόνο επεξεργασμένων απορριμμάτων. Τα έξοδα κεφαλαίου και εκμετάλλευσης κατανέμονται ως κατωτέρω:

- Φούρνος & βοηθητικός εξοπλισμός: 25-35 %
- Ανάκτηση θερμότητας: 10-25 %
- Άλλες επενδύσεις: 20-30%
- Έξοδα εκμετάλλευσης: 65-80 %

Αναφέρεται επίσης, ότι σύμφωνα με στοιχεία από μοντέλα στη βιομηχανία ανάκτησης, το κόστος υγειονομικής ταφής σε σχέση με της καύσης για παραγωγή ενέργειας, θα συνεχίσει να αυξάνει και τελικά θα υπερβεί το κόστος παραγωγής ενέργειας. Στις ΗΠΑ εκτιμάται ότι μέχρι το τέλος του αιώνα, το 30-40% των εθνικών απορριμμάτων θα καίγεται σε εγκαταστάσεις καύσης.

Τέλος επισημαίνεται, ότι αντί για μία μεγάλη μονάδα καύσης μπορεί να κατασκευαστούν μικρότερες μονάδες, οι οποίες αθροιστικά θα δίνουν την ικανότητα ημερήσιας καύσης της μεγάλης μονάδας. Για παράδειγμα, στη θέση μίας μονάδας για την επεξεργασία 1.000 τόνων την ημέρα μπορούν να δημιουργηθούν 2 μονάδες επεξεργασίας 500 τόνων την ημέρα έκαστη. Ο πρόσθετος εξοπλισμός αυξάνει την επένδυση, όταν όμως ένας καυστήρας υποστεί βλάβη και διακοπεί η λειτουργία, επηρεάζεται μόνο το 1/2 της συνολικής ικανότητας επεξεργασίας των απορριμμάτων, της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και των εσόδων.

## **(2). Στοιχεία Κόστους Μονάδων Θερμικής Επεξεργασίας (ΜΘΕ)**

Το κόστος επεξεργασίας μπορεί να υπολογισθεί από τον ακόλουθο τύπο (όπου έχουν εξαιρεθεί κέρδη, επιχορηγήσεις και φόροι):

[Κόστος Επεξεργασίας] = [(Λειτουργικό κόστος) + (κόστος διάθεσης καταλοίπων) + (πάγια έξοδα) + (αποσβέσεις) + (οικονομικά κόστη)] - [(αξία ενέργειας) + (πώληση υλικών)]

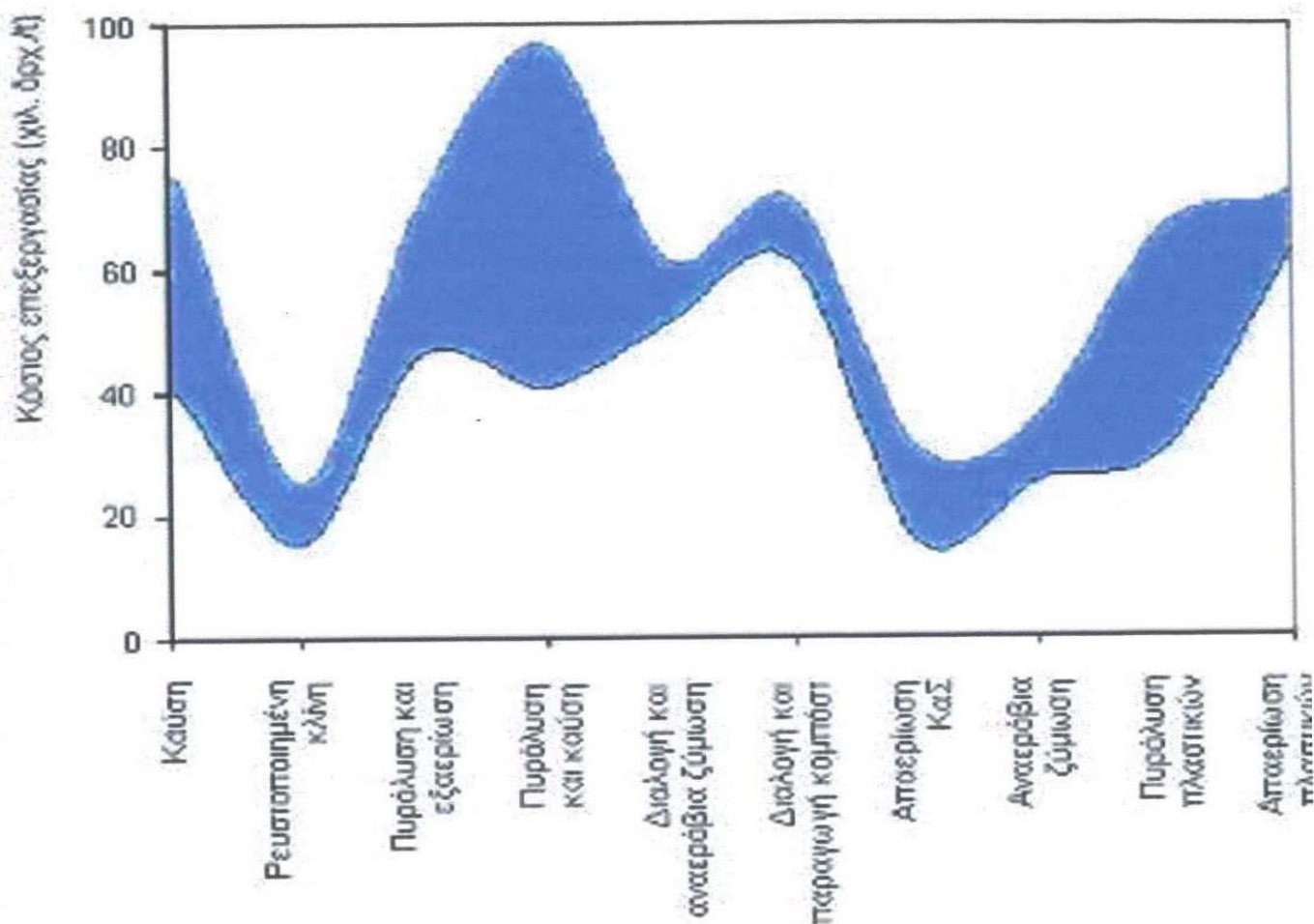
Το κόστος επεξεργασίας αποτελείται από το κόστος επένδυσης, λειτουργίας και συντήρησης της εγκατάστασης. Το κόστος αυτό επηρεάζεται από στοιχεία όπως:

- (α) Το εύρος της δυναμικότητας της εγκατάστασης.
- (β) Διάφορες οικονομικές παραμέτρους.
- (γ) Τον βαθμό απόδοσης της μεθόδου.
- (δ) Τις μεθόδους των συστημάτων ελέγχου υγρής & αέριας ρύπανσης.

Το κόστος επένδυσης αποτελείται από το κόστος των θαλάμων καύσης, του συστήματος μεταφοράς και αποθήκευσης της τέφρας, του αεριοστροβίλου, του συστήματος ελέγχου αέριας ρύπανσης και του λοιπού εγκατεστημένου εξοπλισμού. Υπολογίζεται με τη βοήθεια του μοναδιαίου κόστους επένδυσης (€ ανά τόνο και έτος) και με τη βοήθεια του συντελεστή δυναμικότητας που εκφράζει τη μη διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης για κάποιες ημέρες κάθε έτος.

Επιπρόσθετα, λαμβάνεται υπόψη συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου που εξαρτάται από τη διάρκεια ζωής και επιτόκιο προεξόφλησης.

Στο Σχεδιάγραμμα 1 δίνεται για διάφορες μεθόδους το κόστος επεξεργασίας ανά τόνο απορριμμάτων (στο διάγραμμα παρεμβάλλονται και τρεις μη θερμικές επεξεργασίες, αποσκοπώντας σε μία γενική σύγκριση των μεθόδων επεξεργασίας απορριμμάτων).



Σχεδιάγραμμα 1. Κόστος θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων ανά μεθοδολογία σε χιλ. δρχ. ανά τόνο απορριμμάτων

### (3). Πάγιο κόστος Μονάδος

#### (3.1). Βασικές Εγκαταστάσεις

Θεωρούμε ότι το οικόπεδο υπάρχει ήδη και βρίσκεται στο Περιφερειακό Κέντρο Ανακύκλωσης Κοζάνης. Κατ' εκτίμηση θα ληφθεί υπόψη η αξία του οικοπέδου.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται το κόστος των βασικών εγκαταστάσεων της Μονάδας, που είναι το οικόπεδο, η μονάδα επεξεργασίας των ΑΣΑ και η μονάδα επεξεργασίας των καυσαερίων.

	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
	<b>ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ</b>	<b>TEM</b>	<b>1</b>	<b>40.000.000</b>	<b>40.000.000</b>
<b>A</b>	<b>ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>				
	Φούρνος + Επεξ. Αερίων(50%)			20.000.000	
	α. Φούρνος(35%)	TEM	1	7.000.000	7.000.000
	β. Επεξεργασία αερίων(65%)	TEM	1	13.000.000	13.000.000
	γ. Ανάκτηση ενέργειας(30%)	TEM	1	12.000.000	12.000.000
	δ. Άλλες επενδύσεις(20%)			8.000.000	8.000.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>40.000.000</b>
<b>B</b>	<b>ΈΚΤΑΣΗ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ</b>				
	Οικόπεδο εργοστασίου	M <sup>2</sup>	1.500	600	900.000
	Λοιπές εγκαταστάσεις	M <sup>2</sup>	1.800	600	1.080.000
	Χώροι πρασίνου	M <sup>2</sup>	5.000	600	3.000.000
	Γενικός χώρος	M <sup>2</sup>	11.700	600	7.020.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>12.000.000</b>
	<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>52.000.000</b>

Πίνακας 1. Κόστος βασικών εγκαταστάσεων της Μονάδας

### (3.2). Βοηθητικές Εγκαταστάσεις (Λοιπές Επενδύσεις)

#### (3.2.1). Σύστημα Εισαγωγής ΑΣΑ & Εξαγωγής Καυσαερίων

Στο σύστημα εισαγωγής ΑΣΑ & εξαγωγής καυσαερίων περιλαμβάνονται η ζυγαριά, η κινητή γέφυρα, ο γερανός, ο περιστροφικός κοπτήρας, η αποβάθρα, η τάφρος και η καπνοδόχος. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται το κόστος των συστημάτων εισαγωγής και εξαγωγής.



	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
<b>Γ</b>	<b>ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ</b>				
	Ζυγαριά 20-25 τόνων	TEM	2	150.000	300.000
	Κινητή γέφυρα 40 τόνων/ώρα	TEM	1	1.500.000	1.500.000
	Γερανός 20-30 τόνων	TEM	1	800.000	800.000
	Περιστροφικός κοπτήρας 20-60 rpm, 20 τόνων/ώρα	TEM	2	200.000	400.000
	Αποβάθρα (15x40) m <sup>2</sup>	TEM	1	100.000	100.000
	Τάφρος (40x20x8) m <sup>3</sup>	TEM	1	200.000	200.000
	Καπνοδόχος ύψους 32 m	TEM	1	150.000	150.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>3.450.000</b>

**Πίνακας 2. Κόστος συστημάτων εισαγωγής ΑΣΑ & εξαγωγής καυσαερίων**

### **(3.2.2). Βοηθητικά Κυκλώματα**

Τα βοηθητικά κυκλώματα της Μονάδας περιλαμβάνουν τον αεροσυμπιεστή (παροχή αέρα), το αντλιοστάσιο (παροχή νερού) και τον υποσταθμό παραγωγής ηλεκτρική ενέργειας. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται το κόστος των βοηθητικών κυκλωμάτων.

	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
<b>Δ</b>	<b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ</b>				
	Αεροσυμπιεστής (Μηχανή)	TEM	1	100.000	100.000
	Υποσταθμός	TEM	1	100.000	100.000
	Αντλιοστάσιο (Μηχανή)	TEM	1	150.000	150.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>350.000</b>

**Πίνακας 3. Κόστος βοηθητικών κυκλωμάτων**

### (3.2.3). Δομή Κτιριακών Εγκαταστάσεων

Οι λοιπές κτιριακές εγκαταστάσεις της Μονάδας περιλαμβάνουν τις δεξαμενές πετρελαίου και ύδατος. Την εγκατάσταση του ζυγιστηρίου, τις διοικητικές εγκαταστάσεις και τους λοιπούς κοινόχρηστους χώρους. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται το κόστος των εγκαταστάσεων αυτών.

	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
<b>Ε</b>	<b>ΚΤΙΡΙΔΟΜΗ</b>				
	Δεξαμενή πετρελαίου	TEM	3	15.000	45.000
	Δεξαμενή ύδατος	TEM	1	50.000	50.000
	Εγκατάσταση Ζυγιστηρίου	M <sup>2</sup>	100	1.500	150.000
	Διοικητικές Εγκαταστάσεις	M <sup>2</sup>	200	1.500	300.000
	Τραπεζαρία	M <sup>2</sup>	200	1.500	300.000
	Λουτρά	M <sup>2</sup>	100	1.500	150.000
	Βεστιάριο	M <sup>2</sup>	100	1.500	150.000
	Αποθήκες	M <sup>2</sup>	200	1.500	300.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>1.445.000</b>

Πίνακας 4. Κόστος λοιπών εγκαταστάσεων

### (3.2.4). Σιδηροκατασκευές & Ασφαλτόστρωση

Στις σιδηροκατασκευές περιλαμβάνονται τα διάφορα στέγαστρα (υποσταθμού, επισκευών, κ.ά.) και στην ασφαλτόστρωση η οδοποιία, ο χώρος απόθεσης της σκωρίας και ο χώρος της αποβάθρας. Στον Πίνακα 5 δίνονται τα στοιχεία κόστους των κατασκευών αυτών.

	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
<b>ΣΤ</b>	<b>ΣΙΔΗΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ</b>				
	Στέγαστρο Αεροσυμπιεστή	Μ²	100	1.200	120.000
	Στέγαστρο Υποσταθμού η/ε	Μ²	100	1.200	120.000
	Στέγαστρο Αντλιοστασίου	Μ²	100	1.200	120.000
	Στέγαστρο Επισκευών	Μ²	300	1.200	360.000
	Στέγαστρο Γκαράζ	Μ²	500	1.200	600.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>1.320.000</b>
<b>Ζ</b>	<b>ΑΣΦΑΛΤΟΣΤΡΩΤΟΙ ΧΩΡΟΙ</b>				
	Οδοποιία (5.000x7= 35000 m²)	Μ²	35.000	20	700.000
	Απόθεση σκουριάς (4.000 m²)	Μ²	4.000	10	40.000
	Αποβάθρα (50x20 =1000 m²)	Μ²	1.000	15	15.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>755.000</b>

**Πίνακας 5. Κόστος σιδηροκατασκευών & ασφαλτόστρωτων χώρων**

### **(3.2.5). Διάφορα Μέσα & Εξοπλισμοί**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα μέσα πυροπροστασίας και δειγματοληψίας, η γεώτρηση και οι εξοπλισμοί των εγκαταστάσεων του εργοστασίου (έπιπλα, γραφεία, κ.ά.). Στον Πίνακα 6 δίνονται τα στοιχεία κόστους του εξοπλισμού.

	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
<b>Η</b>	<b>ΜΕΣΑ - ΥΛΙΚΑ</b>				
	Μέσα πυροπροστασίας	TEM		200.000	200.000
	Μέσα δειγματοληψίας	TEM		100.000	100.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>300.000</b>
<b>Θ</b>	<b>ΔΙΑΦΟΡΑ</b>				
	Γεώτρηση	TEM	1	80.000	80.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>80.000</b>
<b>Ι</b>	<b>ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΙ</b>				
	Εγκαταστάσεων εργοστασίου			300.000	300.000
	<b>Σύνολο</b>				<b>300.000</b>

Πίνακας 6. Κόστος διαφόρων μέσων & εξοπλισμών

#### **(4). Έξοδα Διοικητικού & Εργατοτεχνικού Προσωπικού**

##### **(4.1). Διοικητικό Προσωπικό**

Θεωρούμε ότι στο διοικητικό προσωπικό θα ανήκουν συνολικά 7 άτομα: ο γενικός διευθυντής, ο προϊστάμενος, ο λογιστής, ο βοηθός λογιστή, ο γραμματέας και οι λοιποί υπάλληλοι. Οι μισθοί τους καθορίζονται μηνιαίως με επιβάρυνση 1,18%, όπως καθορίζεται από το ΥΠΕΧΩΔΕ. Στον Πίνακα 7 δίνονται οι μισθοί του διοικητικού προσωπικού, καθώς και το ετήσιο κόστος της Μονάδας.

Περιγραφή	Μονάδες	Καθαρά	Μήνες	Επιβάρυνση	€/έτος
Διευθυντής	1	2.000,00	14,00	1,81	50.727,60
Προϊστάμενος	1	1.800,00	14,00	1,81	45.654,84
Λογιστής	1	1.700,00	14,00	1,81	43.118,46
Βοηθός	1	1.600,00	14,00	1,81	40.582,08
Γραμματέας	1	1.200,00	14,00	1,81	30.436,56
Υπάλληλοι	2	1.000,00	14,00	1,81	50.727,60
<b>Σύνολο</b>					<b>261.247,14</b>

Πίνακας 7. Αναλυτική περιγραφή εξόδων διοικητικού προσωπικού

#### (4.2). Εργατοτεχνικό Προσωπικό

Στο εργατοτεχνικό περιλαμβάνονται οι χειριστές των μηχανημάτων της Μονάδας, οι βοηθοί χειριστών και οι επιβλέποντες. Θεωρούμε συνολικά 18 άτομα. Οι μισθοί του εργατών καθορίζονται σε ημερήσια βάση, όπως προβλέπεται από το ΥΠΕΧΩΔΕ. Στον Πίνακα 8 δίνονται οι μισθοί του εργατοτεχνικού προσωπικού, καθώς και το ετήσιο κόστος της Μονάδας.

Περιγραφή	Μονάδες	Καθαρά/ ημέρα	Ώρες/ ημέρα	Επιβάρυνση	€/ώρα	Ώρες/ έτος	€/έτος
Επιβλέπων	2	60,17	6,46	1,81	33,75	7.500,00	253.119,17
Χειριστές	6	55,17	6,46	1,81	92,83	7.500,00	696.256,50
Β. χειριστών	10	50,14	6,46	1,81	140,62	7.500,00	1.054.628,15
<b>Σύνολο</b>							<b>2.004.003,82</b>

Πίνακας 8. Αναλυτική περιγραφή εξόδων εργατοτεχνικού προσωπικού

#### (5). Λειτουργικό Κόστος Μονάδας

##### (5.1). Παροχές

Οι παροχές της Μονάδας αφορούν κατά κύριο λόγο στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ), την παροχή νερού, την προμήθεια ενεργού άνθρακα, καταλυτών και οξειδίου του ασβεστίου, την προμήθεια πετρελαίου και συμπιεσμένου αέρα. Δίχως τις παροχές αυτές είναι αδύνατη η λειτουργία της Μονάδας. Τα στοιχεία κόστους των παροχών ανά έτος και ανά τόνο απορριμμάτων δίνονται στον Πίνακα 9. (Θεωρούμε ότι η Μονάδα επεξεργάζεται 135.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως και ο πληθυσμός της Δ. Μακεδονίας είναι 302.000 κάτοικοι).



Α' ΥΛΕΣ	ΜΟΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΩΡΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΕΤΟΣ	€/ΜΟΝΑΔΑ	€/ΕΤΟΣ	€/ΤΟΝΟ
Ηλεκτρική Ενέργεια	kWh	6.733,33	50.500.000	0,11	5.555.000	41,15
Νερό	M <sup>3</sup>	54,00	405.000	0,40	162.000	1,20
Ενεργός C& καταλύτες	kg	141,84	1.063.829	0,50	531.915	3,94
CaO	kg	2,40	18.000	0,50	9.000	0,07
Τέφρα	kg	3,11	23.343	5,00	116.715	0,86
Αιωρούμενη τέφρα	kg	0,25	1.867	8,00	14.936	0,11
Υπολείμματα τέφρας	kg	0,19	1.400	10,00	14.000	0,10
Φυσικό αέριο	GJ	5,55	41.600	6,00	249.600	1,85
Συμπιεσμένος Αέρας	NM <sup>3</sup>	236,00	1.770.000	0,02	38.940	0,29
Περιβαλλοντική εισφορά	kg	-	-	-	-	-
<b>Σύνολο</b>					<b>6.692.106</b>	<b>49,57</b>

Πίνακας 9. Λειτουργικό κόστος παροχών Μονάδας

## (5.2). Εργατικό Προσωπικό (Διοικητικοί)

Στον Πίνακα 10 δίνεται το κόστος του διοικητικού προσωπικού ανά έτος και ανά τόνο επεξεργαζομένων απορριμμάτων.

ΕΡΓΑΣΙΑ (ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΙ)	ΜΟΝ	€/ΜΟΝΑΔΑ	€/ΕΤΟΣ	€/ΤΟΝΟ
Διευθυντής (1)	έτος	50.727,60	50.728	0,38
Προϊστάμενος (1)	έτος	45.654,84	45.655	0,34
Λογιστής (1)	έτος	43.118,46	43.118	0,32
Βοηθός (1)	έτος	40.582,08	40.582	0,30
Γραμματέας (1)	έτος	30.436,56	30.437	0,23
Λοιποί υπάλληλοι (2)	έτος	50.727,60	50.728	0,38
<b>Σύνολο</b>			<b>261.247</b>	<b>1,94</b>

Πίνακας 10. Λειτουργικό κόστος διοικητικού προσωπικού

### (5.3). Εργατικό Προσωπικό (Εργατοτεχνίτες)

Στον Πίνακα 11 δίνεται το κόστος του εργατοτεχνικού προσωπικού ανά έτος και ανά τόνο επεξεργαζομένων απορριμμάτων.

ΕΡΓΑΣΙΑ (ΕΡΓΑΤΟΤΕΧΝΙΤΕΣ)	ΜΟΝ	€/ΜΟΝΑΔΑ	€/ΕΤΟΣ	€/ΤΟΝΟ
Επιβλέποντες (2)	ώρα	16,87	253.119	1,87
Χειριστές (6)	ώρα	15,47	696.257	5,16
Βοηθοί Χειριστών (10)	ώρα	14,06	1.054.628	7,81
<b>Σύνολο</b>			<b>2.004.004</b>	<b>14,84</b>

Πίνακας 11. Λειτουργικό κόστος εργατοτεχνικού προσωπικού

### (5.4). Συντήρηση

Σε ό,τι αφορά το κόστος για τη συντήρηση των μηχανημάτων, θεωρούμε το κόστος των ωρομίσθιων εργατών και το κόστος των απαραίτητων ανταλλακτικών. Τα στοιχεία αυτά δίνονται στον Πίνακα 12.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΜΟΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ / ΕΤΟΣ	€/ΜΟΝΑΔΑ	€/ΕΤΟΣ	€/ΤΟΝΟ
Εργαζόμενοι	ώρες	1.200,00	14,06	16.872	0,12
Ανταλλακτικά	1Lot/300ώρες	25,00	50.000,00	1.250.000	9,26
<b>Σύνολο</b>				<b>1.266.872</b>	<b>9,38</b>

Πίνακας 12. Λειτουργικό κόστος συντήρησης Μονάδας

### (5.5). Απόθεση & Μεταφορά (ΧΥΤΑ)

Στο κόστος των μεταφορικών θεωρούμε την απόθεση και τη μεταφορά της τέφρας και των λοιπών ρύπων στους ΧΥΤΑ. Στον Πίνακα 13 δίνονται τα στοιχεία κόστους απόθεσης και μεταφοράς.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ (ΧΥΤΑ)	ΜΟΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΩΡΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΕΤΟΣ	€/ΜΟΝΑΔΑ	€/ΕΤΟΣ	€/ΤΟΝΟ
Τέφρα (20%)	τόνος	3,00	23.343	5,00	116.717	0,86
Ιπτάμενη τέφρα (2%)	τόνος	0,24	1.867	8,00	14.936	0,11
Υπολείμματα Ρύπων (1,5%)	τόνος	1,18	1.400	10,00	14.000	0,10
Γυαλί, μέταλλο (1,5%)	τόνος	0,19	1.440	50,00	72.000	0,53
Μεταφορικά	τόνος	4,61	34.590	50,00	1.729.500	12,81
<b>Σύνολο</b>					<b>1.947.153</b>	<b>14,42</b>

Πίνακας 13. Λειτουργικό κόστος μεταφοράς τέφρας & λοιπών ρύπων στους ΧΥΤΑ

### (5.6). Οικονομικές Δαπάνες

Θεωρούμε ότι τα € 52.000.000 της επένδυσης θα καλυφθούν ως εξής:

- ✚ 40% (€ 20.800.000) ως επιδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση
- ✚ 30% (€ 15.600.000) από ίδια κεφάλαια, με απόσβεση 20% και περίοδο απόσβεσης 5 έτη
- ✚ 30% (€ 15.600.000) από δανεισμό, με επιτόκιο 8%, δίχως περίοδο χάριτος και περίοδο αποπληρωμής 10 έτη

Στον Πίνακα 14 δίνεται το κόστος ανά έτος και ανά τόνο απορριμμάτων για τη χρηματοδότηση της Μονάδας. Η επιδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση δεν λαμβάνεται υπόψη στο ετήσιο κόστος και το κόστος ανά τόνο επεξεργαζομένων απορριμμάτων. (Οι τιμές δίνονται ως θετικές επειδή αποτελούν στοιχεία κόστους).

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	ΜΟΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΕΤΟΣ	€/ ΜΗΝΑ	€/ ΕΤΟΣ	€/ ΤΟΝΟ
Επιδότηση Ε.Ε. (30%)	€	20.800.000				
Δάνειο (30%) επ. 1,5%	€	15.600.000	2.324.860		2.324.860	17,22
Ίδια κεφάλαια (30%) απ. 20%	€	15.600.000	3.120.000	260.000	3.120.000	23,11
<b>Σύνολο</b>					<b>5.444.860</b>	<b>40,33</b>

Πίνακας 14. Χρηματοδότηση της Μονάδας και κόστος

### (6). Λειτουργικά Έσοδα Μονάδας

Η Μονάδα Καύσης ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας έχει ως κύριο στόχο την αξιοποίηση των απορριμμάτων και την παραγωγή ενέργειας. Σύμφωνα με τα πληθυσμιακά στοιχεία της Δυτικής Μακεδονίας και τη λειτουργία παρόμοιων μονάδων επεξεργασίας ΑΣΑ, εκτιμούμε ότι η Μονάδα μπορεί να παράγει 60.500.000 kWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως. Επίσης, για να είναι ανταγωνιστική, θεωρούμε κόστος πώλησης της κιλοβατώρας € 0,10 (το κόστος πώλησης της τηλεθέρμανσης από τη ΔΕΗ είναι € 0,11).

Στον Πίνακα 15 δίνονται τα ετήσια έσοδα της Μονάδας από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και το κέρδος ανά τόνο επεξεργαζομένων απορριμμάτων. (Οι τιμές δίνονται ως αρνητικές, επειδή αποτελούν στοιχεία κέρδους).

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	ΜΟΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΩΡΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ/ ΕΤΟΣ	€/ΜΟΝΑΔΑ	€/ΕΤΟΣ	€/ΤΟΝΟ
Ηλεκτρική Ενέργεια	kWh	8.066,67	60.500.000	-0,10	-6.050.000	-44,81
<b>Σύνολο</b>					<b>-6.050.000</b>	<b>-44,81</b>

Πίνακας 15. Έσοδα της Μονάδας από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας

### (7). Σύνολο

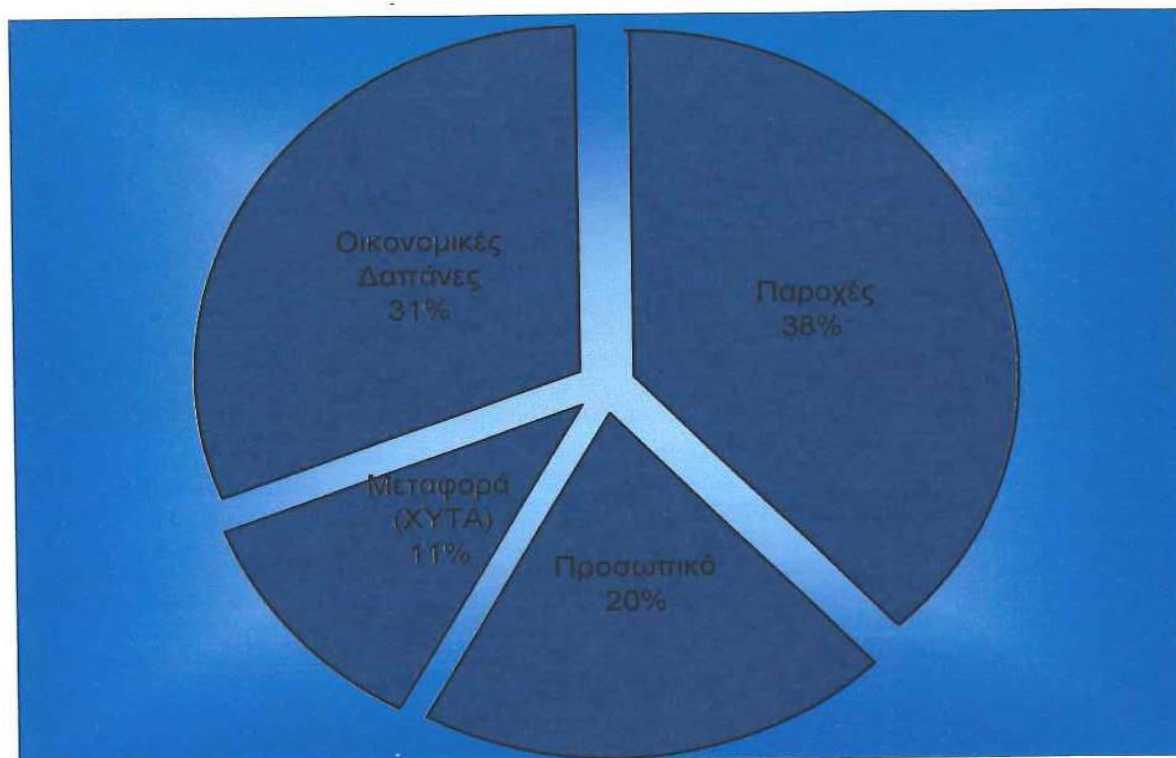
Συνοψίζοντας τα παραπάνω, έχουμε ότι το συνολικό ετήσιο κόστος ανά κάτοικο αντιστοιχεί σε €38,3, όπως φαίνεται στον Πίνακα 16. Αυτό σημαίνει ότι για να λειτουργήσει η Μονάδα και να καλύψει τα έξοδά της, δίχως κέρδος, θα πρέπει να τεθεί ετήσιο πάγιο €38,3 ανά κάτοικο της περιοχής.

€/ΕΤΟΣ	€/ΤΟΝΟ	€/ΚΑΤΟΙΚΟ
11.566.242	85,68	38,3

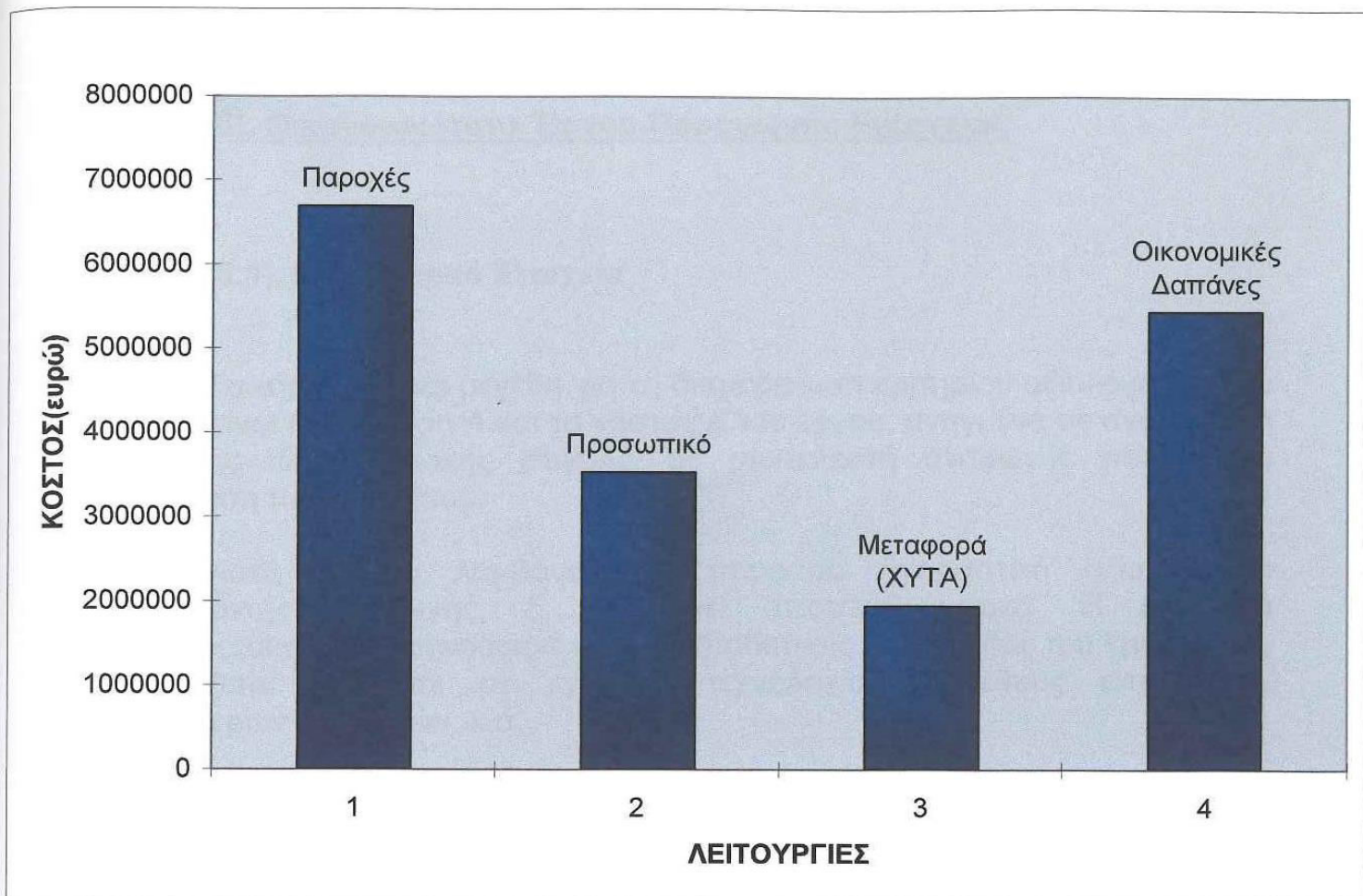
Πίνακας 16. Επιβάρυνση ανά κάτοικο και ανά τόνο απορριμμάτων



Στα Γραφήματα 1&2 που ακολουθούν δίνεται το λειτουργικό κόστος της Μονάδας ανά κατηγορία κόστους, καθώς και το ποσοστό κόστους κάθε κατηγορίας στο συνολικό λειτουργικό κόστος της Μονάδας. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο κόστος της Μονάδας είναι το κόστος της παροχής α' υλών, καθώς και το κόστος αποπληρωμής του δανείου και των αποσβέσεων.



Γράφημα 1. Ποσοστό της κάθε κατηγορίας στο συνολικό λειτουργικό κόστος της Μονάδας



Γράφημα 2. Λειτουργικό κόστος της Μονάδας ανά κατηγορία

## **(8). Οικονομικότητα Έργου Παραγωγής Ενέργειας**

### **(8.1). Εισαγωγικά Στοιχεία**

Τα απαιτούμενα μεγέθη για τη διαμόρφωση κριτηρίου αξιολόγησης του έργου, είναι η απόδοση  $A$  και το κόστος  $K$  του έργου, ανηγμένα σε αγοραστική αξία της ίδιας χρονικής στιγμής, με συντελεστή αναγωγής που ενέχει υπόσταση πληθωρισμού.

Κατά κανόνα λαμβάνεται η παρούσα αγοραστική αξία και ο συντελεστής αναγωγής,  $\xi$ , επενεργεί αποπληθωριστικά. Η αναγωγή αναφέρεται σε μία χρονοσειρά  $n$  ετών αποδοτικής λειτουργίας του έργου, που καθορίζεται εκάστοτε με κριτήρια τεχνολογίας, μεγέθους επένδυσης, γενικότερων συνθηκών, κ.ά..

### **(8.2). Απόδοση**

Προκύπτει από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια  $E$  (kWh/έτος) λαμβάνεται σταθερή στα  $n$  έτη, και συνιστά ένα στοιχείο της μελέτης.

Η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας  $a_0$  (€/kWh) λαμβάνεται σταθερή στα  $n$  έτη και θεωρείται ότι εισπράττεται στο τέλος εκάστου των  $n$  ετών. Υπολογίζεται βάσει στοιχείων και τύπου που παρέχει η ΔΕΗ. Η αναγωγή σε παρούσα αξία διενεργείται μέσω του αθροίσματος:

$$\sum a_t = \frac{a_0}{(1+\xi)^1} + \frac{a_0}{(1+\xi)^2} \dots + \frac{a_0}{(1+\xi)^n} = a_0 \left\{ \frac{(1+\xi)^n - 1}{\xi(1+\xi)^n} \right\} = a_0 \Pi \quad (\text{Εξ. 1})$$

Η παραπάνω εξίσωση χρησιμοποιείται γενικώς για την εύρεση και του κόστους της επένδυσης. Ισχύει, δηλαδή, στη γενική της μορφή.

### **(8.3). Κόστος (€)**

Προκύπτει από το άθροισμα όλων των δαπανών της επένδυσης αυτής, όπως βρέθηκε στους παραπάνω πίνακες. Αποτελείται από το κόστος επένδυσης και το λειτουργικό κόστος. Στην παρούσα μελέτη, το κόστος επένδυσης αποτελείται από το κόστος δανείου (30%) και την αυτοχρηματοδότηση (30%).

- Αυτοχρηματοδότηση: €15.600.000 με περίοδο απόσβεσης 5 έτη
- Δάνειο: €15.600.000, με σταθερή ετήσια δόση αποπληρωμής €2.324.860 για 10 έτη
- Ετήσια λειτουργικά έξοδα: €11.566.242

### **(8.4). Δείκτες Οικονομικότητας**

#### **(8.4.1). Βαθμός Εσωτερικής Απόδοσης (BEA) Internal Return Rate (IRR)**

Ένα χρήσιμο, και συχνά χρησιμοποιούμενο κριτήριο, είναι η τιμή που λαμβάνει ο  $\xi$  όταν  $A=K$ , δηλαδή όταν ο επενδυτής μετά από  $n$  έτη επανακτά απλώς τα χρήματά του (έχει συντελεστεί η απόσβεση). Σε αυτήν την περίπτωση ο συντελεστής  $\xi$  ονομάζεται BEA ή IRR.

#### **(8.4.2). Λόγος Απόδοσης - Κόστους Benefit - Cost Ratio (BCR)**

Είναι  $BCR=A/K$ . Η τιμή του  $\xi$  που δίδει  $A=K$  (δηλαδή ο IRR), συνεπάγεται  $BCR=1$ . Κατά κανόνα, ο  $\xi$  λαμβάνεται με κριτήρια Τραπεζών και δανειοληπτικού συστήματος.

Όσο μεγαλύτερος της μονάδος είναι ο BCR, τόσο οικονομικότερη και αποδοτικότερη είναι η επιχείρηση.

### **(8.4.3). Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)**

Είναι  $KPA=A-K$ . Η τιμή του  $\xi$  που δίδει  $A=K$  (δηλαδή ο IRR), συνεπάγεται  $KPA=0$ . Είναι ευνόητο ότι αύξηση του BCR συνεπάγεται αύξηση της ΚΠΑ.

### **(8.5). Οικονομικότητα Μονάδας Καύσης ΑΣΑ Δ. Μακεδονίας**

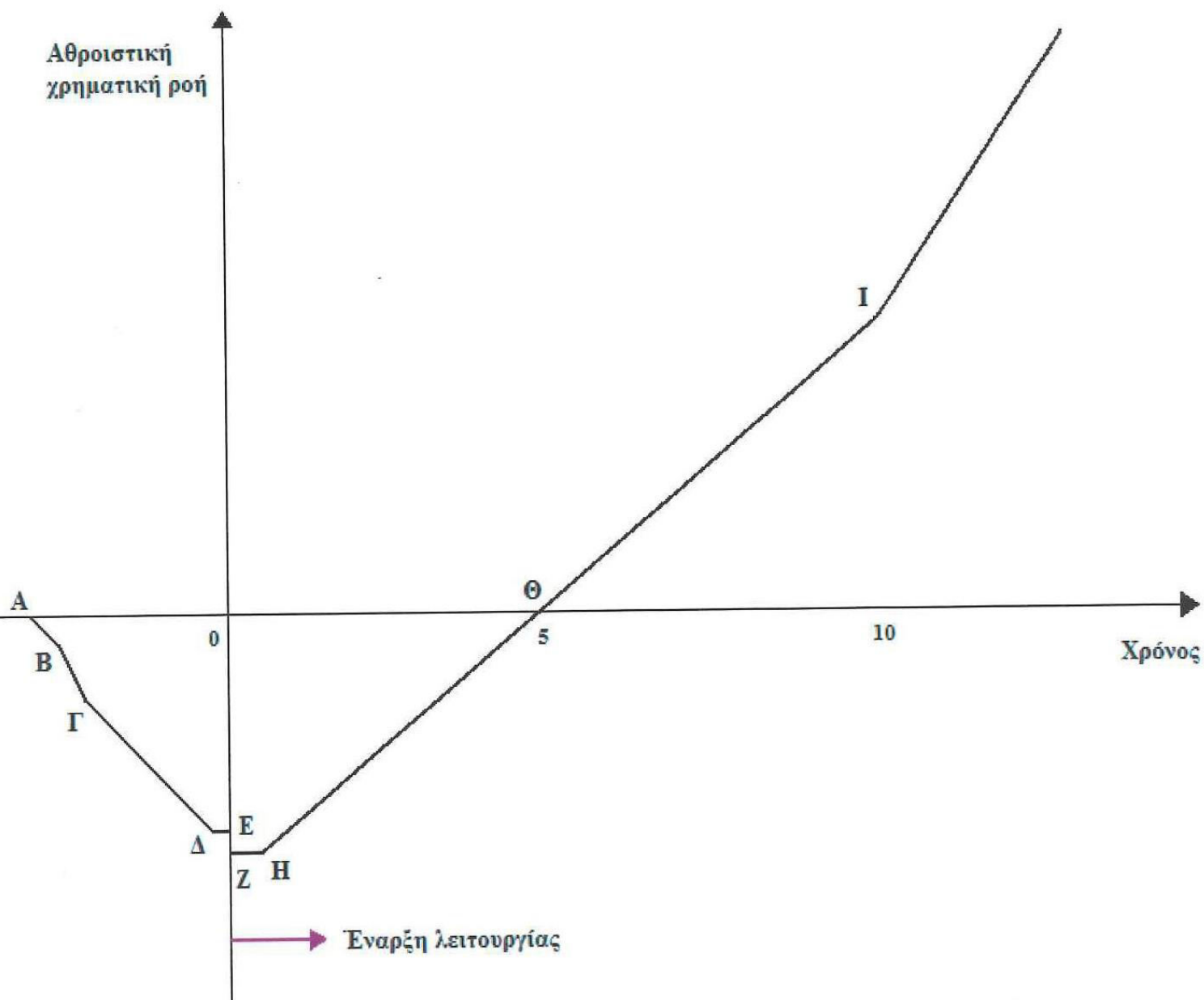
Θεωρούμε ότι για να κατασκευασθεί και να αρχίσει να λειτουργεί η μονάδα θα περάσουν δύο χρόνια περίπου. Μετά τα δύο χρόνια η Μονάδα θα μπορεί να καλύπτει τα ετήσια λειτουργικά έξοδα επιβαρύνοντας τον κάθε κάτοικο κατά €38,3.

Στο Παράρτημα Γ' φαίνεται η εκτίμηση των κερδών της Μονάδας Θερμικής Επεξεργασίας ΑΣΑ στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Η μονάδα θα αρχίσει να έχει κέρδη από τον 5<sup>ο</sup> χρόνο λειτουργίας της, με  $IRR=15\%$ .

Στο Σχεδιάγραμμα 1 παρουσιάζεται η χρηματορροή της Μονάδας.



Αθροιστική  
χρηματική ροή



ΑΒ = Αξιολόγηση επένδυσης  
ΒΓ = Κόστος οικοπέδου  
ΓΔ = Πραγματοποίηση επένδυσης  
ΔΕ = Δοκιμαστική λειτουργία

ΕΖ = Κεφάλαιο κίνησης  
ΖΗ = Προκαταρκτική λειτουργία  
ΗΘ = Κανονική λειτουργία  
ΘΙ = Κανονική λειτουργία (αύξηση κερδών)

Σχεδιάγραμμα 1. Χρηματοροή επένδυσης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ



### (1). Συμπεράσματα

Η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης δίνει έμφαση στην ανάκτηση υλικών και ενέργειας. Όσον αφορά την αποτέφρωση, ορίζεται η διαδικασία καύσης υπό ελεγχόμενες συνθήκες και καθορίζονται τα ανώτερα επιτρεπτά όρια εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Κατά την καύση των απορριμμάτων παράγονται *ποιοτικοί* μικρο-ρυπαντές (διοξίνες και φουράνια), πτητικά μεγάλης διασποράς και βαρέα μέταλλα. Αυτήν την περίοδο, οι συνολικές μετρημένες εκπομπές διοξινών όλων των εγκαταστάσεων ανάκτησης ενέργειας των ΗΠΑ είναι λιγότερες από 15 γραμμάρια τοξικών ισοδύναμων (<15 grams TEQ).

Η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς, καθώς και η είσοδος του φυσικού αερίου στο ενεργειακό δυναμικό του μεγαλύτερου τμήματος της ηπειρωτικής Ελλάδας θα έχει θετικά αποτελέσματα στην εφαρμογή μεθόδων θερμικής επεξεργασίας.

Η μέθοδος της καύσης (αποτέφρωση) θεωρείται πλέον αξιόπιστη για σύμμεικτα ΑΣΑ, ενώ η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η παραλλαγές τους εμφανίζουν μεν αυξημένα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, ακόμη όμως

εμφανίζουν αυξημένη ευαισθησία στα σύμμεικτα ΑΣΑ. Παρ' όλα αυτά, προσφέρουν πολύ αξιόπιστες λύσεις στον τομέα των προδιαλεγμένων κατηγοριών ΑΣΑ (για παράδειγμα καύσιμο κλάσμα – RDF, χαρτί, πλαστικά, ελαστικά).

Η τεχνολογία της αποτέφρωσης, με έμφαση στα βασικά πλεονεκτήματα της καύσης ΑΣΑ και ιδιαίτερα βαρύνουσα τη δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας, έχει καταφέρει να εμφανίζει αυξητική τάση διεθνώς και να κατατάσσεται ως δεύτερη τεχνολογία διάθεσης ΑΣΑ, μετά την υγειονομική ταφή.

Μία σύγχρονη τάση είναι, όχι η αντιπαράθεση των εναλλακτικών μεθόδων Διαχείρισης Στερεών Απορριμμάτων, αλλά ο συνδυασμός τους. Έτσι, αντί της καύσης σύμμεικτων ΣΑ (mass burn) είναι συνήθης πλέον στην Ευρώπη η συνύπαρξη Εγκαταστάσεων Ανακύκλωσης με καύση των υπολειμμάτων ή καύση/ πυρόλυση/ αεριοποίηση του RDF.

Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας μπορούν να διαδραματίσουν σημαίνοντα ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο. Γι' αυτόν τον λόγο γίνονται συνεχείς ερευνητικές προσπάθειες και αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας ή παραλλαγές και βελτιώσεις αυτών. Η υγειονομική ταφή πρέπει να περιορισθεί στη διάθεση των μη ανακυκλώσιμων υλικών που είναι και ο τελικός στόχος των οδηγιών για υγειονομική ταφή της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Υπάρχουν σήμερα και λειτουργούν με επιτυχία στην Αμερική και σε πολλές χώρες της Ευρώπης και της Ασίας σύγχρονες μονάδες θερμικής επεξεργασίας με :

- Κόστος κυρίως εργοστασίου (χωρίς σύστημα ανάκτησης ενέργειας): € 20 εκατομμύρια
- Κόστος συστήματος Ανάκτησης ενέργειας: €12 εκατομμύρια
- Κόστος λοιπών επενδύσεων: €8 εκατομμύρια
- Δηλαδή «με το κλειδί στο χέρι» (χωρίς το οικόπεδο): €40 εκατομμύρια

Τα εργοστάσια αυτά παράγουν θερμότητα 7,5 ~ 15 MJ ή κατά μέσο όρο 10 MJ ανά Kg ΑΣΑ και ηλεκτρική ενέργεια 0,675 kWh ανά Kg ΑΣΑ.

Λεπτομέρειες φαίνονται στο Παράρτημα Β'.

Οι Κεντρικές Εγκαταστάσεις Ολοκληρωμένης Διαχείρισης είναι χωροθετημένες σε οικόπεδο 330 στρεμμάτων εντός του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας, στη μεσαπόσταση Κοζάνης - Πτολεμαΐδας. Στο χώρο αυτό μπορεί να κατασκευασθεί η μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ, εξοικονομώντας έτσι ανάλογη οικοπεδική έκταση χωρίς οικονομική επιβάρυνση.

Το ενεργειακό περιεχόμενο (Κ.Θ.Δ.= 2.430 kcal/kg), η υγρασία (37%) και η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ περιοχής Δυτικής Μακεδονίας επιτυγχάνουν την αυτοδυναμία στην καύση η οποία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1.450 kcal/kg. Η υπάρχουσα υποδομή τηλεθέρμανσης, οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα ( $-15\text{ }^{\circ}\text{C} < \Theta < +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), αλλά και η δυνατότητα επέκτασης των καλλιεργειών σε θερμοκήπια, ευνοούν ακόμη περισσότερο τη Θερμική Επεξεργασία των ΑΣΑ της περιοχής με ανάκτηση ενέργειας.

Μια παρόμοια εγκατάσταση στην Περιοχή Δ. Μακεδονίας θα πρέπει να παράγει συνολικά μία ή και τις δύο μορφές ενέργειας ως ακολούθως:

✓ Θερμική Ενέργεια ετησίως:

$$89.629.630 \text{ Kg} \times 10 \text{ MJ/Kg} = \mathbf{896.296.300 \text{ MJ}}$$

ή

✓ Ηλεκτρική Ενέργεια ετησίως:

$$89.629.630 \text{ Kg} \times 0,675 \text{ kWh/Kg} = \mathbf{60.500.000 \text{ kWh}}$$

Το ετήσιο οικονομικό όφελος ως επιστροφή από την ενέργεια θα είναι  $60.500.000 \text{ kWh} \times \text{€}0,10$  (τιμή χρέωσης από ΔΕΗ) = **€6.050.000**

Υπάρχει σχετική νομοθεσία που επιτρέπει τη διακήρυξη για την κατασκευή έργων με δημόσιο μειοδοτικό διαγωνισμό σύμφωνα με τις τελικές τεχνικές προδιαγραφές, οι οποίες θα συνταχθούν σε επόμενη φάση της μελέτης. Στην εξεταζόμενη φάση χρησιμοποιούνται μόνο τα κύρια τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των συστημάτων του εργοστασίου, των υλικών και μέσων που λαμβάνουν μέρος ή χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της επεξεργασίας.

Με βάση τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των συστημάτων της μονάδος επεξεργασίας, των μέσων και υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία παραγωγής, των τελικών προϊόντων που θα παραχθούν, τις τιμές πώλησης των προϊόντων, τα ημερομίσθια των εργαζομένων και των λοιπών χρηματοοικονομικών δεδομένων συντάχθηκε ο πίνακας «Λειτουργικό

Κόστος» από τον οποίο προκύπτει ότι το κόστος επεξεργασίας ανέρχεται σε **81,94 €/τόνο απορριμμάτων ή κάθε κάτοικος θα πληρώνει ετησίως €36,63.**

Η κυρίως Μονάδα Επεξεργασίας και οι μονάδες προεπεξεργασίας και ανάκτησης ενέργειας θα κατασκευασθούν ή θα εισαχθούν από το Εξωτερικό. Στην Ελλάδα θα κατασκευασθούν όλα τα έργα Πολιτικού Μηχανικού, δηλαδή το 25-30% του έργου και θα απασχολεί περίπου 60 άτομα (Διοικητικό και εργατοτεχνικό προσωπικό). Επομένως, παρέχονται νέες θέσεις εργασίας οι οποίες συμβάλουν στη μείωση της ανεργίας.

## **(2). Τελικές Εκτιμήσεις**

Η καύση είναι πολύ γρήγορη μέθοδος και επιτρέπει μία ενδιαφέρουσα ελάττωση του όγκου των απορριμμάτων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποτέφρωση ΑΣΑ δίχως να έχουν υποστεί προηγουμένως κάποια επεξεργασία. Δε δημιουργεί αρνητικές συνέπειες στην αισθητική του περιβάλλοντος και δεν προκαλεί ψυχολογικές ενοχλήσεις στα άτομα που ζουν κοντά στα εργοστάσια. Απαιτεί μικρή σχετικά έκταση για την κατασκευή του εργοστασίου. Οι προκαλούμενες ρυπάνσεις αντιμετωπίζονται μέσω της εξέλιξης της τεχνολογίας (για παράδειγμα αποκονιωτές), με θετικά αποτελέσματα.

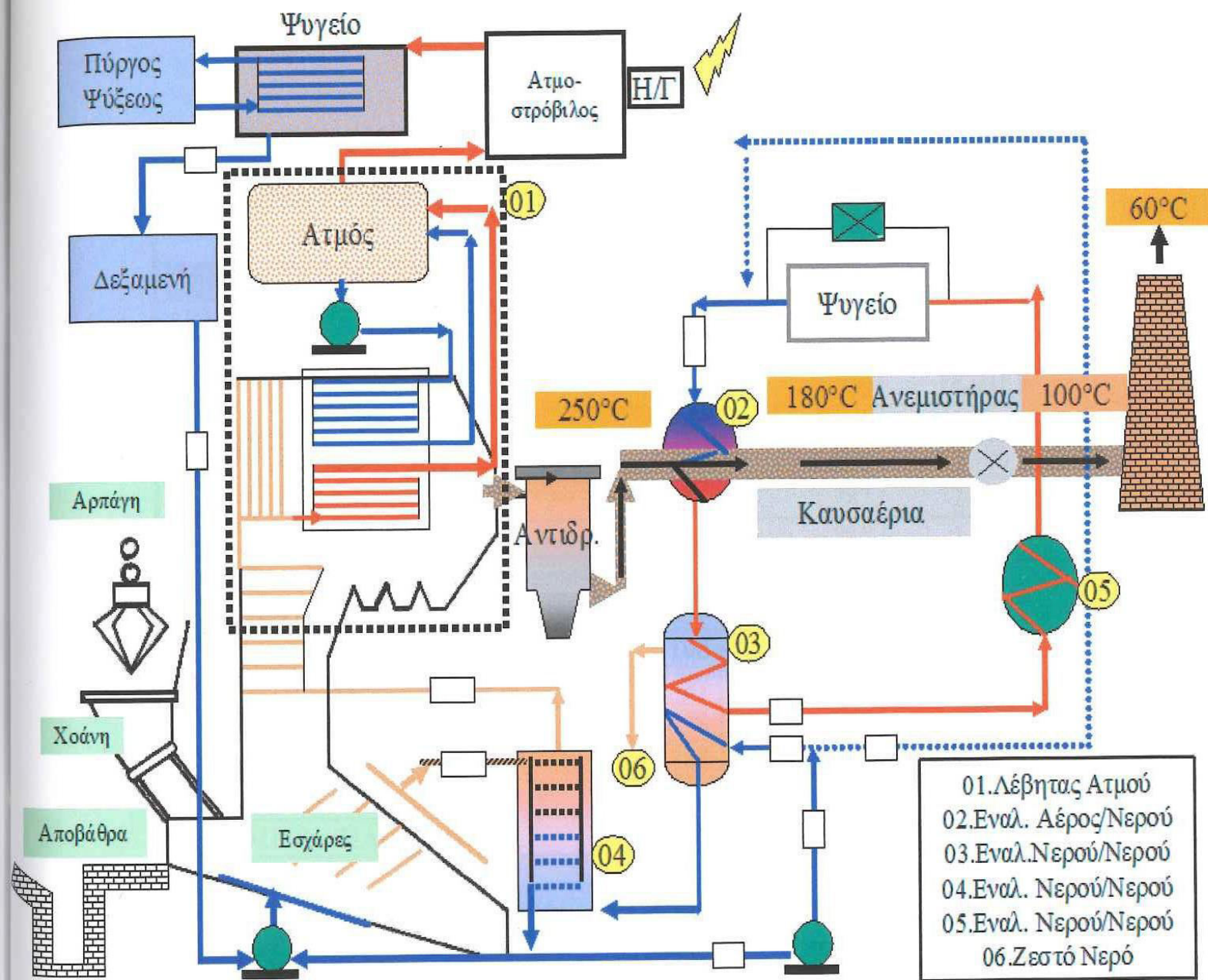
Τα ΑΣΑ της περιοχής Δυτικής Μακεδονίας έχουν όλα τα ποσοτικά, ποιοτικά και ενεργειακά χαρακτηριστικά και ως εκ τούτου μπορούν επεξεργασθούν με επιτυχία, παράγοντας προϊόντα οικονομικά και εκμεταλλεύσιμα, κατάλληλα για την ανάπτυξη της περιοχής.

Το κόστος επένδυσης δε μπορεί να χαρακτηριστεί υψηλό σε σχέση με το είδος της εργασίας και το μέγεθος του πληθυσμού της περιοχής. Πρόκειται για καθαρά κοινωνικό έργο, το οποίο θα συμβάλλει στην ποιότητα ζωής, στην προστασία του περιβάλλοντος, στη μείωση της ανεργίας και την αύξηση της γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής.

Τελικά, ενδείκνυται η θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ της περιοχής Δυτικής Μακεδονίας λόγω του ότι κρίνεται συμφέρουσα από τεχνολογικής και οικονομικής απόψεως.

Στην Εικόνα 1 παρατίθεται το ολοκληρωμένο διάγραμμα των διεργασιών, οι οποίες θα οδηγήσουν στην παραγωγή ενέργειας από τα αστικά στερεά απορρίμματα.





Εικόνα 1. Ολοκληρωμένο διάγραμμα διεργασιών Μονάδος Θερμικής Επεξεργασίας ΑΣΑ

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄**  
**ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ**  
**ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

	<b>ΑΝΔΡΕΣ</b>	<b>ΓΥΝΑΙΚΕΣ</b>	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>
<b>ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ</b>	<b>152.559</b>	<b>150.191</b>	<b>302.750</b>
<b>ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΓΡΕΒΕΝΩΝ</b>			
ΔΗΜΟΣ ΒΕΝΤΖΙΟΥ	1.515	1.443	2.958
ΔΗΜΟΣ ΓΟΡΓΙΑΝΗΣ	861	846	1.707
ΔΗΜΟΣ ΓΡΕΒΕΝΩΝ	7.805	8.016	15.821
ΔΗΜΟΣ ΔΕΣΚΑΤΗΣ	2.494	2.591	5.085
ΔΗΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΩΤΩΝ	1.622	1.558	3.180
ΔΗΜΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΖΙΑΚΑ	1.454	1.382	2.836
ΔΗΜΟΣ ΚΟΣΜΑ ΑΙΤΩΛΟΥ	937	885	1.822
ΔΗΜΟΣ ΧΑΣΙΩΝ	1.210	1.116	2.326
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΒΔΕΛΛΑΣ	236	222	458
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΔΟΤΣΙΚΟΥ	108	81	189
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΜΕΣΟΛΟΥΡΙΟΥ	87	71	158
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΒΟΛΙΟΥ	225	218	443
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΣΑΜΑΡΙΝΗΣ	383	336	719
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΣΜΙΞΗΣ	255	237	492
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ	144	143	287
<b>ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ</b>			
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΟΣ	3.134	3.027	6.161
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	1.444	1.389	2.833
ΔΗΜΟΣ ΑΚΡΙΤΩΝ	555	488	1.043
ΔΗΜΟΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ	2.041	2.018	4.059
ΔΗΜΟΣ ΒΙΤΣΙΟΥ	765	708	1.473
ΔΗΜΟΣ ΙΩΝΟΣ ΔΡΑΓΟΥΜΗ	1.733	1.714	3.447
ΔΗΜΟΣ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	7.999	7.932	15.931
ΔΗΜΟΣ ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ	290	290	580
ΔΗΜΟΣ ΚΟΡΕΣΤΙΩΝ	557	495	1.052
ΔΗΜΟΣ ΜΑΚΕΔΝΩΝ	1.722	1.704	3.426
ΔΗΜΟΣ ΝΕΣΤΟΡΙΟΥ	991	777	1.768
ΔΗΜΟΣ ΟΡΕΣΤΙΔΟΣ	5.036	4.864	9.900
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΑΡΡΕΝΩΝ	310	303	613
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΓΡΑΜΟΥ	14	14	28
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ	387	353	740



<b>ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΚΟΖΑΝΗΣ</b>			
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	1.001	977	1.978
ΔΗΜΟΣ ΑΙΑΝΗΣ	1.938	1.870	3.808
ΔΗΜΟΣ ΑΣΚΙΟΥ	2.561	2.522	5.083
ΔΗΜΟΣ ΒΕΛΒΕΝΤΟΥ	1.869	1.869	3.738
ΔΗΜΟΣ ΒΕΡΜΙΟΥ	1.762	1.742	3.504
ΔΗΜΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΥΨΗΛΑΝΤΗ	1.498	1.502	3.000
ΔΗΜΟΣ ΕΛΙΜΕΙΑΣ	3.262	3.174	6.436
ΔΗΜΟΣ ΕΛΛΗΣΠΟΝΤΟΥ	4.080	3.942	8.022
ΔΗΜΟΣ ΚΑΜΒΟΥΝΙΩΝ	1.162	1.083	2.245
ΔΗΜΟΣ ΚΟΖΑΝΗΣ	23.878	24.258	48.136
ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΡΙΚΙΟΥ	2.449	2.439	4.888
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΠΟΛΗΣ	2.516	2.600	5.116
ΔΗΜΟΣ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ	17.555	17.964	35.719
ΔΗΜΟΣ ΣΕΡΒΙΩΝ	5.225	5.067	10.292
ΔΗΜΟΣ ΣΙΑΤΙΣΤΑΣ	3.288	3.257	6.545
ΔΗΜΟΣ ΤΣΟΤΙΛΙΟΥ	2.413	2.327	4.740
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΣΤΗΣ	327	325	652
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΛΙΒΑΔΕΡΟΥ	868	796	1.664
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΠΕΝΤΑΛΟΦΟΥ	454	444	898
<b>ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΦΛΩΡΙΝΑΣ</b>			
ΔΗΜΟΣ ΑΕΤΟΥ	1.920	1.814	3.734
ΔΗΜΟΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	4.458	3.864	8.322
ΔΗΜΟΣ ΚΑΤΩ ΚΛΕΙΝΩΝ	1.957	1.942	3.899
ΔΗΜΟΣ ΜΕΛΙΤΗΣ	3.629	3.461	7.090
ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ	2.749	2.709	5.458
ΔΗΜΟΣ ΠΡΕΣΠΩΝ	1.042	814	1.856
ΔΗΜΟΣ ΦΙΛΩΤΑ	2.297	2.230	4.527
ΔΗΜΟΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ	8.444	8.625	17.069
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΒΑΡΙΚΟΥ	355	344	699
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΠΗΓΗΣ	265	193	458
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΛΕΧΟΒΟΥ	619	605	1.224
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΝΥΜΦΑΙΟΥ	204	211	415

Τα στοιχεία του πληθυσμού προέρχονται από τα προσωρινά αποτελέσματα της απογραφής 2001 της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος



ΚΥΡΙΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΧΩΡΩΝ

Α/Α	Τοποθεσία	Τύπος Αποβλήτου	Τύπος Εσχάρας	Caloric Value	Αριθμός Γραμμών	Κανόνητα (Ton/day per line)	Θερμική Ισχύς MWh	Παραγόμενη Ετήσιος Ηλ. Ισχύς		Σύστημα Καθαρισμού Αερίων	Έναρξη Λειτουργία Μονάδος
								Mwe	MWh/a		
1	Germany -Amsdorf	RDF	Water cooled	13000	1	186	28			Not in Scope	2004
2	Japan-Ohtsuki	MSW	Air cooled	8200	2	54	2x5			Not in Scope	2003
3	China-Nan Shan	MSW	Air cooled	5860	2	400	2X27	12	90000	Semi Dry Motive Carbon	2003
4	China-Yantian	MSW	Air cooled	5860	2	225	2x15,2		50000	Not in Scope	2003
5	Sweden-Orebro	Industrial	Water cooled	11800	1	300	1X41	6,5+25 MWh	52000	Semi Dry Motive Carbon + Wet	2003
6	China - Bao An	MSW	Air cooled	5860	3	400	3X27	19	142500	Semi Dry Motive Carbon	2004
7	Italy - Colleferro 1 & II	IRDF	Water cooled	15000	2	278	3X57,4	12	90000	Not in Scope	2003
8	Italy - Temi	RDF	Water cooled	15000	1	278	3X57,4	12	90000	Not in Scope	2002
9	Italy - San Vittore	RDF	Water cooled	15000	1	278	3X57,4	12	90000	Not in Scope	2001
10	Belgium - Antwerp	MSW and Ind.	Air cooled	11300	1	533	1 x70	1.2+ Ther.En.	90000	Semi Dry + Active Carbon* Wet Scrubber	2001
11	Korea - Kwang-Ju	industrial	Air cooled	6000			2x21	Ther.En	33750	Semi Dry Motive Ci	2000
12	Korea - Uijeong Bu	MSW	Air cooled	6000	2	100	2X11	2,5+Ther.En.	18750	Semi Dry + Active Carbon+SCR	2000
13	Belgium - Antwerp	MSW	Air cooled	8000	2	288	2X28	12	90000	Semi Dry Motive Carbon+SCR	1999
14	Japan - Hiroshima	Industrial	Air cooled	8000	2	30	2X3			Semi Dry + Motive Carbon + Wet" Scrubber	1998
15	Germany - Asslar	RDF	Water cooled	ijsoop	1	44	1X5	1,2	9000	By others	1998
16	Belgium - Antwerp	MSW and Ind.	Air cooled	10800	2	319	2X40	19	142500	Not in Scope	1997
17	Belgium - Ghent	MSW	Air cooled	8500	2	139	2X17	-		Semi Dry + Active Carbon	1996
18	Korea - Seoul	MSW	Air cooled	6000	2	200	2X21	4,5+Ther.En.		Semi Dry + Active Carbon	1996
19	Germany - Kempten	Biomass	Water cooled	15000		194	1X21	Ther.En.only	33750	Semi Dry + Active Carbon + SCR	1996
20	Belgium - Ostend	MSW	Air cooled	8000	2	130	2x12	4,5		Not in scope	1982
21	USA - Salt Lake City	MSW	Air cooled	11500	2	200	2x21			ESP	1984
22	USA - Savannah	MSW	Air cooled	11500	2	280	2x21			Not in scope	1984



**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΕΡΔΩΝ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ**

ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Έσοδα από πωλήσεις	6050000	6050000	6050000	6050000	6050000	6050000	6050000	6050000	6050000	6050000	6050000
Κόστος πωληθέντων	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106	-6692106
Μεικτά κέρδη	-642106	-642106	-642106	-642106	-642106	-642106	-642106	-642106	-642106	-642106	-642106
Έξοδα προσωπικού	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123	-3532123
Έξοδα διάθεσης	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153	-1947153
Κέρδη προ τόκων	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382	-6121382
Τοκισμός	-2324860	-2324860	-2324860	-2324860	-2324860	-2324860	-2324860	-2324860	-2324860	-2324860	0
Κέρδη προ αποσβέσεων	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-6121382
Αποσβέσεις	-3120000	-3120000	-3120000	-3120000	-3120000	0	0	0	0	0	0
Σύνολο	-11566242	-11566242	-11566242	-11566242	-11566242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-8446242	-6121382
Συνολικό ετήσιο πάγιο	11566242	11566242	11566242	11566242	11566242	11566242	11566242	11566242	11566242	11566242	11566242
Ισολογισμός Μονάδας	0	0	0	0	0	3120000	3120000	3120000	3120000	3120000	5444860



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄**  
**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

1. Ονομασία Προγράμματος:

2. Εργοδότης:.....

3. Αναμενόμενη Ημερομηνία  
Προεπιλογής:.....(ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)

Διαγωνισμού:.....(ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)

Πρότασης:.....(ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)

Απόφασης:.....(ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)

4. Κατασκευή  
Ημερομηνία έναρξης:.....(ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)

Ημερομηνία λήξης:.....(ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)

Ημερομηνία ολοκλήρωσης:.....(ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ)

5. Υπάρχων προϋπολογισμός: **ΝΑΙ**

6. Υφίσταται Χρηματοδότηση; **ΝΑΙ**

7. Έχουν εκδοθεί οι σχετικές άδειες; Αν όχι, περιγράψατε την υπάρχουσα κατάσταση.

8. Πεδίο υπηρεσιών:

**Εργοστάσιο**

Χοάνη

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά  
-Λεπτομέρειες

Αποτεφρωτήρας

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά  
-Λεπτομέρειες

Boiler

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά  
-Λεπτομέρειες

## Σύστημα Ανάκτησης Ενέργειας (Boiler - Λέβητας - Ατμοστρόβιλος)

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά

-Λεπτομέρειες

## Καθαρισμός Καυσαερίων

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά

-Λεπτομέρειες

## Μηχανήματα Συστήματος Προ – επεξεργασίας

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά

-Πίνακας διαχωρισμού ΑΣΑ

## Μηχανήματα Συστήματος Εισαγωγής

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά

-Λεπτομέρειες

## Έργα Πολιτικού Μηχανικού

### Αποβάθρα - τάφος

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά

-Λεπτομέρειες

### Καπνοδόχος

-Τεχνική περιγραφή & Λειτουργικά χαρακτηριστικά

-Λεπτομέρειες

### Δεξαμενή καυσίμων

Δεξαμενή ελαφρού ακάθαρτου πετρελαίου

Υπόγεια δεξαμενή πετρελαίου

Διάμετρος (mm)	Πάχος (mm)
----------------	------------

μέχρι 1750	5
------------	---

1751 - 2000	6
-------------	---

2001 - 2500	7
-------------	---

2501 - 2750	8
-------------	---

2751 - 2900	9
-------------	---

2901 - 3200	10
-------------	----

### Δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης

Η δεξαμενή πετρελαίου θα κατασκευαστεί από χαλύβδινα ελάσματα πάχους 4mm εξ' ολοκλήρου ηλεκτροσυγκολλητή, με τις απαραίτητες εσωτερικές ενισχύσεις από μορφοσίδηρο, γωνίες 40x40x4mm.

### Χώρος αεροσυμπιεστή

### Αντλιοστάσιο και δεξαμενή ύδατος

### Γεώτρηση

### Διάφορα

Εργαστήριο ελέγχου - χημείο

Μέσα πυροπροστασίας & δειγματοληψίας

Ποσότητα νερού & ηλεκτρικού ρεύματος  
-Τεχνική περιγραφή – Λειτουργικά χαρακτηριστικά  
-Λεπτομέρειες

Αρχικός Σχεδιασμός  
Βασικός Σχεδιασμός  
Λεπτομερής Σχεδιασμός  
Κατασκευή  
Επίβλεψη  
Δοκιμαστική Λειτουργία  
Κατασκευή Εξοπλισμού

9. Τοποθεσία Μονάδας (Περιοχή): **Περιοχή Δυτικής Μακεδονίας (ΚΟΖΑΝΗ)**

10. Πληθυσμός αυτής της περιοχής: **302.750 κάτοικοι**

11. Ποσότητα παραγομένων απορριμμάτων:

Ανά έτος: **93.271 τόνοι / έτος**

Ανά κάτοικο: **0,8 - 0,88 κιλά / ημέρα / κάτοικο**

12. Πόσα διαφορετικά είδη αποβλήτων συλλέγονται ξεχωριστά;  
Παρακαλώ διευκρινίστε τα είδη.

- **Δεν υπάρχει προς το παρόν διαχωρισμός στην πηγή ή στα ενδιάμεσα στάδια περισυλλογής – μεταφοράς και στοίβαξης.**
- **Επιθυμητό είναι να γίνεται μηχανικός διαχωρισμός πριν από το στάδιο τροφοδοσίας του εργοστασίου θερμικής επεξεργασίας(παραγωγή RDF).**

13. Απαιτούμενη Δυνατότητα της Μονάδος:

Κατηγορία Αποβλήτων	Κατηγορία Νο1	Κατηγορία Νο2	Κατηγορία Νο3	Κατηγορία Νο4
(μετρικό σύστημα)	A. Σ. Α.	Ξυλεία & Βιομάζα	RDF	Βιολογική Λάσπη
Τόνοι/μήνα	8.934	---	1.354	233,43
Τόνοι/ώρα	12,4	---	5,43	0,94
Τόνοι/ημέρα	298,94	---	130,2	22,36

Ώρες λειτουργίας = 7.500/ έτος  
Βάρδιες = 3/ ημέρα  
Ώρες/ ημέρα = 24  
Ημέρες την εβδομάδα = 6 ημέρες/ εβδομάδα

14. Κατώτερη θερμογόνοσ δύναμη απορριμμάτων:

Κ.Θ.Δ = 2.430 kcal/kg  
Κ.Θ.Δ = 10.203 kJ /kg

15. Σύνθεση αποβλήτων κατά βάρος. (Το σύνολο ισούται με 100 % κ.β.).

	Κατηγορία Νο1
Οργανικά:.....	48,5 %κ.β.
ΔΛΞΥ:.....	4,0 %κ.β.
Χαρτί / χαρτόνι:.....	22,0 %κ.β.
Πλαστικά:.....	10,5 %κ.β.
Μέταλλα:.....	4,0 %κ.β.
Γυαλί:.....	3,0 %κ.β.
Διάφορα:.....	8,0 %κ.β.

Μόνο για την κατηγορία Νο 1.

Λοιπές κατηγορίες Νο2 , Νο3 & Νο 4 (Υπόψη).

16. Σύνθεση Οργανικής Ύλης. (Το σύνολο ισούται με 100 % κ.β., εάν είναι διαθέσιμο).

	Κατηγορία Νο 1
C:.....	25,31 %κ.β.
N:.....	0,78 %κ.β.
O:.....	16,58 %κ.β.
H:.....	23,39 %κ.β.
S:.....	0,12 %κ.β.
Cl:.....	0,58 %κ.β.

Μόνο για την κατηγορία Νο 1.

Λοιπές κατηγορίες Νο2 , Νο3 και Νο 4 (Υπόψη).

17. Είναι απαραίτητη η ανάκτηση ενέργειας; (Ναι / Όχι): **NAI**

18. Εάν ναι, ποίο είναι το επιθυμητό είδος ενέργειας προς ανάκτηση;

Ατμός: Ναι  
Ζεστό Νερό: Ναι  
Ρεύμα: **Ναι**



19. Χαρακτηριστικά Ατμού:

Θερμοκρασία: 240°C

Πίεση: 12 κρ/cm<sup>2</sup>

Θερμοκρασία συμπυκνωμάτων: ..... °C

Χαρακτηριστικά Ζεστού Νερού:

Θερμοκρασία: 80°C

Πίεση:.....bar

20. Εκτιμώμενο κόστος πώλησης:

Ατμού:..... 11 €/ Μετρικό τόνο

Ζεστό Νερό:.....80 €/ Gcal

Ρεύμα:.....0,11 €/ kWh

Κρύο νερό (Για ψύξη):.....2,3 €/TR (tons of refrigeration)

21. Είναι απαραίτητη η επεξεργασία καταλοίπων;

Εάν ναι, παρακαλώ περιγράψετε πώς.

Τα τελικά κατάλοιπα θα πάνε στα ΧΥΤΑ; **NAI**

Εάν ναι, ποιο είναι το κόστος; .....€/ τόνο

**Όπως φαίνεται στην απάντηση της ερώτησης 27.**

22. Είναι απαραίτητος ο καθαρισμός των αερίων ρύπων; (Ναι / Όχι) : **NAI**

23. Ποια είναι τα όρια εκπομπών στην καύση των απορριμμάτων:

Σκόνη: .....	10 mg/Nm <sup>3</sup>
CO:.....	50 mg/Nm <sup>3</sup>
NOx:.....	200 mg/Nm <sup>3</sup>
SOx:.....	50 mg/Nm <sup>3</sup>
HCl+HF:.....	10/1 mg/Nm <sup>3</sup>
CxHx (C):.....	<3%
Class I (Cd,Ag):.....	0,05 mg/Nm <sup>3</sup>
Class II (As, Co, Se, etc) :.....	0,5mg/Nm <sup>3</sup>
Class III (Pb, Cr, Cu, Zn, etc):.....	0,5mg/Nm <sup>3</sup>
Διοξίνες&Φουράνια:.....	<0,1 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>

Σχετικά με % O<sub>2</sub>:.....11% κ.ό.



24. Πώς υπολογίζετε το μέσο όρο δείγματος εκπομπών;

Ανά ώρα / μέρα / εβδομάδα : **Ανά εβδομάδα**

25. Ποιο σύστημα μέτρησης προτιμάτε;

ESP

**Dry system**

Semi-dry system

Semi- wet System

Wet system

Fabric filter

Dioxin removal

**De Nox (SCR)**

De Nox (SNCR)

Flue gas reheating

26. Δικαιολογήστε την επιλογή σας.

27. Απόσταση χώρου και κόστος υγειονομικής ταφής:

**Απόσταση 3 χιλιόμετρα περίπου.**

Ποσότητες τέφρας :

	Τόνοι/ ώρα	Τόνοι/ ημέρα	Τόνοι/ μήνα	Τόνοι/ έτος	€/ Τόνο	€ / μήνα	€/ έτος
Τέφρα (20%)	3	74	2.234	23343	5	11170	116717
Ιπτάμενη τέφρα (2%)	0,24	6	178	1867	8	1424	14936
Υπολείμματα από καθαρισμό ρύπων (1,5%)	1,18	4,48	134	1400	10	1340	14000
Σύνολο	4,42	84,48	2.546	26610	23	13.934	<b>145.653</b>

## 28. Λειτουργικές Δαπάνες:

Ηλεκτρική Ενέργεια:.....	0,11 €/ kWh
Νερό:.....	2,31 €/ m <sup>3</sup>
Ενεργός Άνθρακας:.....	0,47 €/ kg
CaO:.....	0,06 €/ kg
Υπολείμματα τέφρας:.....	5,00 €/ kg
Αιωρούμενη τέφρα:.....	8,00 €/ kg
Φυσικό αέριο: .....	6,00€/GJ
Περιβαλλοντική εισφορά:.....	0 €/ kg

## 29. Οικονομικές πληροφορίες.

Αμοιβές επιβλεπόντων:	( 3 )	24.000 € /άτομο / ετησίως.
Αμοιβές χειριστών:	( 9 )	21.000 € / άτομο / ετησίως.
Αμοιβές εργατών:	( 27 )	18.000 € /άτομο / ετησίως.
Επιτόκια Μακροπρόθεσμων Δανείων:		8%
Επιτόκια Βραχυπρόθεσμων Δανείων:		%
Κέρδη Μετόχων:		%
Εταιρικοί φόροι:		%

### 30. Συμπληρωματικές Πληροφορίες:

α. Στην περιοχή χρησιμοποιείται σήμερα τηλεθέρμανση με ατμό που παράγει και πουλάει το εργοστάσιο της ΔΕΗ στις πόλεις ΚΟΖΑΝΗ – ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ. Επομένως, είναι γνωστά τα παρακάτω στοιχεία:

- ❖ Υπάρχει ανάλογο δίκτυο κατάλληλο για τηλεθέρμανση.
- ❖ Χρησιμοποιείται ..... ποσότητα ατμού / έτος.
- ❖ Αγοράζεται στην τιμή των .....€
- ❖ Ο ατμός παραλαμβάνεται με:  
Παροχή  $Q = \dots\dots\dots$   
Πίεση  $P = \dots\dots\dots$   
Θερμοκρασία  $T = \dots\dots\dots$

β. Οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής (κρύο το χειμώνα:  $-15^{\circ}\text{C} < \Theta < 10^{\circ}\text{C}$ ) ευνοούν τη χρήση ατμού ή ζεστού νερού για τηλεθέρμανση αλλά και για χρήση στις καλλιέργειες (θερμοκήπια). Οι καταναλώσεις σε ηλεκτρικό ρεύμα καλύπτονται από τα αντίστοιχα εργοστάσια της ΔΕΗ.

γ. Τα θερμοδυναμικά στοιχεία των ΑΣΑ της περιοχής: Κ.Θ.Δ = 2.430 kcal/ kg ή 10.203 kJ/kg ευνοούν την ανάκτηση ενέργειας.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε΄ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗ

### Conversion Factors to SI Units

Area	1 acre = 4047 m <sup>2</sup> 1 hectare = 10,000 m <sup>2</sup>
Boiler Horsepower	1 bhp = 33,446 Btu/h = 9.802 kW
Density	1 lb <sub>m</sub> /ft <sup>3</sup> = 16.02 kg/m <sup>3</sup>
Emissions Index or Std	1 lb <sub>m</sub> /10 <sup>6</sup> Btu = 0.4304 kg/10 <sup>6</sup> kJ
Energy	1 Btu = 1.054 kJ 1 kcal = 3.968 Btu = 4.184 kJ 1 therm = 10 <sup>5</sup> Btu = 105.4 MJ 1 quad = 10 <sup>15</sup> Btu = 1.05 X 10 <sup>15</sup> kJ
Energy per Unit Mass	1 Btu/lb <sub>m</sub> = 2.324 kJ/kg 1 cal/g = 4.184kJ/kg
Energy Flux	1 Btu/(h • ft <sup>2</sup> ) = 3.152 W/m <sup>2</sup>
Force	1 lb <sub>f</sub> = 4.448 N
Specific Fuel Consumption	1 lb <sub>m</sub> /hp-h) = 1.0278 X 10 <sup>-4</sup> kg/J
Heat Transfer Coefficient	1 Btu/(ft <sup>2</sup> • h • °R) = 5.678 W/(m <sup>2</sup> -K)
Kinematic Viscosity	1 stokes = 0.00108 ft <sup>2</sup> /s = 0.0001 m <sup>2</sup> /s
Length	1 ft = 0.3048 m
Mass	1 lb <sub>m</sub> = 0.4536 kg = 7000 grains 1 ton (short) = 2000 lb <sub>m</sub> = 917.2 kg 1 ton (long) = 1000 kg = 1.102 ton (short)
Power	1 Btu/h = 0.293 W 1 hp = 2545 Btu/h = 550 ft-lb <sub>f</sub> /s = 0.7458 kW
Pressure	1 atm = 14.7 lb <sub>f</sub> /in <sup>2</sup> = 101.3 kPa 1 bar = 0.9869 atm = 100.0 kPa 1 lb <sub>f</sub> /in. <sup>2</sup> = 6.891 kPa 1 in. Hg = 0.490 lb <sub>f</sub> /in. <sup>2</sup> = 3.376 kPa 1 in. H <sub>2</sub> O = 0.0361 lb <sub>f</sub> /in. <sup>2</sup> = 248.8 Pa
Specific Heat	1 Btu/(lb <sub>m</sub> • °R) = 4.188 kJ/(kg • K)
Surface Tension	1 lb <sub>f</sub> /ft = 14.59 N/m
Temperature	1 °R = 0.5555 K
Thermal Conductivity	1 Btu/(h • ft • °R) = 1.730 W/(m • K)
Torque	1 ft • lb <sub>f</sub> = 1.356 N • m
Dynamic Viscosity	1 poise = 0.002087 lb <sub>f</sub> -s/ft <sup>2</sup> = 0.1 kg/(m-s)
Volume	1 ft <sup>3</sup> = 0.02832 m <sup>3</sup> = 28.3 L 1 gal (U.S. liquid) = 0.1337 ft <sup>3</sup> = 0.003785 m <sup>3</sup> 1 U.S. barrel = 42 gal = 0.1590 m <sup>3</sup> 1 cord = 4X4X8 ft = 128 ft <sup>3</sup> = 3.625 m <sup>3</sup>

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ΄**  
**ΣΤΑΘΕΡΕΣ**

**CONSTANTS**

Acceleration of gravity	$g = 9.807 \text{ m/s}^2$ $= 32.17 \text{ ft/s}^2$
Avogadro's number	$N_0 = 6.023 \times 10^{23} \text{ molecules/gmol}$
Density of water at 4°C	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
Joule's constant	$J = 778.16 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/\text{Btu}$ $= 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
Planck's constant	$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Stefan-Boltzmann constant	$\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ $= 1.712 \times 10^{-9} \text{ Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{R}^4)$
Speed of light in vacuum	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Temperature	$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$ $T(^{\circ}\text{F}) = T(^{\circ}\text{R}) - 459.67$
Universal gas constant	$R = 8.314 \text{ kJ}/(\text{kgmol} \cdot \text{K})$ $= 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/(\text{kgmol} \cdot \text{K}) =$ $8314 \text{ (m}^2/\text{s}^2)(\text{kg}/\text{kgmol} \cdot \text{K}) =$ $1545 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/(\text{lbmol} \cdot ^{\circ}\text{R}) =$ $1.987 \text{ cal}/(\text{gmol} \cdot \text{K}) =$ $82.05 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm}/(\text{gmol} \cdot \text{K})$



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Π. Σ. Κόλλιας: «Απορρίμματα Αστικά - Βιομηχανικά, Συλλογή - Μεταφορά, Ανακύκλωση Υλικών, Υγειονομική Ταφή, Λιπασματοποίηση, Καύση», 2<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα, 2004
2. Δ. Χ. Παναγιωτακόπουλος: «Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων», Θεσσαλονίκη, 2002
3. G. L. Borman, K. W. Ragland: "Combustion Engineering", Department of Mechanical Engineering, University of Wisconsin - Madison, 1998
4. «Ενεργειακή Αξιοποίηση Απορριμμάτων», Πρακτικά Ημερίδας Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Μηχανικών, Αθήνα, 3 Φεβρουαρίου 2004
5. Φ. Φ. Παυλουδάκης: «Εισαγωγή στην Τεχνολογία Περιβάλλοντος, Σημειώσεις Διαλέξεων Διαχείρισης Στερεών αποβλήτων», Πανεπιστήμιο Δ. Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, 2002
6. Α. Κατσίρης: «Ποσοτικά και Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Απορριμμάτων», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, Τετράμηνο 2001 – 2002
7. Δ. Καρώνης, Ε. Τζιράκης, Ε. Λόης, Φ. Ζαννίκος: «Ενεργειακό Περιεχόμενο Απορριμμάτων», Εργαστήριο Τεχνολογίας και Λιπαντικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2004
8. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας: «Οδηγός Καύσης, Λεβήτων και Κλιβάνων - Φούρνων», Τομέας Ορθολογικής Χρήσης Ενέργειας, Αθήνα, Ιούλιος 1996
9. M. S. Peters, K. D. Timmerhaus: "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 4<sup>th</sup> edition, 1991
10. Δ. Π. Ψωινός: «Οργάνωση και Διοίκηση Εργοστασίων, Σκοπιμότητα Δημιουργίας και Σχεδίαση», 1<sup>ος</sup> Τόμος, Θεσσαλονίκη, 1997
11. Α. Καραγιαννίδης: «Βασικές αρχές Εξοικονόμησης Ενέργειας», Πανεπιστήμιο Δ. Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, Κοζάνη, 2001
12. C. D. Cooper, F. C. Alley: «Έλεγχος Αέριας Ρύπανσης Σχεδιασμός Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας», 3<sup>η</sup> Έκδοση, 2004
13. Ε. Παπαδόπουλου: «Ηλεκτρομηχανικά Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας», Τομέας Μηχανολογικών Κατασκευών & Αυτόματου Ελέγχου, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2000 – 2001

14. Α. Κ. Γούλας: «Βασικές Αρχές Στροβιλομηχανών», Θεσσαλονίκη
15. Ν. Σ. Μουσιόπουλου: «Φαινόμενα Μεταφοράς στην Ατμόσφαιρα», Θεσσαλονίκη, 1997
16. Β. Λυγερού, Α. Ι. Λυγερός: «Αρχές Διαχείρισης Ενέργειας στη Χημική Βιομηχανία», 2<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα, 2003

