



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
Καθηγητής: Ε. Διαμαντόπουλος

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΔΩΝ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ ΣΤΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Διπλωματική Εργασία

Σαμαράς Αλέξανδρος
Α.Μ: 9811071



Χανιά, 2006

«Το επάγγελμα του σκουπιδιάρη είναι ένα ευγενές επάγγελμα. Συντελεί στο καθάρισμα των σπιτιών και των δρόμων από τη βρομιά που δημιουργούμε και κάνει λιγότερο άσχημη και λιγότερο ρυπαρή τη ζωή μας. Είναι ανόητοι και αγάριστοι αυτοί που χρησιμοποιούν περιφρονητικά τη λέξη σκουπιδιάρης, που δεν κατανοούν πόσο μοναδικοί και πολύτιμοι είναι οι σκουπιδιάρηδες. Είμαστε καταδικασμένοι να πεθάνουμε από την μόχα και την ντροπή και την πανούκλα χωρίς αυτούς: μια πόλη χωρίς σκουπιδιάρηδες είναι μια δηλητηριασμένη φωλιά θανάτου, μια ηθική και φυσική εξαθλίωση».

Oriana Fallaci, «Ινσαλλάχ»

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	<u>1</u>
---------------------------------	--------------------------

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

<u>1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ –ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ</u>	<u>3</u>
---	--------------------------

<u>2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ (ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ) ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ</u>	<u>11</u>
---	---------------------------

<u>2.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ</u>	<u>13</u>
---	---------------------------

<u>2.2 ΔΙΑΛΟΓΗ</u>	<u>17</u>
------------------------------------	---------------------------

<u>2.2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΑΛΟΓΗ</u>	<u>17</u>
---	---------------------------

<u>2.2.2 ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ</u>	<u>19</u>
--	---------------------------

<u>2.3 ΔΙΑΘΕΣΗ – ΑΝΑΚΤΗΣΗ</u>	<u>21</u>
---	---------------------------

<u>2.3.1 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ (ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ)</u>	<u>21</u>
---	---------------------------

<u>2.3.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΚΑΥΣΗ)</u>	<u>23</u>
--	---------------------------

<u>2.3.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ)</u>	<u>25</u>
---	---------------------------

<u>2.3.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ</u>	<u>27</u>
---	---------------------------

<u>3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ</u>	<u>30</u>
--------------------------------------	---------------------------

<u>3.1 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ</u>	<u>31</u>
---	---------------------------

<u>3.2 ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ</u>	<u>33</u>
---	---------------------------

<u>3.3 ΕΜΜΕΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ</u>	<u>34</u>
--	---------------------------

<u>3.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ (ΑΝΑΚΤΗΣΙΜΑ) ΥΛΙΚΑ</u>	<u>34</u>
--	---------------------------

<u>3.4.1 ΧΑΡΤΙ</u>	<u>36</u>
------------------------------------	---------------------------

<u>3.4.2 ΓΥΑΛΙ</u>	<u>40</u>
------------------------------------	---------------------------

<u>3.4.3 ΜΕΤΑΛΛΑ</u>	<u>42</u>
--------------------------------------	---------------------------

<u>3.4.3.1 ΣΙΔΗΡΟΣ ΚΑΙ ΧΑΛΥΒΑΣ</u>	<u>42</u>
--	---------------------------

<u>3.4.3.2 ΚΑΣΣΙΤΕΡΟΣ (ΤΣΙΓΟΣ)</u>	<u>43</u>
--	---------------------------

<u>3.4.3.3 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ</u>	<u>45</u>
--	---------------------------

<u>3.4.4 ΠΛΑΣΤΙΚΟ</u>	<u>46</u>
---------------------------------------	---------------------------

<u>3.4.5 ΛΑΣΤΙΧΟ (ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ)</u>	<u>47</u>
--	---------------------------

3.4.6 ΥΦΑΣΜΑΤΑ	48
----------------	----

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	53
4.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	53
4.1.1 ΤΥΧΑΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	53
4.1.2 ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ & ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ	54
4.1.3 ΜΕΣΗ Η ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΤΥΧΑΙΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	54
4.1.4 ΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	55
4.2 ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	56
4.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ	56
4.2.2 ΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ Η ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΥΡΕΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ (heuristic search)	56
4.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΠΛΗΣΤΙΑΣ (greedy algoritms)	57
4.2.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΥ ΓΕΙΤΟΝΑ (Nearest neighbor procedure)	58
4.2.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ (Traveling Salesman Problem –TSP)	59
4.2.5 ΕΙΔΗ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΕΝΝΟΙΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΗΤΡΕΣ	59
5. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΥΛΙΟΜΕΝΩΝ ΚΑΛΩΝ	61
5.1 ΦΟΡΕΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	61
5.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ	64
5.2.1 ΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΩΣ ΔΙΑΚΡΙΤΗ ΤΥΧΑΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	64
5.2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ & ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	71
5.3 Η ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΣΤΙΑ	74
5.4 ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ & ΔΥΝΗΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ	76
5.5 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΟΥ	82

<u>6. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΥ</u>	
<u>ΕΛΑΧΙΣΤΟΥΣ ΚΟΣΤΟΥΣ</u>	83
<u>6.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ (TSP) ΓΙΑ ΤΗΝ</u> <u>ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ</u>	83
<u>6.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ</u> <u>ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ</u>	87
<u>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	89
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	90
<u>WEB SITES</u>	92
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</u>	93
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</u>	105
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ</u>	109

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Καθ. Διαμαντόπουλος Ευάγγελος (επιβλέπων)
2. Αν. Καθ. Μιγδαλάς Αθανάσιος
3. Λεκτ. Δούμπος Μιχάλης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω την μητέρα μου τόσο για την υλική όσο και για την ηθική βοήθεια που μου παρείχε, κατά την διάρκεια της πολυετούς φοιτήσεώς μου. Επίσης, τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Διαμαντόπουλο Ευάγγελο για την καθοδήγηση που προσέφερε και την υπομονή που υπέδειξε κατά το διάστημα διεκπεραίωσης της διπλωματικής μου εργασίας.

Δευτερευόντως, τους κυρίους Κομνήτσα, Κοσματούπουλο, Κουϊκόγλου, Λιωδάκη, Δούμπο, Γαλετάκη, Βουντουράκη, Αρναουτάκη όπως και την κυρία Μαντωνανάκη για την συνεργασία τους στη συλλογή ορισμένων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση του παρόντος συγγράμματος. Τέλος, τη διεύθυνση της Φοιτητικής Λέσχης, όπως και του κυλικείου που στεγάζεται στα κτίρια των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, για τον προαναφερθέντα λόγο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, καταρχήν, ο αναγνώστης μελετητής λαμβάνει πληροφόρηση για την σύνθεση των αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα και σε άλλες ευρωπαϊκές και μη, χώρες (Κεφάλαιο 1). Στη συνέχεια, δίδονται ορισμοί για τα στερεά απόβλητα και τη διαχείριση αυτών, ενώ περιγράφονται αναλυτικά όλες οι μέθοδοι και τα στάδια επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων (Κεφάλαιο 2).

Το 3^ο Κεφάλαιο είναι αφιερωμένο εξ ολοκλήρου στην ανακύκλωση. Αρχικά, υπογραμμίζονται τα αξιοσημείωτα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή προγραμμάτων ανακύκλωσης και ακολούθως γίνεται μία εκτενής αναφορά σε όλες τις κατηγορίες ανακύκλωσης όπως και στα υλικά συσκευασίας των οποίων η επιστροφή στην παραγωγική διαδικασία, δύναται να επιφέρει θετικές συνέπειες για τον πλανήτη.

Στο δεύτερο και κύριο μέρος της διπλωματικής εργασίας (Κεφάλαια 4, 5 & 6), γίνεται αρχικά μία αναδρομή στα επιστημονικά πεδία της Στατιστικής και της Επιχειρησιακής Έρευνας από όπου έγινε δανεισμός μεθόδων και εργαλείων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Κατόπιν, με βάση μια τυχαία δειγματοληψία που έλαβε χώρα στο Πολυτεχνείο Κρήτης, γίνεται υπολογισμός όλων των επιμέρους ποσοτήτων των υλικών συσκευασίας που δύναται να ανακυκλωθούν σε ετήσια βάση από τον εν λόγω χώρο. Επίσης, διατυπώνονται προτάσεις σχετικά με την χωροθέτηση των κάδων αποθήκευσης μέσα στον πολυτεχνειακό χώρο.

Επιπλέον, με την εφαρμογή ενός ευρετικού αλγορίθμου, υπολογίζεται η βέλτιστη *(στην πραγματικότητα είναι σε μια περιοχή γύρω από την βέλτιστη)* διαδρομή του απορριμματοφόρου οχήματος εντός του Ιδρύματος, δεδομένης χωροθέτησης και δεδομένου αριθμού κάδων αποθήκευσης. Η βελτιστοποίηση αφορά απόσταση και χρόνο.

Στο Παράρτημα Α, καταγράφεται η ισχύουσα νομοθεσία στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ αναφέρονται και οι στόχοι που έχουν τεθεί σε επίπεδο κυβερνήσεων για την αντιμετώπιση της ρύπανσης. Το Παράρτημα Β περιέχει πίνακες με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του απορριμματοφόρου οχήματος και των κάδων προσωρινής αποθήκευσης. Τέλος, το Παράρτημα Γ, περιέχει φωτογραφικά στιγμιότυπα των κάδων αποθήκευσης που έχει τοποθετήσει η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α στην πόλη των Χανίων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανακύκλωση, δηλαδή η επανεισαγωγή στην παραγωγική διαδικασία υλικών που θεωρούνται απορρίμματα, αποτελεί σημαντική συνιστώσα της ορθολογικής διαχείρισης των απορριμμάτων. Αναμφισβήτητα, η ανακύκλωση μπορεί να θεωρηθεί ως η πρέπουσα απάντηση της επιστήμης και της τεχνολογίας στο πρόβλημα των απορριμμάτων, που αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση για τη σύγχρονη κοινωνία. Η πορεία της ανακύκλωσης δεν είναι ευθύγραμμη. Προβλήματα προκύπτουν κυρίως από παγιωμένες συνήθειες του κοινού, ενώ η επιτυχής ανάκτηση χρήσιμων υλικών (π.χ. χαρτί, γυαλί, μέταλλα, πλαστικό) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από διάφορους παράγοντες, όπως τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων, η εξασφάλιση αγοράς για τα ανακυκλώσιμα υλικά κ.α. [1]

Από την ανακύκλωση είναι δυνατόν να προκύψουν αξιοσημείωτα οφέλη, όπως η μείωση του όγκου των απορριμμάτων και η εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας. Στο τελευταίο οφείλεται και η εξάπλωση της εφαρμογής της ανακύκλωσης, παρά τους σημαντικούς οικονομικούς πόρους που συνήθως αυτή απαιτεί. Με δεδομένο το σημαντικό ποσοστό τους στο σύνολο των απορριμμάτων, τα υλικά συσκευασίας αποτελούν ιδιαίτερα προσφιλή στόχο προγραμμάτων ανακύκλωσης. [1]

Η παρούσα εργασία έχει διττό χαρακτήρα. Πρωταρχικός στόχος είναι ο υπολογισμός της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων συσκευασίας που παράγεται σε ετήσια βάση σε έναν πανεπιστημιακό χώρο (Πολυτεχνείο Κρήτης), και δύναται να αξιοποιηθεί σαν εμπορεύσιμο, ανακυκλώσιμο υλικό. Επιδιώκεται δηλαδή, ο υπολογισμός των ποσοτήτων όλων των επιμέρους υλικών συσκευασίας.

Στα πλαίσια του ίδιου στόχου, θα κατατεθούν προτάσεις (κύρια πρόταση με 2 εναλλακτικές), σχετικά με την χωροθέτηση των κάδων προσωρινής αποθήκευσης ανακυκλώσιμων υλικών στο Ίδρυμα, τον αριθμό τους, τη χωρητικότητά τους, όπως και σχετικά με την συχνότητα έλευσης του απορριμματοφόρου οχήματος στο Πολυτεχνείο για αποκομιδή.

Δευτερευόντως, το παρόν σύγγραμμα στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της διανυόμενης απόστασης και του καταναλωμένου χρόνου του απορριμματοφόρου οχήματος της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α (Διαδημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων), κατά την διάρκεια της αποκομιδής από τον πολυτεχνειακό χώρο.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ-ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Η φθορά του περιβάλλοντος αυξήθηκε με σταθερούς ρυθμούς τις τελευταίες δεκαετίες. Κάθε χρόνο, στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε) παράγονται **περίπου 2 δισεκατομμύρια τόνοι αποβλήτων** και ο αριθμός αυτός αυξάνει κατά 10% ετησίως {1}. Προβλέπεται ότι μέχρι το 2025 η παραγωγή απορριμμάτων θα έχει πενταπλασιαστεί {2}. Η ποιότητα ζωής των Ευρωπαίων πολιτών, ιδιαίτερα στις αστικές ζώνες, γνωρίζει ραγδαία υποβάθμιση (ρύπανση, ηχητικές οχλήσεις, βανδαλισμοί). Η επιρροή της πλημμελούς διαχείρισης των απορριμμάτων είναι μεγαλύτερη στις οικονομικά χαμηλές τάξεις (περιοχές με μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού). {1}

Η Κοινότητα ευνοώντας την ανάπτυξη της οικονομίας και των εμπορικών συναλλαγών, απέδωσε μικρότερη σημασία στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με αποτέλεσμα να προσπαθεί σήμερα με ασθμαίνοντα τρόπο να προλάβει την πλήρη οικολογική καταστροφή που προκάλεσαν οι άνθρωποι της. Σήμερα, είναι πλέον κοινή συνείδηση, ότι το ευρωπαϊκό μοντέλο ανάπτυξης δεν είναι δυνατόν να στηρίζεται στην εξάντληση των φυσικών πόρων και στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Κατόπιν τούτων, η προστασία του περιβάλλοντος αναδεικνύεται σε ένα από τα κυριότερα προβλήματα που καλείται η Ευρώπη να αντιμετωπίσει. {1}

Η ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων καθίσταται πλέον μονόδρομος για όλα τα κράτη- μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι στόχοι που πρέπει να τεθούν προς αυτή την κατεύθυνση τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο οργανωμένης κοινωνίας είναι:

- Η προστασία της δημόσιας υγείας
- Η διασφάλιση “αιφόρου” (διατηρήσιμης) ανάπτυξης δηλαδή: της ανάπτυξης που ικανοποιεί τις ανάγκες στον παρόντα χρόνο χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των επερχόμενων γενεών να ικανοποιήσουν και τις δικές τους ανάγκες.

Η ανωτέρω απαίτηση επιβάλλει τον επαναπροσδιορισμό των κριτηρίων αξιολόγησης της σχέσης κόστος/όφελος των διαφόρων επενδύσεων (έργων υποδομής, βιομηχανιών κλπ). {2}

Κατά συνέπεια, για την υλοποίηση των παραπάνω προβάλλει έντονη η ανάγκη ύπαρξης θεσμικού πλαισίου καθώς:

- Τα απόβλητα δεν έχουν οικονομική αξία (εξ ορισμού)¹ και συνεπώς δεν υπάρχει οικονομικό κίνητρο για την μη-απόρριψή τους.
- Αντιθέτως, συχνά υπάρχει (σημαντικό) οικονομικό κόστος για την ασφαλή διάθεσή τους. Κατά συνέπεια, υπάρχει τάση για την ανεξέλεγκτη απόρριψη των στερεών αποβλήτων.

Ο περιορισμός της τάσης αυτής απαιτεί τη θέσπιση θεσμικού πλαισίου στους αποδεκτούς τρόπους διάθεσης των αποβλήτων.

Ειδικότερα, οι στόχοι του θεσμικού πλαισίου πρέπει να είναι:

- Η μείωση των παραγόμενων αποβλήτων
- Η ανακύκλωση των αποβλήτων
- Η διάθεση των μη-ανακυκλώσιμων αποβλήτων με ασφαλή, οικονομικό και περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο

Η στρατηγική που προτείνεται για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων, περιλαμβάνει:

- .Θέσπιση θεσμικού πλαισίου που να περιορίζει την ανεξέλεγκτη απόρριψη αποβλήτων με την επιβολή ποινών στους παραβάτες
- Επιβολή φόρων (δημοτικά τέλη) για την απόρριψη
- Βελτίωση των χώρων διάθεσης (XYTA) και δημιουργία νέων χώρων

{2}

Σε πίνακες που ακολουθούν, καταγράφονται οι κατηγορίες αποβλήτων στην Ελλάδα, η σύνθεση των αστικών απορριμμάτων καθώς και η ποσότητα των αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα και σε άλλες ευρωπαϊκές και μη, χώρες. Ο όρος σύνθεση αναφέρεται στη φυσική σύνθεση των απορριμμάτων (όχι στη χημική), δηλαδή στο ποσοστό κατά βάρος των διαφόρων υλικών που συνθέτουν τα σκουπίδια (π.χ πλαστικά, μέταλλα, ζυμώσιμα, χαρτί, ξύλα, κ.λ.π.).

¹ Ο ορισμός για τα στερεά απόβλητα δίδεται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

ΕΙΔΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Πίνακας 1.1 : Κατηγορίες αποβλήτων (στοιχεία 1990)

Είδος	Ετήσια ποσότητα (τόνοι)
Αστικά απορρίμματα	3,000,000
Γεωργικά απόβλητα	90,000
Απόβλητα ορυχείων (εκτός λιγνιτωρυχείων)	3,900,000
Βιομηχανικά στερεά απόβλητα	4,304,000
Απόβλητα παραγωγής ενέργειας	7,680,000

Πηγή: {2}

Πίνακας 1.2 : Σύνθεση αστικών απορριμμάτων (%)

Είδος	Χανιά	Αθήνα	Θεσ/νίκη	Η.Π.Α	Βρετανία	Ασία	Μέση
	1997	1997	1997	1997			Ανατολή
Ζυμώσιμα	55,2	59,0	51,7	14,0	28,0	75,0	50,0
Χαρτί	18,9	21,5	17,7	41,0	37,0	2,0	16,0
Πλαστικά	8,6	7,8	7,2	5,0	2,0	1,0	1,0
Μέταλλα	3,8	3,8	5,9	3,0	9,0	0,1	5,0
Γυαλί	3,8	4,8	4,1	8,0	9,0	0,2	2,0
Λοιπά	9,7	3,2	13,4	29,0	14,0	21,7	26,0
Στην Ελλάδα:							
Υψηλό ποσοστό ζυμώσιμων (οργανικών)							
Υψηλό ποσοστό πλαστικού							

Πηγή: [1], {2}

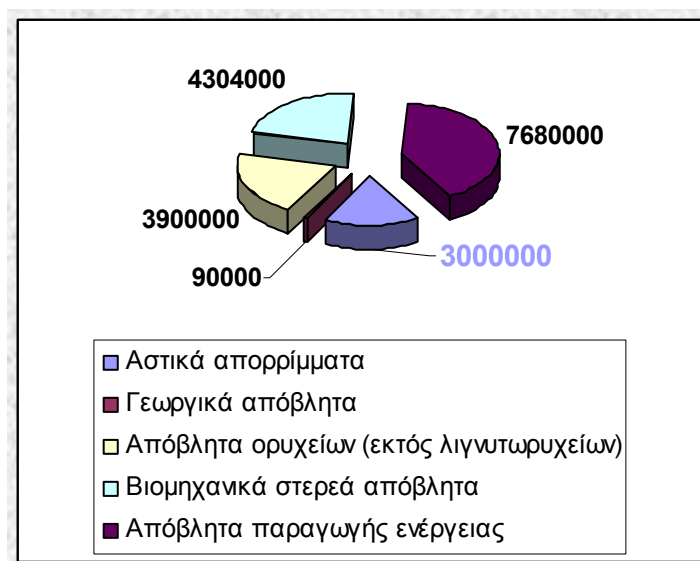
Όπως φαίνεται από τον πίνακα 1.2, σε σχέση με τη μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στη Μεγάλη Βρετανία και στις Η.Π.Α, στην Ελλάδα παρατηρείται μεγαλύτερη συμμετοχή των οργανικών αποβλήτων (τροφές, φυτικά απόβλητα κλπ.) αλλά μικρότερες ποσότητες αποβλήτων συσκευασιών (χαρτί, πλαστικά, γυαλί, μέταλλα).

Σήμερα στην Ελλάδα παράγονται περί τους 4,6 εκατομμύρια τόνους αστικών στερεών αποβλήτων, που περιλαμβάνουν κυρίως τα απορρίμματα που προέρχονται από κατοικίες, καθώς και ένα μέρος των στερεών αποβλήτων που παράγονται από

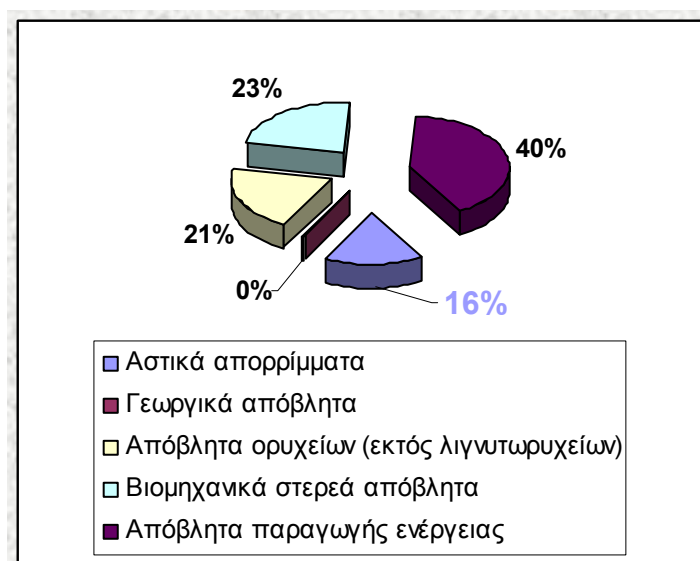
εμπορικές δραστηριότητες. Διαχρονικά παρατηρείται τάση σημαντικής αύξησης της παραγωγής των αστικών αποβλήτων, λόγω της ανάπτυξης μεγάλων αστικών κέντρων, της συνεχούς αύξησης του τουριστικού ρεύματος και κυρίως της ανόδου του βιοτικού επιπέδου με αποτέλεσμα την αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών. {3}

Στα διαγράμματα που ακολουθούν (“πίτες” & ραβδόγραμμα) απεικονίζονται, η σύσταση των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα στις αρχές της περασμένης δεκαετίας, καθώς και η ραγδαία αύξηση των αστικών απορριμμάτων από το 1990 μέχρι το 2004.

Διάγραμμα 1.1: Παραγωγή αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα (1990)

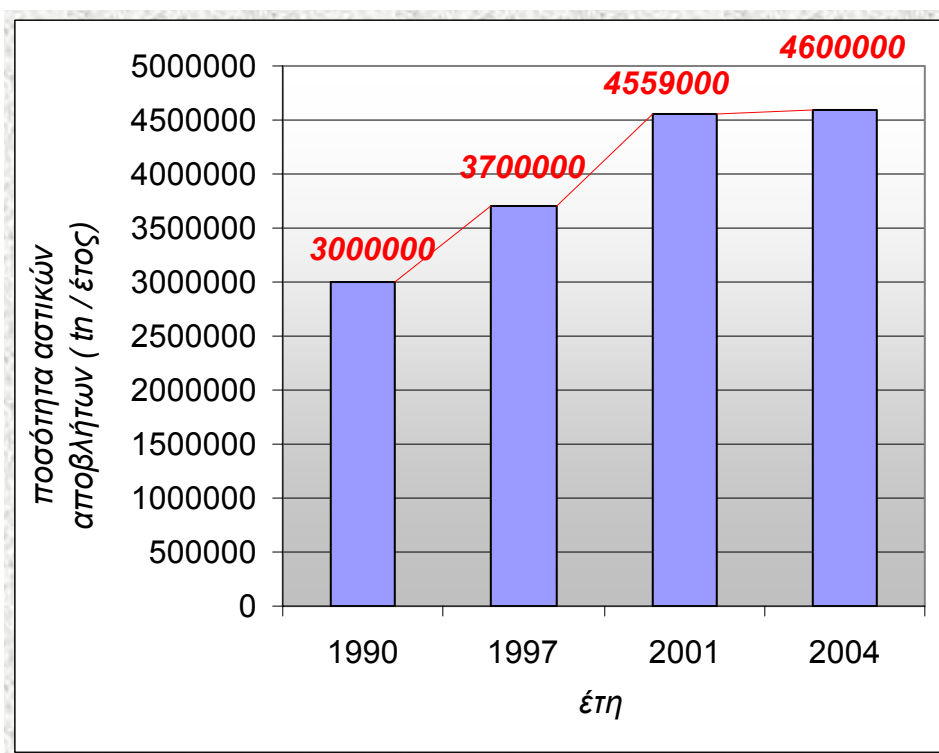


Διάγραμμα 1.2: Ποσοστό συμμετοχής των αστικών απορριμμάτων στα στερεά απόβλητα (Ελλάδα, 1990)



Πηγή: {2} και ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 1.3: Εξέλιξη της παραγωγής αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα



Πηγή: [1], {2, 3} και ίδια επεξεργασία

Παρατηρείται ότι σε λιγότερο από 15 χρόνια, η παραγωγή αστικών αποβλήτων στη χώρα μας έχει αυξηθεί κατά 53%, ωστόσο ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι στην τριετία 2001-2004, η αύξηση που καταγράφεται είναι μόλις της τάξης του 0.9%.

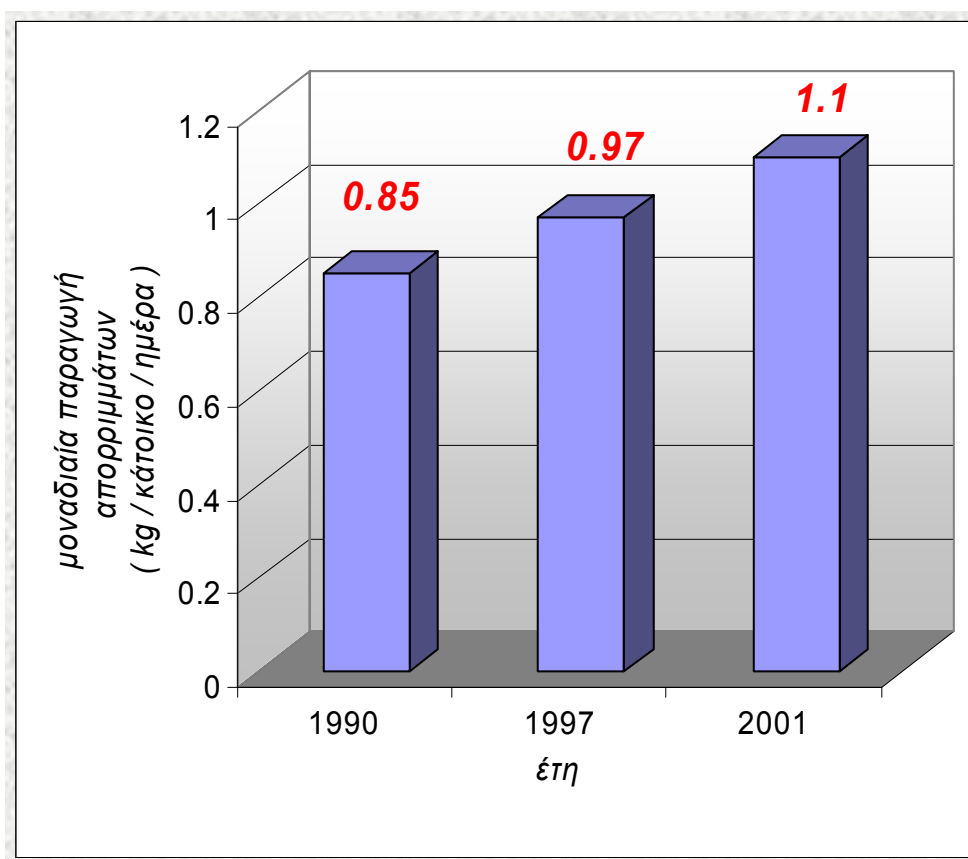
Το χαρακτηριστικότερο μέγεθος που περιγράφει την παραγωγή απορριμμάτων είναι η **Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (Μ.Π.Α.)**, η οποία εκφράζεται από το βάρος των απορριμμάτων (Kg) που παράγει ένα άτομο (per) σε μια ημέρα (day).

Η τιμή της Μ.Π.Α. για την Ελλάδα κυμαίνεται από 0,6 Kg/per/day για τις αγροτικές περιοχές ως 1,4 Kg/per/day για τις οικονομικά ακμαίες αστικές περιοχές

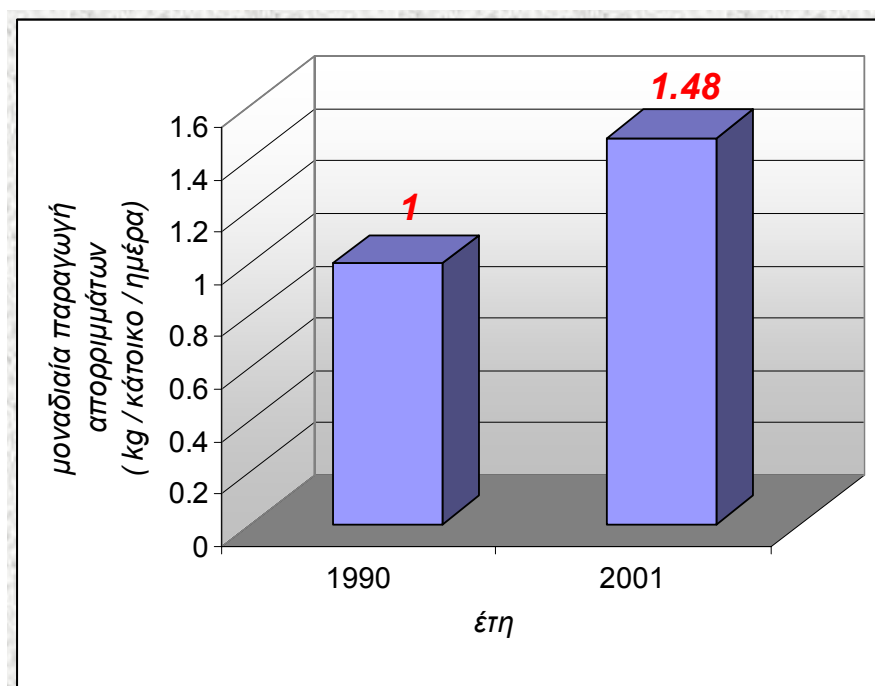
Επιπλέον, η μέση ημερήσια παραγωγή αστικών αποβλήτων (Μ.Π.Α) ανά κάτοικο στην Ελλάδα, για το 1997, ανερχόταν σε 0,97 Kg/κάτοικο, ενώ για το 2001 σε 1,10 Kg/κάτοικο, που παραμένει όμως κατώτερη από τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 1,48 Kg/κάτοικο και ημέρα. {4}

Στα ραβδογράμματα που ακολουθούν φαίνεται η εξέλιξη της Μ.Π.Α στην Ελλάδα με σημεία αναφοράς τα έτη 1990, 1997 και 2001, καθώς και η απόκλιση της από την ευρωπαϊκή πραγματικότητα.

Διάγραμμα 1.4: Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (Μ.Π.Α) για τα έτη 1990, 1997 & 2001 (Ελλάδα)



Διάγραμμα 1.5: Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (Μ.Π.Α) για τα έτη 1990 & 2001 (Κράτη – Μέλη)



Πηγή: {4}

Ακολουθεί πίνακας που καταγράφει τις διάφορες τιμές της μοναδιαίας παραγωγής απορριμμάτων ανά την υφήλιο, και υποδεικνύει την τεράστια σημασία του βιοτικού επιπέδου στην παραγωγή απορριμμάτων – το έτος 1990 η μέση ημερήσια ποσότητα αστικών απορριμμάτων στην Εκάλη είναι σχεδόν τριπλάσια από την αντίστοιχη στο Καματερό!-.

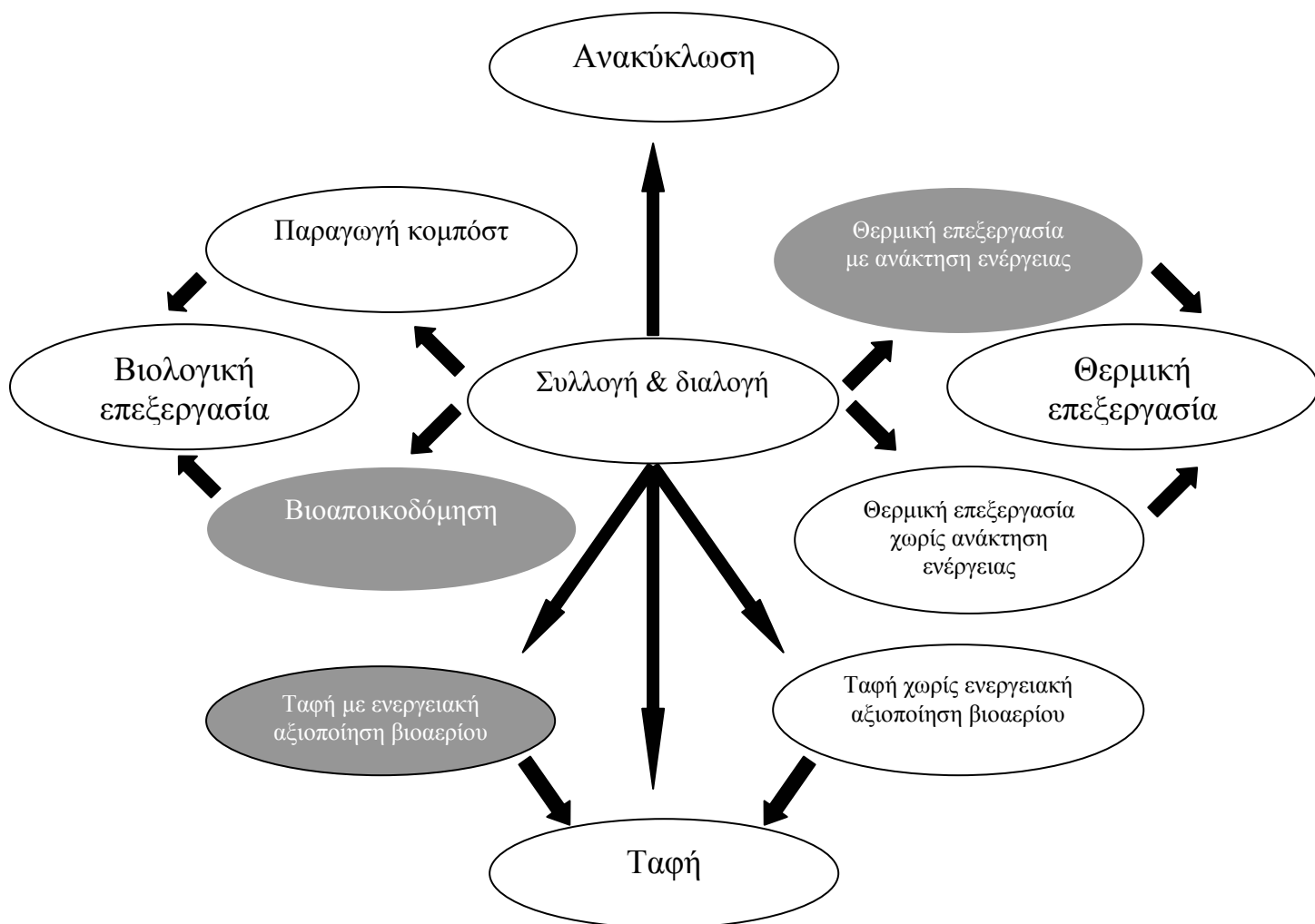
Πίνακας 1.3: Ποσότητα αστικών απορριμμάτων

Περιοχή	Ημερήσια Ποσότητα (kg ανά άτομο)
Αθήνα (1985)	0,923
Αθήνα (1990)	1,078
Εκάλη (1985)	1,364
Εκάλη (1990)	1,590
Καματερό (1985)	0,590
Καματερό (1990)	0,607
Μέσος όρος στην Ελλάδα (1990)	0,850
Ευρωπαϊκή Ένωση (1990)	1,0
Βρετανία (1990)	1,0
Ισπανία (1990)	0,9
Ιταλία (1990)	1,0
Γερμανία (1990)	1,0
Ιαπωνία (1990)	1,2
Η.Π.Α (1990)	2,0
Ασία (1990)	0,4
Μέση Ανατολή	1,0

Πηγή: {2}

Ο παραπάνω πίνακας δεν περιέχει τα πλέον σύγχρονα δεδομένα σχετικά με την μοναδιαία παραγωγή απορριμμάτων. Ωστόσο, αυτό δεν εμποδίζει τον αναγνώστη από την διαπίστωση ότι το βιοτικό επίπεδο διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο στην ημερήσια παραγόμενη ποσότητα.

Σχήμα 2.1: Ολοκληρωμένη διαχείριση απορριμμάτων



●=Ανάκτηση ενέργειας

Πηγή: [2] και ίδια επεξεργασία

2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ (ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ) ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Ακολουθούν δύο ορισμοί για τα στερεά απόβλητα:

Στερεά απόβλητα είναι τα στερεά ή ημιστερεά υλικά τα οποία στον παρόντα τόπο και χρόνο είναι ανεπιθύμητα (δηλαδή ο κάτοχος θέλει, πρέπει ή υποχρεούται να τα απορρίψει) επειδή:

- ο Δεν έχουν οικονομική αξία και δεν υπάρχει προσδοκία να αποχτήσουν, ή
- ο Το κόστος επεξεργασίας τους υπερβαίνει το κόστος απόρριψης

{2}

Ως απορρίμματα-στερεά απόβλητα νοούνται όλες οι ουσίες ή αντικείμενα κυρίως στερεάς μορφής, που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες ή φυσικούς κύκλους και παράγονται σε χώρους διαβίωσης, εργασίας, παραγωγής, ψυχαγωγίας και γενικώς αστικού περιβάλλοντος που είναι εγκαταλελειμμένα ή πρόκειται να εγκαταλειφθούν.

Διαχείριση στερεών αποβλήτων είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων προσωρινής αποθήκευσης, συλλογής, μεταφοράς, μεταφόρτωσης, επεξεργασίας, αξιοποίησης, επαναχρησιμοποίησης, ή τελικής διάθεσης σε φυσικούς αποδέκτες, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και την μετέπειτα μέριμνα των χώρων διάθεσης. [3]

Προφανώς, υπάρχουν αντικρουόμενα συμφέροντα καθώς οι μεν κάτοχοι προσπαθούν να απαλλαγούν από τα απόβλητα με τον φθηνότερο δυνατό τρόπο, οι δε αποδέκτες των αποβλήτων προσπαθούν να αποφύγουν την διάθεση των αποβλήτων στην περιοχή τους. Άρα, υπάρχει- όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα- ανάγκη σύστασης θεσμικού πλαισίου που να καθορίζει τις αρχές, τους όρους και τις ελάχιστες απαιτήσεις της διάθεσης των αποβλήτων. Οι βασικές αρχές της διάθεσης αποβλήτων που πρέπει να εναρμονίζονται με τις αρχές που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, είναι οι εξής:

- ο Η διάθεση των αποβλήτων γίνεται με περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο
- ο Η αρχή ‘ο ρυπαίνων πληρώνει’²
- ο Ο αποδεχόμενος τα απόβλητα λαμβάνει αντισταθμιστικά οφέλη

{2}

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούν να ταξινομηθούν τα στερεά απόβλητα όπως με βάση την τοξικότητά τους ή τον τρόπο διάθεσής τους, αλλά, η

γενικότερη και ευρύτερη ταξινόμηση των στερεών αποβλήτων γίνεται με βάση την προέλευση παραγωγής τους. Έτσι, τα στερεά απόβλητα διακρίνονται σε:

- ο Οικιακά απορρίμματα
- ο Ειδικά απορρίμματα (νοσοκομειακά, υπολείμματα σφαγείων κ.α.)
- ο Βιομηχανικά, τοξικά και επικίνδυνα στερεά απόβλητα

[4]

Η διαδικασία επεξεργασίας (διαχείρισης) των στερεών αποβλήτων συνεπάγεται **μετασχηματισμούς των χαρακτηριστικών τους**, πριν και μετά την προσωρινή εναποθέτηση και συγκέντρωσή τους σε σακούλες ή σε κοινόχρηστους κάδους για αποκομιδή. Έκαστο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων αποτελεί ουσιαστικά ένα συγκεκριμένο συνδυασμό τέτοιων επεξεργασιών που αφορούν τη διαδικασία διαχείρισής τους. Κάθε ένα από τα ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι οποίες συνοδεύουν κάθε επεξεργασία. Ωστόσο, καμία από τις μεθόδους διαχείρισης δεν είναι τέλεια και, παράλληλα, καμία καταστροφική [5]. Τα στάδια κάθε μεθόδου επεξεργασίας των απορριμμάτων καθώς και οι βασικές μέθοδοι επεξεργασίας αυτών είναι οι εξής:

² “Ο ρυπαίνων πληρώνει”: Σύμφωνα με την αρχή αυτή, η δαπάνη για την διάθεση των στερεών αποβλήτων, μετά από αφαίρεση της ενδεχόμενης εισπράξεως του ποσού του προερχόμενου από την επεξεργασία τους, βαρύνει:

- ο Τον κάτοχο τον παραδίδοντα στερεά απόβλητα σε φορέα περισυλλογής ή σε επιχείρηση προβλεπόμενη από το άρθρο 8 ³- (Οδηγία 75/442/ΕΟΚ)
- ο Και/ ή τους προηγούμενους κατόχους ή τον παραγωγό του προϊόντος που παράγει τα στερεά απόβλητα

³ Άρθρο 8: Αναφέρεται σε κάθε εγκατάσταση ή επιχείρηση που ασχολείται με την επεξεργασία, εναποθήκευση ή απόθεση στερεών αποβλήτων για λογαριασμό τρίτων, και τις προϋποθέσεις που πρέπει αυτή να τηρεί.

Στάδια επεξεργασίας

- Συλλογή και μεταφορά (Αποκομιδή)
- Διαλογή
- Διάθεση-Ανάκτηση

Μέθοδοι επεξεργασίας

- Ανακύκλωση (ανάκτηση και αξιοποίηση υλικών)
- Βιολογική επεξεργασία (με ή χωρίς ανάκτηση compost και ενέργειας)
- Θερμική επεξεργασία (με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας), και
- Υγειονομική Ταφή (με ή χωρίς ανάκτηση βιοαερίου)

Οι παραπάνω μέθοδοι επεξεργασίας απορριμμάτων αφορούν μόνο το τελικό στάδιο επεξεργασίας (Διάθεση-Ανάκτηση), εξαιρουμένης της ανακύκλωσης η οποία έχει ως αφετηρία το στάδιο της διαλογής. Παρακάτω θα γίνει αναλυτική αναφορά τόσο των σταδίων επεξεργασίας των αποβλήτων όσο και των μεθόδων διαχείρισης αυτών.

2.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ

Το φαινόμενο της ραγδαίας αστικοποίησης υπέδειξε την αναγκαιότητα ανάπτυξης ενός συστήματος αποκομιδής απορριμμάτων. Ωστόσο, η ολοκληρωτική αντιμετώπιση του προβλήματος πραγματοποιήθηκε σταδιακά, υπό την επίδραση ραγδαίων κοινωνικών εξελίξεων οι οποίες κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη ύπαρξης και αποτελεσματικής λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος. Οι κυριότερες από τις προαναφερθέντες εξελίξεις είναι οι εξής [6]:

- Η ανάπτυξη αστικών κέντρων, η συγκέντρωση των κατοικιών και η εξαφάνιση των οικογενειακών κήπων.
- Η άνοδος του βιοτικού επιπέδου και η αλλαγή στις συνήθειες ζωής, που είχε επίδραση στη φυσική σύνθεση και στη ποσότητα των παραγόμενων στερεών αποβλήτων.
- Η εξασφάλιση της δημόσιας υγείας, καθαριότητας των δρόμων και απομάκρυνση κάθε οπτικής ρύπανσης.

Για την κατανόηση της σημασίας ενός τέτοιου αποδοτικού συστήματος συλλογής και μεταφοράς απορριμμάτων, ως πρώτη ένδειξη, αναφέρεται ότι η συλλογή και μεταφορά καλύπτει το 90% περίπου των παραγόμενων απορριμμάτων καθώς και ότι αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής δαπάνης της διαχείρισης αυτών. Το κόστος συλλογής και μεταφοράς αντιστοιχεί σε ποσοστό 50-80% του κόστους διαχείρισης ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη μέθοδο εδαφικής διάθεσης. Το ποσοστό αυτό μειώνεται καθώς εισάγονται νέες αλλά περισσότερο δαπανηρές επεξεργασίες [5]. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος συλλογής-μεταφοράς αποτελεί συνήθως το 80% του συνολικού όγκου συλλογής και διάθεσης, όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος της υγειονομικής ταφής για την διάθεση των σκουπιδιών. Στην περίπτωση της καύσης, το κόστος της συλλογής-μεταφοράς είναι κατά προσέγγιση 60% του συνόλου. Πολλές φορές η συλλογή γίνεται οικονομικότερη με την εισαγωγή ενός *σταθμού μεταφόρτωσης απορριμμάτων*. Οι σταθμοί μεταφόρτωσης είναι αποδοτικοί οικονομικά όταν:

- ο Μεγάλες ποσότητες πρέπει να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις.
- ο Χρησιμοποιούνται σε αστικές περιοχές μικρά απορρίμματα.
- ο Μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολλά απορριμματοφόρα.

[7]

Το τελικό κόστος συλλογής και μεταφοράς καθορίζεται από μια σειρά παραγόντων οι οποίοι είναι: συχνότητα συλλογής, τύποι-μεγέθοι-αριθμός κάδων, διαδρομές απορριμματοφόρων, σύνθεση και ώρα εργασίας συνεργείων, βαθμός προσαρμογής στην εξελισσόμενη τεχνολογία, χρήση ή μη σταθμών μεταφόρτωσης, μηχανισμοί παραγωγής των σχετικών υπηρεσιών, κτλ. Συνήθεις δείκτες μέτρησης της οικονομικής επίδοσης ενός συστήματος συλλογής-μεταφοράς είναι το κόστος ανά τόνο ή το κόστος ανά νοικοκυριό. Συγχρόνως, η εισαγωγή επεξεργασιών διαχωρισμού των υλικών, πριν ή μετά την συλλογή, επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την επίδοση του συστήματος συλλογής. Η συμπίεση των ανάμικτων απορριμμάτων επηρεάζει έντονα και αρνητικά την επίδοση του ίδιου συστήματος. Είναι αξιοσημείωτο ότι η συλλογή ανακυκλώσιμων υλικών είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί είτε από ιδιωτικές εταιρείες είτε από εθελοντικούς οργανισμούς, που μπορούν να καλύπτουν ταυτόχρονα δύο ή περισσότερα γεωγραφικά διαμερίσματα [5].

Τέλος, η διαδικασία αποκομιδής εξαρτάται από τα εξής χαρακτηριστικά:

Διάκριση αποκομιδής σε σχέση με τα απορριμματοφόρα: ανάλογα με την μέθοδο συλλογής των στερεών αποβλήτων από το αρχικό σημείο απόθεσης (πεζοδρόμιο) διακρίνουμε τις ακόλουθες εναλλακτικές επιλογές:

Χειρωνακτική συλλογή: πραγματοποιείται αποκλειστικά από τους εργάτες αποκομιδής. Το χρησιμοποιούμενο όχημα είναι με ή χωρίς μηχανισμό ανύψωσης και η φόρτωση γίνεται στο πίσω μέρος.

Ημιαυτόματη συλλογή: πραγματοποιείται από απορριμματοφόρο με μηχανισμό πλευρικής φόρτωσης.

Αυτόματη συλλογή: πραγματοποιείται με απορριμματοφόρο εμπρόσθιας φόρτωσης. Η εργασία απαιτεί μόνο την συμμετοχή του οδηγού και αποτελεί την πλέον ταχύτερη μέθοδο συλλογής (στον ίδιο χρόνο μπορεί να έχουμε έως 60% περισσότερες λείψεις).

Η επιλογή ενός απορριμματοφόρου προκύπτει μετά από την εξέταση των απαιτήσεων συλλογής (χωρητικότητα, ύψος φόρτωσης, ποσοστό συμπίεσης, ταχύτητα, κατανάλωση καυσίμων, κτλ). Ειδικότερα, τα απορριμματοφόρα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Οχήματα συλλογής με θερμικό κινητήρα: η χρήση του θερμικού κινητήρα στα απορριμματοφόρα είναι ευρύτερη και με τη λειτουργία του καλείται να εξυπηρετήσει τις ανάγκες μετακίνησης και συμπίεσης των απορριμμάτων.

Οχήματα συλλογής με ηλεκτρικό κινητήρα: από ενεργειακής πλευράς ο ηλεκτρικός κινητήρας προκαλεί ενδιαφέρον, λόγω του ότι η ενεργειακή κατανάλωση και το κόστος λειτουργίας, είναι μικρότερα από την περίπτωση του θερμικού κινητήρα. [3, 5, 6, 7].

Διάκριση αποκομιδής σε σχέση με τους κάδους προσωρινής αποθήκευσης: το σύστημα προσωρινής αποθήκευσης αποτελεί την πρώτη επαφή του πολίτη με το εφαρμοζόμενο σύστημα (μέθοδος) διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Τα απορρίμματα τοποθετούνται προσωρινά σε:

Μη τυποποιημένοι κάδοι, πλαστικές ή χάρτινες σακούλες: η μέθοδος χρησιμοποιείται σε οικισμούς όπου δεν διατίθενται κάδοι κοινής χρήσης. Τα απορρίμματα αρχικώς συγκεντρώνονται σε πλαστικές σακούλες ή ιδιόκτητους μη τυποποιημένους κάδους. Το κόστος προσωρινής αποθήκευσης ελαχιστοποιείται, ενώ τα οχήματα συλλογής έχουν μικρότερο κόστος από την στιγμή που δεν απαιτείται ανυψωτικός μηχανισμός. Από την άλλη μεριά, αυξάνει το κόστος εργασίας κατά την συλλογή.

Σταθεροί κάδοι (κλειστά δοχεία): οι κάδοι αυτού του τύπου πακτώνονται στο πεζοδρόμιο ή γενικότερα στο έδαφος. Η εκκένωσή τους γίνεται χειρωνακτικά, ενώ η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 150 έως 500 λίτρα. Η εξεταζόμενη μέθοδος αποθήκευσης ενέχει μικρό κόστος, όμως, τα κύρια μειονεκτήματα είναι η δυσκολία στο πλύσιμο, η αυξημένη πιθανότητα ρύπανσης του πυθμένα ή του περιβάλλοντος χώρου και η υποβάθμιση της αισθητικής του τοπίου.

Κυλιόμενοι κάδοι: είναι πλαστικοί ή μεταλλικοί και είναι κατάλληλοι για ανυψωτικούς μηχανισμούς απορριμματοφόρων (προϋποθέτουν μηχανική συλλογή). Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 80 έως 400 λίτρα για κάδους με δύο ρόδες, και από 500 έως 1700 λίτρα για εκείνους με τέσσερις.

Μεγάλοι απορριμματοδέκτες (κοντέινερ): τοποθετούνται σε καθορισμένα σημεία της πόλης για απόρριψη σε αυτούς κυρίως ογκωδών αντικειμένων και αδρανών υλικών που μπορούν να μεταφερθούν μέσω απορριμματοφόρων. Παράλληλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κεντρικοί χώροι απόρριψης αποβλήτων. Με άλλα λόγια, οι κάδοι αυτοί λειτουργούν ως σταθμοί μεταφόρτωσης απορριμμάτων. Τα γεμάτα απορριμματοκιβώτια αντικαθίστώνται από άδεια που μεταφέρονται με ειδικά οχήματα τα οποία έχουν συνήθως εξάρτηση γερανού.

Κάδοι με σύστημα αυτόματου ζυγίσματος: η χρήση των εν λόγω κάδων βασίζεται στην αρχή ‘‘ο ρυπαίνων πληρώνει’’. Έτσι, αναπτύσσεται η τάση για χρέωση ανά σάκο ή ανά κάδο ή ανά τόνο. Ωστόσο, η χρέωση ανά τόνο προϋποθέτει τεχνολογία και δυνατότητα καταγραφής ποσοτήτων κατά την φάση της αποκομιδής.

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι το μέγεθος και ο τύπος κάδου μπορεί να επηρεάσει το ρυθμό απόρριψης απορριμμάτων, έχει παρατηρηθεί ότι η εισαγωγή μεγάλων κάδων αυξάνει την απορριπτόμενη ποσότητα. Αυτό οφείλεται στο ότι στους κάδους απορρίπτονται ογκώδη και άλλου τύπου απόβλητα που δεν είναι δυνατόν να γίνει με πλαστικές σακούλες.

2.2 ΔΙΑΛΟΓΗ

Η διαλογή των απορριμμάτων αποτελεί το πρώτο και απαραίτητο στάδιο της ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών από τα απορρίμματα. Σκοπό έχει το διαχωρισμό των απορριμμάτων σε επί μέρους συστατικά ή σε ομοιογενείς κατηγορίες υλικών, έτσι ώστε αυτά να επιστρέψουν σαν δευτερογενή υλικά στο παραγωγικό κύκλωμα.

Τα συστήματα ανάκτησης πρώτων υλών μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κύριους τύπους:

- ο *Μηχανική διαλογή*, κατά την οποία τα στερεά απορρίμματα διαχωρίζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες μέσα από μία σειρά μηχανικών και φυσικών μεθόδων.
- ο *Διαλογή στην πηγή*, κατά την οποία μερικοί τύποι υλικών διαχωρίζονται στην πηγή της παραγωγής (με τα χέρια), συγκεντρώνονται, μεταφέρονται με διάφορα μέσα, και υφίστανται ξεχωριστή επεξεργασία είτε προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν είτε προκειμένου να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία. [8]

2.2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΑΛΟΓΗ

Στις εγκαταστάσεις μηχανικού διαχωρισμού (ΕΜΔ), τα εισερχόμενα απορρίμματα διαχωρίζονται κυρίως με μηχανικές διαδικασίες σε επιμέρους συστατικά ή ομοιογενείς κατηγορίες υλικών. Μία ΕΜΔ χαρακτηρίζεται από ένα ορισμένο βαθμό πολυπλοκότητας ο οποίος εξαρτάται από τους στόχους που εξυπηρετεί. Έτσι, είναι δυνατόν να προβλέπεται ανάκτηση υλικών, παραγωγής compost, παραγωγή RDF⁴ (Refused-Derived Fuel), συλλογή και αξιοποίηση βιοαερίου, εκτροπή του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος [9]. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας μονάδας είναι:

- ο Το υψηλό ποσοστό ανάκτησης υλικών

- Η αποτελεσματικότητα στο διαχωρισμό ενός σημαντικού ποσοστού ζυμώσιμου τμήματος από τα απορρίμματα όπου πρόκειται να υποστεί βιοεπεξεργασία.
- Η περιορισμένη ή μη συμμετοχή των πολιτών δεν αποτελεί αντισταθμιστικό παράγοντα.

Τα μειονεκτήματα των ΕΜΔ είναι [9]:

- Η περιορισμένη εμπορευσιμότητα των ανακτώμενων υλικών και προϊόντων λόγω της μικρής δυνατότητας καθαρισμού τους
- Σχετικά υψηλό κόστος
- Δυσκολία εκτίμησης του συνολικού κόστους
- Η αβεβαιότητα του ποσοστού επίδοσης των τεχνολογιών αυτών

Οι βασικές μονάδες μιας ΕΜΔ που πρέπει να σχεδιαστούν είναι οι εξής [9, 10]:

- Χώρος υποδοχής των στερεών αποβλήτων (Χώρος εκφόρτωσης και ελιγμών οχημάτων, ζυγιστήριο, προσωρινή αποθήκευση, εγκαταστάσεις δειγματοληψιών).
- Μονάδα τροφοδοσίας των ανάντη διατάξεων
- Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού
- Χώρος εναπόθεσης και συσκευασίας των προϊόντων
- Συνήθειες εγκαταστάσεις για διοικητικές υπηρεσίες, συντήρηση, περιβαλλοντικούς ελέγχους

⁴Refuse Derived Fuel (RDF): καύσιμο υλικό (κυρίως μίγμα χαρτιού και ελαφρού πλαστικού) παραγόμενο από στερεά απόβλητα. Χρησιμοποιείται σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου, ασβέστη κτλ. Εν γένει το ενεργειακό ισοζύγιο της επιλογής αυτής, ως επεξεργασίας απορριμμάτων, είναι αρνητικό. Η εισαγωγή προγραμμάτων ανακύκλωσης χαρτιού και/ή πλαστικών μειώνει την θερμογόνο δύναμη του RDF και την αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

Ως εκροές του συστήματος διαχωρισμού μπορούμε να έχουμε βιοαποδομήσιμο υλικό κατάλληλο για κομποστοποίηση, χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί, υπολείμματα για εδαφική διάθεση κ.α. το χαρτί, τα πλαστικά, το αλουμίνιο και τα υπολείμματα μπορεί να συμπιέζονται και να δεματοποιούνται για τη μεταφορά τους. Ανάλογα με τις περαιτέρω επεξεργασίες που υπόκεινται τα διαχωρισμένα υλικά, η εγκατάσταση μπορεί να περιλαμβάνει και ορισμένες ή όλες από τις παρακάτω μονάδες [5]:

- ο Μονάδα παραγωγής καυσίμου υλικού (RDF) με τεχνικές ξήρανσης και παλλετοποίησης
- ο Μονάδα κομποστοποίησης ή αναερόβιας χώνευσης
- ο Μονάδα καθαρισμού σιδηρούχων μετάλλων και αλουμινίου από προσμίξεις

Στις εγκαταστάσεις αυτές έχουμε πάντοτε χειροδιαλογή, τουλάχιστον για απόσυρση ογκωδών αντικειμένων ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού. Επιπλέον, ο διαχωρισμός των πλαστικών κατά είδος, των ανάμικτων χαρτιών και γυαλιών κατά χρώμα μπορεί να γίνει μόνο μέσω της χειροδιαλογής. Η εξελισσόμενη τεχνολογία τείνει να αντισταθμίσει μερικώς την χειροδιαλογή π.χ με χρήση φωτοκύτταρων για το διαχωρισμό. Σε κάθε περίπτωση, η αντιστάθμιση χειρωνακτικής και μηχανικής διαλογής αποτελεί ουσιαστικά αντιστάθμιση υψηλού αρχικού κόστους επένδυσης και υψηλού κόστους λειτουργίας (τεχνολογία εντάσεως εργασίας). Η απόδοση της χειροδιαλογής εκτιμάται 0,5 τόνους ανά ώρα ανά άτομο [5].

2.2.2 ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ

Διαχωρισμός στην πηγή (ΔσΠ) πραγματοποιείται ευρέως για τα ογκώδη απορρίμματα και για ορισμένες συσκευασίες. Η πρακτική αυτή ενισχύεται από την θέσπιση και εφαρμογή νομοθετικών πιέσεων και οικονομικών κινήτρων. Ο ΔσΠ προϋποθέτει και συνεπάγεται ενεργή συμμετοχή των πολιτών, οι οποίοι κατ' ελάχιστον τοποθετούν τα διαχωρισμένα υλικά σε **ειδικά δοχεία μέσα στο σπίτι**. Από το σημείο αυτό και μετά, η πρώτη μετακίνηση πραγματοποιείται με ευθύνη των πολιτών (μεταφέρουν τα ήδη διαχωρισμένα απόβλητα σε **ειδικά κέντρα συλλογής** ή σε **ειδικούς κάδους** για κάθε κατηγορία υλικών), ή με ευθύνη του φορέα διαχείρισης

(σύστημα τακτικής περιοδικής συλλογής ‘‘πόρτα-πόρτα’’, συλλογή με προσυνεννόηση νοικοκυριού-συλλέκτη, ή αποκομιδή των διαχωρισμένων υλικών από κάδους πεζοδρομίων).

Είναι αποδεδειγμένο το γεγονός ότι η διαλογή στην πηγή μειώνει σημαντικά το συνολικό κόστος της ανακύκλωσης και σε ορισμένες περιπτώσεις, δημιουργεί ‘θετικό ισοζύγιο’ κόστους.

Τα κέντρα συλλογής είναι απλοί χώροι απόθεσης υλικών, όπου ο πολίτης φέρνει τα διαχωρισμένα υλικά λαμβάνοντας ή όχι κάποιο χρηματικό ποσό. Τα διαχωρισμένα υλικά προωθούνται στην αγορά, ως δευτερογενείς πόροι, ή σε εγκαταστάσεις περαιτέρω επεξεργασίας. Αναλόγως της ισχύουσας νομοθεσίας, των τεχνολογικών εξελίξεων και της κοινωνικής ευαισθησίας, η εισαγωγή συστημάτων δύο κάδων ή δύο ρευμάτων θεωρείται η πλέον πιθανή εξέλιξη, με δύο δυνατές εναλλακτικές περιπτώσεις.

1 ^η περίπτωση:	Ρεύμα Α: τρόφιμα ‘υγρά’ υπολείμματα
	Ρεύμα Β: τα υπόλοιπα
2η περίπτωση:	Ρεύμα Α: ‘ξηρά’ συστατικά (χαρτί, πλαστικό, γυαλί, μέταλλα)
	Ρεύμα Β: τα υπόλοιπα

Βασικός στόχος στην πρώτη περίπτωση είναι η βιοεπεξεργασία των βιοαποδομήσιμων υλικών, ενώ στόχος της δεύτερης είναι η ανάκτηση υλικών και ενδεχομένως η παραγωγή καυσίμου. Πρόσφατες εμπειρίες έδειξαν ότι ο ΔσΠ κατά την πρώτη περίπτωση, ακόμα και όταν υπάρχει επιπρόσθετη δαπάνη για ειδικές σακούλες, ειδικούς κάδους και εξειδικευμένο προσωπικό, μπορεί να οδηγή στην μείωση του τελικού κόστους της συλλογής και μεταφοράς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι α) τα οχήματα για την καθημερινή συλλογή των βιοαποδομήσιμων υλικών δεν είναι αναγκαίο να είναι εξοπλισμένο με σύστημα συμπίεσης, και β) η συχνότητα συλλογής των υπολοίπων μπορεί να μειωθεί δραματικά [3, 11].

2.3 ΔΙΑΘΕΣΗ-ΑΝΑΚΤΗΣΗ

Η διάθεση των απορριμμάτων αποτελεί ένα σύνθετο κοινωνικό, οικολογικό, οικονομικό και τεχνολογικό πρόβλημα, για τη λύση του οποίου εμπλέκονται όλες οι παραπάνω πολιτικές. Οι προαναφερθείσες εναλλακτικές τεχνολογίες διάθεσης των στερεών αποβλήτων δεν είναι ανταγωνιστικές μεταξύ τους, αλλά μπορούν να εφαρμόζονται παράλληλα, λαμβάνοντας όμως πάντα υπόψη τη σύνθεση-ποσότητα των απορριμμάτων, τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής και τους διαθέσιμους πόρους.

2.3.1 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ (ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ)

Η διάθεση των αστικών απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) αποτελεί ένα **αναπόσπαστο υποσύστημα κάθε συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων**, καθώς κάθε μέθοδος επεξεργασίας αφήνει υπόλειμμα που καταλήγει σε ΧΥΤΑ. Με τα σημερινά δεδομένα εκτροπή⁵ 100% δεν νοείται. Η υγειονομική ταφή μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμος αν, εντός μιας γενιάς από την απόθεση των στερεών αποβλήτων, επιτυγχάνεται πραγματικά κατάσταση οριστικής τελικής διάθεσης υπό την έννοια ότι τόσο η εναπομείναντα μάζα στον ΧΥΤΑ όσο και οι κάθε είδους εκροές και εκπομπές από αυτόν είναι περιβαλλοντικά αποδεκτές χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Η επίτευξη του στόχου αυτού επιδιώκεται με συνδυασμό α) προεπεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, και β) ελέγχου του ρυθμού βιοαποδόμησης στο σώμα του ΧΥΤΑ [5, 7].

Στη στρατηγική διαχείρισης απορριμμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η υγειονομική ταφή αντιμετωπίζεται ως η ύστατη επιλογή, με δεδομένο ότι η ταφή απορριμμάτων είναι δυνατόν,

- ο Να επιφέρει ρύπανση του χερσαίου και υδάτινου περιβάλλοντος,
- ο Να οδηγήσει σε σημαντικές εκπομπές μεθανίου στην ατμόσφαιρα⁷ (εφόσον δεν καίγεται το βιοαέριο)
- ο Να οδηγήσει σε εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα (εφόσον καίγεται το βιοαέριο)
- ο Να αυξήσει σημαντικά τον κίνδυνο εκρήξεων.

Επιπρόσθετα, η ταφή απορριμμάτων είναι κατακριτέα ως διαχειριστική μέθοδος διότι δεν διανοίγει κανενός είδους δυνατότητα αξιοποίησης των απορριμμάτων, καθιστά δυσχερή την εύρεση χώρων για την ταφή τους, καταλαμβάνει μεγάλες

εκτάσεις καθώς και προϋποθέτει υψηλό κόστος μεταφοράς και υψηλό κόστος λειτουργίας των ΧΥΤΑ. Τέλος, οι κοινωνικές αντιδράσεις κατά την χωροθέτηση των ΧΥΤΑ και τη μεταφορά των απορριμμάτων, ορισμένες φορές αρκούν για να αποθαρρύνουν τους αρμόδιους φορείς από την υλοποίηση των στόχων τους (σύνδρομο ΟΣΔΑ που αναφέρθηκε προηγούμενα).

Στα πλεονεκτήματα της εδαφικής διάθεσης μπορούμε να υπογραμμίσουμε,

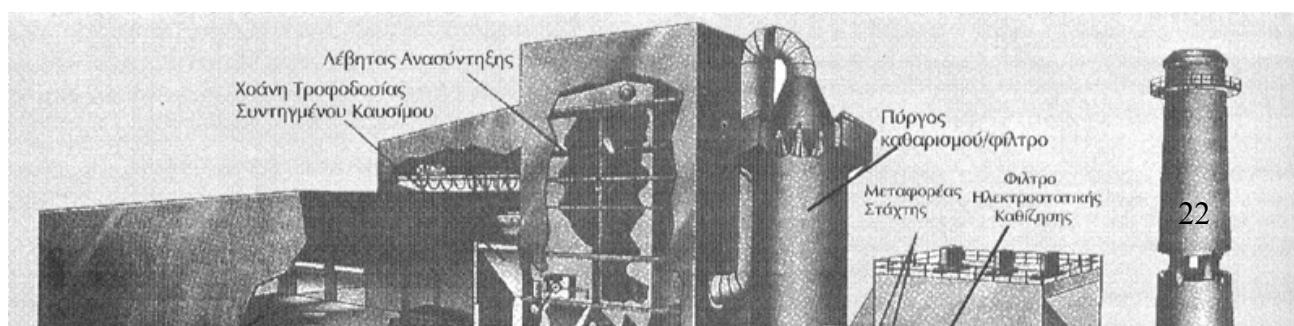
- ο Το μικρό κόστος κατασκευής
- ο Τη σχετικώς εύκολη τεχνολογία
- ο Τη παραγωγή βιοαερίου, και
- ο Την επαναχρησιμοποίηση του χώρου μετά την πλήρωση

⁵ Εκτροπή: η πορεία των στερεών αποβλήτων από την πηγή προς το χώρο εδαφικής διάθεσης υπολειμμάτων (ΧΕΔΥ), που μπορεί να είναι ΧΥΤΑ έχει καθιερωθεί ως η πλέον επικρατούσα ροή. Δεδομένου του γεγονότος ότι η εξεύρεση χώρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ΧΥΤΑ είναι εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση όχι μόνο λόγω των κριτηρίων που απαιτείται να πληρούν οι εν λόγω χώροι αλλά, κυρίως της αρνητικής κοινωνικής αποδοχής (σύνδρομο ΟΣΔΑ- 'Όχι Στη Δική μου Αυλή')⁶, ως εκτροπή έχει θεωρηθεί κάθε παρέμβαση που μειώνει την ποσότητα που τελικώς καταλήγει στον ΧΕΔΥ.

⁶ NIMBY: Not In My Back Yard

⁷ Το μεθάνιο χαρακτηρίζεται ως το δεύτερο σε σημασία «αέριο θερμοκηπίου»

Εικόνα 2.1: Συμπαράγωγή



Πηγή: [12]

Τα εργοστάσια μετατροπής “Σκουπιδιών - σε – Ενέργεια” καίνε στερεά απόβλητα και παράγουν ατμό. Ο ατμός αυτός κινεί ατμοστρόβιλους που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως συμπαραγωγή.

2.3.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΚΑΥΣΗ)

Η θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων αποσκοπεί στην ελάττωση του όγκου τους και την μετατροπή τους σε λιγότερο επικίνδυνα υλικά, δευτερευόντως δε στην ανάκτηση του ενεργειακού τους περιεχομένου. Γενικά, ως καύση ορίζεται η χημική αντίδραση μιας ουσίας με το οξυγόνο. Τα προϊόντα της καύσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

Αέρινες εκπομπές που περιέχουν τα εξής:

- ο Μη όξινα αέρια (μονοξείδιο του άνθρακα και ατμούς)
- ο Όξινα αέρια (διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, διοξείδιο και τριοξείδιο του θείου, υδρόθειο, υδροχλώριο)

- ο Άλλες επιβλαβείς ουσίες όπως υδροφθόριο, διοξίνες και άλλους υδρογονάνθρακες (τοξικοί ρύποι)
- ο Βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος)
- ο Καπνό και σκόνη

Στερεά υπολείμματα που περιέχουν τα εξής:

- ο Τέφρα λεβήτων
- ο Σκουριά
- ο Σκόνη φίλτρων υπολείμματα καθαρισμού καπναερίων

Τα παραγόμενα αέρια διέρχονται από σύστημα καθαρισμού και ψύξης. Αν υπάρχει μονάδα ανάκτησης ενέργειας, τα αέρια οδηγούνται σε εναλλακτική θερμότητας για παραγωγή ατμού. Τα στερεά υπολείμματα αποτελούν το 40% με 60% του αρχικού βάρους, ανάλογα με την σύνθεσή τους και την τεχνολογία της καύσης. Ανάλογα με το αν το προς καύση υλικό είναι ανάμικτα ή στερεά απόβλητα, διακρίνουμε δύο εναλλακτικές καταστάσεις:

Καύσιμη ύλη είναι τα ανάμικτα απορρίμματα (καίγονται όλα μαζί), ενδεχομένως με υποτυπώδη διαχωρισμό των ογκωδών, και

Καύσιμη ύλη είναι το RDF, το οποίο είναι μίγμα χαρτιού και πλαστικών και έχει προκύψει από τον διαχωρισμό των στερεών αποβλήτων είτε στην πηγή είτε σε ΕΜΔ

Τα κύρια θετικά στοιχεία της καύσης είναι η ταχύτητα της επεξεργασίας, η μείωση τόσο του όγκου των στερεών αποβλήτων μέχρι και 90%, όσο και του βάρους αυτών κατά 70%, η ανάκτηση ενέργειας καθώς και ο μικρός απαιτούμενος χώρος σε σχέση με την εδαφική διάθεση και την βιολογική επεξεργασία. Επιπρόσθετα, καύση μέρους των οικιακών απορριμμάτων δύναται να πραγματοποιηθεί στον κήπο, στο τζάκι ή σε καυστήρες. Ωστόσο, η καύση ενέχει και κάποια αρνητικά στοιχεία όπως, υψηλό κόστος αρχικής επένδυσης και λειτουργίας, κίνδυνος διαφυγής επικίνδυνων τοξικών ρύπων στην ατμόσφαιρα, απαίτηση περίπλοκης τεχνογνωσίας και ειδική διάθεση της παραγόμενης τέφρας λόγω της ύπαρξης τοξικών στοιχείων [10].

2.3.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ)

Η βιο-σταθεροποίηση (composting) ή βιολογική επεξεργασία των απορριμμάτων είναι η ελεγχόμενη (ως προς τον αερισμό, υγρασία, το λόγο άνθρακα/άζωτο, το PH και τη θερμοκρασία) βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών, όπου οι ετερογενείς και κυρίως ετερότροφοι μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες) βιοαποδομούν οργανικές ενώσεις [13]. Κύρια προϊόντα της κομποστοποίησης είναι το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά κυρίως το κομπόστ. Ανεπιθύμητα παραπροϊόντα είναι οι οσμές, ο θόρυβος, οι σκόνες, παθογόνοι μικροοργανισμοί, πτητική οργανική ύλη, στραγγίσματα. Το κομπόστ χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό ή ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών.. Χρησιμοποιείται επίσης και ως βιόφιλτρο, ως ηχομονωτικό υλικό, για αναπλάσεις τοπίων, αποκατάσταση λατομείων και για έλεγχο της διάβρωσης πρανών. Το κόστος της κομποστοποίησης απορριμμάτων, σύμφωνα με τα στοιχεία της Επιτροπής Περιβάλλοντος, έχει υπολογιστεί περίπου στο μισό απ' όσο στοιχίζει η υγειονομική ταφή, ενώ οι μονάδες κομποστοποίησης επιδοτούνται και από την Ε.Ε.

Αν στόχος της βιοεπεξεργασίας είναι απλώς η μείωση των ποσοτήτων των ΧΥΤΑ χωρίς άλλη χρήση του προϊόντος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη ημερήσιων κελιών του ΧΥΤΑ (χρήση του κομπόστ σαν αδρανούς υλικού για την επικάλυψη των διαδοχικών στρώσεων των απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ).

Κατά την διεργασία της κομποστοποίησης, έχουμε απώλεια μάζας της τάξεως του 50% [5].

Το φαινόμενο της κομποστοποίησης τέλος, μπορεί να λάβει χώρα και σε επίπεδο νοικοκυριού, με κομποστοποίηση των βιαπικοδομήσεων υλικών στον κήπο (οικιακή κομποστοποίηση σε κατοικία) ή σε έναν ελάχιστο ανοιχτό χώρο (με χώμα) 3 τετραγωνικών μέτρων (οικιακή κομποστοποίηση σε πολυκατοικία).

Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας των απορριμμάτων λειτουργεί εδώ και ένα χρόνο στην πόλη των Χανίων με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Παρακάτω γίνεται μία μικρή αναφορά σε αυτό το εργοστάσιο που αποτελεί έργο πνοής για τα Χανιά και κατ' επέκταση, για όλη τη Κρήτη.

Το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης & Κομποστοποίησης (Ε.Μ.Α.Κ) και ο Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Υ) σχεδιάστηκε να δέχεται και να επεξεργάζεται τα απορρίμματα των Δήμων της Ε' Διαχειριστικής Ενότητας του Διαχειριστικού Σχεδίου Απορριμμάτων (πρώην επαρχία Κυδωνίας) του Νομού Χανίων και συγκεκριμένα των Δήμων Χανίων, Ακρωτηρίου, Σούδας, Κεραμειών, Ελ. Βενιζέλου, Θερίσου, Νέας Κυδωνίας, Πλατανιά και Μουσούρων.

Η παραγωγή οικιακών απορριμμάτων από αυτή τη περιοχή - με βάση τον σχεδιασμό- υπολογίστηκε σε 70.000 τόνους ετησίως (για το έτος 2015) και των πράσινων απορριμμάτων σε 10.500 τόνους, πράγμα που καθόρισε και την δυναμικότητα του εργοστασίου για λειτουργία του σε μία βάρδια και για πέντε μέρες της βδομάδας. Η δυνατότητα του εργοστασίου να δεχτεί και να επεξεργαστεί επί πλέον ποσότητες απορριμμάτων είναι μεγαλύτερη με επέκταση του χρόνου λειτουργίας του.

Από την επεξεργασία των απορριμμάτων **αξιοποιείται το 65%** ως εμπορεύσιμο ανακυκλώσιμο υλικό και εδαφοβελτιωτικό και το υπόλοιπο **35% θάβεται** ως υπόλειμμα στο Χώρο Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΥ).

Οι εγκαταστάσεις του έργου κατασκευάστηκαν σε **γήπεδο συνολικής έκτασης 235,5 στρέμματα**, στη θέση «Κορακιά», νότια της χαράδρας του Κουρουπητού στο Ακρωτήριο Χανίων.

Το εργοστάσιο αποτελείται από τα εξής βασικά τμήματα:

- ο Τμήμα υποδοχής Απορριμμάτων
- ο Τμήμα Μηχανικής Διαλογής και Χειροδιαλογής
- ο Τμήμα Κομποστοποίησης, Ραφινάρισματος, και Αποθήκευσης Compost
- ο Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων και Απορριμμάτων (ΧΥΤΥ)

Επίσης διαθέτει Διοικητήριο, Συνεργείο Οχημάτων και Αποθήκη

Στο **κτίριο μηχανικής διαλογής** πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του ξηρού κλάσματος (χαρτί, πλαστικό) από το υγρό κλάσμα (οργανικό) και παράγεται το ρεύμα των αχρήστων που οδηγείται στον ΧΥΤΥ. Το ξηρό κλάσμα χειροδιαλέγεται και δεματοποιείται. Τα σιδηρούχα και αλουμινούχα διαχωρίζονται με μαγνητικούς διαχωριστές και διαχωριστές δινορρευσμάτων και δεματοποιούνται.

Στο ίδιο κτίριο προσάγονται και τα υλικά από το πρόγραμμα διαλογής στην πηγή, τα οποία διαχωρίζονται και δεματοποιούνται.

Το οργανικό κλάσμα από το κτίριο μηχανικής διαλογής οδηγείται **στα κτίρια ταχείας κομποστοποίησης**, όπου κομποστοποιείται με αερόβια ζύμωση με εμφύσηση αέρα. Το υπό κομποστοποίηση υλικό αναδεύεται μια φορά την ημέρα και προωθείται με σύστημα κοχλίων αναρτημένων σε παλινδρομική γέφυρα.

Το κομποστοποιούμενο υλικό μετά την εκφόρτωση του από την μονάδα κομποστοποίησης, οδηγείται στην **μονάδα ραφιναρίας**, όπου καθαρίζεται με κοσκίνιση και συστήματα συνδυασμένου αεροδυναμικού και βαλλιστικού διαχωρισμού.

Το καθαρό compost **αποθηκεύεται σε πλατεία** πλησίον της ραφιναρίας για την ωρίμανσή του επί ένα μήνα αφού όπου διατίθεται χύδην. Μέρος του compost αποθηκεύεται σε **κλειστή αποθήκη** όπου παραλαμβάνεται και ενσακίζεται.

Τα υπολείμματα από την μηχανική διαλογή και χειροδιαλογή των προηγούμενων σταδίων της επεξεργασίας οδηγούνται στον **Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (XYTY)**. {5}

2.3.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η ανακύκλωση είναι περιοχή επιστημονικής έρευνας πρόσφορη για ανάπτυξη νέων ιδεών, που θα εφαρμοστούν στην μετατροπή των απορριμμάτων σε οικονομικά και σημαντικής προστιθέμενης αξίας υλικά. Ως ανακύκλωση (process of recycling) ορίζεται η διεργασία μέσω της οποίας τα “άχρηστα” υλικά από το ρεύμα των στερεών αποβλήτων συλλέγονται, διαχωρίζονται και επεξεργάζονται με στόχο τη δημιουργία νέων λειτουργικών προϊόντων προς χρήση [14].

Σε σχέση με την τεχνολογία παραγωγής η ανακύκλωση (ή ανάκτηση) είναι μια πράξη της άντλησης κάποιων υλικών από τα απορρίμματα/απόβλητα ώστε να χρησιμοποιηθούν ξανά. Η υπαρκτή και προβλεπόμενη έλλειψη πολλών υλικών που απαιτούνται από τα συστήματα παραγωγής, κάνει εξαιρετικά επιθυμητή την ανάκτηση των άχρηστων προϊόντων που περιέχουν αυτά τα υλικά. Πράγματι, καθώς

το κόστος του εντοπισμού, της απόσπασης και της επεξεργασίας πρώτων υλών για την παραγωγή συνεχίζει να αυξάνει, ακόμα περισσότερα υλικά μπορεί να γίνουν υποψήφια για οικονομικά αποδοτική ανακύκλωση. Μπορεί σύντομα να γίνει οικονομικά αποδοτικό να ανακτούμε υλικά από προϊόντα που κάποτε πετούσαμε, καίγαμε ή θάβαμε [12].

Πολλοί χρησιμοποιούν τον όρο ‘ανακύκλωση’ όταν αναφέρονται στην ανάκτηση. Στην κοινή ορολογία, οι δυο λέξεις σχεδόν εναλλάσσονται, αλλά η ακριβή τους έννοια δεν είναι ίδια. Η ανάκτηση καλύπτει ένα ολόκληρο πεδίο δραστηριοτήτων, ενώ η ανακύκλωση είναι μια απλή υποδιαίρεση αυτού του πεδίου [12]. Διεξοδική και λεπτομερή ανάλυση για την ανακύκλωση γίνεται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.



Γλυπτό από σκουπίδια: Η κοινωνία μας με τη νοοτροπία του “πετάγματος” παράγει χιλιάδες τόνους από τέτοια σκουπίδια καθημερινά. Η ανάκτηση πόρων προσπαθεί να ξαναχρησιμοποιήσει τα υλικά και να μειώσει το πρόβλημα των στερεών αποβλήτων.

Πηγή: [12]

3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η ανακύκλωση σαν διεργασία έχει ανεκτίμητη αξία αφού με αυτή:

- Περιορίζεται ο όγκος των συλλεγόμενων απορριμμάτων
- Μειώνεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με απορρίμματα (ιδίως μη-ζυμώσιμα)
- Εξοικονομούνται εδαφικοί πόροι λόγω του μικρότερου όγκου κατόρυξης
- Εξοικονομούνται πόροι (χρήμα, πρώτες ύλες και ενέργεια)
- Εξοικονόμηση ενέργειας κατά την ανακύκλωση:

Γυαλί:	30%	Πλαστικό:	60%
Χαρτί:	50%	Αλουμίνιο:	95%
- Μείωση του κόστους συλλογής, μεταφοράς και διάθεσης
- Δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας
- Ικανοποιείται η περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών και βελτιώνεται η ποιότητα ζωής τους.
- Διασφαλίζεται η περιβαλλοντική διαπαιδαγώγηση όλων, και ιδιαίτερα των νέων

Οι επιδόσεις της μεθόδου ανακύκλωσης διαφοροποιείται έντονα από περίπτωση σε περίπτωση από την στιγμή όπου εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως [5]:

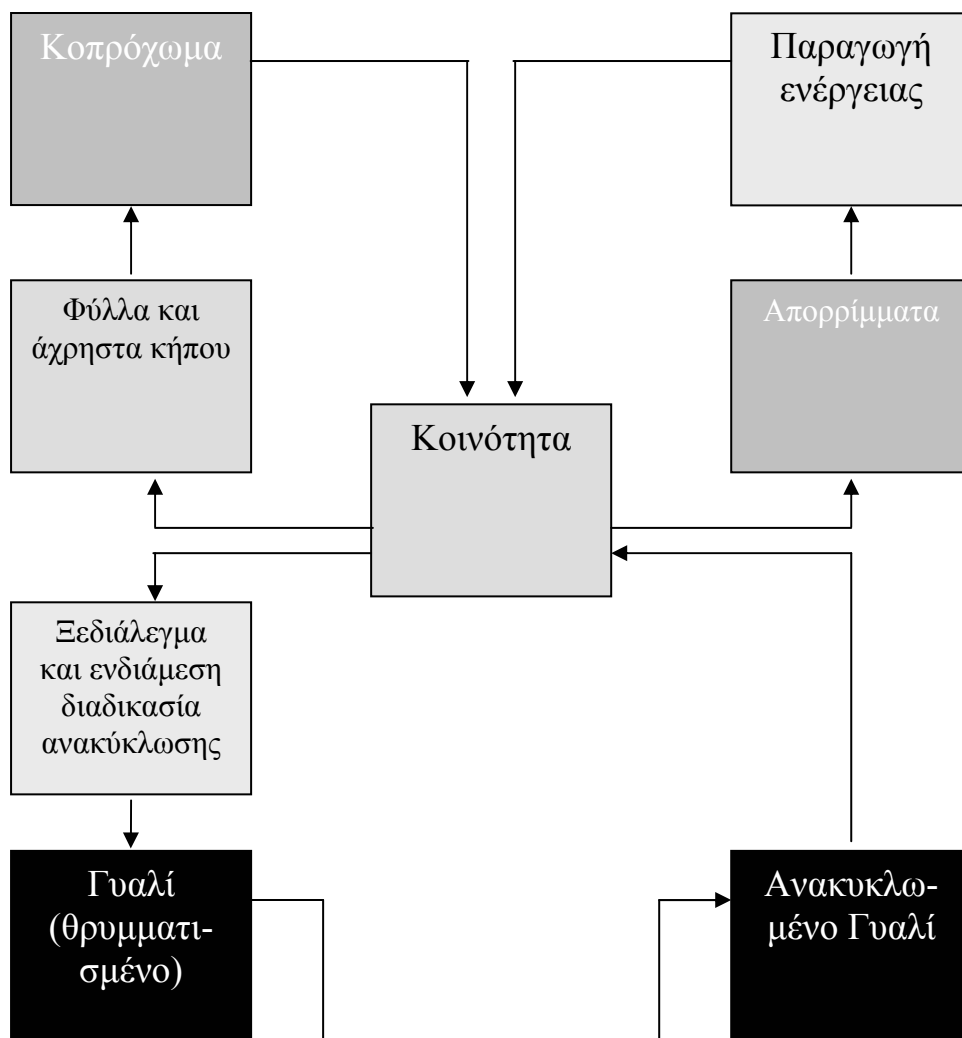
- Νομοθετικές ρυθμίσεις
- Διεθνής διακυμάνσεις στις διατιθέμενες ποσότητες και τιμές πρωτογενών και δευτερογενών υλικών
- Τον φορέα διαχείρισης (ιδιωτική/ δημοτική επιχείρηση)
- Την ευαισθησία και το βαθμό συμμετοχής των πολιτών
- Την πυκνότητα των πηγών στερεών αποβλήτων

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες ανακύκλωσης: η **επαναχρησιμοποίηση**, η **άμεση ανακύκλωση** και η **έμμεση ανακύκλωση**. Θα ακολουθήσει αναλυτική εξέταση αυτών και θα γίνει κατανοητό πώς ακριβώς ταιριάζουν στο ευρύ επίπεδο της ανάκτησης.

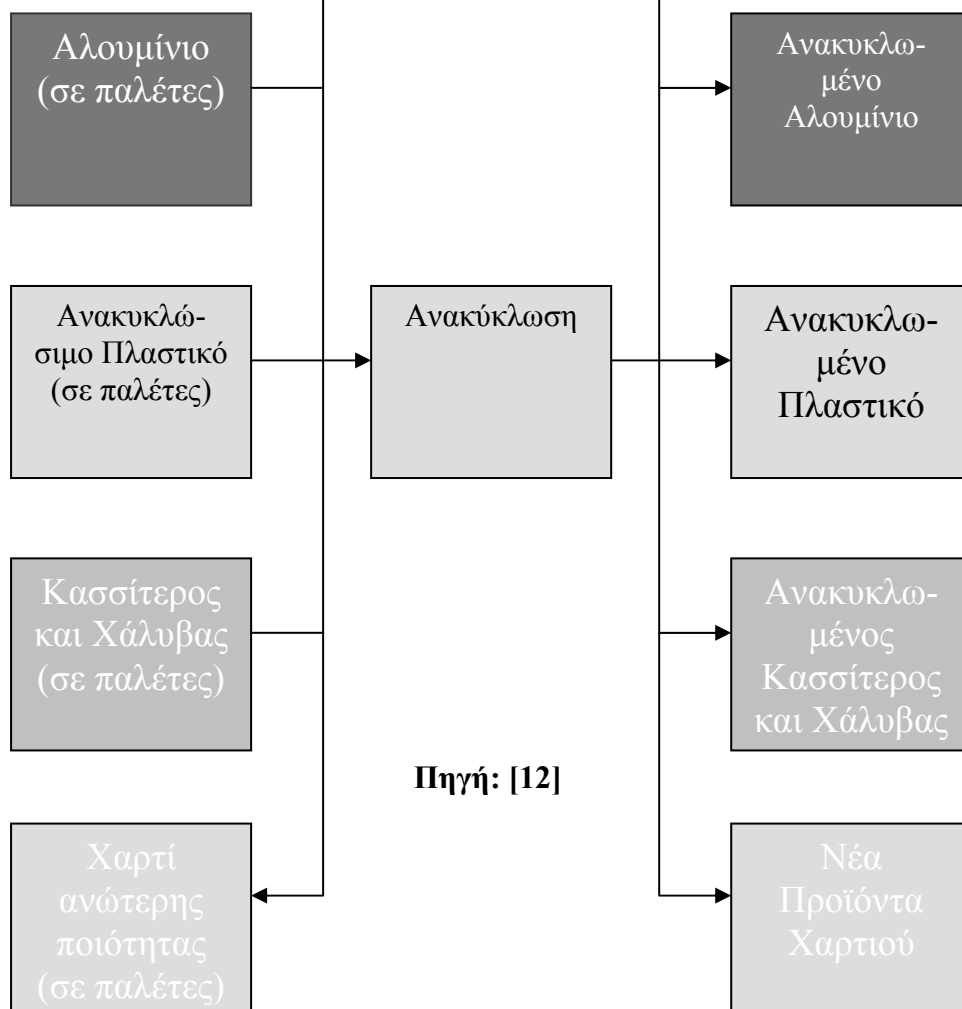
3.1 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

Η πρώτη κατηγορία ανακύκλωσης είναι η επαναχρησιμοποίηση. Οι επιστρεφόμενες συσκευασίες είναι το πιο συνηθισμένο παράδειγμα αυτής της κατηγορίας. Μια επιστρεφόμενη φιάλη, για παράδειγμα, μπορεί να κάνει τη διαδρομή εμφιαλωτή-χρήστη πολλές φορές κατά τη διάρκεια της χρήσιμης ζωής της. Όταν επιστραφεί στον εμφιαλωτή, καθαρίζεται, επιθεωρείται και ξαναγεμίζεται για να αρχίσει και πάλι τον κύκλο της. Υπό κανονικές συνθήκες, τα αντικείμενα που ξαναχρησιμοποιούνται απαιτούν τη λιγότερη σπατάλη ενέργειας και τη λιγότερη πολύπλοκη επεξεργασία για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν εκ νέου. Δυστυχώς, ο κόσμος τείνει να πετάει στα σκουπίδια τα σχετικά φθηνά επαναχρησιμοποιούμενα μπουκάλια (συνήθως παίρνουμε πίσω 0.25 ευρώ με την επιστροφή τους) παρά να τα επιστρέψει για επαναχρησιμοποίηση [12].

Πολλά επαναχρησιμοποιήσιμα αντικείμενα, ιδιαίτερα μερικά εξαρτήματα αυτοκινήτου, όπως οι μίζες, οι εναλλακτήρες και οι δίσκοι συμπλεκτών, είναι πιο πιθανό να επισκευαστούν και να επιστραφούν επειδή είναι σχετικά ακριβά. Μ' αυτόν τον τρόπο εξοικονομείται πολύς χρόνος, ενέργεια και χρήμα. Οι διάφορες διαδικασίες που απαιτούνται για τη διανομή ενός επαναχρησιμοποιούμενου προϊόντος στον καταναλωτή είναι, επίσης πολύ πιο απλές. Στο διάγραμμα της επόμενης σελίδας δείχνονται παραστατικά οι τρόποι επαναχρησιμοποίησης διαφόρων υλικών [12].



Διάγραμμα 3.1: Επαναχρησιμοποίηση



Πηγή: [12]

3.2 ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η χρήση της άμεσης ανακύκλωσης εξαρτάται από την ποιότητα του ανακυκλωσίμου υλικού και από το κόστος του. Το κόστος δεν πρέπει να υπερβαίνει εκείνο της αρχικής πρώτης ύλης. Αυτή είναι η πιο συνηθισμένη μορφή ανακύκλωσης.

Τα κουτάκια αλουμινίου είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα άμεσης ανακύκλωσης. Μετά τη χρήση τους, συλλέγονται από διάφορα άτομα ή ομάδες αντί κάποιου χρηματικού ποσού (συλλογή με προσυνεννόηση νοικοκυριού-συλλέκτη). Στη συνέχεια, οι συλλέκτες προσκομίζουν τα χρησιμοποιημένα κουτάκια σε κάποιο από τα ειδικά κέντρα συλλογής όπου και πληρώνονται. Από τα σημεία αυτά, τα κουτάκια αποστέλλονται στους επεξεργαστές αλουμινίου.

Η παραγωγή λιωμένου μετάλλου κατά την ανακύκλωση απαιτεί λιγότερο από το 5% της ενέργειας που θα χρειαζόταν για την παραγωγή του από βωξίτη. Μεγάλες ποσότητες αλουμινίου ανακυκλώνονται με αυτόν τον τρόπο. Από το 1967 έως και σήμερα, ένας επεξεργαστής αλουμινίου έχει πληρώσει στο κοινό (στους συλλέκτες) πάνω από \$ 400 εκατομμύρια για ένα, σχεδόν, δισεκατομμύριο κιλά αλουμινίου. Αυτό ισοδυναμεί με την άμεση ανακύκλωση πενήντα, περίπου, δισεκατομμυρίων κουτιών αναψυκτικών. Εκτός από το αλουμίνιο, πολλά ακόμα υλικά είναι υποψήφια για άμεση ανακύκλωση. Ένας μικρός κατάλογος τέτοιων υλικών θα περιλάμβανε το γυαλί, το χαρτί και πολλά ακόμα μέταλλα.

Η άμεση ανακύκλωση επηρεάζεται από το γεγονός ότι η ποιότητα πολλών υλικών πέφτει κάθε φορά που ανακυκλώνονται. Για παράδειγμα, κάθε φορά που ανακυκλώνεται το χαρτί, το μήκος των ινών του, που ευθύνεται για την αντοχή του, μειώνεται. Ως αποτέλεσμα, το ανακυκλωμένο χαρτί έχει χαμηλότερη ποιότητα από το αρχικό υλικό.

Στις περιπτώσεις που η μείωση της ποιότητας είναι αποφασιστικής σημασίας, θα πρέπει να ερευνάται η αγορά για ένα τέτοιο προϊόν πριν γίνει η οποιαδήποτε άμεση ανακύκλωση. Αν δεν υπάρχει αγορά για το προϊόν ή η αγορά είναι πολύ μικρή, τότε η προσπάθεια ανακύκλωσης δεν θα είναι, πιθανώς, οικονομικά αποδοτική για τον επεξεργαστή.

[12]

3.3 ΕΜΜΕΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Όταν τα χαρακτηριστικά κάποιου υλικού δεν του επιτρέπουν να ανακυκλωθεί άμεσα, τότε μπορεί, μερικές φορές, να δοθεί μια οικονομικά αποδοτική λύση με την έμμεση ανακύκλωση. Στην περίπτωση αυτή, οι ασχολούμενοι με την επεξεργασία δεν ανακτούν τα υλικά για την αρχική τους χρήση, αλλά τα διατηρούν απλά στον κύκλο παραγωγής και βρίσκουν άλλες χρήσεις γι' αυτά. Για παράδειγμα, ο διαχωρισμός για επαναχρησιμοποίηση ή άμεση ανακύκλωση ενός φορτίου γυάλινων μπουκαλιών και συσκευασιών διαφόρων μεγεθών, θα ήταν ασύμφορος οικονομικά, ενώ, η ίδια ποικιλία γυάλινων προϊόντων θα μπορούσε να θρυμματιστεί και να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή μιας εξαιρετικά ανθεκτικής και αντιολισθητικής επιφάνειας δρόμου. Η χρήση αυτή για μεταχειρισμένα γυάλινα προϊόντα έχει ήδη αποδειχτεί πολύ αποδοτική.

Τα μπουκάλια, οι συσκευασίες και τα άλλα προϊόντα που είναι κατασκευασμένα από πλαστικά είναι πρακτικά μη – βιοδιασπώμενα (δεν είναι δυνατόν να διασπασθούν σε ακίνδυνα προϊόντα με τη δράση ζωντανών μικροοργανισμών) όταν θάβονται ή πετιούνται σε σκουπιδότοπους. Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, αυτή η ιδιότητα της ανθεκτικότητας έχει χρησιμοποιηθεί σε μια έμμεση επεξεργασία ανακύκλωσης. Τα πλαστικά υλικά θρυμματίζονται και σε αυτή τη μορφή χρησιμοποιούνται στην κατασκευή διαφόρων άλλων προϊόντων, όπως χαρτόνι από ανακυκλωμένο πολτό, στύλους φραχτών και παλέτες.

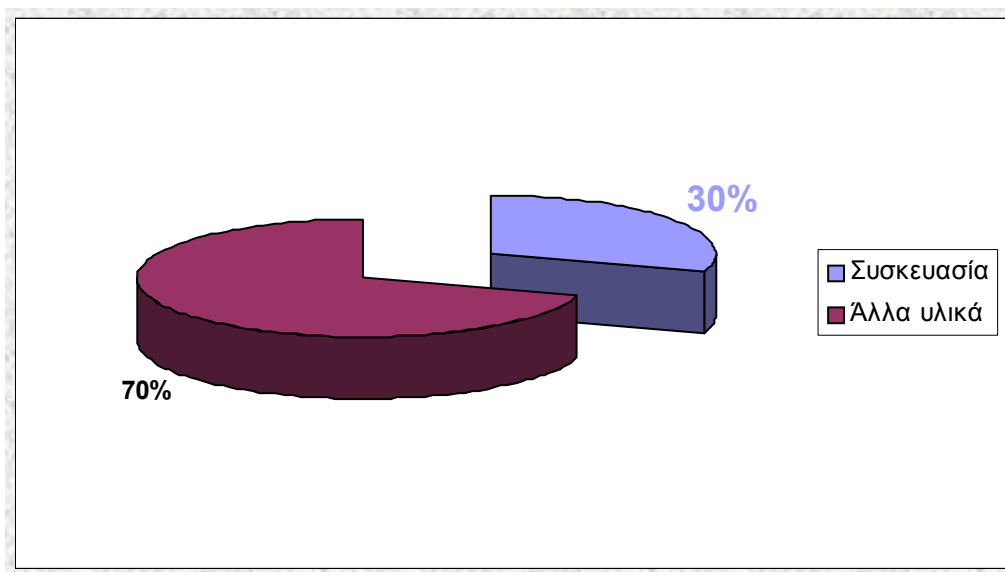
Η έμμεση ανακύκλωση χρησιμοποιεί μια επεξεργασία που ονομάζεται πυρόλυση. Η πυρόλυση προκαλεί τη χημική μεταβολή του υλικού με τη βοήθεια της θερμότητας. Με αυτήν την επεξεργασία, τα σκουπίδια καίγονται και παράγουν καύσιμα αέρια. Η παραγωγή χρήσιμης θερμότητας με την αποτέφρωση των σκουπιδιών είναι ένα καλό παράδειγμα αυτής της επεξεργασίας. [12]

3.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ (ΑΝΑΚΤΗΣΙΜΑ) ΥΛΙΚΑ

Η πλειοψηφία των προϊόντων που κατασκευάζονται υπόκεινται σε κάποια μορφή ανάκτησης. Ωστόσο, τα πλέον κατάλληλα για αξιοποίηση υλικά- που προέρχονται από τα απορρίμματα- είναι αυτά που απευθύνονται σε ευρείας κλίμακας καταναλωτικά προϊόντα με μικρή διάρκεια ζωής. Προφανώς πρόκειται για τα υλικά συσκευασίας, το πλαστικό φιλμ (σακούλες κλπ) και το χαρτί (εφημερίδες, περιοδικά,

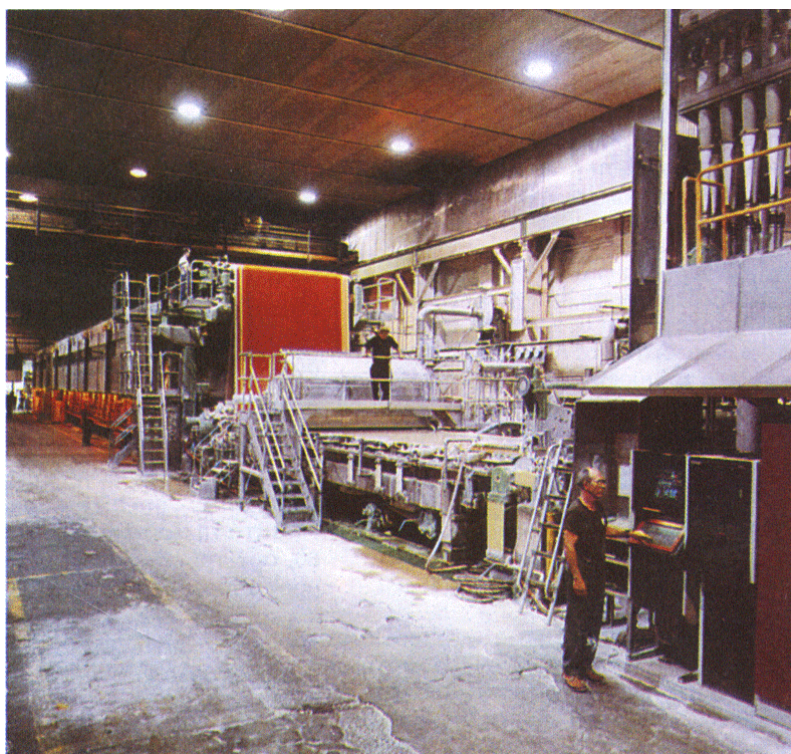
χαρτί γραφείου κλπ). Τα υλικά αυτά συνθέτουν το 30% κ.β των ελληνικών αστικών απορριμμάτων, ενώ στη Δυτική Ευρώπη, το αντίστοιχο ποσοστό είναι περίπου 50%. Συγκεκριμένα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγονται 50 εκατ. τόνοι απορριμμάτων από συσκευασίες το χρόνο. Ένας Ευρωπαίος πολίτης παράγει κατά μέσον όρο 154 kg απορριμμάτων από συσκευασίες το χρόνο, ενώ ένας Έλληνας περίπου 100 kg. {4}, [14]

Διάγραμμα 3.2: Ποσοστό συμμετοχής της συσκευασίας στα στερεά δημοτικά απορρίμματα (ΣΔΑ)



Πηγή: [14] και ίδια επεξεργασία

Εικόνα 3.2: Μηχάνημα παραγωγής χαρτιού



*Στις Η.Π.Α
παράγονται περίπου
12 τόννοι
ανακυκλωμένου
χαρτιού κάθε χρόνο.
Αυτό το μηχάνημα
παραγωγής χαρτιού
μήκους 70 μέτρων,
μπορεί να παράγει 90
τόνους χαρτιού
διαφόρων τύπων την
ημέρα.*

Πηγή: [12]

3.4.1 ΧΑΡΤΙ

Μεγαλύτερη ποσότητα χαρτιού καταλήγει στα σκουπίδια απ' ότι οποιοδήποτε άλλο υλικό. Οι χαρτοσακούλες λαχανικών, οι εφημερίδες, οι εκτυπώσεις υπολογιστών και το χαρτί συσκευασίας, μπορούν να ανακυκλωθούν οικονομικά σε νέα χάρτινα προϊόντα.

Μέχρι τη δεκαετία του 60', η ανακύκλωση χαρτιού ήταν σχετικά ανύπαρκτη σ' όλο τον κόσμο. Κατά τη διάρκεια εκείνης της δεκαετίας, η ανησυχία του κοινού για τη μόλυνση του περιβάλλοντος και για άλλα οικολογικά θέματα, προκάλεσε μια μεγαλύτερη έμφαση στην ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου χαρτιού. Αυτό συνέβη πρωτίστως για τη μείωση του μεγάλου προβλήματος των απορριμμάτων. Επίσης, μια έλλειψη χαρτιού στη δεκαετία του 70', προώθησε ακόμα περισσότερο την ανακύκλωση χαρτιού. Με την αύξηση της ανακύκλωσης του χαρτιού και των προϊόντων που άρχισαν να παράγονται από το ανακυκλωμένο χαρτί, άρχισε να αυξάνεται και ο αριθμός των παραγωγών σ' αυτόν τον τομέα. Μεγάλες ποσότητες

χαρτιού ανακυκλώνονται από εταιρείες που ειδικεύονται στην ανάκληση αυτού του υλικού. [12]

Οι μεγαλύτερες ποσότητες χαρτιού για ανακύκλωση προέρχονται από εταιρείες που ειδικεύονται στη συλλογή χρησιμοποιημένων χάρτινων προϊόντων. Αφού συλλεχθεί το χαρτί κουρελιάζεται, συσκευάζεται σε δέματα και αποστέλλεται σε κάποιον επεξεργαστή που έχει τα μέσα για να το ανακυκλώσει. Το κουρελιασμένο χαρτί αναμειγνύεται με νερό και χημικά για αφαιρεθεί η μελάνη. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, το χαρτί μετατρέπεται σε ένα μαλακό, υγρό υλικό που αποκαλείται **πολτός**. Στη συνέχεια, αφαιρούνται οι συνδετήρες, τα καρφάκια συρραφής και όλα τα άλλα στερεά αντικείμενα. Στην επόμενη φάση, ο πολτός τοποθετείται μέσα σε μηχανήματα που τον στύβουν και αποβάλλουν τη μεγαλύτερη ποσότητα βρώμικου νερού, μελάνης και χημικών απ' αυτόν. Στη συνέχεια, ο πολτός φιλτράρεται μέσα από διαδοχικά πλέγματα και ξαναπλένεται για να αποβληθούν οι εναπομείνουσες ακαθαρσίες. Μετά, ο πολτός αναμειγνύεται με καθαρό νερό έως ότου αποχτήσει τη συνοχή κρέμας από βανίλια. Τότε, το μείγμα απλώνεται, στεγνώνεται, λειαίνεται και περνά από μια σειρά κυλίνδρων. Αφού περάσει ανάμεσα από κυλίνδρους, το μείγμα έχει πλέον την εμφάνιση του χαρτιού και είναι έτοιμο να κοπεί και να πακεταριστεί.

Τα είδη του χαρτιού τα οποία είναι κατά κύριο λόγο ανακυκλώσιμα είναι τα εξής:

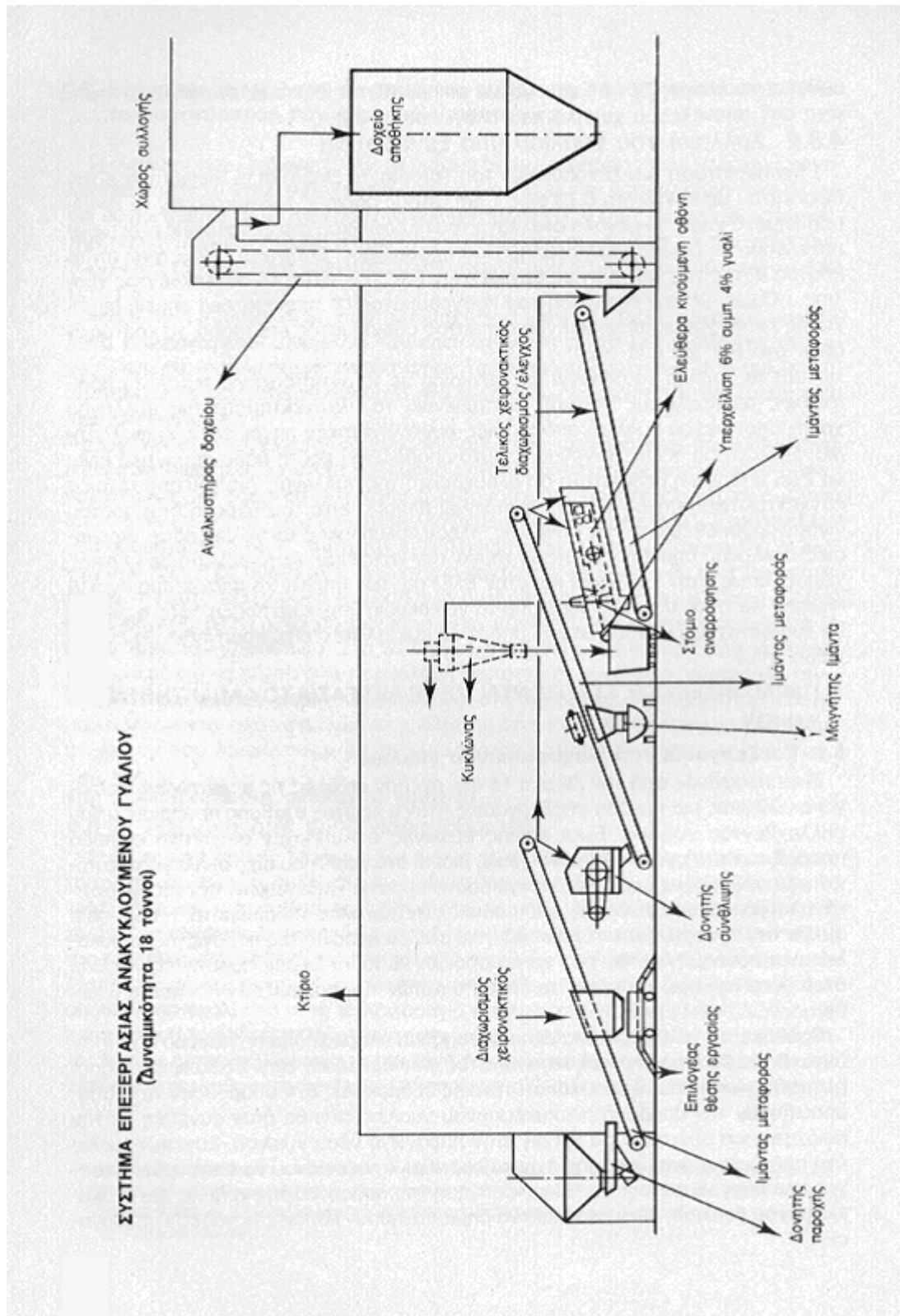
- **Εφημερίδες:** Οι εφημερίδες αποτελούν το οικονομικό στήριγμα κάθε προγράμματος ανακύκλωσης. Ο διαχωρισμός των εφημερίδων από τα υπόλοιπα προς ανακύκλωση προϊόντα γίνεται στο σπίτι όπου οι εφημερίδες συνήθως δεματοποιούνται και στέλνονται στη συνέχεια στο εργοστάσιο ανακύκλωσης.
- **Χαρτί υψηλής ποιότητας:** Είναι το χαρτί που χρησιμοποιείται σε εκτυπωτές καθώς και το χαρτί γραφείου που περιέχει ίνες πολύ υψηλής ποιότητας. Το παραγόμενο μετά την ανακύκλωση χαρτί είναι διαφόρων χρήσεων όπως χαρτί γραψίματος, χαρτομάντιλα, χαρτοπετσέτες, χαρτί υγείας κλπ. Είναι επίσης δυνατή η διαλογή του χαρτιού πριν την μεταφορά, πράγμα όμως που απαιτεί πιο εξειδικευμένη εργασία.

- **Χαρτόνι:** Πηγή ανακυκλώσιμου χαρτονιού αποτελούν συνήθως οι συσκευασίες μεγάλων προϊόντων και απαντάται κυρίως σε super markets, αποθήκες χονδρικής και εργοστάσια. Η ανακύκλωση του είναι αρκετά διαφορετική από αυτήν των εφημερίδων.
- **Μικτό χαρτί:** Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται γενικά η χαμηλότερη ποιότητα χαρτιού των οικιακών απορριμμάτων (π.χ περιοδικά, βιβλία κλπ). Μετά την συλλογή του το χαρτί αυτό πηγαίνει στον τελικό χρήστη είτε ως έχει είτε μετά από διαλογή. Τα προϊόντα που παράγονται από την ανακύκλωση τέτοιου χαρτιού είναι πισσόχαρτο, χαρτί γραψίματος, χαρτί μονώσεων κλπ.

[15]



Εικόνα 3.2: Σύστημα επεξεργασίας ανακυκλούμενου γυαλιού



Πηγή: [12]

3.4.2 ΓΥΑΛΙ

Η ανακύκλωση γυαλιού έχει τα φόντα να εξελιχτεί σε μια μεγάλη βιομηχανία. Αλλά, επειδή η άμμος, η σόδα και ο ασβέστης, τα κύρια συστατικά του γυαλιού, είναι σχετικά κοινά υλικά, η ανακύκλωσή του δεν είναι τόσο οικονομικά ελκυστική όσο θα μπορούσε να είναι. Στην Ελλάδα, η κύρια πηγή υαλοθραύσματος είναι οι ίδιες οι βιομηχανίες εμφιάλωσης. Το υαλόθραυσμα αυτό πωλείται είτε απευθείας στις βιομηχανίες γυάλινων φιαλών, είτε μέσω κάποιου εμπόρου. Μία άλλη σημαντική πηγή είναι τα εστιατόρια, τα κέντρα διασκέδασης, τα supermarket, και οι εταιρείες πώλησης ποτών και αναψυκτικών. Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, οι ποσότητες χρησιμοποιημένων συσκευασιών που ανακυκλώνονται έχουν αυξηθεί κατά 47%, από 26.000 τόνους το 1991 σε 38.000 τόνους το 1995, που είναι περίπου το 26% της εγχώριας κατανάλωσης γυάλινων συσκευασιών.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 50', εμφανίστηκαν τα μη-επιστρεφόμενα μπουκάλια. Μέχρι τη δεκαετία του 70', οι περισσότεροι εμφιαλωτές χρησιμοποιούσαν αυτόν τον τύπο μπουκαλιού. Παρά την ευρεία χρήση τους, δεν ήταν αποδεκτά από όλες τις ομάδες της κοινωνίας μας. Πολλές από αυτές τις ομάδες υποστήριζαν ότι η χρήση τους επιβάρυνε τη μόλυνση του περιβάλλοντος και αποτελούσε σπατάλη πόρων και ενέργειας.

Μερικές πολιτείες των Η.Π.Α ψήφισαν νόμους σχετικά με τα μπουκάλια, οι οποίοι κατασττούσαν παράνομη τη χρήση μη επιστρεφόμενων μπουκαλιών. Οι ίδιοι νόμοι υποχρέωναν τους κατασκευαστές να τοποθετούν ετικέτες στα μπουκάλια με τη λέξη 'επιστρεφόμενο' και επέβαλαν στους πωλητές λιανικής να χρεώνουν ένα ποσό για προκαταβολή σε κάθε μπουκάλι, ώστε να εξασφαλιστεί η επιστροφή τους σε μια προσπάθεια μείωσης των σκουπιδιών και της σπατάλης. Για τους ίδιους λόγους, έχουν ψηφιστεί νόμοι που καθιστούν παράνομη τη χρήση των δακτυλίων ανοίγματος αφαιρούμενου τύπου σε κουτάκια αναψυκτικών. Τα μεταλλικά κουτάκια αναψυκτικών ανοίγουν πλέον με τέτοιο τρόπο, ώστε ο δακτύλιος να παραμένει στη θέση του μετά το άνοιγμα. [12]

Όσον αφορά στην Ευρωπαϊκή Ένωση, παρά το γεγονός ότι για τη συσκευασία πολλών προϊόντων τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται πολλά άλλα υλικά, η ζήτηση του γυαλιού αυξάνεται σταθερά. Σε αρκετές, όμως, ευρωπαϊκές χώρες οι

πολίτες έχουν εύκολα συνηθίσει να επιστρέφουν τα άδεια γυάλινα μπουκάλια μπύρας ή εμφιαλωμένου νερού, πιθανώς επειδή έχουν μάθει να το κάνουν από πολύ παλιά (και όχι επειδή υποχρεώθηκαν να πράξουν έτσι λόγω επιβολής κυρώσεων σε αντίθετη περίπτωση όπως στις Η.Π.Α). Η απόρριψη γυαλιού στους ΧΥΤΑ των χωρών της Ε.Ε. μειώθηκε, παρόλο που αυξήθηκε η κατανάλωση και η παραγωγή απορριμμάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι διπλασιάστηκε η ποσότητα γυαλιού που ανακυκλώθηκε.

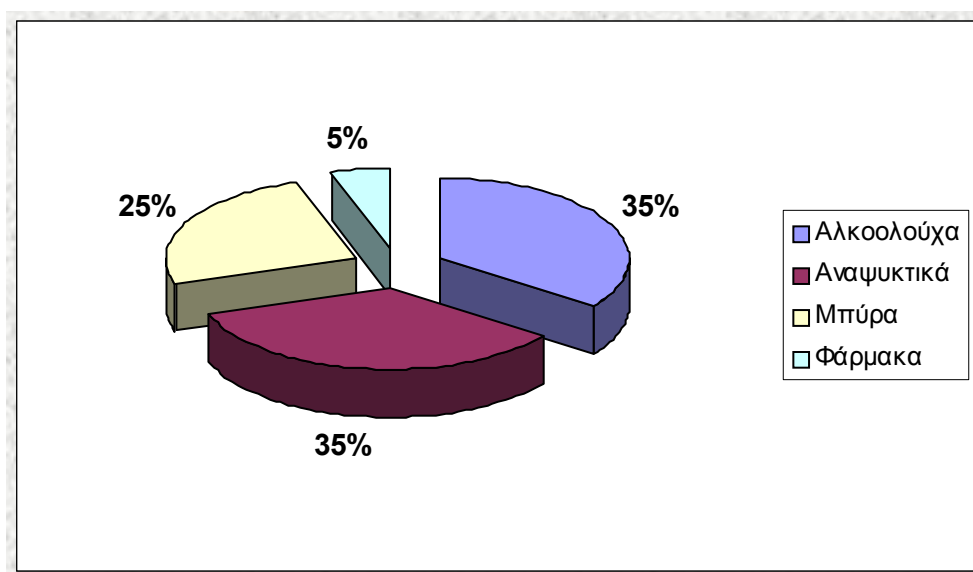
Η ανακύκλωση γυαλιού βοήθησε στην ανάπτυξη ενός νέου οικονομικού τομέα και νέας τεχνολογίας. Η συλλογή, η μεταφορά και η επεξεργασία του γυαλιού που προορίζεται για ανακύκλωση δημιούργησαν χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας. Σήμερα, υπάρχουν πάνω από 650.000 σημεία συλλογής γυαλιού σε δρόμους, πλατείες και άλλους δημόσιους χώρους των χωρών της Ε.Ε.. Παράλληλα, σε ευρωπαϊκό επίπεδο λειτουργούν περίπου 100 μονάδες που σχετίζονται με την επεξεργασία του χρησιμοποιημένου γυαλιού.

Το γυαλί έχει τη μοναδική διπλή ιδιότητα εξαιρετικά χρήσιμη στην προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα μείωσης των απορριμμάτων: μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές για τη συσκευασία ενός προϊόντος **-διατηρώντας την αρχική του ποιότητα-** και να ανακυκλωθεί –αν φθαρεί ή σπάσει- απεριόριστες φορές. Ουσιαστικά θα μπορούσαμε να μηδενίσουμε τα απορρίμματα συσκευασίας από γυαλί γενικεύοντας τα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης και στη συνέχεια ανακύκλωσης των γυάλινων μπουκαλιών και βάζων. {6}

Το γυαλί υποδιαιρείται σε κατηγορίες, λευκό, πράσινο, καφέ. Κατά τη συλλογή του θραύεται για να μειωθεί ο όγκος του και δημιουργείται το υαλόθραυσμα. Γυαλί καφέ χρώματος χρησιμοποιείται για μπουκάλια μπύρας και φαρμάκων τα οποία είναι χημικά ευαίσθητα στο φως και πράσινου χρώματος για τα μπουκάλια κρασιού και αναψυκτικών.

Εκτός από τη χρήση του στη κατασκευή νέων προϊόντων, το θρυμματισμένο γυαλί⁸ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιφανειακή κάλυψη των οδοστρωμάτων, των πλακιδίων μπάνιου και κουζίνας, στην κατασκευή ινών γυαλιού και ως συστατικό στις φωσφορίζουσες μπογιές. [15]

Διάγραμμα 3.3: Φιάλες και βάζα από γυαλί



Πηγή: και ίδια επεξεργασία

3.4.3 ΜΕΤΑΛΛΑ

Ως ομάδα, τα μέταλλα έχουν το καλύτερο ρεκόρ όσον αφορά τις δυνατότητες ανακύκλωσης και τις πραγματικές ποσότητες που ανακτώνται και ανακυκλώνονται. Μερικά από τα μέταλλα που ανακτώνται με επιτυχία αναφέρονται παρακάτω.

3.4.3.1 ΣΙΔΗΡΟΣ ΚΑΙ ΧΑΛΥΒΑΣ

Ως επί το πλείστον, ο σίδηρος και ο χάλυβας που είναι σχετικά καθαρά και ανακτώνται σε καλή κατάσταση μπορούν να προστεθούν, απλά, στο χυτήριο για επανεπεξεργασία. Μερικά μέταλλα, αν και είναι κατάλληλα για ανάκτηση, έχουν επιστρώσεις ή περιέχουν κάποιες άλλες ουσίες, όπως για παράδειγμα, οι οικοσυσκευές που έχουν επίστρωση από σμάλτο. Στις περιπτώσεις αυτές δημιουργούνται ορισμένα τεχνολογικά προβλήματα, που δεν είναι όμως, αζεπέραστα.

⁸ Θρυμματισμένο γυαλί: κατά τη συλλογή διαχωρίζεται το γυαλί που δεν πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθεί από το υπόλοιπο και θραύεται με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί το θρυμματισμένο γυαλί ή υαλόθραυσμα

Καθώς οι ήδη περιορισμένες ποσότητες των πόρων μας μειώνονται όλο και πιο πολύ και απειλούνται από πλήρη εξαφάνιση, η ανακύκλωση του σιδήρου και του χάλυβα θα γίνεται όλο και πιο κερδοφόρα για περισσότερους παραγωγούς. [12]

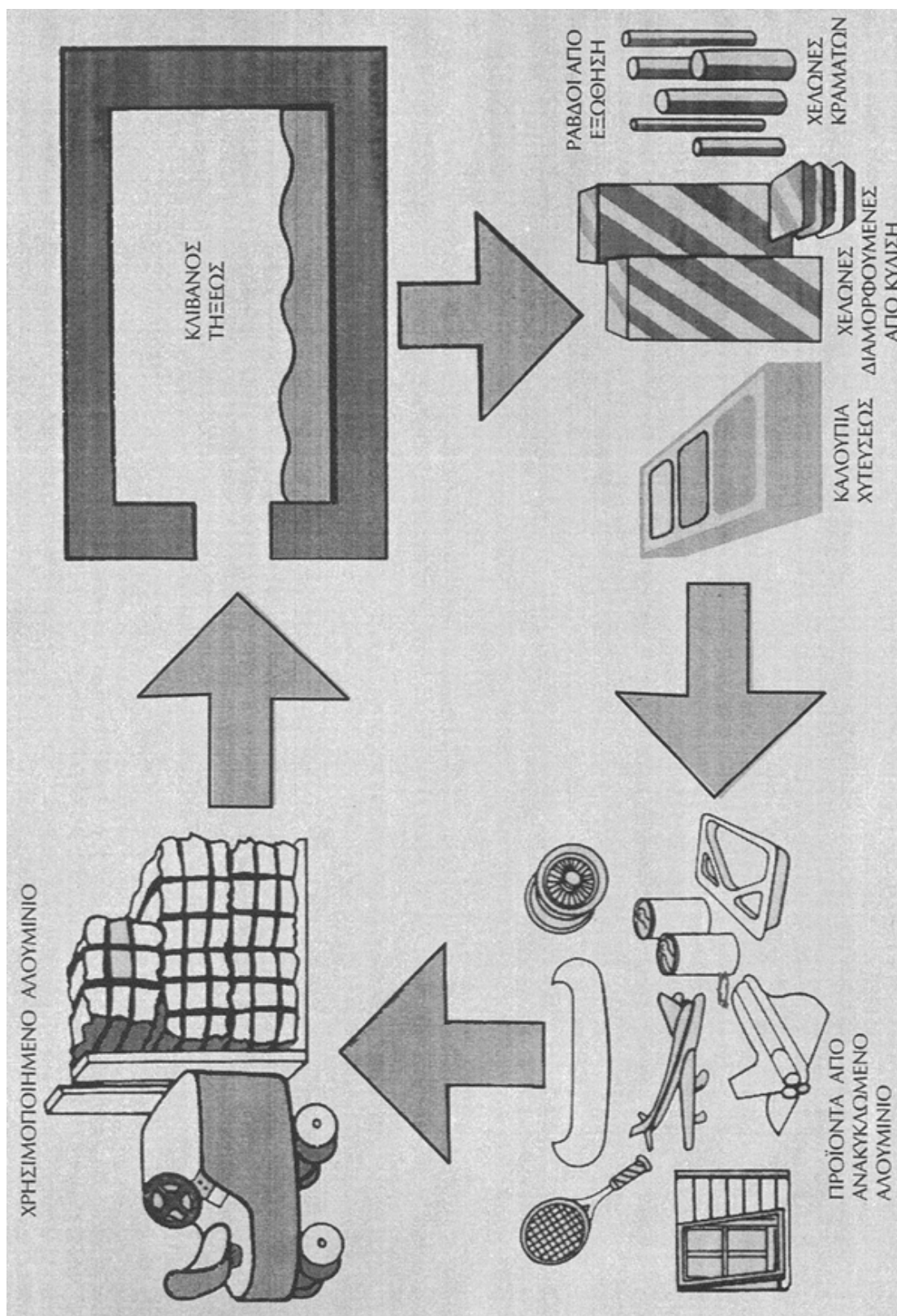
3.4.3.2 ΚΑΣΣΙΤΕΡΟΣ (ΤΣΙΓΚΟΣ)

Το αποκαλούμενο τσίγκινο κουτάκι, είναι στην πραγματικότητα ένα χαλύβδινο κουτάκι που έχει επίστρωση κασσίτερου ή κοινώς τσίγκου. Αυτό γίνεται για να προστατευθούν τα κουτιά από τη σκουριά, όπως και από μερικά ασθενή οξέα στις τροφές, αλλά και για να γίνει η όλη συσκευασία πιο ελκυστική. Τα τσίγκινα κουτιά μπορούν να ανακυκλωθούν με δύο τρόπους: με αποκασσιτεροποίηση και με λιώσιμο.

Κατά την αποκασσιτεροποίηση, ο χάλυβας διαχωρίζεται από τον κασσίτερο με ηλεκτρόλυση. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ και με τη χρήση της ανακτάται κασσίτερος καθαρότητας 99,98%. Ο χάλυβας που απομένει πωλείται, επίσης, για ανακύκλωση.

Μετά το λιώσιμο, απομένει μόνο ο χάλυβας ως ανακυκλώσιμο υλικό. Κάποια ποσότητα κασσίτερου καίγεται κατά την διαδικασία, αλλά παραμένει αρκετή για να καταστεί ο χάλυβας ακατάλληλο για περαιτέρω χρήση στην παραγωγή χάλυβα. Αντίθετα, επιστρέφεται στα χυτήρια για την παραγωγή σιδήρου. [12]

Εικόνα 3.3: Διάγραμμα ροής ανακυκλούμενου αλουμινίου



Πηγή: [12]

3.4.3.3 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Η σχετικά χαμηλή θερμοκρασία τήξης του αλουμινίου των 658 °C (σε σύγκριση με τους 1482 °C του χάλυβα) το κάνει ιδανικό για ανακύκλωση. Τα υπολείμματα που προκύπτουν κατά την παραγωγή, επιστρέφονται, συνήθως στον κύκλο επεξεργασίας. Ένα ποιοτικά ακατάλληλο προϊόν μπορεί να ξαναλιωθεί και να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή αλουμινίου, αποφεύγοντας μ' αυτόν τον τρόπο την παραγωγή μεγάλης ποσότητας υπολειμμάτων.

Αν και η εκτεταμένη χρήση των κουτιών αλουμινίου και η ανάκτηση του υλικού εμφανίζονται ως σχετικά νέο φαινόμενο, το μέταλλο ανακτάται από τότε που πρωτοξεκίνησαν οι βιομηχανίες. Κατά την ανάκτηση, τα χρησιμοποιημένα ή άχρηστα προϊόντα από αλουμίνιο κομματιάζονται στον τόπο συλλογής τους ή σε κάποιον άλλον κατάλληλο χώρο. Μετά το κομματίασμά τους, το υλικό λιώνεται και εξέρχεται από την επεξεργασία σε μορφή χελώνων, χελώνων κράματος, καλουπιών ή ράβδων από εκβολή. Τα προϊόντα αυτά, χρησιμοποιούνται από διάφορους κατασκευαστές για τροχούς αεροσκαφών, για πλέγματα αλουμινίου, για κανό, για κουτάκια αναψυκτικών, ή για οποιοδήποτε από τα χιλιάδες προϊόντα που κατασκευάζονται από αλουμίνιο. Μετά από τη χρήση τους, τα προϊόντα αυτά περνούν και πάλι από την παραπάνω επεξεργασία. [12]

Τα 700.000.000 αλουμινένια κουτιά για μπίρες και αναψυκτικά που χρησιμοποιούνται ετησίως στην Ελλάδα, χρειάζονται για την παραγωγή τους 12.000 τόνους αλουμίνιο (ή 48.000 τόνους βωξίτη πρώτης ύλης) και 180.000.000 κιλοβατώρες σε ενέργεια. Αν καταλήξουν στα "άχρηστα", αυξάνουμε τον όγκο σκουπιδιών, ενώ σπαταλάμε άδικα πόρους και ενέργεια.

Η ανακύκλωση των κουτιών αλουμινίου μειώνει τον όγκο των σκουπιδιών, εξοικονομεί το 95% της ενέργειας που χρειάζεται για την παραγωγή τους από "καθαρή πρώτη ύλη", εξοικονομεί πρώτη ύλη, δηλαδή βωξίτη. Η ανακύκλωση αλουμινίου "γλιτώνει" από τα σκουπίδια ένα μικρό υδροηλεκτρικό φράγμα σε ενέργεια, καθώς και ένα μικρό βουνό βωξίτη σε πρώτη ύλη.

Οι πηλγές στα βουνά για την εξόρυξη βωξίτη μειώνονται.

Νέες θέσεις εργασίας, φιλικές προς το περιβάλλον μπορούν να δημιουργηθούν με τα προγράμματα ανακύκλωσης. {6}

3.4.4 ΠΛΑΣΤΙΚΟ

Από τους 300.000 τόνους πλαστικών που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στη χώρα μας οι 150.000 τουλάχιστον καταλήγουν ως απορρίμματα εντός του χρόνου.

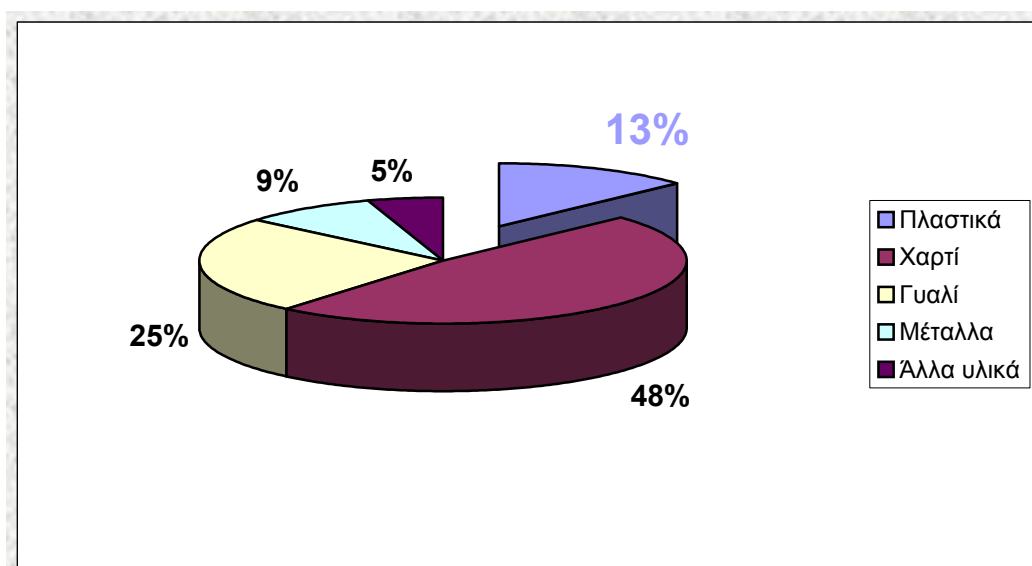
Τα πλαστικά μπορούν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες: ρητίνες διαμορφούμενες μόνιμα με θερμότητα και θερμοπλαστικά. Οι ρητίνες διαμόρφωσης με θερμοκρασία μόνιμη σκληραίνουν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και δεν μπορούν προς το παρόν, να ανακυκλωθούν εύκολα. Τα θερμοπλαστικά όμως, μπορούν να θερμανθούν για να ξαναμαλακώσουν και να ξανακαλουπωθούν για περαιτέρω χρήση. Αυτός ο τύπος πλαστικού, αν είναι σχετικά καθαρός, μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί σχετικά εύκολα. Άλλωστε, το μεγαλύτερο ποσοστό πλαστικών απορριμμάτων που καταλήγουν στα στερεά δημοτικά απορρίμματα (ΣΔΑ) είναι θερμοπλαστικά του τύπου HDPE, LDPE, PP, PS και συλλέγονται από κατοικίες, εμπορικά καταστήματα και διάφορα ιδρύματα. Σύντομα στα πλαστικά απορρίμματα θα κυριαρχούν με ποσοστό περίπου 90% τα θερμοπλαστικά. Η συσκευασία που ως επί το πλείστον προέρχεται από θερμοπλαστικά, αποτελεί το ήμισυ αυτού του ποσοστού. [12]

Γενικά, τα πλαστικά αναλογούν στο 7% του συνολικού βάρους των αστικών απορριμμάτων και στο 18% του όγκου όλων των θαμμένων υλικών. Τα υλικά συσκευασίας διαφόρων τύπων αποτελούν το 30% των αστικών απορριμμάτων, ενώ η πλαστική συσκευασία αποτελεί το 3,9% του συνόλου των απορριμμάτων και το 13% των υλικών συσκευασίας. Επίσης, η υψηλή αναλογία του όγκου προς το βάρος των πλαστικών μεταφράζεται με όρους χωρητικότητας σε ποσοστά 10-30% επί του συνόλου των απορριμμάτων που οδηγούνται προς ταφή στις μέρες μας. Βέβαια, ο όγκος των πλαστικών στις χωματερές είναι εξαιρετικά δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια, διότι ο βαθμός σύνθλιψης- που διαφέρει από περιοχή σε περιοχή- παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των ογκικών αριθμών τους, όπως αυτοί είναι καταχωρημένοι στη βιβλιογραφία [14]. Στο τέλος της ενότητας τα παραπάνω στοιχεία απεικονίζονται σε σχήματα.

Μερικές εταιρείες έχουν συμβάλει με επιτυχία στην ανακύκλωση των πλαστικών με την παραγωγή πλαστικών σφαιριδίων, που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη από τη βιομηχανία πλαστικών. Αν και η ποιότητα του προϊόντος μπορεί να είναι λίγο κατώτερη της αρχικής, πολλά χρήσιμα προϊόντα κατασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο.

Οι προσπάθειες για ανάκτηση πλαστικού έχουν επικεντρωθεί σε πλαστικά όπως το PET και το HDPE. Από PET πλαστικά είναι κατασκευασμένες οι φιάλες που περιέχουν ανθρακούχα αναψυκτικά και μπουκάλια αναψυκτικών, ενώ από HDPE είναι οι συσκευασίες εμφιαλωμένου νερού. Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των πλαστικών PET και HDPE πρέπει να αναφερθεί ότι αυτά δεν μπορούν να ξαναγίνουν συσκευασίες για τροφές. Τα προϊόντα από ανακυκλωμένο PET χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σολών για παπούτσια, καθισμάτων ποδηλάτων, οικιακά προϊόντα και παιχνίδια. Τέλος, τα προϊόντα από ανακυκλωμένο HDPE χρησιμοποιούνται ως υλικά για παλέτες, πλαστικές γλάστρες, σωλήνες και διάφορα δομικά υλικά. [12]

Διάγραμμα 3.4: Ποσοστό συμμετοχής πλαστικών στη συσκευασία



Πηγή: [14] και ιδία επεξεργασία

3.4.5 ΛΑΣΤΙΧΟ (ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ)

Το λάστιχο έχει μια μεγάλη ιδιαιτερότητα ως υλικό στην παραγωγή, γιατί στο 95% των χρήσεών του δεν μπορεί να αντικατασταθεί από κάποιο άλλο υλικό. Ωστόσο, η εξέλιξη του συνθετικού λάστιχου ήταν μεγάλο πλήγμα στις προσπάθειες ανακύκλωσης του φυσικού λάστιχου. Οι εισαγωγές λάστιχου δεν είναι πλέον αναγκαίες και το φυσικό λάστιχο δεν είναι ένα σπάνιο και πολύτιμο υλικό, αφού το

συνθετικό λάστιχο μπορεί να παραχθεί σε όλες τις τεχνολογικά προηγμένες χώρες. Κάποιες ποσότητες λάστιχου ανακυκλώνονται για διάφορους λόγους και χρήσεις.

Ο σημαντικότερος λόγος για την ανακύκλωση των ελαστικών για οχήματα είναι ότι δεν βιοδιασπώνται (δεν αποσυντίθενται στη φύση) και προκαλούν μεγάλο πρόβλημα σκουπιδιών εξαιτίας του μεγάλου τους όγκου. Η έμμεση ανακύκλωση που μπορεί να προσφέρει χρήσιμη θερμότητα είναι μια εναλλακτική λύση στα συνεχώς αυξανόμενα βουνά παλιών ελαστικών. Τα παλιά ελαστικά μπορούν, επίσης, να λιωθούν με μια ειδική επεξεργασία και να αποδώσουν πολύτιμα χημικά, όπως πετρέλαιο και αέριο. Άλλες χρήσεις για τις ανακτώμενες ποσότητες λάστιχου περιλαμβάνουν τη χρήση του, σε μορφή θρυμματισμένων σωματιδίων, στην κατασκευή επιφανειών οδοστρωμάτων, ανθεκτικών επιφανειών, δομικών υλικών και πολλών ακόμα προϊόντων. Οι σόλες των υποδημάτων και των κατασκευών σε παιδικές χαρές είναι παραδείγματα χρήσης του λάστιχου που έχει ανακυκλωθεί με μεθόδους επαναχρησιμοποίησης.

Το βασικό πρόβλημα στην ανακύκλωση του λάστιχου οφείλεται στην χημική του σύνθεση. Όταν το λάστιχο επεξεργαστεί στην τελική του μορφή, είναι σπάνια οικονομικά αποδοτικό να διασπαστεί και πάλι σε ανακυκλώσιμη μορφή. Η ανάκτηση του υλικού με μεθόδους επαναχρησιμοποίησης είναι πολύ πιο συνηθισμένη. [12]

3.4.6 ΥΦΑΣΜΑΤΑ

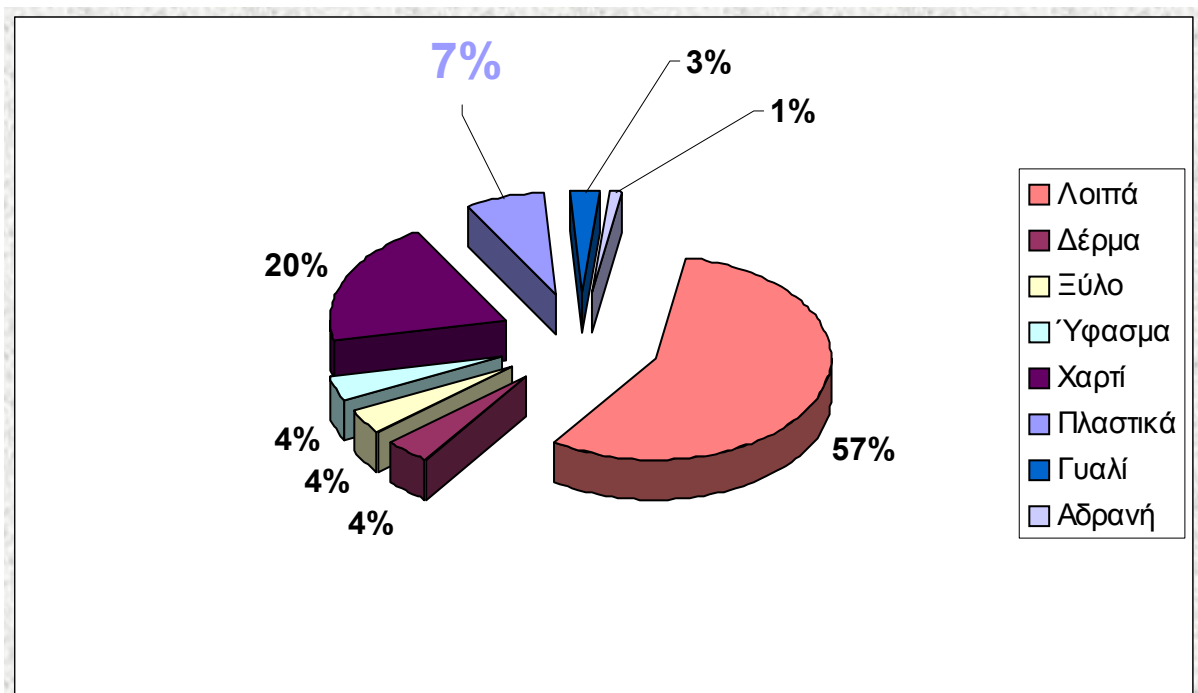
Η ανακύκλωση των υπολειμμάτων που προκύπτουν κατά την παραγωγή των διαφόρων υφασμάτων είναι κάτι το συνηθισμένο στη βιομηχανία. Μ' αυτόν τον τρόπο εξοικονομούνται πολλά εκατομμύρια ευρώ. Αυτό ισχύει και στις βιομηχανίες φυσικών ινών (μαλλιού και βάμβακα) και στις βιομηχανίες συνθετικών ινών (ρεγιόν, εστέρων και πολυεστέρων). Μετά την διαλογή υπολειμμάτων με το χέρι, οι κλωστοϋφαντουργοί τα χρησιμοποιούν στην παραγωγή χαμηλής ποιότητας υφασμάτων. Τα υφάσματα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή κουβερτών, και χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, προϊόντων και για αδιάβροχα.

Πόλλες άλλες βιομηχανίες παρέχουν μια έτοιμη αγορά για τα κουρέλια, τα οποία πωλούνται συνήθως σε δέματα. Όποιος έχει προσπαθήσει να κάνει την οποιαδήποτε

μορφή καθαρισμού ή μηχανικής επισκευής μπορεί να πιστοποιήσει την αξία των κουρελιών. [12]

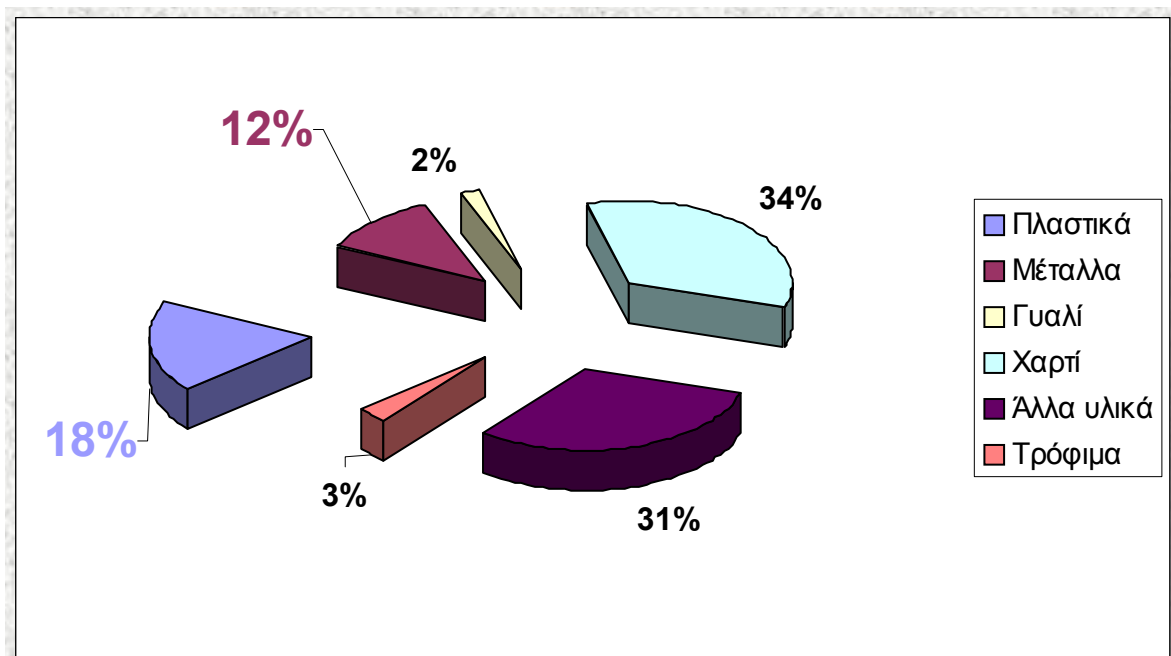
Στα διαγράμματα – πίτες που ακολουθούν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση τόσο στα πλαστικά όσο και στα μέταλλα. Αυτό γιατί τα μεν πλαστικά παρότι είναι οργανικά υλικά είναι βραδέως βιοαποδομήσιμα (βιοαποδομούνται με τόσο βραδύ ρυθμό ώστε σε πρακτικό επίπεδο να χαρακτηρίζονται ως μη βιοαποδομήσιμα), τα δε μέταλλα – και συγκεκριμένα τα αλουμινούχα - εξοικονομούν ενέργεια κατά την ανακύκλωση της τάξεως του **95%**. Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα, μόνο το **2%** και **21%** από τα πλαστικά και το αλουμίνιο αντίστοιχα, ανακυκλώνονται στην Ελλάδα.

Διάγραμμα 3.5: Κατά βάρος σύνθεση των απορριμμάτων στα ΣΔΑ



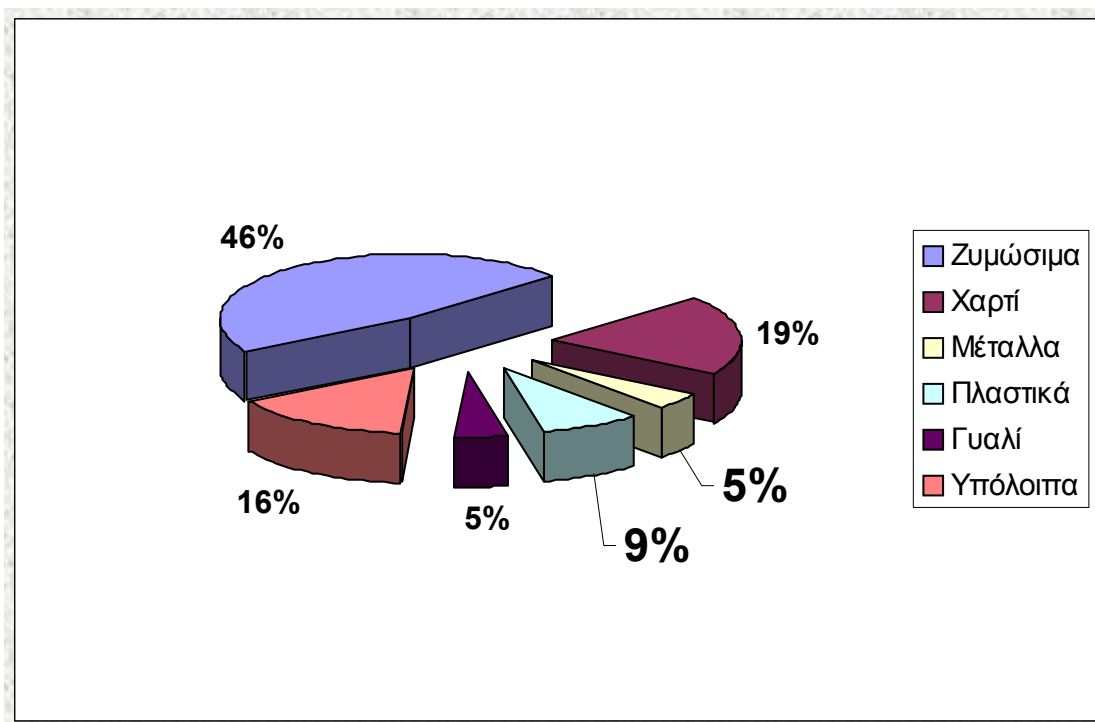
Πηγή: [14] και ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 3.6: Κατ' όγκο σύνθεση των απορριμμάτων στα ΣΔΑ



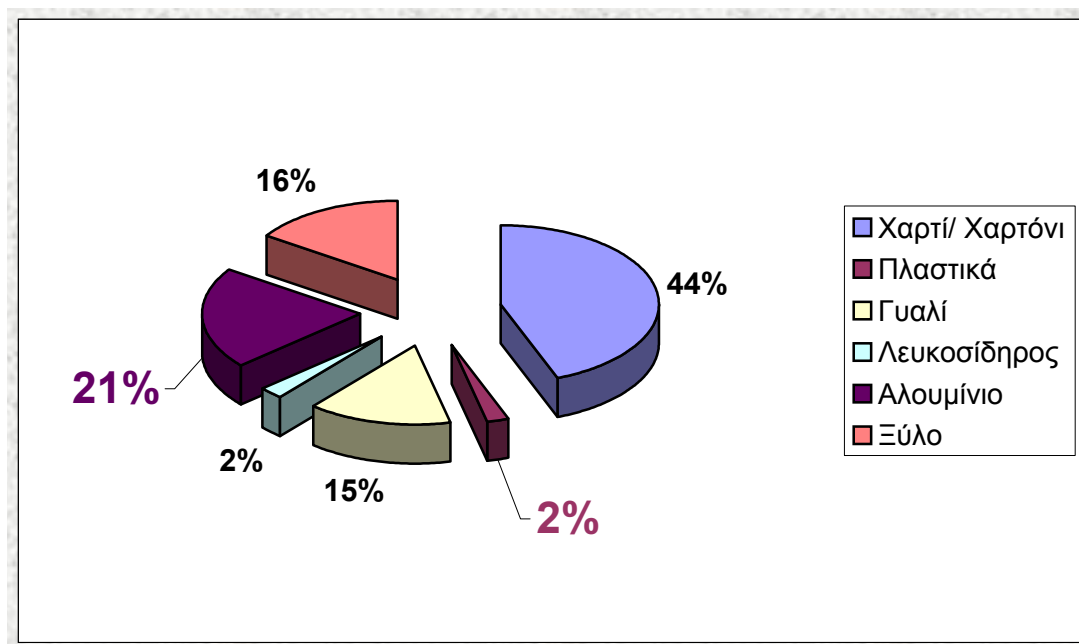
Πηγή: [14] και ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 3.7: Κατά βάρος ποσοστά των παραγόμενων αστικών στερεών αποβλήτων (Ελλάδα, 1997)



Πηγή: {4} και ίδια επεξεργασία

Διάγραμμα 3.8: Ποσοστό ανακύκλωσης επί του συνόλου κάθε υλικού (Ελλάδα, 1998)



Πηγή: {4} και ίδια επεξεργασία

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το παρόν κεφάλαιο στοχεύει στο να ενημερώσει τον αναγνώστη σχετικά με τα εργαλεία και τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την πλήρωση των στόχων που τέθηκαν στην εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας. Οι επιστημονικοί τομείς από τους οποίους έγινε χρήση μεθόδων, διαδικασιών και μαθηματικών τύπων είναι αυτοί της Στατιστικής και της Επιχειρησιακής Έρευνας – Συνδυαστικής Βελτιστοποίησης. Ακολουθούν οι αναφορές στους ανωτέρω επιστημονικούς κλάδους.

4.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

4.1.1 ΤΥΧΑΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

Τυχαία μεταβλητή (τ.μ) ονομάζεται η συνάρτηση που απεικονίζει το σύνολο των δυνατών αποτελεσμάτων ενός πειράματος στο σύνολο των πραγματικών αριθμών. Οι τυχαίες μεταβλητές συμβολίζονται με κεφαλαία γράμματα X, Y, Z, \dots και μπορεί να είναι μονοδιάστατες ή πολυδιάστατες, αν η μελέτη αφορά σε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά αντίστοιχα.

Τα χαρακτηριστικά που μελετώνται σε ένα πείραμα μπορεί να είναι ποιοτικά (δεν εκφράζουν κάτι το μετρήσιμο) ή ποσοτικά (παίρνουν μόνο αριθμητικές τιμές).

Αν η τ.μ παίρνει πεπερασμένο ή αριθμήσιμο πλήθος τιμών τότε λέγεται διακριτή ή απαριθμητή (discrete), ενώ αν παίρνει τιμές σε ένα διάστημα (α, β) με $-\infty \leq \alpha \leq \beta \leq \infty$ θα λέγεται συνεχής (continuous).

Η διαφορά της τυχαίας μεταβλητής στις πιθανότητες, από τη μεταβλητή με την έννοια που δίνουμε στην ανάλυση είναι ότι, η τυχαία μεταβλητή παίρνει τις τιμές της με κάποια πιθανότητα, αφού η τυχαία μεταβλητή δεν είναι τίποτε άλλο παρά η μαθηματική έκφραση κάποιου γεγονότος. [16]

4.1.2 ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ & ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ

Ο τρόπος με τον οποίο κατανέμονται οι πιθανότητες στις διάφορες τιμές της τυχαίας μεταβλητής δίνεται από τη συνάρτηση κατανομής.

Η συνάρτηση $F_X(x)$ που ορίζεται: $F_X(x) = P(X \leq x)$ για κάθε $x \in \mathbf{R}$ ονομάζεται συνάρτηση αθροιστικής κατανομής (σ.α.κ) της τ.μ X και δίνει την πιθανότητα η τ.μ X να πάρει όλες τις τιμές της μέχρι το σημείο x .

Σε κάθε τ.μ X αντιστοιχεί αντιστοιχεί μονοσήμαντα μία σ.α.κ $F_X(x)$ που έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

- i. $F_X(-\infty) = \lim_{x \rightarrow -\infty} F_X(x) = 0, F_X(\infty) = \lim_{x \rightarrow \infty} F_X(x) = 1$
- ii. Η $F_X(x)$ είναι αύξουσα συνάρτηση του x .
- iii. Η $F_X(x)$ είναι δεξιά συνεχής: $\lim_{h \rightarrow 0^+} F_X(x+h) = F_X(x)$.

Αν η τ.μ είναι διακριτή, τότε η συνάρτηση που δίνει την πιθανότητα η τ.μ X να πάρει την τιμή x , λέγεται συνάρτηση πιθανότητας της τ.μ X , συμβολίζεται με $f_X(x) = P(X=x)$ και έχει τις εξής ιδιότητες:

- i. $f_X(x) \geq 0$, για κάθε x ,
- ii. $\sum f_X(x) = 1$ (το x διατρέχει όλες τις τιμές της τ.μ X).

Οι συναρτήσεις $f_X(x)$ και $F_X(x)$ συνδέονται με τις παρακάτω σχέσεις:

$$F_X(x) = P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} f_X(x_i)$$

$$f_X(x_i) = P(X=x_i) = P(x \leq x_i) - P(x \leq x_{i-1}) = F(x_i) - F(x_{i-1}) = F(x_i) - F(x_i-0).$$

[16]

4.1.3 ΜΕΣΗ Η ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΤΥΧΑΙΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ

Μέση τιμή της $g(X)$ ορίζεται η:

$$Eg(X) = \begin{cases} \int_{\mathbf{R}} g(x) f(x) dx & \text{αν η τ.μ } X \text{ είναι συνεχής} \\ \sum_x g(x) f(x) & \text{αν η τ.μ } X \text{ είναι διακριτή} \end{cases}$$

Για $g(X) = X$ η $EX = \mu$ ονομάζεται μέση τιμή της τ.μ X .

Η μέση ή αναμενόμενη τιμή EX της τ.μ X είναι κατά κάποιο τρόπο το κέντρο της πιθανότητας της X (αντίστοιχο του κέντρου βάρους) και δίνει την τετμημένη του σημείου γύρω από το οποίο παίρνει τιμές η τ.μ X , είναι εύκολη στον υπολογισμό και εύχρηστη, έχει όμως το μειονέκτημα να επηρεάζεται από τις άκρες τιμές. [16]

4.1.4 ΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Ως ειδικό βάρος Γ ενός σώματος⁹ ορίζεται το βάρος του ανά μονάδα όγκου. Συνδέεται με την πυκνότητα μέσω της σχέσης [17] :

$$\Gamma = \rho * g \quad (1)$$

Όπου,

Γ : ειδικό βάρος υλικού (σε Nt / m^3)

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (σε m / sec^2)

ρ : η πυκνότητα (σε kg / m^3), με $\rho = m / V$

m : μάζα υλικού (σε kg)

V : όγκος υλικού (σε m^3)

Αφού εξαρτάται από την βαρύτητα το ειδικό βάρος μεταβάλλεται με την τοποθεσία (σε αντίθεση με την πυκνότητα). Δεδομένου όμως ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας λαμβάνεται σταθερή σε όλη την επιφάνεια της γης, μπορεί να γίνει η παραδοχή ότι το ειδικό βάρος οποιουδήποτε στερεού υλικού ταυτίζεται με την πυκνότητά του (και η μονάδα μέτρησής του είναι πλέον kg / m^3) .

⁹ Το ειδικό βάρος αναφέρεται στην ενότητα της Στατιστικής διότι πρόκειται για τυχαία μεταβλητή.

4.2 ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

4.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Η ονομασία αλγόριθμος προέρχεται από τον όνομα του Πέρση μαθηματικού **al Khwarizmi** που γύρω στα 800 μ.Χ έθεσε τις βάσεις της σύγχρονης άλγεβρας (εξού και το όνομα). Τα βασικά στοιχεία που χρειαζόμαστε για την ανάπτυξη ενός αλγορίθμου είναι:

- Τύπος ή σχήμα μαθηματικών υπολογισμών
- Ακολουθία διαταγών για την επίλυση τυποποιημένου προβλήματος.
- Η ακολουθία αυτή θα πρέπει να μπορεί να τεθεί σε μορφή προγράμματος υπολογιστή χρησιμοποιώντας κάποια γλώσσα προγραμματισμού (Fortran 90, C, C++ κ.λ.π)

Ένας αλγόριθμος αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό βημάτων, καθένα από τα οποία απαιτεί πεπερασμένο αριθμό πράξεων. Κάθε πράξη πρέπει να είναι καλώς ορισμένη και πεπερασμένη, πρέπει δηλαδή να δύναται να εκτελεσθεί σε πεπερασμένο χρονικό διάστημα. Ο ορισμός *αποκλείει* πράξεις σε άρρητους αριθμούς. [18]

4.2.2 ΕΥΡΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ Η ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΥΡΕΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ (heuristic search)

Με την χρήση ευρετικών τεχνικών αναζήτησης επιδιώκεται η βελτίωση της απόδοσης μιας καθοδηγούμενης έρευνας, ούτως ώστε να επιλέγεται κάθε φορά για διερεύνηση η διαδρομή που έχει τις μεγαλύτερες πιθανότητες να οδηγήσει σε λύση. Η ευρετική αναζήτηση δεν οδηγεί απαραίτητα σε λύση αλλά συγκεντρώνει τις περισσότερες πιθανότητες να το επιτύχει, διαμορφώνοντας προς τούτο τις καλύτερες δυνατές προϋποθέσεις. Η λύση που ευρίσκεται δεν είναι απαραίτητα και η βέλτιστη λύση αλλά μια ικανοποιητική λύση. Αυτό βέβαια δεν ισχύει για ειδικά προβλήματα που απαιτούν την εύρεση οπωσδήποτε της βέλτιστης λύσης. Υπάρχουν αρκετοί γενικού σκοπού ευρετικοί αλγόριθμοι, αλλά μπορεί να κατασκευάζονται και ειδικοί ευρετικοί αλγόριθμοι για την επίλυση ειδικών προβλημάτων.

Στην περίπτωση των αλγορίθμων ευρετικής αναζήτησης έχουμε να εξετάσουμε προβλήματα αναζήτησης για τα οποία **έχουμε στη διάθεσή μας πληροφόρηση** για τη δομή του διαστήματος αναζήτησης. Υποθέτουμε την ύπαρξη ενός **συστήματος**

μέτρησης των αντικειμένων για να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε τους διαφόρους αλγορίθμους. Ένας ευρετικός αλγόριθμος (*heuristic*) είναι κάθε κανόνας ή μέθοδος που περιέχει οδηγίες λήψης απόφασης. Τα βασικά βήματα λειτουργίας τέτοιων αλγορίθμων δίνονται στη συνέχεια:

- Αρχικά υποθέτουμε ότι έχουμε μια ευρετική συνάρτηση εκτίμησης f , με βάση την τιμή της οποίας επιλέγεται ποιος **κόμβος** είναι ο καλύτερος για να επεκταθεί στη συνέχεια. Η συνάρτηση βασίζεται σε πληροφορίες που αφορούν το πεδίο ορισμού του προβλήματος.

- Στη συνέχεια ο κόμβος με τη μικρότερη τιμή της $f(n)$ επιλέγεται για επέκταση (σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να επιλέγεται ο κόμβος με τη μεγαλύτερη τιμή).

- Η διαδικασία τερματίζεται όταν ο κόμβος που είναι για επέκταση είναι ο κόμβος που αναζητούμε. [19]

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ευρετικών αλγορίθμων. Η κάθε μια από αυτές έχει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες των αλγορίθμων αυτών είναι οι ακόλουθες:

- Αλγόριθμοι απληστίας (greedy algorithms)
- Προσεγγιστικοί αλγόριθμοι (approximation algorithms)
- Αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης (local search algorithms)

Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι οι αλγόριθμοι απληστίας προσπαθούν να οδηγήσουν σε μια εφικτή λύση του προβλήματος, αλλά πολλές φορές χρειάζονται πάρα πολύ μεγάλο χρόνο γιατί είναι **μυωπικοί** αλγόριθμοι, δηλαδή **βλέπουν μόνο μπροστά**. Οι προσεγγιστικοί αλγόριθμοι προσπαθούν να λύσουν αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιώντας επιπλέον πληροφορία. Τέλος οι αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης προσπαθούν από μία αρχική εφικτή λύση να βελτιώσουν τη λύση με κάποια μέθοδο αναζήτησης στην γειτονιά της λύσης. [18]

4.2.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΠΛΗΣΤΙΑΣ (greedy algorithms)

Η λογική των αλγορίθμων απληστίας είναι πολύ απλή: κάποιος ξεκινάει από μια μερική μη –εφικτή λύση και σε κάθε βήμα καθορίζει μια ή περισσότερες μεταβλητές μέχρι να βρεθεί μια εφικτή λύση, όπου αυτή είναι η ζητούμενη λύση του προβλήματος.

4.2.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΥ ΓΕΙΤΟΝΑ (Nearest Neighbour Procedure)

Η διαδικασία του πλησιέστερου γείτονα είναι ένας αλγόριθμος απληστίας που έχει χρησιμοποιηθεί με πολύ καλά αποτελέσματα στην επίλυση του προβλήματος του περιπλανώμενου πωλητή¹⁰. Σε αυτήν εδώ τη διαδικασία ο **πωλητής** ξεκινά από κάποια **πόλη** και στη συνέχεια επισκέπτεται την πόλη που είναι πλησιέστερα στην πόλη που ξεκίνησε. Από αυτή πηγαίνει στην πλησιέστερη πόλη που δεν έχει επισκεφθεί ως τώρα, και συνεχίζει την ίδια διαδικασία μέχρι να επισκεφθεί όλες τις πόλεις οπότε επιστρέφει στην αρχική από όπου ξεκίνησε. Η διαδικασία της μεθόδου αυτής είναι η ακόλουθη.

Βήμα 1. Ξεκινάμε με οποιονδήποτε κόμβο σαν ξεκίνημα του μονοπατιού.

Βήμα 2. Βρίσκουμε τον κόμβο που είναι πλησιέστερα στον τελευταίο κόμβο που προστέθηκε στην διαδρομή. Προσθέτουμε αυτό τον κόμβο στο μονοπάτι.

Βήμα 3. Επαναλαμβάνουμε το βήμα 2 μέχρις ότου όλες οι κορυφές να βρίσκονται στο μονοπάτι.

Η συμπεριφορά του αλγορίθμου στην χειρότερη περίπτωση είναι η ακόλουθη:

$$\text{μήκος διαδρομής διαδικασίας} / \text{μήκος βέλτιστης διαδρομής} \leq \frac{1}{2} [\log(8)] + \frac{1}{2}$$

όπου το \log είναι ο λογάριθμος με βάση το 2 και n είναι ο αριθμός των κόμβων στο δίκτυο. Ο αλγόριθμος αυτός απαιτεί υπολογισμούς της τάξης n^2 . [18]

¹⁰ Το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή περιγράφεται ακολούθως.

4.2.4 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ (Traveling Salesman Problem –TSP)

Στο πρόβλημα του **περιπλανώμενου πωλητή (Traveling Salesman Problem)** έχουμε έναν πωλητή ο οποίος ξεκινάει από μία πόλη –αφετηρία και θέλει να περάσει από ένα σύνολο από πόλεις και να επιστρέψει στην πόλη από όπου ξεκίνησε. Το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή (Traveling Salesman Problem) απαιτεί τον καθορισμό ενός κύκλου ελαχίστου κόστους που περνά από κάθε κόμβο του συσχετιζόμενου γραφήματος ακριβώς μία φορά. Εάν το κόστος του ταξιδιού μεταξύ δύο τοποθεσιών **δεν εξαρτάται από την κατεύθυνση του γραφήματος**, τότε έχουμε ένα **συμμετρικό Traveling Salesman Problem**, αλλιώς έχουμε ένα **ασύμμετρο ή προσανατολισμένο Traveling Salesman Problem**.

Το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή TSP είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα συνδυαστικής βελτιστοποίησης. Το πρόβλημα αυτό έχει μορφοποιηθεί με πάρα πολλούς τρόπους. [18]

4.2.5 ΕΙΔΗ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΕΝΝΟΙΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΗΤΡΕΣ

Ένα **μη – διατεταγμένο γράφημα** G αποτελείται από ένα μη-κενό σύνολο **κόμβων** ή **κορυφών**, $N = \{n_1, n_2, \dots\}$, και ένα σύνολο **ακμών** ή **τόξων**, $E = \{e_1, e_2\}$ για τα τόξα. Το γράφημα συμβολίζεται ως $G = (N, E)$ και εικονίζεται χρησιμοποιώντας κύκλους για ενός κόμβους και γραμμές συνδέουσες για τα τόξα.

Μια ακμή ή τόξο αντιστοιχεί σε **μη – διατεταγμένο ζεύγος κόμβων**. Γράφουμε $e_k = (n_i, n_j)$ και εννοούμε ότι το τόξο e_k συνδέει ενός κόμβους n_i και n_j οι οποίοι λέγονται **τερματικοί κόμβοι** του τόξου e_k . Λέγεται ενός ότι οι δύο κόμβοι **γειτνιάζουν** ή ότι είναι **γείτονες** ή **παρακείμενοι**. Το τόξο e_k είναι προσκείμενο των κόμβων n_i και n_j . Δύο τόξα $e_k = (n_i, n_j)$ και $e_l = (n_p, n_j)$ με ένα κοινό τερματικό κόμβο n_j λέγονται **παρακείμενα**.

Ένα **διατεταγμένο γράφημα** $G = (N, A)$ αποτελείται από ένα μη-κενό σύνολο κόμβων N , και ένα σύνολο τόξων A , όπου κάθε τόξο ορίζεται ως ένα **διατεταγμένο ζεύγος κόμβων**. Επομένως τα τόξα που ορίζονται από τα διατεταγμένα ζεύγη (n_i, n_j) και (n_j, n_i) είναι διαφορετικά (δηλαδή δεν συμπίπτουν) και ονομάζονται μάλιστα

αντιπαράλληλα. Λαμβάνοντας υπόψη και τα τόξα που ορίζονται ως διατεταγμένα ζεύγη κόμβων, είναι φυσικό να μιλούμε για την **κατεύθυνση** ή τον **προσανατολισμό** του τόξου. Έτσι το διατεταγμένο ζεύγος (n_i, n_j) ορίζει ένα τόξο a_k με **κατεύθυνση από** το n_i **ενός** το n_j . Γράφουμε $a_k = (n_i, n_j)$ και παρατηρούμε ότι το $a_k \neq (n_j, n_i)$. Χωρίς περαιτέρω προσθήκες, ο προσανατολισμός ενός τόξου συμπίπτει πάντοτε με την κατεύθυνσή του τόξου που εικονίζεται με ένα βέλος στην άκρη του τόξου και μιλάμε πλέον περί **κατευθυνόμενου** ή **προσανατολισμένου** ή **διατεταγμένου τόξου** και **γραφήματος**.

Έστω $G = (N, A)$ ένα γράφημα και $c : A \rightarrow R$ μια πραγματική συνάρτηση η οποία σε κάθε τόξο a_k του G απονέμει ένα **σταθμό** (ή **τιμή** ή **αξία**) $c(a_k) \in R$. Λέμε ότι το G είναι ένα σταθμισμένο γράφημα και ορίζουμε την **μήτρα σταθμών** $C = [c_{ij}]_{|N| \times |N|}$ ως εξής:

$$c_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{εάν } n_i = n_j \\ c(a_k), & \text{εάν } a_k = (n_i, n_j) \\ \infty, & \text{αλλιώς, δηλαδή αν το } (n_i, n_j) \text{ δεν είναι τόξο.} \end{cases} \quad [18]$$

5. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΥΛΙΟΜΕΝΩΝ ΚΑΔΩΝ

5.1 ΦΟΡΕΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Η ανάγκη να υπάρξει ένας φορέας Διαδημοτικής συνεργασίας, με ευέλικτο θεσμικό πλαίσιο, που θα μπορούσε να αντιμετωπίσει τα κρίσιμα προβλήματα της Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων στην ευρύτερη περιοχή της πόλης των Χανίων, δημιούργησε τη *Διαδημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α.)*. Με την υπ' αριθ. 14210/19.7.1993 απόφαση του Νομάρχη Χανίων, η οποία δημοσιεύθηκε στο Φ.Ε.Κ. 611 Β/13.8.1993 και σύμφωνα με την οικονομοτεχνική μελέτη, συστήθηκε η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α., στην οποία σήμερα και μετά την εφαρμογή του σχεδίου Καποδίστριας συμμετέχουν οι παρακάτω Δήμοι:

Συμμετέχοντες Ο.Τ.Α.: Ποσοστό συμμετοχής:

1. Δήμος Χανίων 68,27%
2. Δήμος Ελευθερίου Βενιζέλου 8,27%
3. Δήμος Σούδας 5,44%
4. Δήμος Ν. Κυδωνίας 5,40%
5. Δήμος Θερίσου 4,45%
6. Δήμος Πλατανιά 4,13%
7. Δήμος Μουσούρων 3,03%
8. Δήμος Κεραμειών 1,01%

Η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου με κοινωφελή - μη κερδοσκοπικό - χαρακτήρα, που σκοπό έχει:

- Τον καθαρισμό κοινόχρηστων χώρων, ακτών, ρεμάτων, κτιρίων, εθνικών και νομαρχιακών οδών
- Την πραγματοποίηση κάθε έργου ή δραστηριότητας που αναφέρεται στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (συλλογή, μεταφορά, μεταφόρτωση, προσωρινή αποθήκευση, αξιοποίηση, επεξεργασία και διάθεση συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της μετέπειτα φροντίδας των χώρων διάθεσης)

- Τη διάθεση των προϊόντων από την αξιοποίηση και επεξεργασία των στερεών αποβλήτων
- Την πραγματοποίηση επενδύσεων και ανάληψη πρωτοβουλιών και δραστηριοτήτων για την προστασία του περιβάλλοντος και τη γενικότερη ανάπτυξη του Νομού
- Την εκτέλεση προγραμμάτων περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης αυτοτελώς ή σε συνεργασία με άλλους φορείς
- Την εκπόνηση ή ανάθεση εκπόνησης όλων των απαιτούμενων μελετών που αφορούν τη διεξαγωγή των παραπάνω δραστηριοτήτων και οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα σχετική με τη διαχείριση απορριμμάτων και το περιβάλλον.

Για τη συλλογή και μεταφορά των απορριμμάτων σε Δήμους της Ε' Διαχειριστικής Ενότητας Νομού Χανίων, η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α διαθέτει επτά σύγχρονα ιδιόκτητα απορριμματοφόρα. Ο στόλος αυτός συμπληρώνεται με μία ιδιόκτητη τρίκυκλη φορτωτική μοτοσικλέτα και οκτώ απορριμματοφόρα που η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α ενοικιάζει από Δήμους μετόχους της.

{7}

Εικόνα 5.1: Αεροφωτογραφία της Πολυτεχνειούπολης



Πηγή: {8}

5.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

Το πρόβλημα του σχεδιασμού των διαδρομών ενός απορριμματοφόρου οχήματος, σε συνάρτηση με την ορθή (βέλτιστη) χωροθέτηση των κάδων συλλογής των ανακυκλώσιμων υλικών, έχει ως αντικειμενικό σκοπό την ελαχιστοποίηση:

- Του χρόνου διαδρομής (σε ώρες)
- Της διανυόμενης απόστασης (σε χλμ)
- Του μεταφορικού έργου (σε τόνους επί χλμ)

{2}

Παρότι η έκταση του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι περιορισμένη (3 τετραγωνικά χλμ), θα γίνει προσπάθεια βελτιστοποίησης του χρόνου διαδρομής (σε ώρες) και της διανυόμενης απόστασης (σε χλμ) του απορριμματοφόρου της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α, εντός του Ιδρύματος.

Η χωροθέτηση των κάδων όπως και ο αριθμός τους είναι συνάρτηση της μέσης εβδομαδιαίας παραγωγής ανακυκλώσιμων υλικών των εργαζομένων ανά το Ίδρυμα, των τεχνικών χαρακτηριστικών των κάδων προσωρινής αποθήκευσης, των τεχνικών χαρακτηριστικών του απορριμματοφόρου, καθώς, και της συχνότητας έλευσης του απορριμματοφόρου της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α στο Ίδρυμα για αποκομιδή.

Μέχρι πρότινος, ο σχεδιασμός των διαδρομών του απορριμματοφόρου της ΔΕΔΙΣΑ προέβλεπε **1 φορά την εβδομάδα** αποκομιδή από το Πολυτεχνείο. Ωστόσο, με τους νέους κάδους προσωρινής αποθήκευσης συσκευασιών (χαρτί, σίδηρο, πλαστικό, αλουμίνιο, γυαλί) που τοποθέτησε ο Δήμος Χανίων (*εσχάτως και στο Πολυτεχνείο*), έγινε επαναπροσδιορισμός της συχνότητας έλευσης του απορριμματοφόρου στο Ίδρυμα για αποκομιδή. Έτσι, το όχημα της ΔΕΔΙΣΑ θα ανεβαίνει **2 φορές την εβδομάδα** στο Πολυτεχνείο για συλλογή και μεταφορά των απορριμμάτων. Ο ίδιος σχεδιασμός προβλέπει να τοποθετηθούν συνολικά **6 κάδοι προσωρινής αποθήκευσης συσκευασιών χάρτου, αλουμινίου, σιδήρου και πλαστικού (χωρητικότητας 1100 lt έκαστος)** καθώς και **3 κάδοι προσωρινής αποθήκευσης συσκευασιών γυαλιού (χωρητικότητας 350 lt έκαστος)**.

Σε *τυχαία* δειγματοληψία που έγινε τον Μάρτιο του 2005 - το δείγμα περιελάμβανε μέλη ΔΕΠ, Διοικητικό Προσωπικό, μέλη ΕΤΕΠ, μέλη ΕΕΔΠ, τη Φοιτητική Λέσχη, το Κυλικείο των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (ΜΗΧ.ΟΠ), καθώς και το Μηχανογραφικό Κέντρο (Μ.Κ)- , έγινε η απόπειρα να διαπιστωθεί *κατά προσέγγιση*, η εβδομαδιαία ποσότητα απορριμμάτων (ανακτήσιμων) που παράγει ένας εργαζόμενος στο Ίδρυμα, καθώς, και η εβδομαδιαία ποσότητα ανακτήσιμων που παράγονται στην Φοιτητική Λέσχη, στο Κυλικείο που στεγάζεται στα κτίρια των ΜΗΧΟΠ, και στο Μηχανογραφικό Κέντρο (Μ.Κ).

Επιπλέον, έγινε η εξής παραδοχή: Όλες οι συσκευασίες αλουμινίου, γυαλιού ή πλαστικού (HDPE κυρίως) που βρέθηκαν στα απορρίμματα του εξεταζόμενου δείγματος, θεωρήθηκε ότι προήλθαν από τα δύο κυλικεία που στεγάζονται στους χώρους του Ιδρύματος. Κατόπιν τούτων, στους υπολογισμούς της μέσης εβδομαδιαίας ποσότητας παραγωγής ανακτήσιμων στο Κυλικείο που στεγάζεται στα κτίρια των ΜΗΧΟΠ, έγινε αφαίρεση των συσκευασιών αλουμινίου, γυαλιού και πλαστικού που βρέθηκαν στα απορρίμματα των εργαζομένων (που εξυπηρετούνται από το αυτό Κυλικείο), καθώς πρόκειται για την ίδια πηγή.

Πίνακας 5.1: Συνολικά αποτελέσματα δειγματοληψίας

	ΛΕΥΚΟ ΓΥΑΛΙ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	ΧΑΡΤΙ (ΕΦΗΜΕΡΙΔΕΣ)	ΧΑΡΤΙ	ΧΑΡΤΟΝΙ	ΜΙΚΤΟ ΧΑΡΤΙ
	(σε cm ³)	(σε cm ³)	PET & PP, PS (σε cm ³)	HDPE (σε cm ³)	(σε cm ³)	ΥΨΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (σε cm ³)	(σε cm ³)	(σε cm ³)
ΔΕΠ 1	0	0	0	0	0	0	0	0
ΔΕΠ 2	0	0	0	0	994.56	9324	900	5252.52
ΔΕΠ 3	0	0	0	0	0	7148.4	1087.5	0
ΔΕΠ 4	0	0	600	3500	0	2486.4	0	1460.76
ΔΕΠ 5	0	0	0	0	0	6216	720	248.64
ΔΕΠ 6	0	0	0	0	0	4351.2	0	1554
ΔΕΠ 7	0	0	0	0	0	12432	450	1989.12
ΕΤΕΠ	0	0	0	5000	0	11188.8	0	0
ΔΕΠ 8	0	660	600	0	0	3108	0	0
Χ.ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	0	660	0	2000	0	2486.4	0	0
Μ.ΦΟΙΤΗΤΗΣ	0	0	0	0	0	621.6	0	0
ΕΕΔΙΠ ΙΙ	0	0	0	1000	0	1243.2	0	0
ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΛΕΣΧΗ	0	22500	72000	48000	0	0	0	10000
ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΜΗΧ.ΟΠ	5000	61680	0	12500	0	0	0	73500
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	5000	85500	73200	72000	994.56	60606	3157.5	94005.0
Μέση παραγωγή ανακυκλώσιμων απορριμμάτων ανά άτομο ανά εβδομάδα	0	110	100	958.3333	82.88	5050.5	263.125	875.42
Μέσο άθροισμα παραγωγής ανακυκλώσιμων απορριμμάτων ανά άτομο ανά εβδομάδα.....7440.258333								
Μέσο άθροισμα παραγωγής ανακυκλώσιμων απορριμμάτων ανά άτομο ανά ημέρα.....1488.051667								
Μέσο άθροισμα παραγωγής ανακυκλώσιμων απορριμμάτων στη Φοιτητική Λέσχη ανά εβδομάδα.....152500								
Μέσο άθροισμα παραγωγής ανακυκλώσιμων απορριμμάτων στο Κυλικείο ΜΗΧ.Ο.Π ανά εβδομάδα.....152680								

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Συνακόλουθα, η μέση εβδομαδιαία ποσότητα ανακυκλώσιμων απορριμμάτων που παράγει ένας εργαζόμενος στο Πολυτεχνείο, υπολογίστηκε στα $7440,258 \text{ cm}^3$ ή **7,4 lt** περίπου. Άρα, η ανά εργαζόμενο, μέση ημερήσια ποσότητα παραγωγής απορριμμάτων (**Μ.Π.Α**), είναι κατά προσέγγιση $1488,05 \text{ cm}^3$ ή **1,5 lt**.

Ομοίως, η μέση εβδομαδιαία ποσότητα απορριμμάτων συσκευασίας που παράγονται στη Φοιτητική Λέσχη και στο Κυλικείο των ΜΗΧΟΠ είναι **152,5** και **153 lt** αντίστοιχα.

Στο Διατμηματικό Εργαστήριο Εργαλειομηχανών παράγονται σε ετήσια βάση **500 kg** μεταλλικών απορριμμάτων σύστασης **80% χυτοσιδήρου (κράματος σιδήρου και άνθρακα) και κραμάτων χάλυβα γενικότερα, 15% αλουμινίου και 5% μπρούτζου και ορείχαλκου** κατά προσέγγιση.

Στο Μηχανογραφικό Κέντρο (Μ.Κ) του Πολυτεχνείου παράγονται κατά μέσο όρο **300 lt** απορριμμάτων χάρτου την εβδομάδα.

Στη νέα μονάδα του Μηχανογραφικού Κέντρου που στεγάζεται στα κτίρια των Μηχανικών Περιβάλλοντος υπολογίστηκε ότι παράγονται κατά μέσο όρο και κατά προσέγγιση **300 lt** απορριμμάτων χάρτου την εβδομάδα.

Στο Κυλικείο των Η.Μ.Μ.Υ (Ηλεκτρονικών Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών), παράγονται κατά μέσο όρο **265 lt** απορριμμάτων συσκευασίας την εβδομάδα..

Ο υπολογισμός των μέσων εβδομαδιαίων ποσοτήτων ανακυκλώσιμων απορριμμάτων που παράγονται σε χώρους που δεν συμπεριελήφθησαν στο δείγμα, έγινε είτε με βάση τον αριθμό των ατόμων που εξυπηρετεί το κάθε Κυλικείο είτε με βάση τον αριθμό των τερματικών που φιλοξενεί το κάθε Μηχανογραφικό Κέντρο. Σημειώνεται ότι οι δύο μονάδες του Μηχανογραφικού Κέντρου φιλοξενούν τον αυτό αριθμό τερματικών (50).

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει συνοπτικά πόσοι ενεργοί φοιτητές (προπτυχιακοί και μη) φοιτούν σε κάθε τμήμα του Πολυτεχνείου που στεγάζεται στο Ακρωτήριο. Οι αριθμοί που αναγράφονται για τους προπτυχιακούς φοιτητές αφορούν μόνο τους

ενεργούς φοιτητές των τελευταίων 5 ετών, ενώ για μεταπτυχιακούς και διδακτορικούς αναγράφονται οι ενεργοί φοιτητές των τελευταίων 3 ετών.

Πίνακας 5.2: Επιμέρους και συνολικοί αριθμοί φοιτητών Πολυτεχνείου Κρήτης

ΤΜΗΜΑ	ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΙ	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΙ & ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟΙ	ΣΥΝΟΛΟ
ΜΠΔ	518	175	693
ΜΗΧΟΠ	314	53	367
ΗΜΜΥ	564	104	668
ΜΗΠΕΡ	308	107	415
ΣΥΝΟΛΟ	1704	439	2143

5.2.1 ΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΩΣ ΔΙΑΚΡΙΤΗ ΤΥΧΑΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

Ακολουθεί πίνακας που καταγράφει τα ειδικά βάρη για όλα τα ξηρά συστατικά που παράγονται στο Πολυτεχνείο.

Πίνακας 5.3: Ειδικά βάρη των επιμέρους υλικών συσκευασίας

ΕΙΔΟΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (Kg/m ³)
Χαρτί	82
Πλαστικό	60
Αλουμίνιο	88
Γυαλί	194

Πηγή: [20]

Σύμφωνα με στοιχεία της ΔΕΔΙΣΑ, το ειδικό βάρος των οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα (σύμμεκτο) λαμβάνεται ίσο με **137 kg/m³ [21]**.

Ωστόσο, η χρήση του σύμμεκτου ειδικού βάρους που αφορά το σύνολο της χώρας για τον υπολογισμό των επιμέρους ποσοτήτων των υλικών συσκευασίας που παράγονται στην Πολυτεχνειούπολη, δεν είναι δόκιμη, καθώς:

- Το ειδικό βάρος είναι μία διακριτή τυχαία μεταβλητή (λαμβάνει τιμές από ένα πεπερασμένο πλήθος λύσεων).
- Οι πιθανότητες σύμφωνα με τις οποίες λαμβάνει τιμές αντιστοιχούν στη μέση ποιοτική σύσταση των παραγόμενων απορριμμάτων (κατά βάρος ποσοστά των απορριμμάτων).
- Η μέση ποιοτική σύσταση των παραγόμενων υλικών συσκευασίας στο Πολυτεχνείο, δεν ταυτίζεται με εκείνη του εγχωρίου μέσου όρου.

Κατά συνέπεια, αναγκαία συνθήκη για τον υπολογισμό της μέσης τιμής του ειδικού βάρους τόσο στο Πολυτεχνείο όσο και στην Φοιτητική Εστία, είναι η γνώση των κατά βάρους ποσοστών των παραγόμενων υλικών συσκευασίας. Από μετρήσεις που έγιναν με βάση το δείγμα που αναφέρθηκε προηγούμενα, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 5.4: Κατά βάρος ποσοστά των υλικών συσκευασίας στο Πολυτεχνείο

ΕΙΔΟΣ	ΣΥΣΤΑΣΗ (% κατά βάρος)
Χαρτί	82.35
Πλαστικό	10.41
Αλουμίνιο	6.353
Γυαλί	0.8235

Για την εξαγωγή των ποσοτήτων των ξηρών συστατικών που παράγονται στην Φοιτητική Εστία, θεωρήθηκε ότι η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων ταυτίζεται με εκείνη του εγχωρίου μέσου όρου:

Πίνακας 5.5: Κατά βάρος ποσοστά των υλικών συσκευασίας στην Φοιτητική Εστία

ΕΙΔΟΣ	ΣΥΣΤΑΣΗ (% κατά βάρος)
Χαρτί	50
Πλαστικό	23.7
Αλουμίνιο	13.16
Γυαλί	13.16

Ο πίνακας 5.5, προέκυψε από τη μέση σύσταση των απορριμμάτων στην Ελλάδα, αφαιρώντας τα “ζυμώσιμα” και “υπόλοιπα” συστατικά, και κανονικοποιώντας τα εναπομείναντα.

Σύμφωνα με στοιχεία των Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε- Κ.Ε.Δ.Κ.Ε, η μέση σύσταση των στερεών αποβλήτων στη χώρα μας ακολουθεί την εξής κατανομή:

Πίνακας 5.6: Κατά βάρος ποσοστά των απορριμμάτων στην Ελλάδα

ΕΙΔΟΣ	ΣΥΣΤΑΣΗ (% κατά βάρος)
Χαρτί	19
Μέταλλα	5
Πλαστικά	9
Γυαλί	5
Ζυμώσιμα	46
Υπόλοιπα	16

Πηγή: {4}

Άρα, δεδομένων των παραπάνω υπολογισμών και παραδοχών, είναι εύκολο να υπολογιστούν οι αναμενόμενες τιμές των ειδικών βαρών για το Πολυτεχνείο και την Φοιτητική Εστία, βάσει μαθηματικού τύπου που δανειζόμαστε από την Στατιστική:

$$E(\Gamma) = \sum_{i=1}^4 P(x_i)\Gamma_i \quad (2)$$

Με εφαρμογή του παραπάνω τύπου προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

$$E(\Gamma)_{\text{ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ}} = 81 \text{ kg/m}^3$$

$$E(\Gamma)_{\text{ΦΟΙΤ.ΕΣΤΙΑ}} = 79 \text{ kg/m}^3$$

5.2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ & ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την χωροθέτηση των κάδων αποθήκευσης ανακυκλώσιμων, έγινε απόπειρα ομαδοποίησης των διαφόρων εργαστηρίων, γραφείων, κυλικείων κ.τ.λ λαμβάνοντας υπόψη

- την ευκολία πρόσβασης των εμπλεκομένων στη διαδικασία της ανακύκλωσης σε αυτούς (φοιτητών και εργαζομένων), καθώς και
- τη διευκόλυνση του απορριμματοφόρου οχήματος (ύπαρξη ασφάλτου).

Η κατηγοριοποίηση που έγινε φαίνεται στον παρακάτω πίνακα συνοπτικών αποτελεσμάτων και αφορά όλα τα εργαστήρια, γραφεία, κυλικεία, τμήματα κ.τ.λ που στεγάζονται στην Πολυτεχνειούπολη Ακρωτηρίου.

Πίνακας 5.3: Εργαζόμενοι ανά ομάδα

ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΜΠΑ & ΓΔ & ΤμΣπ	ΜΠΑ & NOC & TY	Μ.Κ & HMMY	Φ.Λ ΕΩΣ ΚΕΓΕΠ	ΜΗΧΟΠ & ΓΕΝΙΚΟ & ΚΥΛ. ΜΗΧΟΠ	ΜΗΠΕΡ & N.M.K & ΓΕΝΙΚΟ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ	40	68	48	59	95	72

Με δεδομένη την παραπάνω ομαδοποίηση και τα στοιχεία που προέκυψαν από την τυχαία δειγματοληψία είναι εύκολο να υπολογιστούν οι μέσες ποσότητες ανακυκλώσιμων απορριμμάτων που παράγονται σε εβδομαδιαία βάση ανά ομάδα παραγωγής αποβλήτων.

Πίνακας 5.4: Εβδομαδιαίες ποσότητες παραγόμενων υλικών συσκευασίας ανά ομάδα

ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΜΠΑ & ΓΔ & ΤμΣπ	ΜΠΑ & NOC & TY	Μ.Κ & HMMY	Φ.Λ ΕΩΣ ΚΕΓΕΠ	ΜΗΧΟΠ & ΓΕΝΙΚΟ & ΚΥΛ. ΜΗΧΟΠ	ΜΗΠΕΡ & N.M.K & ΓΕΝΙΚΟ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ (lt) ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ	297.6	505.92	657.12	857.16	859.8	835.68

Για τον υπολογισμό του απαιτούμενου αριθμού κάδων προσωρινής αποθήκευσης που επαρκεί αδιαμφισβήτητα για την κάλυψη των αναγκών του Ιδρύματος στο σύνολό του, τη χωρητικότητά τους καθώς και για την χωροθέτησή τους, τα στοιχεία που προέκυψαν από την τυχαία δειγματοληψία προσανξάνονται προσεγγιστικά κατά 20%, καθώς στην παρούσα εργασία δεν έλαβε χώρα επαναληπτική τυχαία δειγματοληψία. Παρακάτω παρατίθενται τα στοιχεία που προέκυψαν μετά την προσαύξηση, που είναι και τα τελικά στοιχεία της έρευνας:

Πίνακας 5.5: Εβδομαδιαίες ποσότητες παραγόμενων υλικών συσκευασίας ανά ομάδα (προσαύξηση)

ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΜΠΔ & ΓΔ & ΤμΣπ	ΜΠΔ & NOC & ΤΥ	Μ.Κ & HMMY	Φ.Λ ΕΩΣ ΚΕΓΕΠ	ΜΗΧΟΠ & ΓΕΝΙΚΟ & ΚΥΛ. ΜΗΧΟΠ	ΜΗΠΕΡ & Ν.Μ.Κ & ΓΕΝΙΚΟ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ (lt) ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ	357.12	607.104	788.544	1028.592	1031.76	1002.816

Συντμήσεις

ΜΠΔ: Μηχανικοί Παραγωγής και Διοίκησης

HMMY: Ηλεκτρονικοί Μηχανικοί & Μηχανικοί Υπολογιστών

ΜΗΧΟΠ: Μηχανικοί Ορυκτών Πόρων

ΜΗΠΕΡ: Μηχανικοί Περιβάλλοντος

ΓΔ: Γραφείο Διασύνδεσης & Σταδιοδρομίας

ΤμΣπ: Τμήμα Σπουδών ΜΠΔ

NOC: Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων

ΤΥ: Τεχνική Υπηρεσία

Μ.Κ: Μηχανογραφικό Κέντρο

Φ.Μ: Φοιτητική Μέριμνα

Φ.Λ: Φοιτητική Λέσχη

ΓΔμ: Γραφείο Διαμεσολάβησης

Ν.Μ.Κ: Νέα Μονάδα Μηχανογραφικού Κέντρου

ΚΕΓΕΠ: Κέντρο Γλωσσικών Ερευνών & Πόρων

LIB: Βιβλιοθήκη

ΚΥΛ: Κυλικείο

Η ομάδα παραγωγής αποβλήτων ΜΠΔ & ΓΔ & ΤμΣπ περιλαμβάνει τις εγκαταστάσεις των ΜΠΔ που εκτείνονται από το Εργαστήριο Διοικητικών Συστημάτων μέχρι και το Γραφείο Διασύνδεσης & Σταδιοδρομίας και το Τμήμα Σπουδών των ΜΠΔ.

Η ομάδα παραγωγής αποβλήτων ΜΠΔ & ΝΟC & ΤΥ περιλαμβάνει τα υπόλοιπα γραφεία των ΜΠΔ καθώς και το Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων και την Τεχνική Υπηρεσία.

Η ομάδα παραγωγής αποβλήτων Μ.Κ & ΗΜΜΥ περιλαμβάνει το Μηχανογραφικό Κέντρο και τις εγκαταστάσεις των ΗΜΜΥ που βρίσκονται ανατολικά του ανοιχτού αμφιθεάτρου.

Η ομάδα παραγωγής αποβλήτων Φ.Λ ΕΩΣ ΚΕΓΕΠ περιλαμβάνει το γραφείο Φοιτητικής Μέριμνας, τη Φοιτητική Λέσχη, τις εγκαταστάσεις των ΗΜΜΥ που βρίσκονται δυτικά του ανοιχτού αμφιθεάτρου, το Κέντρο Γλωσσικών Ερευνών & Πόρων, τη Βιβλιοθήκη του Ιδρύματος, το Τμήμα Συντήρησης καθώς και το Κυλικείο των ΗΜΜΥ.

Η ομάδα παραγωγής αποβλήτων ΜΗΧΟΠ & ΓΕΝΙΚΟ & ΚΥΛ.ΜΗΧΟΠ περιλαμβάνει τις εγκαταστάσεις των ΜΗΧΟΠ, του Γενικού Τμήματος (που συστεγάζεται με τα ΜΗΧΟΠ), καθώς και το Κυλικείο των ΜΗΧΟΠ.

Η ομάδα παραγωγής αποβλήτων ΜΗΠΕΡ & Ν.Μ.Κ & ΓΕΝΙΚΟ περιλαμβάνει τις εγκαταστάσεις των ΜΗΠΕΡ, του Γενικού Τμήματος (που συστεγάζεται με τα ΜΗΠΕΡ) καθώς και τη Νέα Μονάδα του Μηχανογραφικού Κέντρου (που συστεγάζεται με τα ΜΗΠΕΡ).

5.3 Η ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΣΤΙΑ

Επιπρόσθετα, στην Φοιτητική Εστία του Πολυτεχνείου στεγάζονται 90 φοιτητές.

Ισχύουν τα παρακάτω:

- η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) στην Ελλάδα αντιστοιχεί σε **1.1 kg/άτομο** (στοιχεία 2001),
- το **38%** των απορριμμάτων στην Ελλάδα, ανήκει στο ρεύμα των 'ξηρών' συστατικών (χαρτί, μέταλλα, πλαστικά, γυαλί , *στοιχεία Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε-Κ.Ε.Δ.Κ.Ε*).
- το **46%** των απορριμμάτων στην Ελλάδα είναι ζυμώσιμα υλικά (υπολλείμματα τροφών, κλαδιά δέντρων, φύλλα κ.τ.λ, *στοιχεία Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε-Κ.Ε.Δ.Κ.Ε*).

Επιπλέον, γίνονται οι εξής παραδοχές:

- τα ζυμώσιμα υλικά που παράγει σε ημερήσια βάση ο μέσος φοιτητής αντιστοιχούν στο $\frac{1}{4}$ του εγχώριου μέσου όρου (οι φοιτητές δεν μαγειρεύουν).
- ο μέσος φοιτητής που δικαιούται στέγασης αναλώνει κατά προσέγγιση τα **2/3 του εικοσιτετραώρου του** στην εστία.

Κατόπιν τούτων, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο μέσος φοιτητής που στεγάζεται στην εστία, παράγει σε ημερήσια βάση απορρίμματα συνολικού βάρους **0.720 kg**.

$$\text{ΜΠΑ}_{\text{ΦΟΙΤΗΤΗ}} = (1.1\text{kg} - 0.46 \cdot \frac{3}{4} \cdot 1.1\text{kg}) \quad (3)$$

Μπορεί εύκολα να υπολογιστεί ότι σε εβδομαδιαία βάση στην Φοιτητική Εστία παράγονται κατά μέσο όρο **300 kg απορριμμάτων** εκ των οποίων τα **115** δύναται να χρησιμοποιηθούν σαν εμπορεύσιμο ανακυκλώσιμο υλικό.

Για την εξαγωγή του παραπάνω αποτελέσματος εφαρμόστηκε η παρακάτω σχέση:

$$\begin{aligned} &\text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ} \\ &\text{ΕΣΤΙΑ} = \text{ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΕΒΔΟΜΑΔΑΣ} * \text{ΜΠΑ}_{\text{ΦΟΙΤΗΤΗ}} * \text{ΑΡΙΘΜΟΣ} \\ &\text{ΣΤΕΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ} * \text{ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΡΟΝΟΥ} \\ &\text{ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΩΡΟΥ} \end{aligned} \quad (4)$$

Η ποσότητα που δύναται να ανακυκλωθεί προκύπτει αν πολλαπλασιαστεί η παραπάνω σχέση με το μέσο ποσοστό “ξηρών συστατικών” στα απορρίμματα.

5.4 ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ & ΔΥΝΗΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Κατόπιν τούτων είναι προφανές ότι ο συνολικός όγκος υλικού που δύναται να ανακυκλωθεί σε εβδομαδιαία βάση από την Φοιτητική Εστία, αντιστοιχεί σε **$1,45 m^3$** ή **$1450 lt$** . Η προσαύξηση που έγινε για τα απορρίμματα εντός του Ιδρύματος εφαρμόζεται και εδώ. Άρα το τελικό νούμερο είναι **$1740 lt$** .

Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται τα επιμέρους και συνολικά αποτελέσματα των παραγόμενων ποσοτήτων ανακυκλώσιμων απορριμμάτων στην Πολυτεχνειούπολη σε εβδομαδιαία βάση.

Πίνακας 5.6: Επιμέρους και συνολικές ποσότητες παραγόμενων υλικών συσκευασίας ανά εβδομάδα

ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΣΤΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ (lt) ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ	4815	1740	6555

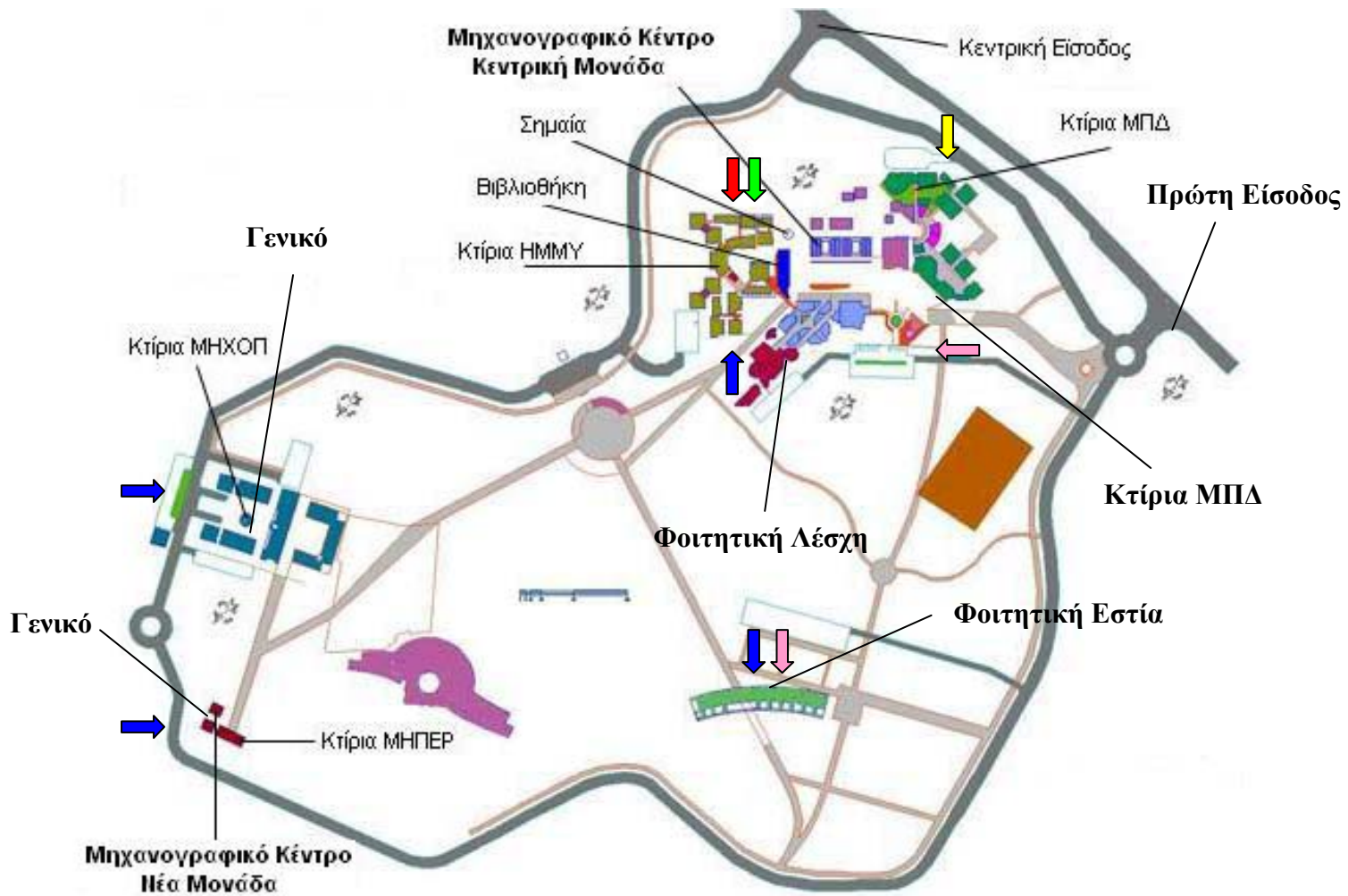
Συνεπώς, η τυχαία δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε σε συνδυασμό με επίσημα στατιστικά στοιχεία που αφορούν την Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων στη χώρα μας (και την ιδιαιτερότητα των φοιτητών στις καταναλωτικές τους συνήθειες), καταδεικνύουν ότι,

● ο νέος σχεδιασμός της ΔΕΔΙΣΑ που προβλέπει **2** φορές την εβδομάδα αποκομιδή από το Ίδρυμα με ταυτόχρονη τοποθέτηση **9 κάδων συνολικής χωρητικότητας 7650 lt**, είναι πλεονάζων καθώς η συνολική ποσότητα ανακτήσιμων απορριμμάτων που παράγεται σε εβδομαδιαία βάση μπορεί να καλυφθεί από **μία και μόνο** αποκομιδή, καθώς και ότι

● είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί μεταβλητής χωρητικότητας τύπος κάδου για την πλήρωση του 1^{ου} κριτηρίου που επελέγη για την χωροθέτηση των κάδων.(ευκολία πρόσβασης των εμπλεκομένων στη διαδικασία της ανακύκλωσης).

Στον χάρτη της Πολυτεχνειούπολης που ακολουθεί φαίνονται καθαρά τα σημεία που προτείνονται για χωροθέτηση κάδων εντός του Ιδρύματος, καθώς και το προτεινόμενο είδος κάδου.

Εικόνα 5.2: Χάρτης της Πολυτεχνειούπολης



Πηγή: <http://www.isc.tuc.gr/>

- ➡ : Κάδος αποθήκευσης χωρητικότητας 1100lt
- ➡ : Κάδος αποθήκευσης χωρητικότητας 770lt
- ➡ : Κάδος αποθήκευσης χωρητικότητας 660lt
- ➡ : Κάδος αποθήκευσης χωρητικότητας 360lt
- ➡ : Κάδος αποθήκευσης χωρητικότητας 240lt
- ➡ : Κάδος αποθήκευσης χωρητικότητας 120lt

Για την βιωσιμότητα της πρότασης που διατυπώθηκε παραπάνω αναγκαία συνθήκη είναι η ποσότητα των ανακυκλώσιμων που συλλέγεται από τα απορριμματοφόρα (εκφρασμένη σε λίτρα) να μην υπερβαίνει τη διαθέσιμη χωρητικότητα του απορριμματοφόρου οχήματος (επίσης σε λίτρα). Πρέπει δηλαδή να ικανοποιείται η ανισότητα:

$$\sum_{i=1}^6 (Z_i * G_i) \leq C * D \quad (4)$$

Όπου,

Z: Η αριθμητική ποσότητα έκαστου τύπου κάδου προσωρινής αποθήκευσης.

G: Η χωρητικότητα έκαστου τύπου κάδου προσωρινής αποθήκευσης (lt).

$i = \{1,2,3,4,5,6\}$

με **i**: τύπος κάδου

C: Ο βαθμός συμπίεσης του απορριμματοφόρου οχήματος.

D: Η καθαρή χωρητικότητα του σώματος του απορριμματοφόρου οχήματος (lt)

Η καθαρή χωρητικότητα του σώματος του απορριμματοφόρου οχήματος που χρησιμοποιεί η ΔΕΔΙΣΑ , ο βαθμός συμπίεσης του οχήματος καθώς και αρκετά επιπλέον τεχνικά χαρακτηριστικά αναφέρονται στο *Φύλλο Ατομικών Προδιαγραφών* (Παράρτημα Β).

Με δεδομένα τα παραπάνω είναι εύκολη η επίλυση της ανισότητας και η διαπίστωση ότι η χωρητικότητα του απορριμματοφόρου οχήματος απέχει κατά πολύ

από την μέγιστη ποσότητα ανακυκλώσιμου υλικού που θα κληθεί να περισυλλέξει από την Πολυτεχνειούπολη.

Συνοψίζοντας όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 5.7: Επιμέρους και συνολικές ποσότητες παραγόμενων υλικών συσκευασίας ανά έτος

	ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΣΤΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΒΔΟΜΑΔΑ (lt)	4815	1740	6555
ΜΗΝΑΣ (lt)	19260	6960	26220
ΕΤΟΣ (lt)	211860	76560	290000

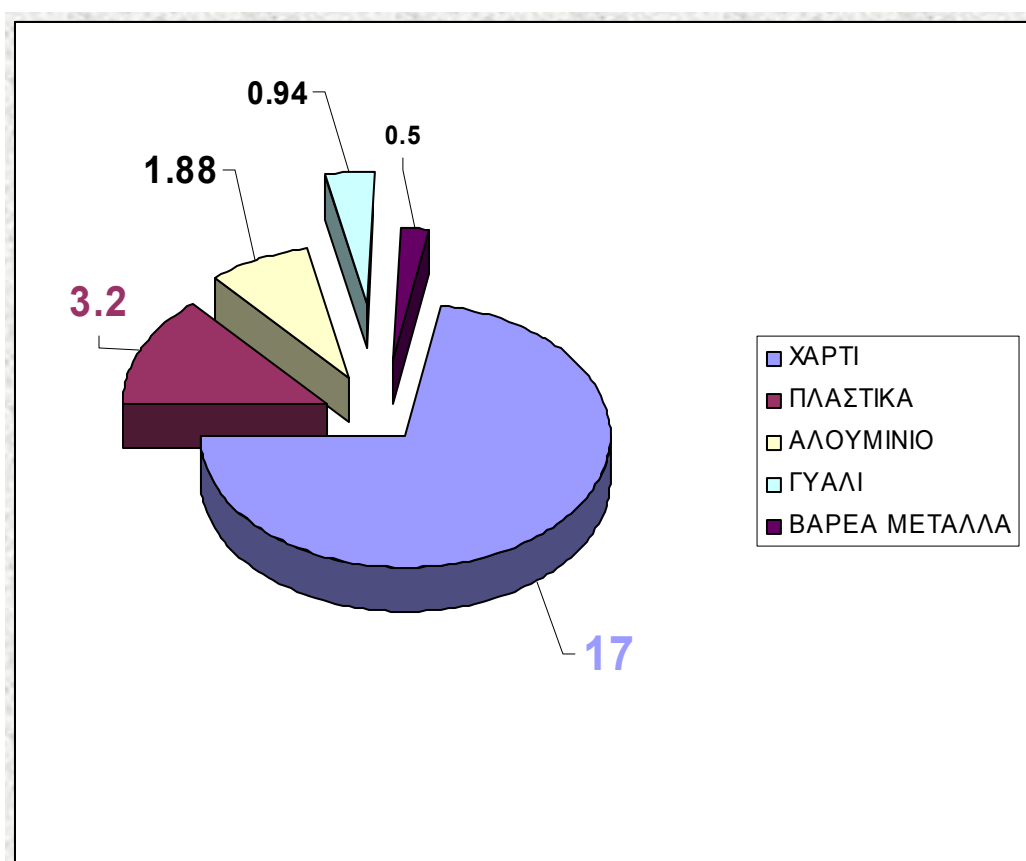
Σε ετήσια βάση $\approx 290 \text{ m}^3$ ή **23000 kg** ή **23 tn** “ξηρών συστατικών” δύναται να αξιοποιηθούν ως εμπορεύσιμο υλικό (θεωρήθηκαν 11 μήνες/έτος). Επιπρόσθετα, υπό την προϋπόθεση ότι τοποθετείται ένας μεγάλος απορριμματοδέκτης (κοντέινερ), πλησίον του Διατμηματικού Εργαστηρίου Εργαλειομηχανών, είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν κατά προσέγγιση 500 kg, ή 0,5 tn βαρέων μετάλλων. Αρκεί *μία* αποκομιδή εντός ενός ακαδημαϊκού έτους για τη συλλογή και μεταφορά του εν λόγω κλάσματος.

Κατόπιν τούτων, και με δεδομένα τα ειδικά βάρη όλων των επιμέρους ξηρών συστατικών, όσο και των κατά βάρους ποσοστών τους, είναι εύκολο να υπολογιστούν οι επιμέρους ποσότητες των απορριμμάτων χάρτου, αλουμινίου, πλαστικών και γυαλιού που δύναται να ανακυκλωθούν σε ετήσια βάση:

Πίνακας 5.8: Επιμέρους ποσότητες (τόνοι) απορριμμάτων που δύναται να ανακυκλωθούν εντός ενός έτους στο Πολυτεχνείο Κρήτης

ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (σε τόνους)
Χαρτί	17
Πλαστικό	3.2
Αλουμίνιο	1.88
Γυαλί	0.94
Βαρέα μέταλλα	0.5

Διάγραμμα 5.1: Επιμέρους ποσότητες (τόνοι) απορριμμάτων που δύναται να ανακυκλωθούν εντός ενός έτους στο Πολυτεχνείο Κρήτης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

5.5 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΕΙΔΟΣ ΚΑΔΟΥ

Με δεδομένη την χωροθέτηση που προτείνεται παραπάνω, μπορούν να διατυπωθούν δύο εναλλακτικές προτάσεις για τον τύπο κάδου που θα χρησιμοποιήσει η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α :

1. Στα 7 σημεία χωροθέτησης να τοποθετηθούν 8 κάδοι χωρητικότητας 1100 lt έκαστος (2 στην Φοιτητική Εστία), για λόγους ομοιογένειας και αισθητικής, εξασφαλίζοντας παράλληλα την αδιαμφισβήτητη επάρκεια των κάδων προσωρινής αποθήκευσης για την κάλυψη των αναγκών του Ίδρυματος.
2. Πλην του σιδήρου και των κραμάτων του (σιδηρούχο αλουμίνιο κ.α) ο διαχωρισμός των απορριμμάτων στο εργοστάσιο γίνεται με χειρωνακτική διαλογή. Η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α έχει τοποθετήσει στα Χανιά ξεχωριστούς κάδους για συλλογή γυαλιού (θεωρώντας προφανώς ότι λόγω της μεγάλης παραγωγής απορριμμάτων γυαλιού συμφέρει η απομόνωσή τους από τα υπόλοιπα συστατικά εξοικονομώντας έτσι εργατοώρες που σπαταλούνται για τον χειρωνακτικό διαχωρισμό τους). Στο Πολυτεχνείο όμως το υλικό που συμφέρει να τοποθετηθεί σε ξεχωριστούς κάδους είναι το χαρτί. Κατόπιν τούτων, η δεύτερη εναλλακτική πρόταση για τον τύπο κάδου προτείνει ένα ζεύγος κάδων για κάθε σημείο χωροθέτησης. Στον πρώτο τύπο κάδου θα συλλέγεται αποκλειστικά χαρτί (χωρητικότητας 660 lt), και στον δεύτερο όλα τα υπόλοιπα ξηρά συστατικά (της αυτής χωρητικότητας). Μοναδική εξαίρεση η Φοιτητική Εστία όπου προτείνονται δύο (2) όμοιοι κάδοι των 660 lt για συλλογή χαρτιού και ένας (1) των 660 lt για τα υπόλοιπα συστατικά. Παράλληλα, η πρόταση αυτή, εξασφαλίζει ότι και η προηγούμενη.

6. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

6.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ (TSP) ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ

Το πρόβλημα του σχεδιασμού της διαδρομής του απορριματοφόρου οχήματος της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α μέσα στο Πολυτεχνείο είναι πρόβλημα περιπλανώμενου πωλητή (TSP), δηλαδή πρόβλημα καθορισμού ενός κύκλου ελαχίστου κόστους. Ως πόλη – αφετηρία νοείται η κεντρική είσοδος του Πολυτεχνείου στην οποία πρέπει να επιστρέψει ο πωλητής (*εναλλακτική πόλη –αφετηρία η πρώτη είσοδος*). Ο πωλητής στην προκειμένη περίπτωση είναι το απορριματοφόρο όχημα. Οι πόλεις –κόμβοι από τις οποίες πρέπει να περάσει το απορριματοφόρο ακριβώς μία φορά, προτού επιστρέψει στην αφετηρία, είναι οι κάδοι προσωρινής αποθήκευσης ανακυκλώσιμων υλικών. Η χωροθέτηση των τελευταίων πραγματοποιήθηκε προηγούμενα. Ο κύκλος ελαχίστου κόστους που αναζητείται αφορά την συνολικά διανυόμενη απόσταση (σε χλμ) καθώς και τον συνολικό χρόνο διαδρομής (σε ώρες). Τα γραφήματα τα οποία αναπαριστούν όλες τις πιθανές μεταβάσεις από κόμβο σε κόμβο είναι **σταθμισμένα, μη –διατεταγμένα και συμμετρικά**. Ακολουθεί πίνακας που εξηγεί ποιο χωρίο μέσα στο Ίδρυμα αντιπροσωπεύει ο κάθε κόμβος.

Πίνακας 6.1: Κόμβοι διαδρομής απορριματοφόρου

ΚΟΜΒΟΣ 0	ΠΡΩΤΗ ΕΙΣΟΔΟΣ
ΚΟΜΒΟΣ 1	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ
ΚΟΜΒΟΣ 2	ΜΠΔ & ΓΔ & ΤμΣπ
ΚΟΜΒΟΣ 3	ΜΠΔ & ΝΟC & ΤΥ
ΚΟΜΒΟΣ 4	ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΕΣΤΙΑ
ΚΟΜΒΟΣ 5	ΜΗΠΕΡ & Ν.Μ.Κ & ΓΕΝΙΚΟ
ΚΟΜΒΟΣ 6	ΜΗΧΟΠ & ΚΥΛ.ΜΗΧΟΠ
ΚΟΜΒΟΣ 7	Φ.Λ ΕΩΣ ΚΕ.Γ.Ε.Π
ΚΟΜΒΟΣ 8	Μ.Κ & ΗΜΜΥ

Για την επίλυση του προβλήματος θα εφαρμοστεί ο αλγόριθμος του πλησιέστερου γείτονα που αναφέρθηκε προηγούμενα, με 2 εναλλακτικές αφετηρίες: την κεντρική και πρώτη είσοδο στο Πολυτεχνείο (*ο αλγόριθμος εφαρμόζεται για την 2^η εναλλακτική πρόταση χωροθέτησης*) . Ακολουθούν δύο μήτρες σταθμών ή πίνακες κόστους (τα κόστη είναι σε μέτρα) για τη διαδρομή του απορριμματοφόρου εντός του Ιδρύματος (με αφετηρία την κεντρική και πρώτη είσοδο αντίστοιχα).

Πίνακας 6.2: Συσχετίσεις κόμβων για κεντρική είσοδο

		Κ Ο Μ Β Ο Ι							
Κ Ο Μ Β Ο Ι	ΑΠΟ/ΠΡΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8
	1	0	150	∞	∞	∞	600	300	150
	2	150	0	320	770	1370	1570	350	200
	3	∞	320	0	670	1250	∞	∞	∞
	4	∞	770	670	0	1000	∞	∞	∞
	5	∞	1370	1250	1000	0	200	∞	∞
	6	600	1570	∞	∞	200	0	400	650
	7	300	350	∞	∞	∞	400	0	350
	8	150	200	∞	∞	∞	650	350	0

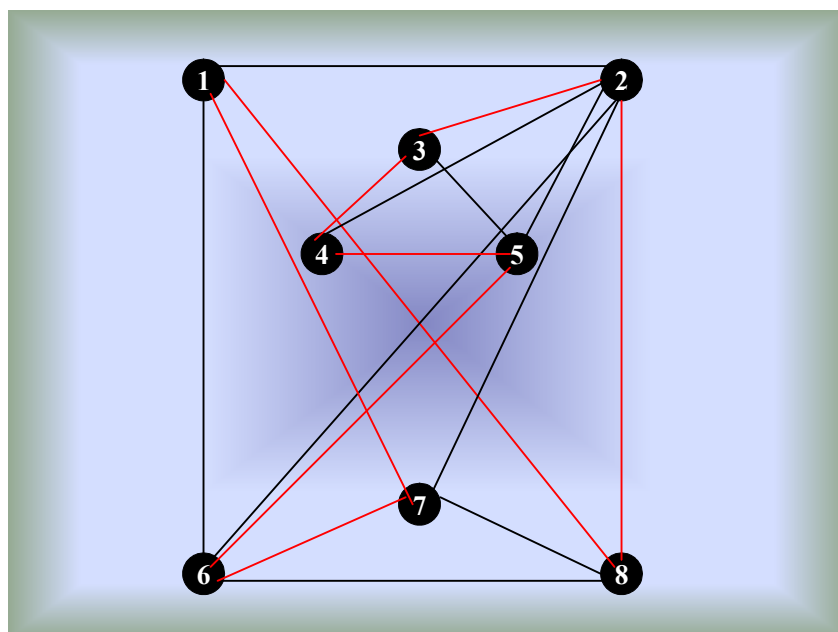
Πίνακας 6.3: Συσχετίσεις κόμβων για πρώτη είσοδο

		Κ Ο Μ Β Ο Ι							
Κ Ο Μ Β Ο Ι	ΑΠΟ/ΠΡΟΣ	0	2	3	4	5	6	7	8
	0	0	250	170	620	1220	∞	∞	∞
	2	250	0	320	770	1370	1570	350	200
	3	170	320	0	670	1250	∞	∞	∞
	4	620	770	670	0	1000	∞	∞	∞
	5	1220	1370	1250	1000	0	200	∞	∞
	6	∞	1570	∞	∞	200	0	400	650
	7	∞	320	∞	∞	∞	400	0	350
	8	∞	200	∞	∞	∞	650	350	0

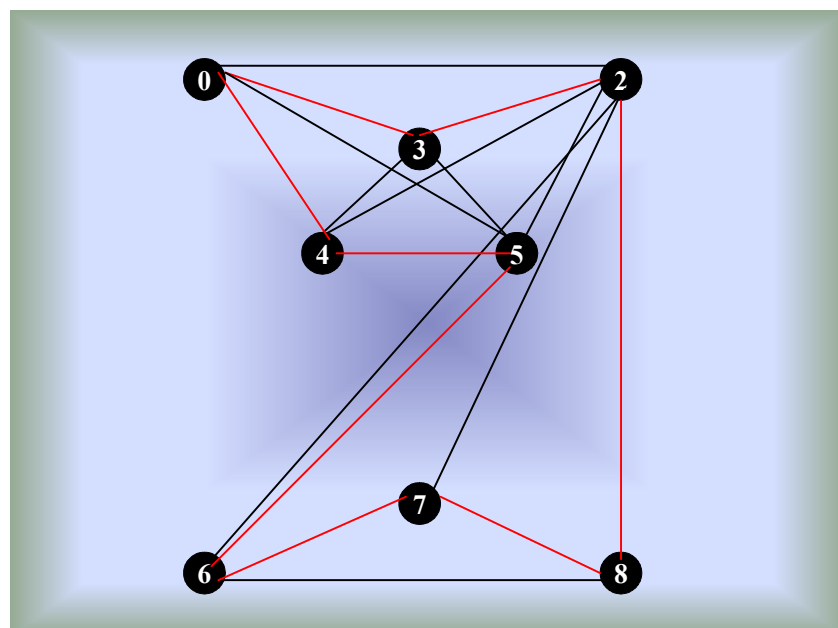
Με εφαρμογή του αλγορίθμου του πλησιέστερου γείτονα για τις δύο διαδρομές προκύπτουν οι παρακάτω βέλτιστοι κύκλοι ελαχίστου κόστους (στα γραφήματα αναπαρίστανται με κόκκινη διαγράμμιση). Οι διαδρομές για την κεντρική και πρώτη είσοδο αντίστοιχα είναι:

$1 \rightarrow 8 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 1$
 $0 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 0$

Γράφημα 6.1: Βέλτιστη διαδρομή για κεντρική είσοδο



Γράφημα 6.2: Βέλτιστη διαδρομή για πρώτη είσοδο



Η βέλτιστη διαδρομή για την κεντρική είσοδο ‘‘κοστίζει’’ **3240 μέτρα ή 3,24 χλμ** ενώ για την πρώτη είσοδο ‘‘κοστίζει’’ **3,26 χλμ**. Όπως γίνεται προφανές, οι δύο διαδρομές είναι πρακτικά ισοδύναμες και εναπόκειται πλέον στη Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α να αποφασίσει ποια διαδρομή θα ακολουθήσει.

Η συμπεριφορά του αλγορίθμου στην χειρότερη περίπτωση είναι η ακόλουθη:

$$\text{μήκος διαδρομής διαδικασίας / μήκος βέλτιστης διαδρομής} \leq \frac{1}{2} [\log(8)] + \frac{1}{2} = 2$$

Σύμφωνα με στοιχεία που ελήφθησαν από την μεταπτυχιακή διατριβή του Μαυρομανωλάκη Μανώλη που εκπονήθηκε στο Τμήμα των Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, προκύπτει ότι η μέση ταχύτητα του απορριμματοφόρου οχήματος κατά τη διάρκεια ενδοοικιστικής αποκομιδής, είναι ίση με 2,3 (m/sec). Γίνεται η παραδοχή ότι η ταχύτητα του οχήματος της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α εντός του Πολυτεχνείου ταυτίζεται με την παραπάνω. Για να βρεθεί ο συνολικά απαιτούμενος χρόνος αποκομιδής αρκεί να διαιρεθεί η συνολικά διανυόμενη απόσταση με τη μέση ταχύτητα και στη συνέχεια να προστεθούν οι χρόνοι εκκένωσης των κάδων προσωρινής αποθήκευσης. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα στοιχεία που αφορούν τους χρόνους εκκένωσης κάδων χωρητικότητας 660 lt που επίσης ελήφθησαν από την μεταπτυχιακή εργασία που αναφέρθηκε προηγούμενα.

Πίνακας 6.2: Μέσοι χρόνοι εκκένωσης κάδων αποθήκευσης

ΤΥΠΟΣ ΚΑΔΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ (sec)
660Α	40,4
660Β	57,3
660Γ	101,5

Πηγή: [22]

Ο τύπος κάδου 660Α αντιστοιχεί στον χρόνο εκκένωσης κάδων χωρητικότητας 660 lt. Ο τύπος κάδου 660Β προσεγγίζει τις περιπτώσεις κατά τις οποίες πραγματοποιείται μηχανική αποκομιδή σε κάδους χωρητικότητας 660 lt, αλλά και χειρωνακτική αποκομιδή καθώς υπάρχουν σωροί απορριμμάτων εκτός των κάδων. Τέλος, ο τύπος κάδου 660Γ προσεγγίζει τις ίδιες περιπτώσεις με αυτές του προηγούμενου τύπου, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή υπάρχουν περισσότερα απορρίμματα εκτός κάδων και για αυτό ο χρόνος εκκένωσης είναι μεγαλύτερος. Ο μέσος χρόνος εκκένωσης που θα χρησιμοποιηθεί για την περίπτωση του Πολυτεχνείου είναι ο μέσος χρόνος των παραπάνω μέσων χρόνων εκκένωσης, ήτοι 66,4 sec.

Δεδομένου ότι, σύμφωνα με το **2^ο εναλλακτικό σενάριο** για προτεινόμενο είδος κάδου, σε κάθε σημείο χωροθέτησης αντιστοιχούν 2 κάδοι 660 lt, ο συνολικά απαιτούμενος χρόνος αποκομιδής εντός του Πολυτεχνείου είναι ίσος με **2404 sec**, ήτοι **40min**, ήτοι **0,65 h**.

6.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΩΜΕΝΟΥ ΠΩΛΗΤΗ

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, το πρόβλημα του περιπλανώμενου πωλητή είναι ένα από τα πιο σπουδαία προβλήματα στη συνδυαστική βελτιστοποίηση και έχει μορφοποιηθεί με πάρα πολλούς τρόπους. Παρακάτω θα γίνει μία σύντομη αναφορά στο σύνολο των εναλλακτικών αυτών μεθόδων.

Καταρχήν, εκτός από τον αλγόριθμο απληστίας που χρησιμοποιήθηκε παραπάνω υπάρχουν δύο ακόμα “άπληστοι” αλγόριθμοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως, η Διαδικασία εισαγωγής κόμβων (*Insertion procedures*), και ο Αλγόριθμος πλησιέστερης σύμπτυξης (*Nearest Merger*). Και οι δύο αυτοί αλγόριθμοι απαιτούν υπολογισμούς της τάξης n^2 .

Επιπρόσθετα, διαθέσιμες μεθόδους για την επίλυση του παραπάνω προβλήματος μπορεί να βρει κανείς τόσο στην οικογένεια των Προσεγγιστικών αλγορίθμων όσο και στους Αλγόριθμους τοπικής αναζήτησης. Ο αλγόριθμος του *Christofides* είναι ένας προσεγγιστικός αλγόριθμος με αρκετά καλή απόδοση, ενώ αλγόριθμοι τοπικής αναζήτησης όπως η *Εισχώρηση κόμβων και ακμών*, η *Μέθοδος 2-opt*, η *Μέθοδος 3-opt* και ο Αλγόριθμος *L-K*, προτιμούνται για την επίλυση του TSP.

Τέλος, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι για την επίλυση των προβλημάτων συνδυαστικής βελτιστοποίησης, που προέρχονται από την περιοχή της τοπικής αναζήτησης. Οι αλγόριθμοι αυτοί ονομάζονται **μεταερευρητικοί αλγόριθμοι**, οι βασικότεροι εκ των οποίων είναι: η προσομοιωμένη απόπτηση (*Simulated Annealing*), η περιορισμένη αναζήτηση (*Tabu Search*), οι γενετικοί αλγόριθμοι (*Genetic Algorithms*) και τα νευρωνικά δίκτυα (*neural nets*). Όλοι οι παραπάνω αλγόριθμοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς για την επίλυση του προβλήματος TSP. [18]

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε και τον αλγόριθμο που τέθηκε σε εφαρμογή, συνοψίζονται στις παρακάτω προτάσεις:

- Η συνολική ποσότητα ανακυκλώσιμου υλικού που δύναται να αξιοποιηθεί εντός ενός έτους από το Πολυτεχνείο Κρήτης αντιστοιχεί σε **23 τόνους (tn) υλικών συσκευασίας**.
- Επιπλέον, **0.5 τόνοι (tn) βαρέων μετάλλων** μπορούν να μπουν ξανά στην αλυσίδα της παραγωγής. Αρκεί **μία (1) αποκομιδή** εντός ενός ακαδημαϊκού έτους για τη συλλογή και μεταφορά του εν λόγω κλάσματος.
- Ο νέος σχεδιασμός της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α που προβλέπει **2 φορές** την εβδομάδα αποκομιδή από το Ίδρυμα, με ταυτόχρονη τοποθέτηση **9 κάδων συνολικής χωρητικότητας 7650 lt**, είναι πλεονάζων καθώς ακόμα και μετά την προσαύξηση που έγινε στα αποτελέσματα της έρευνας, ο συνολικός όγκος των παραγόμενων εβδομαδιαίων ποσοτήτων, υπολείπεται **αρκετά** του τελευταίου.
- Η κύρια πρόταση της διπλωματικής εργασίας είναι η τοποθέτηση 9 κάδων συνολικής χωρητικότητας **6970 lt**, σε **7 σημεία χωροθέτησης**. Αρκεί **ένα (1)** εβδομαδιαίο δρομολόγιο της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α για αποκομιδή από το Πολυτεχνείο.
- Η πρώτη εναλλακτική πρόταση προτείνει την τοποθέτηση **8 συνολικά κάδων** της αυτής χωρητικότητας (**1100 lt**), στα επιλεγμένα σημεία χωροθέτησης (εξαίρεση η Φοιτητική Εστία όπου προτείνονται **2 κάδοι των 1100 lt**).
- Η δεύτερη εναλλακτική πρόταση προτείνει την τοποθέτηση **15 συνολικά κάδων** της αυτής χωρητικότητας (**660 lt**) στα επιλεγμένα σημεία χωροθέτησης (εξαίρεση η Φοιτητική Εστία όπου προτείνονται **3 κάδοι των 660 lt**).
- Ο αλγόριθμος του πλησιέστερου γείτονα καταδεικνύει ότι η βέλτιστη ή σχεδόν βέλτιστη διαδρομή του απορριμματοφόρου οχήματος μέσα στο Πολυτεχνείο – δεδομένης χωροθέτησης και αριθμού κάδων -, αντιστοιχεί σε **3,24 χλμ** σε διανυόμενη απόσταση και **40 min** σε καταναλωμένο χρόνο. Η βελτιστοποίηση έγινε με βάση το 2^ο εναλλακτικό σενάριο χωροθέτησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Ντζαμίλης Παναγιώτης, Χάβας Γεώργιος**, “Ποιοτική και ποσοτική σύσταση αστικών απορριμμάτων περιφέρειας Κρήτης”, μεταπτυχιακή διατριβή για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004.
2. **Ν. Μουσιόπουλος**, “Ανακύκλωση”, Θεσσαλονίκη, 1998.
3. **Καρύδης Βασίλειος**, “Αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων έργων περιβάλλοντος & ανάλυση κόστους – οφέλους εναλλακτικών συστημάτων και μεθόδων διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ε.Ε”, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας Και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος, 2003.
4. **Αμπατζόπουλος Καλλισθένης**, “Η κοινωνική αντίληψη για τη διαχείριση των απορριμμάτων”, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 1996.
5. **Παναγιωτακόπουλος Α.** “Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων”, Θεσσαλονίκη, 2002.
6. **Κόλλιας Π.**, “Απορρίμματα”, Αθήνα
7. **Κούγκολος Α.** “Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, 2002.
8. **Μελέτη του Ο.Ο.Σ.Α**, “Οικιακά Απορρίμματα, (Επιλεκτική Συλλογή και Ανακύκλωση)”, επιμέλεια έκδοσης ΕΛ.ΚΕ.ΠΑ, Αθήνα, 1986.
9. **CalRecovery and PEER Consultants** “Materials Recovery Facility Design Manual”, C.K. Smoley – CRC Press, Boca Raton, Florida, 1993.
10. **Tchobanoglous G., H. Theisen and S. Vigil** “Integrated Solid Waste Management”, McGraw – Hill, 1993.
11. **Warner**, 2000.
12. **John M. Ritz, W. Fred Hadley, Joseph Bonebrake**, “Οργάνωση & Λειτουργία της Βιομηχανίας”, επιμέλεια Μπάμπης Ρόκκος, Μακεδονικές Εκδόσεις, 1998.
13. **Wheeler P.** “Commercial and Strategic Perspectives for Anaerobic Digestion”, ISWA Yearbook, 2000.
14. **Κώστας Μπουντίνας, Ματρώνα Λεζκίδου**, “Ανακύκλωση πλαστικών”, Θεσσαλονίκη, 2001.
15. **Μεγαλόπουλος Φοίβος –Σαράντης**, “Τεχνικοοικονομική μελέτη ανάπτυξης προγράμματος ανακύκλωσης της Ε’ διαχειριστικής ενότητας νομού Χανίων”,

- Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2000.
16. **Φ. Κολύβα – Μαχαίρα, Ε. Μπόρα - Σέντα**, “Στατιστική”, Θεσσαλονίκη, 1999.
17. **Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης**, “Σημειώσεις Ρευστομηχανικής”
18. **Αθανάσιος Μυγδαλάς, Ιωάννης Μαρινάκης**, “Συνδυαστική Βελτιστοποίηση”, . Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Τομέας Επιχειρησιακής Έρευνας, Χανιά, 2002.
19. **Νικόλαος Φ. Ματσατσίνης**, “Μηχανική Γνώσεων & Αποφάσεων”, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Χανιά, 2002-2003.
20. **Ευάγγελος Διαμαντόπουλος**, “Θέματα προστασίας περιβάλλοντος”, Διδακτικές σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Εργαστήριο Τεχνολογίας και Διαχείρισης του Περιβάλλοντος.
21. **Λευτέρης Ν. Κοπάσης, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Msc, Διευθύνων Σύμβουλος ΔΕΔΙΣΑ**, “Ανάλυση στοιχείων διαχείρισης – Πραγματικό κόστος υπηρεσιών έτους 2003”.
22. **Μαυρομανωλάκης Μανώλης**, “Προσομοίωση διαδρομής μηχανικής αποκομιδής”, Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης, Τομέας Συστημάτων Παραγωγής, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, 2001.
23. **Η. Μπεριάτος, Κ. Αραβώσης, Α. Καραγιαννίδης, Γ. Περκουλίδης, Ε. Κολτσίδας, Α. Κούγκολος**, “Θεσμικό πλαίσιο και πολιτική διαχείρισης στερεών αποβλήτων: Εξελίξεις και προοπτικές”, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης,, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος Τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
24. **Μαρία Φλώρου**, Δικηγόρος, Απρίλιος 2005.
25. **Αρφανάκου Αναστασία, Χημικός Μηχανικός**, “Εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων, Νόμος 2939/01”, 16^ο Συνέδριο Πανελληνίου Δικτύου Οικολογικών Οργανώσεων, Τριχωνίδα, 2004.
26. **Όμιλος Επιχειρήσεων Σαρακάκη**, “Φύλλο Ατομικών Προδιαγραφών”, Λεωφόρος Αθηνών 71, Αθήνα.

WEB SITES

1. europa.eu.int/scadplus/leg/el/lvb/
2. <http://www.civil.ntua.gr/courses/pwastes/lecture-1/>
3. <http://www.go-recycle.gr/modules>
4. <http://users.otenet.gr/>
5. <http://www.agis-net.gr/FO2/emak.htm>
6. http://www.ecorec.gr/ecorec3_4gr.htm
7. <http://www.dedisa.gr/news.htm>
8. <http://www.tuc.gr/xartis/index.html>
9. <http://europa.eu.int/smartapi/cgi/>

Υπόμνηση: Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε καταγράφεται με αγκύλη [] για το έντυπο υλικό και με το σύμβολο { } για το υλικό που αναζητήθηκε μέσω διαδικτύου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ & ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ
ΑΠΟΒΛΗΤΑ

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Το υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος είναι ο τρίτος κατά σειρά στόχος που έχει τεθεί από το Ευρωπαϊκό Σύνταγμα (μετά την πλήρη απασχόληση και την κοινωνική πρόοδο), υποδεικνύοντας έτσι τη σημασία του, αλλά και την τραγικότητα των προτεραιοτήτων της κοινωνίας. Η ορθολογική (βέλτιστη) διαχείριση των στερεών αποβλήτων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ενεργειακή συντήρηση, τη συντήρηση υλικών και την προστασία της εύθραυστης οικολογίας του πλανήτη. Κατόπιν τούτων, η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε) έσπευσε να διαμορφώσει μια πολιτική για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, η οποία στηρίζεται σε τρεις συμπληρωματικές στρατηγικές:

- ✚ Πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων, μέσω της βελτίωσης του σχεδιασμού των προϊόντων
- ✚ Ανάπτυξη της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων
- ✚ Μείωση της ρύπανσης που οφείλεται στην καύση των αποβλήτων

{1}

Συγκεκριμένα, οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες για τη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων, έχουν θέσει τους παρακάτω στόχους:

- ✚ Σταθεροποίηση της ετήσιας παραγωγής αστικών απορριμμάτων στα επίπεδα του 1995, δηλαδή στα 300 kg ανά άτομο
- ✚ Ανακύκλωση του χαρτιού, γυαλιού, αλουμινίου και πλαστικών σε ποσοστό 50%
- ✚ Αύξηση της ανακύκλωσης καταναλωτικών αγαθών (οικιακές συσκευές, κλπ)
- ✚ Παύση της εξαγωγής αποβλήτων εκτός Ε.Ε
- ✚ Περιορισμός της διάθεσης ορισμένων αποβλήτων σε ΧΥΤΑ (π.χ μπαταρίες και ελαστικά αυτοκινήτων)
- ✚ Μείωση της εκπομπής διοξινών και άλλων τοξικών αερίων κατά την καύση αστικών απορριμμάτων στο 10% των σημερινών ποσοτήτων
- ✚ Ανάπτυξη υποδομής για την ασφαλή συλλογή, διαχωρισμό και διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων

{2}

Η πρώτη οδηγία που εξέδωσε η Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με τα στερεά απόβλητα ήταν η οδηγία 75/442/ΕΟΚ «**περί των στερεών αποβλήτων**» στην οποία εκτιμώντας μεταξύ άλλων ότι,

- 🌈 η διαφορά μεταξύ των διατάξεων που ήδη εφαρμόζονται ή καταρτίζονται στα διάφορα Κράτη Μέλη για τη διάθεση των αποβλήτων **δύναται να δημιουργήσει άνισους όρους ανταγωνισμού** και να έχει ως εκ τούτου άμεση επίπτωση επί της λειτουργίας της κοινής αγοράς,
- 🌈 βασικός στόχος κάθε ρυθμίσεως στον τομέα της διαθέσεως των αποβλήτων πρέπει να είναι η προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς επιδράσεις που προκαλούνται από τη συγκέντρωση, τη μεταφορά, την επεξεργασία, την εναποθήκευση και την απόθεση των αποβλήτων, καθώς και ότι
- 🌈 πρέπει να ευνοηθεί η ανάκτηση των αποβλήτων και η χρησιμοποίηση των ανακτηθέντων υλικών, προκειμένου να διαφυλαχθούν οι φυσικοί πόροι,

καθορίστηκε ένα πολύ αυστηρό πλαίσιο μέσα στο οποίο είναι υποχρεωμένα να κινούνται όλα τα Κράτη-Μέλη, και στο οποίο δίδονται οι εξής ορισμοί και κατευθυντήριες:

- 🌈 οι έννοιες ‘στερεά απόβλητα’ και ‘διάθεση στερεών αποβλήτων’ αποχτούν πλέον νομική υπόσταση καθώς δίδονται οι επακριβείς ορισμοί τους.
- 🌈 Τα Κράτη-Μέλη είναι υποχρεωμένα να ενημερώνουν εγκαίρως την Επιτροπή σχετικά με κάθε σχέδιο ρυθμίσεως που αφορά στη λήψη μέτρων για τον περιορισμό, την ανακύκλωση και την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων. Επιπρόσθετα, ανά τριετία, τα Κράτη-Μέλη συντάσσουν έκθεση περί της καταστάσεως όσον αφορά τη διάθεση των στερεών αποβλήτων στη χώρα τους και τη διαβιβάζουν στην Επιτροπή.
- 🌈 Τα Κράτη Μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι τα στερεά απόβλητα θα διατίθενται χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία του ανθρώπου και χωρίς να βλάπτουν το περιβάλλον (άρθρο 4), καθώς και

συνιστούν τις αρμόδιες αρχές τις επιφορτισμένες με την σχεδίαση, οργάνωση και επίβλεψη των εργασιών διάθεσης των στερεών αποβλήτων.

✚ Κάθε εγκατάσταση ή επιχείρηση που ασχολείται με την επεξεργασία, εναποθήκευση ή απόθεση στερεών αποβλήτων για λογαριασμό τρίτων, οφείλει να λάβει άδεια από την αρμόδια αρχή – στον περιοδικό έλεγχο της οποίας υπόκειται- για:

- ❖ τον τύπο και την ποσότητα των προς επεξεργασία αποβλήτων,
- ❖ τις γενικές τεχνικές προδιαγραφές,
- ❖ τις προφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνονται,
- ❖ τα ενδεικτικά στοιχεία που πρέπει να προσκομίζονται ως προς την προσέλευση, τον προορισμό και την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων, καθώς και ως προς τον τύπο και την ποσότητα τους.

Όλα τα παραπάνω πρέπει να εναρμονίζονται απόλυτα με το σχέδιο ή τα σχέδια δράσης που είναι υποχρεωμένη να έχει συντάξει το συντομότερο δυνατόν, η εκάστοτε αρμόδια αρχή.

✚ Τα Κράτη Μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα προκειμένου κάθε κάτοχος στερεών αποβλήτων:

- ❖ να τα παραδίδει σε ιδιωτικό ή δημόσιο φορέα περισυλλογής ή σε επιχείρηση διαθέσεως, ή
- ❖ να εξασφαλίζει ο ίδιος τη διάθεσή τους σύμφωνα με τα μέτρα τα λαμβανόμενα δυνάμει του άρθρου 4.

✚ Η αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει” τίθεται σε εφαρμογή για όλα τα Κράτη-Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

{9}

Σύμφωνα με την Οδηγία 91/156/ΕΟΚ «για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων» -η οποία αποτελεί τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ-, κάθε Κράτος – Μέλος της Ε.Ε. υποχρεούται να συντάξει το συντομότερο δυνατόν ένα ή περισσότερα Σχέδια Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων, τα οποία πρέπει να γνωστοποιηθούν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Στην Οδηγία 91/689/ΕΟΚ **«για τα επικίνδυνα απόβλητα»**, διατυπώνονται αυστηροί όροι και προϋποθέσεις για τη συλλογή, μεταφορά, αξιοποίηση και διάθεση των τοξικών και επικίνδυνων κατηγοριών απορριμμάτων, καθώς και ειδικές απαιτήσεις που τα Κράτη – Μέλη υποχρεώνονται να εφαρμόζουν. Η Οδηγία αυτή συνοδεύεται και από καταλόγους επικίνδυνων αποβλήτων.

Στην Οδηγία 94/62/ΕΚ **«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. [23]

Αξίζει τέλος να αναφερθεί η οδηγία 96/С59/01 **«για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων»**, η οποία επιβάλλει σε όλα τα Κράτη-Μέλη τη μείωση των ζυμώσιμων αστικών απορριμμάτων που διατίθενται σε ΧΥΤΑ στο 75%, 50% και 25% των τιμών του 1993 έως τα έτη 2002, 2005 και 2010.

Οι κυριότερες οδηγίες της Ε.Ε για την διαχείριση των αστικών απορριμμάτων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Οδηγίες της Ε.Ε για την διαχείριση των στερών αποβλήτων

Οδηγία	
75/442	«περί των στερεών αποβλήτων»
89/369	«σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις νέες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων»
89/429	«σχετικά με τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις νέες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων»
91/156	«για την τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων»
91/689	«για τα επικίνδυνα απόβλητα»
94/67	«για την αποτέφρωση των επικίνδυνων αποβλήτων»
94/62	«για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας»
96/230	«για την ολοκληρωμένη λήψη δράσης κατά της μόλυνσης και τον έλεγχό της»
96/C59/01	«για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων»

Πηγή: {2}

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Ένα άθροισμα Νόμων, Υγειονομικών Διατάξεων (Υ.Δ), Υπουργικών Αποφάσεων (Υ.Α), Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων (Κ.Υ.Α), Πράξεων Υπουργικών Συμβουλίων (Π.Υ.Σ) και Προεδρικών Διαταγμάτων (Π.Δ), συνθέτουν το νομικό καθεστώς που διέπει τη διαχείριση των απορριμμάτων στην Ελλάδα.

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 και θέτει τις προϋποθέσεις που ένας χώρος πρέπει να εκπληρώνει, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως ΧΥΤΑ.

Το πρόβλημα με τη συγκεκριμένη ρύθμιση είναι ότι έδινε τη δυνατότητα της εξαίρεσης από τον κανόνα (της υγειονομικής ταφής) με απλή απόφαση νομάρχη, μέτρο το οποίο χρησιμοποιήθηκε υπερβολικά με αποτέλεσμα να υπάρξει ουσιαστική καταστρατήγηση της διάταξης. [23]

Ο Νόμος 1650/1986 **«Για την προστασία του περιβάλλοντος»**, αποτελεί τη βασική Ελληνική νομοθεσία (νόμος-πλαίσιο) για τη προστασία του περιβάλλοντος στόχος της οποίας είναι η διαμόρφωση κριτηρίων και η δημιουργία μηχανισμών για την προστασία του περιβάλλοντος.

Με το Νόμο 3010/2002 **«Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε. Ε. και 96/61 Ε.Ε., διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις»** τροποποιήθηκαν οι διατάξεις του Νόμου 1650/1986. Ο νόμος αυτός είχε εισάγει -με τις ΚΥΑ που εκδόθηκαν κατ' εφαρμογή

του- το θεσμικό πλαίσιο για την (εκ των προτέρων) περιβαλλοντική αξιολόγηση έργων και δραστηριοτήτων και την επιβολή περιβαλλοντικών όρων σε συμμόρφωση προς τις επιταγές του άρθρου 24 παρ. 1 Συντ. και τις δεσμεύσεις που απέρρεαν από την κοινοτική νομοθεσία (Οδηγία 85/337/ΕΟΚ για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων δημόσιων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον). Οι νέες ρυθμίσεις (άρθρα 1-3 του Νόμου 3010/2002) αποβλέπουν αφενός στην αντιμετώπιση των αδυναμιών που εντοπίστηκαν κατά την δεκαπενταετή εφαρμογή του «συστήματος» του Νόμου. 1650/1986 και αφετέρου στην εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας προς τις νεώτερες Οδηγίες:

α) 97/11/ΕΕ για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημόσιων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον (τροποποίηση της Οδηγίας 85/337/ΕΟΚ), και

β) 96/61/ΕΕ για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης. Τέλος, με τις διατάξεις του άρθρου 4 του εξεταζόμενου νόμου αναπροσαρμόζονται τα διοικητικά πρόστιμα που προβλέπονται από το άρθρο 30 του Νόμου 1650/1986 για τις περιπτώσεις ρύπανσης ή υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

[24]

Ωστόσο, 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, ενώ περιγράφεται για πρώτη φορά η αναγκαιότητα σύνταξης Σχεδίων Διαχείρισης, καθώς και οι διαδικασίες που πρέπει να τηρούνται.

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, πέρα των ΟΤΑ. Προβλέπεται επίσης, η άσκηση ελέγχου στις εγκαταστάσεις, βιομηχανίες και επιχειρήσεις που διαχειρίζονται στερεά απόβλητα,

● ρυθμίζεται το θέμα των αδειών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, που χορηγούνται σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα, πέρα των ΟΤΑ. 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.

[23]

Με την ΚΥΑ 69269/90 **«περί Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων»**, ορίζονται οι διαδικασίες και προδιαγράφονται τα περιεχόμενα των μελετών που πρέπει κατά περίπτωση να εκπονηθούν ώστε να προληφθούν ή να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις από προγραμματιζόμενα ιδιωτικά και δημόσια έργα ή και δραστηριότητες. Με την ΚΥΑ αυτή,

- 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 τον έλεγχο των συσκευασιών υγρών τροφίμων, έχει εκδοθεί η Διυπουργική απόφαση 31784/954/90 **«για τους τύπους συσκευασίας υγρών τροφίμων»**. Σύμφωνα με την Υπουργική αυτή Απόφαση, το ΥΠΕΧΩΔΕ επισπεύδει την εκπόνηση προγραμμάτων για την ελάττωση του βάρους ή και του όγκου των συσκευασιών υγρών τροφίμων που περιέχονται στα προς οριστική διάθεση οικιακά απορρίμματα.

[23]

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. Σε επίπεδο Νομού, η αρμοδιότητα ανήκει στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση και σε Περίπτωση αδυναμίας της, στην οικεία Περιφέρεια. Δίδεται ιδιαίτερη σημασία στην εξυγίανση των χώρων διάθεσης, μετά το τέλος της λειτουργίας τους και στην αποκατάσταση ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης. Τέλος, προσαρτώνται σ' αυτήν ως παραρτήματα οι Ευρωπαϊκοί κατάλογοι αποβλήτων (ΕΚΑ), όπως καταγράφονται στην Απόφαση 94/3/ΕΚ.

Το 1997 με την έκδοση της ΚΥΑ 113944/97 «για τον εθνικό σχεδιασμό διαχείρισης των στερεών αποβλήτων» και της ΚΥΑ 114218/97 «για την Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων» ολοκληρώνεται και εξειδικεύεται το νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση απορριμμάτων. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί και η εγκύκλιος 9/96/30-01-1996 του ΥΠΕΧΩΔΕ, με την οποία καθορίζεται πιο αναλυτικά το περιεχόμενο του φακέλου προέγκρισης χωροθέτησης των εγκαταστάσεων διάθεσης απορριμμάτων.

[23]

Τέλος, ο Νόμος 2939/2001 με θέμα «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων-Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ)» καθορίζει μεταξύ των άλλων τις ευθύνες των διαχειριστών συσκευασιών και «άλλων προϊόντων», θέτει τους όρους και τις προϋποθέσεις για την οργάνωση συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών καθώς και τις γενικές αρχές μιας εναλλακτικής διαχείρισης οι οποίες είναι οι εξής:

- Πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων από τη διαχείριση των συσκευασιών / άλλων προϊόντων
- Επαναχρησιμοποίηση-Ανακύκλωση
- Ανάκτηση ενέργειας
- Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»
- Η αρχή της ευθύνης όλων των εμπλεκομένων στη διαχείριση των συσκευασιών / άλλων προϊόντων
- Η αρχή της δημοσιότητας προς τους χρήστες και καταναλωτές

● Η αρχή της μη διάκρισης των συσκευασιών / άλλων προϊόντων

Ορίζει ως «**άλλα προϊόντα**» τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ), χρησιμοποιημένα ελαστικά οχημάτων, ορυκτέλαια, μπαταρίες και συσσωρευτές, ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, υλικά εκσκαφών και κατεδαφίσεων, έντυπο υλικό κλπ.

Ο Ε.Ο.Ε.Σ.Δ.Α.Π, ο οποίος υπάγεται στον έλεγχο του Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε, είναι νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου με πλήρη διοικητική και οικονομική αυτοτέλεια και δεν έχει κερδοσκοπικό χαρακτήρα. Βασικός σκοπός του είναι να σχεδιάζει και να εφαρμόζει την πολιτική για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και των άλλων προϊόντων.

Ο Νόμος 2939/2001, εκτός των άλλων, **ενσωματώνει στο Εθνικό Δίκαιο την Κοινοτική Οδηγία 94/62 «για τις συσκευασίες και τα απόβλητα της συσκευασίας».**

Ο Νόμος καλύπτει όλες τις συσκευασίες που διατίθενται στην αγορά και όλα τα απόβλητα των συσκευασιών που προέρχονται από την βιομηχανία, το εμπόριο, τα γραφεία, τα καταστήματα, τις υπηρεσίες, τα νοικοκυριά ή οποιαδήποτε άλλη πηγή, ανεξάρτητα από τα υλικά από τα οποία αποτελούνται.

Οι ποσοτικοί στόχοι που τίθενται από τον Νόμο 2939/2001, και οι οποίοι πρέπει να επιτευχθούν μέχρι 31 Δεκεμβρίου 2005, είναι οι ακόλουθοι:

- Αξιοποίηση 50-65% κ.β των απορριμμάτων συσκευασίας
- Ανακύκλωση 25-45% κ.β των απορριμμάτων συσκευασίας
- Ανακύκλωση κατά 15% τουλάχιστον ανά υλικό συσκευασίας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κατανάλωση συσκευασιών στην Ελλάδα ανά υλικό συσκευασίας τα έτη 2000 και 2001, όπως διαμορφώθηκε από στοιχεία απογραφής σε συνδυασμό με στατιστικά δεδομένα, οι ποσότητες ανά υλικό οι οποίες ανακυκλώθηκαν και τα ποσοστά ανακύκλωσης αυτών.

Πίνακας 2 : Ανακύκλωση συσκευασιών τα έτη 2000-2001 στην Ελλάδα (τόνοι)

	2000			2001		
	Παραγωγή αποβλήτων	Ανακύκλωση	%	Παραγωγή αποβλήτων	Ανακύκλωση	%
Χαρτί & χαρτόνι	356.000	240.000	57	374.000	253.000	58
Πλαστικά	260.000	8.000	3	270.000	8.000	3
Γυαλί	180.000	43.000	24	180.000	44.000	24
Αλουμίνιο	13.500	3.100	33	13.500	3.300	36
Άλλα μέταλλα	78.000	3.000	6	90.000	3.000	6
Ξύλο	43.000	10.000	22	43.000	10.000	22
Σύνολο	931.500	311.100	33	974.500	323.300	33

Πηγή:[25]

Παρατηρείται ότι η ανακύκλωση των πλαστικών υπολείπεται σημαντικά του τιθέμενου ελάχιστου ποσοστού (15%), ενώ για τα μέταλλα το συνολικό ποσοστό ανακύκλωσης ανέρχεται σε 9,4% λόγω του χαμηλού ποσοστού ανακύκλωσης του λευκοσιδήρου.

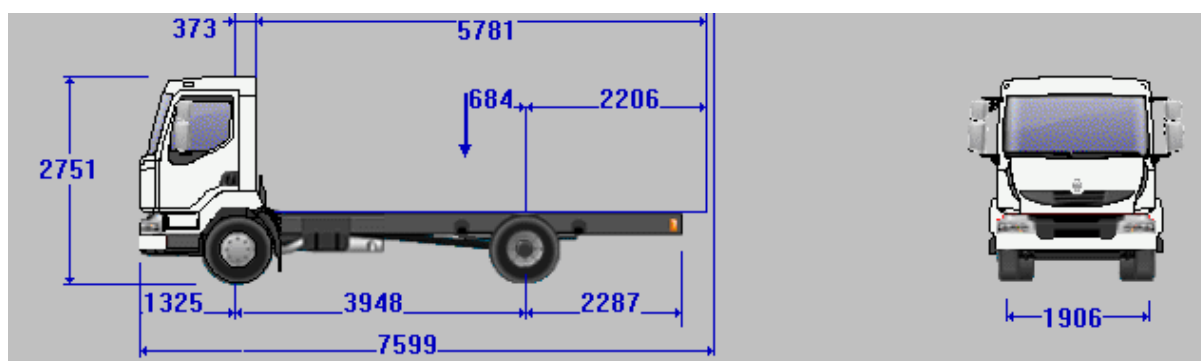
Για την Ελλάδα η επίτευξη του στόχου 50% αξιοποίησης των απορριμμάτων συσκευασίας, σημαίνει (σύμφωνα με τα δεδομένα του έτους 2001) ποσότητα περίπου 490.000 tn απορριμμάτων συσκευασίας προς αξιοποίηση, δηλαδή επιπλέον 163.000 tn. [25]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΑΤΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΟΥ &
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΚΑΔΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

MIDLUM 220.16/C

GVW 16 GCW 19,5



Ταχύτητα μηχανής στα 90 km/h : 1900 rpm (revolutions per minute) (στροφές)

Βάρη και διαστάσεις

GVW kg	16000
Μέγιστο Μήκος Σώματος (W) mm	5781
Ελάχιστο Μήκος Σώματος (W) mm	5302
Σώμα / Ωφέλιμο Φορτίο kg	11685
Συνολικό Βάρος Σκελετού (Σασί) kg	4315
Πρόσω Βάρος Σκελετού kg	2944
Πίσω Βάρος Σκελετού kg	1371
Μέγιστο Πρόσω Φορτίο kg	5800
Μέγιστο Πίσω Φορτίο kg	10900
Μέγιστρο Σκέπαστρο Σώματος (X) mm	2206
Ελάχιστο Σκέπαστρο Σώματος (X) mm	1727
Μέγιστο Ωφέλιμο Φορτίο Σώματος CG (Y) mm	924
Ελάχιστο Ωφέλιμο Φορτίο Σώματος CG (Y) mm	684
Μέγιστο Συνολικό Μήκος (Z) mm	7599
Ελάχιστο Συνολικό Μήκος (Z) mm	7120
Απόσταση Σώματος/ Θέσης Εκκίνησης (B) mm	373
Μεταξόνιο (F) mm	3948
Πλαίσιο Σκεπάστρου (N) mm	2287
Μήκος Σκελετού (Σασί) mm	7560
Ύψος Πλαισίου Εκφόρτωσης (H2) mm	1005
Ύψος Πλαισίου Φόρτωσης (H2) mm	841
Ύψος Καμπίνας Εκφόρτωσης mm	2751
Πρόσω Σκέπαστρο mm	1325
Μέγιστο Πλάτος Καμπίνας mm	2280
Πλάτος Πρόσοψης Φορτηγού mm	1906
Πλάτος Οπίσθιας Όψης Φορτηγού mm	1830
Πλάτος Προφυλακτήρα mm	2419
Απόσταση Εδάφους/ Πρόσοψης mm	220
Απόσταση Εδάφους/Οπίσθιας Όψης mm	204
Πλάτος Πλαισίου Πρόσοψης mm	850
Πλάτος Πλαισίου Οπίσθιας Όψης mm	850
Λοξή Εκτροπή Ακτίνας mm	7610
Βαθμός Συμπίεσης (αδιάστατος)	16.5 : 1

Τεχνικά χαρακτηριστικά του κάδου 1100 lt

Γεωμετρική χωρητικότητα	1100 lt
Συνολικό ύψος από το έδαφος	1462 mm
Ύψος μέχρι το χείλος εκφόρτωσης	1210 mm
Συνολικό μήκος (με πλευρικούς πείρους ανύψωσης DIN)	1360 mm
Συνολικό πλάτος (με καπάκι κλειστό)	1064 mm
Συνολικό πλάτος (με καπάκι ανοιχτό)	1220 mm
Απόσταση τροχών (κατά πλάτος)	740 mm
Απόσταση τροχών (κατά μήκος)	860 mm
Πάχος κορμού	8 mm
Πάχος καπακιού	6 mm
Ακτίνα αναστροφής (από άξονα αναστροφής έως πείρο αγκίστρωσης καπακιού)	620 mm
Αναστροφή καπακιού	95 ⁰
Διάμετρος τροχών	200 mm
Δυναμικό φορτίο κάθε τροχού	220 kp
Αριθμός τροχών	4
Πέδηση τροχών	Σύστημα κεντρικού φρένου με κλειδαριά
Μπλοκάρισμα κατεύθυνσης τροχών	Με ανεξάρτητα πεντάλ τους δύο πλευρικούς (αριστερά) τροχούς
Ολικό βάρος κάδου	78 kg
Μέγιστο ωφέλιμο φορτίο	450 kg
Προδιαγραφές	Συμφωνία με EN 840 3/5/6, DIN 30.700, UNI 9620 & RAL – RG 723/3
Τρόπος ανύψωσης	Πλευρική ανύψωση κατά DIN 30.700 και τύπου “χτένας”

Πηγή: [15]

Οι κάδοι των 1100 lt είναι εγγυημένοι και συμβατοί για την λειτουργία της εκφόρτωσης με κάθε απορριμματοφόρο που διαθέτει ανυψωτικούς μηχανισμούς εκφόρτωσης διεθνών προδιαγραφών με πλευρικούς βραχίονες κατά DIN 30.700 και τύπο “χτένας”. Οι κάδοι είναι εργονομικά σχεδιασμένοι ώστε να εξασφαλίζουν την πλήρη εκφόρτωση των απορριμμάτων και το σώμα τους να δέχεται απορρίμματα με ειδικό βάρος έως και 410 kg/m^3 . [15]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΑ
ΚΑΔΩΝ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Εικόνα 1: Πρόσωση κάδου αποθήκευσης χωρητικότητας 1100 lt



Εικόνα 2: Αριστερή πλάγια όψη κάδου αποθήκευσης 1100 lt



Εικόνα 3: Πρόσψη κάδου αποθήκευσης χωρητικότητας 350 lt



Εικόνα 4: Αριστερή πλάγια όψη κάδου αποθήκευσης 350 lt

