

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΣΠΥΡΙΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΣΠΑΝΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΖΩΡΑΣ ΣΠΥΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων.

Είναι γνωστό ότι τα τελευταία χρόνια η προσπάθεια των κρατών για τη μείωση των απορριμμάτων καθώς και για την ενεργειακή αξιοποίησή τους ολοένα και αυξάνεται και αυτό φαίνεται από τις μεθόδους επεξεργασίας που αναπτύχθηκαν για τη σωστή διαχείριση τους, οι οποίες αποτελούν περιοχές έρευνας με εντυπωσιακή τεχνολογική εξέλιξη.

Στην αρχή γίνεται μια αναφορά γενικά για τα απορρίμματα. Στη συνέχεια μελετάται η παραγωγή και σύνθεση των στερεών αστικών αποβλήτων καθώς και η περιβαλλοντική νομοθεσία περί αποβλήτων που ισχύει στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Στην συνέχεια αναπτύσσονται οι μέθοδοι επεξεργασίας των απορριμμάτων. Η θερμική επεξεργασία (καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση), η βιολογική επεξεργασία (αερόβια επεξεργασία κομποστοποίησης - βιολογικής ξήρανσης - διύλισης και αναερόβια χώνευση), ο μηχανικός διαχωρισμός και τέλος οι ΧΥΤΑ. Ακολουθεί η περιγραφή του βιοαερίου και το πώς χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας. Και τέλος παρατίθεται μια έρευνα για το πόσο είναι ενημερωμένοι οι δημότες της Πάτρας για τη διαχείριση των απορριμμάτων της πόλης τους.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Σπύρο Τζώρα, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων. Με την ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων, τα απόβλητα αντιμετωπίζονται ως μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, που μπορούν να συμβάλουν για την επίτευξη του στόχου αύξησης του ποσοστού παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμους πόρους.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε εννέα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται ο όρος <<στερεά απόβλητα ή απορρίμματα>> τα οποία οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες, καθώς και οι δράσεις και τα στάδια μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης τους. Στην συνέχεια ακολουθούν οι λόγοι για τους οποίους η διαχείριση των απορριμμάτων πρέπει να γίνεται ολοκληρωμένα ώστε να μην υφίσταται ο άνθρωπος και το περιβάλλον αρνητικές επιπτώσεις. Και τέλος γίνεται μια αναφορά στο πώς κατηγοριοποιούνται τα απορρίμματα ανάλογα με την προέλευσή τους.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στα αστικά απόβλητα στα οποία ανήκουν τα απορρίμματα εκείνα που παράγονται από οικίες, βιοτεχνίες και ιδρύματα. Επίσης περιλαμβάνεται αναλυτικά η ποιοτική αλλά και ποσοτική σύσταση τους. Ακολουθεί ή σύνθεση των απορριμμάτων η οποία αποτελεί σημαντικό παράγοντα για το σχεδιασμό διάθεσής τους. Τέλος εξηγούνται οι λόγοι που οφείλεται αυτή η ακατάπαυστη παραγωγή απορριμμάτων.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι αρχές διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων που ισχύουν σε ευρωπαϊκό επίπεδο, καθώς και μέθοδοι διαχείρισης που χρησιμοποιούν οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες. Επιπρόσθετα, δίνονται οι στόχοι της Ε.Ε για τη βιώσιμη ανάπτυξη των χωρών και κάποια στοιχεία της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας που αφορούν τη διαχείριση των αποβλήτων. Τέλος αναφέρονται και κάποιες προτάσεις που θέτει η Ε.Ε για την Ελλάδα όσο αφορά το θέμα της διαχείρισης, δείχνοντας έτσι το ενδιαφέρον της για περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μέθοδος θερμικής επεξεργασία των απορριμμάτων που περιλαμβάνει την καύση, την πυρόλυση και την αεριοποίηση.

Συγκεκριμένα παραθέτονται διάφορα στοιχεία για κάθε μία από αυτές τις μεθόδους επεξεργασίας, όπως, ποιά είναι η διαδικασία τους, ποιά τα προϊόντα τους, οι επιπτώσεις τους, οι εφαρμογές τους στην Ελλάδα και στην Ευρώπη, τα πλεονεκτήματα τους και τα μειονεκτήματα τους, κ.α. στοιχεία.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η μέθοδος της βιολογικής επεξεργασίας στην οποία ανήκουν η αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίησης - βιολογικής ξήρανσης – διύλισης και αναερόβια χώνευσης). Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι διαδικασίες τους, τα προϊόντα τους, τα χαρακτηριστικά τους, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους καθώς κ.α. στοιχεία.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται η μέθοδος μηχανικός διαχωρισμός και συγκεκριμένα η διαδικασία του, τα προϊόντα του, ο μηχανολογικός εξοπλισμός του, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του και τέλος η εφαρμογή του στην Ελλάδα.

Στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφεται η μέθοδος των ΧΥΤΑ και συγκεκριμένα η διαδικασία του, η επιλογή των χώρων υγειονομικής ταφής, οι μέθοδοι υγειονομικής ταφής, η λειτουργία του, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά του, τα προβλήματα διαχείρισης τους και τέλος η εφαρμογή τους στην Ελλάδα και Ευρώπη.

Στο όγδοο κεφάλαιο μελετάται το βιοαέριο και συγκεκριμένα η σύσταση του και το πώς γίνεται η καύση του. Ακολουθεί μια περιγραφή για τα συστήματα άντλησης του βιοαερίου, καθώς και οι μέθοδοι επεξεργασίας τους με τις οποίες το βιοαέριο μπορεί να επεξεργαστεί για θέρμανση και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος εξετάζεται η εφαρμογή του στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.

Στο ένατο κεφάλαιο, δηλαδή στην έρευνα πεδίου, παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας που πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των ερωτηματολογίων, καθώς και ο σκοπός για τον οποίο πραγματοποιήθηκε. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση των ερωτηματολογίων που συλλέχθηκαν από τους κατοίκους της Πάτρας.

Τα σπουδαιότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία είναι ότι χάρη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας αναπτύχθηκαν διάφοροι μέθοδοι με τις οποίες μπορούμε να επεξεργαστούμε τα απορρίμματα. Και δεύτερον είναι ότι τα απόβλητα μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά και να χρησιμοποιηθούν για βασικές ανάγκες του ανθρώπου.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1 Ορισμός στερεών αποβλήτων ή απορριμμάτων.....	1
1.2 Διαχείριση απορριμμάτων.....	1
1.3 Λόγοι ύπαρξης ολοκληρωμένης διαχείρισης.....	4
1.4 Κατηγορίες των στερεών αποβλήτων.....	5

## 2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

2.1 Στερεά αστικά απόβλητα.....	7
2.2 Σύσταση στερεών αστικών αποβλήτων.....	8
2.2.1 Ποιοτική σύσταση των στερεών αστικών αποβλήτων.....	10
2.2.2 Ποσοτική σύσταση των στερεών αστικών αποβλήτων.....	12
2.3 Σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων.....	15
2.4 Παραγωγή αστικών απορριμμάτων.....	20

## 3. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

3.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία περιβάλλοντος.....	22
3.2 Ελληνική νομοθεσία περιβάλλοντος.....	25

## 4. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

4.1 Καύση.....	28
4.1.1 Η καύση των απορριμμάτων.....	30
4.1.2 Υπολογισμός θερμογόνου δύναμης απορριμμάτων.....	31

4.1.3 Προϋποθέσεις για μια πλήρη καύση.....	33
4.1.4 Εγκατάσταση καύσης.....	33
4.1.5 Είδη μονάδων καύσης.....	34
4.1.6 Τύποι αποτεφρωτών.....	35
4.1.7 Οι επιπτώσεις από την καύση των απορριμμάτων.....	38
4.1.8 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της καύσης.....	41
4.2 Πυρόλυση.....	41
4.2.1 Περιγραφή πυρόλυσης.....	42
4.2.2 Τα στάδια της πυρόλυσης.....	44
4.2.3 Προϊόντα πυρόλυσης.....	44
4.2.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της πυρόλυσης.....	45
4.2.5 Περιγραφή εργοστασίου πυρόλυσης στην Κίνα.....	46
4.2.6 Μια απλή υποθετική οικονομική ανάλυση για την Αθήνα για ένα εργοστάσιο πυρόλυσης 300 τόνων.....	47
4.3 Αεριοποίηση.....	47
4.3.1 Προϊόντα της αεριοποίησης.....	49
4.3.2 Βασικοί τύποι εγκαταστάσεων αεριοποίησης.....	49
4.3.3 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της αεριοποίησης.....	50
<b>5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	
5.1 Βασικές μορφές βιολογικής επεξεργασίας.....	52
5.2 Αερόβια επεξεργασία (Κομποστοποίηση).....	53
5.1.1 Παράγοντες επιρροής της διαδικασίας της κομποστοποίησης.....	53
5.1.2 Βασικά χαρακτηριστικά της αερόβιας κομποστοποίησης.....	55
5.3 Αερόβια επεξεργασία (Βιολογική Ξήρανση).....	56
5.4 Αερόβια επεξεργασία (Διύλιση).....	57
5.5 Αναερόβια χώνευση.....	58
5.5.1 Συστήματα αναερόβιας επεξεργασίας.....	59
5.6 Προϊόντα βιολογικής επεξεργασίας.....	61
5.7 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της βιολογικής επεξεργασίας.....	62
<b>6. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ</b>	
6.1 Διαδικασία μηχανικού διαχωρισμού.....	64
6.2 Προϊόντα μηχανικού διαχωρισμού.....	65

6.3 Μηχανολογικός εξοπλισμός.....	67
6.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα του μηχανικού διαχωρισμού.....	71
6.5 Εγκατάσταση μηχανικού διαχωρισμού στην Ελλάδα.....	73

## **7. Χ.Υ.Τ.Α**

7.1 Επιλογή των χώρων υγειονομικής ταφής.....	75
7.1.1 Κριτήρια και μεθοδολογία επιλογής των χώρων υγειονομικής ταφής.....	75
7.1.2 Γεωλογικά και υδρογεωλογικά κριτήρια για την επιλογή χώρων υγειονομικής ταφής.....	79
7.2 Μέθοδοι υγειονομικής ταφής.....	80
7.3 Λειτουργία ενός Χ.Υ.Τ.Α.....	83
7.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα των Χ.Υ.Τ.Α.....	84
7.5 Το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων-Χ.Υ.Τ.Α.....	85

## **8. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ**

8.1 Σύσταση του βιοαερίου.....	88
8.2 Καύση βιοαερίου.....	88
8.3 Συστήματα άντλησης βιοαερίου.....	89
8.4 Καθαρισμός και επεξεργασία βιοαερίου.....	92
8.4.1 Βιολογική επεξεργασία.....	92
8.4.2 Επεξεργασία βιοαερίου για περαιτέρω αξιοποίηση του.....	93
8.5 Μέθοδοι επεξεργασίας βιοαερίου.....	93
8.6 Μέτρα ασφαλείας του συστήματος διαχείρισης του βιοαερίου.....	98
8.7 Εφαρμογές βιοαερίου στην Ε.Ε.....	99
8.8 Εφαρμογές βιοαερίου στην Ελλάδα.....	100

## **9. ΈΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ**

9.1 Μεθοδολογία της έρευνας.....	102
9.2 Σκοπός της έρευνας.....	102
9.3 Η ανάλυση των ερωτηματολογίων.....	103
9.3.1 Προσωπικά στοιχεία ερωτηθέντων.....	103
9.3.2 Στοιχεία σχετικά με τη διαχείριση στερεών αστικών απορριμμάτων του Δήμου Πατρών.....	109
9.4 Συμπεράσματα έρευνας.....	128

<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>131</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>132</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....</b>	<b>135</b>
• <b>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ.....</b>	<b>136</b>



## **ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ**

ΧΥΤΑ : Χώροι Υγειονομικής Ταφής

ΡΠΑ : Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων

ΜΠΑ: Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων

ΠΑ : Παραγωγή Απορριμμάτων

ΕΕ : Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΟΚ : Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα

ΚΥΑ : Κοινή Υπουργική Απόφαση

ΜΠΕ : Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

ΕΠΜ : Ειδικές Περιβαλλοντικές Μελέτες

ΦοΔΣΑ : Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

ΕΣΔΑ : Εθνικοί Σχεδιασμοί Διαχείρισης Αποβλήτων

ΠΕΣΔΑ : Περιφερειακοί Σχεδιασμοί Διαχείρισης Αποβλήτων

ΥΑ : Υπουργική Απόφαση

ΑΣΑ : Αστικά Στερεά Απόβλητα

RDF: Refuse Derived Fuel

SRF: Solid Recovered Fuel

ΣΑ : Στερεά Απόβλητα

ΔΑ : Διαχείριση Απορριμμάτων

ΜΔ : Μηχανικός Διαχωρισμός

Κας : Καύσιμο από Σκουπίδια

ΧΥΤΥ : Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

LPG : Liquefied Petroleum Gas

ΜΕΚ : Μηχανές Εσωτερικής Καύσης

ΕΥΔΑΠ : Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας

ΔΕΗ : Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

ΑΠΕ : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΚΠΣ : Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης

ΒΕ: Βελτιωτικό εδάφους

ΒΑΑ: Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα

ΔσΠ: Διαλογή στην Πηγή

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, δεδομένου ότι ο πληθυσμός του κόσμου αυξάνεται, παρατηρείται μια τεράστια διόγκωση των αποβλήτων, με αποτέλεσμα η διαχείρισή τους να αποτελεί όχι μόνο περιβαλλοντικό πρόβλημα αλλά και ζήτημα εθνικής και παγκόσμιας σημασίας. Η συγκέντρωση του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα, η κοινωνική και τεχνολογική ανάπτυξη, καθώς και η αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών οδήγησαν στη μεγάλη αύξηση της ποσότητας των στερεών αποβλήτων. Έτσι τα απορρίμματα αποτελούν σήμερα, ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας.

Πρόκειται για ένα πρόβλημα πολυδιάστατο, με πλήθος αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που γίνεται αντιληπτό στο τελευταίο στάδιο, αυτό της διάθεσης των απορριμμάτων.

Τα απορρίμματα δημιουργούν σημαντικά υγειονομικά προβλήματα, τόσο από την άποψη της υγιεινής του περιβάλλοντος, όσο και της δημόσιας υγείας και επιδημιολογίας. Ξεχωριστή σημασία έχει η σωστή διάθεση τους καθώς και η έγκαιρη και σωστή αποκομιδή τους.

Κάθε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων, πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο ο οποίος θα εξασφαλίζει, με σειρά προτεραιότητας, τα παρακάτω:

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

Επομένως, εφαρμόζοντας τις παραπάνω αρχές στη διαχείριση των απορριμμάτων, τα τελευταία, όχι μόνο δεν θα αποτελούν επιβάρυνση για το περιβάλλον, αλλά θα μπορούν να θεωρηθούν ως μια πολύ σημαντική πηγή

ενέργειας και μάλιστα πλέον όπου οι φυσικοί πόροι εξαντλούνται. Έτσι, κατευθυνόμαστε προς την εύρεση νέων πηγών ενέργειας, καθώς μπορούν να χρησιμοποιούνται και τα απορρίμματα για την παραγωγή ενέργειας.

Στη χώρα μας, μόλις πρόσφατα ολοκληρώθηκε το νομοθετικό πλαίσιο και ο σχεδιασμός για την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου και σύγχρονου προγράμματος διαχείρισης απορριμμάτων σε εθνικό επίπεδο που θα δίνει λύσεις στα προβλήματα και θα παρακολουθεί διαχρονικά τις τάσεις και τις εξελίξεις όπως αυτές διαμορφώνονται. Η σημασία των εξελίξεων αυτών γίνεται περισσότερο κατανοητή αν αναλογισθούμε την υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα, όπου τα απορρίμματα συνιστούν ακόμα απειλή για την υγεία και μια από τις κύριες πηγές περιβαλλοντικής υποβάθμισης τόσο στον αστικό όσο και στον αγροτικό χώρο.

Η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και η απαίτηση των πολιτών για την ορθή διαχείριση των απορριμμάτων συνεχώς γίνεται ολοένα και πιο έντονη.

# 1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

## 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Η ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

**Στερεά απόβλητα ή απορρίμματα** χαρακτηρίζονται όλα εκείνα τα υλικά που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες (αστικές, βιομηχανικές και γεωργικές) που υπό κανονικές συνθήκες είναι στερεά και απορρίπτονται ως άχρηστα ή μη επιθυμητά.

Στα απορρίμματα περιλαμβάνονται υλικά όπως: γυαλιά, μέταλλα, χαρτιά και χαρτόνια, υπολείμματα τροφίμων, αλουμίνιο, τέφρα, κοπριά, υπολείμματα κήπων και γεωργικών δραστηριοτήτων, κ.α.



**Εικόνα 1.1:** Σκουπιδότοπος στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας.

## 1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων συνίσταται στα ακόλουθα λειτουργικά στάδια: α) έλεγχο δημιουργίας, β) προσωρινή αποθήκευση, γ) συλλογή, δ) μεταφορά, ε) επεξεργασία και στ) διάθεση, με το βέλτιστο δυνατό τρόπο από πλευράς δημόσιας υγιεινής, οικονομικών, μηχανικής συντήρησης, αισθητικής και περιβαλλοντικών συνεπειών.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των στερεών αποβλήτων βασίζεται στην αλληλουχία και την αλληλεξάρτηση των ανωτέρω λειτουργικών σταδίων έτσι ώστε να οδηγηθούμε στη βέλτιστη λύση. Οι στόχοι της ολοκληρωμένης διαχείρισης επικεντρώνονται στις ακόλουθες επιμέρους δράσεις:

**Ελάττωση στην πηγή:** Βασικό στόχο αποτελεί τόσο η ελάττωση της ποσότητας των απορριμμάτων όσο και της τοξικότητάς τους. Η ελάττωση στην πηγή επιτυγχάνεται με σχεδιασμό, κατασκευή και συσκευασία προϊόντων με ελάχιστο τοξικό περιεχόμενο, ελάχιστο όγκο υλικού ή μεγαλύτερο χρόνο ζωής.

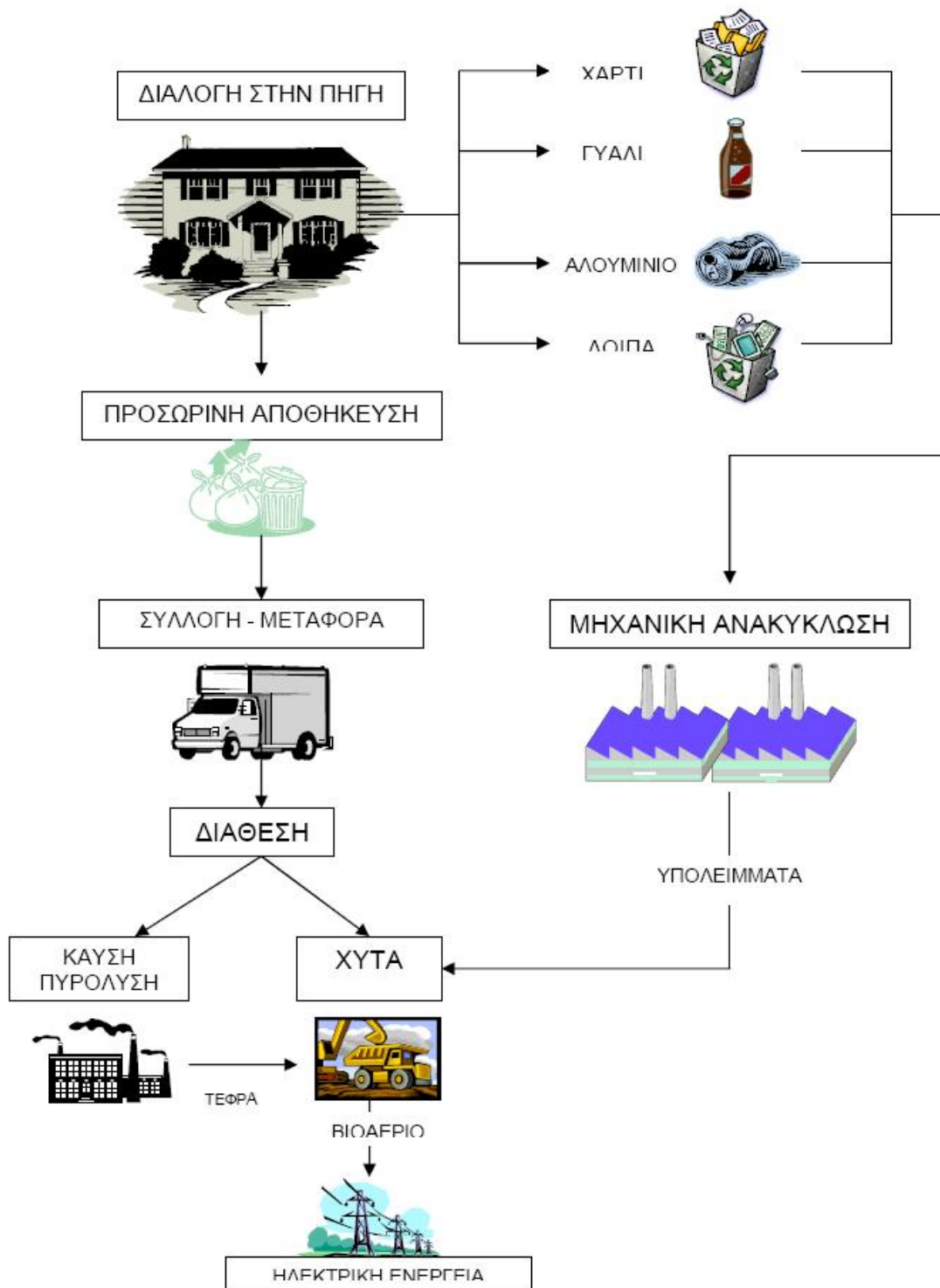
**Ανακύκλωση:** Η ανακύκλωση περιλαμβάνει ανάκτηση υλικών από τα απορρίμματα, ενδιάμεση επεξεργασία (διαλογή, συμπίεση), μεταφορά ανακυκλώσιμων υλικών και τελική επεξεργασία παρασκευή καθαρού υλικού/ προϊόντος. Οι βασικές μέθοδοι ανάκτησης υλικών είναι η διαλογή στην πηγή και η μηχανική διαλογή, ενώ τα βασικά ανακυκλούμενα υλικά είναι το χαρτί, το γυαλί, το αλουμίνιο και άλλα μέταλλα, τα πλαστικά, έπιπλα και είδη ένδυσης, υπολείμματα κατασκευών και κατεδαφίσεων και τα ελαστικά των οχημάτων.

**Μετατροπή:** Η μετατροπή των απορριμμάτων συνίσταται σε θερμική και σε βιολογική μετατροπή.

**Θερμική μετατροπή:** Στην θερμική μετατροπή διακρίνουμε την καύση, την πυρόλυση και την αεριοποίηση.

**Βιολογική μετατροπή:** Η βιολογική επεξεργασία βασίζεται στη βιολογική αποδόμηση (συνήθως αερόβια) και τη σταθεροποίηση οργανικών ενώσεων και μικροοργανισμών.

**Χ.Υ.Τ.Α (χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων):** Στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων πραγματοποιείται ταφή των απορριμμάτων λαμβάνοντας όλες τις απαραίτητες προφυλάξεις ώστε να μην επιβαρύνεται το περιβάλλον (παραγόμενα στραγγίσματα-αέρια). Πρέπει να τονισθεί ότι όποια μέθοδο επεξεργασίας και αν χρησιμοποιήσουμε είναι απαραίτητη στο τέλος η κατασκευή ενός Χ.Υ.Τ.Α. για την ταφή των υπολειμμάτων.



Σχήμα 1.1: Διαχείριση απορριμμάτων.

### 1.3 ΛΟΓΟΙ ΥΠΑΡΞΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να υπάρχει ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων είναι οι εξής:

∅ Αντιμετώπιση προβλημάτων δημόσιας υγείας από τη συσσώρευση απορριμμάτων που αποτελούν πηγή μεταδιδόμενων ασθενειών.

∅ Μείωση των δυσμενών επιδράσεων στο περιβάλλον από την ανεξέλεγκτη απόρριψή τους στη φύση και πιο συγκεκριμένα:

ü Προστασία της αισθητικής της φύσης από την ανεξέλεγκτη απόρριψη.

ü Προστασία περιβάλλοντος και ανθρώπου από τυχόν τοξικές ουσίες που συνήθως υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία απορριμμάτων.

ü Προστασία του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα από τα εκχυλίσματα που παράγονται από την αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων.

ü Προστασία του επιφανειακού υδροφορέα (ποτάμια, λίμνες και θάλασσες) από τα ίδια τα εκχυλίσματα.

ü Προστασία της ατμόσφαιρας από την εκπομπή αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως είναι το μεθάνιο.

ü Προστασία των έμβιων όντων (φυτά, ζώα και άνθρωποι) από τις τοξικές ουσίες που απελευθερώνονται από την αυτανάφλεξη των απορριμμάτων, όταν αυτά συσσωρεύονται χωρίς έλεγχο.

∅ Επανάκτηση υλικών και ενέργειας που αρχικά είχαν δεσμευτεί στα απορρίμματα κατά την παραγωγή τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα εξοικονόμηση φυσικών πόρων σε παγκόσμια κλίμακα και τη μείωση των ενεργειακών αναγκών που αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αντιμετώπιση του φαινομένου της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη.

∅ Επαναφορά στη φύση και κυρίως στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις εκείνων των οργανικών συστατικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή απορριμμάτων με απώτερο στόχο τη μείωση της ανάγκης σε χημικά συνθετικά λιπάσματα.



#### 1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα στερεά απόβλητα ανάλογα με την προέλευσή τους μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- **Αστικά απόβλητα.** Χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλο όγκο και προέρχονται από τις δραστηριότητες των δήμων και των νοικοκυριών στα αστικά κέντρα. Τα υλικά που απαρτίζουν κυρίως τα αστικά απορρίμματα είναι χαρτιά, μέταλλο, γυαλί, πλαστικό, οργανικές ουσίες σε στερεά μορφή (π.χ. υλικά νοικοκυριού).

- **Βιομηχανικά απόβλητα.** Είναι προϊόντα της βιομηχανικής παραγωγικής διαδικασίας. Απόβλητα μια βιομηχανία παράγει σε όλα τα στάδια της παραγωγής της. Τα βιομηχανικά απόβλητα παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς την σύστασή τους και διακρίνονται σε αδρανή μη τοξικά, τοξικά, χημικώς ενεργά, εύφλεκτα, εκρηκτικά και ραδιενεργά.

- **Απόβλητα ορυχείων και γεωργικά απόβλητα.** Συνήθως είναι αδρανή μη τοξικά υλικά (μπάζα κτλ).

- **<<Σκουπίδια υψηλής τεχνολογίας>>** στον όρο αυτόν συμπεριλαμβάνονται όλα τα <<άχρηστα>> προϊόντα της τεχνολογίας, τα οποία αποσύρονται ως ακατάλληλα προς χρήση, δηλαδή αποσυρόμενα αυτοκίνητα, ηλεκτρικές συσκευές, υπολογιστές, κινητά κτλ. Τα τελευταία χρόνια οι ποσότητες των <<σκουπιδιών>> έχουν αυξηθεί δραματικά σε όλες τις προηγούμενες τεχνολογικά και αναπτυσσόμενες χώρες και η απόρριψή τους αποτελεί πηγή μεγάλων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Από την άποψη της σύστασης αποτελούν μίγματα αδρανών μη τοξικών, τοξικών (χρώματα, υλικά μπαταριών, καταλύτες κτλ), χημικώς ενεργών, εύφλεκτων και εκρηκτικών υλικών.

Η απόρριψη των στερεών αποβλήτων στο περιβάλλον εγκυμονεί σοβαρούς περιβαλλοντικούς κινδύνους ακόμη και στις περιπτώσεις που η διάθεσή τους είναι ελεγχόμενη .

**Πίνακας 1.1:** Γενική διάκριση των στερεών αποβλήτων.

Χαρακτηρισμός πηγής αποβλήτων	Τυπικές δραστηριότητες ή εγκαταστάσεις	Τύποι και συστατικά αποβλήτων
Οικιακά Απόβλητα	Κατοικίες, Πολυκατοικίες	Τροφικά υπολείμματα, Χαρτιά, Χαρτόνια, Πλαστικά, Υφάσματα, Δέρματα, Ξύλα, Απόβλητα Κήπων, Γυαλιά, Μέταλλα, Τέφρα, Ογκώδη Αντικείμενα, Επικίνδυνα/ τοξικά οικιακά απόβλητα, Ηλεκτρικά είδη/συσσκευές
Εμπορικά Απόβλητα	Καταστήματα, Εστιατόρια, Γραφεία, Ξενοδοχεία, Μικρές Βιοτεχνίες, Τυπογραφεία, Βιομηχανία, κτλ.	Χαρτιά, Χαρτόνια, Πλαστικά, Ξύλα, Τροφικά Υπολείμματα, Γυαλιά, Μέταλλα, Ειδικά Απόβλητα(ηλεκτρ. Συσκευές), Επικίνδυνα/ τοξικά απόβλητα
Απόβλητα Ιδρυμάτων	Σχολεία, Νοσοκομεία, Διοικητήρια, κτλ. (δεν περιλαμβάνονται τα μολυσματικά απόβλητα)	Χαρτιά, Χαρτόνια, Πλαστικά, Ξύλα, Τροφικά Υπολείμματα, Γυαλιά, Μέταλλα, Ειδικά Απόβλητα(ηλεκτρ. Συσκευές), Επικίνδυνα/ τοξικά απόβλητα
Απόβλητα Καθαρισμού κοινόχρηστων Χώρων  Απόβλητα Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Αποβλήτων	Καθαρισμός οδών, Πάρκων, Παραλίων  Χώρων, Χώρων Καύση Αποβλήτων  Βιολογικοί  Καθαρισμοί	Σκουπίδια, Ξύλα, Κλαδιά, κτλ.  Τέφρα, Ιλύς (λυματολόαση)

## 2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

### 2.1 ΣΤΕΡΕΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα οικιακά απορρίμματα και όλα εκείνα που προσομοιάζουν με αυτά και παράγονται από τα εμπορικά καταστήματα, τα ιδρύματα και τις βιοτεχνίες.

Εξαίρεση αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα.

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

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

καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.

- **Πλαστικό.** Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα προϊόντα, κ.λπ.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).

- **Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Υφασμα.** Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα (ΔΞΛΥ).

- **Αδρανή.** Εδώ περιλαμβάνονται χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (π.χ. χρώματα, πέτρες, κ.λπ.).

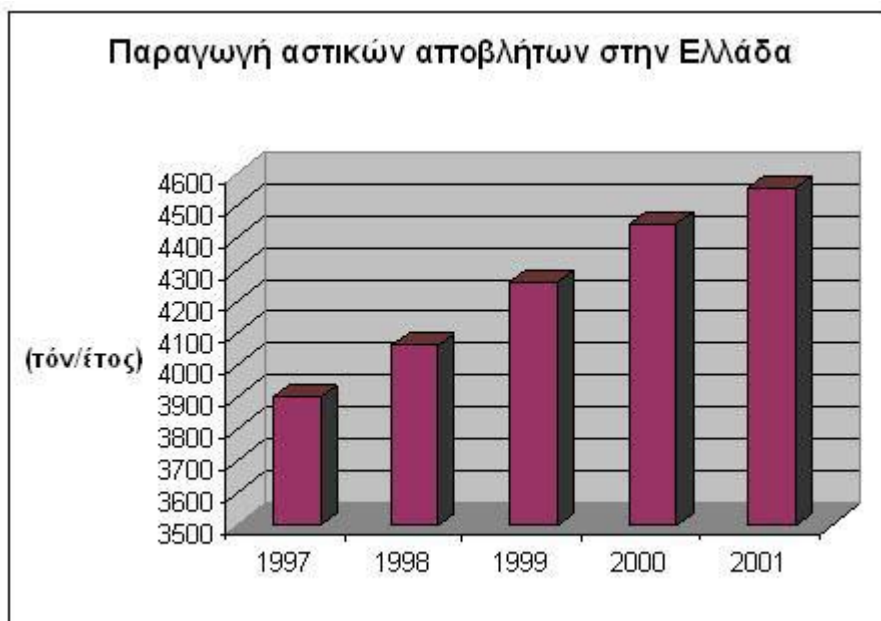
- **Λοιπά.** Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δε μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις άλλες κατηγορίες.

## 2.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα αστικά απορρίμματα ποικίλουν ως προς τη σύσταση και την ποσότητά τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβλητές αυτές, είναι το βιοτικό επίπεδο, τα καταναλωτικά πρότυπα, η κινητικότητα του αστικού πληθυσμού και οι εποχές του έτους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα εμπορικής προέλευσης απορρίμματα είναι κυρίως υλικά συσκευασίας.

Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, στην Ελλάδα παράγονται περίπου 5,5 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως. Στην περιφέρεια Αττικής παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας, ενώ σημαντική ποσότητα (16%) παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Το 1997, η μέση παραγωγή ανερχόταν σε 0,97 kg/κάτοικο/ημέρα και το 2001 ανήλθε σε 1,14 Kg/κάτοικο/ημέρα.

Η ποσότητα αυτή αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα και με τις εκτιμήσεις των αρμόδιων φορέων που λειτουργούν τους ΧΥΤΑ. Μόνο στην Αττική, εκτιμάται ότι σήμερα η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων ξεπερνά τους 6.000 τόνους/ημέρα.



**Διάγραμμα 2.1:** Παραγωγή αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα.

Οι ουσιαστικότερες μεταβολές στη σύνθεση των απορριμμάτων από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα είναι η μείωση των ζυμώσιμων υλικών και η αύξηση των πλαστικών και του χαρτιού. Σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη η δεύτερη έρευνα για τη σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων της Αθήνας. Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία, ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων σήμερα στην Αθήνα εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (40%), αν και πλέον σε μικρότερο ποσοστό.

Αντίθετα έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο (29%) η παρουσία χαρτιού και χαρτονιού, ενώ διπλασιάστηκε το ποσοστό των πλαστικών (14%). Στα ίδια επίπεδα περίπου εκτιμάται ότι περιέχεται στα απορρίμματά μας γυαλί (3%), μέταλλα (3%), αδρανή (3%), δέρμα-ξύλο-λάστιχο (2%), ενώ το υπόλοιπο 6% αποτελείται από διάφορα άλλα υλικά.

Στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Δυτική Ευρώπη και ΗΠΑ.

**Πίνακας 2.1:** Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο.

	Δυτική Ευρώπη	ΗΠΑ	Μέση Ανατολή
Οργανικά	21,3	22,6	60,0
Χαρτί	27,4	45,6	25,3
Υφάσματα	3,5	4,5	1,4
Πλαστικά	3,1	2,6	5,8
Γυαλί	9,5	6,2	1,0
Μέταλλα	8,5	9,1	2,8
Σκόνη, Αδρανή	19,8	7,6	2,3
Διάφορα	6,8	1,8	1,4

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

### 2.2.1 Ποιοτική σύσταση των αστικών στερεών αποβλήτων

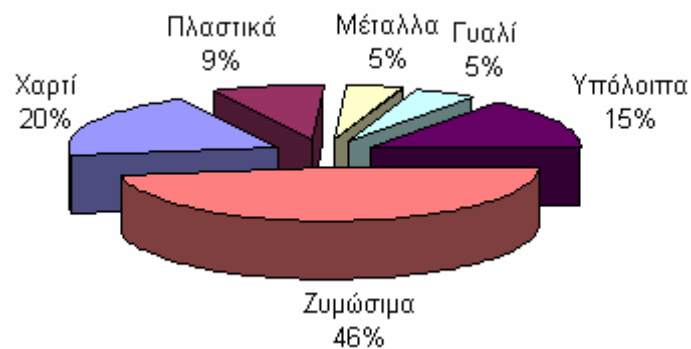
Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των στερεών αστικών απορριμμάτων, μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες:

Ø **Φυσικά χαρακτηριστικά:** πρόκειται για τη φυσική σύσταση κατά βάρος κάποιων ευδιάκριτων υλικών, όπως το χαρτί, το γυαλί, το πλαστικό, τα μέταλλα, τα ζυμώσιμα και λοιπά συστατικά, που εκφράζεται σε ποσοστιαίες μονάδες, το ειδικό βάρος τους, το μέγεθος-κατανομή των μεγεθών και τέλος τη διαπερατότητα τους.

Ø **Χημικά χαρακτηριστικά:** προκύπτουν αναλογικά με τη χημική σύσταση των απορριμμάτων. Τα απόβλητα συνήθως αποτελούνται από υγρασία, περιέχουν πτητικά και ανόργανα συστατικά, καθώς και μικρά ποσοστά χημικών στοιχείων. Στα χημικά χαρακτηριστικά, ανήκει και η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων καθώς και η περιεκτικότητα που έχουν σε επικίνδυνα συστατικά.

∅ **Βιολογικά χαρακτηριστικά:** χαρακτηριστικό του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων, αποτελεί η δυνατότητα που έχουν να μετασχηματίζονται μέσω βιολογικών διεργασιών σε αέρια συστατικά και σχετικά αδρανή οργανικά και στερεά συστατικά.

∅ **Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά:** ορίζονται από το ποσοστό των μολυσματικών αποβλήτων που βρίσκονται στην συνολική παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων.



**Διάγραμμα 2.2:** Μέση ποιοτική σύσταση των οικιακών αποβλήτων.

**Πίνακας 2.2:** Ποσοστιαία ποιοτική σύσταση απορριμμάτων στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης, όπως μετρήθηκε το 1987 και 1998 στην είσοδο του ΧΥΤΑ και το 1997 στα απορριμματοφόρα.

	1987	1997	1998
Αδρανή υλικά	4.00%	2.40%	4.00%
Μέταλλα	5.90%	3.70%	4.43%
Γυαλί	4.10%	3.50%	3.61%
Δέρμα-Ξύλο-Υφασμα-Λοιπά	9.40%	4.50%	9.13%
Χαρτί	17.70%	22.70%	29.21%
Οργανικά	51.70%	43.00%	26.66%
Πλαστικά	7.20%	13.60%	17.90%
Λοιπά	0%	6.60%	5.06%

## 2.2.2 Ποσοτική σύσταση των στερεών αστικών αποβλήτων

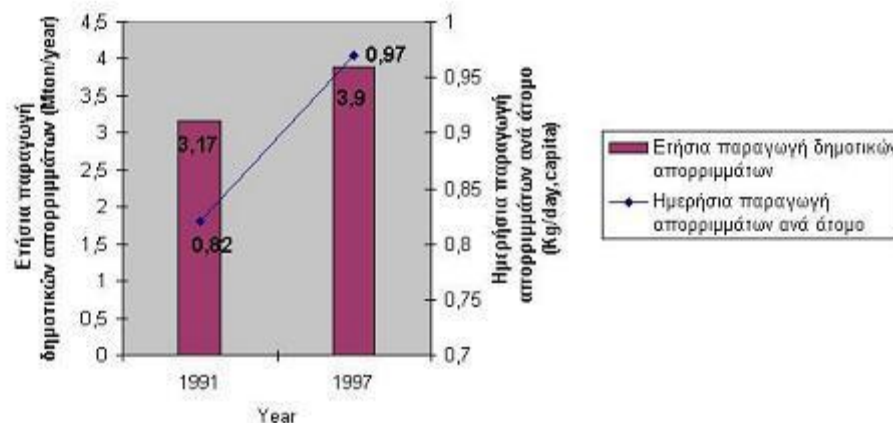
Στην Ελλάδα παράγονται περίπου 5.500.000 τόνοι αστικών ΣΑ το χρόνο, δηλαδή στον κάθε πολίτη αντιστοιχεί περίπου μία παραγωγή ενός κιλού απορριμμάτων ανά ημέρα.

Στο διάγραμμα 2.3 φαίνονται οι ποσότητες των παραγόμενων αστικών αποβλήτων για τα έτη 1991 και 1997 καθώς και η μέση ημερήσια παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο για τα παραπάνω έτη.

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

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

§ Το 20% αφορά απορριπτόμενα υλικά συσκευασίας.

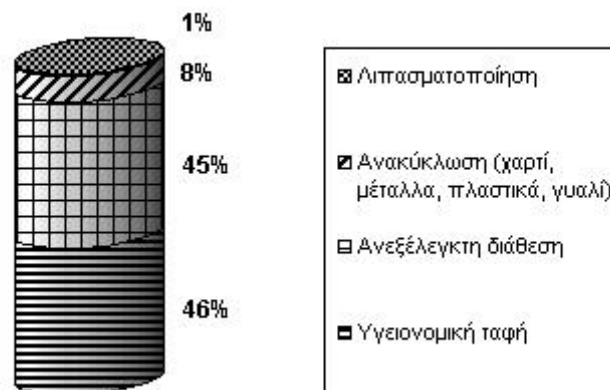


**Διάγραμμα 2.3:** Ποσότητες παραγόμενων αστικών απορριμμάτων για τα έτη 1991 και 1997.

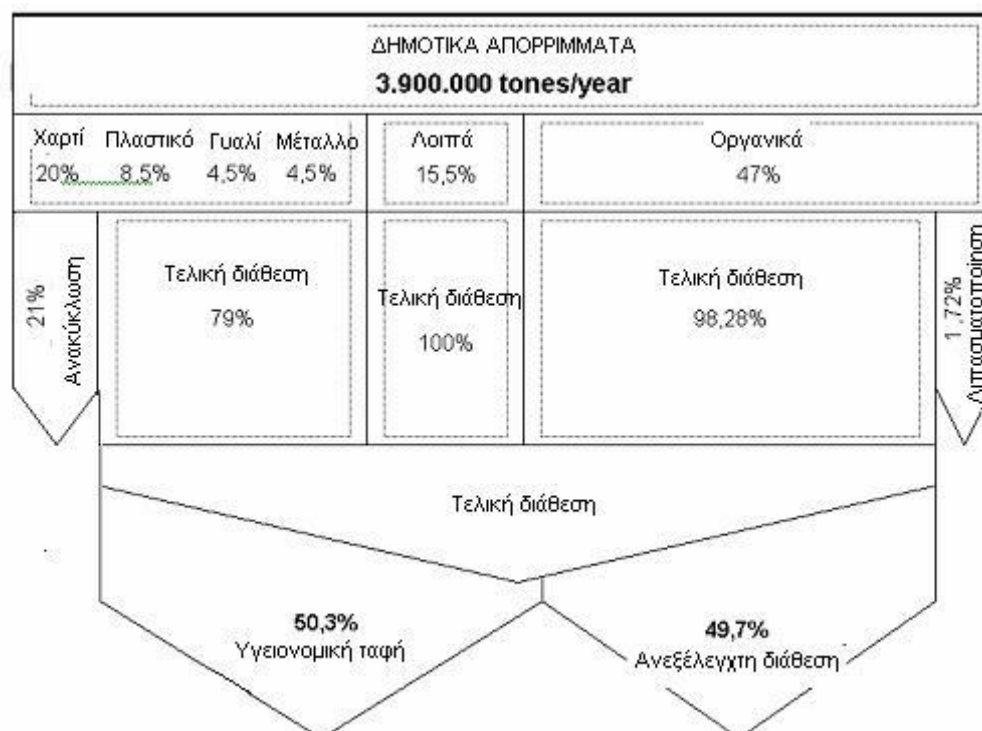
§ Περίπου το 9% των συλλεγόμενων αστικών απορριμμάτων ανακυκλώνεται ενώ το υπόλοιπο διατίθεται σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) (50,3%) ή χωματερές (49,7%) (Εικόνα 2.1).



Στο διάγραμμα 2.4 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η ΔΑ στην Ελλάδα για το 1998.



**Διάγραμμα 2.4:** Ποσοστιαία κατά βάρος κατανομή των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων ανά μέθοδο διαχείρισης για το 1998.



**Εικόνα 2.1:** Κατάσταση της ΔΑ στην Ελλάδα για το 1998.

Τα χαρακτηριστικότερα μεγέθη που περιγράφουν την ποσοτική ανάλυση είναι η Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) και ο αντίστοιχος Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ).

Η ΜΠΑ εκφράζεται από το βάρος των απορριμμάτων που παράγει ένα άτομο σε μια ημέρα (kg/day) κυρίως διότι με βάση την τιμή αυτή μπορούν να εκτιμηθούν περιοδικές ποσότητες για διάφορα μεγέθη πληθυσμών και για διάφορες διάρκειες χρονικών περιόδων.

Ο ΡΠΑ εκτιμάται για μια περιοχή πολλαπλασιάζοντας την ΜΠΑ με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό της.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται παγκοσμίως μία αύξηση των ΜΠΑ και ΡΠΑ.

**Πίνακας 2.3:** Μεταβολή ΜΠΑ ανάλογα με την ανάπτυξη των χωρών.

Περιοχή	ΜΠΑ
Χώρες με πολύ χαμηλό εισόδημα (π.χ. Αιθιοπία)	0,4
Αναπτυσσόμενα κράτη (π.χ. Αίγυπτος, Βραζιλία)	0,7
Βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη	1,1
Πλούσια κράτη (π.χ. Καναδάς, Ελβετία)	έως 2,5
Ελλάδα	0,8-1,0

Παράγοντες που επηρεάζουν το ΡΠΑ:

- Πληθυσμιακή πυκνότητα (αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας αντιστοιχεί σε αύξηση της ΠΑ).
- Πληθυσμιακές διακυμάνσεις (ιδιαίτερα για τουριστικές περιοχές).
- Εποχές χρόνου.
- Συχνότητα συλλογής (αύξηση συχνότητας συλλογής αντιστοιχεί σε αύξηση της ΠΑ).
- Οικονομο-κοινωνικό επίπεδο.
- Πολιτισμικό επίπεδο.

- Μορφωτικό επίπεδο.
- Γεωγραφική περιοχή αναφοράς.
- Ηλικία καταναλωτών.
- Εμπορική δραστηριότητα.
- Βιομηχανική δραστηριότητα.
- Ύπαρξη προγραμμάτων ανακύκλωσης και κομποστοποίησης.
- Ενημέρωση καταναλωτών.
- Όγκος και είδη κάδων.
- Εφαρμογή και άλλων δυνατοτήτων διάθεσης.

### 2.3 ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΩΝ

Οικιακά απορρίμματα ονομάζονται εκείνα τα απορρίμματα που προέρχονται από τα νοικοκυριά, τις κατοικίες και τα γραφεία.



**Εικόνα 2.2:** Οικιακά Απορρίμματα.

Η σύνθεση των απορριμμάτων αποτελεί μία από τις πλέον βασικές παραμέτρους για το σχεδιασμό διάθεσής τους.

Οι δειγματοληψίες σχεδιάζονται με στατιστικά παραδεκτές μεθόδους και στηρίζονται σε στατιστικά στοιχεία σχετικά με την απασχόληση, τη μόρφωση και γενικά το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων της περιοχής. Ένα αντιπροσωπευτικό γενικό δείγμα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 1% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων. Οι στατιστικές περιοχές πρέπει να είναι όσο το δυνατό ομογενείς.

Οι αναλύσεις των απορριμμάτων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις ομάδες διαλογής των υλικών.
- Στις φυσικές και χημικές παραμέτρους.

- Στο μέγεθος τους.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν:

1. Χαρτί-χαρτόνι
2. Μέταλλα
3. Γυαλί
4. Πλαστικά
5. Υφάσματα-ξύλα-δέρμα-λάστιχο
6. Αδρανή
7. Ζυμώσιμα υλικά
8. Υπόλοιπα

Στην κατηγορία των φυσικών και χημικών παραμέτρων ανήκει ο προσδιορισμός της υγρασίας, του ξηρού στερεού, των πτητικών, της τέφρας, του άνθρακα οργανικού και ανόργανου, του ολικού αζώτου, του αμμωνιακού αζώτου, του ολικού άνθρακα, του υδρογόνου και της θερμογόνου δύναμης. Επίσης προσδιορίζεται η αναλογία C/N , ο φώσφορος, το θείο, το χλώριο, το φθόριο, το κάλιο, το νάτριο, το χρώμιο, το νικέλιο, ο χαλκός, το κάδμιο, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, το ολικό υπόλειμμα καύσης και τα ολικά καύσιμα.

Σύμφωνα με το μέγεθος τους, τα απορρίμματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Κατηγορία I: απορρίμματα μεγέθους 0-40mm,
- Κατηγορία II: απορρίμματα μεγέθους 40-120mm και
- Κατηγορία III: απορρίμματα μεγαλύτερα από 120mm.

**Πίνακας 2.4:** Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα.

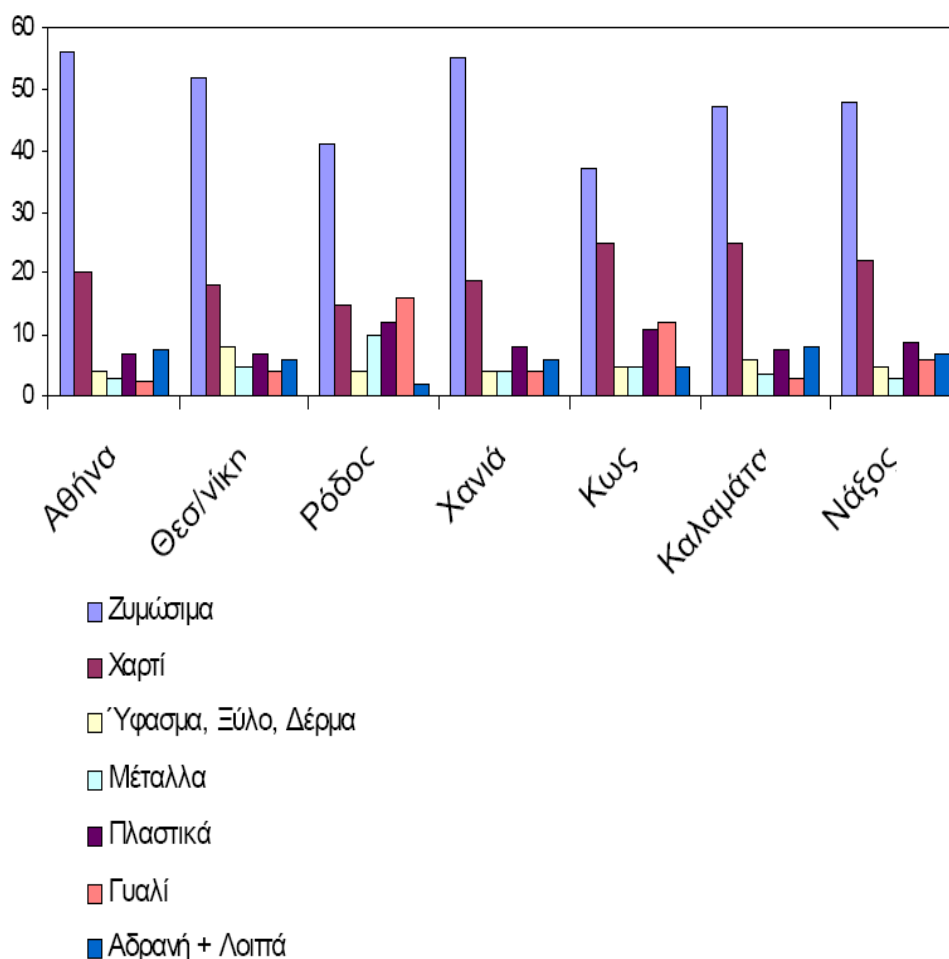
	ΑΘΗΝΑ	ΘΕΣΣ/ΝΙΚΗ	ΡΟΔΟΣ	ΧΑΝΙΑ
Ζυμώσιμα	56	52	41	55
Χαρτί	20	18	15	19
Ύφασμα, Ξύλο, Δέρμα	4	8	4	4
Γυαλί	3	5	10	4
Μέταλλα	7	7	12	8
Πλαστικά	2,5	4	16	4
Αδρανή + Υπόλοιπα	7,5	6	2	6

Στον Πίνακα 2.4 δίνεται η σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Βασικά χαρακτηριστικά της σύνθεσης των ελληνικών οικιακών απορριμμάτων είναι το υψηλό ποσοστό σε ζυμώσιμα υλικά και χαρτί.

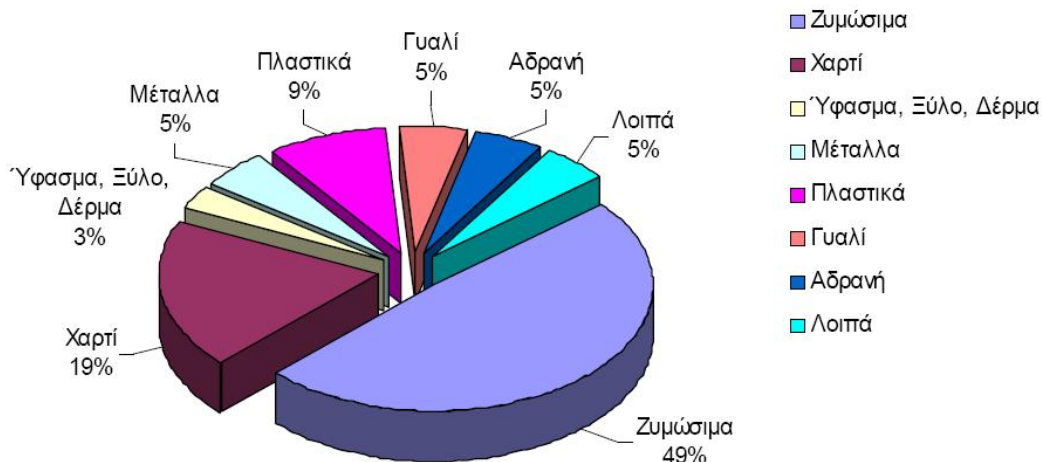
**Πίνακας 2.5:** Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ευρώπη.

	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΑΓΓΛΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ
Χαρτί	37	23,50	23	25	15
Οργανικά/Ζυμώσιμα	28	40,50	45,50	53	50
Πλαστικά	6,50	5,00	7	6,50	5
Μέταλλα	4	8	4	3	3
Γυαλί	6	9	13	4	4
Υλικά που δεν καίγονται	4	7	3	6	5
Υλικά που καίγονται	8,5	6	4	3	18

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



**Διάγραμμα 2.5:** Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα, (% κ.β.).



**Διάγραμμα 2.6:** Μέση τιμή σύνθεσης των Ελληνικών απορριμμάτων.

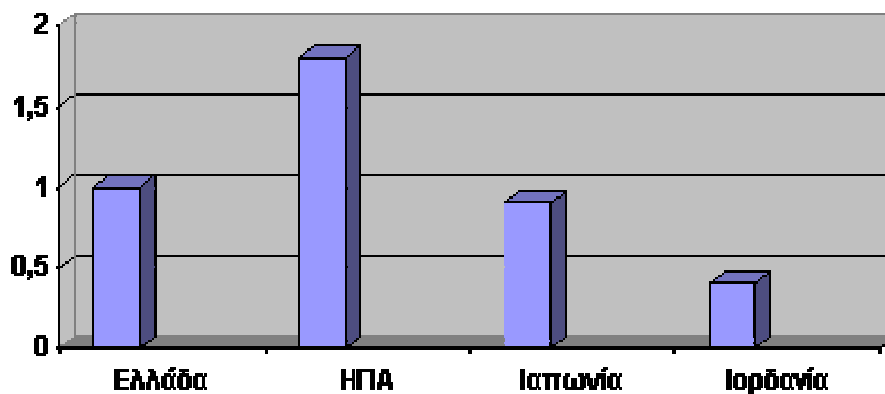
Η μέση σύνθεση διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα, εξαρτώμενη από μεγάλη ποικιλία παραγόντων (βιοτικό επίπεδο, διατροφή, πρόγραμμα ανακύκλωσης υλικών, κλπ).

Χαρακτηριστικά στοιχεία δίνονται στον Πίνακα 2.7, όπου παρουσιάζεται η εποχικότητα της σύνθεσης των απορριμμάτων για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

**Πίνακας 2.6:** Σύνθεση των απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης ανάλογα με την εποχή.

	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας
Ζυμώσιμα	54,7	57,3	49,2	45,9
Χαρτί	17,2	15,0	20,4	18,1
Δέρμα, Ξύλο, Ύφασμα	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	6,2	5,7	6,0	5,0
Γυαλί	3,8	3,7	4,7	4,8

## Ημερήσια παραγωγή οικιακών απορριμμάτων ανά κάτοικο (σε kg)



**Διάγραμμα 2.7:** Ημερήσια παραγωγή οικιακών απορριμμάτων ανά κάτοικο (σε kg).

Στα επικίνδυνα οικιακά απορρίμματα συμπεριλαμβάνονται τα φάρμακα, τα υλικά καθαρισμού, τα χρώματα, οι μπαταρίες, τα διαλυτικά, φυτοφάρμακα και τα διάφορα σπρέι με χλωροφθοράνθρακες.

Η σύγχρονη κατοικία είναι μια καταστρεπτική πηγή μόλυνσης, καθώς η σπατάλη που γίνεται είναι αλόγιστη. Τα συσκευασμένα προϊόντα, σε κονσέρβες ή κουτιά, τα σπρέι και τα απορρυπαντικά και τόσα άλλα πράγματα που, συνυφασμένα με το σύγχρονο τρόπο ζωής, διευκολύνουν τη δουλειά στο σπίτι, είναι ένα μεγάλο εμπόδιο για τη διαφύλαξη των πλουτοπαραγωγικών πηγών και της ισορροπίας του περιβάλλοντος.

Δυστυχώς ο σύγχρονος άνθρωπος αρνείται να συμβιβαστεί και η σπατάλη συνεχίζεται. Στην Ινδία, το ένα όγδοο της ετήσιας παραγωγής σταριού πετιέται και τελικά καταβροχθίζεται από τους αρουραίους. Σύμφωνα με ειδικούς, η μισή ποσότητα τροφής που αγοράζουν οι οικογένειες των πλούσιων Δυτικών χωρών της Ευρώπης, στην Ιαπωνία, καθώς και στις Ηνωμένες Πολιτείες, δεν καταναλώνεται.

Τα σαπισμένα τρόφιμα, είτε καταλήξουν σε κάδους, είτε στο αποχετευτικό σύστημα, είτε σε υγειονομικές μονάδες, το πρόβλημα παραμένει το ίδιο. Συχνά τα τρόφιμα δεν διασπώνται απόλυτα ώστε να γίνουν αβλαβή, με αποτέλεσμα είτε να απαιτούνται μεγάλες ποσότητες οξυγόνου για αυτό το σκοπό, είτε να επιβαρύνεται το φορτίο καπνού της ατμόσφαιρας όταν καίγονται, είτε να συγκεντρώνονται έντομα, τρωκτικά και ζωύφια κοντά στις χωματερές.

## 2.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η ποσότητα των αστικών απορριμμάτων που παράγονται ανά κάτοικο μιας χώρας όσο και οι ποσότητες που τελικά διαχειρίζονται οι διάφοροι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως:

∅ Η οικονομική ανάπτυξη της χώρας με μια τάση αύξησης της ποσότητας των απορριμμάτων παράλληλα με την αύξηση του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος.

∅ Η περιβαλλοντική συνείδηση και παιδεία των πολιτών μιας χώρας. Οι παράγοντες αυτοί παίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στην ποσότητα των απορριμμάτων που παράγονται όσο και στη σύνθεσή τους.

Η μείωση της παραγωγής απορριμμάτων και η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση υλικών αποτελεί κορυφαία μορφή περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Πολύ συχνά αυτό οδηγεί στη μείωση της ποσότητας που διαχειρίζεται η δημοτική αρχή και όχι κατά ανάγκη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που παράγονται ανά κάτοικο. Η μείωση όμως επηρεάζεται σημαντικά από τη νομοθεσία περί συσκευασιών.

∅ Το σύστημα διαχείρισης των απορριμμάτων καθώς και η συλλογή των γενικών απορριμμάτων χωρίς αυτά να έχουν επεξεργαστεί πρώτα στο σπίτι δημιουργεί τάσεις αδιαφορίας και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας των απορριμμάτων που παράγονται όσο και αυτών που στο τέλος θα πρέπει να διαχειριστούν. Σε αυτό παίζουν ρόλο και τα δημοτικά τέλη καθώς μικρά τέλη ή τέλη που είναι ανεξάρτητα από την παραγόμενη ποσότητα των απορριμμάτων συμβάλλουν στη διαμόρφωση της αδιαφορίας.

∅ Πυκνότητα πληθυσμών και μορφές των κατοίκων. Η ύπαρξη μονοκατοικιών ευνοεί τη διαχείριση του οργανικού τουλάχιστον κλάσματος στον κήπο με τη μέθοδο του home-composting και μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που καταλήγουν στους δημοτικούς κάδους. Από την άλλη αυξάνεται κατά πολύ το κλάσμα των υπολειμμάτων κήπων.



**Πίνακας 2.7:** Ποσότητες αστικών στερεών αποβλήτων σε kg ανά κάτοικο αλλά και συνολική ποσότητα που παράγεται στην Ελλάδα (μέσος όρος) και σε διαφορετικές περιοχές της χώρας.

	<b>Ποσότητα ανά κάτοικο σε kg</b>	<b>Συνολική ποσότητα σε χιλιάδες τόνους</b>
Ελλάδα	354	3.800
Νομό Αττικής	414	1.477
Νομό Θεσ/νίκης	373	353
Νομός Αχαΐας	346	104
Νομός Ηρακλείου	323	110
Νομός Χανίων	320	53

**Πίνακας 2.8:** Παραγωγή αστικών απορριμμάτων τα έτη 1990 και 2004.

<b>Συστατικό</b>	<b>%κατά βάρος</b>	
	1990	2004
Οργανικά	51,0	40,0
Χαρτί	22,3	32,0
Μέταλλα	4,2	3,5
Πλαστικά	10,0	13,0
Γυαλί	3,5	2,5
Υφάσματα, ξύλα, δέρματα, ξύλα δέρματα	3,5	3,2
Αδρανή	2,0	2,5
Διάφορα	3,5	3,3
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## 3. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### 3.1 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσιάζει ιδιαιτερότητες ανά χώρα ανάλογα με το επίπεδο ανάπτυξης, το επίπεδο περιβαλλοντικής τεχνολογίας και τεχνογνωσίας, τα χαρακτηριστικά εδάφους, κλίματος κλπ. Ενοποιητικό στοιχείο αποτελεί το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ για τα απόβλητα το οποίο με τη μορφή των Οδηγιών αποτελεί υποχρεωτικό πλαίσιο για όλα τα κράτη μέλη.

Η ανεπτυγμένη περιβαλλοντική βιομηχανία των σκανδιναβικών και δυτικών κρατών της ΕΕ (Γερμανία, Γαλλία, Ολλανδία, Βέλγιο, Αυστρία) και η «πράσινη» πολιτική στις χώρες αυτές συντέλεσε σε μία ταχεία ανάπτυξη θεσμικού πλαισίου περιβάλλοντος και αποβλήτων, αρχίζοντας από το 1975. Οι βασικότερες Οδηγίες της ΕΕ για τα στερεά απόβλητα εκδόθηκαν τη δεκαετία του 1990 – 2000. Αναφερόμαστε:

**ü στην Οδηγία 91/156 «περί στερεών αποβλήτων» που τροποποιεί την αρχική 75/442.**

Σύμφωνα με την οδηγία 91/156/ΕΟΚ «για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων τα <<Κράτη – Μέλη>> λαμβάνουν τα ενδεδειγμένα μέτρα για να προωθήσουν:

Κατά πρώτον, την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής και της βλαπτικότητας των αποβλήτων με:

- την ανάπτυξη καθαρών τεχνολογιών με τις οποίες μπορεί να γίνει οικονομικότερη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων,
- την τεχνική τελειοποίηση και τη διάθεση στην αγορά προϊόντων που είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μη συμβάλλουν καθόλου ή να συμβάλλουν όσο το δυνατόν λιγότερο, λόγω της παραγωγής, της χρήσης ή της τελικής τους διάθεσης, στην αύξηση της ποσότητας ή της βλαπτικότητας των αποβλήτων και των κινδύνων ρύπανσης,

- την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών για την τελική διάθεση των επικίνδυνων ουσιών που περιέχονται στα απόβλητα τα οποία προορίζονται για αξιοποίηση.

Και κατά δεύτερον με:

- την αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση ή ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια που έχει στόχο την παραγωγή δευτερογενών υλών και
- την χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας.

**ü στην Οδηγία 94/62 «για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας» που πρόσφατα συμπληρώθηκε με την 2004/12.**

Σύμφωνα με την οδηγία Οδηγία 94/62/ΕΟΚ «για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας», διατυπώνονται τα μέτρα που αφορούν τη διαχείριση των συσκευασιών, προκειμένου αφενός να προληφθούν και να μειωθούν οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον όλων των Κρατών – Μελών, καθώς και των τρίτων χωρών και αφετέρου να διασφαλιστεί η λειτουργία της εσωτερικής αγοράς και να αποφευχθούν τυχόν εμπόδια στο εμπόριο ή και περιορισμοί της ανταγωνιστικότητας εντός της Κοινότητας.

Αντικείμενο της Οδηγίας αυτής, αποτελεί η θέσπιση μέτρων που αποσκοπούν κατά πρώτη προτεραιότητα στην πρόληψη της δημιουργίας απορριμμάτων συσκευασίας, καθώς και στην επαναχρησιμοποίηση των συσκευασιών, στην ανακύκλωση και σε άλλες μορφές ανάκτησης των απορριμμάτων συσκευασίας και κατά συνέπεια στη μείωση των ποσοτήτων των απορριμμάτων αυτών που οδηγούνται για τελική διάθεση.

**ü στην Οδηγία 99/31 «για την υγειονομική ταφή».**

Σύμφωνα με την οδηγία 99/31/ΕΟΚ «για την υγειονομική ταφή» η φιλοσοφία ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος από τη διάθεση των αποβλήτων που διαπνέει την εν λόγω Οδηγία, βασίζεται στις γνωστές αρχές διαχείρισης στερεών αποβλήτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και περιλαμβάνει τις εξής αξιολογήσεις και βασικές απαιτήσεις :

§ Οι διεργασίες βιοαποδόμησης και οι εκπομπές ρύπων στους ΧΥΤΑ δεν είναι απόλυτα ελεγχόμενες.

§ Η λειτουργική ικανότητα του συστήματος πολλαπλών φραγμών μόνωσης του ΧΥΤΑ δεν διασφαλίζεται επ' αόριστον.

§ Καθιερώνονται αυστηρά κριτήρια παραλαβής αποβλήτων σε ΧΥΤΑ, έτσι ώστε στη φάση της μετέπειτα φροντίδας να υπάρχουν όσο δυνατόν λιγότερες απαιτήσεις και κατά συνέπεια μικρότερο κόστος.

§ Απαιτούνται συστήματα πολλαπλών φραγμών και η λήψη κατάλληλων μέτρων για την ελεγχόμενη διαχείριση του βιοαερίου και των στραγγισμάτων.

Τα βασικά στοιχεία της ευρωπαϊκής πολιτικής, όπως διαμορφώνονται με τις παραπάνω οδηγίες, είναι:

✓ Άμεση προτεραιότητα δίδεται στην μείωση των απορριμμάτων στην πηγή παραγωγής θέτοντας αρχές όπως "ο ρυπαίνων πληρώνει" και ενισχύοντας τη διαλογή στην πηγή. Τονίζεται ιδιαίτερα ο ρόλος της ανακύκλωσης, της ανάκτησης και της επαναχρησιμοποίησης υλικών, ιδιαίτερα για υλικά συσκευασίας.

✓ Τα απορρίμματα πλέον δεν θεωρούνται άχρηστα υλικά για ταφή, αλλά τονίζεται η ανάγκη αξιοποίησής τους με σκοπό την ανάκτηση ενεργειακών προϊόντων όπως βιοαερίου (αναερόβια χώνευση) και θερμότητας ή ηλεκτρισμού (καύση, πυρόλυση, αναερόβια χώνευση).

✓ Η υγειονομική ταφή απορριμμάτων αποτελεί το τελευταίο προτιμητέο στάδιο, το οποίο καλείται να παίξει το ρόλο της υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (υπολείμματα των διεργασιών επεξεργασίας απορριμμάτων).

✓ Για τα επικίνδυνα απόβλητα καθιερώνεται ξεχωριστή διαχείριση και ο διαχωρισμός τους από τα υπόλοιπα απορρίμματα στην πηγή παραγωγής τους. Απόβλητα που δεν δύναται να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν συνίσταται ιεραρχικά η ενεργειακή αξιοποίησή τους.

✓ Σε επίπεδο υγειονομικής ταφής διακρίνονται υποχρεωτικά τρία είδη ΧΥΤΑ (αδρανών, μη επικινδύνων και επικινδύνων) ενώ δεν επιτρέπεται η διάθεση σε ταφή χωρίς να έχει προηγηθεί επεξεργασία των στερεών αποβλήτων.

Για όλα τα παραπάνω και ειδικότερα για την ανακύκλωση συσκευασιών και για την εκτροπή βιοαποδομήσιμων από την ταφή έχουν διαμορφωθεί χρονοδιαγράμματα και ποσοτικοί στόχοι σε επίπεδο Ε.Ε.

Με τις Οδηγίες η Ε.Ε έχει διαμορφώσει ένα κατάλογο στερεών αποβλήτων και μια κατηγοριοποίηση επικινδύνων αποβλήτων, που έχουν αποτελέσει τη βάση για τις εθνικές νομοθεσίες.

Βασικό στοιχείο του θεσμικού πλαισίου αποτελεί πλέον ο σχεδιασμός διαχείρισης. Τα έργα επεξεργασίας, οι βασικές πολιτικές στη διαχείριση των αποβλήτων, τα κοινωνικά εργαλεία, οι φορείς που αναλαμβάνουν τη διαχείριση, η

τιμολογιακή πολιτική και οι πόροι για τη χρηματοδότηση της κατασκευής και λειτουργίας των έργων περιλαμβάνονται σε ένα σχέδιο που υλοποιείται σε πρώτο επίπεδο σε περιφερειακή βάση.

### 3.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η πρώτη νομοθετική ρύθμιση για τη διαχείριση των απορριμμάτων στην Ελλάδα γίνεται με την:

**Υγειονομική Διάταξη Ε1Β/301/1964** «περί συλλογής, αποκομιδής και διάθεσης απορριμμάτων», που εξακολουθεί να ισχύει και σήμερα. Η Διάταξη αυτή:

- Περιγράφει τις τεχνικές προδιαγραφές διαχείρισης των απορριμμάτων και περιέχει τις βασικές τεχνικές οδηγίες για την υγειονομική ταφή στην Ελλάδα.
- Παρέχει λεπτομερειακή περιγραφή όλων των μεθόδων διάθεσης που είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν.
- Δίνει αρκετά λεπτομερείς προδιαγραφές για κάθε μέθοδο και περιγράφει όλα τα στάδια της διαχείρισης των απορριμμάτων.
- Θέτει τις προϋποθέσεις που ένας χώρος πρέπει να εκπληρώνει, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως ΧΥΤΑ.

Η πρώτη προσπάθεια προσαρμογής της Ελληνικής Νομοθεσίας για τη διαχείριση των απορριμμάτων με την αντίστοιχη Κοινοτική έγινε με την **ΚΥΑ 49541/1424/86** «Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ». Με την ΚΥΑ αυτή, διατυπώνονται οι βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν τη διαχείριση των απορριμμάτων, ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα η Δημόσια Υγεία και να μην δημιουργούνται βλάβες στο περιβάλλον.

Με την ΚΥΑ αυτή:

§ Δίνεται ο ορισμός των βασικών εννοιών και ορίζονται οι φορείς διαχείρισης των απορριμμάτων.

§ Καθορίζονται οι φάσεις του σχεδιασμού διαχείρισης.

§ Ρυθμίζεται το θέμα των αδειών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, που χορηγούνται σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα. Προβλέπεται επίσης, η άσκηση ελέγχου στις εγκαταστάσεις, βιομηχανίες και επιχειρήσεις που διαχειρίζονται στερεά απόβλητα.

§ Καθορίζονται οι υπόχρεοι καταβολής δαπάνης διαχείρισης και αναφέρονται οι κατά περίπτωση κυρώσεις για τη μη συμμόρφωση των υπόχρεων προς τις οδηγίες των αρμόδιων υπηρεσιών, που μπορεί να είναι ποινικές, διοικητικές ή και χρηματικά πρόστιμα.

Με την **ΚΥΑ 69269/90** «περί Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων»

- Κατατάσσονται τα έργα και οι δραστηριότητες σε κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος των αναμενόμενων επιπτώσεων.
- Περιγράφονται οι διαδικασίες για την προέγκριση χωροθέτησης των έργων και των εγκαταστάσεων.
- Περιγράφονται οι διαδικασίες έγκρισης ΜΠΕ (Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων), ανάλογα με την κατηγορία τους.
- Ορίζεται το περιεχόμενο των ΕΠΜ (Ειδικές Περιβαλλοντικές Μελέτες).
- Ορίζονται ειδικότερα οι διαδικασίες προέγκρισης χωροθέτησης και έγκρισης ΜΠΕ για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Για την προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας με τις κατευθύνσεις της Οδηγίας 91/156/ΕΟΚ, εκδόθηκε η **ΚΥΑ 69728/824/1996**. Με την ΚΥΑ αυτή, εκτός από τις γενικές κατευθύνσεις και την κατάρτιση πλαισίου τεχνικών προδιαγραφών, δίδεται ιδιαίτερη σημασία στη σύνταξη Σχεδίων Διαχείρισης και ορίζονται οι αρμόδιοι φορείς τόσο για τον σχεδιασμό, όσο και για την εφαρμογή τους. Σ' αυτό το νόμο καθορίζονται:

- Το πεδίο εφαρμογής της απόφασης.
- Τα μέτρα διαχείρισης που προβλέπονται ώστε να διασφαλίζεται ότι δεν τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα, η υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον.
- Οι υποχρεώσεις και τα δικαιώματα των υπόχρεων φορέων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.
- Οι γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων.
- Το πλαίσιο των τεχνικών προδιαγραφών και των γενικών προγραμμάτων διαχείρισης.
- Ο σχεδιασμός της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.
- Τα μέτρα και οι προϋποθέσεις για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων.
- Ο τρόπος εξυγίανσης και αποκατάστασης του χώρου μετά τον τερματισμό της λειτουργίας του.

- Ο τρόπος αποκατάστασης των ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης ή αξιοποίησης.

- Οι υποχρεώσεις του κατόχου.
- Ποιοί είναι και πώς πρέπει να γίνονται οι έλεγχοι.
- Ποιοί είναι υποχρεωμένοι να καταβάλουν δαπάνη διαχείρισης.
- Οι κυρώσεις για τους παραβάτες των διατάξεων αυτής της απόφασης.

Το 1997 με την έκδοση της **KYA 113944/97** για τον εθνικό σχεδιασμό διαχείρισης των στερεών αποβλήτων και της **KYA 114218/97** για την κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων ολοκληρώνεται και εξειδικεύεται το νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση απορριμμάτων.

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

Οι πιο πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις αφορούν στη δημοσίευση της **KYA 13588/725/2006** «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων», την έγκριση του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων (Υ.Α. 8668/2007) και τη δημοσίευση του Ν. 3536/2007 ο οποίος καθορίζει τη νομική μορφή των Φορέων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ) και προβλέπει τη δημοσίευση κοινής υπουργικής απόφασης, η οποία θα εξειδικεύει οργανωτικά τους ζητήματα και ζητήματα τιμολογιακής πολιτικής. Θα πρέπει να σημειωθεί τέλος και ο Ν.3688/08, στο άρθρο 15 του οποίου συμπληρώνονται ορισμένες διατάξεις του Ν.33536/07 για τους ΦοΔΣΑ.

## 4. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες μετατροπής του περιεχομένου τους σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη αποδέσμευση θερμικής ενέργειας. Οι τεχνικές θερμικής επεξεργασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- αποτέφρωση – καύση (incineration - combustion)
- αεριοποίηση (gasification)
- πυρόλυση (pyrolysis)

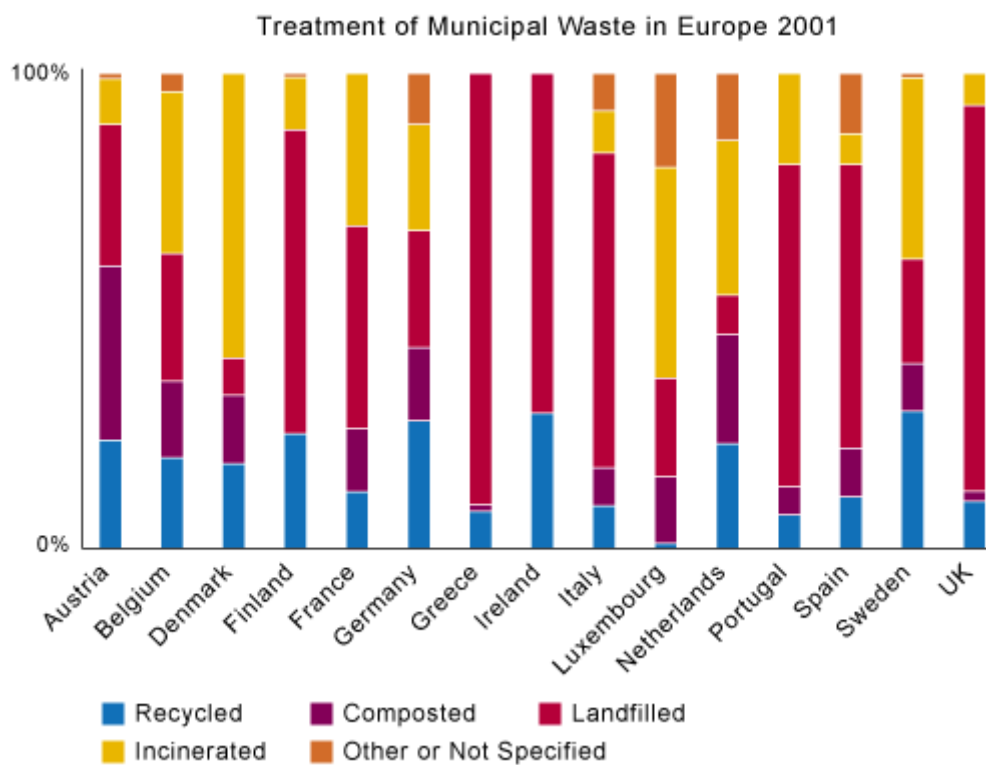
### 4.1 ΚΑΥΣΗ

Η ιδέα της καύσης των απορριμμάτων φέρνει εικόνες βρώμικων εργοστασίων με ψιλές καμινάδες, από τις οποίες βγαίνουν τοξικά αέρια και μαύρα σύννεφα που μολύνουν την ατμόσφαιρα, εικόνες, άρρωστων γκρίζων ουρανών, όξινης βροχής και κατεστραμμένης φύσης.

Αυτή ή αποκρουστική εικόνα όμως δεν συνδυάζεται με εικόνες με τις οποίες έχουμε συνδυάσει την Δανία, την Ολλανδία και την Σουηδία. Τα τελευταία χρόνια είναι ότι η τεχνολογία της καύσης των απορριμμάτων έχει προχωρήσει με ταχύτητα βήματα και μπορεί πλέον να επιβεβαιωθεί ότι πρόκειται για μια ασφαλή μέθοδο. Μειώνει τον όγκο των απορριμμάτων, εάν γίνει με τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής ένωσης και δεν παράγονται βλαβερές διοξίνες. Η συντριπτική πλειοψηφία των υπολοίπων της καύσης μπορούν να ανακυκλωθούν. Η θερμότητα που παράγεται κατά την διάρκεια της καύσης ή τα αέρια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας.

Οι πρώτες εγκαταστάσεις καύσης κατασκευάστηκαν στην Ευρώπη πριν 100 χρόνια, ενώ το 1996 παγκοσμίως απαρηθούσαν 2.400 εγκαταστάσεις σε λειτουργία και 150 υπό κατασκευή. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2005 θα έχουν κατασκευασθεί ακόμη 250 εγκαταστάσεις. Το 1994 στην Ευρώπη ακολούθησαν τη διαδικασία της καύσης περίπου 33 εκατ. τόνοι οικιακών απορριμμάτων με ενεργειακή αξιοποίηση.





**Διάγραμμα 4.1** Μέθοδοι επεξεργασίας απορριμμάτων που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη.

**Πίνακας 4.1:** Εργοστάσια καύσης στην Ευρώπη.

ΧΩΡΑ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ
Βέλγιο	9
Δανία	68
Γερμανία	154
Ελλάδα	-
Ισπανία	13
Γαλλία	305
Ολλανδία	14
Αυστρία	9
Ιταλία	164
Νορβηγία	9
Σλοβακία	92

#### 4.1.1 Η καύση των απορριμμάτων

Καύση ή αποτέφρωση είναι η πλήρης οξειδωση του προϊόντος σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Κατά τη θερμική αυτή επεξεργασία των απορριμμάτων λαμβάνουν χώρα τα εξής φαινόμενα:

- Η ξήρανση.
- Η απαερίωση.
- Η αεριοποίηση.
- Η κύρια καύση.

Κάθε ένα από τα παραπάνω φαινόμενα ρυθμίζεται από τη θερμοκρασία και διάφορες άλλες παραμέτρους, οι οποίες επηρεάζουν την ταχύτητα της αντίδρασης.

- Η ξήρανση του υλικού επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία 100°C, αυτό συμβαίνει είτε από την ακτινοβολία, η οποία προέρχεται από την κύρια εστία, είτε με άλλα μέσα, όπως αέρια, απαέρια κλπ. Για την επιτάχυνση της όλης διαδικασίας πρέπει η ακτινοβολία να έχει μεγάλη επιφάνεια και τα αέρια, απαέρια κλπ. να προθερμαίνονται.

- Κατά την απαερίωση απομακρύνονται τα πτητικά μέρη σε θερμοκρασία 250°C και άνω (π.χ. το νερό, οι υδρογονάνθρακες). Η απαερίωση εξαρτάται από την προσφερόμενη ποσότητα ενέργειας στο σύστημα.

- Το επόμενο στάδιο είναι η αεριοποίηση, όπου οι ενώσεις άνθρακα μετατρέπονται σε αέρια προϊόντα μεταξύ 500°C - 600°C.

- Τελικά ακολουθεί η καύση κατά την οποία τα αέρια που προήλθαν από τα προηγούμενα στάδια οξειδώνονται πλήρως. Προϊόντα αυτής της καύσης είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί.

Τα παραπάνω φαινόμενα γίνονται παράλληλα και επηρεάζονται μεταξύ τους.



**Εικόνα 4.1:** Τυπική μονάδα καύσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

#### 4.1.2 Υπολογισμός θερμογόνου δύναμης απορριμμάτων

Ο υπολογισμός της θερμογόνου δύναμης απορριμμάτων μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους.

(α) Βάσει της σύστασης των απορριμμάτων:

Με δεδομένα τη σύσταση των απορριμμάτων ως προς επιμέρους κλάσματα, τα ποσοστά υγρασίας κάθε κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμη κάθε κλάσματος (π.χ. πίνακας 4.3) είναι δυνατή η εκτίμηση της θερμογόνου δύναμης ανά μονάδα μάζας απορριμμάτων.

(β) Βάσει ανάλυσης της περιεκτικότητας των απορριμμάτων σε C,H,O,S.

**Πίνακας 4.2:** Ανάλυση τυπικών ΑΣΑ Ελληνικού χώρου.

<b>Συστατικό</b>	<b>% κ.β</b>
Άνθρακας, C	25
Υδρογόνο, H	<2
Οξυγόνο, O	20
Θείο, S	1
Υγρασία	37
Αδρανή	15

**Πίνακας 4.3:** Σύσταση τυπικών ΑΣΑ Ελληνικού χώρου.

<b>Συστατικό</b>	<b>% κ.β.</b>	<b>% κ.β. υγρασίας</b>	<b>Θερμογόνος δύναμη</b>
Οργανικά Υπολλ.	52	65	1000
Χαρτί	20	6	4000
Πλαστικό	7	2	7000
Ξύλο	1	20	1000
Γυαλί	4	2	30
Αλουμίνιο	5	3	160
Σιδηρούχα μέταλλα	2	3	160
Μη σιδηρούχα μέταλλα	1	2	0
Ανόργανα	8	8	500

Με δεδομένη την ποσοστιαία συμμετοχή των στοιχείων στα απορρίμματα (π.χ. πίνακας 4.2) είναι δυνατή η εκτίμηση της θερμογόνου δύναμης με εφαρμογή του τύπου Du Long.

$$\text{kcal/kg} = 80 \cdot C + 340 \cdot (H - 1/8O) + 32 \cdot S$$

όπου C = άνθρακας, ποσοστό επί τοις εκατό κατά βάρος.

H<sub>2</sub> = υδρογόνο, ποσοστό επί τοις εκατό κατά βάρος.

O<sub>2</sub> = οξυγόνο, ποσοστό επί τοις εκατό κατά βάρος.

S = θείο, ποσοστό επί τοις εκατό κατά βάρος

(γ) Βάσει άμεσων πειραματικών μετρήσεων της θερμογόνου δύναμης.

#### 4.1.3 Προϋποθέσεις για μια πλήρη καύση

Οι προϋποθέσεις για μια πλήρη καύση είναι οι εξής:

- Αρκετό καύσιμο υλικό και οξειδωτικό μέσω (O<sub>2</sub>) στην εστία καύσης.
- Εφικτή θερμοκρασία ανάφλεξης.
- Σωστή αναλογία (καύσιμης ύλης – οξυγόνου).
- Συνεχής απομάκρυνση των αερίων, τα οποία παράγονται από τη καύση.
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης.

Η ταχύτητα της διαδικασίας της καύσης επηρεάζεται από την ειδική επιφάνεια και την αγωγιμότητα των απορριμμάτων κάτι που ήταν δυνατόν μέχρι σήμερα να προσδιοριστεί λόγω της ετερογενούς σύνθεσης των απορριμμάτων. Μια βασική παράμετρος στην καύση είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης η οποία είναι συνήθως 400°C.

#### 4.1.4 Εγκατάσταση καύσης

Μια εγκατάσταση καύσης αποτελείται, στη γενική περίπτωση, από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

- Πύλη και ζυγιστήριο για έλεγχο και καταγραφή των εισερχομένων φορτίων.
- Χώρος υποδοχής και προσωρινής αποθήκευσης εισερχομένων ΑΣΑ για ομαλοποίηση της τροφοδοσίας.
- Σύστημα τροφοδοσίας (γερανός, ταινία) προσαρμοσμένο στο ρυθμό λειτουργίας της εγκατάστασης.

- Εστία καύσης με σύστημα εσχάρων ή, σε ειδικές περιπτώσεις, με σύστημα περιστροφικού κλιβάνου ή ρευστοποιημένης κλίνης. Ειδικός καυστήρας με βοηθητικό καύσιμο κάνει την αρχική ανάφλεξη και εξασφαλίζει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία των απαερίων σε περιπτώσεις που απαιτείται.
- Λέβητας, ο οποίος χρησιμοποιεί τα θερμά απαέρια για παραγωγή ατμού.
- Σύστημα απομάκρυνσης υπολειμμάτων, τα οποία παράγονται από την καύση και αντιστοιχούν στο 20-40% του βάρους των εισερχομένων ΑΣΑ. Τα υπολείμματα δημιουργούνται κυρίως στην εσχάρα, απ' όπου με ειδικό σύστημα απάγονται και μεταφέρονται για ψύξη, και στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων, απ' όπου συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα.
- Σύστημα ελέγχου εκπομπών, για έλεγχο σωματιδίων, HCl, HF, SO<sub>2</sub>, διοξινών και βαρέων μετάλλων.

#### 4.1.5 Είδη μονάδων καύσης

Τα κυριότερα είδη μονάδων καύσης που έχουν αναπτυχθεί είναι δύο:

∅ μονάδες που απαιτούν ελάχιστη προεπεξεργασία των απορριμμάτων (μονάδες τύπου mass-fired),

∅ μονάδες που λειτουργούν με επεξεργασμένα απόβλητα (Refuse-Derived Fuel ή Solid Recovered Fuel, SRF/RDF) ως καύσιμο.

Οι μονάδες τύπου μαζικής καύσης (mass-fired) αποτελούν την πλειοψηφία των εγκατεστημένων μονάδων. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι τα απορρίμματα εισάγονται χωρίς καμία προεπεξεργασία στο θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα η λειτουργία της όλης μονάδας να είναι απλή.

Το δεύτερο είδος μονάδων καύσης χρησιμοποιεί ως υλικό τροφοδοσίας το λεγόμενο δευτερογενές καύσιμο (SRF ή RDF), το οποίο ουσιαστικά εκπροσωπεί ένα μίγμα συγκεκριμένων κλασμάτων των ΑΣΑ, που προκύπτει έπειτα από επεξεργασία των Α.Σ.Α και μπορεί να περιλαμβάνει οργανικά, χαρτί, υφάσματα, δέρμα, ελαστικά, κ.α.

Η όλη διαδικασία λαμβάνει χώρα σε ειδικούς αποτεφρωτές, των οποίων η δυναμικότητα μπορεί να ποικίλει από 8 έως 25Mg/h. Ο τύπος αυτών ποικίλει, δεδομένου ότι κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη αποτεφρωτών με διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έκαστος.

#### 4.1.6 Τύποι αποτεφρωτών

Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι αποτεφρωτών είναι οι εξής:

§ Αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων.

§ Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου.

§ Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.

##### Αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων

Τα βασικά στάδια που περιλαμβάνει κατά τη λειτουργία του ένας αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων είναι :

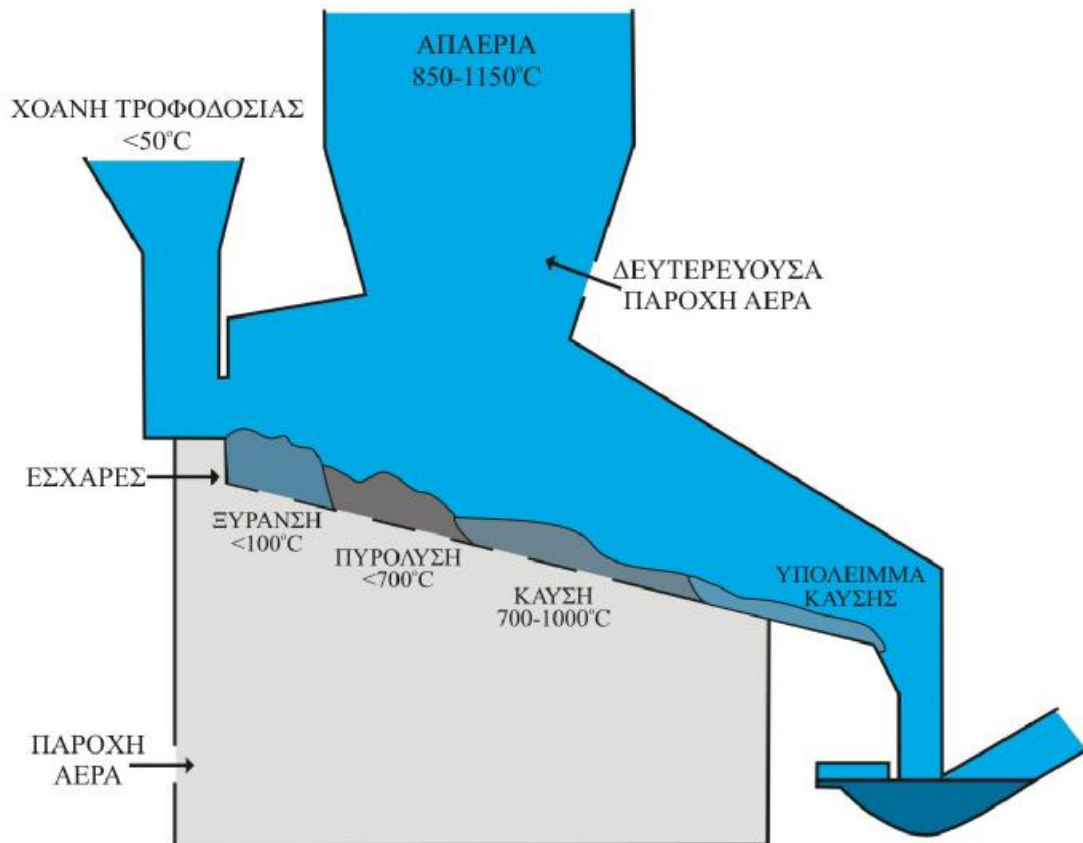
**Ξήρανση:** Τα εισερχόμενα απορρίμματα λαμβάνουν θερμότητα με ακτινοβολία από τη φλόγα και με συναγωγή από την παροχή θερμού αέρα. Το αποτέλεσμα είναι η εξάτμιση της περιεχόμενης στα απορρίμματα υγρασίας και των πτητικών συστατικών.

**Πυρόλυση:** Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα περισσότερα πτητικά συστατικά εξατμίζονται.

**Ανάφλεξη:** Η απαιτούμενη θερμότητα για την ανάφλεξη της καύσιμης ύλης προσδίδεται στα απορρίμματα μέσω ακτινοβολίας από τη φλόγα και τα τοιχώματα του φλογοθαλάμου.

**Αεριοποίηση και καύση:** Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της πλήρους ανάφλεξης των απορριμμάτων προκαλεί την αεριοποίηση μιας ποικιλίας υλικών, που περιέχονται σε αυτά. Ο εναπομένον άνθρακας οξειδώνεται πλήρως, ενώ στο φλογοθάλαμο καίγονται τα απαέρια που παράχθηκαν από τις φάσεις της πυρόλυσης και της αεριοποίησης.

**Ολοκλήρωση της καύσης:** Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει ένα αρκετά αδρανοποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της εσχάρας.



**Εικόνα 4.2:** Αποτεφρωτής με κινούμενες εσχάρες.

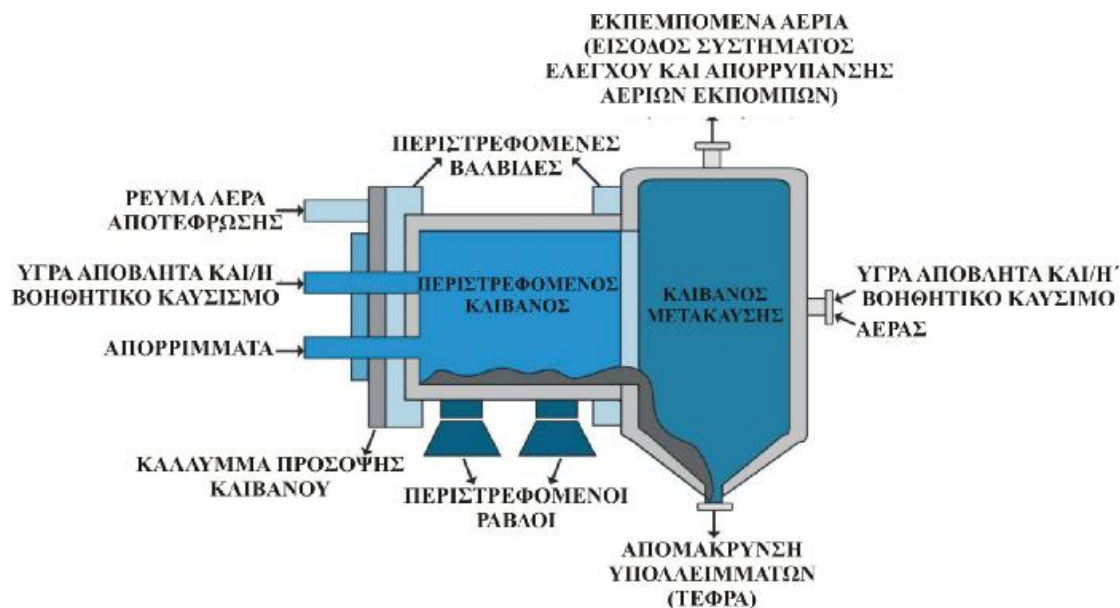
#### Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου.

Ένας αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου επεξεργάζεται με επιτυχία πολλά είδη απορριμμάτων και ρύπους, που άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν. Αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο κλίβανο, έναν μετακαυστήρα και ένα σύστημα ελέγχου των παραγόμενων αέριων εκπομπών.

Βασικές παράμετροι λειτουργίας ενός τέτοιου είδους αποτεφρωτή είναι:

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



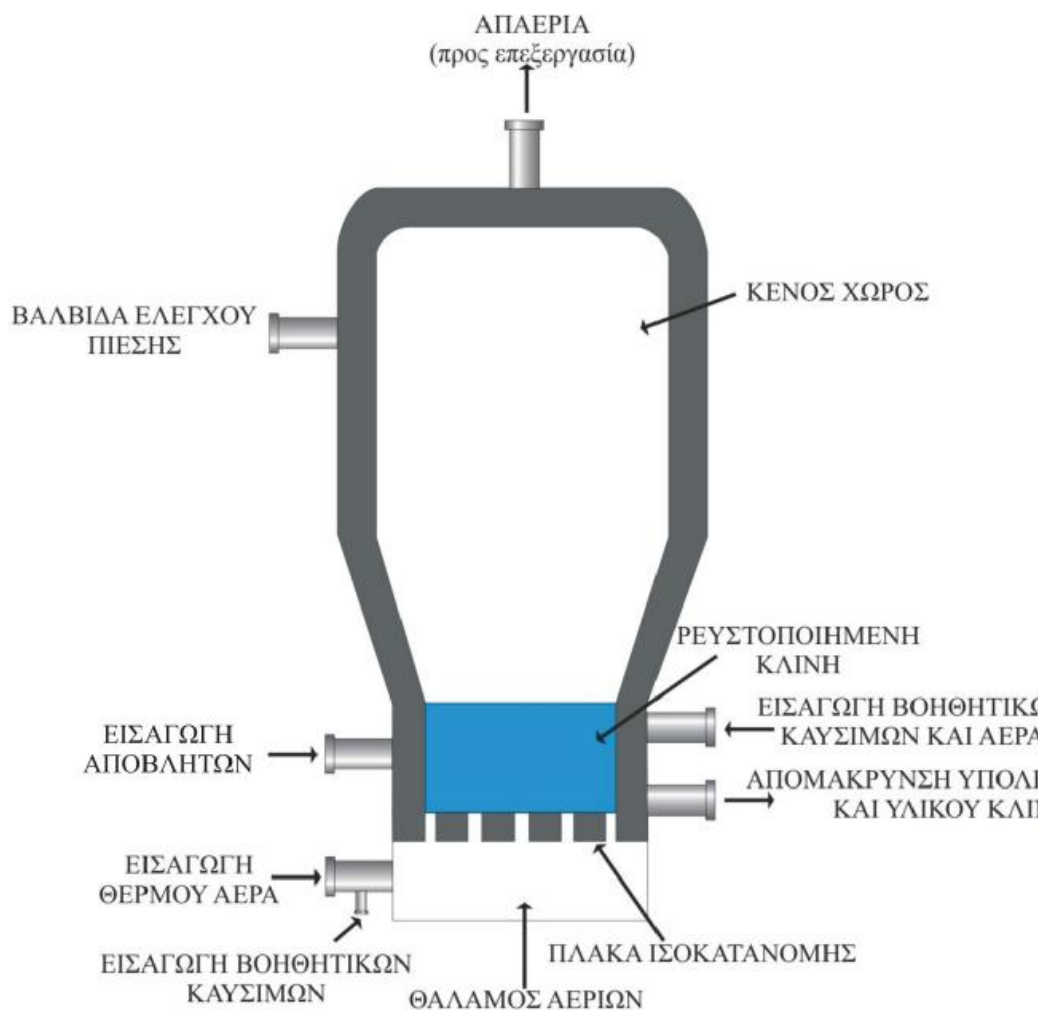


**Εικόνα 4.3:** Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου.

#### Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.

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

Βασική λειτουργική παράμετρος για το συγκεκριμένο είδος αποτρεφωτών αποτελεί η θερμοκρασία, η οποία ορίζεται σύμφωνα με την τροφοδοσία των απορριμμάτων, των παραγόμενων αερίων και ενός βοηθητικού υλικού καύσης. Η τιμή της κυμαίνεται μεταξύ 750 – 880°C, χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες αποτέφρωσης, γεγονός που οφείλεται στην καλή ανάμιξη του προς επεξεργασία αποβλήτου. Το απαιτούμενο οξυγόνο καύσης και ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων αποτελούν επίσης σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης, οι οποίες καθορίζονται με βάση το ρυθμό τροφοδοσίας των προς επεξεργασία απορριμμάτων.



**Εικόνα 4.4:** Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.

#### 4.1.7 Οι επιπτώσεις από την καύση των απορριμμάτων

Οι επιπτώσεις της καύσης συνοψίζονται ως εξής:

**Οπτική παρενόχληση:** Η αισθητική μίας εγκατάστασης καύσης εξαρτάται όχι μόνο από τον όγκο της αλλά και από το σχεδιασμό της την επιλογή των διεργασιών, τη διάταξη των επιμέρους μονάδων, τον βαθμό στον οποίο είναι εκτεθειμένες σε οπτική επαφή, τις προσπάθειες που καταβάλλονται για τη διαμόρφωση του τοπίου συμπεριλαμβανομένων κατάλληλων αναχωμάτων με δενδροφύτευση και την επιλογή των υλικών και χρωμάτων των επιφανειών των κτιρίων και των λοιπών κατασκευών.

**Οσμές:** Ο κίνδυνος των οσμών σχετίζεται μόνο με τις σποραδικές διαφυγές από την εγκατάσταση ή από τα στερεά πριν από την αποτέφρωσή τους, καθώς οι ενώσεις οι οποίες θα μπορούσαν να δημιουργήσουν δυσάρεστες οσμές καταστρέφονται σε μία αποτελεσματικά λειτουργούσα εγκατάσταση καύσης.

**Θόρυβοι:** Οι αποτεφρωτές, όπως όλες οι μονάδες που χρησιμοποιούν μηχανολογικό εξοπλισμό, προκαλούν κάποιο θόρυβο, π.χ. από τους εξαεριστήρες των μονάδων επεξεργασίας των αερίων. Οι θόρυβοι αυτοί μπορεί να ελαττωθούν σημαντικά, ακόμα και σε ανεπαίσθητα επίπεδα με τον προσεκτικό σχεδιασμό (π.χ. ηχομονωτικά πετάσματα) και την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού.

**Μεταφορά:** Η μεταφορά των ακατέργαστων αποβλήτων είναι πιο συχνή από την μεταφορά στη χωματερή της παραγόμενης τέφρας. Σε περιπτώσεις όπου η παραγωγή της αφυδατωμένης ιλύος γίνεται στο χώρο αποτέφρωσης, η κίνηση των οχημάτων είναι περιορισμένη.

**Κοινωνικό-Οικονομικοί Παράγοντες:** Μία εγκατάσταση καύσης μπορεί να έχει ως συνέπειες τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας στη συγκεκριμένη περιοχή. Ταυτόχρονα όμως μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις στην αξία των ακινήτων της περιοχής αλλά και σε τοπικές βιομηχανίες, κυρίως βιομηχανίες τροφίμων. Λαμβάνοντας υπόψη τα αυστηρά όρια των αερίων εκπομπών, μια εγκατάσταση η οποία λειτουργεί αποτελεσματικά θα έχει περιορισμένη επίδραση στο περιβάλλον της περιοχής, χωρίς να μειώνει την αξία των ακινήτων, ή να προκαλεί μόλυνση στα τρόφιμα τα οποία παράγονται ή διακινούνται στην περιοχή.

**Αποθήκευση χημικών και καυσίμων:** Σε μία εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων οι κύριες χημικές διαδικασίες και τα συστήματα αποθήκευσης σχετίζονται με την επεξεργασία της υγρής φάσης και την αφυδάτωση της ιλύος. Στην περίπτωση της καύσης είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός παρόμοιου προγράμματος για την εξασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος από ενδεχόμενες διαρροές χημικών (διαλυτικά μέσα). Κατά την χρήση πετρελαίου ως συμπληρωματικής καύσιμης ύλης θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή διαρροών. Τα συστήματα αποθήκευσης πετρελαίου θα πρέπει να έχουν την κατάλληλη στεγάνωση και ένα σύστημα ελέγχου διαρροών. Αυτά τα συστήματα αυξάνουν μεν το κόστος των χώρων αποθήκευσης του πετρελαίου, αλλά ταυτόχρονα ελαχιστοποιούν την πιθανότητα αρνητικής επίδρασης στο περιβάλλον.

**Διαφυγή σκόνης:** Όταν ο αποτεφρωτής λειτουργεί σε θετική πίεση ή όταν τα συστήματα διαχείρισης της τέφρας δεν είναι ερμητικά κλειστά, τότε το αποτέλεσμα είναι διαφυγή σκόνης. Σ' αυτές τις περιπτώσεις μπορούν να παρατηρηθούν τοπικά υψηλές συγκεντρώσεις τέφρας μέσα ή κοντά στις εγκαταστάσεις προκαλώντας ενδεχομένως προβλήματα στους εργαζομένους. Επίσης, η μεταφορά ξηρής τέφρας σε χωματερές μέσω του οδικού δικτύου μπορεί να προκαλέσει διαφυγή της αν τα οχήματα δεν είναι τελείως κλειστά. Η ταφή της τέφρας σε χωματερές πρέπει να γίνεται προσεκτικά για την αποφυγή δημιουργίας σκόνης κατά την διάθεση ή την κάλυψη. Για την ελαχιστοποίηση των προβλημάτων αυτών προτείνεται η εφαρμογή υγρών συστημάτων διαχείρισης της τέφρας.

**Διοξείδιο του άνθρακα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου:** Η καύση των ΑΣΑ αλλά και η ξήρανσή τους, απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα το οποίο συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ωστόσο, όταν εφαρμόζεται επανάκτηση ενέργειας από αυτές τις διεργασίες, η οποία χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο των φυσικών καυσίμων, δεν προκύπτει καθαρή πρόσθετη απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα. Θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι η εναλλακτική διάθεση σε χωματερές, οδηγεί σε απελευθέρωση τόσο διοξειδίου του άνθρακα όσο και μεθανίου. Το μεθάνιο έχει σημαντική επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, περίπου 7.5 φορές μεγαλύτερη από την επίδραση μίας ισοδύναμης ποσότητας άνθρακα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμα και στις χωματερές όπου γίνεται συλλογή του μεθανίου, περίπου το 50% του αερίου διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα η επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου να είναι πιο σημαντική απ' ότι στην καύση.

**Διάθεση της τέφρας:** Αν και η καύση οδηγεί σε δραστική μείωση του όγκου των ΑΣΑ, παραμένει ωστόσο κάποια ποσότητα τέφρας η οποία θα πρέπει να διατεθεί και η διάθεσή της αυτή δημιουργεί συχνά προβληματισμό.

**Υγρά Απόβλητα:** Αυτά δημιουργούνται κυρίως κατά την επεξεργασία των απαερίων και αποτελούνται από νερό που περιέχει χρησιμοποιημένα χημικά αντιδραστήρια και μερικά σωματίδια. Επίσης λύματα λιγότερο μολυσμένα, προέρχονται από τη δεξαμενή στην οποία ψύχεται η τέφρα. Αυτές οι εκροές μπορούν να διοχετευθούν στην είσοδο μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, αλλά ίσως είναι σκοπιμότερη η κατασκευή μίας χωριστής εγκατάστασης επεξεργασίας των υγρών αυτών αποβλήτων (με μονάδες κατακρήμνισης των μετάλλων) έτσι ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στην κυρίως εγκατάσταση.

#### 4.1.8 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της καύσης

Τα πλεονεκτήματα της καύσης των Σ.Α είναι:

- Ταχεία μέθοδος.
- Σημαντική μείωση του όγκου των απορριμμάτων.
- Παραγωγή ενέργειας από την καύση.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας.
- Κάλυψη μικρής έκτασης.
- Δεν υπάρχει ανάγκη μακροχρόνιας παρακολούθησης της.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- § Υψηλό κόστος κατασκευής.
- § Μονάδες υψηλής τεχνολογίας.
- § Κίνδυνος διαφυγής τοξικών αερίων (διοξίνες).
- § Παραγωγή CO<sub>2</sub> (φαινόμενο θερμοκηπίου).

#### 4.2 ΠΥΡΟΛΗΣΗ

Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, μόλις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της. Παρόλα αυτά, μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμή τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών.



**Εικόνα 4.5:** Εγκατάσταση πυρόλυσης.

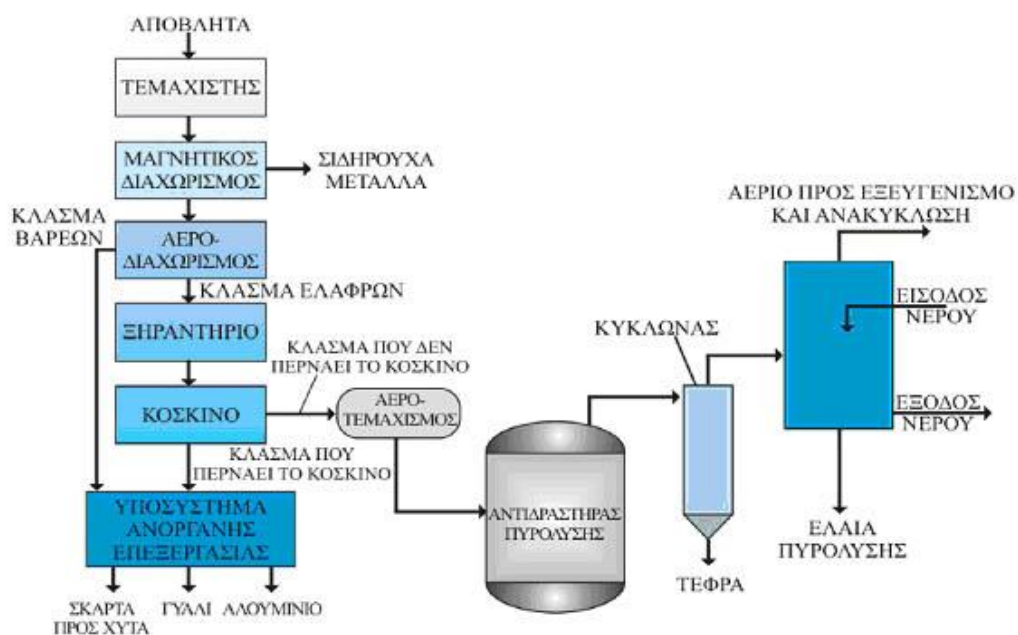
#### 4.2.1 Περιγραφή πυρόλυσης

Η πυρόλυση, ορίζεται ως η θερμική αποσύνθεση (ενδόθερμη αντίδραση εν αντιθέσει με την αποτέφρωση) ενός υλικού σε συνθήκες απουσίας οξειδωτικού μέσου (π.χ. αέρα ή οξυγόνου). Στη πράξη, η ολική εξάλειψη του οξυγόνου είναι δύσκολη, γι' αυτό πάντα επικρατούν συνθήκες μερικής οξειδωσης. Τα απορρίμματα βρίσκονται μέσα σε ασάλινους αγωγούς και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με φλόγα, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή αερίων, χωρίς την άμεση καύση αυτών. Οι αρχικές αντιδράσεις της όλης διαδικασίας είναι ενδόθερμες, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι για την πραγματοποίησή τους απαιτείται η παροχή ενέργειας, είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά από την ελεγχόμενη καύση των προς επεξεργασία απορριμμάτων.

Συνήθως η διεργασία της πυρόλυσης λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες 400-800°C και η δράση της διασπά τα πολύπλοκα μόρια σε απλούστερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αερίου, υγρού και πίσσας. Αυτά τα προϊόντα μπορούν να

έχουν πολλαπλές χρήσεις, η ακριβής φύση των οποίων εξαρτάται από τη φύση του (αρχικού) καυσίμου. Ωστόσο, για καύσιμα βασισμένα σε αστικά απορρίμματα, η πιο συχνή χρήση του παραγόμενου αερίου είναι ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας.

Με περαιτέρω επεξεργασία τα υγρά προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συνθετικό καύσιμο, καθώς το ενεργειακό περιεχόμενό τους εκτιμάται γύρω στα 1,6 MJ/kg. Επιπλέον, τα παραγόμενα στερεά μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω για την ανάκτηση υλικών. Για την εφαρμογή της διεργασίας της πυρόλυσης απαιτείται προεπεξεργασία των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού, κα.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων. Η πυρόλυση συνήθως λαμβάνει χώρα σε κοινούς αποτεφρωτές, όπου απλά αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την αποτέφρωση, διαθέτοντας όμως τις ίδιες δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας και παράλληλα παραγωγής «καυσίμων» (αέριων και υγρών).



**Εικόνα 4.6:** Διεργασία πυρόλυσης.

#### 4.2.2 Τα στάδια της πυρόλυσης

Τα στάδια κατά την πυρόλυση είναι τα εξής:

- **Ξήρανση** (100-2000°C).
- **Οξειδωση και αποθείωση** στους 200°C, όπου και πραγματοποιείται διάσπαση του υδρόθειου και του διοξειδίου του άνθρακα.
- **Διάσπαση των συνδέσμων των αλειφατικών ενώσεων** (μεθάνιο) στους 340°C.
- **Διάσπαση των δεσμών του άνθρακα** με οξυγόνο και άζωτο αντίστοιχα στους 400°C.
- **Μετατροπή πισσασφαλτούχων** σε καύσιμη ύλη και πίσσα (400-600°C).
- **Διάσπαση πισσασφαλτούχων** (600°C).
- **Δημιουργία αρωματικών ενώσεων και αφυδρογόνωση βουταδιενίου** (πάνω από 600°C).

#### 4.2.3 Προϊόντα πυρόλυσης

Τα προϊόντα που παράγονται κατά την πυρόλυση των στερεών αποβλήτων είναι:

• **Αέρια:** Αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και διάφορα άλλα αέρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων.

• **Υγρά:** Το υγρό κλάσμα είναι ελαιώδες, με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες και περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη), καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες. Με περαιτέρω επεξεργασία αυτό το κλάσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνθετικό καύσιμο.

• **Στερεά:** Το στερεό υπόλειμμα περιέχει σχεδόν άνθρακα και τυχόν αδρανή υλικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα.



#### 4.2.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της πυρόλυσης

##### Πλεονεκτήματα

1. Όχι πλέον μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα και περιβάλλοντος, μόνο ελάχιστες κοντρολαρισμένες εκπομπές αερίων.
2. Ολοκληρωτική 100% διαχείριση των απορριμμάτων για 25-30 χρόνια. Μια καθαρή λύση με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήπιας μορφής.
3. Λύση στα αστικά χημικά απόβλητα.
4. Μέγιστη εκμετάλλευση των απορριμμάτων με μεγάλο κέρδος
5. Στρατηγικά τοποθετημένα εργοστάσια σε κατάλληλες τοποθεσίες γύρω από μια πόλη έχουν σαν πλεονέκτημα την εύκολη και γρήγορη μετακίνηση των απορριμμάτων με κέρδος την φθορά των απορριματοφόρων (οχημάτων και ελαστικών) και τον χρόνο του προσωπικού και των οχημάτων. Επίσης λιγότερη διαδρομή είναι και λιγότερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από το απορριματοφόρο.
6. Λύση των οργανικών αποβλήτων όπως τρόφιμα, κλαδιά δένδρων η όποια χλωρίδια μέσω του compost γίνονται λίπασμα.

##### Μειονεκτήματα

1. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της μεθόδου είναι ότι απαιτείται τεμαχισμός και διαχωρισμός των απορριμμάτων πριν την πυρόλυση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αρκετά υψηλό κόστος για την εγκατάσταση και τη λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας.
2. Επίσης, η συνεχής χρησιμοποίηση βοηθητικού καύσιμου για να γίνει η πυρόλυση, δρα σαν ανασταλτικός παράγοντας.
3. Τα παράγωγα της πυρόλυσης έχουν αρκετά προβλήματα και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να διατεθούν στο περιβάλλον όπως έχουν.
4. Οι εγκαταστάσεις καθαρισμού των αερίων και των υγρών αποβλήτων απαιτούν πολύ μεγάλο κόστος.

#### 4.2.5 Περιγραφή εργοστασίου πυρόλυσης στην Κίνα

Το απορριμματοφόρο πηγαίνει στο εργοστάσιο όπου σε ένα χώρο «ψυγείο», χωρητικότητας 600 τόνων ξεφορτώνει πλένεται και απολυμαίνεται προτού φύγει. Τα απορρίμματα διαχωρίζονται σε γενικά οργανικά και μη οργανικά.

A) Τα γενικά οργανικά προωθούνται στο σύστημα COMPOST όπου οι συνθήκες θερμότητας και υγρασίας ελέγχονται με αισθητήρες και ηλεκτρονικούς υπολογιστές για να δημιουργηθεί το λίπασμα. Το λίπασμα καθαρίζεται από τυχόν μη οργανικά, όπως πλαστικά, μέταλλα, γυαλιά κ.τ.λ. και είναι έτοιμο για πώληση, χρόνος διαδικασίας 6 με 8 εβδομάδες.

B) Τα όποια υγρά όπως λαδομπογιές, λιπαντικά, πολυμερή και πάρα πολλά άλλα υγρά με χημικές και ηλεκτρολυτικές διαδικασίες μετατρέπονται σε νερό κατάλληλο για πότισμα.

Γ) Τα όποια μη οργανικά αστικά απορρίμματα προωθούνται μηχανικά σε ένα κλίβανο όπου με έλλειψη οξυγόνου και με 600°C θερμοκρασία αποσυντίθενται σε στάχτη, μέταλλο, γυαλί και αέρια. Η στάχτη, τα μέταλλα και το γυαλί διαχωρίζονται μηχανικά και τα μέταλλα και το γυαλί τα συλλέγουν για πώληση, η δε στάχτη αδρανοποιείται και γίνεται ή τσιμεντόλιθους ή υλικό που χρησιμοποιείται για υπόστρωμα στους δρόμους.

Τα αέρια προωθούνται περαιτέρω σε ένα κλίβανο (πλυντρίδα) όπου η θερμοκρασία των 1000°C αδρανοποιεί τα εύφλεκτα αέρια, σε αυτή τη φάση τα αέρια ψεκάζονται με διάφορα χημικά όπως ο ασβέστης που σκοπό έχει την περαιτέρω αδρανοποίηση των αερίων και την συγκράτηση των βαρέων μετάλλων από τα αέρια που διοχετεύονται στα φίλτρα για να φιλτραριστούν από την όποια στάχτη η άλλα σωματίδια υπάρχουν. Όλη η διαδικασία για τη καλή λειτουργία παρακολουθείται με αισθητήρες και ηλεκτρονικούς υπολογιστές και συντονίζεται μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών από τον Καναδά.

#### **4.2.6 Μια απλή υποθετική οικονομική ανάλυση για την Αθήνα για ένα εργοστάσιο πυρόλυσης 300 τόνων**

Με δεδομένα ένα εργοστάσιο των 300 τόνων την ημέρα (δηλαδή 300.000 κάτοικοι). Η Αθήνα μια πόλη 4.500.000 κατοίκους χρειάζεται 15 εργοστάσια των 300 τόνων (υποθετικά γιατί μπορούν να κατασκευαστούν εργοστάσια των 800 και πλέον τόνων την ημέρα).

Ένα εργοστάσιο στοιχίζει 26.000.000 ευρώ X 15 εργοστάσια συνολικής αξίας 390.000.000 ευρώ.

Παράγει 75 MW ηλεκτρισμό που ικανοποιεί 67.500 κατοικίες και σε χρήμα με 73 ευρώ την MW/H=57.553.200 ευρώ.

Παράγει 30.000 τόνους μέταλλο με σημερινή τιμή 6.000.000 ευρώ.

Παράγει 30.000 τόνους γυαλί με σημερινή αξία 5.250.000 ευρώ.

Παράγει 30.000.000 τσιμεντόλιθους με σημερινή αξία 30.000.000 ευρώ.

Παράγει και λίπασμα δεν έχω στοιχεία τιμής 00.000.000 ευρώ.

Σύνολο εσόδων το χρόνο από 4.500.000 τόνους απορριμμάτων με τη μέθοδο της πυρόλυσης.

Τα επιπλέον έξοδα είναι τα διάφορα έξοδα μεταφορών των μηχανημάτων, οι φόροι, τα δίκτυα, τα έξοδα συντήρησης, τα έξοδα αναλωσίμων υλικών, και οι μισθοί των εργαζομένων που θα δουλεύουν στα εργοστάσια (350 εργαζόμενοι για 15 εργοστάσια). Ο χρόνος αποπληρωμής όλου του έργου είναι 10-12 χρόνια, χωρίς επιβάρυνση.

#### **4.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ**

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

Η αεριοποίηση έχει ομοιότητες με την πυρόλυση, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζει και βασική

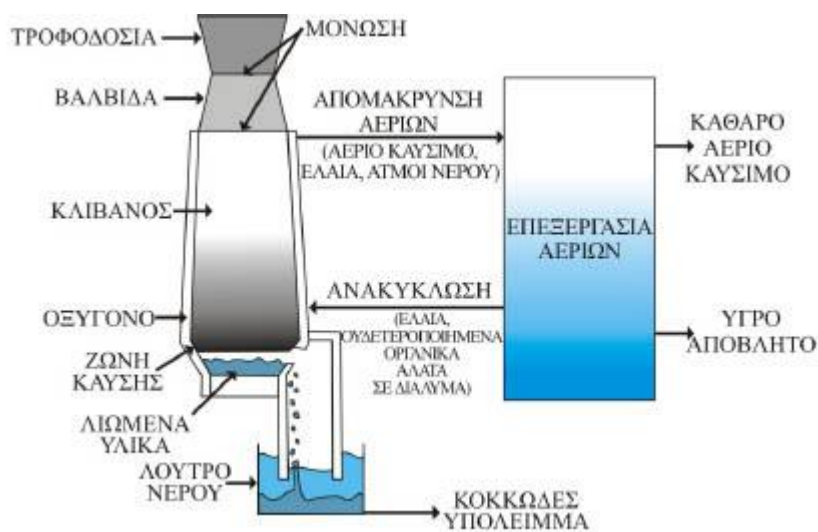
διαφορά κατά την εφαρμογή της, αφού η μεν πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου η δε αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης)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

Στόχος της αεριοποίησης είναι η ατελής καύση των απορριμμάτων και η παραγωγή αερίου αποτελούμενου από  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  και αέριους υδρογονάνθρακες, το οποίο παρουσιάζει υψηλό θερμικό περιεχόμενο.

Η αεριοποίηση αποτελεί, θεωρητικά, το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης, κατά το οποίο το υπολειμματικό κωκ της πυρόλυσης οξειδώνεται σε θερμοκρασίες  $>800^\circ\text{C}$ , παρουσία περιορισμένων (μη στοιχειομετρικών) ποσοτήτων οξυγόνου. Η αεριοποίηση, όπως και η πυρόλυση, είναι μια διεργασία, η οποία μπορεί να αποτελέσει είτε τμήμα (σε συνδυασμό με τη διεργασία της αποτέφρωσης), είτε το σύνολο της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ.



**Εικόνα 4.7:** Εγκατάσταση αεριοποίησης.



Εικόνα 4.7: Διεργασία αεριοποίησης.

#### 4.3.1 Προϊόντα της αεριοποίησης

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

Ø **Αέριο**, πλούσιο σε μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο,

Ø **Στερεό υπόλειμμα**, που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή,

Ø **Συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα**, που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτή του υγρού κλάσματος, που παράγεται κατά την πυρόλυση.

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί κατά διάφορους τρόπους, όπως για καύση για παραγωγή ατμού, τροφοδοσία μηχανής εσωτερικής καύσης, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για κίνηση αεριοστρόβιλου και ατμοπαραγωγή σε συνδυασμένο κύκλο, για τροφοδοσία του δικτύου αερίου πόλης, για τροφοδοσία σε βιομηχανία, όπως τσιμεντοβιομηχανία, για απ' ευθείας καύση σε εστία.

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

#### 4.3.2 Βασικοί τύποι εγκαταστάσεων αεριοποίησης

Οι βασικοί τύποι εγκαταστάσεων της αεριοποίησης είναι:

- Κάθετης σταθερής κλίνης.
- Οριζόντιας σταθερής κλίνης.
- Ρευστοποιημένης κλίνης.
- Πολλαπλών εστιών.
- Περιστρεφόμενου κλιβάνου

#### 4.3.3 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της αεριοποίησης

##### Πλεονεκτήματα

§ Ευελιξία ως προς το είδος και τις ποσότητες των προς επεξεργασία απορριμμάτων.

§ Απαιτεί μικρές εκτάσεις γης για την εγκατάστασή της.

§ Έχει μικρό όγκο παραγόμενων αερίων.

§ Αυξάνει το χρόνο ζωής των ΧΥΤΑ καθώς με τη μέθοδο αυτή καταλήγουν ελάχιστες ποσότητες απορριμμάτων σε αυτούς.

§ Επιπλέον, αποτελεί εφαρμογή της σύγχρονης τάσης για παραγωγή ενέργειας από απορρίμματα και άλλα απόβλητα.

##### Μειονεκτήματα

§ Μικρή εμπειρία εφαρμογών.

§ Αυξημένη επικινδυνότητα, λόγω διακίνησης του καυσίμου αερίου.

§ Συγκριτικά μεγαλύτερα κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας. Το κόστος για την καύση είναι πολύ μικρότερο από αυτό της αεριοποίησης.

**Πίνακας 4.4:** Εφαρμογή της θερμικής επεξεργασίας σε ευρωπαϊκές χώρες

Χώρα	Αριθμός μονάδων	Απόβλητα προς επεξεργασία (τν/έτος)	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (MWh/έτος)	Παραγωγή θερμικής ενέργειας (MWh/έτος)
Αυστρία	9	842.230	23.412	844.200
Βέλγιο	18	1.370.693	460.390	69.324
Τσεχία	3	410.383	5.702	694.719
Δανία	34	3.009.953	1.183.653	6.156.051
Φιλανδία	1	49.000	0	104.700
Γαλλία	127	8.238.173	1.083.137	4.691.580
Γερμανία	68	15.259.766	3.905.450	8.327.206
Αγγλία	22	872.797	439.625	51.459
Ουγγαρία	1	160.054	40.291	47.684
Ιταλία	51	4.453.738	1.855.245	509.498
Ολλανδία	11	5.158.988	2.010.257	659.818
Νορβηγία	13	766.723	132.593	1.076.679
Πορτογαλία	3	648.463	282.726	0
Ισπανία	10	2.221.218	4.381.060	0
Σουηδία	30	3.077.906	624.049	6.088.072
Ελβετία	30	3.024.847	993.	2.019.972
<b>Σύνολο</b>	<b>431</b>	<b>49.564.932</b>	<b>17.412.572</b>	<b>31.340.962</b>

## 5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Οι μέθοδοι της βιολογικής επεξεργασίας εφαρμόζονται σε απόβλητα που επιδέχονται τέτοιου είδους επεξεργασία, δηλαδή σε οργανικά, βιοαποδομήσιμα απόβλητα που περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων, στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων, την ιλύ των βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων. Το τελευταίο, το οποίο συνήθως περιλαμβάνει τα υπολείμματα κουζίνας και το χαρτί, υπόκειται στους περιορισμούς της Οδηγίας για την Υγειονομική Ταφή (99/31/ΕΕ, αντίστοιχη ελληνική ΚΥΑ Η.Π. 290407/3508), που επιβάλλουν τη σταδιακή εκτροπή του από τη διάθεση σε ΧΥΤΑ, από το 2010 έως το 2020 για την Ελλάδα.

### 5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι βασικές μορφές βιολογικής επεξεργασίας είναι οι ακόλουθες:

§ Η αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίηση ή βιολογική ξήρανση ή διύλιση)

§ Η αναερόβια επεξεργασία

Η κομποστοποίηση οδηγεί στην παραγωγή ενός σταθεροποιημένου υλικού (κομπόστ υψηλής ποιότητας ή υλικό τύπου κομπόστ), η βιολογική ξήρανση στην παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου εμπλουτισμένου σε βιοαποδομήσιμα υλικά και υψηλής θερμογόνου δύναμης, ενώ η αναερόβια χώνευση στην παραγωγή ενέργειας (βιοαέριο) και ενός σχετικά σταθεροποιημένου, υδαρούς υπολείμματος.

Το υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης μοιάζει με λάσπη και απαιτεί αφαίρεση υγρασίας και περαιτέρω αερόβια σταθεροποίηση ώστε να μετατραπεί επίσης σε υλικό «τύπου κομπόστ» και να έχει ανάλογες χρήσεις.



## 5.2 ΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ)

Κατά την αερόβια επεξεργασία, τα ΒΑΑ αποδομούνται σε διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ) και θερμότητα μέσω της διαδικασίας μικροβιακής αναπνοής παρουσία οξυγόνου. Το τελικό προϊόν είναι ένα σταθεροποιημένο στερεό υλικό, το κομπόστ.

Οι μικροβιολογικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε μικρό σχετικά διάστημα (2-8 εβδομάδες). Το παραγόμενο «φρέσκο» κομπόστ, υποβάλλεται σε μια μεγάλη περίοδο χουμοποίησης και ωριμάζει. Η διαδικασία ωρίμανσης διαρκεί 3-6 μήνες. Το "ώριμο κομπόστ" είναι χρήσιμο υλικό για την παρασκευή τεχνητού υποστρώματος που έρχεται σε επαφή με τις ρίζες μεταφυτευμένων φυτών. Υγειονομικά είναι ασφαλές και η χρησιμότητα του στα φυτώρια, για την καλλιέργεια λουλουδιών και την εντατική καλλιέργεια και μπορεί να συγκριθεί μόνο μ' αυτήν του φυσικού χούμου.

Από τη στιγμή που η βιολογική επεξεργασία βασίζεται στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών που θα συμβάλλουν στην βιοδιάσπαση των αποβλήτων, είναι προφανές ότι δεν υπάρχουν συστήματα που να επιτυγχάνουν την επεξεργασία των απορριμμάτων σε μικρό χρονικό διάστημα (2-3 ημέρες). Τέτοια συστήματα μπορούν να προσφέρουν μια εντατική προεπεξεργασία η οποία θα ακολουθηθεί από μία πιο εκτεταμένη περίοδο κύριας επεξεργασίας, με τεχνολογίες σχετικά χαμηλότερου κόστους.

### 5.2.1 Παράγοντες επιρροής της διαδικασίας της κομποστοποίησης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι οι εξής:

- § Υγρασία
- § Λόγος C/N
- § pH
- § Οξυγόνο
- § Θερμοκρασία

**Υγρασία:** Η υγρασία επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Γι' αυτό πρέπει να είναι γνωστό το περιεχόμενο υγρασίας του οργανικού κλάσματος που πρόκειται να μετατραπεί, ειδικά όταν πρόκειται για μια ξηρή διαδικασία όπως αυτή της κομποστοποίησης. Πολλές φορές απαιτείται η προσθήκη νερού για την επίτευξη βέλτιστης υγρασίας. Όταν η υγρασία είναι πολύ μικρή, οι μικροοργανισμοί που είναι απαραίτητοι για τη ζύμωση δε μπορούν να αναπτυχθούν. Αντίθετα, όταν η υγρασία είναι πολύ μεγάλη, τότε δεν υπάρχει η απαιτούμενη επαφή με το οξυγόνο που επίσης είναι απαραίτητο για τη ζύμωση.

Ως ακραία όρια μπορούμε να θεωρήσουμε το 30-70%. Η βέλτιστη τιμή της για αερόβια κομποστοποίηση είναι μεταξύ 50-60%. Μπορεί να ρυθμιστεί με ανάμειξη συστατικών ή με προσθήκη νερού. Πτώση κάτω από 40% επιβραδύνει το βαθμό κομποστοποίησης, ενώ υπερβολική αύξηση σε επίπεδα, ώστε ο αέρας που υπάρχει στο βελτιωτικό να αντικατασταθεί με νερό, δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες συνοδευόμενες πάντα από δυσοσμία και παύση της κομποστοποίησης.

**Λόγος C/N:** Για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και την επίτευξη του βέλτιστου βαθμού βιοσταθεροποίησης, είναι απαραίτητο να υπάρχουν τα θρεπτικά συστατικά στις κατάλληλες αναλογίες. Τα βακτήρια χρησιμοποιούν τον άνθρακα (C) ως πηγή ενέργειας και το άζωτο (N) για την ανάπτυξή τους. Έτσι η αναλογία C/N είναι σε μεγάλο βαθμό καθοριστικός του ρυθμού της όλης διαδικασίας.

Το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ έχει συνήθως λόγο C/N κυμαινόμενο από 20:1 μέχρι 60:1 (μεγάλος λόγος σημαίνει π.χ. αυξημένη ποσότητα χαρτιού που προσφέρει C, έναντι υπολειμμάτων τροφών που προσφέρουν N).

Για την επίτευξη του καλύτερου ρυθμού βιοαποδόμησης, ο λόγος C/N πρέπει να κυμαίνεται από 25:1 μέχρι 35:1. Στην περίπτωση που το κλάσμα C/N είναι μεγαλύτερο του 35:1 αυξάνεται σημαντικά ο χρόνος επεξεργασίας αφού η αποσύνθεση προχωράει με αργό ρυθμό. Αν το αρχικό οργανικό υλικό παρουσιάζει τιμές C/N πάρα πολύ χαμηλές ευνοούνται απώλειες αζώτου με άμεση επίπτωση στο ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Όταν το κλάσμα C/N είναι υψηλό, ευνοείται η προσθήκη ιλύος από βιολογικούς καθαρισμούς που έχουν χαμηλό C/N, ενώ στην αντίθετη περίπτωση χαμηλού κλάσματος C/N ενδείκνυται η προσθήκη πράσινων αποβλήτων που έχουν υψηλά επίπεδα άνθρακα.

Το κλάσμα C/N παίζει σημαντικό ρόλο και στο τελικό προϊόν (κομπόστ). Το κλάσμα αυτό πρέπει να είναι μικρότερο από 30:1 γιατί υπάρχει ο κίνδυνος συνέχειας της αποδόμησης του οργανικού υλικού κατά τη χρησιμοποίηση του κομπόστ και την

απορρόφηση ποσοτήτων αζώτου από το έδαφος για το οποίο αποτελεί πολύτιμο στοιχείο.

**pH:** Άλλος ένας παράγοντας, ο οποίος είναι πολύ χρήσιμος στη διάγνωση και επίλυση ορισμένων λειτουργικών προβλημάτων κατά τη διαδικασία της λιπασματοποίησης είναι το pH. Με την έναρξη της διαδικασίας, η τιμή του pH αρχίζει να μειώνεται. Η βέλτιστη τιμή του pH εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά των υπάρχοντων μικροοργανισμών. Όπως έχει αποδειχθεί, οι βέλτιστες τιμές του pH για την ανάπτυξη και τη δράση των βακτηριδίων κυμαίνονται από 6 ως 7,5 ενώ για μύκητες από 5,5 έως 8. Όταν η τιμή του pH πέσει κάτω από 6 η διαδικασία λιπασματοποίησης επιβραδύνεται. Από την άλλη μεριά, καλό είναι να αποφεύγονται τιμές άνω του 8, που μπορούν να προκαλέσουν εκπομπή ανεπιθύμητης αέριας αμμωνίας.

**Οξυγόνο:** Σημαντικότερος παράγοντας για την επιτυχία της διαδικασίας της κομποστοποίησης αποτελεί το επίπεδο του οξυγόνου στο οργανικό υλικό. Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για το μεταβολισμό και τη μικροβιακή αναπνοή καθώς και για την οξειδωση των οργανικών ενώσεων. Για το λόγο αυτό στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας προβλέπεται εγκατάσταση αερισμού της οργανικής μάζας, ο οποίος από τη μία εξασφαλίζει την παρουσία του οξυγόνου, ενώ από την άλλη αποτελεί και μέσο διατήρησης της θερμοκρασίας σε επιθυμητά επίπεδα.

**Θερμοκρασία:** Η δράση των μικροοργανισμών προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας. Αν δεν γίνεται συνεχής έλεγχος της θερμοκρασίας, αυτή μπορεί να ξεπεράσει τους 75°C, προκαλώντας αδρανοποίηση ή και θερμικό θάνατο των μικροοργανισμών. Γενικά, στα κεντρικά συστήματα κομποστοποίησης, η θερμοκρασία ελέγχεται ώστε να παραμένει πάνω από τους 55°C και συχνά πάνω από τους 65°C για τρεις τουλάχιστον ημέρες. Αυτό έχει ως συνέπεια την εξαφάνιση των παθογόνων μικροοργανισμών και την εξυγίανση του προϊόντος.

## 5.2.2 Βασικά χαρακτηριστικά της αερόβιας κομποστοποίησης

Τα βασικά χαρακτηριστικά της κομποστοποίησης είναι:

1) Μετατροπή του βιοαποικοδομήσιμου οργανικού υλικού των αστικών απορριμμάτων σε ένα βιολογικά σταθερό προϊόν και ταυτόχρονα να μειώσει τον αρχικό όγκο των απορριμμάτων.

2) Καταστροφή παθογενών και άλλων ανεπιθύμητων οργανισμών, μολυσματικών αυγών και σπόρων από ζιζάνια που τυχόν υπάρχουν στα αστικά απορρίμματα.

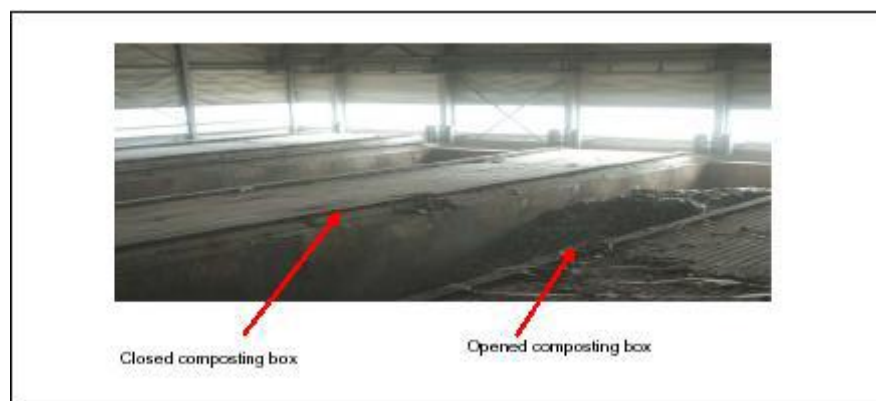
3) Διατήρηση του μέγιστου θρεπτικού περιεχομένου σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο στο τελικό προϊόν.

4) Παραγωγή ενός προϊόντος που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ΒΕ και να βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών.

### 5.3 ΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ)

Εναλλακτική τεχνική της αερόβιας κομποστοποίησης είναι η αερόβια ξήρανση. Με τη μέθοδο αυτή το νερό που βρίσκεται στα απόβλητα απομακρύνεται σε μικρό χρονικό διάστημα με την ανάπτυξη βιοθερμικής ενέργειας.

Η πιο σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο βαθμός ομογενοποίησης των αποβλήτων που εισέρχονται στους ξηραντήρες. Οι ξηραντήρες είναι συνήθως είτε κλειστές δεξαμενές εντός βιομηχανικών κτιρίων είτε κουτιά ορθογώνιου σχήματος (bio-boxes) τα οποία είναι αεροστεγώς κλειστά ώστε να αποφεύγονται οι εκπομπές οσμών και άλλων αερίων.



**Εικόνα 5.1:** Κουτιά βιοξήρανσης

Τα απόβλητα παραμένουν στους ξηραντήρες για 5 – 14 ημέρες σε αερόβιες συνθήκες. Ο αέρας παρέχεται από τον πυθμένα των κουτιών και ανακυκλοφορείται μέχρι η τιμή του CO<sub>2</sub> να ανεβεί σε υψηλά επίπεδα. Στη συνέχεια τα απαέρια

οδηγούνται σε βιοφίλτρα ή σε σύστημα αναγεννητικής θερμικής οξειδωσης (regenerative thermal oxidation - RTO) ώστε οι εκπομπές οργανικών ουσιών να οξειδωθούν και να μετατραπούν σε CO<sub>2</sub> και ατμό. Η βιολογική ξήρανση μπορεί να λάβει χώρα είτε πριν είτε μετά την μηχανική επεξεργασία. Συνήθως συνοδεύεται από μηχανική ανάκτηση μετάλλων.

Το τελικό προϊόν της επεξεργασίας είναι ένα σταθεροποιημένο υλικό, το οποίο ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δευτερογενές καύσιμο ή να οδηγηθεί σε ταφή καλύπτοντας τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 29407/3508 για την υγειονομική ταφή.

#### **5.4 ΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΔΙΥΛΙΣΗ)**

Με τη διύλιση (percolation) το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων «ξεπλένεται» με τη χρήση νερού.

Η διύλιση επιτυγχάνει:

- Τη μείωση των εκπομπών οσμών.
- Τη μείωση της μάζας των οργανικών αποβλήτων.
- Τη διευκόλυνση της ανάκτησης ενέργειας.
- Το «ξέπλυμα» των ρυπαντών οι οποίοι μπορεί να δυσχεραίνουν τη βιοαποδόμηση.
- Την ομογενοποίηση των αποβλήτων.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, τα απόβλητα ξεπλένονται με νερό θερμοκρασίας περίπου 37°C για 2 - 7 ημέρες. Τα διαλυόμενα οργανικά και ανόργανα υλικά διαχωρίζονται αφού πλέον βρίσκονται σε υγρή φάση. Συνήθως, για τη διευκόλυνση της μεταφοράς μάζας μεταξύ στερεάς και υγρής φάσης τα απόβλητα ανακατεύονται.



**Εικόνα 5.2:** Εσωτερικό δεξαμενής διύλισης.

Η υγρή φάση, μετά από επεξεργασία (καθίζηση) οδηγείται προς αναερόβια επεξεργασία για την παραγωγή βιοαερίου.

Τα στερεά υπολείμματα, τα οποία περιέχουν σημαντική ποσότητα οργανικών, υπόκεινται σε κάποια από τις βιολογικές επεξεργασίες που έχουν αναφερθεί παραπάνω.

## **5.5 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ**

Κατά την αναερόβια επεξεργασία, το βιοαποδομήσιμο κλάσμα μετατρέπεται σε μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ) μέσω της μικροβιακής ζύμωσης απουσία αέρα, αφήνοντας ένα μερικώς σταθεροποιημένο οργανικό υλικό.

Η αναερόβια επεξεργασία απαιτεί μικρότερες ποσότητες ενέργειας από ότι η αερόβια και αντίστοιχα η παραγωγή θερμότητας κατά τις διεργασίες είναι επίσης μικρότερη κατά την αναερόβια επεξεργασία. Επιπλέον θερμότητα είναι πιθανό να απαιτείται κατά την αναερόβια διεργασία προκειμένου να διατηρηθεί η θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Κατά την αναερόβια επεξεργασία οι παραγόμενες ποσότητες του βιοαερίου (διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο) μπορούν να αξιοποιηθούν ενεργειακά για παραγωγή ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας.

Το υλικό που απομένει μετά την αναερόβια επεξεργασία αποτελείται από αιωρούμενα στερεά των μη διασπώμενων υλικών, ανθεκτικά οργανικά, βιομάζα και διάφορα υπολείμματα αποσύνθεσης μικροοργανισμών. Αυτό το υγρό, μερικώς σταθεροποιημένο μίγμα ονομάζεται 'digestate'. Είναι εφικτή η ξήρανση του μίγματος αυτού. Δεδομένου ότι πληροί τις απαραίτητες προδιαγραφές, το ξηρό αυτό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο έδαφος ως εδαφοβελτιωτικό είτε απευθείας είτε μετά από αερόβια επεξεργασία. Το υγρό υπόλειμμα μπορεί να ανακυκλοφορήσει στον αντιδραστήρα προκειμένου να εξασφαλίζεται η υγρασία του υλικού ή να χρησιμοποιηθεί ως υγρό λίπασμα δεδομένου ότι πληροί τα σχετικά κριτήρια.

Όπως και στην αερόβια επεξεργασία, έτσι και στην αναερόβια, ο λόγος C/N διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο αποτέλεσμα των διεργασιών. Για ταχέως έως μετρίως βιοαποδομήσιμα υποστρώματα, ο βέλτιστος λόγος κυμαίνεται μεταξύ 25 και 30 (φαγητά, χαρτί) ενώ για βραδέως βιοαποδομήσιμα υποστρώματα (π.χ. ξύλα), ο λόγος αυτός μπορεί και να ανέρχεται στο 40. Χαμηλές τιμές C/N γενικά έχουν σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εκπομπή αζώτου σαν αέρια αμμωνία, η συγκέντρωση της οποίας μπορεί να αποβεί τοξική για τον μικροβιακό πληθυσμό. Οι βέλτιστες τιμές C/N επιτυγχάνονται με την κατάλληλη μίξη συστατικών των αποβλήτων, κάτι το οποίο – όσο και αν είναι προφανές και τεχνικά σχετικά εύκολο – δεν υλοποιείται στην πράξη σε μεγάλο βαθμό.

### **5.5.1 Συστήματα αναερόβιας επεξεργασίας**

Οι εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης σχεδιάζονται με σκοπό τον συνεχή έλεγχο και την βελτιστοποίηση της βιολογικής χώνευσης των BAA και την παραγωγή βιοαερίου. Τα συστήματα αναερόβιας χώνευσης είναι από τη φύση τους κλειστά συστήματα αποτελούμενα από οριζόντιους ή/και κατακόρυφους αντιδραστήρες, συνδεδεμένοι μεταξύ τους με δίκτυο αγωγών. Οι αντιδραστήρες αυτοί αναδεύονται με διάφορους τρόπους.

Ο χρόνος παραμονής στα συστήματα αναερόβιας επεξεργασίας διαρκεί περίπου 2-3 εβδομάδες, αναλόγως με την ευκολία με την οποία παράγεται το βιοαέριο αλλά και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, τα απορρίμματα από ξύλο παρουσιάζουν υψηλότερη αντοχή στην παραγωγή βιοαερίου

με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος παραμονής προκειμένου να παραχθεί το απαιτούμενο βιοαέριο.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες συστημάτων αναερόβιας χώνευσης: τα υγρά και τα ξηρά συστήματα. Στα υγρά συστήματα επεξεργάζονται απόβλητα με μεγάλη περιεκτικότητα υγρασίας (μεγαλύτερη από 85%) ενώ στα ξηρά συστήματα τα απόβλητα που επεξεργάζονται έχουν χαμηλότερη υγρασία (μικρότερη από 80%).

#### Υγρά συστήματα

Στα συστήματα αυτά η διαδικασία της χώνευσης πραγματοποιείται σε κλειστά κατακόρυφα αντιδραστήρια στα οποία το υλικό συνεχώς αναδεύεται προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η διάρκεια επαφής μεταξύ των μικροοργανισμών και των αποβλήτων. Η ανάμιξη επιτυγχάνεται με τη χρήση μηχανικών μέσων, ή την ανακυκλοφορία βιοαερίου ή αποβλήτων. Η μεταφορά των αποβλήτων από τον ένα αντιδραστήρα, στον άλλον επιτυγχάνεται με τη χρήση αντλιών.

#### Ξηρά συστήματα

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν αντιδραστήρες συνεχής φόρτισης. Περιλαμβάνει την προσθήκη φρέσκου νερού ή/και ποσότητα μερικώς «ζυμωμένων» αποβλήτων, από τη μία μεριά του αντιδραστήρα, και την παραλαβή πλήρως χωνεμένου υλικού από την άλλη μεριά. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν είτε κατακόρυφα είτε οριζόντια αντιδραστήρια. Στους κατακόρυφους αντιδραστήρες η κίνηση του υλικού γίνεται με βαρύτητα ενώ στους οριζόντιους με έλασμα ή πρέσα. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ξηρών συστημάτων είναι η μεγάλη τους αντοχή σε απόβλητα με πολύ υψηλή περιεκτικότητα ρυπαντικών ουσιών.

#### Θερμοκρασίες λειτουργίας

Οι τεχνολογίες αναερόβιας χώνευσης λειτουργούν σε μέτριες θερμοκρασίες (30 – 40°C) ή σε υψηλές θερμοκρασίες (50 – 60°C). Στις υψηλότερες λειτουργούν τα ξηρά συστήματα, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε στερεά και της παραγωγής περισσότερης θερμότητας. Από την άλλη τα υγρά συστήματα λειτουργούν και στα δύο εύρη θερμοκρασιών αλλά κυρίως συναντώνται σε μέτριες θερμοκρασίες.

#### Βιοαέριο

Το βιοαέριο που παράγεται κατά την αναερόβια επεξεργασία αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (50-75%) και διοξείδιο του άνθρακα. Η ποσότητα του βιοαερίου που παράγεται κατά την αναερόβια επεξεργασία, διαφοροποιείται αναλόγως με το σχεδιασμό της μονάδας, το χρόνο παραμονής και τη θερμοκρασία λειτουργίας καθώς



και από τη σύνθεση του προς επεξεργασία υλικού. Μετά την παραγωγή του, το βιοαέριο φυλάσσεται σε μεγάλες δεξαμενές και όποτε χρειαστεί χρησιμοποιείται για την παραγωγή είτε ηλεκτρικού ρεύματος είτε θερμότητας μέσω κάποιας γεννήτριας.

## 5.6 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αναφορικά με τα προϊόντα της βιολογικής επεξεργασίας και τις δυνατότητες αξιοποίησης / διάθεσής τους, ισχύουν τα εξής:

- Κομπόστ υψηλής ποιότητας: μπορεί να προέλθει μόνο από προδιαλεγμένα οργανικά υλικά, απόβλητα κήπων, οργανικά υπολείμματα κλπ. και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αγροτικές χρήσεις. Η νομοθεσία θέτει αυστηρά κριτήρια για τη χρήση κομπόστ προερχόμενα από απόβλητα ενώ και η θεματική στρατηγική της ΕΕ για την προστασία των εδαφών προβλέπει ότι η χρήση οργανικού κλάσματος προερχόμενου από απόβλητα στα εδάφη προτείνεται μόνο εφόσον το υλικό είναι πολύ καλής ποιότητας και η εφαρμογή του γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες της ορθής αγροτικής πρακτικής.

- Υλικό τύπου κομπόστ: πρόκειται για υλικό χαμηλής ποιότητας που προέρχεται από την επεξεργασία σύμμεικτων ΑΣΑ. Οι δυνατότητες χρήσεις του υλικού αυτού περιλαμβάνουν:

1. Χρήση στη δασοκομία. Περιορισμένη χρήση εξαιτίας του γεγονότος ότι ο τελικός χρήστης απαιτεί συνήθως αποζημίωση προκειμένου να το χρησιμοποιήσει.

2. Χρήση ως εδαφοβελτιωτικό ειδικά σε άγονες περιοχές, για βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και διατήρηση της υγρασίας αυτού, έχει ιδιαίτερη εφαρμοσιμότητα.

3. Χρήση σε ενεργειακές καλλιέργειες: Περιορισμένες δυνατότητες χρήσης σε καλλιέργειες κράμβης για βιοντίζελ, και ιτιάς.

4. Χρήση κράσπεδα οδικών αρτηριών – αναχώματα, κατασκευές κτιρίων. Απαιτείται η επίστρωση στρώματος φύλλων για συγκράτηση υγρασίας σε δρόμους – συνήθως οι εργολάβοι ζητούν αντίτιμο προκειμένου να το χρησιμοποιήσουν.

5. Χρήση σε ρυπασμένους χώρους – για αποκατάσταση χώρων. Σημαντική δυνατότητα αξιοποίησης όμως πρόκειται για παροδική χρήση η οποία δεν είναι μόνιμη και επομένως απαιτείται η εξεύρεση και εναλλακτικού τρόπου διάθεσης.

6. Χρήση ως υλικό επικάλυψης ή τελική κάλυψη σε ΧΥΤΑ. Μεγάλες δυνατότητες εφαρμογής, χωρίς να αναμένονται έσοδα.

- Ενέργεια από το βιοαέριο: οι δυνατότητες πώλησης της ενέργειας στο δίκτυο είναι καθορισμένες αφού πρόκειται για ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή. Το τίμημα πώλησης της εν λόγω ενέργειας είναι 73€/MWh.

- Δευτερογενές καύσιμο: πρόκειται για καύσιμο σημαντικής θερμογόνου δύναμης το οποίο μπορεί να διατεθεί είτε σε μονάδα καύσης που θα κατασκευασθεί για το σκοπό αυτό είτε σε υφιστάμενη ενεργοβόρα βιομηχανία (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία, μονάδα παραγωγής ενέργειας κλπ.). Στην Ελλάδα η αγορά είναι σχετική νέα, αφού μόλις πρόσφατα οι ενεργοβόρες βιομηχανίες άρχισαν να στρέφονται προς εναλλακτικούς τύπους καυσίμου (η στροφή αυτή επιταχύνεται και λόγω της μεγάλης αύξησης της τιμής του πετρελαίου και των συμβατικών καυσίμων). Τονίζεται ότι για την ενεργειακή αξιοποίηση του εν λόγω καυσίμου, η μονάδα θα πρέπει να είναι εφοδιασμένη με όλα τα απαραίτητα αντιρρυπαντικά μέτρα ώστε να πληρεί τα όρια που θέτει η ΚΥΑ για την αποτέφρωση και συναποτέφρωση αποβλήτων. Στην παρούσα φάση δεν αναμένονται έσοδα από τη διάθεση του εν λόγω προϊόντος ενώ ενδέχεται να απαιτηθεί και η πληρωμή τιμήματος. Όμως αναμένεται στο άμεσο μέλλον και ιδιαίτερα με την εφαρμογή κριτηρίων ποιότητας για τα δευτερογενή καύσιμα τα οποία πλέον δεν θα λογίζονται ως απόβλητα, η εξοικονόμηση πόρων μέσω της διάθεσης του εν λόγω προϊόντος.

## 5.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

### Πλεονεκτήματα

- Παραγωγή προϊόντος (compost) ή προϊόντων που διατίθεται στην αγορά.
- Δυνατή η από κοινού χουμποποίηση με λάσπη από βιολογική επεξεργασία.
- Χαμηλότερα κόστη επένδυσης από ότι τα συστήματα καύσης.
- Συμβατή με πρόγραμμα ανακύκλωσης και καύσης.
- Χαμηλού επιπέδου περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Καλύτερης ποιότητας απορρίμματα για ταφή στο ΧΥΤΑ.

### Μειονεκτήματα

- § Αργός ρυθμός διαδικασίας.
- § Πλήθος απρόβλεπτων παραγόντων που δυσχεραίνουν τον έλεγχο της διαδικασίας.
- § Απαραίτητη η διάθεση / πώληση του προϊόντος (compost).
- § Μεγαλύτερες απαιτήσεις έκτασης σε σχέση με την καύση.
- § Μεγαλύτερες απαιτήσεις εργατικού προσωπικού σε σχέση με την καύση.

## 6. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ

Ο μηχανικός διαχωρισμός των απορριμμάτων είναι μία αρκετά πλήρης μέθοδος διαχείρισης των απορριμμάτων, η οποία έχει εφαρμοσθεί σε πολλές χώρες. Ο μηχανικός διαχωρισμός μπορεί να εφαρμοσθεί παράλληλα και συμπληρωματικά με την ανακύκλωση υλικών, για την παραγωγή κυρίως κομπόστ από το οργανικό μέρος των απορριμμάτων.

Με τη μέθοδο αυτή, τα απορρίμματα συλλέγονται χωρίς συνήθως καμία διαλογή στην πηγή, αλέθονται ή συμπιέζονται από τα αντίστοιχα απορριμματοφόρα οχήματα και αδειάζονται στον υποδοχέα των εγκαταστάσεων μηχανικού διαχωρισμού, όπου εν συνεχεία με μηχανικά μέσα (χρήση θραυστήρων, βαλλιστικών μύλων, ηλεκτρομαγνητικοί διαχωριστές, τεμαχιστές, αεροδιαχωριστές, ξηραντήρες, κόσκινα, κ.α.) επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των οικιακών απορριμμάτων σε επί μέρους συστατικά ή ομοιογενείς κατηγορίες συστατικών που μπορούν έτσι να επιστρέψουν σαν δευτερογενή υλικά στο παραγωγικό κύκλωμα. Τα υλικά τα οποία θεωρητικά μπορούν να ανακτηθούν είναι το οργανικό μέρος των απορριμμάτων, χαρτί & πλαστικά σαν RDF, σιδηρούχα μέταλλα και πιθανά χαρτί και πλαστικά.

Σκοπός του Μηχανικού Διαχωρισμού (ΜΔ) είναι ο διαχωρισμός με μηχανικά μέσα των υλικών από μίγμα των απορριμμάτων. Οι διεργασίες που περιλαμβάνει μία τυπική μονάδα μηχανικού διαχωρισμού διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Υποβιβασμός του μεγέθους.
2. Διαχωρισμός και ταξινόμηση

Ο υποβιβασμός του μεγέθους επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφόρων τύπων μύλων, είτε σε ολόκληρη τη ροή μάζας των απορριμμάτων, είτε σε ροές μάζας επιμέρους συστατικών. Ο διαχωρισμός βασίζεται στις διαφορές μεγέθους που υπάρχουν ανάμεσα στα συστατικά των οικιακών απορριμμάτων αλλά και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και ιδιαίτερα των μαγνητικών (για ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων) και του ειδικού βάρους (για ταξινόμηση σε βαρέα και ελαφρά κλάσματα).

## 6.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

Ο διαχωρισμός γίνεται είτε σε υγρή είτε σε ξηρή κατάσταση, με την τελευταία να είναι η πλέον διαδεδομένη και να κερδίζει διαρκώς έδαφος, ενώ έχουν ακόμη αναπτυχθεί και τεχνικές διαχωρισμού που βασίζονται σε διαφορές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (για ανάκτηση μη σιδηρούχων μετάλλων), οπτικών ιδιοτήτων (για ανάκτηση γυαλιού) κ.λπ., οι οποίες βέβαια έχουν προς το παρόν μεγάλο κόστος και χαμηλά ποσοστά ανάκτησης.

Αναλυτικότερα ο ΜΔ περιλαμβάνει τις παρακάτω διεργασίες:

- Ζύγισμα.
- Διαλογή.
- Θραύση.
- Κοσκίνισμα.

Αρχικά αφαιρούνται τα ογκώδη αντικείμενα και ανακτώνται τα σιδηρούχα με μαγνήτη. Στη συνέχεια απομακρύνονται άλλα μέταλλα με διέλευση των απορριμμάτων από ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ακόμα γίνεται διαλογή και αφαιρούνται γυαλιά, καουτσούκ κ.λπ., όπως επίσης και τα χαρτιά μεγάλων διαστάσεων. Οι θραυστήρες με σφυριά (σφυρόμυλοι) έχουν σκοπό να κάνουν το μέγεθος των απορριμμάτων πιο μικρό, γιατί τα αντικείμενα με μικρό μέγεθος έχουν μεγάλη ειδική επιφάνεια.

Οι βασικοί παράγοντες στο μηχανικό διαχωρισμό είναι:

- § Ο βαθμός ανάκτησης, δηλ. η ποσότητα.
- § Η ποιότητα των ανακτούμενων υλικών.

Με τον ΜΔ επιτυγχάνεται αύξηση ή ελάττωση της επιφάνειας. Τα γενικά στάδια του ΜΔ είναι ο τεμαχισμός, το κοσκίνισμα, ο διαχωρισμός και η συμπίεση και εμφανίζονται, με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς στις διάφορες εγκαταστάσεις μηχανικού διαχωρισμού (ανάκτησης υλικών).

Η επιλογή και ιεράρχηση όλων των παραπάνω διεργασιών μεταβάλλεται σε κάθε μονάδα ανάλογα με τη σύσταση των οικιακών απορριμμάτων και τις δυνατότητες απορρόφησης των επιμέρους συστατικών από την τοπική αγορά. Με τον τρόπο αυτό, η μέθοδος του μηχανικού διαχωρισμού χαρακτηρίζεται από ευελιξία και ικανότητα προσαρμογής στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής

εγκατάστασης της μονάδας, κάτι που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα έναντι άλλων μεθόδων αξιοποίησης απορριμμάτων.

## 6.2 ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

Τα προϊόντα που είναι δυνατόν να ανακτηθούν από μία μονάδα μηχανικού διαχωρισμού απορριμμάτων είναι:

1. **Σιδηρούχα μέταλλα**, με συντελεστή ανάκτησης 65-95%. Ο διαχωρισμός σιδηρούχων μετάλλων με ηλεκτρομαγνήτες μπορεί να εμφανίσει χαμηλή απόδοση εξαιτίας συμπαραγωγής και άλλων υλικών. Τα μη σιδηρούχα μέταλλα δε μπορούν να διαχωριστούν αξιόπιστα με καμία μέθοδο. Εφαρμόζεται πειραματικά ηλεκτροδιαλογή και μόνη αξιόπιστη λύση προς το παρόν είναι η χειροδιαλογή.

2. **Ζυμώσιμα υλικά** με συντελεστή ανάκτησης 70-90%, για παραγωγή ΒΕ με συντελεστή παραγωγής 75%.

3. **RDF**, με συντελεστή ανάκτησης 70-80% ή (εναλλακτικά) χαρτί και πλαστικά με ακόμη χαμηλότερο συντελεστή ανάκτησης. Το RDF (Refuse Derived Fuel) αποτελείται κυρίως από χαρτί και πλαστικό, δηλαδή από υλικά που τόσο από μόνα τους όσο και ευρισκόμενα σε μίγμα μεταξύ τους, έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη.

Ως εναλλακτική λύση έναντι του RDF (ΚαΣ=Καύσιμο από Σκουπίδια) νοείται ο περαιτέρω διαχωρισμός χαρτιού και πλαστικών σε μία μονάδα μηχανικού διαχωρισμού (κάτι που μπορεί να επιτευχθεί σε αεροδιαχωριστήρα με προηγούμενο βρέξιμο του μίγματος, εξαιτίας του οποίου το χαρτί βαραίνει) και η τελική ανάκτηση του κάθε υλικού. Αν και υπάρχουν αρκετά παραδείγματα χωριστής ανάκτησης χαρτιού και πλαστικών, φαίνεται να υπερισχύει η τάση παραγωγής ΚαΣ, όπου απαραίτητη προϋπόθεση επιτυχίας αποτελεί εδώ η ύπαρξη αγοράς για αυτό.

Ο βαθμός επεξεργασίας του ΚαΣ ποικίλλει σημαντικά, ανάλογα με την επιδιωκόμενη χρήση του. Το ΚαΣ κατά την καύση του παράγει επικίνδυνους ρύπους όπως HCl (75% λόγω PVC). Επίσης περιέχει βαρέα μέταλλα λόγω του χαρτιού και των χρωμάτων των πλαστικών, τα οποία δίδουν χλωρίοντα κατά την καύση ( $ZnCl_2$ ,  $SnCl_2$ ). Στην περίπτωση ενδεχόμενης χρήσης του ΚαΣ ως εναλλακτικό καύσιμο σε μονάδες, τίθεται το θέμα του κόστους καθαρισμού των απαερίων, ενώ πρόσθετο πρόβλημα αποδοχής τίθεται εξαιτίας της πιθανής ανομοιογένειας των ιδιοτήτων του (π.χ. θερμογόνος δύναμη).

4. **Γυαλί**, με συντελεστή ανάκτησης 50-90%. Το γυαλί δεν φορτίζεται ηλεκτρικά και μπορεί να διαχωριστεί σε ηλεκτρικό πεδίο, ενώ για να είναι αποδοτικός ο μαγνητικός διαχωρισμός του, θα πρέπει να υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα  $Fe_2O_3$ . Γενικά η μόνη αξιόπιστη μέθοδος προς το παρόν είναι η χειροδιαλογή. Από μονάδες μηχανικού διαχωρισμού παίρνεται ανάμικτο γυαλί, από το οποίο μπορεί να παραχθεί μόνο πράσινο που έχει μειωμένη αγορά.

5. **Αλουμίνιο**, με συντελεστή ανάκτησης 55-90%.

6. **Χαρτί**. Το χαρτί, ανακτώμενο μόνο του έχει υψηλή υγρασία και είναι έντονα ρυπασμένο από την επαφή του με το ζυμώσιμο κλάσμα. Εφόσον δεν προορίζεται για ΚαΣ, είναι αναπόφευκτη μία χαμηλή απόδοση ανάκτησης στη φάση διαχωρισμού του από το πλαστικό. Εξαιτίας της κακής κατάστασης του ανακτώμενου χαρτιού, προκύπτει δυσκολία εξεύρεσης αγοράς.

7. **Πλαστικά**. Το πλαστικό, υπό την προϋπόθεση ότι δεν προορίζεται για ΚαΣ, παρουσιάζει το σοβαρό μειονέκτημα της ανομοιογένειας και υπάρχει μεγάλη δυσκολία περαιτέρω διαχωρισμού. Η χειροδιαλογή είναι επίσης δύσκολη, ενώ προϊόντα είναι κυρίως πλαστικά ποιότητας χαμηλότερης από το αρχικό προϊόν (down-cycling). Πρέπει να υπογραμμισθεί ότι οι συντελεστές ανάκτησης για όλα τα παραπάνω προϊόντα ποικίλλουν ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και την αρχική σύσταση των απορριμμάτων.

### 6.3 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η πρώτη κατηγορία μηχανολογικού εξοπλισμού που διατίθεται για την προεπεξεργασία των απορριμμάτων είναι οι **κατεργαστές** (processors), οι οποίοι επιτυγχάνουν την ελάττωση του όγκου, το σχίσιμο των σακουλών και την αποκατάσταση της ομοιομορφίας. Οι συσκευές αυτές συνοδεύονται από βοηθητικό εξοπλισμό όπως σιλό και μεταφορικές ταινίες.

Οι σημαντικότερες συσκευές κατεργασίας είναι οι θραυστήρες κρούσης, οι σφυρόμυλοι, οι περιστροφικοί κόπτες, οι θραυστήρες κυλίνδρου, οι σφαιρόμυλοι και οι θραυστήρες σιαγόνων.

Η δεύτερη κατηγορία μηχανολογικού εξοπλισμού είναι οι **διαχωριστές** (separators), οι οποίοι επιτυγχάνουν τον διαχωρισμό της εισερχόμενης μάζας των απορριμμάτων σε δύο ρεύματα, όπου το ένα περιέχει το προς ανάκτηση υλικό σε

υψηλή συγκέντρωση, ενώ το άλλο είναι απαλλαγμένο από την παρουσία του. Οι πιο διαδεδομένες συσκευές διαχωρισμού είναι τα κόσκινα (δονούμενα, περιστροφικά, κόσκινα Mogensen), οι τράπεζες διαχωρισμού (διαχωρισμός με βάση τη βαρύτητα, την τριβή και την υδραυλική ροή), οι βαλλιστικοί διαχωριστές, οι αεροδιαχωριστές, οι ηλεκτρομαγνητικοί διαχωριστές, οι διαχωριστές με ρεύματα Eddy (διαχωρισμός αλουμινίου), οι οπτικοί διαχωριστές και οι διαχωριστές με επίπλευση αφρού. Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικότερες συσκευές-μηχανήματα:

### **Χοάνες υποδοχής απορριμμάτων**

Τοποθετούνται τόσο στην αρχή της γραμμής επεξεργασίας των απορριμμάτων όσο και στα ενδιάμεσα στάδια. Οι χοάνες της αρχικής υποδοχής κατασκευάζονται κυρίως από σπλισμένο σκυρόδεμα μετά από κατάλληλη διαμόρφωση του εδάφους (τάφρος) και των τοιχωμάτων τους, ώστε τα απορρίμματα να οδηγούνται στον πυθμένα όπου είναι εγκατεστημένος ταινιόδρομος για την απαγωγή ή μεταφορά τους στο επόμενο στάδιο επεξεργασίας.

Το σχήμα της τάφρου αρχικής παραλαβής δε θα έχει τη διατομή χοάνης αλλά θα είναι μία απλή παραλληλεπίπεδος τάφρος, μόνον όταν η απαγωγή των απορριμμάτων γίνεται μέσω γερανογέφυρας εφοδιασμένης με μηχανική ή υδραυλική αρπάγη. Οι χοάνες των ενδιάμεσων σταδίων είναι μεταλλικές και φυσικά μικρότερων διαστάσεων. Σχεδόν πάντοτε κατασκευάζονται από συγκολλημένα ελάσματα θερμής έλασης και στερεώνονται στο μηχανισμό που τροφοδοτούν με φλάντζες. Εφόσον απαιτείται αυξημένη μηχανική αντοχή, οι πλευρές της χοάνης μορφοποιούνται με πρέσες πριν από την τελική συγκόλληση ή ενισχύονται με νευρώσεις.

### **Θραυστήρες πλαστικών σάκων**

Τα συστήματα θραύσεως των σάκων έχουν διαφορές στην κατασκευή τους. Αντιπροσωπευτικότερα είναι το σύστημα μύλου άλεσης (δε διαφέρει από μύλο παρά στις αυξημένες ανοχές μεταξύ των περιστρεφόμενων μαχαιριών κοπής ώστε να σχίζεται μόνον ο σάκος και να μην τεμαχίζεται το περιεχόμενο), το σύστημα παλινδρομικής χτένας (τα δόντια της οριζοντίως παλινδρομούσας χτένας έχουν τέτοιες ανοχές ώστε να σχίζονται μόνον οι σάκοι) και το σύστημα οδοντοφόρων κυλιόμενων αλυσίδων (οι κυλιόμενες αλυσίδες φέρουν στερεωμένα μεταξύ των αρθρώσεων τους αιχμηρά δόντια).

### **Ταινιόδρομοι (ταινίες μεταφοράς)**

Αυτός ο τρόπος της μεταφοράς αποτελεί κανόνα, από την αρχή της παραλαβής μέχρι και μετά το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας των απορριμμάτων,



όπου οδηγούνται με τις ταινίες μεταφοράς στα δοχεία συλλογής των υποπροϊόντων ή στον τόπο εναπόθεσης. Οι μεταφορικές ταινίες αποτελούνται από τη μεταλλική κατασκευή έδρασης, τα ελεύθερα περιστρεφόμενα ράουλα-οδηγούς (επάνω στα οποία κινείται η ταινία της οποίας το φορτίο υποβαστάζουν), την ταινία μεταφοράς και το μηχανισμό μετάδοσης της κίνησης. Η ταινία αποτελείται από χαλύβδινα αρθρωτά τμήματα, συνδεδεμένα μεταξύ τους με πείρους, ή από συνθετικό ιμάντα ενισχυμένο με στρώσεις λινών. Ο μηχανισμός κίνησης αποτελείται συνήθως από ηλεκτροκινητήρα-μειωτήρα-ράουλα κίνησης της ταινίας.

### **Μύλοι (λειτουργιστές)**

Στις συσκευές αυτές λαμβάνει χώρα λειτουργισμός απορριμμάτων, τα οποία στην έξοδό τους έχουν συγκεκριμένη ογκομετρική σύσταση που εξαρτάται από το επόμενο επιθυμητό στάδιο επεξεργασίας τους. Υπάρχουν διάφοροι τύποι όπως ο βαλλιστικός μύλος με διπλό κόσκινο, ο σφυρόμυλος με διπλό κύλινδρο, ο μύλος πρόσκρουσης, ο μύλος με μαχαίρια (μύλος-κόπτης), ο μύλος με μαχαίρια-τύμπανα, ο μύλος με περιστρεφόμενα ψαλίδια, ο σφαιρόμυλος, ο μύλος σωλήνα τρίφτη, οι διαδοχικοί σφαιρόμυλοι, ο απλός τεμαχιστής και ο κάθετος τεμαχιστής.

Οι τύποι αυτοί ομαδοποιούνται περαιτέρω σε δύο γενικές κατηγορίες, εκείνους με κατακόρυφο άξονα περιστροφής των μαχαιριών και εκείνους με έναν (μύλοι πρόσκρουσης ή μύλοι με τύμπανο) ή δύο (σφυρόμυλοι) οριζόντιους άξονες περιστροφής. Σε κάθε περίπτωση υπάρχει ο περιστρεφόμενος άξονας (ένας ή δύο, κατακόρυφος ή οριζόντιος), ο οποίος εδράζεται μέσω ένσφαιρων εδράνων ολίσθησης στα μεταλλικά τοιχώματα του κελύφους και στον οποίο τοποθετούνται τα μαχαίρια, σφυριά ή οι δίσκοι της άλεσης. Η κίνηση μεταδίδεται στους άξονες είτε απευθείας είτε από μειωτήρα μέσω τροχαλιών και ιμάντων.

Η ειδική τεχνολογία στον κάθε λειτουργιστή αφορά στη μορφή του κελύφους (ανοχές μεταξύ των περιστρεφόμενων και των σταθερών μαχαιριών που είναι αναρτημένα στο κέλυφος και βαλλιστική εξαγωγή των ογκωδών αντικειμένων από ειδική θυρίδα), στο σχεδιασμό των μαχαιριών ή δίσκων (ανοχές μεταξύ αυτών, υπολογισμένες ειδικά για τον τεμαχισμό συγκεκριμένων υλικών και σε συνάρτηση με την επιθυμητή τελική ογκομετρική τους σύσταση) και στη μεταλλουργία των διαφόρων εξαρτημάτων (αντοχή σε μηχανική φθορά και διάβρωση).

### **Μαγνητικοί διαλογείς**

Με τους ηλεκτρομαγνήτες ή τα μαγνητικά ράουλα επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των μικρών σιδηρούχων αντικειμένων.

Ένα συγκρότημα ηλεκτρομαγνήτη περιλαμβάνει το ηλεκτρολογικό μέρος (αποτελείται συνήθως από περιέλιξη συνδεδεμένη με συνεχές ρεύμα για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου), το μεταλλικό περίβλημα (περιλαμβάνει και την ηλεκτρική μόνωση), τον ατέρμονα σύνθετο ιμάντα (κινείται γύρω από το κιβώτιο του ηλεκτρομαγνήτη) και το μηχανισμό έδρασης και κίνησης αυτού (αποτελείται από 3-4 μεταλλικά ράουλα, τη φέρουσα μεταλλική κατασκευή έδρασης των ραούλων και των μειωτήρα μετάδοσης κίνησης σε συνήθως ένα από αυτά). Στην περίπτωση μαγνητικών ραούλων ο διαχωρισμός των μεταλλικών αντικειμένων γίνεται στο τέλος των ταινιόδρομων μεταφοράς, τοποθετώντας στη θέση του ραούλου έλξης ένα ράουλο κατασκευασμένο από δίσκους μόνιμου μαγνήτη.

Με τον τρόπο αυτό, ενώ το ράουλο περιστρέφεται έλκοντας την ταινία, συγχρόνως έλκει τα σιδηρούχα που μένουν προσκολλημένα σε αυτήν μέχρις ότου αυτή τα απομακρύνει από το μαγνητικό πεδίο του ραούλου. Τότε αυτά αποκολλώνται και πέφτουν σε κάδο συλλογής, διαχωριζόμενα με τον τρόπο αυτό από το υπόλοιπο ρεύμα.

### **Κόσκινα**

Με τα μηχανικά κόσκινα επιτυγχάνεται η ταξινόμηση των υλικών σε ομάδες ανάλογα με το μέγεθος. Υπάρχουν διάφοροι τύποι όπως το κόσκινο δόνησης, το κόσκινο τύμπανου ανάμιξης-ομογενοποίησης και το απλό κόσκινο τύμπανου.

Τα δονητικά κόσκινα είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε οι δονήσεις να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες σε όλη την επιφάνεια για να επιτυγχάνεται σωστή επιστρωμάτωση του υλικού. Η κίνηση επιτυγχάνεται μέσω του κινητήρα ιμάντων-τροχαλιών ή απευθείας με σύζευξη (συμπλέκτης). Το κόσκινο στηρίζεται στο βασικό πλαίσιο και στα ελατήρια. Η δόνηση, ο αριθμός των ταλαντώσεων και η γωνία του κόσκινου ορίζονται ανάλογα με το υλικό. Μεταξύ έδρασης και κόσκινου υπάρχουν αποσβεστικά ελατήρια υψηλής αντοχής. Για τον καθαρισμό του κόσκινου χρησιμοποιείται ειδική βούρτσα. Το περιστροφικό κόσκινο είναι η συνηθισμένη μορφή πρωτογενούς κοσκινίσματος. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι το τύμπανο (κύλινδρος). Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού είναι η διάμετρος, η ταχύτητα περιστροφής, το μήκος της εσχάρας, το μέγεθος και το σχήμα της οπής. Τα απορρίμματα, αφού πέσουν στον κύλινδρο, κυλούνται κατά μήκος της επιφάνειας της εσχάρας, στην αρχή με μικρή ταχύτητα περιστροφής, η οποία όμως μεγαλώνει έως ότου φθάσει στην "κρίσιμη ταχύτητα" περιστροφής.

## **Διαχωριστές**

Υπάρχουν διάφοροι τύποι διαχωριστών όπως ο ζικ-ζακ αεροδιαχωριστήρας, ο περιστρεφόμενος αεροδιαχωριστήρας, ο απλός αεροδιαχωριστήρας, ο βαλλιστικός διαχωριστήρας, ο ηλεκτρομαγνητικός αεροδιαχωριστήρας ιμάντα, το μαγνητικό τύμπανο, το ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο και ο οπτικός διαχωριστήρας. Στους βαλλιστικούς διαχωριστές συνήθως διαχωρίζονται τα οργανικά από τα ανόργανα μέρη. Οι βαλλιστικοί διαχωριστές ουσιαστικά αποτελούνται από τη χοάνη τροφοδοσίας του μύλου, το βαλλιστικό μύλο, τα διαφράγματα και τις χοάνες διαχωρισμού των υλικών και τη φέρουσα κατασκευή. Ο βαλλιστικός μύλος αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο άξονα που εδράζεται σε έδρανα εγκατεστημένα στις φωλιές του συνήθως χυτοσιδήρου κελύφους και επί του οποίου είναι τοποθετημένα δύο χαλύβδινα πτερύγια που προκαλούν την εκτόξευση των τεμαχίων. Η κίνηση μεταδίδεται στον άξονα από ηλεκτροκινητήρα με μειωτήρα, τροχαλίες και ιμάντα.

Μία εγκατάσταση αεροδιαχωρισμού περιλαμβάνει ουσιαστικά τον ανεμιστήρα, τους αεραγωγούς και το φυγοκεντρικό διαχωριστή (κυκλώνιο). Ο χρησιμοποιούμενος ανεμιστήρας είναι συνήθως φυγοκεντρικός. Οι αεραγωγοί κατασκευάζονται συνήθως από γαλβανισμένη λαμαρίνα θερμής έλασης. Επειδή ο αεροδιαχωρισμός των υλικών γίνεται πρώτα στους αεραγωγούς και κατόπιν στο κυκλώνιο, η ιδιαιτερότητα των χρησιμοποιούμενων και δοκιμαζόμενων τεχνολογιών έγκειται κυρίως στο σχεδιασμό των αεραγωγών. Συνήθως καθορίζεται ένα σχήμα "ζικ-ζακ" στα κατακόρυφα τμήματά τους, γιατί η διαδρομή αυτή προκαλεί την ταχύτερη απώλεια της κινητικής ενέργειας των βαρύτερων αντικειμένων και συνήθως την κατακρήμνισή τους επιτυγχάνοντας καλύτερο διαχωρισμό των υλικών. Στο κυκλώνιο επιτυγχάνεται πλήρης απαλλαγή του αέρα από τα εκεί πνευματικώς μεταφερθέντα στερεά και το ρεύμα αέρα οδηγείται πίσω στον κύκλο του ή απορρίπτεται στην ατμόσφαιρα.

## **6.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ**

### Πλεονεκτήματα

α) Συνολικά μπορεί να ανακτηθεί και αξιοποιηθεί το 40-70% κατά βάρος των οικιακών απορριμμάτων.

β) Είναι η πιο παραγωγική μέθοδος σε βιομηχανική κλίμακα με την οποία

διαχωρίζεται σχεδόν ολόκληρο το ζυμώσιμο κλάσμα των απορριμμάτων για την παραγωγή compost.

γ) Δεν εξαρτάται από την συμμετοχή των δημοτών.

δ) Μπορεί να συνδυαστεί με προγράμματα ΔσΠ, χωρίς να έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους στις περισσότερες περιπτώσεις.

### Μειονεκτήματα

α) Παράγονται περιορισμένης καθαρότητας (π.χ. κομπόστ) και αμφιβόλου εμπορευσιμότητας ανακτηθέντα υλικά (π.χ. RDF, χαρτί, πλαστικά). Για παράδειγμα το παραγόμενο κομπόστ θα μπορεί να διατίθεται μόνο σε υποβαθμισμένες περιοχές, αναδασώσεις ή στην καλύτερη περίπτωση στην ανθοκομία.

β) Οι πιθανότητες βλάβης ενός κρίκου στην αλυσίδα της εγκατάστασης του μηχανικού διαχωρισμού δεν είναι μικρές, λόγω της πολυπλοκότητας των μηχανισμών της, γεγονός που οδηγεί στην αναγκαιότητα ύπαρξης έκτασης γης ειδικά προετοιμασμένης για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων μέχρι την αποκατάσταση των βλαβών.

γ) Τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα μηχανικής διαλογής που προσπαθούν με διάφορες δαπανηρές τεχνολογίες να εξαλείψουν τα προβλήματα που παρουσιάζονται, επί του παρόντος είτε είναι στο στάδιο του σχεδιασμού, είτε έχουν λειτουργήσει για περιορισμένο χρονικό διάστημα μόνο σαν μονάδες επίδειξης. Δεν έχουν δηλαδή δοκιμαστεί στην πράξη.

δ) Οι μονάδες μηχανικού διαχωρισμού για να είναι βιώσιμες θα πρέπει να λειτουργούν σε μεγάλη κλίμακα που κυμαίνεται από 250-2000 τόνους απορριμμάτων την ημέρα.

ε) Οι σύγχρονες μονάδες μηχανικού διαχωρισμού σχεδιάζονται και κατασκευάζονται από τεχνολογικά προηγμένες, βόρειες κυρίως Ευρωπαϊκές χώρες, και είναι μελετημένες για τη σύνθεση των απορριμμάτων και για τις κλιματολογικές συνθήκες των χωρών αυτών.

στ) Τα συστήματα μηχανικού διαχωρισμού απαιτούν προχωρημένη, δαπανηρή και κυρίως, εισαγόμενη τεχνολογία με ανάλογες εκροές συναλλάγματος, ενώ η ελληνική συμμετοχή, περιορίζεται στις απλές μεταλλικές κατασκευές που απαιτούν εργαλειομηχανές μηχανουργείου, στις ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις και στις οικοδομικές εργασίες.

ζ) Οι μονάδες μηχανικού διαχωρισμού δεν έχουν την ελαστικότητα κλίμακας

εφαρμογής, επέκτασης ή διόρθωσης σε αντίθεση με την Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ).

η) Όταν οι μονάδες μηχανικού διαχωρισμού εξειδικεύονται και στην παραγωγή RDF, τότε η ανακύκλωση χαρτιού με ΔσΠ και η μείωση των πλαστικών είναι δυνατόν να μειώσουν την θερμογόνο δύναμη του RDF. Αντίστροφα, εάν η παραγωγή RDF είναι μιά επιθυμητή επιλογή αυτό είναι δυνατόν να έχει δυσμενή επίδραση στην τοπική αγορά παλιόχαρτου, με αποτέλεσμα να είναι μειωμένη η αποδοτικότητα και των δύο συστημάτων.

## **6.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Στην Ελλάδα λειτουργεί από το 1998 μονάδα μηχανικού διαχωρισμού στην Καλαμάτα, η οποία εμφανίζει σοβαρότατα προβλήματα στην ποιότητα και διάθεση του παραγόμενου κομπόστ, καθώς επίσης και στη λειτουργία της όλης μονάδος.

Επίσης, βρίσκεται υπό κατασκευή μεγάλη μονάδα μηχανικού διαχωρισμού στον ΧΥΤΥ των Άνω Λιοσίων, ενώ προβλέπεται η κατασκευή άλλων δύο στην Αττική, καθώς επίσης και άλλων μονάδων σε άλλες πόλεις της χώρας. Η χώρα μας θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτική στη μεταφορά αυτής της τεχνολογίας και να δώσει ιδιαίτερη έμφαση στα προβλήματα της διάθεσης του παραγόμενου κομπόστ και RDF.

## 7. Χ.Υ.Τ.Α

Οι χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων αποτελούν τον πιο διαδεδομένο αλλά ταυτόχρονα παρωχημένο τρόπο διαχείρισης απορριμμάτων. Η χώρα μας βασίζεται σε μεγάλο ποσοστό, άνω του 80% στα ΧΥΤΑ.

Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων αποτελεί μια παλιά μέθοδο, που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο για λόγους υγιεινής και προστασίας του περιβάλλοντος.

Τα είδη των απορριμμάτων που μπορούν να γίνουν δεκτά, σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής δημοτικών απορριμμάτων, εφόσον δεν υπάρχουν απαγορευτικοί περιορισμοί, είναι τα παρακάτω:

- Οικιακά απορρίμματα ή παρεμφερή προερχόμενα από εμπορικές ζώνες.
- Διάφορες τέφρες και σκουριές (εφόσον δεν έχουν βαρέα μέταλλα πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια).
- Μπάζα.
- Σταθεροποιημένες λάσπες από εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού.
- Σταθεροποιημένες και αφυδατωμένες λάσπες από μονάδες βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων.

Εξαιρούνται από τη διάθεση με υγειονομική ταφή, τα ραδιενεργά, τα ειδικά απορρίμματα και τα τοξικά και επικίνδυνα, που απαιτούν οργάνωση ειδικών χώρων διάθεσης.

Πολλές φορές η διάθεση γινόταν στην επιφάνεια του εδάφους και τα στρώματα καλύπτονταν από χώμα ώστε να δημιουργούνται υπερυψώσεις.

Σε άλλες περιπτώσεις η διάθεση των απορριμμάτων γινόταν σε χαράδρες σε υποβαθμισμένες περιοχές. Σήμερα η υγειονομική ταφή γίνεται μετά από εκλογή κατάλληλων χώρων, ύστερα από μια σειρά εργασιών και ερευνών.

Γενικά η υγειονομική ταφή είναι ένα προς υλοποίηση έργο διάρκειας περίπου 50 ετών, 20 έτη για τη λειτουργία και 30 για την παρακολούθηση του χώρου ταφής μετά την πλήρωση και κάλυψη του. Η υγειονομική ταφή διαφέρει από τα παραδοσιακά δημόσια έργα, διότι είναι ένα σύστημα συνεχούς κατασκευής, όπου ο

υπεύθυνος θα αλλάξει πολλές φορές, κατά το μεγάλο χρονικό διάστημα λειτουργίας – παρακολούθησης.



**Εικόνα 7.1:** Εγκατάσταση ΧΥΤΑ

## **7.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ**

### **7.1.1 Κριτήρια και μεθοδολογία επιλογής των χώρων Υγειονομικής ταφής**

Η εξεύρεση χώρων για τη διάθεση των απορριμμάτων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η Τοπική Αυτοδιοίκηση. Αυτό οφείλεται στο σχετικά μικρό διαθέσιμο χώρο της κάθε περιοχής, στην κακή διάθεση των απορριμμάτων μέχρι σήμερα (ανεξέλεγκτη απόρριψη), στην αυξανόμενη περιβαλλοντική συνείδηση των κατοίκων και στο ότι δεν υπάρχει σωστός σχεδιασμός γι' αυτό το τόσο σοβαρό θέμα.

Είναι λοιπόν επιτακτική ανάγκη της εποχής μας να επιλεγούν οι χώροι διάθεσης των απορριμμάτων με αντικειμενικά και σωστά κριτήρια. Ο προσδιορισμός του χώρου πρέπει να συνοδεύεται από στοιχεία που θα αποδεικνύουν ότι πράγματι

δεν υπάρχει καταλληλότερος χώρος. Η συλλογή, η κωδικοποίηση και η αξιολόγηση των στοιχείων είναι από τα πλέον βασικά πράγματα για την εξεύρεση και προεπιλογή των χώρων διάθεσης. Από την ορθή συλλογή και την αξιοπιστία των στοιχείων εξαρτάται και η σωστή ή καλύτερη τελική απόφαση της επιλογής του χώρου.

Παρακάτω περιγράφεται μια μεθοδολογία εξεύρεσης και επιλογής των χώρων διάθεσης. Αποτελεί βέβαια ένα βοήθημα, αλλά σε καμία περίπτωση δεν είναι ένας αυτόματος μηχανισμός που θα λύνει το πρόβλημα. Το βάρος κάθε κριτηρίου και οι απαιτήσεις ποιότητας του χώρου διάθεσης μπορούν και επιβάλλεται να επανεκτιμούνται και να αξιολογούνται από τους εκάστοτε υπεύθυνους φορείς. Γι' αυτό τον λόγο, το αντικειμενικό και το υποκειμενικό στοιχείο συνυπάρχουν, όχι μόνο στη φάση της κατάρτισης της βαθμολογίας των κριτηρίων αλλά και στη βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών του χώρου υγειονομικής ταφής. Αυτή η υποκειμενική κρίση για να πλησιάσει την αντικειμενικότητα και να έχει μια αξιόπιστη συνισταμένη, πρέπει να οικοδομείται πάνω σε ενιαία βάση κοινών κατευθύνσεων και παραδοχών, από πολλούς φορείς.

Η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης για την επιλογή Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων, περιλαμβάνει τις παρακάτω δράσεις:

- Ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης.
- Μελέτη χαρτών, σχεδίων και σχετικών μελετών.
- Μελέτη κριτηρίων.
- Αξιολόγηση κριτηρίων.

#### **1. Ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης.**

Σε πρώτη φάση, αναλύονται:

α) Τα δημογραφικά στοιχεία των Δήμων και Κοινοτήτων. Τον υπάρχοντα πληθυσμό τους, την τυχόν αύξηση κατά τους θερινούς μήνες και τη μελλοντική πρόγνωσή τους.

β) Οι ποσότητες και η σύνθεση των απορριμμάτων (Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν μετρήσεις ή αναλύσεις, γίνονται εκτιμήσεις).

γ) Το υπάρχον σύστημα συλλογής- μεταφοράς και διάθεσης των απορριμμάτων.

#### **2. Μελέτη χαρτών, σχεδίων και σχετικών μελετών.**

Στη συνέχεια γίνεται μελέτη:

1. Του γενικού χάρτη της προς εξέταση περιοχής.
2. Των σχετικών αεροφωτογραφιών.



- 3 Του τοπογραφικού χάρτη.
4. Του γεωλογικού χάρτη.
5. Των υδρογεωλογικών μελετών της περιοχής.
6. Του ρυθμιστικού σχεδίου και του σχεδίου ανάπτυξης της περιοχής.

Μετά τη συλλογή και αξιολόγηση των παραπάνω στοιχείων εντοπίζονται οι χώροι που κρίνονται κατ' αρχήν κατάλληλοι για τη διάθεση των απορριμμάτων. Ιδιαίτερα πρέπει να προσεχθούν και τα παρακάτω. Για την ελαχιστοποίηση του κόστους επένδυσης και λειτουργίας η έκταση δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 5 στρεμμάτων. Ιδανικά εδάφη για Υγειονομική Ταφή είναι τα αργιλώδη ηφαιστειογενή και μεταμορφωμένα.

### **3. Μελέτη κριτηρίων.**

Τα κριτήρια χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Γενικά.
2. Χωροταξικά.
3. Έργα υποδομής.
4. Προστασία του Περιβάλλοντος.
5. Κλιματολογικές συνθήκες.
6. Σύστημα συλλογής-μεταφοράς.

Αναλυτικότερα, τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του χώρου είναι τα εξής:

#### **1. ΓΕΝΙΚΑ**

- 1.1. Επιφάνεια χώρου.
- 1.2. Όγκος χώρου.
- 1.3. Ιδιοκτησιακό καθεστώς.

#### **2. ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΑ**

- 2.1. Κατοικημένες περιοχές.
- 2.2. Περιοχές ιδιαίτερου κάλλους και προστασίας (αρχαιολογικοί χώροι, βιότοποι κλπ.).
- 2.3. Τουριστικές περιοχές και χώροι αναψυχής.
- 2.4. Περιοχές με ειδικές καλλιέργειες.
- 2.5. Ευαίσθητες βιομηχανίες-βιοτεχνίες (φαρμάκων-τροφίμων κλπ.)
- 2.6. Αεροδρόμια.

#### **3. ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

- 3.1. Παροχή νερού.

3.2. Σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο.

3.3. Τηλεφωνική σύνδεση.\

#### **4. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

4.1. Αλλοίωση της εικόνας του φυσικού τοπίου.

4.2. Επιπτώσεις στα ζώα και τα φυτά.

4.3. Αισθητική κατάσταση.

4.4. Μη διαπερατότητα του εδάφους.

4.5. Επιφανειακά νερά.

4.6. Υπόγεια νερά.

4.7. Ατμοσφαιρική ρύπανση.

4.8. Οσμές.

#### **5. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ**

5.1. Άνεμοι.

5.2. Βροχοπτώσεις – Ομίχλη.

5.3. Θερμοκρασιακές αναστροφές.

**Πίνακας 7.1: Μήτρα αξιολόγησης κριτηρίων.**

Κωδ. Αριθμός	Ομάδα Κριτηρίων	Βκ	ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΕκ		ΜΕ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.1	ΓΕΝΙΚΑ		Επιφάνεια χώρου			
1.2			Όγκος			
1.3			Ιδιοκτησιακό καθεστώς			
1.4			Υλικό βάσης, καθημερινής και τελικής επικάλυψης			
2.1	ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΑ		Κατοικημένες περιοχές			
2.2			Περιοχές ιδιαίτερου κάλλους και προστασίας (αρχ. χώροι, βιότοποι, κλπ.)			
2.3			Τουριστικές περιοχές και χώροι αναψυχής			
2.4			Περιοχές με ειδικές καλλιέργειες			
2.5			Ευαίσθητες βιομηχανίες -βιοτεχνίες (φαρμάκων -τροφίμων κλπ.)			
2.6			Αεροδρόμια			
2.7			Προσπέλαση στο οδικό δίκτυο			
3.1	ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ		Παροχή νερού			
3.2			Σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο			
3.3			Τηλεφωνική σύνδεση			
4.1	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ		Αλλοίωση της εικόνας του φυσικού τοπίου			
4.2			Επιπτώσεις στα ζώα και τα φυτά			
4.3			Αισθητική κατάσταση			
4.4			Μη διαπερατότητα του εδάφους			
4.5			Επιφανειακά νερά			
4.6			Υπόγεια νερά -στραγγίσματα			
4.7			Ατμοσφαιρική ρύπανση			
4.8			Οσμές			
4.9			Θόρυβος			
5.1	ΚΛΙΜΑ		Άνεμοι			
5.2			Βροχοπτώσεις – ομίχλη			
5.3			Θερμοκρασιακές αναστροφές			
6.1	ΣΥΛΛΟΓΗ		Σχέση με τη συλλογή - μεταφορά			

### 7.1.2 Γεωλογικά και υδρογεωλογικά κριτήρια για την επιλογή των χώρων υγειονομικής ταφής.

Οι γεωλογικοί και υδρογεωλογικοί παράγοντες είναι καθοριστικής σημασίας για την επιλογή των χώρων διάθεσης. Τα στοιχεία που πρέπει να μελετηθούν είναι η γεωλογική δομή της περιοχής, η κλίση, το πάχος των στρωμάτων, οι διαπλάσεις και

τα ρήγματα. Η λιθολογική σύσταση του χώρου σε σχέση με την τεκτονική δομή προσδιορίζουν τη συμπεριφορά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αποτελούν τα κριτήρια καταλληλότητας των χώρων.

Τα πετρώματα με τη μεγαλύτερη προσβολή (χημική αποσάθρωση) είναι κυρίως τα ανθρακικά και οι ασβεστόλιθοι. Η ικανότητα που έχουν τα πετρώματα να επιτρέπουν τη διείσδυση και κυκλοφορία του νερού εξαρτάται από το πορώδες, το βαθμό διάρρηξης, την κλίση, τη στρώση και τη σχιστότητα των πετρωμάτων.

## 7.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ

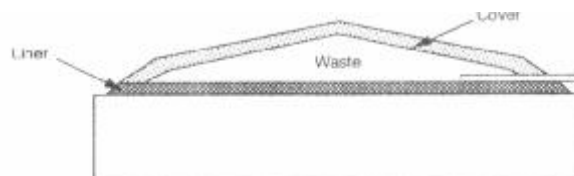
Βασικό στοιχείο σχεδιασμού ενός χώρου υγειονομικής ταφής αποτελεί η μέθοδος που θα ακολουθηθεί για τη διάστρωση των απορριμμάτων. Δεν υπάρχει μέθοδος κατάλληλη για όλους τους χώρους.

Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται κάθε φορά από τη μορφολογία του εδάφους και το είδος των απορριμμάτων που θα διατεθούν.

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι: η “επιφανειακή μέθοδος”, η μέθοδος των διαδοχικών τάφρων και η μέθοδος “πλήρωσης λάκκων”. Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμόζεται ένας συνδυασμός των τριών μεθόδων.

### Επιφανειακή μέθοδος

Εφαρμόζεται όταν είναι δύσκολη η εκσκαφή του εδάφους για τη διάνοιξη τάφρων. Τα απορρίμματα ξεφορτώνονται και διαστρώνονται σε στενές λωρίδες στην επιφάνεια του εδάφους σχηματίζονται στρώσεις βάθους περίπου 50 - 80 cm. Κάθε στρώση συμπιέζεται καθώς προχωρεί η διαδικασία πλήρωσης του χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας μέχρι το πάχος των συμπιεσμένων απορριμμάτων φθάσει τα 2,50 – 3 μέτρα.



**Εικόνα 7.2:** Επιφανειακή μέθοδος πλήρωσης.

Στο τέλος της ημέρας τα απορρίμματα καλύπτονται με στρώση κατάλληλου αδρανούς υλικού, πάχους περίπου 15 - 30 cm το οποίο επίσης πρέπει να συμπιεσθεί. Το υλικό επικάλυψης εξασφαλίζεται από εκσκαφές στο γύρω χώρο, ή μεταφέρεται με φορτηγά από αλλού. Συνήθως, πριν αρχίσει η λειτουργία της χωματερής, κατασκευάζεται ένα ανάχωμα στη μία πλευρά του χώρου, για να διευκολυνθεί και η συμπίεση των απορριμμάτων. Το πλάτος του χώρου στον οποίο εναποτίθενται και διαστρώνονται τα απορρίμματα κυμαίνεται από 3 - 8 μέτρα.

Το μήκος του χώρου που χρησιμοποιείται κάθε μέρα υπολογίζεται έτσι ώστε στο τέλος της ημέρας το βάθος των απορριμμάτων να φθάσει τα 2,50 - 3 cm. Τα συμπιεσμένα απορρίμματα μαζί με το υλικό επικάλυψης μιας μέρας αποτελούν ένα κύτταρο που αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο κοινό σε όλες τις μεθόδους υγειονομικής ταφής. Κάθε στρώση απορριμμάτων αποτελείται από πολλά κύτταρα τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο. Οι στρώσεις τοποθετούνται διαδοχικά η μία πάνω στην άλλη μέχρι τα απορρίμματα φθάσουν το τελικό ύψος που προβλέπεται από τον αρχικό σχεδιασμό του χώρου.

Παραλλαγή της επιφανειακής μεθόδου, αποτελεί η μέθοδος της ράμπας που εφαρμόζεται όταν στο χώρο διάθεσης υπάρχει διαθέσιμη μικρή ποσότητα υλικού επικάλυψης. Σε αυτή τη μέθοδο η εναπόθεση και διάστρωση των απορριμμάτων γίνεται όπως και στην επιφανειακή μέθοδο, αλλά καλύπτονται, μερικά ή ολικά, από χώμα που προέρχεται από εκσκαφή του πυθμένα της χωματερής. Συνήθως, επειδή η εκσκαφή δεν είναι βαθιά δεν επαρκεί το χώμα για επικάλυψη και το υπόλοιπο πρέπει να εξασφαλισθεί από αλλού, όπως και στην επιφανειακή μέθοδο.

#### Η μέθοδος των διαδοχικών τάφρων

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται όταν στο χώρο υπάρχει υλικό επικάλυψης σε αρκετό βάθος και όταν ο υδροφόρος ορίζοντας είναι πολύ χαμηλός. Τα απορρίμματα αποτίθενται σε τάφρους μήκους 30 - 120 m, βάθους 1 -2 m και πλάτους 5 -8 m.

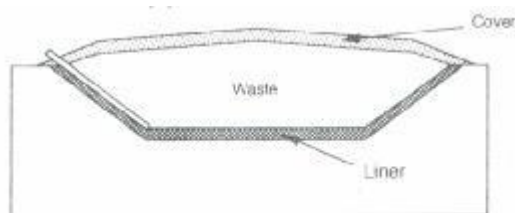


**Εικόνα 7.3:** Μέθοδος διαδοχικών τάφρων.

Στην αρχή της διαδικασίας γίνεται εκσκαφή ενός τμήματος της τάφρου και το χώμα αποτίθεται σε σωρό, στο πίσω μέρος της πρώτης τάφρου. Τα απορρίμματα κατόπιν αποτίθενται στην τάφρο, διαστρώνονται σε λεπτές στρώσεις πάχους 50 - 80 cm και συμπιέζονται. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό ύψος. Το μήκος της τάφρου που χρησιμοποιείται κάθε μέρα πρέπει να υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε στο τέλος της ημέρας τα απορρίμματα να έχουν φθάσει το επιθυμητό ύψος, το μήκος επίσης πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να αποφεύγονται καθυστερήσεις των απορριμματοφόρων που έρχονται να ξεφορτώσουν. Το υλικό επικάλυψης εξασφαλίζεται με την εκσκαφή της διπλανής τάφρου ή συνεχίζοντας την εκσκαφή της τάφρου που ήδη χρησιμοποιείται.

#### Μέθοδος πλήρωσης κοιλοτήτων του εδάφους

Σε περιοχές που υπάρχουν φυσικές ή τεχνητές κοιλότητες του εδάφους (χαράδρες, ρεματιές, ορυχεία, λατομεία), μπορούν κάλλιστα αυτές να χρησιμοποιηθούν για υγειονομική ταφή απορριμμάτων. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την διάστρωση και συμπίεση των απορριμμάτων στις διάφορες κοιλότητες εξαρτώνται από τη γεωμετρία του χώρου, τα χαρακτηριστικά του υλικού επικάλυψης, την υδρολογία και γεωλογία της περιοχής και την δυνατότητα πρόσβασης.



**Εικόνα 7.4:** Μέθοδος πλήρωσης κοιλοτήτων του εδάφους.

Σε χαράδρες που ο πυθμένας είναι κάπως επίπεδος η πρώτη στρώση μπορεί να τοποθετηθεί όπως στη μέθοδο των διαδοχικών τάφρων που αναφέρθηκε παραπάνω.

Όταν συμπληρωθεί η πρώτη στρώση, το γέμισμα συνεχίζεται ξεκινώντας από τα σημεία που βρίσκονται προς την κορυφή της χαράδρας και καταλήγοντας προς το στόμιο. Τα απορρίμματα αποτίθενται στον πυθμένα της χαράδρας και συμπιέζονται

προς τις πλευρές της, μέθοδος που εξασφαλίζει υψηλή συμπίεση. Τα ορυχεία και τα λατομεία βρίσκονται συνήθως χαμηλότερα από την επιφάνεια του γύρω εδάφους και γι αυτό είναι αναγκαίο να ληφθεί μέριμνα για τον έλεγχο των επιφανειακών υδάτων. Και στα ορυχεία και τα λατομεία ο τρόπος πλήρωσης είναι παρόμοιος με αυτόν στις χαράδρες. Σημαντική σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η εξασφάλιση υλικού επικάλυψης τόσο για τις ενδιάμεσες στρώσεις όσο και για την τελική επιφάνεια.

Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμόζεται συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων. Επίσης μπορεί στον ίδιο χώρο να χρησιμοποιηθούν περισσότερες της μίας μέθοδοι. Αν επί παραδείγματι στα περισσότερα σημεία του πυθμένα ενός χώρου υπάρχει ένα μεγάλο πάχος χώματος ενώ στα υπόλοιπα το χώμα είναι πολύ ρηχό, μπορεί να διανοιχτούν τάφροι, όπου αυτό είναι δυνατόν και το χώμα που θα εξασφαλισθεί να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό επικάλυψης και για τον υπόλοιπο χώρο που θα χρησιμοποιηθεί η επιφανειακή μέθοδος.

### **7.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ Χ.Υ.Τ.Α**

Η σωστή τοποθέτηση των απορριμμάτων θα έχει ως αποτέλεσμα την μεγιστοποίηση του χρόνου λειτουργίας της χωματερής αλλά και τη ελαχιστοποίηση οποιονδήποτε προβλημάτων μπορεί να προκύψουν. Η διαδικασία αυτή έχει ως εξής:

- Τα απορρίμματα εισέρχονται στη χωματερή αφού πρώτα ζυγιστούν στα οχήματα που τα φέρνουν. Αυτό στην Ελλάδα που οι Χ.Υ.Τ.Α. ανήκουν σε διάφορους Δήμους θα βοηθήσει στην κατανομή του κόστους ταφής των απορριμμάτων (αυτός που παράγει τα απορρίμματα θα πληρώνει) αλλά και αργότερα του ειδικού φόρου των χωματερών.

- Η πρώτη ποσότητα των απορριμμάτων τοποθετείται κοντά στα τοιχώματα της χωματερής και συνεχίζει κατά μήκος των τοιχωμάτων αυτών. Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι τοποθέτησης των απορριμμάτων. Στη μια η πλήρωση της χωματερής γίνεται σε ένα επίπεδο απόθεσης ενώ στη δεύτερη γίνεται σε περισσότερα από ένα επίπεδα.

- Τα απορρίμματα τοποθετούνται κατευθείαν στο συγκεκριμένο σημείο από τα απορριμματοφόρα σε επίπεδα που στη συνέχεια πιέζονται χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μηχανημάτων. Το πάχος του κάθε τέτοιου επιπέδου είναι περίπου 50 με 60 εκατοστά.

- Τα απορρίμματα που στοιβάζονται σε μια περίοδο λειτουργίας που είναι συνήθως μια ημέρα σκεπάζονται από χώμα ή άλλο αντίστοιχο υλικό που αποτελεί το κάλυμμα του εκάστοτε κυττάρου. Το ύψος του κάθε κυττάρου είναι περίπου 3,5 με 4 μέτρα, ενώ το μήκος και πλάτος του ποικίλλει εξαρτώμενο από την ποσότητα του υλικού.
- Αφού ένα επίπεδο απόθεσης έχει ολοκληρωθεί τοποθετούνται στην επιφάνεια του οριζόντιοι διάτρητοι αγωγοί συλλογής των αερίων που θα παραχθούν. Οι αγωγοί αυτοί είναι πλαστικοί σωλήνες που καλύπτονται από χαλίκια που βοηθούν στη συλλογή των αερίων.
- Πάνω από κάθε επίπεδο απόθεσης καινούρια σειρά από κύτταρα κατασκευάζεται και ούτω κάθε εξής. Αν το βάθος μιας χωματερής είναι μεγάλο τότε σημαντικό θεωρείται η κατασκευή μιας σειράς από δευτερεύοντες αγωγούς συλλογής των διαταλάζοντων υγρών.
- Όταν κάθε τμήμα της χωματερής έχει ολοκληρωθεί σκεπάζεται από το τελικό κάλυμμα της χωματερής. Όταν όλα τα στάδια ολοκληρωθούν τότε ένα ακόμα τελικό κάλυμμα στο σύνολο της χωματερής θα εφαρμοστεί. Στο τελικό αυτό κάλυμμα θα αναπτυχθεί βλάστηση για τον έλεγχο της διάβρωσης του εδάφους στρώματος. Ειδικά <<πηγάδια>> εξαγωγής των αερίων θα κατασκευαστούν σε αυτό το στάδιο για την καλύτερη συλλογή και διαχείριση αυτών.

#### **7.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ Χ.Υ.Τ.Α.**

##### Πλεονεκτήματα

1. Είναι μία μέθοδος τεχνικά απλή και αποτελεσματική ενώ η εφαρμογή της δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις. Ο σχετικός μηχανολογικός εξοπλισμός είναι οικείος σ' όλον τον πληθυσμό, ανθεκτικός, με ευχέρεια επισκευής και προμήθειας ανταλλακτικών.
2. Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του χώρου υγειονομικής ταφής από τις δημοτικές αρχές και το κοινό γίνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολία.
3. Η υγειονομική ταφή έχει σχετικά χαμηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος.
4. Η υγειονομική ταφή είναι εξαιρετικά λειτουργική μέθοδος δεδομένου ότι ο χώρος διάθεσης μπορεί να δεχθεί για άμεση διάθεση ετερογενή απορρίμματα. Ευνοείται από τα εδαφομορφολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της χώρας



μας (π.χ. ορεινοί όγκοι, άρα εύκολη απόκρυψη), τα πληθυσμιακά και χωροταξικά δεδομένα. Η λειτουργία του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) δεν επηρεάζεται από τις έντονες εποχιακές διακυμάνσεις της ποσότητας και σύστασης των απορριμμάτων. Αυξημένες ποσότητες απορριμμάτων μπορεί να τις δεχθεί με μια απλή προσθήκη ενός ακόμη μηχανήματος (ενεργοποίηση εφεδρικού, προσωρινή μίσθωση). Δεν απαιτεί άλλη εγκατάσταση διάθεσης στερεών αποβλήτων πράγμα που συμβαίνει με τις άλλες μέθοδες που απαιτούν συμπληρωματικά και ένα μικρό ΧΥΤΑ για την διάθεση των στερεών τους αποβλήτων.

5. Η υγειονομική ταφή μπορεί να συμβάλει στην αναμόρφωση υποβαθμισμένων τοπίων ή στην αποκατάσταση άλλων, που έχουν πληγεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. λατομική δραστηριότητα), διαμορφώνοντας χώρο πράσινου, αθλητικών δραστηριοτήτων, εγκαταστάσεις θερμοκηπίων κλπ.

#### Μειονεκτήματα

1. Μειονέκτημα, ότι έχει ταυτιστεί στην συνείδηση των δημοτικών αρχών και του κοινού με την ανεξέλεγκτη διάθεση και για το λόγο αυτό δεν έχει κοινωνική αποδοχή.

2. Ένα δεύτερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η απαίτηση σημαντικών εκτάσεων σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης πράγμα ανέφικτο σε περιοχές π.χ. έντονα τουριστικές ή άλλες με μεγάλη οικοπεδική ή γεωργική αξία.

3. Ένα τελευταίο αρνητικό της είναι η αυξημένη επιμέλεια που απαιτεί για την αντιμετώπιση των εκπομπών δηλ. του βιοαερίου και των στραγγισμάτων που όμως βρίσκεται σαφώς μέσα στις δυνατότητες του εγχώριου έμψυχου δυναμικού μας και της προσιτής τεχνολογίας.

### **7.5 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ-ΧΥΤΑ**

Συνολικά παράγονται ημερησίως, σε όλη την ελληνική επικράτεια, περίπου 15,000 τόνοι απορριμμάτων, περίπου 5,5 εκατ. τόνοι ετησίως, εκ των οποίων 2,5 εκατ. τόνοι ετησίως στην Αττική. Η χώρα μας, όπως και μερικές ακόμη Ευρωπαϊκές χώρες, έχουν λάβει παράταση έως το 2010, προκειμένου να εφαρμόσουν πλήρως την Κοινοτική Οδηγία 99/31 που «αναγκάζει» όλες τις χώρες να περιορίσουν τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα (όλα τα οργανικής προέλευσης απόβλητα),

καθώς και να περιορίσουν αρκετά την ταφή υλικών σημαντικής θερμογόνου δύναμης και να ενθαρρύνουν την ανακύκλωση.

Οι ΧΥΤΑ είναι προτιμότεροι από τις ανεξέλεγκτες χωματερές, αλλά μετατρέπουν χώρους πρασίνου σε χώρους των οποίων η χρησιμότητα είναι σημαντικά περιορισμένη για μεγάλο χρονικό διάστημα. Απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλη έκταση γης και απαξιώνονται οι γειτονικές προς τον ΧΥΤΑ περιοχές. Εάν υποθέσουμε ότι όλα τα ΑΣΑ της Ελλάδας αποτίθονταν σε ΧΥΤΑ, θα χρειαζόταν κάθε χρόνο μία έκταση ταφής τριπλάσια του Εθνικού Κήπου.

Ένας ΧΥΤΑ σχεδιασμένος να δέχεται 2.500 τόνους ΑΣΑ (Αστικών Στερεών Αποβλήτων) ημερησίως, (δηλ. το ένα τρίτο της παραγωγής της Αττικής), για 20 χρόνια, απαιτεί έκταση 1.500 στρεμμάτων. Αντιθέτως, στην περίπτωση κατασκευής ενός εργοστασίου Καύσης με παραγωγή Ενέργειας (Waste to Energy), της ίδιας δυναμικότητας, απαιτείται έκταση μονάχα 60-70 στρεμμάτων με βιωσιμότητα για 30 χρόνια.

## 8. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Το βιοαέριο είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού, εδαφοβελτιωτικών λιπασμάτων, ενώ μετά την επεξεργασία και την αναβάθμισή του μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου και να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για την κίνηση των αυτοκινήτων. Η διαφορά του με τα ορυκτά καύσιμα είναι ότι αποτελεί μια «καθαρή» μορφή ενέργειας. Η σημαντική περιεκτικότητα μεθανίου είναι αυτή που το καθιστά κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας.

Το πλεονέκτημα του βιοαερίου είναι ότι παράγεται από τα απορρίμματα και υπάρχει δίπλα μας άφθονο. Το μόνο που χρειάζεται είναι να το εκμεταλλευθούμε, μειώνοντας έτσι τους όγκους των αποβλήτων από τις χωματερές και την ύπαιθρο και αυξάνοντας ταυτόχρονα τις θέσεις εργασίας.



**Εικόνα 8.1:** Σταθμός συμπαραγωγής από βιοαέριο.

## 8.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

- Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) : 55-70%.
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) : 30-45%.
- Υδρόθειο (H<sub>2</sub>S) : 1-2%.
- Άζωτο (N<sub>2</sub>) : 0-1%.
- Υδρογόνο (H<sub>2</sub>) : 0-1%.
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) : ίχνη.
- Οξυγόνο (O<sub>2</sub>) : ίχνη.

## 8.2 ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Κατά την καύση του βιοαερίου με περιεκτικότητα 60-70% σε μεθάνιο παράγεται μπλε φλόγα ενώ παράλληλα εκλύεται θερμογόνος δύναμη των 4500-5500 kcal/m<sup>3</sup> ή (18.8-23.0 MJ/m<sup>3</sup>). Η θερμική δύναμή του είναι άμεσα συνδεδεμένη με το ποσοστό του περιεχόμενου σε αυτό μεθανίου. Η περιεκτικότητα σε μεθάνιο με τη σειρά της εξαρτάται από την φύση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται κατά την χώνεψη. Από τη στιγμή που η σύσταση του αερίου ποικίλει, οι καυστήρες που έχουν σχεδιαστεί για φυσικό αέριο, βουτάνιο ή LPG όταν χρησιμοποιούνται ως καυστήρες βιοαερίου έχουν πολύ "μικρότερη" απόδοση.

Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένοι καυστήρες βιοαερίου που έχουν θερμική απόδοση 55-65%. Το βιοαέριο είναι πολύ σταθερό, μη-τοξικό, άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο. Παρόλα αυτό το μικρό ποσοστό υδρόθειου που περιέχει το μίγμα, ενδέχεται να του προσδώσει μια ελαφριά μυρωδιά σάπιου αυγού ιδίως κατά την καύση.

Εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού διοξειδίου του άνθρακα που περιέχει αποτρέπεται ο κίνδυνος έκρηξης, επομένως το βιοαέριο θεωρείται ένα πολύ ασφαλές καύσιμο για τις αγροτικές κατοικίες. Η καύση 1 m<sup>3</sup> βιοαερίου θα παράγει 4500-5500 kcal/m<sup>3</sup> ή (18.8-23.0 MJ/m<sup>3</sup>) θερμικής ενέργειας. Όταν η καύση του γίνεται σε ειδικά σχεδιασμένους καυστήρες, οι οποίοι έχουν απόδοση περίπου 60%, θα μας δώσει 2700-3200 kcal/m<sup>3</sup> ή (11.3-13.4 MJ/m<sup>3</sup>) ωφέλιμης ενέργειας.

Ως 1 kcal έχει οριστεί η θερμότητα που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας 1 kg νερού κατά 1 βαθμό Κελσίου. Συνεπώς αυτή η ωφέλιμη θερμότητα (π.χ. 3000 kcal/m<sup>3</sup> κατά μέσο όρο) επαρκεί για βράσει περίπου 100 kg νερού από τους 20 βαθμούς Κελσίου, ή να ανάψει μια λάμπα των 60-100 Watt για 4-5 ώρες.



**Εικόνα 8.2:** Μονάδα παραγωγής 250kW ηλεκτρικής ενέργειας και 100kW θερμικής ενέργειας με την καύση βιοαερίου.

### 8.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Πρωταρχικός στόχος των συστημάτων συλλογής των αερίων είναι η μείωση των εκπομπών επικίνδυνων ουσιών, οι οποίες βρίσκονται στο βιοαέριο. Για την επίτευξη αυτού του στόχου πρέπει το σύστημα να πληρεί τις εξής προϋποθέσεις:

- Μεγάλο βαθμό συλλογής του αερίου.
- Μεγάλη διάρκεια λειτουργίας.
- Αντοχή στις συνθήκες λειτουργίας.
- Αποφυγή της δημιουργίας εκρηκτικού μίγματος αέρα / αερίου.
- Καλή δυνατότητα ρύθμισης των συλλεκτών.

Σήμερα υπάρχουν δύο συστήματα συλλογής-μεταφοράς του βιοαερίου:

§ Το παθητικό σύστημα και

§ Το ενεργητικό σύστημα.

Το παθητικό σύστημα απαερίωσης, κατά το οποίο η συλλογή και μεταφορά του βιοαερίου διεξάγεται με την δική του πίεση, εφαρμόζεται σε παλαιούς χώρους εναπόθεσης στερεών μη επικίνδυνων αποβλήτων.

Στο ενεργητικό σύστημα η απαερίωση σε εγκαταστάσεις οι οποίες λειτουργούν με υποπίεση. Σε ένα ενεργητικό σύστημα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα εξής:

ü Αποτελεσματική υποπίεση σε όλο τον χώρο.

ü Ελαχιστοποίηση της άντλησης αέρα.

ü Το σύστημα να είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να αντέχει όχι μόνο κατά τη διάρκεια λειτουργία του χώρου αλλά και κατά την μετέπειτα φροντίδα.

ü Η δυναμικότητα του να ανταποκρίνεται στην παραγωγή του βιοαερίου.

Την ιδανική απαερίωση εξασφαλίζουν: η αποτελεσματική μόνωση πυθμένα - πρανών, το σωστό δίκτυο συλλογής - μεταφοράς, ο συστηματικός έλεγχος και η συντήρηση των παραπάνω συστημάτων. Βασικός στόχος του συστήματος διαχείρισης του βιοαερίου είναι κατ' αρχήν η ελαχιστοποίηση των εκπομπών και στη συνέχεια η ενδεχόμενη αξιοποίηση του.

Ο σωστός σχεδιασμός του συστήματος συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας, απαιτεί ακριβή γνώση της παραγωγής του βιοαερίου. Η παραγωγή του βιοαερίου υπολογίζεται με διάφορα - προγνωστικά μοντέλα.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποτελείται από τους συλλεκτήρες, τους αγωγούς μεταφοράς, το σύστημα καύσης ή το σύστημα αφύγρανσης και επεξεργασίας καθώς και το σύστημα παρακολούθησης και ρύθμισης. Οι συλλεκτήρες διακρίνονται σε:

α. Θύλακες άντλησης

β. Κάθετα στοιχεία

γ. Κάθετους συλλέκτες αερίων

δ. Οριζόντιους τάφρους

στ. Συνδυασμό συστημάτων βιοαέριο

### **α) Θύλακας άντλησης**

Οι θύλακες άντλησης είναι φρεάτια γεμάτα από χοντροκομμένο υλικό (χαλίκι χοντρό) τα οποία μετά το κλείσιμο του χώρου ανοίγονται και με αγωγό αντλείται το βιοαέριο. Στα φρεάτια αυτά υπάρχει μεγάλη δυσκολία άντλησης λόγω του συσσωρευμένου νερού.

### **β) Κάθετα στοιχεία**

Τα κάθετα στοιχεία κατασκευάζονται από χονδρόκοκκα υλικά και έχουν συνήθως σκοπό την παρεμπόδιση εξάπλωσης του αερίου. Για την αποφυγή δημιουργίας οσμών και διασκορπισμού του αερίου καλύπτονται με μεμβράνη (μόνωση).

### **γ) Κάθετοι συλλέκτες αερίων**

Έχουν σχήμα πηγαδιού, φρεατίου ή στήλης από χαλίκι. Λόγω της οριζόντιας διάστρωσης των αποβλήτων, η οριζόντια ροή του βιοαερίου είναι μεγαλύτερη της κάθετης. Με αυτόν τον τρόπο καλύπτεται πλήρως ο χώρος. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτών των συλλεκτών είναι η δυνατότητα που παρέχεται για την άντληση των συμπυκνωμάτων και στραγγισμάτων από τον πυθμένα. Αυτοί οι συλλέκτες μπορούν να λειτουργήσουν ακόμη και όταν παύσει να λειτουργεί ο χώρος.

### **δ) Οριζόντιοι τάφροι**

Ένα οριζόντιο στρώμα από χονδρόκοκκο υλικό χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον κάτω από την μόνωση της επιφάνειας.

### **ε) Οριζόντιοι αγωγοί**

Οι οριζόντιοι αγωγοί συλλογής αερίων δεν εμποδίζουν την λειτουργία του χώρου. Οι αγωγοί αυτοί περιβάλλονται από χονδρόκοκκο υλικό. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία, ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος άντλησης αέρα. Γι αυτό τον λόγο κοντά στα πρανή οι οριζόντιοι αγωγοί δεν είναι διάτρητοι, και η κλίση τους είναι τουλάχιστον 5%. Η ποιότητα του χονδρόκοκκου υλικού διαμέτρου = 32 mm πρέπει να είναι όπως και του αντίστοιχου υλικού της ζώνης αποστράγγισης.

Συνίσταται η άντληση του βιοαερίου να ξεκινήσει αφού σκεπασθούν οι αγωγοί με στερεά απόβλητα τουλάχιστον σε ύψος 4 μέτρων.

### **ζ) Συνδυασμός συστημάτων συλλογής βιοαερίου**

Στην πράξη μια βέλτιστη συλλογή του βιοαερίου απαιτεί ένα συνδυασμό συλλογής εναπόθεσης του βιοαερίου ανάλογα με τον χώρο. Για την αποφυγή δημιουργίας θυλάκων αερίων κατασκευάζουμε “παράθυρα”. Τα ανοίγματα αυτά σκεπάζονται με βελτιωτικό εδάφους (compost) το οποίο επενεργεί σαν αποσμητικό

φίλτρο. Το σύστημα αυτό είναι χαμηλό σε κόστος, δεν εμποδίζει τη λειτουργία του χώρου διάθεσης.

#### **8.4 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ**

Η θερμογόνο τιμή του βιοαερίου είναι αρκετά υψηλή ώστε το βιοαέριο να μπορεί να αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως. Από την σύνθεση του βιοαερίου παρατηρεί κανείς παρά πολλά ιχνοστοιχεία τα οποία είναι δηλητηριώδη ή και μπορούν να προκαλέσουν οσμές. Ιδιαίτερα οι αλλογενείς υδρογονάνθρακες καθώς και το υδρόθειο δημιουργούν προβλήματα κατά την ενεργειακή αξιοποίησή του. Η δυνατότητα χρήσης του βιοαερίου απαιτεί τον καθαρισμό του από τις εξής ουσίες: υδρατμούς, υδρόθειο, υδρογονάνθρακες (ιδιαίτερα τους χλωριωμένους και φθοριωμένους υδρογονάνθρακες), καθώς και στον διαχωρισμό του μεθανίου από το διοξείδιο του άνθρακα.

##### **8.4.1 Βιολογική επεξεργασία.**

Σχεδόν όλες οι ουσίες που δημιουργούν τις οσμές μπορούν να αποδομηθούν βιολογικά με μικροοργανισμούς. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε περίπτωση που οικονομικά είναι ανέφικτη η περαιτέρω χρήση του βιοαερίου, δηλαδή για καθαρά οικολογικούς λόγους. Το βιολογικά επεξεργασμένο βιοαέριο μπορεί είτε να ελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα, είτε να καεί επιτόπου σε ειδική συσκευή. Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται με βιοφίλτρα.

Η πλέον συνηθισμένη μέθοδος καθαρισμού των αερίων είναι αυτή των βιοφίλτρων. Είναι μια απλή, τεχνικά και οικονομικά εφικτή μέθοδος. Το βιοαέριο διοχετεύεται στο φίλτρο μέσω οπών στο κάτω μέρος του.

Μέσω ρόφησης και μικροβιολογικής αποδόμησης, απομακρύνονται οι ανεπιθύμητες ουσίες. Ως φίλτρο χρησιμοποιείται Κομπόστ, Τύρφη κ.α. Το υλικό αυτό πρέπει να έχει την κατάλληλη υγρασία (40-60%).



#### 8.4.2 Επεξεργασία βιοαερίου για περαιτέρω αξιοποίηση του

Η επεξεργασία του βιοαερίου απαιτεί:

1. Προσρόφηση με ενεργό άνθρακα.
2. Απορρόφηση με νερό ή άλλα διαλύματα.

Η προσρόφηση του υδρόθειου και των οργανικών ενώσεων του θείου επιτυγχάνεται με ενεργό άνθρακα. Το υδρόθειο υπό την παρουσία οξυγόνου και την καταλυτική επιρροή του ενεργού άνθρακα μετατρέπεται σε θείο. Σε δεύτερο στάδιο με ενεργό άνθρακα απομακρύνονται οι οργανικές ενώσεις.

Ο διαχωρισμός του μεθανίου από το διοξείδιο του άνθρακα επιτυγχάνεται είτε με προσρόφηση υπό πίεση είτε με φυσικές και χημικές μεθόδους. Η μεταφορά της μάζας επιτυγχάνεται και μέσω μη πορωδών μεμβράνων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιούνται μεμβράνες από πολυμερή. Ο διαχωρισμός του αερίου μίγματος γίνεται λόγω των διαφορετικών ταχυτήτων μεταφοράς των αερίων. Οι γνωστές μεμβράνες είναι λιγότερο περατές από άζωτο και μεθάνιο σε αντίθεση με το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο, το υδρόθειο και το νερό.

#### 8.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Οι μέθοδοι επεξεργασίας του συλλεγόμενου βιοαερίου είναι:

**Επεξεργασία για θέρμανση:** Το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται σε καυστήρες, παράγοντας έτσι ατμό. Επειδή είναι επιβαρυνμένο με ίχνη ουσιών, πρέπει οπωσδήποτε να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να απομακρυνθούν οι βλαβερές ουσίες. Αυτή η επεξεργασία κρίνεται απαραίτητη γιατί η οξειδωση αυτών των ουσιών στην εστία καύσης μπορεί να δημιουργήσει αέρια τα οποία θα διαβρώσουν την εγκατάσταση.

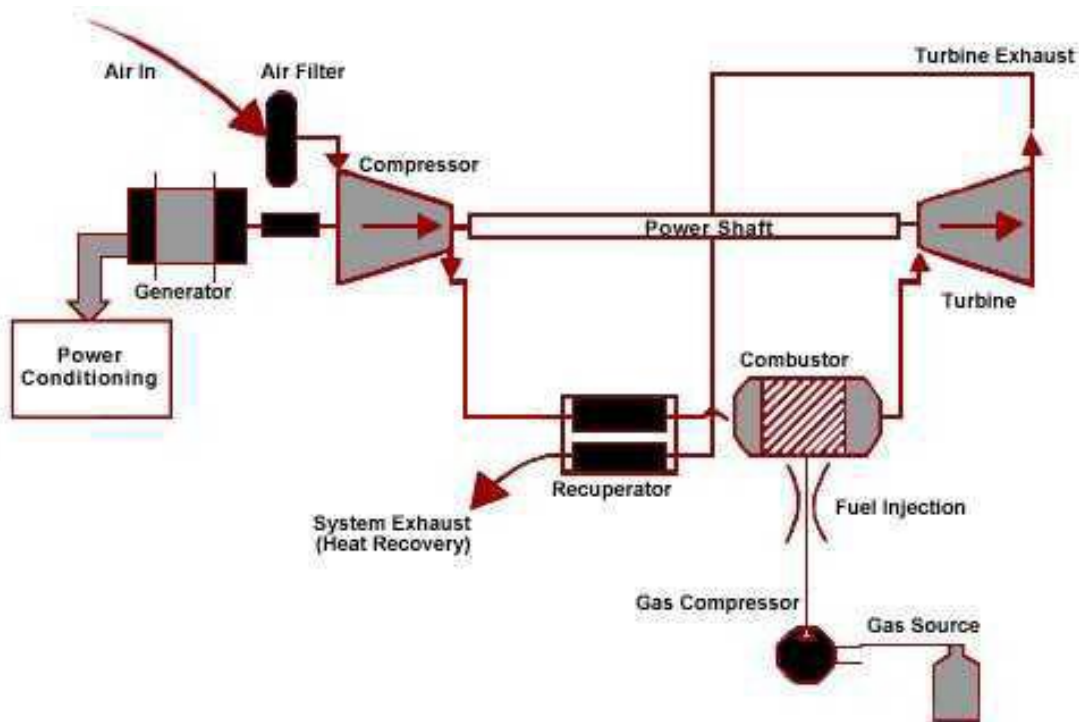
Η γνώση της ποσότητας και σύνθεσής τους αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για κάθε τεχνική και οικονομική εξέταση χρήσης του βιοαερίου. Χαρακτηριστικά αναφέρονται το χλώριο και το φθόριο τα οποία δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 200 mg/m<sup>3</sup> και 35 mg/m<sup>3</sup> αντίστοιχα. Βέβαια οι ουσίες αυτές μπορούν να

απομακρυνθούν είτε με φίλτρα, είτε με πλήρη συστήματα καθαρισμού. Το αέριο συλλέγεται στα φρεάτια και μεταφέρεται με αγωγούς. Στα φρεάτια ελέγχεται το μεθάνιο, το οξυγόνο και η θερμογόνος δύναμη. Η απορρόφηση επιτυγχάνεται με συμπιεστές αγωγών. Η διανομή του αερίου μπορεί να γίνει είτε με σωλήνες PE ή μεταλλικούς αγωγούς. Για μικρές ποσότητες το δίκτυο λειτουργεί σε πίεση 100 mbar. Κατά διαστήματα υπάρχουν διαχωριστές νερού. Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης ισχύει ότι και για το φυσικό αέριο. Υπάρχει μόνο μια διαφορά στα μπέκ του καυστήρα.

Στην εγκατάσταση του Haldenrain η οποία λειτουργεί από το 1983 δεν παρουσιάστηκε μέχρι σήμερα κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα. Η τιμή πώλησης του αερίου είναι 15% φθηνότερη του πετρελαίου θέρμανσης και ο χρόνος απόσβεσης είναι 3 χρόνια.

Η Παραγωγή Θερμότητας από Βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για την κάλυψη αναγκών βιομηχανιών, βιοτεχνιών, μικρών και μεγάλων επιχειρήσεων που απαιτούν θερμικά φορτία για την παραγωγική τους διαδικασία. Ακόμα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με τη δημιουργία ενός μικρού δικτύου τηλεθέρμανσης.

**Επεξεργασία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:** Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο συνήθως ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία: Η συνολική παροχή του βιοαερίου περνά από ένα φίλτρο όπου απομακρύνεται το υδροθείο. Στη συνέχεια το αέριο διέρχεται μέσα από ένα κυκλώνα, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχει και να οδηγηθεί με ασφάλεια στη μηχανή εσωτερικής καύσης. Η υπόλοιπη ποσότητα του βιοαερίου οδηγείται για καύση στο δαυλό. Επειδή, η πίεση του αερίου στην είσοδο πρέπει να είναι σταθερή, συνήθως υπάρχει ένας εφεδρικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας. Το καύσιμο ελέγχεται ηλεκτρονικά, ως προς τη σύνθεσή του και στη συνέχεια αναμειγνύεται με τον αέρα καύσης. Η μίξη με τον αέρα γίνεται μέσω ακροφυσίων ενώ η ανάφλεξη γίνεται ηλεκτρονικά.



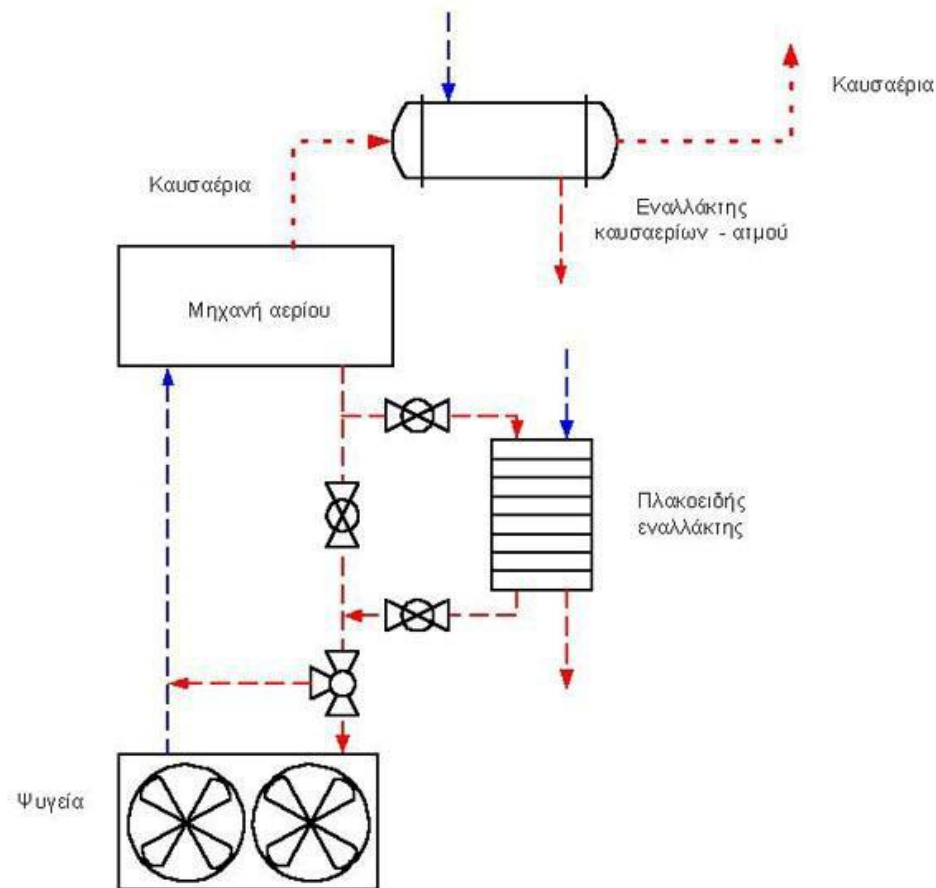
**Σχήμα 8.1:** Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

**Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας:** Στην περίπτωση αυτή γίνεται ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή καθεμιάς από τις ανωτέρω μορφές ενέργειας. Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης της συγκεκριμένης εφαρμογής σημαίνει κατανάλωση μικρότερης ποσότητας καυσίμων για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας με προφανή οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η Ηλεκτρική Ενέργεια που παράγεται από βιοαέριο μπορεί να καλύψει ίδιες ανάγκες του παραγωγού και το πλεόνασμα της ενέργειας (αν υπάρχει) να πωληθεί στη Δ.Ε.Η .

Ένα παράδειγμα συμπαράγωγής είναι το εργοστάσιο βιολογικού καθαρισμού στα Γιάννενα. Στο εργοστάσιο αυτό το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη των αναγκών του εργοστασίου και θερμικής ενέργειας για τη διαδικασία του βιολογικού καθαρισμού των λημμάτων. Το πλεόνασμα του βιοαερίου καίγεται για να μην απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα λόγω της βλαβερότητάς του για το περιβάλλον ( Μεθάνιο).

Επίσης έχει ήδη προταθεί εγκατάσταση εργοστασίου παραγωγής βιοαερίου (και μετέπειτα Ηλεκτρισμού) από ζωικά υπολείμματα στη Φιλιπιάδα. Το εργοστάσιο θα παράγει ετησίως 823.000 μετρικούς τόνους κατά προσέγγιση βιοαερίου το οποίο θα χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη σε εργοστάσιο συμπαραγωγής με δύο (2) συζευγμένες γεννήτριες. Οι γεννήτριες θα έχουν ισχύ 450 KW η κάθε μία. Η παραγόμενη θερμότητα θα χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες του συγκροτήματος και η ηλεκτρική ενέργεια θα πωλείται στη Δ.Ε.Η

Μία άλλη λύση που χρησιμοποιεί τα απορρίμματα, είναι η δημιουργία ενός εργοστασίου συμπαραγωγής ενέργειας το οποίο θα χρησιμοποιεί το παραγόμενο βιοαέριο για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας - που θα διατίθεται στο πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και στο πανεπιστημιακό νοσοκομείο. Η συνολική παραγωγή θα ανέρχεται σε 1,5 GWh το χρόνο, από τα οποία η 1GWh το χρόνο θα χρησιμοποιείται για τις ανάγκες του εργοστασίου. Το πλεόνασμα θα πωλείται στη Δ.Ε.Η και το θερμικό φορτίο που παράγεται θα χρησιμοποιείται θέρμανση. Παράλληλα η εκτίμηση για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι 4.000.000 τόνους αντί των 6.900.000 τόνων που θα παραγόταν από την απόρριψη σε χωματερές για τα επόμενα 25 χρόνια.



**Σχήμα 8.2:** Εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

**Χρήση του βιοαερίου σε συμπιεστές απορριμμάτων:** Το βιοαέριο λόγω της υψηλής θερμογόνο δύναμης του, περίπου 5 Kwh/m<sup>3</sup>, αποτελεί μια πηγή ενέργειας. Μετά από μια επεξεργασία μπορεί το μεθάνιο να φθάσει σε βαθμό καθαρότητας 95-98 % και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη στους συμπιεστές των απορριμμάτων. Για το σκοπό αυτό είναι αναγκαία τρία συστήματα:

1. Καθαρισμού και συμπιεστής υψηλής πίεσης.
2. Αποθήκευση του καυσίμου.

3. Ειδικά σχεδιασμένος κινητήρας του συμπιεστή, ο οποίος θα μπορεί να χρησιμοποιήσει τόσο αέριο όσο και πετρέλαιο. Ο συμπιεστής μπορεί να λειτουργήσει τόσο με πετρέλαιο, όσο και με μεθάνιο και πετρέλαιο. Για να λειτουργήσει με μεθάνιο πρέπει λόγω της εξάρτησης του αριθμού στροφών, να χρησιμοποιηθεί για την ανάφλεξη 10-20 % Diesel.

Σύμφωνα με τον Fister υπάρχουν δύο είδη κινητήρων, ανάλογα με την λειτουργία τους (δίχρονος-τετράχρονος) και το είδος ανάφλεξης. Στην περίπτωση των κινητήρων αερίου η ανάφλεξη επιτυγχάνεται με το μπουζί.

## 8.6 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Επειδή στην πράξη αντλείται το βιοαέριο με την βοήθεια της υποπίεσης, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος της εισαγωγής αέρα στο σύστημα. Η έκρηξη είναι μια γρήγορη καύση. Αυτή η καύση εξαρτάται από την ταχύτητα της αντίδρασης και την πίεση που παράγεται από αυτήν. Η αναλογία μεθανίου – αέρα 5 και 15% αποτελεί ένα μίγμα που οδηγεί σε έκρηξη. Βέβαια, επειδή στο βιοαέριο υπάρχουν και αδρανή αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο, αυτή η περιοχή μπορεί να διαφοροποιηθεί.

Υπάρχουν τριών ειδών μέτρα προστασία από εκρήξεις:

1. Μέτρα τα οποία εμποδίζουν την δημιουργία ατμόσφαιρας δυνατή για έκρηξη.
2. Μέτρα που αποτρέπουν την ανάφλεξη σε περιοχές με πιθανότητες έκρηξης.
3. Μέτρα κατασκευαστικά τα οποία μειώνουν τις επιπτώσεις από τυχόν εκρήξεις.

Ένας χώρος ελεγχόμενης εναπόθεσης μπορεί να χωρισθεί σε 3 ζώνες. Η ζώνη 0 περιλαμβάνει τις περιοχές με συνεχή δυνατότητα εκρήξεων, η ζώνη 1 περιλαμβάνει τις περιοχές που επεισοδιακά μπορούν να δημιουργηθούν εκρήξεις, η ζώνη 2 περιλαμβάνει τις περιοχές που σπάνια μπορεί να συμβεί έκρηξη. Για την αποφυγή ατυχημάτων στις ζώνες πρέπει να τηρούνται τα εξής:

- α) Το υλικό κατασκευής να είναι πολύ καλής ποιότητας και οι αγωγοί να αντέχουν σε υψηλές πιέσεις.
- β) Ελαχιστοποίηση της εισαγωγής αέρα στον χώρο.
- γ) Παρακολούθηση όλων των εγκαταστάσεων.
- δ) Σωστές στεγανοποιήσεις των συστημάτων άντλησης μεταφοράς.
- ε) Ορθή τοποθέτηση των αγωγών και έλεγχος με πρωτόκολλο.

## 8.7 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗ Ε.Ε

Υπάρχουν σήμερα περισσότερες από 3000 μονάδες βιοαερίου που λειτουργούν σε εμπορική κλίμακα στις χώρες της ΕΕ. Η συνολική παραγωγή βιοαερίου αυξήθηκε σημαντικά την τελευταία τριετία, από 4 εκ. το 2004, σε 4,9 εκ. το 2005 και 5,35 εκ (62.200 GWh) το 2006. Αντίστοιχα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο το 2006, αναμένεται σε 17.272 GWh .

Το συνολικό δυναμικό σε ευρωπαϊκό επίπεδο για το 2010 προσδιορίζεται σε 8,6 εκ. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της Σουηδίας. Σύμφωνα με στοιχεία του Swedish Gas Center, το 2007 λειτουργούν 233 μονάδες, με συνολική παραγωγή βιοαερίου 1,3 TWh. Από τις ανωτέρω μονάδες 139 είναι βιολογικοί καθαρισμοί, 70 ΧΥΤΑ, 13 κεντρικές μονάδες συνδυασμένης χώνευσης, με συνολική παραγωγή βιοαερίου 0.56 TWh, 0.46 TWh και 0,16 TWh αντιστοίχως.

Επίσης υπάρχουν 31 μονάδες αναβάθμισης βιοαερίου, 63 δημόσιοι σταθμοί διανομής βιοαερίου, 18 σταθμοί διανομής βιοαερίου ειδικά για λεωφορεία (slow filling bus), και 5298 οχήματα που κινούνται με μεθάνιο, εκ των οποίων 4519 επιβατικά, 225 φορτηγά και 554 λεωφορεία.

Το σύνολο των πωλήσεων αερίου στη Σουηδία ανέρχεται σε 45.000 kN/m<sup>3</sup>, εκ των οποίων το 54% (24.300 kN/m<sup>3</sup>) αφορά βιοαέριο και το υπόλοιπο αφορά το φυσικό αέριο. Το κόστος 54% (24.300 kN/m<sup>3</sup>) αφορά βιοαέριο και το υπόλοιπο αφορά το φυσικό αέριο. Το κόστος παραγωγής βιοαερίου στην Σουηδία είναι 0,17 - 0,50€/m<sup>3</sup>. Η τιμή αγοράς του αναβαθμισμένου βιοαερίου και του φυσικού αερίου ανέρχεται σε 0,70 - 0,90€/m<sup>3</sup>. Οι τιμές πετρελαίου και βενζίνης αντίστοιχα ανέρχονται σε 1,1€/l και 1,2 €/l. Το κόστος αναβάθμισης του βιοαερίου σε μονάδες των 200 - 300 m<sup>3</sup>/h είναι 0,01 – 0,015 €/kWh αναβαθμισμένου βιοαερίου.

Τα οχήματα που κινούνται με βιοαέριο στη Σουηδία, έχουν δυνατότητα ελεύθερης στάθμευσης σε πολλές πόλεις, απαλλάσσονται των τελών κυκλοφορίας και των διοδίων στην πόλη της Στοκχόλμης, ακόμη έχουν ετήσια φοροαπαλλαγή € 450 αν είναι επαγγελματικά οχήματα, ενώ τα ταξί κινούνται σε ειδικές λωρίδες. Επίσης μείωση έως 40% φόρου σε εταιρείες που χρησιμοποιούν οχήματα που κινούνται με βιοαέριο. Τέλος δεν υπάρχει φορολογία στο βιοαέριο παρά μόνο ΦΠΑ.

Τα τελευταία χρόνια οι τάσεις ανάπτυξης του βιοαερίου κινούνται προς την κατεύθυνση δημιουργίας κεντρικών μονάδων συνδυασμένης χώνευσης αποβλήτων στη Δανία. Την ανάπτυξη μονάδων μικρής κλίμακας αγροτό –κτηνοτροφικών στην Γερμανία και τη χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου για μεταφορές ή την διοχέτευση στο δίκτυο του φυσικού αερίου στην Σουηδία, Ελβετία, Γερμανία και Αυστρία.

## **8.8 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Στην Ελλάδα την δεκαετία του '80 έγιναν πολλές προσπάθειες για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου παραγόμενου από επεξεργασία ζωικών αποβλήτων και οργανικών αποβλήτων γεωργικών βιομηχανιών - κυρίως αποβλήτων ελαιουργείων. Τα περισσότερα από αυτά τα έργα είχαν χαρακτήρα επιδεικτικό και μετά τον αρχικό ενθουσιασμό και την ασφάλεια της επιστημονικής υποστήριξης, οδηγήθηκαν σε αχρηστία. Κύριες αιτίες για αυτό ήταν η έλλειψη πληροφόρησης, κατάλληλης υποδομής, κρατικού ενδιαφέροντος και οικονομικών κινήτρων.

Σήμερα η εξέλιξη: α) του θεσμικού πλαισίου και η εναρμόνιση του με την κοινοτική νομοθεσία, ιδιαίτερα με τον κανονισμό (ΕΚ) 1774/2002(Άρθρο 15), για την έγκριση μονάδων παραγωγής βιοαερίου και μονάδων λιπασματοποίησης β) των οικονομικών εργαλείων, με το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του ΚΠΣ "Ανταγωνιστικότητα", το νέο Αναπτυξιακό Νόμο 2601, τη χρηματοδότηση Πρόγραμμα του ΚΠΣ "Ανταγωνιστικότητα", το νέο Αναπτυξιακό Νόμο 2601, τη χρηματοδότηση της ΕΕ για προγράμματα ΑΠΕ, όπως «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη» (2007-2013), το Έβδομο Πρόγραμμα Πλαίσιο για την έρευνα (2007-2013), το σύστημα τιμολόγησης για την ηλεκτροπαραγωγή ΑΠΕ σύμφωνα με τον Ν.3468/2006 και γ) των κοινωνικοοικονομικών συνθηκών, όπως η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης για το περιβάλλον και η επερχόμενη απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς (ως γνωστόν από την 1/1/2005 σύμφωνα με τις συμβατικές της υποχρεώσεις η Ελλάδα πρέπει να εξασφαλίσει στους εμπορικούς καταναλωτές τη δυνατότητα επιλογής για την αγορά ηλεκτρικού ρεύματος εκτός της ΔΕΗ και άλλων παραγωγών και από τον Μάρτιο του 2007 πρέπει να έχει εξασφαλίσει εναλλακτικούς προμηθευτές και για τον οικιακό καταναλωτή), έχουν αλλάξει σημαντικά τα δεδομένα έτσι ώστε το μέλλον να εμφανίζεται ευοίωνα για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου.



Ένας αριθμός έργων βιοαερίου έχουν ήδη συμπεριληφθεί σε εθνικά προγράμματα για την ενέργεια. Στο ΧΥΤΑ Α. Λιοσίων μία σημαντική επένδυση παραγωγής ηλ. ενέργειας με αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου σε ΜΕΚ, εγκατεστημένης ισχύος 23,5 MW. Επιπλέον, υπάρχει ήδη εγκατεστημένο αντίστοιχο έργο της ΕΥΔΑΠ στην Ψυτάλλεια για την ενεργειακή αξιοποίηση της παραγόμενης ιλύος από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, με συμπαραγωγή, εγκατεστημένης ισχύος 7,5 MW. Τα έργα ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου που βρίσκονται σε λειτουργία στον Ελληνικό χώρο έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύ 36 MW περίπου.

## **9. ΈΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ**

### **9.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση που έγινε στα πλαίσια της έρευνας. Για τη διεξαγωγή αυτής της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του ερωτηματολογίου.

Στην έρευνα αυτή, η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 100 ατόμων. Πιο συγκεκριμένα οι γυναίκες αποτέλεσαν το 43% του δείγματος ενώ οι άντρες το 57%. Το δείγμα προήλθε από την περιοχή της Πάτρας και είχε ηλικία 18 ετών και άνω.

### **9.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Κύριος σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη και η καταγραφή των απόψεων των δημοτών της Πάτρας, σχετικά με τα θέματα διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων του δήμου τους.

Αναλυτικότερα οι στόχοι της έρευνας είναι οι ακόλουθοι:

ü Η αξιολόγηση των υπηρεσιών καθαριότητας και της έκτασης των προσπάθειών ανακύκλωσης του Δήμου Πατρών, από τη πλευρά των δημοτών.

ü Η διερεύνηση της παραγωγής των οικιακών στερεών αποβλήτων, η καταγραφή της συχνότητας συλλογής τους και τη γνώμη των κατοίκων για αυτήν.

ü Η εξέταση των γνώσεων των κατοίκων της περιοχής της Πάτρας, σχετικά με τα θέματα ανακύκλωσης, την κατάληξη των απορριμμάτων τους και τη γνώμη που έχουν για αυτήν.

ü Η καταγραφή των προτεινόμενων τρόπων ενημέρωσης σε θέματα διαχείρισης στερεών απορριμμάτων.

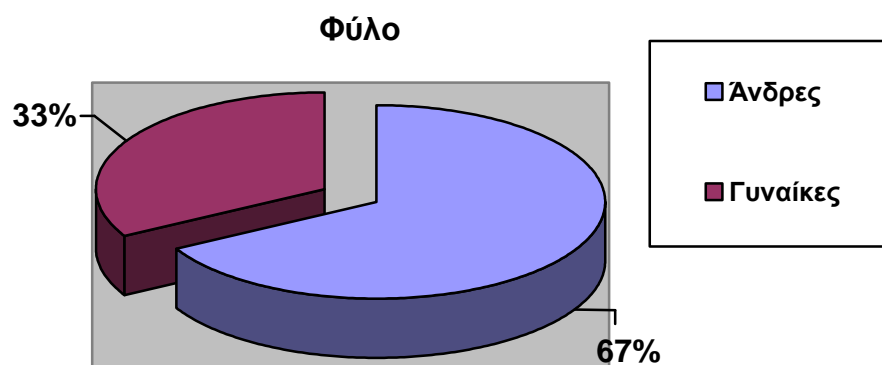
Τέλος το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την περιγραφική ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από την έρευνα.

### 9.3 Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

#### 9.3.1 Προσωπικά στοιχεία ερωτηθέντων

##### 1. Ερώτηση: Φύλλο

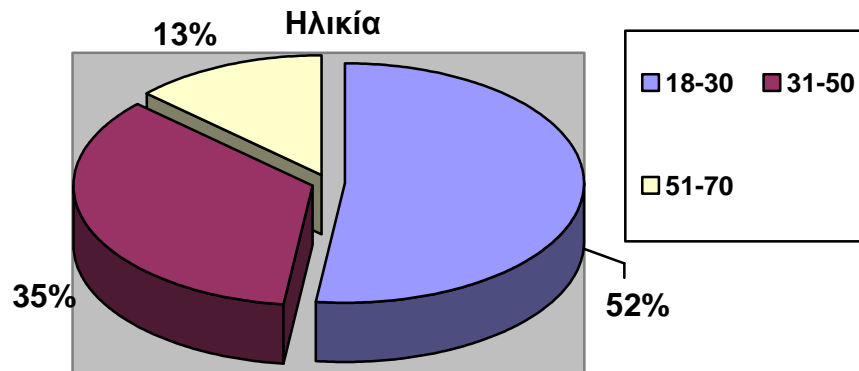
Το δείγμα που εξετάστηκε στην έρευνα αυτή, αποτελείται από 100 άτομα, εκ των οποίων τα 67 ήταν άνδρες, ενώ τα 33 ήταν γυναίκες.



**Σχήμα 9.1:** Φύλο ερωτηθέντων.

## 2. Ερώτηση: Ηλικία

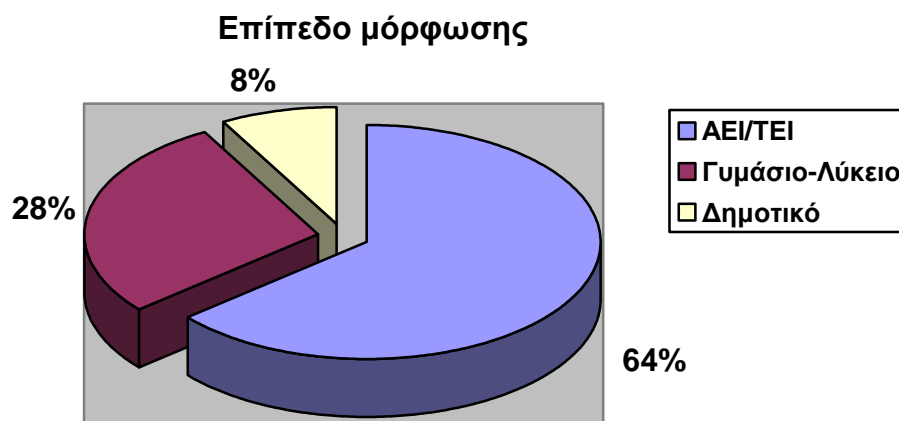
Από το σύνολο του δείγματος, 52 άτομα είχαν ηλικία από 18-30, 35 άτομα είχαν ηλικία 31-50 και 13 άτομα είχαν ηλικία 51-70.



Σχήμα 9.2: Ηλικία ερωτηθέντων.

## 3. Ερώτηση: Ποιο είναι το επίπεδο μόρφωσή σας;

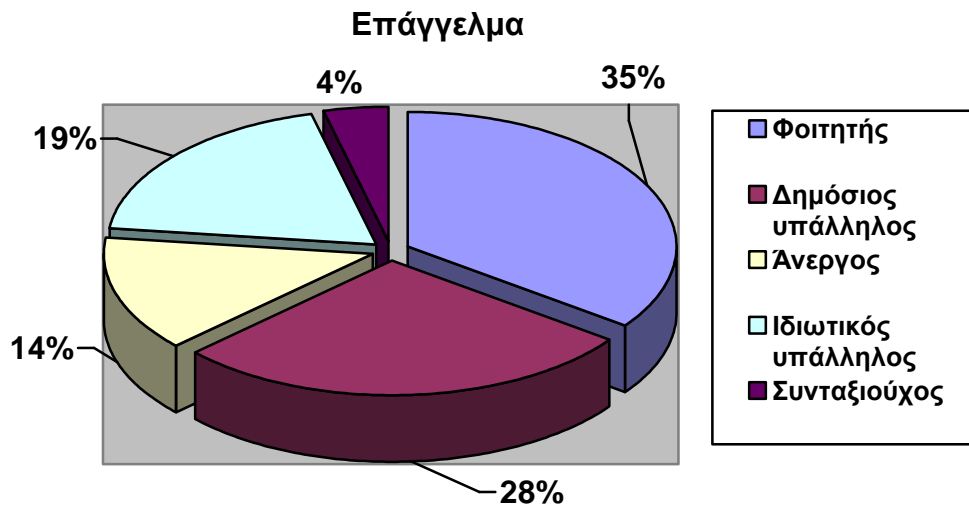
Σχετικά με το επίπεδο μόρφωσής τους, οι 64 είναι απόφοιτοι ΑΕΙ/ΤΕΙ, οι 28 απόφοιτοι γυμνασίου-λυκείου και τέλος 8 απόφοιτοι δημοτικού.



Σχήμα 9.3: Επίπεδο μόρφωσης ερωτηθέντων.

#### 4. Ερώτηση: Ποιό είναι το επάγγελμα σας;

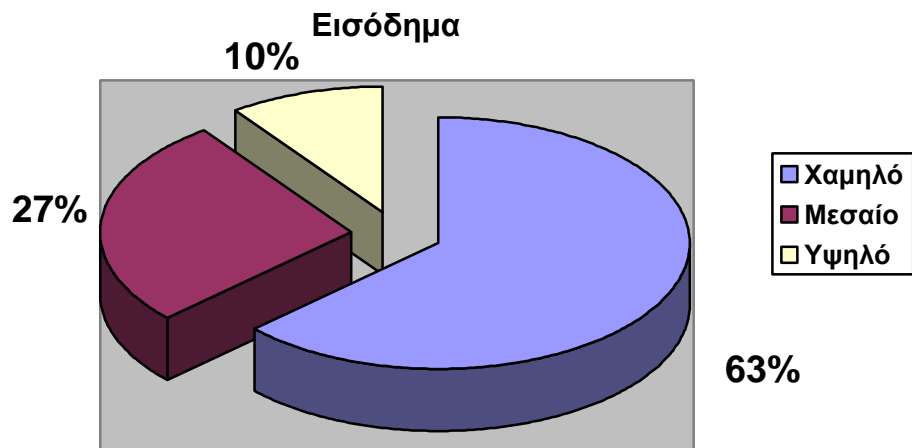
Σχετικά με το επάγγελμα τους, οι 35 είναι φοιτητές, οι 28 δημόσιοι υπάλληλοι, οι 14 άνεργοι, οι 19 ιδιωτικοί υπάλληλοι και τέλος 4 συνταξιούχοι.



**Σχήμα 9.4:** Επάγγελμα ερωτηθέντων.

**5. Ερώτηση:** Πώς θα χαρακτηρίζατε το εισόδημά σας;

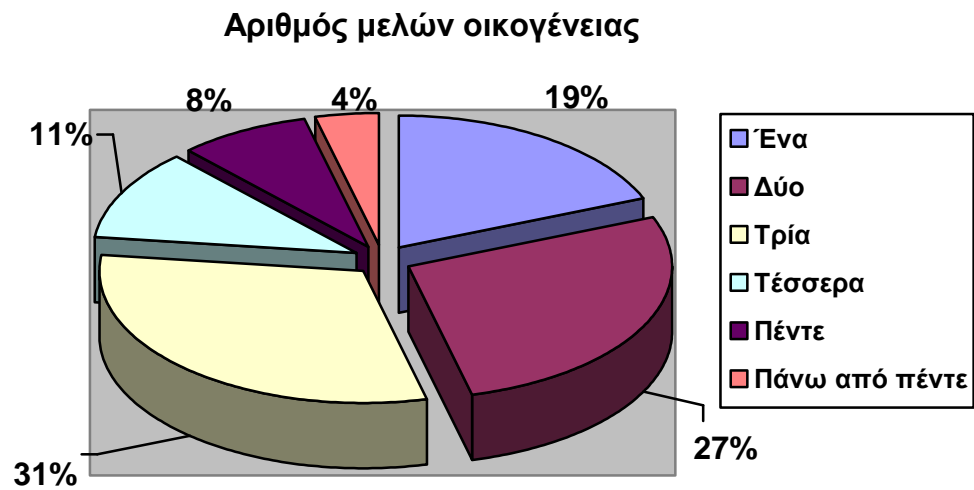
Στη συγκεκριμένη ερώτηση, 63 απάντησαν ότι έχουν χαμηλό εισόδημα, 27 απάντησαν ότι έχουν μεσαίο εισόδημα και τέλος 10 απάντησαν ότι έχουν υψηλό εισόδημα.



**Σχήμα 9.5:** Εισόδημα ερωτηθέντων.

**6. Ερώτηση:** Από πόσα άτομα αποτελείται η οικογένεια σας;

Στην ερώτηση αυτή, 19 απάντησαν ότι έχουν ένα μέλος στην οικογένεια τους, 27 ότι έχουν δύο μέλη, 31 ότι έχουν τρία μέλη, 11 ότι έχουν τέσσερα μέλη, 8 ότι έχουν πέντε μέλη και τέλος 4 ότι έχουν πάνω από πέντε μέλη.

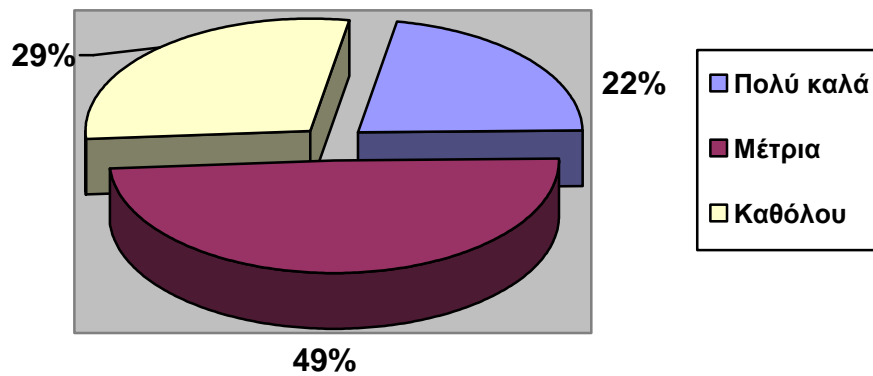


**Σχήμα 9.6:** Αριθμός μελών οικογένειας.

**7. Ερώτηση:** Είστε ενημερωμένος/η με τα περιβαλλοντικά θέματα;

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, φαίνεται 22 από αυτούς είναι πολύ καλά ενημερωμένοι, 49 πιστεύουν ότι είναι μέτρια ενημερωμένοι και τέλος 29 από αυτούς καθόλου.

**Ενημερωμένος/η για περιβαλλοντικά θέματα**



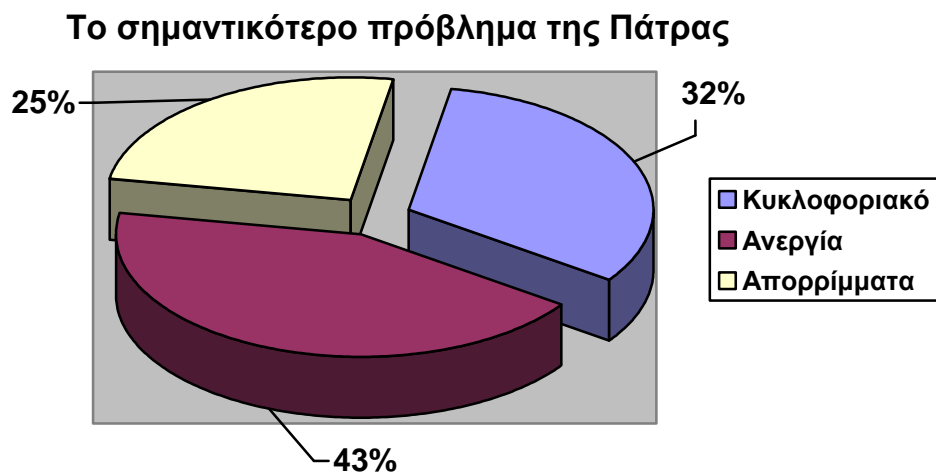
**Σχήμα 9.7:** Ενημέρωση ερωτηθέντων για περιβαλλοντικά θέματα.



### 9.3.2 Στοιχεία σχετικά με τη διαχείριση στερεών αστικών απορριμμάτων του Δήμου Πατρών

**8. Ερώτηση:** Ποιό πιστεύεται από τα παρακάτω ότι είναι το πιο σημαντικό πρόβλημα της Πάτρας;

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, 32 απάντησαν το κυκλοφοριακό, 43 την ανεργία και 25 τα απορρίμματα.

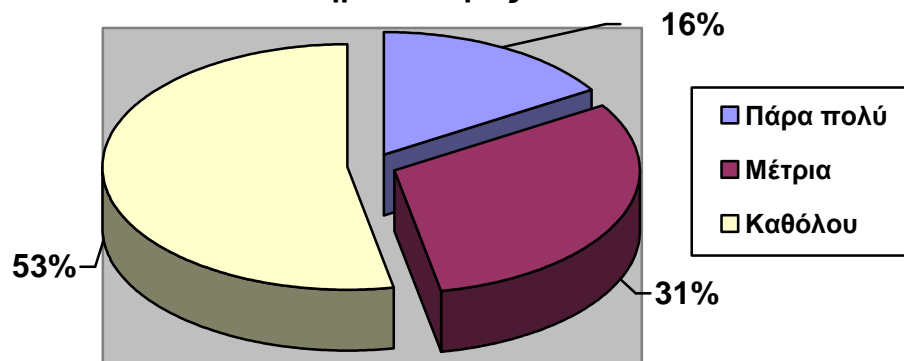


**Σχήμα 9.8:** Γνώμη ερωτηθέντων για το σημαντικότερο πρόβλημα της Πάτρας.

**9. Ερώτηση:** Είστε ευχαριστημένος/η από τις προσπάθειες ανακύκλωσης του Δήμου Πάτρας.

Στη συγκεκριμένη ερώτηση, 16 απάντησαν ότι είναι πάρα πολύ ευχαριστημένοι, 31 ότι είναι μέτρια ευχαριστημένοι και τέλος 53 καθόλου ευχαριστημένοι.

**Ευχαριστημένος/η από τις προσπάθειες ανακύκλωσης του Δήμου Πάτρας**



**Σχήμα 9.9:** Ικανοποίηση από τις προσπάθειες ανακύκλωσης της Πάτρας.

**10. Ερώτηση:** Πώς αξιολογείται τις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου Πατρών;

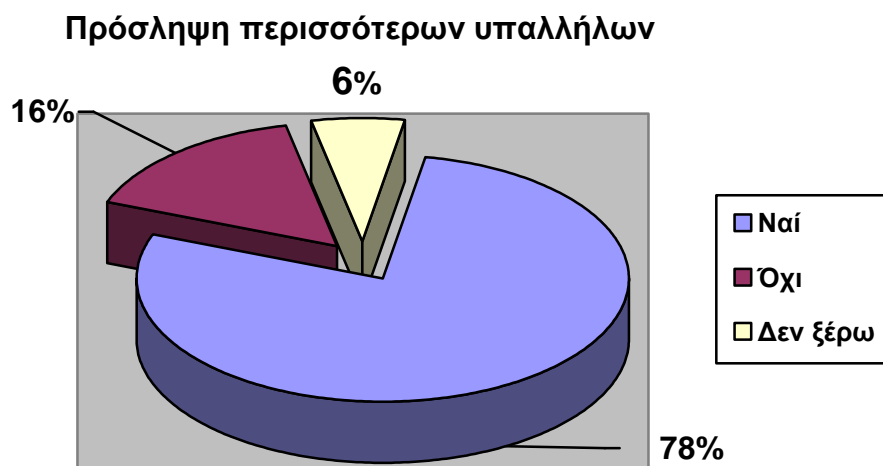
Σύμφωνα με τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, 14 απάντησαν πολύ καλές, 57 μέτριες και τέλος και 29 απαράδεκτες.



**Σχήμα 9.10:** Αξιολόγηση ερωτηθέντων για τις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου Πατρών.

**11. Ερώτηση:** Πιστεύεται ότι η πρόσληψη περισσότερων υπαλλήλων στις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου Πατρών θα βοηθήσει στη μείωση των απορριμμάτων της Πάτρας;

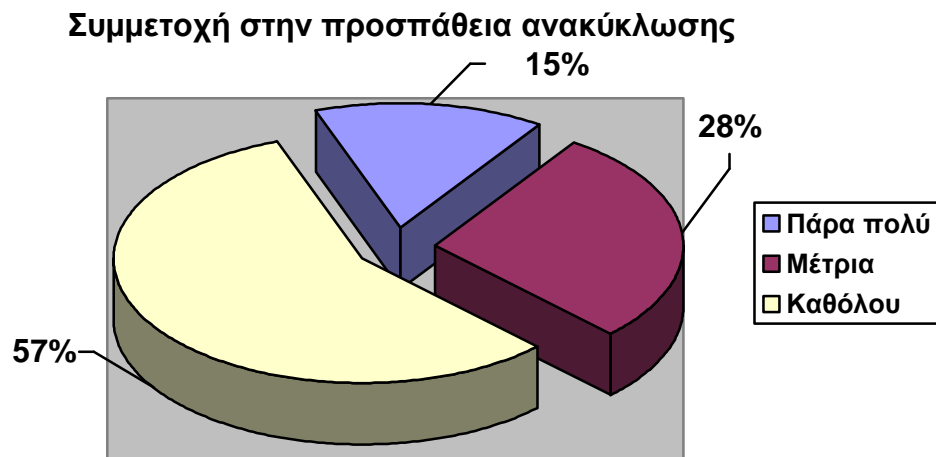
Τα αποτελέσματα της έρευνας, έδειξαν ότι 78 από τους ερωτηθέντες πιστεύουν ότι με την πρόσληψη περισσότερων υπαλλήλων στις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου θα μειωθούν τα απορρίμματα της Πάτρας, ενώ 16 όχι και τέλος 6 δεν ξέρω.



**Σχήμα 9.11:** Γνώμη των ερωτηθέντων σχετικά με το αν η πρόσληψη περισσότερων υπαλλήλων στις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου Πατρών θα βοηθήσει στη μείωση των απορριμμάτων στην Πάτρα.

**12. Ερώτηση:** Πόσο συμμετέχετε στην προσπάθεια ανακύκλωσης;

Στη συγκεκριμένη ερώτηση, 15 απάντησαν ότι συμμετέχουν στην προσπάθεια ανακύκλωσης, ενώ 28 μέτρια και τέλος 57 καθόλου.



**Σχήμα 9.12:** Συμμετοχή στην προσπάθεια ανακύκλωσης.

**13. Ερώτηση:** Υπάρχουν κάδοι ανακύκλωσης στην περιοχή που μένετε;

Από τα αποτελέσματα της έρευνας, 62 απάντησαν ότι υπάρχουν, 31 ότι δεν υπάρχουν και τέλος 7 δεν ξέρω.



**Σχήμα 9.13:** Γνώση των ερωτηθέντων σχετικά με την ύπαρξη κάδων ανακύκλωσης.

**14. Ερώτηση:** Γνωρίζεται ποιό από τα παρακάτω χρώματα έχουν οι κάδοι ανακύκλωσης;

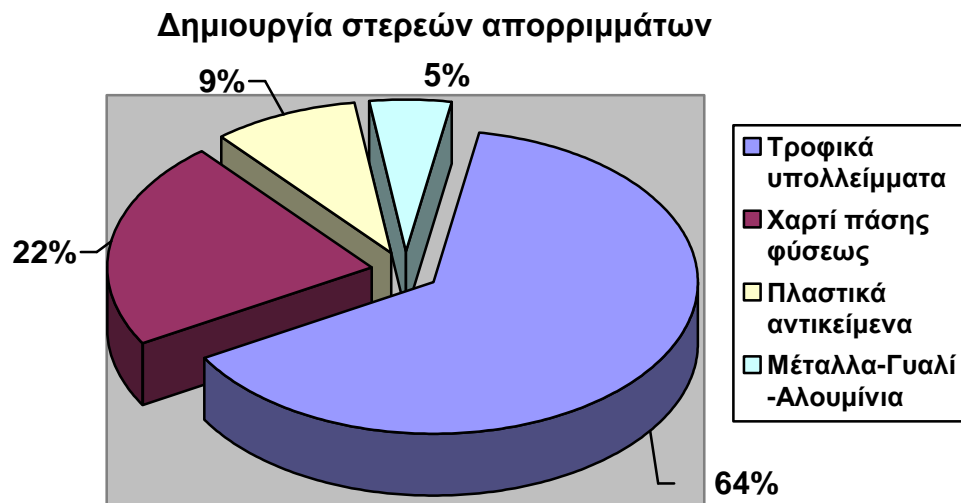
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, 97 απάντησαν χρώμα μπλε, 2 πράσινο και τέλος 1 μεταλλικό.



**Σχήμα 9.14:** Γνώμη των ερωτηθέντων σχετικά με το χρώμα των κάδων ανακύκλωσης.

**15. Ερώτηση:** Ποια στερεά απορρίμματα από τα παρακάτω δημιουργούνται σπίτι σας ποιο πολύ κατά την διάρκεια μιας ημέρας;

Τα αποτελέσματα της έρευνας, έδειξαν ότι 64 απάντησαν τροφικά υπολείμματα, ενώ 22 χαρτί πάσης φύσεως, 9 πλαστικά αντικείμενα και τέλος 5 μέταλλα-γυαλί-αλουμίνια.

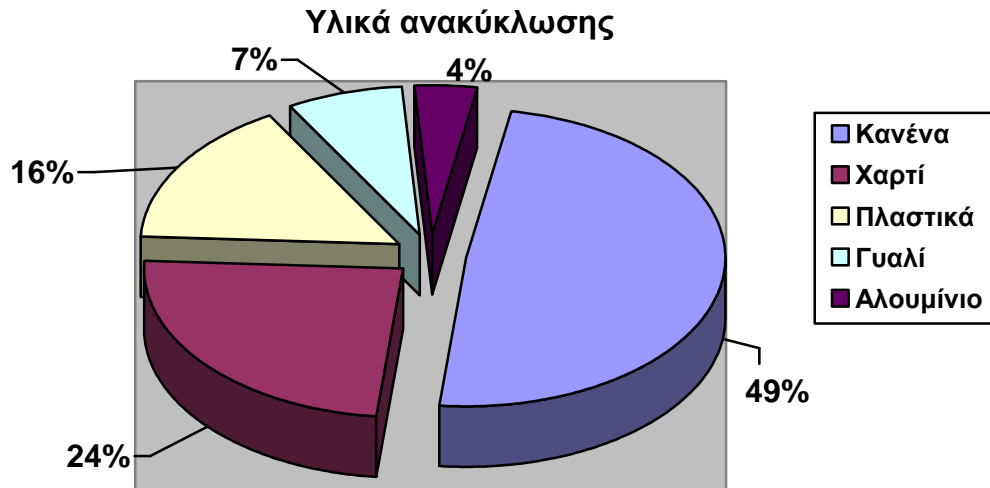


**Σχήμα 9.15:** Είδη στερεών απορριμμάτων που δημιουργούνται σπίτι κατά την διάρκεια μιας ημέρας.



**16. Ερώτηση:** Τι υλικά από τα παρακάτω ανακυκλώνεται σπίτι σας;

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, 49 απάντησαν ότι δεν ανακυκλώνουν, 24 ότι ανακυκλώνουν χαρτί, 16 πλαστικά, 7 γυαλί και τέλος 4 αλουμίνιο.



**Σχήμα 9.16:** Υλικά που ανακυκλώνουν οι ερωτηθέντες στο σπίτι τους.

**17. Ερώτηση:** Πόσες φορές περνάνε τα απορριμματοφόρα από την περιοχή που μένετε κατά τη διάρκεια της εβδομάδας για τη συλλογή απορριμμάτων;

Στην ερώτηση αυτή, 64 απάντησαν ότι τα απορριμματοφόρα περνάνε κάθε μέρα, 22 κάθε δεύτερη μέρα, 13 κάθε τρίτη μέρα και τέλος 1 δεν ξέρω.



**Σχήμα 9.17:** Συχνότητα συλλογής απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα του Δήμου Πατρών.

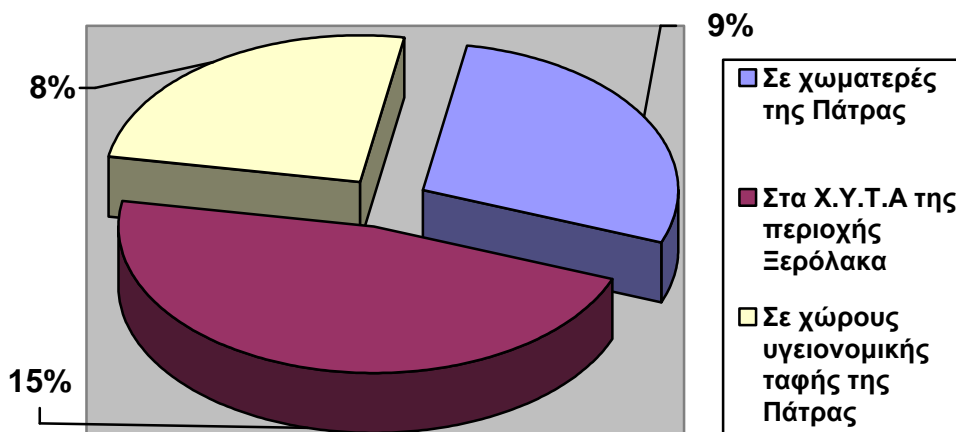
**18. Ερώτηση:** Γνωρίζεται που καταλήγουν τα στερεά απορρίμματα;

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των δημοτών, 43 απάντησαν όχι δεν γνωρίζω, 25 δεν έχω άποψη και τέλος 32 απάντησαν ναι γνωρίζω. Στην ερώτηση αυτή έχουμε επισημάνει ότι όσοι απαντήσουν (ναι) να μας προσδιορίσουν που καταλήγουν. Οι απαντήσεις που μας έδωσαν όσοι είπαν (ναι) είναι οι εξής: 9 απάντησαν ότι πηγαίνουν σε χωματερές της Πάτρας ενώ 15 στα Χ.Υ.Τ.Α περιοχής Ξερόλακκας ενώ 8 ότι πηγαίνουν σε υγειονομικούς χώρους ταφής της Πάτρας.



**Σχήμα 9.18:** Γνώση των ερωτηθέντων αν γνωρίζουν που καταλήγουν τα στερεά απορρίμματα της Πάτρα.

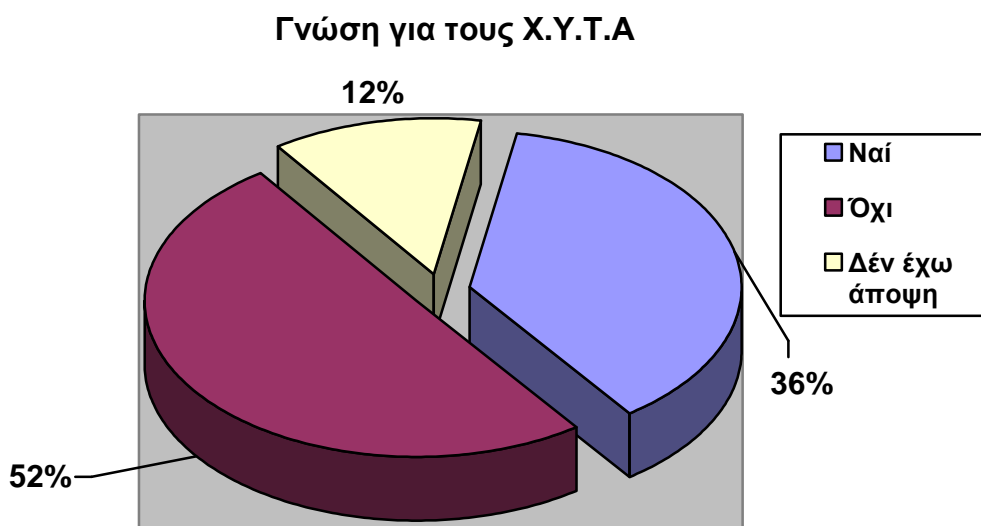
### Κατάληξη των στερεών απορριμμάτων της Πάτρας



**Σχήμα 9.19:** Γνώση των ερωτηθέντων που απάντησαν (ναι) που καταλήγουν τα στερεά απορρίμματα της Πάτρας.

### 19. Ερώτηση: Γνωρίζεται τι είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.Τ.Α);

Στην ερώτηση αυτή, 36 απάντησαν ναι, 52 απάντησαν όχι και 12 απάντησαν δεν έχω άποψη.



**Σχήμα 9.20:** Γνώση των ερωτηθέντων για τους Χ.Υ.Τ.Α.

**20. Ερώτηση:** Είναι απαραίτητοι οι χώροι υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.Τ.Α);

Στην ερώτηση αυτή, 34 απάντησαν ναι, 48 όχι και τέλος 18 απάντησαν δεν έχω άποψη.



**Σχήμα 9.21:** Γνώμη των ερωτηθέντων αν είναι απαραίτητοι οι Χ.Υ.Τ.Α.

**21. Ερώτηση:** Γνωρίζεται ότι υπάρχουν χώροι υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.Τ.Α) στην πόλη της Πάτρας στην περιοχή Ξερόλακκα;

Στην ερώτηση αυτή, 15 απάντησαν ναι, 60 όχι και τέλος 25 απάντησαν δεν έχω άποψη.



**Σχήμα 9.22:** Γνώση των ερωτηθέντων σχετικά με το αν γνώριζαν το Χ.Υ.Τ.Α στην περιοχή Ξερόλλακκα της Πάτρας.

**22. Ερώτηση:** Θα συμφωνούσατε με την εγκατάσταση ενός Χ.Υ.Τ.Α στην περιοχή σας;

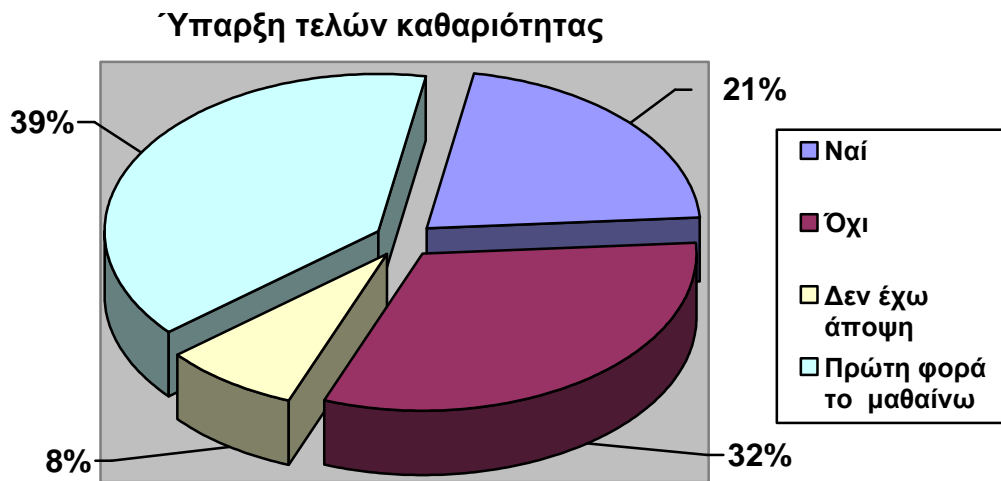
Τα αποτελέσματα της έρευνας, έδειξαν ότι μόνο 16 ναι θα συμφωνούσαν, 63 όχι δεν θα συμφωνούσαν και τέλος 21 δεν θα ήξεραν αν θα συμφωνούσαν.



**Σχήμα 9.23:** Γνώμη των ερωτηθέντων σε περίπτωση εγκατάστασης Χ.Υ.Τ.Α στην περιοχή τους.

**23. Ερώτηση:** Γνωρίζεται για την ύπαρξη τελών καθαριότητας;

Στην ερώτηση αυτή, 21 απάντησαν ότι ναι γνωρίζουν την ύπαρξη τελών καθαριότητας. 32 όχι δεν γνωρίζουν, 8 απάντησαν δεν έχω άποψη, ενώ τέλος 39 το άκουγαν πρώτη φορά την ύπαρξη τελών καθαριότητας.



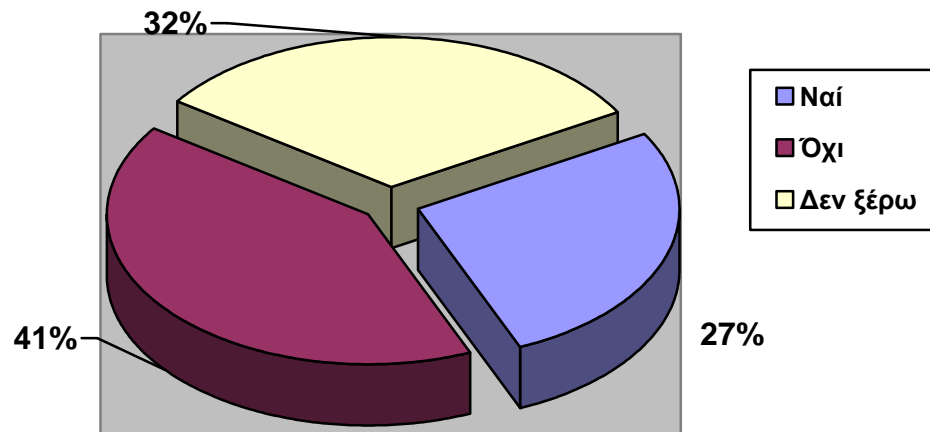
**Σχήμα 9.24:** Γνώση των ερωτηθέντων αν ήξεραν για την ύπαρξη των τελών καθαριότητας.



**24. Ερώτηση:** Πιστεύεται ότι υπάρχει ενημέρωση για την ανακύκλωση από το Δήμο Πατρών;

Στην ερώτηση αυτή, 27 απάντησαν ναι ότι υπάρχει ενημέρωση, 41 όχι ότι δεν υπάρχει ενημέρωση και τέλος 32 δεν ξέρουν αν υπάρχει ενημέρωση.

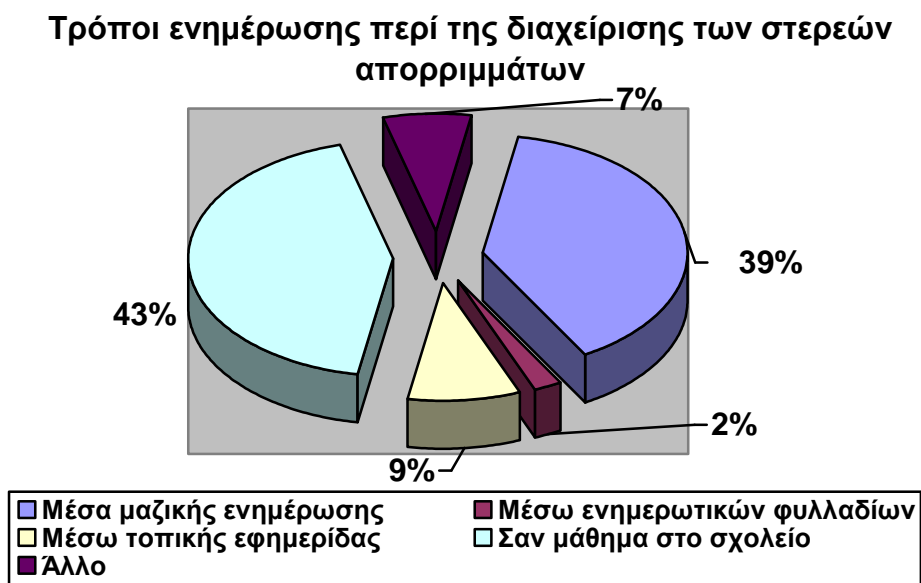
**Ενημέρωση για την ανακύκλωση από το Δήμο Πατρών**



**Σχήμα 9.25:** Γνώμη των ερωτηθέντων για το αν υπάρχει ενημέρωση για την ανακύκλωση από τον Δήμο Πάτρας.

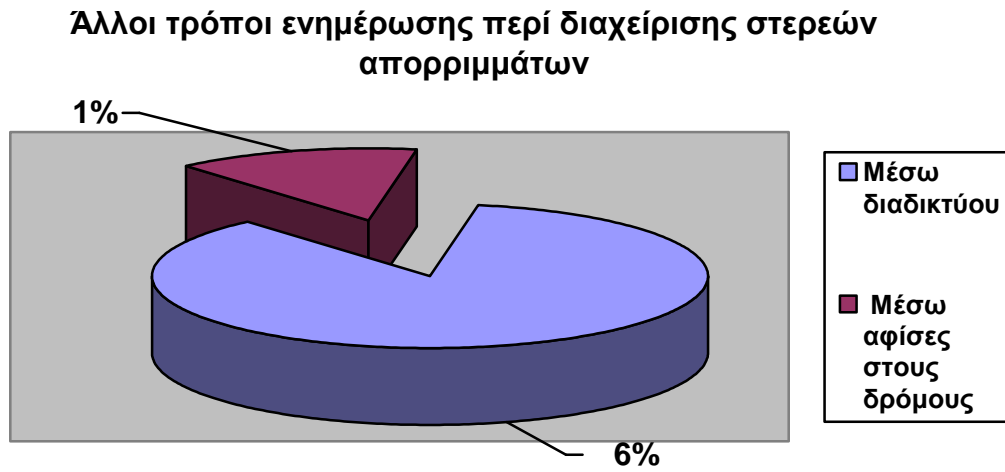
**25. Ερώτηση:** Ποιούς από τους παρακάτω τρόπους πιστεύεται ότι είναι καλύτερος για την ενημέρωση περί διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων;

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, 39 απάντησαν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, 2 μέσω ενημερωτικών φυλλαδίων, 9 μέσω τοπικής εφημερίδας, 43 σαν μάθημα στο σχολείο και τέλος 7 άλλο. Στην ερώτηση αυτή έχουμε επισημάνει ότι όσοι απαντήσουν άλλο να μας προτείνουν κάποιο δικό τους.



**Σχήμα 9.26:** Γνώμη των ερωτηθέντων σχετικά με ποιό θεωρούν καλύτερο τρόπο ενημέρωσης περί διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων.

Από τους 7 που απάντησαν άλλο τρόπο διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων, οι 6 απάντησαν μέσω διαδικτύου και 1 μόνος απάντησε μέσω αφίσες στους δρόμους.



**Σχήμα 9.27:** Γνώμη των ερωτηθέντων που απάντησαν άλλο τρόπο ενημέρωσης περί διαχείρισης στερεών απορριμμάτων.

#### 9.4 Συμπεράσματα έρευνας

Για την διεξαγωγή της πτυχιακής, διανεμήθηκαν ερωτηματολόγια σε μερικούς κατοίκους του Δήμου Πάτρας. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε ότι ο αριθμός των αντρών ήταν περισσότερος από αυτών των γυναικών.

Επίσης τα άτομα νεαρότερης ηλικίας ήταν περισσότερα από αυτά των μεγαλύτερων ηλικιών.

Εν συνεχεία, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι είχαν τελειώσει Α.Τ.Ε.Ι./Α.Ε.Ι και λίγοι ήταν αυτοί που είχαν τελειώσει γυμνάσιο-λύκειο και ελάχιστοι δημοτικό. Προκύπτει ότι ο πληθυσμός της Πάτρας είναι μορφωμένος παρόλο που η πόλη παρουσιάζει μεγάλα ποσοστά ανεργίας.

Οι περισσότεροι που απάντησαν ήταν φοιτητές οι υπόλοιποι ιδιωτικοί και δημόσιοι υπάλληλοι και λίγοι ήταν άνεργοι και συνταξιούχοι.

Επίσης, 63 από τους ερωτηθέντες δηλώνουν ότι έχουν χαμηλό εισόδημα, πράγμα που αν συνδυαστεί με το μορφωτικό τους επίπεδο, φαίνεται ότι ο μισθός τους δεν ανταποκρίνεται πολλές φορές με τις γνώσεις που προσφέρουν. Επίσης οι περισσότεροι είχαν τρία μέλη στην οικογένεια τους κάτι που δείχνει τη συμπεριφορά των δημοτών σε επίπεδο οικογένειας.

Όσον αφορά την περιβαλλοντική τους ενημέρωση οι 78 δεν είναι πλήρως ενημερωμένοι και για αυτό είναι απρόθυμοι να συμμετάσχουν σε δράσεις που αφορούν την προστασία περιβάλλοντος. Επίσης ένα σημαντικό στοιχείο που προέκυψε είναι ότι οι περισσότεροι δήλωσαν ότι το σημαντικότερο πρόβλημα της Πάτρας είναι η ανεργία κάτι που δείχνει ότι έχουν στο περιθώριο το πρόβλημα διαχείρισης των απορριμμάτων.

Σχετικά με το αν είναι ευχαριστημένοι από τις προσπάθειες του δήμου ανακύκλωσης οι περισσότεροι απάντησαν καθόλου και μπορεί να είναι κι ένας λόγος που δεν προσπαθούν και οι ίδιοι οι δημότες αφού βλέπουν την ανεπάρκεια του Δήμου τους. Επιπρόσθετα, 57 δήλωσαν ότι οι υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου αγγίζουν την μετριότητα, ενώ 29 ότι είναι τελείως απαράδεκτες και μόνο ένα μικρό ποσοστό είναι ικανοποιημένο. Στον ίδιο λόγο αποδίδεται και η απάντηση που έδωσαν σχετικά με το αν ο δήμος θα πρέπει να προσλάβει περισσότερα άτομα

δείχνει ότι οι περισσότεροι συμφωνούν με την πρόσληψη υπαλλήλων στον Δήμο στις υπηρεσίες καθαριότητας.

Στη συνέχεια βλέπουμε ότι οι περισσότεροι και συγκεκριμένα οι 57 δεν συμμετέχουν στη προσπάθεια ανακύκλωσης και μόνο λίγοι είναι αυτοί που ανακυκλώνουν. Επίσης μεγάλο ποσοστό απάντησε ότι υπάρχουν κάδοι ανακύκλωσης στην περιοχή τους αλλά παρόλα αυτά ένα σημαντικό ποσοστό απάντησε όχι και λίγοι είναι αυτοί που έχουν άγνοια. Όλοι σχεδόν γνωρίζουν τους κάδους ανακύκλωσης και αυτό οφείλεται στις διαφημιστικές καμπάνιες αλλά παρόλα αυτά δεν προθυμοποιούνται να ανακυκλώσουν.

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότεροι δημιουργούν τροφικά υπολείμματα και χαρτί πάσης φύσεως σε καθημερινό επίπεδο ως απόβλητα, γεγονός που δείχνει ότι η μέση παραγωγή των απορριμμάτων παρουσιάζει αυξητικές τάσεις τα τελευταία χρόνια και βρίσκεται σε αναλογία με τα μέλη που υπάρχουν. Ένα δυσάρεστο στοιχείο που βλέπουμε είναι ότι οι περισσότεροι και στην συγκεκριμένη περίπτωση οι 49 δεν ανακυκλώνουν κανένα υλικό, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό ανακυκλώνει και το υλικό που ανακυκλώνουν περισσότερο είναι το χαρτί.

Σχετικά με το πόσες φορές την εβδομάδα περνάνε τα απορριμματοφόρα για την συλλογή των απορριμμάτων από την περιοχή τους οι περισσότεροι απάντησαν κάθε μέρα, αλλά υπάρχουν και αυτοί που απάντησαν κάθε δεύτερη η τρίτη, αυτό μας δείχνει την προσπάθεια του Δήμου που κάνει για την καθημερινή συλλογή των απορριμμάτων, αλλά και παράλληλα η πρόσληψη περισσότερων ατόμων στις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου καθώς και η αγορά απορριμματοφόρων θα βοηθούσε ώστε η συλλογή των απορριμμάτων να γίνεται κάθε μέρα σε όλες τις περιοχές της Πάτρας.

Όσο για το αν γνωρίζουν που καταλήγουν τα απορρίμματα της Πάτρας μόνο οι 32 απάντησαν ναι, και από αυτούς μόνο οι 15 γνώριζαν ότι τα απορρίμματα καταλήγουν στα Χ.Υ.Τ.Α της περιοχής Ξερόλακκας, οι υπόλοιποι έδωσαν γενικές απαντήσεις. Όσο για το τι είναι οι Χ.Υ.Τ.Α και αν είναι απαραίτητοι μόνο ένα μικρό ποσοστό μας απάντησαν ναι. Αυτό μας δείχνει την άγνοια των δημοτών της Πάτρας και την ελλιπή ενημέρωση που υπάρχει από τον Δήμο.

Τα παραπάνω στοιχεία δικαιολογούν και το παρακάτω αποτέλεσμα που προέκυψε από την έρευνα. Μόνο 16 άτομα θα συμφωνούσαν με την εγκατάσταση Χ.Υ.Τ.Α κοντά στην περιοχή τους.

Αξιοσημείωτο αποτελεί ότι μόνο οι 21 γνώριζαν για την ύπαρξη τελών καθαριότητας, 32 δεν το γνώριζαν, ενώ εντύπωση κάνει ότι πολλοί μάθαιναν την ύπαρξη τελών καθαριότητας πρώτη φορά, στοιχείο που μας δείχνει την άγνοια και την αδιαφορία των δημοτών σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο πληρώνουν τα τέλη καθαριότητας.

Όσο για το αν υπάρχει ενημέρωση από το Δήμο οι περισσότεροι δήλωσαν ότι είναι ανεπαρκής, ενώ λίγοι ήταν αυτοί που απάντησαν ότι υπάρχει, ενώ οι περισσότεροι δεν γνώριζαν, κάτι που σημαίνει ότι ο δήμος θα πρέπει να καταβάλει προσπάθειες για την ενημέρωση των δημοτών του ώστε στη συνέχεια να ενημερωθούν σωστά και να συμβάλουν και αυτοί στην προσπάθεια της ανακύκλωσης. Τέλος για το ποιο μέσο θεωρούν καλύτερο για την ενημέρωση τους οι περισσότεροι απάντησαν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης στην πλειοψηφία τους. Είναι φανερό ότι τα Μ.Μ.Ε βοηθούν τους πολίτες μέσα σε λίγα λεπτά να αποκτήσουν μια αρκετή σαφή εικόνα για το θέμα που τους ενδιαφέρει. Επίσης όμως έχουμε και αυτούς που πρότειναν άλλους τρόπους όπως διαφήμιση μέσω του διαδικτύου η διαφημιστικές αφίσες στους δρόμους.

Συμπερασματικά από την έρευνα αυτή προκύπτουν σπουδαία αποτελέσματα. Ο κόσμος παρόλο που δηλώνει πρόθυμος να ενημερωθεί για θέματα που αφορούν το περιβάλλον, καθώς και για τρόπους που μπορούν να προστατέψουν αυτό, φαίνεται ότι δεν είναι έτοιμος να αλλάξει τον τρόπο ζωής του. Επίσης ο δήμος θα πρέπει να εντείνει τις προσπάθειες για την ανακύκλωση, αφού οι δημότες είναι ανικανοποίητοι από αυτές.

Τέλος θα πρέπει να βελτιωθούν και οι υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου αφού οι δημότες τις θεωρούν μέτριες. Αν πραγματοποιηθούν τα παραπάνω οι δημότες θα παραδειγματιστούν απ την προσπάθεια του Δήμου και θα προσπαθήσουν και οι ίδιοι να συμβάλουν στην ανακύκλωση αλλά και στην καθαριότητα της πόλης.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα απορρίμματα είναι υλικά που μπορούν να αξιοποιηθούν με τη σωστή διαχείριση τους. Ενώ η αδιαφορία για την ρίψη των απορριμμάτων προκαλεί ρύπανση του περιβάλλοντος και κινδύνους για την δημόσια υγεία.

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη των αστικών κέντρων είχε ως αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση των αστικών στερεών αποβλήτων με αποτέλεσμα η ανθρωπότητα να προσανατολίζεται περισσότερο στην προσπάθεια μείωσή τους.

Επίσης ένα άλλο συμπέρασμα που προκύπτει αφορά την νομοθεσία των αποβλήτων που επικρατεί στην Ευρώπη καθώς και στην Ελλάδα. Επειδή τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν μπορούσαν να ακολουθήσουν μια κοινή στρατηγική για τη διαχείριση των απορριμμάτων δημιουργήθηκε ένα θεσμικό πλαίσιο από την Ε.Ε για τα απόβλητα με τη μορφή οδηγιών που είναι κοινό για όλα τα κράτη μέλη. Το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας έχει κάποια κενά και απαιτούνται ορισμένες συμπληρωματικές διατάξεις ώστε να είναι σύμφωνο με αυτό της Ευρώπης και γι' αυτό πρέπει να παρέμβουν οι υπεύθυνοι οργανισμοί ώστε να το τροποποιήσουν.

Όσο αφορά τις μεθόδους επεξεργασίας των απορριμμάτων συμπεραίνουμε ότι δεν μπορούμε να καταλήξουμε για το ποιά από αυτές τις μεθόδους είναι η ποιά αποτελεσματική και αυτό συμβαίνει διότι η επιλογή τους εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως, τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, τις διαθέσιμες ποσότητες αποβλήτων και την εξέλιξή τους με το χρόνο, την τοπική κουλτούρα με τα θέματα των απορριμμάτων και από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κάθε μεθόδου. Κάθε μέθοδος επεξεργασίας έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και γι αυτό θα πρέπει μέσα από τεχνικές μελέτες και με βάση τα τοπικά δεδομένα και τις αρχές διαχείρισης των απορριμμάτων να αποφασίζεται ποιά είναι η καταλληλότερη μέθοδος.

Το σημαντικότερο συμπέρασμα μέσα από την εργασία αυτή είναι ότι τα απορρίμματα μπορούν με την κατάλληλη διαχείριση να παίξουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας από κάτι που πριν λίγα χρόνια το θεωρούσαμε άχρηστο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Βιβλία :

Σκορδίλης Α., Τεχνολογίες Διάθεσης Απορριμμάτων - {η} Υγειονομική Ταφή, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 1993.

Σκορδίλης Α., Εισαγωγή στην Επεξεργασία των Απορριμμάτων - Μηχανική διαλογή, Εκδόσεις ΤΕΕ, Αθήνα 1990.

Σκορδίλης Α., Ελεγχόμενη Εναπόθεση Στερεών μη Επικίνδυνων Αποβλήτων, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2001.

Χαρώνη Π., Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας ν – Βιοαέρια και Ενέργεια από βιομάζα, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 1989.

Κόλλια Σ., Απορρίμματα - {Αστικά - Βιομηχανικά - (Συλλογή, Μεταφορά, Ανακύκλωση υλικών, Υγειονομική ταφή, Λιπασματοποίηση, Καύση)}, Αθήνα 1993.

Σαββάκης Κ., Χημική Τεχνολογία - Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2002.

Θρασύβουλος Μανιός, Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση, Τ.Ε.Ι Κρήτης

Θεοδωροπούλου Μαρία, Τεχνολογία Ρύπανσης, Τ.Ε.Ι Πάτρας



Συνέδρια:

Μουντούρης Αντώνιος, Βουτσάς Επαμεινώνδας, Μαγουλάς Κωνσταντίνος, Τασιός Δημήτριος, Μελέτη της Ενεργειακής Αξιοποίησης Απορριμμάτων με Τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας, 2<sup>ο</sup> Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, Αθήνα 3-4/2/2006

Διευθύνσεις Διαδικτύου :

<http://www.eedsa.gr>

<http://www.technicalreview.gr>

<http://aix.meng.auth.gr>

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

[http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=4447&Itemid=0](http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=4447&Itemid=0)

<http://www.cres.gr/kape/pdf/press/bio.pdf>

<http://www.physics4u.gr/energy/biomass.html>

<http://www.biofuels.gr/biogas.html>

[http://www.inioxos.gr/abc/downloads/08\\_AnnaMichou\\_Anatoliki\\_Greece.pdf](http://www.inioxos.gr/abc/downloads/08_AnnaMichou_Anatoliki_Greece.pdf)

[http://www.epem.gr/pdfs/2002\\_2.pdf](http://www.epem.gr/pdfs/2002_2.pdf)

[http://library.tee.gr/digital/kdth/kdth\\_3460/kdth\\_3460\\_zafiris.pdf](http://library.tee.gr/digital/kdth/kdth_3460/kdth_3460_zafiris.pdf)

[http://zakynthos.greekliberals.net/2008/05/05/apporimata\\_3/](http://zakynthos.greekliberals.net/2008/05/05/apporimata_3/)

[http://eprints.teikoz.gr/106/1/A9\\_2009.pdf](http://eprints.teikoz.gr/106/1/A9_2009.pdf)

<http://www.ita.org.gr/library/Downloads/docs/Final.pdf>

[http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1041/document/%CA%E5%DF%EC%E5%ED%E1\\_%C1.%C1%ED%E4%F1%E5%E1%E4%DC%EA%E7/%C4%E9%E1%F7%E5%DF%F1%E9%F3%E7\\_%E1%F0%EF%F1%F1%E9%EC%EC%DC%F4%F9%ED/%D3%E7%EC%E5%E9%FE%F3%E5%E9%F2/thermal.pdf](http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1041/document/%CA%E5%DF%EC%E5%ED%E1_%C1.%C1%ED%E4%F1%E5%E1%E4%DC%EA%E7/%C4%E9%E1%F7%E5%DF%F1%E9%F3%E7_%E1%F0%EF%F1%F1%E9%EC%EC%DC%F4%F9%ED/%D3%E7%EC%E5%E9%FE%F3%E5%E9%F2/thermal.pdf)

<http://www.esdak.gr/images/STUDY.pdf>

[http://eprints.teikoz.gr/138/1/%CE%973\\_2009.pdf](http://eprints.teikoz.gr/138/1/%CE%973_2009.pdf)

<http://www.chemeng.ntua.gr/courses/bpy/files/maridaki.pdf>

<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/828/1/karoutsou.pdf>

[http://www.valentine.gr/recycling\\_composting\\_gr.php](http://www.valentine.gr/recycling_composting_gr.php)

<http://www.ita.org.gr/library/Downloads/docs/Final.pdf>

[http://www.enveng.tuc.gr/Downloads/mp338/Shmeiwseis\\_kompostopoihsh.pdf](http://www.enveng.tuc.gr/Downloads/mp338/Shmeiwseis_kompostopoihsh.pdf)

[http://studioa-blog.blogspot.com/2008/05/blog-post\\_109.html](http://studioa-blog.blogspot.com/2008/05/blog-post_109.html)

<http://www.tsompos.com/pirolisi/enimerotiko/enimerotiko.html>

[http://www.bep.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=823&Itemid=192](http://www.bep.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=823&Itemid=192)

<http://library.tee.gr/digital/m2183.pdf>

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/sustainable\\_development/l2817\\_1\\_el.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/sustainable_development/l2817_1_el.htm)

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

**Έρευνα:** Ερωτηματολόγιο  
**Πόλη:** Πάτρας  
**Διεξαγωγή έρευνας**  
**Α.Τ.Ε.Ι:** Πάτρας  
**Τμήμα:** Μηχανολογίας  
**Φοιτητές:** Σπυριδάκης Γεώργιος  
Σπανός Παναγιώτης

**Σκοπός:** Το ερωτηματολόγιο αυτό αναφέρεται στους δημότες της Πάτρας και έχει σκοπό να αναδείξει τα θέματα διαχείρισης των αστικών στερεών απορριμμάτων του δήμου και επίσης να δείξει αν είναι ευαισθητοποιημένοι αλλά και γνώστες οι δημότες σχετικά με το θέμα της ανακύκλωσης. Γι αυτό παρακαλούμε απαντήστε στο παρακάτω ερωτηματολόγιο που αποτελεί μέρος της πτυχιακής μας για να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με την διαχείριση των απορριμμάτων.

**1. Φύλο:** Άνδρας  Γυναίκα

**2. Ηλικία:** 18-30  31-50  51-70

**3. Ποιο είναι το επίπεδο μόρφωσή σας;**

Δημοτικό  Γυμνάσιο-Λύκειο  Α.Τ.Ε.Ι-Α.Ε.Ι

**4. Ποιό είναι το επάγγελμά σας;**

Φοιτητής       Δημόσιος υπάλληλος       Άνεργος

Ιδιωτικός υπάλληλος       Συνταξιούχος

**5. Πως θα χαρακτηρίζατε το εισόδημά σας;**

Χαμηλό       Μεσαίο       Υψηλό

**6. Από πόσα μέλη αποτελείται η οικογένειά σας;**

Ένα       Δύο       Τρία

Τέσσερα       Πέντε       Πάνω από πέντε

**7. Είστε ενημερωμένος/η με τα περιβαλλοντικά θέματα;**

Πολύ καλά       Μέτρια       Καθόλου

**8. Ποιό πιστεύεται από τα παρακάτω ότι είναι το πιο σημαντικό πρόβλημα της Πάτρας;**

Κυκλοφοριακό                       Ανεργία                       Απορρίμματα

**9. Είστε ευχαριστημένος/η από τις προσπάθειες ανακύκλωσης του Δήμου Πατρών;**

Πάρα πολύ                       Μέτρια                       Καθόλου

**10. Πώς αξιολογείται τις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου Πατρών;**

Πολύ καλές                       Μέτριες                       Απαραδέκτες

**11. Πιστεύεται ότι η πρόσληψη περισσότερων υπαλλήλων στις υπηρεσίες καθαριότητας του Δήμου Πατρών θα βοηθήσει στη μείωση των απορριμμάτων στην Πάτρα;**

Ναι                       Όχι                       Δεν ξέρω

**12. Πόσο συμμετέχετε στην προσπάθεια της ανακύκλωσης;**

Πάρα πολύ                       Μέτρια                       Καθόλου

**13. Υπάρχουν κάδοι ανακύκλωσης στη περιοχή που μένετε;**

Ναι  Όχι  Δεν ξέρω

**14. Γνωρίζεται ποιό από τα παρακάτω χρώματα έχουν οι κάδοι ανακύκλωσης;**

Πράσινο  Μπλε  Μεταλλικό

**15. Ποιά στερεά απορρίμματα από τα παρακάτω δημιουργούνται σπίτι σας κατά την διάρκεια μιας ημέρας;**

Μέταλλα-Γυαλί-Αλουμίνια  Χαρτί πάσης φύσεως

Πλαστικά αντικείμενα  Τροφικά υπολείμματα

**16. Τι υλικά από τα παρακάτω ανακυκλώνεται σπίτι σας;**

Πλαστικά  Αλουμίνιο  Γυαλί

Χαρτί  Κανένα

**17. Πόσες φορές περνάνε τα απορριμματοφόρα από την περιοχή που μένετε κατά τη διάρκεια της εβδομάδας για την συλλογή των απορριμμάτων;**

Κάθε μέρα  Κάθε δεύτερη μέρα  Κάθε Τρίτη μέρα

Δεν ξέρω

**18. Γνωρίζεται που καταλήγουν τα στερεά απορρίμματα της Πάτρας;**

Ναι  Όχι  Δεν έχω άποψη

**Αν ναι προσδιορίστε:.....**

**19. Γνωρίζεται τι είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.Τ.Α);**

Ναι  Όχι  Δεν έχω άποψη

**20. Είναι απαραίτητοι οι χώροι υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.Τ.Α);**

Ναι  Όχι  Δεν έχω άποψη



**21. Γνωρίζεται ότι υπάρχουν χώροι υγειονομικής ταφής (Χ.Υ.Τ.Α) στην πόλη της Πάτρας στην περιοχή Ξερόλακκα;**

Ναι  Όχι  Δεν έχω άποψη

**22. Θα συμφωνούσατε με την εγκατάσταση ενός Χ.Υ.Τ.Α στην περιοχή σας;**

Ναι  Όχι  Δεν ξέρω

**23. Γνωρίζεται για την ύπαρξη τελών καθαριότητας;**

Ναι  Όχι  Δεν έχω άποψη

Πρώτη φορά το μαθαίνω

**24. Πιστεύεται ότι υπάρχει ενημέρωση για την ανακύκλωση από το Δήμο Πατρών;**

Ναι  Όχι  Δεν ξέρω

**25. Ποιούς από τους παρακάτω τρόπους πιστεύεται ότι είναι καλύτερος για την ενημέρωση περί της διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων;**

Μέσα μαζικής ενημέρωσης  Μέσω ενημερωτικών φυλλαδίων

Μέσω τοπικής εφημερίδας  Σαν μάθημα στο σχολείο

Άλλο

**ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ ΚΑΠΟΙΟ.....**

Ευχαριστούμε που συμμετείχατε στην έρευνα μας, για το ενδιαφέρον και την πολύτιμη βοήθεια σας. Χάρη σε εσάς και τις απαντήσεις σας πραγματοποιείται ένα μέρος της πτυχιακής μας και πιστεύουμε να σας θέσαμε κάποιους προβληματισμούς σχετικά με την ανακύκλωση και περί την διαχείριση των απορριμμάτων.

Α.Τ.Ε.Ι Πάτρας

Τμήμα Μηχανολογίας



Οι Φοιτητές  
Σπυριδάκης Γεώργιος  
Σπανός Παναγιώτης

