

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών Και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση Και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Αξιολόγηση Εναλλακτικών Σεναρίων Διαχείρισης
Αστικών Στερεών Αποβλήτων.
Μελέτη Περίπτωσης: Δήμος Τρικκαίων

Νικόλαος Κατσίκας

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Αντώνης Ζορπάς

Ιούνιος, 2017

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών Και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση Και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Αξιολόγηση Εναλλακτικών Σεναρίων Διαχείρισης
Αστικών Στερεών Αποβλήτων.
Μελέτη Περίπτωσης: Δήμος Τρικκαίων

Νικόλαος Κατσίκας

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Αντώνης Ζορπάς

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Ιούνιος, 2017

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής ήταν η αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων του Δήμου Τρικκαίων με εφαρμογή πολύ-κριτηριακής ανάλυσης. Αναπτύχθηκαν δύο εναλλακτικά σενάρια και μετέπειτα αξιολογήθηκαν με τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια προσαρμοσμένα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Δήμου Τρικκαίων. Τα εξεταζόμενα σενάρια ήταν: α) Διαλογή στη Πηγή - Κομποστοποίηση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων και β) Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων. Η αξιολόγηση των επιμέρους σεναρίων έλαβε χώρα με την βοήθεια του λογισμικού MakeItRational στην demo έκδοση, το οποίο αποτέλεσε το βασικό μας εργαλείο στην κατάταξη των εναλλακτικών σεναρίων ως προς την ικανοποίηση των διαχειριστικών στόχων της εξεταζόμενης περιοχής. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το μοντέλο που δημιουργήθηκε έδειξαν πως, σύμφωνα με τα επιλεγμένα κριτήρια, το καταλληλότερο σενάριο διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων για τον Δήμο Τρικκαίων είναι αυτό που περιλαμβάνει τη ΔσΠ και την κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος. Το συγκεκριμένο σενάριο υπερτερεί, διότι έχει το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, έχει ένα μέσο επενδυτικό κόστος, παρουσιάζει ικανοποιητική περιβαλλοντική απόδοση, από τεχνικής άποψης είναι απλό και, τέλος, τυγχάνει υψηλής κοινωνικής αποδοχής.

Λέξεις Κλειδιά: Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων, Πολυκριτηριακή Ανάλυση.

Summary

The aim of this dissertation was to evaluate alternative scenarios for urban solid waste management in the Municipality of Trikala by applying a multi-criteria analysis. Two alternative scenarios were developed and subsequently evaluated according to technical, financial, environmental and social criteria adapted to the specific characteristics of the Municipality of Trikala. The scenarios in question were: a) Sorting at the source - Composting - Disposal of remnants in sanitary landfill, and b) Sorting at the source - Incineration - Disposal of remnants in sanitary landfill. The evaluation of these two scenarios was conducted with the aid of MakeItRational software in its demo version, the basic implement through which the alternative scenarios were classified in terms of meeting the waste management objectives of the area examined. The results of the developed model showed that, according to the criteria selected, the appropriate scenario for urban solid waste management in the Municipality of Trikala is the one including Sorting at the source and Composting of the organic fraction. This scenario excels because it has a lower operational cost, average investment cost, satisfactory environmental efficiency, it is technically simple and, finally, its social acceptance is higher.

Keywords: Urban Solid Waste Management, Multi-Criteria Analysis.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη μεταπτυχιακή διατριβή μου θέλω να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν στην προσπάθεια αυτή.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Αντώνη Ζορπά του οποίου η επιστημονική κατάρτιση, η ερευνητική εμπειρία και η γνώση αποτέλεσαν πολύτιμα εφόδια για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας. Με καθοδήγησε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο δείχνοντας μεγάλη εμπιστοσύνη και κάνοντας όλη αυτή την προσπάθεια να μοιάζει με μια πορεία ανακάλυψης ευρημάτων αλλά και προσωπικών δυνατοτήτων μου. Τον ευχαριστώ βαθύτατα για την υπομονή και το χρόνο που μου αφιέρωσε και για τα σημαντικά μαθήματα επιμονής, θετικής σκέψης και επιστημονικής ακρίβειας που μου δίδαξε.

Οφείλω, ακόμη, να εκφράσω την αγάπη και την ευγνωμοσύνη μου στη σύζυγό μου Αφροδίτη και στο γιο μου Γιώργο που με στήριξαν και έδειξαν τη δέουσα κατανόηση όλα τα χρόνια της φοίτησής μου. Ήταν πάντα παρόντες και πρόθυμοι να μοιραστούν τις αγωνίες μου και το άγχος μου.

Περιεχόμενα

| | |
|--|------|
| Περίληψη | iii |
| Summary..... | iv |
| Ευχαριστίες..... | v |
| Περιεχόμενα | vi |
| Κατάλογος Πινάκων | viii |
| Κατάλογος Διαγραμμάτων | ix |
| Κατάλογος Εικόνων | x |
| Κατάλογος Χαρτών | xi |
| Ακρωνύμια | xii |
| Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή | |
| 1.1 Καταγραφή προβλήματος..... | 1 |
| 1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης | 3 |
| 1.3 Σκοπός και στόχοι της μελέτης | 5 |
| 1.4 Ορισμοί κεντρικών εννοιών..... | 6 |
| Κεφάλαιο 2: Αστικά Στερεά Απόβλητα (Α.Σ.Α.) | |
| 2.1 Εννοιολογικές αποσαφηνίσεις | 10 |
| 2.2 Ποιοτική σύσταση Α.Σ.Α..... | 13 |
| 2.3 Ποσοτικά χαρακτηριστικά Α.Σ.Α. | 16 |
| 2.4 Φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά Α.Σ.Α. | 18 |
| Κεφάλαιο 3: Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Α.Σ.Α. | |
| 3.1 Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο | 20 |
| 3.1.1 Οδηγία 75/442/ΕΟΚ..... | 22 |
| 3.1.2 Οδηγία 91/156/ΕΟΚ..... | 22 |
| 3.1.3 Οδηγία 2008/98/ΕΚ..... | 23 |
| 3.1.4 Οδηγία 1999/31/ΕΚ..... | 24 |
| 3.1.5 Οδηγία 2000/76/ΕΚ..... | 25 |
| 3.2 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο | 25 |
| 3.2.1 Ν. 3536/2007/ΦΕΚ 42/Α/23.02.2007 (άρθρο 30)..... | 26 |
| 3.2.2 Κ.Υ.Α. Η.Π. 50910/2727/2003 - ΦΕΚ 1909 /Β/22.12.2003 | 26 |
| 3.2.3 Κ.Υ.Α. Η.Π. 29407/3508/2002 - ΦΕΚ 1572/Β/16.12.2002 | 28 |
| 3.2.4 Ν. 2939/ΦΕΚ179/Α/6.8.2001 | 28 |
| 3.2.5 ΚΥΑ 22912/1117/ΦΕΚ 759/Β/06.06.2005 | 29 |

| | |
|--|----|
| 3.2.6 N.4042/ΦΕΚ24/Α/13.02.2012..... | 29 |
| Κεφάλαιο 4: Μέθοδοι Διαχείρισης Α.Σ.Α. | |
| 4.1 Συλλογή - Μεταφορά και Μεταφόρτωση..... | 33 |
| 4.1.1 Προσωρινή Αποθήκευση..... | 33 |
| 4.1.2 Συλλογή Αποβλήτων..... | 33 |
| 4.1.3 Μεταφορά και Μεταφόρτωση..... | 35 |
| 4.2 Ανακύκλωση Υλικών - Διαλογή στην Πηγή..... | 36 |
| 4.2.1 Διαλογή στην Πηγή..... | 39 |
| 4.2.2 Μηχανικός διαχωρισμός..... | 40 |
| 4.2.3 Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (Κ.Δ.Α.Υ)..... | 41 |
| 4.3 Βιολογικές Μέθοδοι Επεξεργασίας..... | 41 |
| 4.3.1 Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (κομποστοποίηση)..... | 43 |
| 4.3.2 Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία..... | 45 |
| 4.3.3 Βιολογική Ξήρανση..... | 45 |
| 4.3.4 Μηχανική και Βιολογική Επεξεργασία..... | 46 |
| 4.3.4.1 Αερόβια Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία..... | 47 |
| 4.3.4.2 Αναερόβια Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία..... | 49 |
| 4.4 Θερμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας..... | 51 |
| 4.4.1 Αποτέφρωση - Καύση..... | 53 |
| 4.4.2 Πυρόλυση..... | 55 |
| 4.4.3 Αεριοποίηση..... | 56 |
| 4.4.4 Αεριοποίηση πλάσματος..... | 58 |
| 4.5 Τελική διάθεση - Υγειονομική Ταφή..... | 60 |
| Κεφάλαιο 5 : Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Μεθόδων Διαχείρισης Α.Σ.Α. | |
| 5.1 Υγειονομική Ταφή..... | 62 |
| 5.2 Καύση..... | 63 |
| 5.3 Πυρόλυση-Αεριοποίηση..... | 65 |
| 5.4 Λιπασματοποίηση..... | 65 |
| 5.5 Αναερόβια χώνευση..... | 66 |
| 5.6 Μηχανική επεξεργασία..... | 67 |
| Κεφάλαιο 6: Δήμος Τρικκαίων - Υφιστάμενη Κατάσταση | |
| 6.1 Περιγραφή Δήμου Τρικκαίων..... | 69 |
| 6.1.1 Γενικά στοιχεία αναγνώρισης του Δήμου Τρικκαίων..... | 70 |

| | |
|---|-----|
| 6.1.2 Σύνθεση Πληθυσμού και Δημογραφική Φυσιογνωμία Δήμου Τρικκαίων - Ειδικές Πληθυσμιακές Ομάδες | 74 |
| 6.1.3 Χλωρίδα - Πανίδα – Βιοποικιλότητα | 78 |
| 6.1.4 Υδατικοί πόροι..... | 80 |
| 6.1.5 Περιοχές προστασίας..... | 82 |
| 6.2 Υφιστάμενη Κατάσταση Διαχείρισης Α.Σ.Α. | 85 |
| 6.2.1 Ποσοτικά στοιχεία παραγόμενων αποβλήτων..... | 87 |
| 6.2.2 Ποιοτική σύνθεση παραγόμενων αποβλήτων | 88 |
| 6.2.3 Υποδομές και προσωπικό | 88 |
| 6.2.4 Βασικά χαρακτηριστικά αποκομιδής αποβλήτων..... | 91 |
| 6.2.5 Κόστος της υφιστάμενης διαχείρισης | 92 |
| Κεφάλαιο 7: Μεθοδολογία | |
| 7.1 Μοντέλα υποστήριξης αποφάσεων στη Διαχείριση των Αποβλήτων | 95 |
| 7.1.1 Μοντέλα ανάλυσης κόστους-οφέλους | 96 |
| 7.1.2 Μοντέλα ανάλυσης κύκλου ζωής..... | 96 |
| 7.1.3 Μοντέλα πολυκριτηριακής ανάλυσης | 97 |
| 7.2 Μέθοδος αναλυτικής ιεράρχησης (AHP)..... | 99 |
| 7.3 Διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων | 102 |
| 7.4 Καθορισμός κριτηρίων αξιολόγησης | 103 |
| 7.5 Περιορισμοί της έρευνας..... | 105 |
| Κεφάλαιο 8: Ανάλυση των Εναλλακτικών Σεναρίων | |
| 8.1 Διαλογή στη Πηγή - Κομποστοποίηση -Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων..... | 106 |
| 8.1.1 Αξιολόγηση σεναρίου..... | 108 |
| 8.2 Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων | 113 |
| 8.2.1 Αξιολόγηση σεναρίου..... | 115 |
| Κεφάλαιο 9: Αποτελέσματα | 124 |
| Κεφάλαιο 10: Συμπεράσματα..... | 130 |
| Βιβλιογραφία..... | 133 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|---|-----|
| Πίνακας 1: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (Ε.Κ.Α.)..... | 12 |
| Πίνακας 2: Σύνθεση των παραγόμενων ΑΣΑ από χώρες χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος..... | 14 |
| Πίνακας 3: Τυπικές τιμές μέσων συντελεστών παραγωγής ΑΣΑ στην Ελλάδα..... | 17 |
| Πίνακας 4: Φυσικά χαρακτηριστικά ΑΣΑ..... | 18 |
| Πίνακας 5: Στοιχειακή σύνθεση Α.Σ.Α..... | 19 |
| Πίνακας 6: Τύποι μονάδων ΜΒΕ και παραγόμενα προϊόντα (πηγή:ΕΣΔΑ) | 46 |
| Πίνακας 7: Στοιχεία του μόνιμου πληθυσμού, της έκτασης και της πληθυσμιακής πυκνότητας για τους τέσσερις Δήμους που απαρτίζουν την Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων..... | 71 |
| Πίνακας 8: Πληθυσμιακή πυκνότητα του Δήμου Τρικκαίων σε επίπεδο Δημοτικών Ενοτήτων..... | 72 |
| Πίνακας 9: Συγκριτικά στοιχεία μεταβολών του μόνιμου πληθυσμού..... | 73 |
| Πίνακας 10: Κατανομή του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων | 75 |
| Πίνακας 11: Ειδικές πληθυσμιακές ομάδες Δήμου Τρικκαίων | 77 |
| Πίνακας 12: Ειδικές Ζώνες Διατήρησης στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων | 82 |
| Πίνακας 13: Ζώνες Ειδικής Προστασίας στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων | 83 |
| Πίνακας 14: Προστατευόμενες περιοχές Δήμου Τρικκαίων | 84 |
| Πίνακας 15: Σύνολο παραγομένων ΑΣΑ στο Δήμο Τρικκαίων | 87 |
| Πίνακας 16: Κατά κεφαλή παραγωγή ΑΣΑ στο Δήμο Τρικκαίων | 87 |
| Πίνακας 17: Ανά έτος μηνιαία παραγωγή αποβλήτων του Δήμου Τρικκαίων..... | 87 |
| Πίνακας 18. Προτεινόμενη ποιοτική σύσταση ΑΣΑ Δήμου Τρικκαίων..... | 88 |
| Πίνακας 19: Ανθρώπινο δυναμικό στη διαχείριση ΑΣΑ στο Δήμο Τρικκαίων..... | 88 |
| Πίνακας 20: Αριθμός μπλε κάδων | 91 |
| Πίνακας 21: Βασικά χαρακτηριστικά της αποκομιδής των πράσινων κάδων (σύμμεικτα)..... | 91 |
| Πίνακας 22: Βασικά χαρακτηριστικά της αποκομιδής των μπλε κάδων..... | 92 |
| Πίνακας 23: Κόστος διαχείρισης σύμμεικτων..... | 92 |
| Πίνακας 24: Κόστος διαχείρισης ανακυκλώσιμων | 93 |
| Πίνακας 25: Σύγκριση κατά ζεύγη κεντρικού στόχου..... | 100 |

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 26: Σύγκριση κατά ζεύγη – επιμέρους στοιχεία απόφασης..... | 100 |
| Πίνακας 27: Η συγκριτική κλίμακα στην Μέθοδο Αναλυτικής Ιεράρχησης | 101 |
| Πίνακας 28: Σχετική βαρύτητα στοιχείου απόφασης | 101 |
| Πίνακας 29: Κατά Βάρος Σύσταση Παραγόμενων Α.Σ.Α. - Παραγωγή Ανακυκλώσιμων Υλικών με 80% Συμμετοχή Πολιτών – Ποσότητα Υπολειμμάτων προς Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι /έτος) | 107 |
| Πίνακας 30: Παραγόμενη Ποσότητα Εδαφοβελτιωτικού με συμμετοχή των πολιτών στο πρόγραμμα 80% και Ποσοστό ανάκτησης 80%-Υπολείμματα προς Χ.Υ.Τ.Υ. ... | 107 |
| Πίνακας 31: Ποσότητα Ανακτημένων Υλικών προς Ανακύκλωση – Υπολείμματα προς Χ.Υ.Τ.Υ. | 108 |
| Πίνακας 32: Απαιτούμενο προσωπικό ανά δράση..... | 110 |
| Πίνακας 33: Ενδεικτικό κόστος επένδυσης 1ου Σεναρίου | 111 |
| Πίνακας 34: Λειτουργικό Κόστος Κεντρικής Μονάδας Λιπασματοποίησης..... | 111 |
| Πίνακας 35: Κατά Βάρος Σύσταση Παραγόμενων Α.Σ.Α. – Ποσότητες Παραγόμενων Αποβλήτων με Διαλογή στην Πηγή Γυαλιού και Μετάλλων (τόνοι /έτος) | 114 |
| Πίνακας 36: Παραγωγή Ανακυκλώσιμων και Υπολειμμάτων προς Χ.Υ.Τ.Υ. | 114 |
| Πίνακας 37: Ποσότητα Α.Σ.Α. (τόνοι / έτος) ανά συστατικό προς Καύση και Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι /έτος) | 114 |
| Πίνακας 38: Απαιτούμενο προσωπικό ανά δράση..... | 118 |
| Πίνακας 39: Ποσότητες παραγόμενων προϊόντων αποτέφρωσης | 118 |
| Πίνακας 40:: Κόστος κατασκευής μονάδων καύσης σε άλλες χώρες..... | 121 |
| Πίνακας 41: Κόστος λειτουργίας μονάδων καύσης σε άλλες χώρες..... | 122 |
| Πίνακας 42: Βαθμολόγηση υποκριτηρίων αξιολόγησης κατά την μέθοδο πολύ- κριτηριακής ανάλυσης, AHP | 125 |

Κατάλογος Διαγραμμάτων

| | |
|---|-----|
| Διάγραμμα 1: Κατηγοριοποίηση των στερεών αποβλήτων | 11 |
| Διάγραμμα 2: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στις Περιφέρειες της Ελλάδος..... | 15 |
| Διάγραμμα 3: Ποιοτική σύσταση οικιακών απορριμμάτων | 16 |
| Διάγραμμα 4: Πυραμίδα ιεράρχησης στόχων Δ.Σ.Α. σύμφωνα με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ..... | 24 |
| Διάγραμμα 5: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης βιολογικής ξήρανσης..... | 46 |
| Διάγραμμα 6: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης αερόβιας ΜΒΕ με ανάκτηση υλικών..... | 47 |
| Διάγραμμα 7: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης αερόβιας ΜΒΕ με ανάκτηση RDF | 48 |
| Διάγραμμα 8: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης αναερόβιας ΜΒΕ με ανάκτηση υλικών..... | 50 |
| Διάγραμμα 9: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης στοιχειομετρικής καύσης και συστήματος ελέγχου εκπομπών | 54 |
| Διάγραμμα 10: Διάγραμμα ροής διαδικασίας πυρόλησης | 56 |
| Διάγραμμα 11: Διεργασία αεριοποίησης..... | 57 |
| Διάγραμμα 12: Κατά φύλο σύνθεση πληθυσμού Δήμου Τρικκαίων..... | 74 |
| Διάγραμμα 13: Κατανομή του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων βάσει του επιπέδου εκπαίδευσης..... | 76 |
| Διάγραμμα 14: Ποσοστιαία κατανομή της κάθε ειδικής πληθυσμιακής ομάδας | 77 |
| Διάγραμμα 15: Βασικό μοντέλο Πολυκριτηριακής Ανάλυσης | 98 |
| Διάγραμμα 16: Ίση βαρύτητα βασικών κριτηρίων για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων..... | 125 |
| Διάγραμμα 17: Ιεράρχηση εναλλακτικών σεναρίων (Ε.Σ.) με ισοβαρή βασικά κριτήρια..... | 126 |
| Διάγραμμα 18: Ιεράρχηση Ε.Σ. ως προς τα οικονομικά κριτήρια..... | 127 |
| Διάγραμμα 19: Ιεράρχηση Ε.Σ. ως προς τα περιβαλλοντικά κριτήρια..... | 128 |
| Διάγραμμα 20: Ιεράρχηση Ε.Σ. ως προς τα τεχνικά κριτήρια | 128 |
| Διάγραμμα 21: Ιεράρχηση Ε.Σ. ως προς τα κοινωνικά κριτήρια..... | 129 |
| Διάγραμμα 22: Σύγκριση Ε.Σ. σε σχέση με τη συνολική βαθμολογία | 129 |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Χάρτης Δήμων Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων..... | 69 |
| Εικόνα 2: Γεωφυσικός Χάρτης Δήμου Τρικκαίων | 70 |
| Εικόνα 3: Υδρογραφικό δίκτυο του Δήμου Τρικκαίων | 80 |
| Εικόνα 4: Ειδικές Ζώνες Διατήρησης στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων | 83 |
| Εικόνα 5: Περιοχές Προστασίας Οικοτόπων και Ειδών της περιοχής του Δήμου Τρικκαίων..... | 84 |

Ακρωνύμια

ASP: Aerated Static Pile

BOD: Biochemical Oxygen Demand

COD: Chemical Oxygen Demand

ECN: European Compost Network

NIMBY: Not In My Back Yard

RDF: Refuse Derived Fuel

RTO: Regenerative Thermal Oxidation

SRF: Solid Recovered Fuel

Α.Η.Η.Ε.: Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

Α.Π.Ε.: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Α.Σ.Α.: Αστικά Στερεά Απόβλητα

Α.Φ.Η.Σ.: Ανακύκλωση Φορητών Ηλεκτρικών Στηλών

Β.Α.Α.: Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα

Δ.Ε.: Δημοτική Ενότητα

Δ.Σ.Α.: Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων

ΔσΠ.: Διαλογή στην Πηγή

Ε.Ε.: Ευρωπαϊκή Ένωση

Ε.Ε.Α.Α.: Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης

Ε.Κ.: Ευρωπαϊκή Κοινότητα

Ε.Κ.Α.: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων

Ε.Λ.Σ.Τ.Α.Τ.: Ελληνική Στατιστική Αρχή

Ε.Σ.Δ.Α.: Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

κ.β.: κατά βάρος

Κ.Δ.Α.Υ.: Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών

κ.μ.: κυβικό μέτρο

κ.ό: κατά όγκο

Κ.Υ.Α.: Κοινή Υπουργική Απόφαση

Μ.Β.Ε.: Μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας

Ο.Σ.Δ.Α.: Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων

Ο.Τ.Α.: Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης

Π.Α.ΔΥ.Θ.: Περιβαλλοντική Αναπτυξιακή Δυτικής Θεσσαλίας

Π.Ε.: Περιφερειακή Ενότητα

Π.Ε.Σ.Δ.Α.: Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

Σ.Α.: Στερεά Απόβλητα

Σ.Μ.Α.: Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

Υ.Α.: Υπουργική Απόφαση

Υ.Π.Ε.Κ.Α.: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

Φ.Ε.Κ.: Φύλλο Εφημερίδας Κυβέρνησης

Φο.Δ.Σ.Α. : Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

Χ.Α.Δ.Α.: Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων

Χ.Υ.Τ.Α.: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

Χ.Υ.Τ.Υ.: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το πρόβλημα της διαχείρισης αποβλήτων αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια ένα κρίσιμο περιβαλλοντικό πρόβλημα, που οι σύγχρονες κοινωνίες καλούνται να αντιμετωπίσουν. Διεθνείς συσκέψεις για το περιβάλλον καλούν τις χώρες να εναρμονίσουν σε παγκόσμιο επίπεδο τις πολιτικές τους με δεσμεύσεις για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων που εντείνουν το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Η αποτελεσματικότητα στη διαχείριση αποβλήτων αποτελεί μια ακόμη πρόκληση καθώς συνδέεται με πλήθος περιβαλλοντικών προβλημάτων. Προκειμένου να χαραχθεί μια πολιτική με σημαντικές προοπτικές για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού θα πρέπει για κάθε περίπτωση να εξετάζονται παράγοντες που συνδέονται με τις περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις σε εθνικό επίπεδο και στη συνέχεια να προσαρμόζονται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής.

1.1 Καταγραφή προβλήματος

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες ανέκαθεν οδηγούσαν στην παραγωγή αποβλήτων. Όταν ο ανθρώπινος πληθυσμός ήταν σχετικά μικρός και ζούσε νομαδικά αυτό δεν αποτελούσε σημαντικό θέμα, όμως με την αστικοποίηση και την ανάπτυξη των μεγάλων αστικών συγκροτημάτων διαμορφώθηκε σε ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα. Η κακή διαχείριση των αποβλήτων οδήγησε σε μόλυνση των υδάτων, του εδάφους, της ατμόσφαιρας και είχε σημαντικό αντίκτυπο στη δημόσια υγεία.

Καθώς αναπτύσσεται η επιστήμη και η τεχνολογία, η διαχείριση του συνεχώς αυξανόμενου όγκου των αποβλήτων γίνεται μια πολύ οργανωμένη, εξειδικευμένη και σύνθετη δραστηριότητα. Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων εξελίσσονται σε συνάρτηση με τις αλλαγές στον τρόπο ζωής, και ο αριθμός των νέων χημικών ουσιών που υπάρχουν στα διάφορα ρεύματα αποβλήτων αυξάνεται δραματικά. Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε ουσίες που περιέχονται στα

απόβλητα, ή παράγονται σε εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων είναι πιο δύσκολο να υπολογιστούν, ειδικά όταν οι συγκεντρώσεις τους είναι πολύ μικρές και όταν υπάρχουν και άλλες οδοί έκθεσης (π.χ. τρόφιμα, το έδαφος).

Κατά καιρούς η δημοσιότητα από διάφορα βιομηχανικά ατυχήματα, συχνά άσχετα με τις δραστηριότητες διαχείρισης αποβλήτων, έχουν δημιουργήσει το σύνδρομο NIMBY (Not In My Back Yard - Όχι Στην Πίσω Αυλή Μου). Αυτό έχει ως συνέπεια να προκαλεί την έντονη αντίδραση των πολιτών στην κατασκευή Χ.Υ.Τ.Α., αποτεφρωτήρων ή άλλων εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων (Giusti, 2009).

Η αυξανόμενη αυστηρότητα των απαιτήσεων της Ε.Ε καθιστά τη διαχείριση των Α.Σ.Α. δαπανηρή, καθώς θα πρέπει να διαχειρίζονται μεγαλύτερες ποσότητες και να κατασκευαστούν νέες εγκαταστάσεις. Στην Ελλάδα, οι απαιτήσεις σε επενδύσεις κεφαλαίου για την ανάπτυξη των απαραίτητων υποδομών διαχείρισης Α.Σ.Α. είναι πιθανό να ξεπεράσουν οποιονδήποτε άλλο βιομηχανικό τομέα μέχρι το έτος 2020. Δεδομένου ότι τα έξοδα διαχείρισης επηρεάζονται σημαντικά από την ποιότητα του σχεδιασμού, μεγάλη έμφαση δίνεται τελευταία στην ανάπτυξη αποτελεσματικών σχεδίων, ικανών να εκπληρώσουν όλες τις νομικές απαιτήσεις με ελάχιστο κόστος. Έτσι ο σχεδιασμός διαχείρισης Α.Σ.Α. εξελίσσεται σε μια εκλεπτυσμένη επιστήμη που πρέπει να συνδυάζει δυναμικά μια πληθώρα δράσεων, ώστε να εκπληρώνουν αποτελεσματικά διάφορες νομικές και άλλες απαιτήσεις που αλλάζουν με το χρόνο (Econoμopoulos, 2010).

Στη Ελλάδα, το 2010, η συνολική παραγόμενη ποσότητα ΑΣΑ ανέρχεται σε 15.000 τόνους ημερησίως, το οποίο αντιστοιχεί σε 2,3 εκατ. τόνους ΑΣΑ ετησίως (Kalogirou et al., 2012). Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία (Οδηγία 2008/98//ΕΕ όπως αυτή ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία με το ν. 4042/2012), η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι υποχρεωμένη να επεξεργάζεται τα ΑΣΑ, πριν την τελική διάθεσή τους. Η υποχρέωση αυτή σε συνδυασμό με το γεγονός ότι μέχρι σήμερα η υγειονομική ταφή αποτελεί τον κυριότερο τρόπο διάθεσης των απορριμμάτων (>80% των ΑΣΑ θάβονται σε ΧΥΤΑ) (Minoglou & Komilis, 2013), κάνει επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης και εφαρμογής Ολοκληρωμένων Συστημάτων Διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΟΣΔΑ).

Στη χώρα μας, το 2011, η εκτροπή ΑΣΑ για υποβολή σε εργασίες ανάκτησης προς τα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) και τα Εργοστάσια Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) Άνω Λιοσίων, Χανίων και Κεφαλονιάς ανέρχεται στο 6,9% (384.658 tn/έτος) και 4,7% επί του συνόλου των παραγόμενων ΑΣΑ, αντίστοιχα. Η ανακύκλωση των ΑΣΑ βρίσκεται ακόμα σε χαμηλά επίπεδα, δεδομένου ότι το 2011 αντιστοιχούσε στο 15% της παραγωγής, ενώ οι ποσότητες οργανικού κλάσματος που ανακτήθηκαν μέσω χωριστής συλλογής (κομποστοποίηση ή/και ενεργειακή ανάκτηση) αντιστοιχούσαν σε ποσοστό μόλις 3% επί των συνολικά παραγόμενων ΑΣΑ. Στην πραγματικότητα, τα ποσοστά αυτά είναι ακόμη χαμηλότερα, δεδομένου ότι η ανακύκλωση συσκευασιών στους μπλε κάδους και στα ΚΔΑΥ - υπολογίζοντας ένα ποσοστό καθαρότητας 60% - αφορά μόνο στο 4,14% (6,9% X 60%) από το συνολικό 15% το 2011. Η ανάκτηση των συσκευασιών στις Μονάδες Επεξεργασίας Αποβλήτων (ΜΕΑ) δεν ξεπερνά το 3% των εισερχομένων σ' αυτές, οπότε η πραγματική ανάκτηση είναι της τάξης του 0,14% (4,7% X 3%). Το σύνολο συνεπώς της ανάκτησης συσκευασιών ανέρχεται σε 4,28%. Το υπόλοιπο 10,72% αφορά σε βιομηχανικές συσκευασίες, έντυπο χαρτί και στα άλλα ρεύματα ανακυκλώσιμων (ΕΣΔΑ, 2003).

1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Το πλαίσιο για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων αποτελεί εδώ και χρόνια ένα πεδίο διαβούλευσης που χαρακτηρίζεται για την πολυπλοκότητά του (Liu et al, 2013), ενώ ο σχεδιασμός του αντιμετωπίζει ιδιαίτερες προκλήσεις, όπως η αύξηση του πληθυσμού των μεγάλων αστικών κέντρων και η επιβάρυνση λόγω της οικονομικής κρίσης, που αποτελεί πλέον παγκόσμιο φαινόμενο, και συνδέεται άμεσα με το κόστος διαχείρισης αποβλήτων (López-Hernández et al, 2012, Benito-López et al, 2011). Η Δημόσια Διοίκηση, που επιφορτίζεται με το ρόλο της κατάρτισης αλλά και της εφαρμογής του πλαισίου αυτού, θα πρέπει μέσα από τις στρατηγικές που θα επιλεγούν προς υλοποίηση να στοχεύει τόσο στην αποδοτικότητα όσο και στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών προς όφελος των πολιτών (Plata-Díaz et al, 2014). Για όλους τους παραπάνω λόγους και προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις διαχείρισης αποβλήτων, οι ανεπτυγμένες χώρες ανέπτυξαν σύγχρονες μεθόδους και κατευθύνσεις για την υιοθέτηση «καλών πρακτικών» (Ezeah & Roberts, 2012) με στόχο την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται άμεσα με το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία κάθε χώρας (Rentizelas et al, 2014).

Πλήθος περιβαλλοντικών προβλημάτων συνδέονται με τα διάφορα στάδια διαχείρισης αποβλήτων, ενώ σύμφωνα με τους Zhang και Huang (2014) αφορούν στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου επιτείνοντας το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, οι Wittmaier κ.ά. (2009) αναφέρουν ότι η μείωση των εκπομπών βλαβερών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου επιτυγχάνεται με την παραγωγή ενέργειας ως μέρος της διαχείρισης αποβλήτων, ενώ οι Habib κ.ά. (2013) τονίζουν την αναγκαιότητα για ανάκτηση ενέργειας και υλικών μέσα από τις διαδικασίες αυτές.

Η διαχείριση αποβλήτων μέσα από την εξέλιξη διάφορων μεθόδων αποτελεί μια διαδικασία που έχει ως στόχο τη βιωσιμότητα, ενώ όπως εξελίχθηκε μετά το 1992 με ορόσημο τη Σύνοδο του Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας (Marconsin & Rosa, 2013), η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής διαφόρων μεθόδων θα πρέπει να εξασφαλίζει την κοινωνική αποδοχή, την περιβαλλοντική προστασία και την οικονομική βιωσιμότητα σε κάθε περίπτωση (Marconsin & Rosa, 2013 ; Hanan et al, 2013 ; Morrissey & Browne, 2004).

Σύμφωνα με τους Rentizelas κ.ά. (2014) η εκτίμηση της κατάλληλης μεθόδου βασίζεται κυρίως σε οικονομικούς όρους, όπου κρίνεται αναγκαίο να διαμορφωθεί ένα σύστημα που θα εγγυάται ταυτόχρονα το μικρότερο ρίσκο και το μεγαλύτερο επιχειρηματικό κέρδος για τον επενδυτή αλλά θα απαιτεί αντίστοιχα το μικρότερο κόστος για τους εμπλεκόμενους φορείς, κάτι που αφορά κυρίως τους πολίτες μιας περιοχής. Ωστόσο, οι Ananda και Herath (2003) προτείνουν ένα άλλο μοντέλο που στηρίζεται στη συμμετοχή των εμπλεκόμενων φορέων στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Η πολυκριτηριακή ανάλυση στη λήψη αποφάσεων τέτοιου τύπου συνιστά μια διαδεδομένη μέθοδο αξιολόγησης ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων, στην οποία υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, και επιλέγεται η κατάλληλη εναλλακτική λαμβάνοντας υπόψη πολλά κριτήρια (Hung et al, 2007).

Επιπλέον, οι νέες κατευθύνσεις τις οποίες χαράσσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για το περιβάλλον βασίζονται στην ανάγκη δημιουργίας μιας κυκλικής οικονομίας με βασικούς στόχους μεταξύ άλλων την ενίσχυση της ανακύκλωσης και της πρόληψης για την απώλεια πολύτιμων υλικών, τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την οικονομική ανάπτυξη, καθώς και τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων με έμφαση στην παραγωγή μηδενικών αποβλήτων (European Commission, 2014).

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για το Περιβάλλον συνέταξε τη στρατηγική «Ευρώπη 2020», η οποία προσανατολίζεται σε μια πιο αποδοτική και βιώσιμη ολιστική οικονομική ανάπτυξη, με στόχο τη διατήρηση της προστιθέμενης αξίας των προϊόντων καθώς και τη μείωση στην παραγωγή αποβλήτων. Οι βασικές γραμμές της στρατηγικής για τη δημιουργία μιας κυκλικής οικονομίας περιλαμβάνουν τη διατήρηση των πόρων στην οικονομία και αφορά προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους, τα οποία θα επαναχρησιμοποιούνται. Προκειμένου ο στόχος αυτός να βρει εφαρμογή, απαιτούνται αλλαγές σε όλα τα στάδια της αλυσίδας παραγωγής, όπως στο σχεδιασμό προϊόντων που θα απευθύνονται σε νέα επιχειρηματικά και εμπορικά μοντέλα, νέες μεθόδους που θα μετατρέπουν τα απόβλητα σε πόρους καθώς και νέα πρότυπα καταναλωτικής συμπεριφοράς (European Commission 2014).

Καταληκτικά, η ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων πρέπει να ενσωματώνει μέτρα που να προωθούν την αειφόρο ανάπτυξη σε Εθνικό, Περιφερειακό αλλά και τοπικό επίπεδο. Η αειφόρος ανάπτυξη στηρίζεται σε τρεις επιμέρους συνιστώσες: την οικονομική, κοινωνική και την περιβαλλοντική. Οι Δήμοι, θα πρέπει να αναπτύξουν και να υλοποιήσουν ένα ολοκληρωμένο σχεδιασμό για τη διαχείριση των στερεών και κυρίως των οργανικών αποβλήτων. Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να έχει μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, θα παρέχει μόνιμες και βιώσιμες λύσεις και θα εξασφαλίζει την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, με παράλληλη κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη ώστε να καταλήγουμε σε μια πλήρη πρόταση με γνώμονα την αειφορία.

1.3 Σκοπός και στόχοι της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, είναι να καταγράψει την υφιστάμενη κατάσταση στη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων του Δήμου Τρικκαίων, καθώς και να προβεί στην εξεύρεση της βέλτιστης τεχνολογίας επεξεργασίας τους, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του εν λόγω Δήμου. Για το λόγο αυτό θα εξεταστούν δυο διαφορετικά σενάρια διαχείρισης πέραν της υφιστάμενης κατάστασης, τα οποία ενδεχομένως θα είναι πιο οικονομικά, πιο φιλικά προς το περιβάλλον και θα έχουν περισσότερη κοινωνική αποδοχή.

Τα εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης Α.Σ.Α. που εξετάζονται στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχουν ως εξής:

1ο Σενάριο: Διαλογή στη Πηγή – Κομποστοποίηση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

2ο Σενάριο: Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

Οι ερευνητικοί στόχοι που τέθηκαν είναι οι ακόλουθοι:

- Ποια είναι η υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης Α.Σ.Α. στο Δήμο Τρικκαίων;
- Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού, τα ισοζύγια μάζας, καθώς και το κόστος επένδυσης και λειτουργίας του 1ου εναλλακτικού σεναρίου;
- Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού, τα ισοζύγια μάζας, καθώς και το κόστος επένδυσης και λειτουργίας του 2ου εναλλακτικού σεναρίου;

1.4 Ορισμοί κεντρικών εννοιών

Δεδομένου ότι στην Εθνική και Κοινοτική Νομοθεσία που αφορά τη Διαχείριση Αποβλήτων χρησιμοποιούνται συχνά διάφοροι ορισμοί, παρουσιάζονται παρακάτω οι σημαντικότεροι εξ αυτών:

Απόβλητο: κάθε ουσία ή αντικείμενο, το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει (Αρ. 11, Ν. 4042/2012).

Ανάκτηση: οποιαδήποτε εργασία της οποίας το κύριο αποτέλεσμα είναι ότι απόβλητα εξυπηρετούν ένα χρήσιμο σκοπό αντικαθιστώντας άλλα υλικά τα οποία, υπό άλλες συνθήκες, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση συγκεκριμένης λειτουργίας, ή ότι απόβλητα υφίστανται προετοιμασία για την πραγματοποίηση αυτής της λειτουργίας, είτε στην εγκατάσταση είτε στο γενικότερο πλαίσιο της οικονομίας. Στο Παράρτημα II του Ν. 4042/2012 παρατίθεται μη εξαντλητικός κατάλογος των εργασιών ανάκτησης.

Διαχείριση αποβλήτων: η συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της επίβλεψης των χώρων διάθεσης και των ενεργειών, στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες (αρ.11, Ν. 4042/2012).

Διάθεση: οποιαδήποτε εργασία η οποία δεν συνιστά ανάκτηση, ακόμη και στην περίπτωση που η εργασία έχει ως δευτερογενή συνέπεια την ανάκτηση ουσιών ή

ενέργειας. Μη εξαντλητικός κατάλογος των εργασιών διάθεσης υπάρχει στο Παράρτημα Ι του Ν. 4042/2012.

Επεξεργασία: οι εργασίες ανάκτησης ή διάθεσης, στις οποίες περιλαμβάνεται η προετοιμασία πριν από την ανάκτηση ή τη διάθεση (Ν. 4042/2012).

Επαναχρησιμοποίηση: κάθε εργασία με την οποία προϊόντα ή συστατικά στοιχεία που δεν είναι απόβλητα χρησιμοποιούνται εκ νέου για τον ίδιο σκοπό για τον οποία σχεδιάστηκαν (Ν. 4042/2012).

Εγκεκριμένος χώρος ή εγκατάσταση διάθεσης ή ανάκτησης στερεών αποβλήτων: κάθε χώρος ή εγκατάσταση, με την κατάλληλη υποδομή και εξοπλισμό, στον οποίο διενεργείται η διάθεση ή η ανάκτηση των στερεών αποβλήτων, δυνάμει σχετικής άδειας (ΚΥΑ 50910/2727/2003 ΦΕΚ 1909/Β).

Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ): Προκειμένου να γίνει αποτελεσματικότερη η διαχείριση των αποβλήτων στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) (Απόφαση 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ). Ο ΕΚΑ είναι ένας εναρμονισμένος, μη εξαντλητικός κατάλογος αποβλήτων και αποτελεί ονοματολογία αναφοράς, καθώς παρέχει κοινή ορολογία για τη διαχείριση των αποβλήτων. Περιλαμβάνει τα επικίνδυνα απόβλητα και λαμβάνει υπόψη την προέλευση και τη σύνθεση των αποβλήτων καθώς και, αν απαιτείται, τις οριακές τιμές συγκέντρωσης επικίνδυνων ουσιών (αρ. 13, παρ.5, Ν. 4042/2012). Τα απόβλητα του ΕΚΑ που θεωρούνται επικίνδυνα σημειώνονται με αστερίσκο (Απόφαση 2000/532/ΕΚ). Με απόφαση του Υπουργού ΠΕΚΑ, κατόπιν εισήγησης από την Γενική Δ/νση Περιβάλλοντος του ΥΠΕΚΑ, μπορεί ένα απόβλητο να χαρακτηριστεί ή να αποχαρακτηρισθεί επικίνδυνο, με βάση το άρθ. 38, παρ. 3, Ν. 4042/2012).

Μεταφορά: το σύνολο των εργασιών μετακίνησης των αποβλήτων από τα μέσα ή τους χώρους συλλογής στους χώρους διάθεσης, ανάκτησης, μεταφόρτωσης ή αποθήκευσης (ΚΥΑ 50910/2727/2003).

Μεταφόρτωση: οι εργασίες μετακίνησης των αποβλήτων από τα μέσα ή χώρους συλλογής σε άλλα μέσα μεταφοράς με ενδεχόμενη συμπίεσή τους (στην έννοια αυτή περιλαμβάνεται κινητός ή σταθερός σταθμός μεταφόρτωσης) (ΚΥΑ 50910/2727/2003).

Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση: κάθε εργασία ανάκτησης που συνιστά έλεγχο, καθαρισμό ή επισκευή, με την οποία προϊόντα ή συστατικά στοιχεία προϊόντων που αποτελούν πλέον απόβλητα προετοιμάζονται προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς άλλη προεπεξεργασία (Ν. 4042/2012).

Πρόληψη: τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται πριν μια ουσία, υλικό ή προϊόν καταστούν απόβλητα, και τα οποία μειώνουν: α) την ποσότητα των αποβλήτων, μέσω επαναχρησιμοποίησης ή παράτασης της διάρκειας ζωής των προϊόντων, β) τις αρνητικές επιπτώσεις των παραγόμενων αποβλήτων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, ή γ) την περιεκτικότητα των υλικών και προϊόντων σε επικίνδυνες ουσίες (Ν. 4042/2012).

Προσωρινή αποθήκευση: η αποθήκευση των αποβλήτων για ορισμένο χρόνο σε εγκεκριμένο χώρο ή εγκατάσταση, μέχρι να πραγματοποιηθεί η μεταφορά τους σε εγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας ή τελικής διάθεσης (ΚΥΑ 50910/2727/2003).

Στερεό (μη επικίνδυνο) απόβλητο: κάθε ουσία ή αντικείμενο που υπάγεται στις κατηγορίες αποβλήτων των παραρτημάτων ΙΑ και ΙΒ της ΚΥΑ 50910/2727/2003 και το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει. Στην έννοια του στερεού (μη επικίνδυνου) αποβλήτου δεν υπάγονται τα απόβλητα εκείνα από τον Ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων του Παραρτήματος ΙΒ της ΚΥΑ 50910/2727/2003 που επισημαίνονται με αστερίσκο και τα οποία χαρακτηρίζονται ως εν δυνάμει επικίνδυνα απόβλητα, σύμφωνα με την Απόφαση 2001/118/Ε.Κ. (ΕΕΛ 47/2001) (ΚΥΑ 50910/2727/2003).

Συλλογή: η συγκέντρωση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της προκαταρκτικής διαλογής και της προκαταρκτικής αποθήκευσης αποβλήτων με σκοπό τη μεταφορά τους σε εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων (Ν. 4042/2012). Στην έννοια της συλλογής περιλαμβάνεται και η συγκέντρωση / τοποθέτηση των αποβλήτων σε κάδους μέχρι να πραγματοποιηθεί η μεταφορά τους (ΚΥΑ 50910/2727/2003).

Υπόχρεος φορέας διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΦοΔΣΑ): ο φορέας που ορίζεται υπόχρεος (κατά την έννοια της παρ. 4 του άρθρου 104 και του άρθρου 211 του Ν. 3852/2010, όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 64 του Ν. 4042/2012 και το άρθρο 13 του Ν. 4071/2012) σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 της ΚΥΑ 50910/2727/2003, για την ολική ή μερική διαχείριση των στερεών αποβλήτων μιας περιφέρειας ή περιοχής.

Υγειονομική ταφή: Μία από τις εργασίες διάθεσης αποβλήτων όπως περιγράφονται στο Παράρτημα II Α (παρ. D1) του άρθρου 21 της ΚΥΑ 69728/1996 (ΚΥΑ 29407/3508/2002).

Κεφάλαιο 2

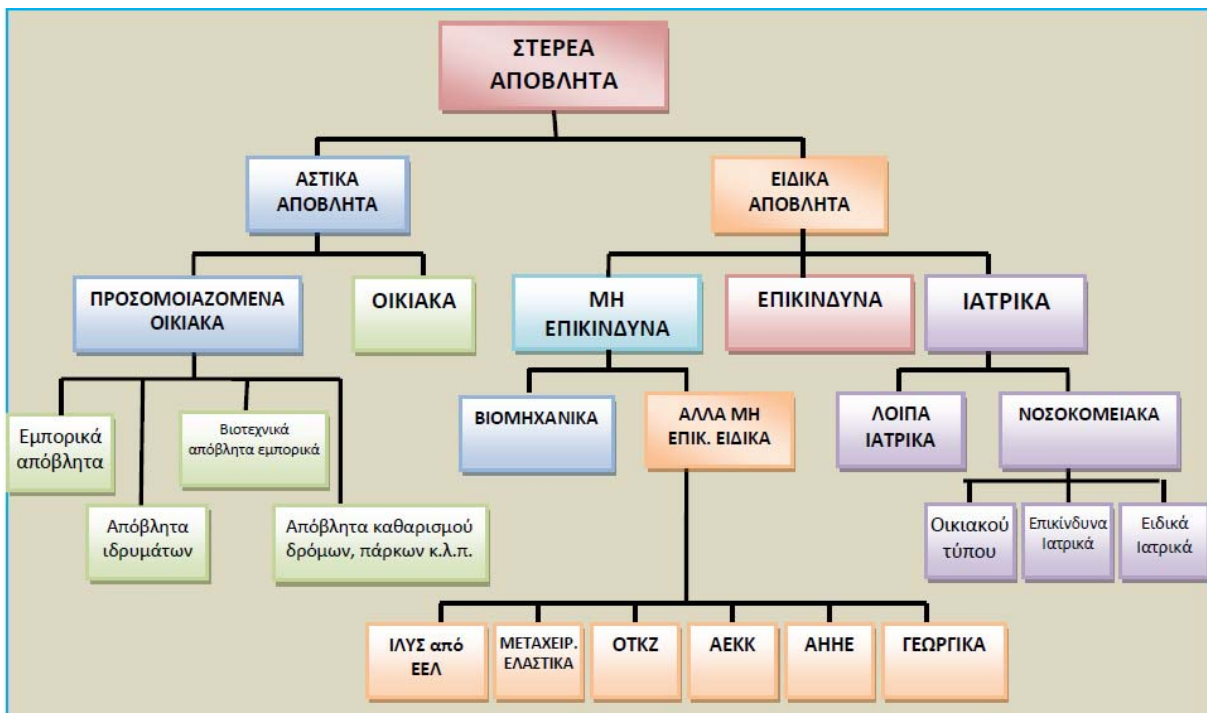
Αστικά Στερεά Απόβλητα

Τα Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ) είναι ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται σε στερεή φυσική κατάσταση και παράγονται από τα νοικοκυριά (οικιακά), τις εμπορικές δραστηριότητες (εμπορικά), τις εργασίες καθαρισμού δημοτικών οδών και κοινόχρηστων χώρων, καθώς επίσης και στερεά απόβλητα από ιδρύματα (κυβερνητικά κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία και επιχειρήσεις) τα οποία από τη σύνθεση ή τη φύση τους δύναται να εξομοιωθούν με τα οικιακά στερεά απόβλητα.

2.1 Εννοιολογικές αποσαφηνίσεις

Ως αστικά χαρακτηρίζονται τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα, που λόγω της φύσης ή της σύνθεσης, προσομοιάζουν με τα οικιακά, όπως τα δημοτικά (άρθρο 2 της ΚΥΑ Η.Π. 50910/2727/2003, ΦΕΚ 1909/Β'/22-12-03).

Τα στερεά απόβλητα μπορούν γενικά να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: σε αστικά στερεά απόβλητα και σε ειδικά απόβλητα. Οι ομάδες αυτές μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν περισσότερο όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1 (Νταρακάς, 2014).



Διάγραμμα 1: Κατηγοριοποίηση των στερεών αποβλήτων

Το μεγαλύτερο μέρος των αστικών στερεών αποβλήτων (Α.Σ.Α.) αποτελούν τα οικιακά απόβλητα. Στην κατηγορία των Α.Σ.Α. επίσης συμπεριλαμβάνονται (Νταρακάς, 2014):

α) τα απόβλητα που είναι παρόμοια με τα οικιακά αλλά προέρχονται από άλλου τύπου δραστηριότητες, όπως από δημόσιες υπηρεσίες και ιδρύματα (σχολεία, κυβερνητικά κτίρια, εστιατόρια, καφετέριες, ξενοδοχεία κλπ.), εμπορικές, τουριστικές και άλλες συναφείς επιχειρήσεις (κτήρια γραφείων, εμπορικά καταστήματα, χώροι συνεστίασεως, ξενοδοχεία κλπ.),

β) απόβλητα κήπων και πάρκων (φύλλα, κλαδιά, κηπευτικά),

γ) ένα τμήμα των Νοσοκομειακών (ή γενικά μονάδων υγειονομικού ενδιαφέροντος) και Βιομηχανικών μη επικινδύνων στερεών αποβλήτων που προσομοιάζουν στα οικιακά (απόβλητα κουζίνας, μαγειρείων κλπ.),

δ) απόβλητα από καθαρισμό των δρόμων κλπ.,

ε) ένα πλήθος αποβλήτων μεγάλου μεγέθους που προέρχονται από δραστηριότητες κατοικιών, εμπορικών καταστημάτων, ξενοδοχείων, βιοτεχνιών, κλαδεμάτων κλπ. Τα τελευταία δεν αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία αποβλήτων, αλλά εξετάζονται συχνά χωριστά ως προς τη συλλογή – μεταφορά – αποθήκευση – προεπεξεργασία τους, λόγω της ιδιαιτερότητας που απαιτεί ο χειρισμός τους, εξαιτίας του μεγέθους τους π.χ. έπιπλα, βαρέλια, παλέτες, στρώματα, κλπ.

Σημαντικό μέρος των Α.Σ.Α. αποτελούν τα υλικά συσκευασίας που λόγω των επιμέρους στόχων αξιοποίησης που θέτει το θεσμικό πλαίσιο, έχουν ιδιαίτερη σημασία.

Με βάση τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων σύμφωνα με το Παράρτημα της απόφασης 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ της Επιτροπής Ε.Κ., τα Αστικά Στερεά Απόβλητα ταξινομούνται με τον κωδικό 20 (Πίνακας 1). Σημειώνεται ότι τα απόβλητα που επισημαίνονται με αστερίσκο χαρακτηρίζονται ως εν δυνάμει επικίνδυνα απόβλητα.

Πίνακας 1: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (Ε.Κ.Α.)

| 20 | Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα, περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγόντων) |
|-----------|--|
| 20 01 | χωριστά συλλεγόμενα μέρη (εκτός από το σημείο 15 01) |
| 20 01 01 | χαρτιά και χαρτόνια |
| 20 01 02 | γυαλιά |
| 20 01 08 | βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα κουζίνας και χώρων ενδιαίτησης |
| 20 01 10 | ρούχα |
| 20 01 11 | Υφάσματα |
| 20 01 13* | διαλύτες |
| 20 01 14* | οξέα |
| 20 01 15* | αλκαλικά απόβλητα |
| 20 01 17* | φωτογραφικά χημικά |
| 20 01 19* | ζιζανιοκτόνα |
| 20 01 21 | σωλήνες φθορισμού και άλλα απόβλητα περιέχοντα υδράργυρο |
| 20 01 22 | αεροζόλ |
| 20 01 23 | απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει χλωροφθοράνθρακες |
| 20 01 25 | βρώσιμα έλαια και λίπη |
| 20 01 26* | έλαια και λίπη άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 25 |
| 20 01 27* | χρώματα, μελάνες, κόλλες και ρητίνες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες |
| 20 01 28 | χρώματα, μελάνες, κόλλες και ρητίνες άλλες από τις αναφερόμενες στο σημείο 20 01 27 |
| 20 01 29* | απορρυπαντικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες |
| 20 01 30 | απορρυπαντικά άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 29 |
| 20 01 31* | κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες |
| 20 01 32 | φάρμακα άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 31 |
| 20 01 33* | μπαταρίες και συσσωρευτές που περιλαμβάνονται στα σημεία 16 06 01, 16 06 02 ή 16 06 03 και μεικτές μπαταρίες και συσσωρευτές που περιέχουν τις εν λόγω μπαταρίες |
| 20 01 34 | μπαταρίες και συσσωρευτές άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 33 |
| 20 01 35* | απορριπτόμενος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός άλλος από τον αναφερόμενο στα σημεία 20 01 21 και 20 01 23 που περιέχει επικίνδυνα συστατικά στοιχεία |
| 20 01 36 | απορριπτόμενος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός άλλος από τον |

| | |
|-----------|---|
| | αναφερόμενο στα σημεία 20 01 21, 20 01 23 και 20 01 35 |
| 20 01 37* | ξύλο που περιέχει επικίνδυνες ουσίες |
| 20 01 38 | ξύλο εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 20 01 37 |
| 20 01 39 | πλαστικά |
| 20 01 40 | μέταλλα |
| 20 01 41 | απόβλητα από τον καθαρισμό καμινάδων |
| 20 01 99 | άλλα μέρη μη προδιαγραφόμενα άλλως |
| 20 02 | απόβλητα κήπων και πάρκων (περιλαμβάνονται απόβλητα νεκροταφείων) |
| 20 02 01 | βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα |
| 20 02 02 | χώματα και πέτρες |
| 20 02 03 | άλλα μη βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα |
| 20 03 | άλλα δημοτικά απόβλητα |
| 20 03 01 | ανάμεικτα δημοτικά απόβλητα |
| 20 03 02 | απόβλητα από αγορές |
| 20 03 03 | υπολείμματα από τον καθαρισμό δρόμων |
| 20 03 04 | λάσπη σηπτικής δεξαμενής |
| 20 03 06 | απόβλητα από τον καθαρισμό λυμάτων |
| 20 03 07 | ογκώδη απόβλητα |
| 20 03 99 | δημοτικά απόβλητα με προδιαγραφόμενα άλλως |

2.2 Ποιοτική σύσταση Α.Σ.Α.

Τα ΑΣΑ με βάση τη σύστασή τους κατηγοριοποιούνται ως ακολούθως:

- Ζυμώσιμα: υπολείμματα της κουζίνας και του κήπου.
- Χαρτί: είδη χαρτικών και χαρτονιών που προέρχονται κυρίως από συσκευασμένα προϊόντα και έντυπο υλικό.
- Πλαστικά: χαρακτηρίζονται από έντονη ανομοιογένεια, εξαιτίας των διαφορετικών πολυμερών (πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυστερίνη, PVC, PET κ.α.). Τα τελευταία χρόνια διευρύνεται συνεχώς η κατηγορία αυτή, καθώς οι καταναλωτές προτιμούν να αγοράζουν συσκευασμένα προϊόντα.
- Μέταλλα: διακρίνονται σε σιδηρούχα τα οποία έχουν μαγνητικές ικανότητες και στα μη σιδηρούχα όπως το αλουμίνιο.
- Γυαλί: όσον αφορά στην ανακύκλωση, διαχωρίζεται σε λευκό, καφέ και πράσινο.
- Λοιπά: στα οποία κατατάσσονται τα ΑΣΑ που δεν κατανέμονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες (Νταρακάς, 2014).

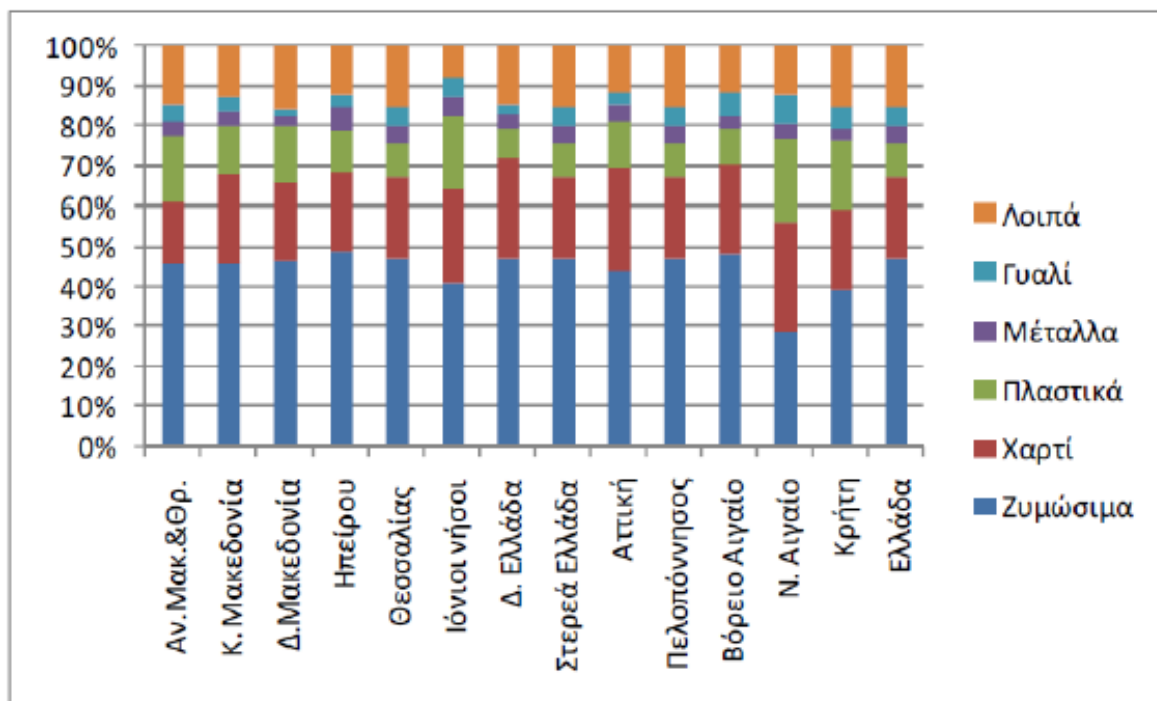
Η σύνθεση των παραγόμενων ΑΣΑ από χώρες χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος αποτυπώνεται στον ακόλουθο Πίνακα 2 (Singh et al., 2011). Η κατηγοριοποίηση ως προς εισόδημα βασίστηκε σε έκθεση για την παγκόσμια ανάπτυξη, με στοιχεία του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος για το 1992, όπως αυτή δημοσιεύθηκε από την Παγκόσμια Τράπεζα το 1994. Ειδικότερα, για τις χώρες χαμηλού εισοδήματος, το μέσο ετήσιο κατά κεφαλήν εισόδημα ήταν 350 \$, 2.400 \$ για τις μεσαίου και 22.000 \$ για τις χώρες υψηλού εισοδήματος.

Πίνακας 2: Σύνθεση των παραγόμενων ΑΣΑ από χώρες χαμηλού, μεσαίου και υψηλού εισοδήματος.

| Παράμετρος | Χώρες χαμηλού εισοδήματος | Χώρες μεσαίου εισοδήματος | Χώρες υψηλού εισοδήματος |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Ζυμώσιμα (%) | 40-85 | 20-65 | 20-30 |
| Χαρτί (%) | 1-10 | 15-30 | 15-40 |
| Πλαστικά (%) | 1-5 | 2-6 | 2-10 |
| Μέταλλα (%) | 1-5 | 1-5 | 3-13 |
| Γυαλί (%) | 1-10 | 1-10 | 4-10 |
| Ελαστικά, Δέρμα (%) | 1-5 | 1-5 | 2-10 |
| Λοιπά (%) | 15-60 | 15-50 | 2-10 |
| Περιεκτικότητα σε υγρασία (%) | 40-80 | 40-60 | 5-20 |
| Πυκνότητα (kg/m ³) | 250-500 | 170-330 | 100-170 |
| Θερμογόνος δύναμη (kcal/kg) | 800-1.100 | 1.000-1.300 | 1.500-2.700 |

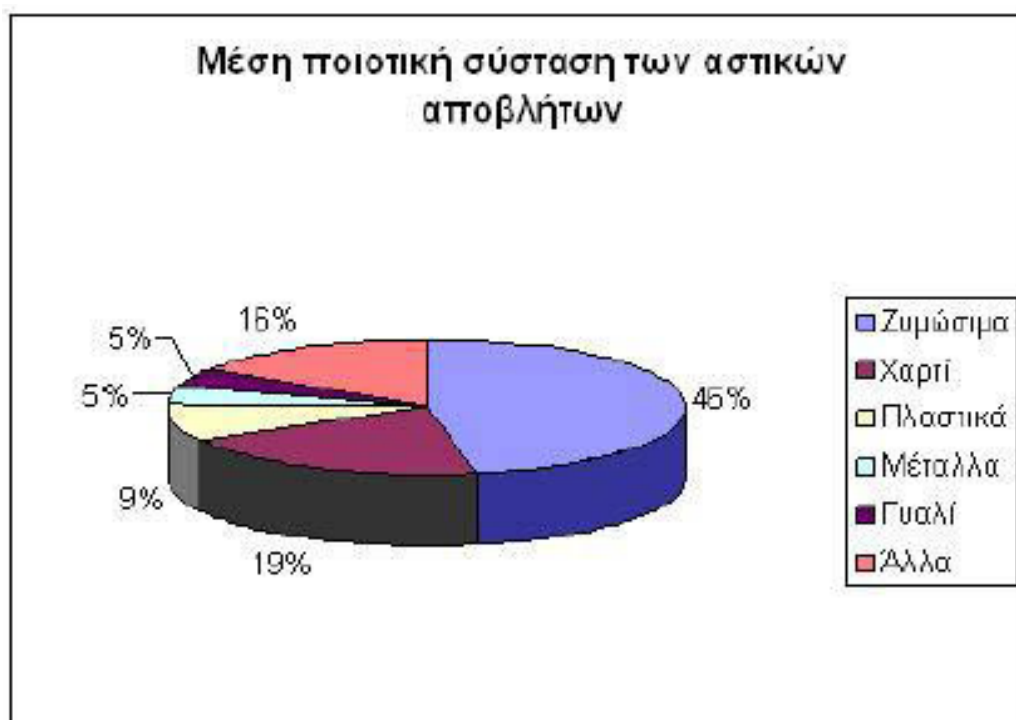
Στα αναπτυσσόμενα κράτη με χαμηλό εισόδημα, τα παραγόμενα ΑΣΑ χαρακτηρίζονται από υψηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ύλη (ζυμώσιμα) που είναι κατάλληλη για τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Παράλληλα, όμως, έχουν σημαντικά υψηλότερη πυκνότητα (αναλογία βάρους προς όγκο) και υγρασία, φυσικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας. Εξοπλισμός και συστήματα που σχεδιάστηκαν στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες για να λειτουργούν με απόβλητα χαμηλής πυκνότητας, δεν είναι κατάλληλα και αξιόπιστα κάτω από συνθήκες υψηλής πυκνότητας και υγρασίας. Επιπρόσθετα, η τραχύτητα των αδρανών υλικών όπως η άμμος και οι πέτρες και η διάβρωση που προκαλείται υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας δύναται να επιταχύνει τη φθορά του εξοπλισμού. Επίσης τα απόβλητα με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και αδρανές περιεχόμενο έχουν χαμηλή θερμιδική αξία και δεν ενδείκνυνται για καύση (Zurbrugg, 2002).

Η ποιοτική σύσταση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων για τις 13 Περιφέρειες της Ελλάδος παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 2: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στις Περιφέρειες της Ελλάδος (Πηγή: Μπουρτσαλάς κ.ά., 2011)

Τα εμπορικής προέλευσης απόβλητα είναι κυρίως υλικά συσκευασίας, ενώ τα οικιακά απόβλητα ποικίλουν ως προς τη σύσταση και την ποσότητά τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβλητές αυτές, είναι το βιοτικό επίπεδο, τα καταναλωτικά πρότυπα, η κινητικότητα του αστικού πληθυσμού και οι εποχές του έτους (Tolis et al., 2012).. Στο Διάγραμμα 3 που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων.



Διάγραμμα 3: Ποιοτική σύσταση οικιακών απορριμμάτων (Πηγή : ΕΣΔΑ)

Τα ελληνικά στερεά αστικά απόβλητα χαρακτηρίζονται από υψηλότερο ποσοστό οργανικού κλάσματος σε σύγκριση με της Ευρώπης. Το ποσοστό αυξάνεται το καλοκαίρι λόγω κατανάλωσης νωπών φρούτων και λαχανικών. Σε πρόσφατες μελέτες το ποσοστό αυτό μειώνεται ενώ παρατηρείται αύξηση στα ποσοστά του χαρτιού που συμμετέχει στο βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αποβλήτων (Καλδέλλης, 2005).

2.3 Ποσοτικά χαρακτηριστικά Α.Σ.Α.

Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003), στην Ελλάδα παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια tn αστικών αποβλήτων ετησίως. Στην περιφέρεια Αττικής παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας, ενώ σημαντική ποσότητα (16%) παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Το 1997, η μέση παραγωγή ανερχόταν σε 0,97 kg/κάτοικο/ημέρα και το 2001 ανήλθε σε 1,14 Kg/κάτοικο/ημέρα. Η ποσότητα αυτή αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα και με τις εκτιμήσεις των αρμόδιων φορέων που λειτουργούν τους ΧΥΤΑ. Στην Περιφέρεια Αττικής εκτιμάται ότι η παραγόμενη ποσότητα των αστικών αποβλήτων υπερβαίνει τους 6.000 tn/ημέρα (Valavanidis & Vlachogianni, 2015).

Η παραγωγή ΑΣΑ επηρεάζεται από το κατά κεφαλή Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ), το μέγεθος του νοικοκυριού, το κοινωνικό επίπεδο, την απασχόληση ανά τομέα (βιομηχανία, γεωργία, υπηρεσίες κλπ), το χαρακτήρα της περιοχής (γεωργική / αστική, νησιωτική / ορεινή κλπ), τις δημογραφικές μεταβολές, τη διαφοροποίηση της κατά άτομο κατανάλωσης, το βαθμό ευαισθητοποίησης των καταναλωτών στην κατεύθυνση της πρόληψης και τις οικονομικές συνθήκες (ανάπτυξη ή ύφεση) (Afon, 2007; Dyson & Chang 2005; Banar & Ozkan, 2008; Beig & Lebersorger, 2009). Η παραγωγή των Α.Σ.Α. διαφοροποιείται σε σχέση με το κατά κεφαλή εισόδημα τοπικά και λόγω κοινωνικοοικονομικών παραγόντων, ανάμεσα στις περιοχές (Cherian & Jacob, 2012). Η παραγωγή Α.Σ.Α. για παράδειγμα ανά κάτοικο, ανά ημέρα, στο Δήμο Λιοσίων ανέρχεται σε 0,86 Kg/άτομο/ημέρα ενώ στο Δήμο Κηφισιάς, όπου τα κοινωνικοοικονομικά και καταναλωτικά χαρακτηριστικά των πολιτών της περιοχής είναι υψηλότερα, η παραγωγή ανέρχεται σε 1,72 Kg/άτομο/ημέρα (Σκορδίλης, 2006).

Στον παρακάτω Πίνακα 3 παρουσιάζονται τυπικές τιμές των μέσων συντελεστών παραγωγής Α.Σ.Α., για διάφορους οικισμούς της Ελλάδας (Παναγιωτακόπουλος, 2007):

Πίνακας 3.: Τυπικές τιμές μέσων συντελεστών παραγωγής ΑΣΑ στην Ελλάδα

| Πληθυσμός Οικισμού | Οικιακά Απόβλητα (Kg/κάτοικο/ημ) | Εμπορικά/ υπόλοιπα (Kg/κάτοικο/ημ) | Σύνολο (Kg/κάτοικο/ημ) |
|--------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| <2000 | 0,5-0,6 | 0,2 | 0,7-0,8 |
| 2000-10000 | 0,7-0,8 | 0,2 | 0,9-1,0 |
| 10000-100000 | 0,7-0,9 | 0,3 | 1,0-1,2 |
| >100000 | 0,8-0,9 | 0,5 | 1,3-1,4 |

Ο μέσος συντελεστής παραγωγής αποβλήτων ανά έτος δεν είναι ενιαίος σε ολόκληρο τον ελληνικό χώρο και μεταβάλλεται από 340 kg/κάτοικο (Β. Αιγαίο και Ήπειρος) έως 585 kg/κάτοικο (Αττική). Ο μέσος συντελεστής παραγωγής Α.Σ.Α., σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Eurostat, αυξήθηκε το έτος 2013 σε 506kg/κάτοικο από 416 kg/κάτοικο, το 2001. Στην Ευρώπη, τη μεγαλύτερη παραγωγή κατέχει το Λουξεμβούργο, ίση με 653 kg/κάτοικο περίπου, ενώ την μικρότερη παραγωγή εμφανίζει η Εσθονία ίση με 272 kg/κάτοικο (Παναγιωτακόπουλος, 2007).

2.4 Φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά Α.Σ.Α.

Τα Αστικά Στερεά Απόβλητα είναι αποτέλεσμα των διάφορων συστατικών που τα αποτελούν και γι' αυτό το λόγο, τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τους είναι ουσιαστικά το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων των διαφόρων συστατικών τους. Προκειμένου να διερευνηθούν και να αξιολογηθούν οι δυνατότητες των εναλλακτικών μορφών επεξεργασίας και διάθεσης των ΑΣΑ, οι ιδιότητες αυτές έχουν σημαντικό ρόλο (Βλυσίδης & Λυμπεράτος, 2011). Τα πιο σημαντικά φυσικά χαρακτηριστικά των στερεών απορριμμάτων, είναι το ειδικό βάρος, το ποσοστό υγρασίας, το μέγεθος των σωματιδίων και η υδραυλική αγωγιμότητα των πιεσμένων απορριμμάτων. Ορισμένες τιμές των φυσικών χαρακτηριστικών των ελληνικών Α.Σ.Α. παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 (Μανιός, 2002):

Πίνακας 4.: Φυσικά χαρακτηριστικά ΑΣΑ

| Συστατικό | Ειδικό βάρος μετά την εκκένωση από απορριμματοφόρο | Ποσοστό υγρασίας το καλοκαίρι | Σύνθεση κατά μέγεθος 40-120 mm | Υδατοϊκανότητα κατά βάρος |
|-----------------|--|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Ελληνικά Α.Σ.Α. | 185 kg/m ³ | 35% | 35,36 | 50-60% |

Τα Α.Σ.Α. είναι συμπίεσιμα, με πυκνότητα που μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια των διαφόρων χειρισμών, ενώ είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος για τον υπολογισμό του όγκου. Η υγρασία των Α.Σ.Α ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται από τη μορφή των τροφικών υπολειμμάτων στα απορρίμματα. Ο ακριβής καθορισμός του μεγέθους των σωματιδίων είναι πολύ σημαντικός κυρίως για τον σχεδιασμό διαφόρων μηχανημάτων, κυρίως κοσκίνων που χρησιμοποιούνται στην μηχανική διαλογή των Α.Σ.Α. Η υδατοϊκανότητα είναι το μέγιστο ποσοστό υγρασίας που μπορούν να κατακρατήσουν τα Α.Σ.Α. κάτω από το βάρος υπερκείμενων στρωμάτων και έχει σημασία γιατί προσδιορίζει την έναρξη παραγωγής στραγγίσματος σε χωματερές. Επίσης, η διαπερατότητα καθορίζει την κίνηση των υγρών και των αερίων δια μέσω των στρώσεων σε χωματερές (Μανιός, 2002).

Όσον αφορά στα χημικά χαρακτηριστικά των Α.Σ.Α., υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον προσδιορισμό των χημικών τους ιδιοτήτων, όπως π.χ. η προσεγγιστική χημική ανάλυση, η θερμοκρασία σύντηξης (1100 – 1200 °C), η τελική στοιχειακή ανάλυση και η θερμική ενέργεια. Η τελική στοιχειακή ανάλυση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του ποσοστού άνθρακα (C), υδρογόνου (H), οξυγόνου (O), αζώτου (N) και θείου (S). Η στοιχειακή ανάλυση είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του απαιτούμενου αέρα για την λιπασματοποίηση και την καύση, για τον προσδιορισμό της σύστασης των απαερίων, και τον προσδιορισμό του λόγου C/N, που είναι απαραίτητος σε όλες τις διαδικασίες αποδόμησης. Στον Πίνακα 5 συνοψίζεται η σύσταση και η στοιχειακή σύνθεση των Α.Σ.Α., μαζί με τα βασικά στοιχεία ως ποσοστά (%) των διαφόρων υλικών των Α.Σ.Α. (Komilis, 2012)

Πίνακας 5: Στοιχειακή σύνθεση Α.Σ.Α.

| Υλικό | C | H | O | N | S | Τέφρα |
|----------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Ζυμώσιμα | 48,00% | 6,40% | 37,60% | 2,60% | 0,40% | 5,00% |
| Πλαστικά | 60,00% | 7,20% | 22,80% | 0,00% | 0,00% | 10,00% |
| Χαρτί | 43,50% | 6,00% | 44,00% | 0,30% | 0,20% | 6,00% |
| Γυαλί | 0,50% | 0,10% | 0,40% | 0,00% | 0,00% | 99,00% |
| Μέταλλα | 4,50% | 0,60% | 4,30% | 0,00% | 0,20% | 90,40% |
| Αδρανή | 0,50% | 0,10% | 0,40% | 0,00% | 0,00% | 99,00% |

Οι βασικές βιολογικές παράμετροι, που χαρακτηρίζουν τα Α.Σ.Α. είναι η βιοαποδόμηση του οργανικού κλάσματος, η παραγωγή οσμών και η αναπαραγωγή εντόμων. Η αποδόμηση των απορριμμάτων καθορίζεται από τη συγκέντρωση των πτητικών στερεών, που υπολογίζονται από την καύση των αποβλήτων στους 550°C. Παρόλα αυτά, η χρήση της μεθόδου μπορεί να δώσει παραπλανητικά αποτελέσματα, γιατί υπάρχουν οργανικά κλάσματα με υψηλή συγκέντρωση πτητικών στερεών αλλά έχουν χαμηλή βιοαποδομητική συμπεριφορά, όπως για παράδειγμα το χαρτί. Εναλλακτική λύση αποτελεί ο υπολογισμός της λιγνίνης στα απόβλητα (Komilis, 2012)

Η παραγωγή οσμών οφείλεται κυρίως στην αναερόβια αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των Α.Σ.Α. και είναι πιο έντονη στις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, η παραμονή των Α.Σ.Α., εκτεθειμένα στην υψηλή θερμοκρασία, ευνοεί την αναπαραγωγή μυγών. Η κοινή οικιακή μύγα αναπτύσσεται σε 9 με 14 μέρες από τη στιγμή παραγωγής των αυγών, γεγονός που υποδεικνύει όρια στο χρόνο μεταξύ αποκομιδής των Α.Σ.Α. (Κατσίρη, 2010).

Κεφάλαιο 3

Νομοθετικό Πλαίσιο

Διαχείρισης Α.Σ.Α.

Τα Αστικά Στερεά Απόβλητα ορίζονται στο άρθρο 2(β) της 1999/31/ΕΚ ως «τα στερεά απόβλητα τα οποία, από τη φύση ή τη σύνθεσή τους είναι παρόμοια με τα οικιακά». Εμφανίζουν αρκετές δυσκολίες και ιδιαιτερότητες στην διαχείρισή τους, καθώς είναι ανομοιογενή, έχουν έντονη χρονική και χωρική διακύμανση στην ποσότητα και σύσταση και πολύ μεγάλο αριθμό σημείων παραγωγής. Για τους προαναφερόμενους λόγους, αλλά και εξαιτίας της σημασίας που έχουν για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, η διαχείριση των Α.Σ.Α. ρυθμίζεται αναλυτικά από σημαντικό αριθμό νομοθετικών πράξεων στα πλαίσια της ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας.

3.1 Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο

Είναι γενικά παραδεκτό ότι η Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Νομοθεσία είναι από τα πλέον δυναμικά και σύγχρονα συστήματα για την Προστασία του Περιβάλλοντος, τα Κράτη – Μέλη υποχρεούνται να εναρμονίζονται με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες, ενώ οι Κανονισμοί ισχύουν με την έκδοσή τους. Τα βασικότερα σημεία της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι:

- Η πρόληψη είναι προτιμότερη από τη λήψη διορθωτικών μέτρων
- Τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους
- «Ο ρυπαίνων πληρώνει» το κόστος των μέτρων που θα ληφθούν για την προστασία του περιβάλλοντος
- Η Περιβαλλοντική Πολιτική πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αποτελεί τμήμα των άλλων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας

Τα βασικά αυτά σημεία συνιστούν και τις **Βασικές Αρχές** της Ε.Ε. για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων. Οι αρχές αυτές είναι :

- **Η Αρχή της Πρόληψης ή και της μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων:** Βασικό ζήτημα στην πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από το στάδιο της εξαγωγής πρώτων υλών, της επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Σε ειδικές περιπτώσεις η πρόληψη μπορεί να γίνεται μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων), ώστε να προλαμβάνεται σε μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων. Άλλοι τρόποι συνεισφοράς στην πρόληψη, είναι τα προγράμματα οικολογικών ελέγχων, με παράλληλη θέσπιση κινήτρων ή και αντικινήτρων σε οικονομικούς φορείς του Δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα (οικολογικό σήμα) και η ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν προϊόντα που ρυπαίνουν λιγότερο.
- **Η Αρχή της Επαναχρησιμοποίησης των υλικών:** Με βάση και την ευθύνη του παραγωγού, ο κατασκευαστής οφείλει να εξασφαλίζει τα μέσα, όχι μόνο για να περιορίσει τη δημιουργία αποβλήτων, (με συνετή χρήση των φυσικών πόρων, ανανεώσιμων πρώτων υλών ή μη επικίνδυνων υλικών) αλλά και για τη δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται επαναχρησιμοποίηση και ανάκτησή τους.
- **Αρχή της Ανακύκλωσης και αξιοποίησης των υλικών:** Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτικής διαχείρισής τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δεν μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε διαδικασίες ανάκτησης υλικών. Βασική διαδικασία για την ανάκτηση των υλικών, είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή. Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των καταναλωτών και των τελικών χρηστών στην αλυσίδα διαχείρισης και τους καθιστά περισσότερο ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Σημαντική επίσης προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.
- **Αρχή της Ανάκτησης Ενέργειας:** Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση υλικών λόγω τεχνικών περιορισμών, θα πρέπει να οδηγούνται τα απόβλητα με σημαντικό θερμικό περιεχόμενο σε μονάδες καύσης με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, ώστε να διατεθεί τελικώς μόνο το κλάσμα που δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

- **Αρχή της Ασφαλούς Διάθεσης:** Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης έχει βαρύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση. Χρησιμοποιείται εκτενώς μιας και είναι η οικονομικότερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικές διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο να καταλήγουν σε χώρους διάθεσης μόνο τα μη ανακτήσιμα και αδρανή απόβλητα.

Οι σημαντικότερες Ευρωπαϊκές Οδηγίες για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων είναι:

3.1.1 Οδηγία 75/442/ΕΟΚ

«Οδηγία – Πλαίσιο για τα Απόβλητα»

Είναι εντυπωσιακό ότι οι Βασικές Αρχές και οι Στόχοι για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων είχαν τεθεί από το 1975 με αυτή την οδηγία η οποία:

- Όριζε ότι τα κράτη-μέλη πρέπει να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα για τον περιορισμό, την ανακύκλωση, την επεξεργασία και την ανάκτηση υλικών ή/και ενέργειας από τα Α.Σ.Α.
- Όριζε ότι οι αρμόδιες αρχές πρέπει να συντάξουν Σχέδια Διαχείρισης των Α.Σ.Α..
- Προβλεπόταν οι διαδικασίες αδειοδότησης εγκαταστάσεων ή επιχειρήσεων που επεξεργάζονται, εναποθηκεύουν ή διαθέτουν Στερεά Απόβλητα για λογαριασμό τρίτων.
- Θεσμοθέτησε η γενική αρχή της νομοθεσίας του περιβάλλοντος «**ο ρυπαίνων πληρώνει**» να εφαρμόζεται και για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων.

Η **εναρμόνιση** της Ελληνικής νομοθεσίας έγινε με την **Υ.Α. 49541/1424/86 (ΦΕΚ 444Β/1986) «Στερεά απόβλητα συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ»** στην οποία ως Υπεύθυνοι Φορείς Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων ορίστηκαν, για πρώτη φορά νομοθετικά, οι οικείοι Δήμοι και κοινότητες, ή Σύνδεσμοι Δήμων ή Κοινοτήτων ή Δήμων και Κοινοτήτων ή Αναπτυξιακοί Σύνδεσμοι ή οι Δημότες ή Κοινοτικές Επιχειρήσεις.

3.1.2 Οδηγία 91/156/ΕΟΚ

Τροποποίηση της «Οδηγίας – Πλαίσιο για τα Απόβλητα»: 75/442/ΕΟΚ

- Αποτελεί τροποποίηση στην παραπάνω Οδηγία θέτει ως προτεραιότητα την **Πρόληψη** ή μείωση της Παραγωγής και της βλαπτικότητας των αποβλήτων και εν συνεχεία την αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση επαναχρησιμοποίηση ή ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια έχει στόχο την παραγωγή δευτερευόντων πρώτων υλών και τέλος την αξιοποίηση των αποβλήτων ως **πηγή ενέργειας**.
- Προβλέπεται η δημιουργία κατάλληλου Δικτύου Εγκαταστάσεων Διάθεσης των αποβλήτων, με βάση τη βέλτιστη διαθέσιμη τεχνολογία που δεν συνεπάγεται υπερβολικό κόστος, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι Αρχές **της αυτάρκειας και της εγγύτητας**.
- Ορίζονται για πρώτη φορά εργασίες κατηγορίας αποβλήτων, εργασίες διάθεσης και εργασίες που μπορούν να οδηγήσουν στην αξιοποίηση.

Η **εναρμόνιση** της Ελληνικής νομοθεσίας έγινε με την Υ.Α. 69728/824 (ΦΕΚ 358/Β/1996) «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση των Στερεών αποβλήτων», η οποία αντικαταστάθηκε από την **Υ.Α. Η.Π. 50910/2727/2003 (ΦΕΚ1909/Β/22.12.2003) «Μέτρα και όροι για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων – Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης».**

3.1.3 Οδηγία 2008/98/ΕΚ

«Περί στερεών αποβλήτων»

Θέτει ως βασικό στόχο την **πρόληψη** της παραγωγής αποβλήτων και την **ανακύκλωση**. Εισαγάγει την έννοια της **ανάλυσης κύκλου ζωής** στη λήψη αποφάσεων για τη διαχείρισή τους και την προώθηση της ανάκτησης υλικών και ενέργειας. Θεσπίζει την ακόλουθη ιεράρχηση ως προτεραιότητα στη νομοθεσία και την πολιτική για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων.

α) πρόληψη και ελαχιστοποίηση

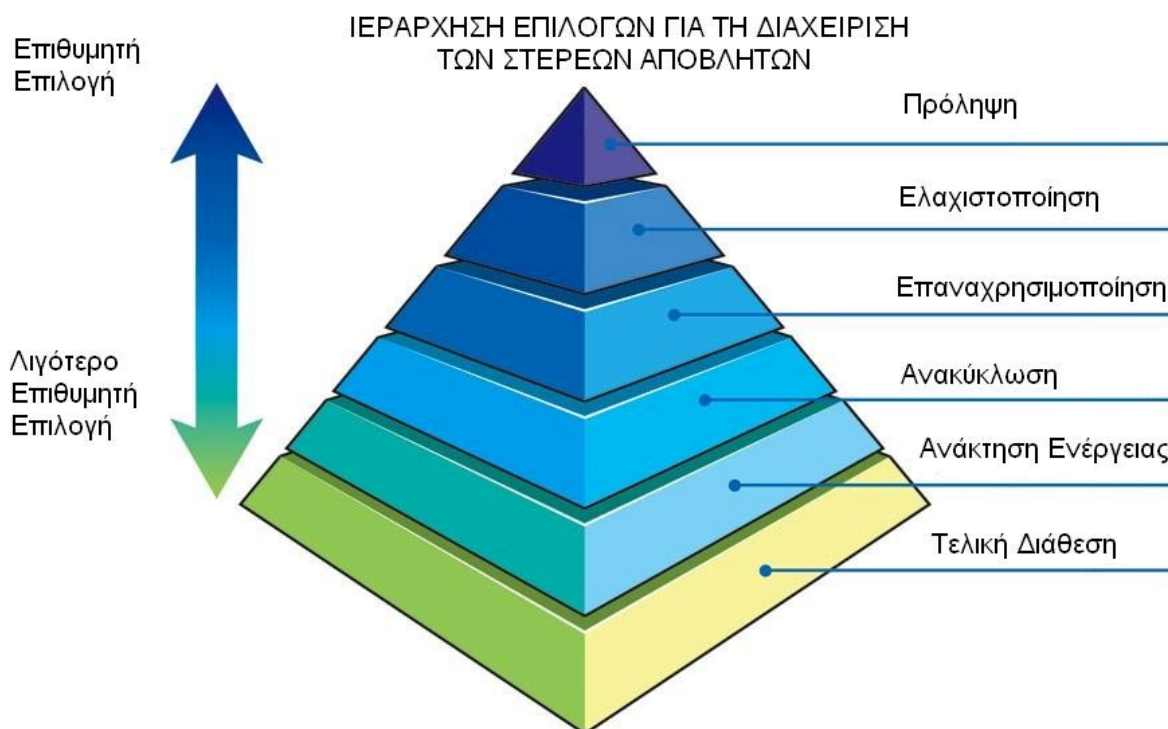
- μείωση της ποσότητας απορριμμάτων
- μείωση αρνητικών επιπτώσεων των παραγόμενων αποβλήτων

β) επαναχρησιμοποίηση – χρησιμοποίηση εκ νέου των αποβλήτων για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν

γ) ανακύκλωση – μετατροπή των αποβλήτων εκ νέου σε προϊόντα ή υλικά ή ουσίες

δ) άλλου είδους ανάκτηση (π.χ. ενεργειακή)

ε) ασφαλής τελική διάθεση



Διάγραμμα 4: Πυραμίδα ιεράρχησης στόχων Δ.Σ.Α. σύμφωνα με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ

3.1.4 Οδηγία 1999/31/ΕΚ

«Περί Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων»

Στοχεύει στην πρόληψη ή στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (Χ.Υ.Τ.Α.) στο περιβάλλον και ειδικότερα στις επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην ανθρώπινη υγεία. Στην Οδηγία οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων

Ορίζει επίσης συγκεκριμένα χρονικά περιθώρια μέσα στα οποία τα Κράτη - Μέλη πρέπει να εφαρμόσουν Στρατηγική που να διασφαλίζει:

- Επίτευξη μείωσης κατά 75% της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των Βιοαποδομήσιμων Αποβλήτων (BAA) που είχαν παραχθεί το 1995, σε χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο από πέντε έτη από την ημερομηνία έναρξης ισχύος της Οδηγίας (2001).
- Επίτευξη μείωσης κατά 50% των BAA της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των BAA που είχαν παραχθεί το 1995, σε χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο από οκτώ έτη από την ημερομηνία έναρξης ισχύος της Οδηγίας (2001).
- Επίτευξη μείωσης κατά 35% των BAA της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας των BAA που είχαν παραχθεί το 1995, σε χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο από δεκαπέντε έτη από την ημερομηνία έναρξης ισχύος της Οδηγίας (2001).

3.1.5 Οδηγία 2000/76/EK

«Περί Αποτέφρωσης των Στερεών Αποβλήτων»

Στόχος της οδηγίας είναι η πρόληψη και ο περιορισμός των επιπτώσεων στο μέτρο του δυνατού, της ρύπανσης του αέρα, του νερού και του εδάφους, από την «αποτέφρωση» και τη «συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων», καθώς και των κινδύνων που απορρέουν για την ανθρώπινη υγεία. Τα μέτρα περιλαμβάνουν κυρίως την υποχρέωση της εκ των προτέρων έκδοσης άδειας για τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης και συνδυασμένης αποτέφρωσης. Στις εγκαταστάσεις συνδυασμένης αποτέφρωσης βασικός σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας ή υλικών προϊόντων οι οποίες χρησιμοποιούν ως κύριο ή βοηθητικό καύσιμο τα απόβλητα, αφού αυτά υποβληθούν σε θερμική επεξεργασία για την τελική διάθεσή τους.

3.2 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο

Η Ελληνική Περιβαλλοντική Νομοθεσία των τελευταίων ετών θεωρείται αρκετά πλούσια. Συνταγματικά νομιμοποιείται στο άρθρο 24 του Συντάγματος για «την Προστασία του Περιβάλλοντος με σύγχρονη εξυπηρέτηση του Δημόσιου Συμφέροντος, που στην περίπτωση αυτή είναι η υγεία των πολιτών». Ο Νόμος Πλαίσιο για την Προστασία του Περιβάλλοντος είναι ο Ν.1650/1986 (ΦΕΚ 160/Α/1986). Ειδικά για τη Διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων, η Ελληνική Νομοθεσία διαρθρώνεται από Νόμους, Προεδρικά Διατάγματα (Π.Δ.), Υπουργικές Αποφάσεις (Υ.Α.), Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις (ΚΥΑ) και Εγκυκλίους.

Τα σημαντικότερα διατάγματα για την Δ.Σ.Α. είναι:

3.2.1 Ν. 3536/2007/ΦΕΚ 42/Α/23.02.2007 (άρθρο 30)

«Περί τροποποίησης του άρθρου 12 του Ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α') ως προς τον ορισμό των αρμόδιων φορέων για τη Διαχείριση των Στερεών Αποβλήτων»

Καθορίζεται η νομική μορφή των Φορέων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Φο.Δ.Σ.Α.), οι οποίοι ορίζεται να είναι αρμόδιοι και υπεύθυνοι για την προσωρινή αποθήκευση, μεταφόρτωση, επεξεργασία αξιοποίηση και διάθεση των Στερεών Αποβλήτων στην αντίστοιχη Περιφέρεια στην οποία έχουν οριστεί.

Οι Φο.Δ.Σ.Α. μπορούν να συσταθούν από ΟΤΑ που ανήκουν σε μια ή περισσότερες Διαχειριστικές Ενότητες και έχουν την ευθύνη της Διαχείρισης των Στερεών Αποβλήτων σε όλη τη Γεωγραφική Περιοχή που ανήκει σ' αυτές. Υποχρεούνται δε να διαθέτουν τα συλλεγόμενα στερεά απόβλητα στις εγκαταστάσεις της οικείας Διαχειριστικής Ενότητας όπως αυτή ορίζεται από το «Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ)» που έχει οριστεί από την Περιφέρεια.

3.2.2 Κ.Υ.Α. Η.Π. 50910/2727/2003 - ΦΕΚ 1909 /Β/22.12.2003

«Μέτρα και όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης».

Στην Απόφαση εκτός από τους βασικούς στόχους της προστασίας άμεσα και έμμεσα της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, τίθενται οι στόχοι:

- **Μείωσης του συνολικού όγκου των αποβλήτων**, μέσω της επαναχρησιμοποίησης, της ανάκλησης υλικών και της ανακύκλωσης, καθώς και της ανάκτησης ενέργειας χωρίς τη ρύπανση του περιβάλλοντος, ώστε να μειωθεί η ποσότητα των αποβλήτων προς τελική διάθεση.
- Ορίζεται ότι όλη η Απόφαση είναι υπό το γενικό πνεύμα της βασική αρχής «**ο ρυπαίνων πληρώνει**».
- Ορίζεται ότι πρέπει να τηρείται η αρχή της **εγγύτητας** σύμφωνα με την οποία επιδιώκεται τα απόβλητα κατά το δυνατόν να οδηγούνται σε μια από τις

πλησιέστερες εγκεκριμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας ή / και διάθεσης, εφόσον αυτό είναι Περιβαλλοντικά αποδεκτό και Οικονομικά εφικτό.

- Η **επανάρθωση** των ζημιών στο περιβάλλον ορίζεται ως βασική αρχή.
- Καταρτίζεται το **Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων**.
- Στην ΚΥΑ αυτή στηρίχθηκαν πολλές Αποφάσεις και Εγκύκλιοι είτε της Κεντρικής Διοίκησης ή των ΟΤΑ, με τις οποίες καταρτίστηκαν **Περιφερειακά Σχέδια Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ)** των Περιφερειών της χώρας, όπου καθορίζονται με λεπτομέρεια τα **Σχέδια Δράσης** προκειμένου τα επιτευχθούν οι παραπάνω βασικές αρχές.

Στον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), ο οποίος καταρτίζεται στο πλαίσιο της ΚΥΑ 50910/2727/2003, ιεραρχούνται τα παραπάνω ως ακολούθως:

- Πρόληψη ή μείωση της παραγωγής αποβλήτων (ποσοτική μείωση) καθώς και μείωση της περιεκτικότητας αυτών σε επικίνδυνες ουσίες (ποιοτική βελτίωση).
- Αξιοποίηση των υλικών που προέρχονται από τα απόβλητα με τη μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης και την ανάκτηση προϊόντων και ενέργειας.
- Τελική διάθεση των αποβλήτων, που δεν υπόκεινται σε διεργασίες αξιοποίησης και των υπολειμμάτων της επεξεργασίας των αποβλήτων, κατά τρόπο περιβαλλοντικά αποδεκτό, στοχεύοντας στην αειφορία.

Η εξειδίκευση των παραπάνω γενικών στόχων στον ΕΣΔΑ οδηγεί στους εξής ειδικούς στόχους:

- Στην εξάλειψη του φαινομένου της ανεξέλεγκτης διάθεσης με την παύση λειτουργίας των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης στερεών αποβλήτων σε συνδυασμό με έργα αποκατάστασής τους.
- Στην περιβαλλοντικά ασφαλή και οικονομικά συμφέρουσα μεταφορά αποβλήτων, με τη δημιουργία, όπου κρίνεται σκόπιμο, δικτύων σταθμών μεταφόρτωσης.
- Στην αξιοποίηση των αποβλήτων συσκευασίας και άλλων προϊόντων (οχήματα, ελαστικά, απόβλητα κατεδαφίσεων και κατασκευών, ηλεκτρικός & ηλεκτρονικός εξοπλισμός, έντυπο υλικό), με την καθιέρωση και εφαρμογή συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης των υλικών αυτών.

- Στην προώθηση προγραμμάτων διαλογής των αστικών στερεών αποβλήτων στην πηγή.
- Στη σταδιακή διαχρονική μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων υλικών που οδηγούνται προς υγειονομική ταφή, με τη δημιουργία σύγχρονων και οικονομοτεχνικά κατάλληλων εγκαταστάσεων επεξεργασίας και αξιοποίησης αστικών στερεών αποβλήτων.
- Στην κάλυψη του συνόλου της χώρας με σύγχρονες και ολοκληρωμένες εγκαταστάσεις τελικής διάθεσης αποβλήτων.
- Στην ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης επικοινωνιακής στρατηγικής που θα συμβάλει στην αντιμετώπιση του προβλήματος της διαχείρισης αποβλήτων
- Στην συνεχή και επιστημονικά τεκμηριωμένη πληροφόρηση και ευαισθητοποίηση του Κοινού ως προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής οποιουδήποτε σχεδιασμού (εθνικού ή περιφερειακού).

3.2.3 Κ.Υ.Α. Η.Π. 29407/3508/2002 - ΦΕΚ 1572/Β/16.12.2002

«Μέτρα και Όροι για την Υγειονομική Ταφή των Αποβλήτων», με την οποία η Εθνική νομοθεσία εναρμονίζεται στην οδηγία 1991/31/ΕΚ «περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων».

- Στην απόφαση αυτή ορίζεται Εθνική Στρατηγική για τη μείωση των ΒΑΑ Α.Σ.Α. που καταλήγουν στους Χ.Υ.Τ.Α./Υ.
- Ορίζονται αυστηρότεροι σε σχέση με τους προϋπάρχοντες κανόνες για τους Χ.Υ.Τ.Α.
- Αλλάζει η διαδικασία αδειοδότησης, ελέγχου και παρακολούθησης των Χ.Υ.Τ.Α.
- Ορίζεται ότι η Υγειονομική Ταφή Αποβλήτων πραγματοποιείται από τους υπόχρεους Φο.Δ.Σ.Α.

3.2.4 Ν. 2939/ΦΕΚ179/Α/6.8.2001

«Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων - Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις και η Τροποποίηση με το Ν. 3854/2010»

Σ' αυτό το νόμο η Ελληνική νομοθεσία εναρμονίζεται με την 62/94/ΕΚ «για τις συσκευασίες και τα απόβλητα συσκευασίας».

- Θεσπίζονται μέτρα για τη διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίηση των αποβλήτων τους.
- Ορίζονται **Μέτρα Πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων συσκευασιών.**
- Ορίζονται μέτρα Προώθησης συστημάτων επαναχρησιμοποίησης κατά τρόπο αβλαβή προς το περιβάλλον, καθώς και Ανάκτηση υλικών και ανακύκλωσή τους, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και πρωτογενών πρώτων υλών.
- Ορίζεται Προώθηση του συστήματος Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ).
- Ανατίθεται η πραγματοποίηση των Στόχων στον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων προϊόντων (Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π.), ο οποίος εκπονεί και εφαρμόζει προγράμματα για την εναλλακτική Διαχείριση των συσκευασιών.
- Οι Στόχοι που είχαν τεθεί στο νόμο είναι:
 - ❖ έως τις 31/12/2011 να έχει επιτευχθεί αξιοποίηση ή αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας συσκευασιών τουλάχιστον το 60% κατά βάρος των αποβλήτων συσκευασίας και
 - ❖ ανακύκλωση συσκευασιών σε ποσοστό 55 – 80% το πολύ κατά βάρος του συνόλου των αποβλήτων συσκευασίας, με επίτευξη συγκεκριμένων ελάχιστων στόχων ανά υλικό.

3.2.5 ΚΥΑ 22912/1117/ΦΕΚ 759/Β/06.06.2005

«Μέτρα και Όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων»

Σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/76/ΕΚ «για την αποτέφρωση των αποβλήτων», ορίζονται Μέτρα και περιορισμοί για τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης ως προς:

- τα όρια ατμοσφαιρικών εκπομπών
- τις απορρίψεις υγρών αποβλήτων που προέρχονται από τον καθαρισμό των καυσαερίων
- τα υπολείμματα

3.2.6 Ν.4042/ΦΕΚ24/Α/13.02.2012

«Ποινική προστασία του περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία

2008/98/EK – Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»

Στο άρθρο 7 του νόμου, τροποποιείται το άρθρο 28 του νόμου – πλαισίου για την Προστασία του περιβάλλοντος 1650/86. Στα πλαίσια της αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», ορίζονται πιο αυστηρά πρόστιμα και ποινές σε όποιον βλάπτει ή υποβαθμίζει το περιβάλλον.

Σε εναρμόνιση με την οδηγία δίνονται εκ νέου οι βασικοί ορισμοί όπως για τα: «απόβλητα», «επικίνδυνα απόβλητα», «απόβλητα έλαια», «βιολογικά απόβλητα (βιοαπόβλητα)», «παραγωγού αποβλήτων», «Διαχείριση αποβλήτων». Επίσης:

- Ορίζεται η εδραίωση της ξεχωριστής συλλογής χαρτιού, γυαλιού, πλαστικού και μετάλλου μέχρι το 2015.
- Ορίζεται Ανακύκλωση για το 50% των Α.Σ.Α. ή μέρος αυτών μέχρι το 2020, τουλάχιστον για το χαρτί, πλαστικό, μέταλλο
- Τίθεται έως το 2015, ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων κατ' ελάχιστον 5% του συνολικού βάρους των παραγόμενων βιολογικών αποβλήτων και έως το 2020, ποσοστό χωριστής συλλογής κατ' ελάχιστον 10%.

Με τη θέσπιση του Ν. 4042/2012, που αποτελεί το νόμο πλαίσιο για τα απόβλητα και ενσωματώνει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 2008/98/EK, καθορίζονται τα Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων, που εκπονούνται από το ΥΠΕΚΑ σε συνεργασία με το κάθε συναρμόδιο Υπουργείο, για κάθε ρεύμα αποβλήτων ή για σύνολο ρευμάτων αποβλήτων, τα οποία καλύπτουν ολόκληρη ή μέρος της γεωγραφικής επικράτειας της χώρας (αρ. 22, Ν. 4042/2012). Με το αρ. 35 του Ν. 4042/2012, ορίζονται τρία είδη εθνικών σχεδίων, τα οποία συνδυασμένα καλύπτουν το σύνολο της επικράτειας της χώρας για όλα τα είδη αποβλήτων:

- Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων
- Ειδικά Εθνικά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων (εμπεριέχονται στο Εθνικό)
- Περιφερειακά Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων

Τα Σχέδια υποδεικνύουν ιεραρχικά και συνδυασμένα τα κατάλληλα μέτρα για (αρ. 29, Ν. 4042/2012): α) την πρόληψη, β) την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, γ) την ανακύκλωση, δ) άλλου είδους ανάκτηση και ε) την ασφαλή τελική διάθεση των αποβλήτων.

Το Τμήμα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων του ΥΠΕΚΑ ενημερώνει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τα Σχέδια Διαχείρισης Αποβλήτων και για τα προγράμματα για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων (αρ. 34, Ν. 4042/2012) μόλις αυτά εγκριθούν, αλλά και για τυχόν ουσιαστικές αναθεωρήσεις τους. Εκτός των παραπάνω, το ΥΠΕΚΑ εκπονεί προγράμματα πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων και επεξεργάζεται κατευθύνσεις για την ενσωμάτωσή τους στα Σχέδια διαχείρισης αποβλήτων. Στα προγράμματα περιγράφονται τα υφιστάμενα μέτρα πρόληψης και προσδιορίζονται στόχοι για την πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων (αρ. 23, Ν. 4042/2012). Τα προγράμματα για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων γνωστοποιούνται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, αξιολογούνται τουλάχιστον ανά εξαετία και αναθεωρούνται εφόσον ενδείκνυται (αρ. 23, παρ. 4-5, Ν. 4042/2012).

Το κοινό έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει στην εκπόνηση των Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων και των προγραμμάτων για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων και μπορεί να έχει πρόσβαση σ' αυτά μετά την εκπόνησή τους (αρ. 32, Ν. 4042/2012).

Κεφάλαιο 4

Μέθοδοι Διαχείρισης Α.Σ.Α.

Η διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα που απασχολεί τόσο τις αναπτυγμένες όσο και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι αναπτυγμένες χώρες αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της μεγάλης - ποσοτικά - παραγωγής ΑΣΑ ανά άτομο και αναζητούν εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης τους. Από την άλλη, οι αναπτυσσόμενες χώρες παράγουν μικρότερες ποσότητες ΑΣΑ ανά άτομο αλλά ο ρυθμός αύξησης τους είναι υψηλός και οι τεχνικές διαχείρισης τους είναι σαφώς λιγότερο εξελιγμένες από αυτές των αναπτυγμένων χωρών (Tolis et al., 2012).

Η διαχείριση των ΑΣΑ περιλαμβάνει τη συλλογή τους, τη μεταφορά τους, την ανάκτηση, τη διάθεσή τους αλλά και την εποπτεία των προηγούμενων εργασιών, υπολογίζοντας και παράγοντες όπως η δημόσια υγεία, η οικονομία και το περιβάλλον. Σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αστικών αποβλήτων, περιλαμβάνονται (Tchobanaglou et al, 1997):

- η εφαρμογή προγραμμάτων για τη βελτιστοποίηση του συστήματος συλλογής,
- η μείωση των παραγόμενων αποβλήτων,
- η διαλογή στην πηγή,
- η ανακύκλωση των υλικών που έχουν διαχωριστεί,
- η εφαρμογή συστημάτων μεταφόρτωσης για την αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας του συστήματος και
- η χρήση μεθόδων επεξεργασίας με στόχο να αξιοποιηθούν ενεργειακά ή να επαναχρησιμοποιηθούν τα υλικά και να διατεθεί το τελικό υπόλειμμα σε σύγχρονους χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Υ.).

4.1 Συλλογή - Μεταφορά και Μεταφόρτωση

Όπως αναφέραμε, για την επίλυση του προβλήματος των στερεών αποβλήτων, ένα σύνολο λειτουργικών διεργασιών συνδέονται για να δημιουργήσουν αυτό το οποίο καλούμε Σύστημα Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων. Κάθε Σύστημα Δ.Σ.Α. αποτελείται από τις εξής βασικές λειτουργικές διεργασίες: προσωρινή αποθήκευση, συλλογή, μεταφορά/μεταφόρτωση, διάθεση. Πολλές φορές, μεταξύ των διεργασιών συναντάμε διάφορους μηχανισμούς ανάκτησης που σκοπό έχουν την ανάκτηση ενέργειας ή άλλους πολύτιμους πόρους/πρώτες ύλες από τα απόβλητα (Syed, 2006).

4.1.1 Προσωρινή Αποθήκευση

Με τον όρο προσωρινή αποθήκευση εννοούμε όλες τις διαδικασίες διαχείρισης των αποβλήτων μέχρι αυτά να τοποθετηθούν σε κάδους αποκομιδής. Στην Ελλάδα, τα ΑΣΑ τοποθετούνται μέσα σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρονται ιδιωτικά σε κάδους αποκομιδής ή σε κοντέινερ.

Οι κάδοι αποκομιδής που χρησιμοποιούνται είναι πλαστικοί ή μεταλλικοί και έχουν χωρητικότητα που ποικίλει από 0,66 έως 1,1 m³. Οι κάδοι τοποθετούνται σε εσοχές επί του πεζοδρομίου και σε σημεία που να είναι προσεγγίσιμα από τα οχήματα συλλογής. Τα τελευταία χρόνια σε πολλές περιοχές της Ελλάδας τοποθετούνται βυθιζόμενοι κάδοι με σκοπό τη διασφάλιση της καθαριότητας, την εξοικονόμηση χώρου και την εξάλειψη των δυσάρεστων οσμών. Σύμφωνα με τους Lopez-Alvarez et al. (2009), η ιδανική απόσταση τοποθέτησης των κάδων αποκομιδής από τα σπίτια δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 150 μέτρα.

4.1.2 Συλλογή Αποβλήτων

Η συλλογή των αποβλήτων αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Arebey et al., 2012). Παραδοσιακά, η συλλογή των αποβλήτων στις αστικές περιοχές πραγματοποιούνταν με οχήματα αποκομιδής τύπου «μύλου» ή «πρέσας». Τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει να εφαρμόζεται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες το πνευματικό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για τη μεταφορά αποβλήτων μικρού μεγέθους, και το οποίο αποτελεί μια μη-παραδοσιακή, υψηλής τεχνολογίας, μέθοδο συλλογής των αποβλήτων.

Σύμφωνα με το άρθρο 9 του προγράμματος «Καλλικράτης» (Ν. 3852/2010) υπεύθυνοι για τη συλλογή και μεταφορά των αστικών στερεών αποβλήτων είναι οι οικείοι Δήμοι. Η συλλογή των αποβλήτων αποτελεί μια δαπανηρή διεργασία για τον κάθε Δήμο και η οποία στο τέλος μετακυλύει στους Δημότες μέσω των ανταποδοτικών δημοτικών τελών. Εκτός από τα οικονομικά και αισθητικά ζητήματα, η συλλογή αποβλήτων δημιουργεί και αρνητικά περιβαλλοντικά ζητήματα λόγω της κατανάλωσης καυσίμων και της επακόλουθης εκπομπής καυσαερίων (Zsigraïona et al., 2013). Κατά τη διάρκεια φόρτωσης και εκφόρτωσης των κάδων, τα απορριμματοφόρα διατηρούν τις μηχανές σε λειτουργία, παράγοντας συνεχή εκπομπή καυσαερίων. Μάλιστα σε πόλεις με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού και υψηλό κυκλοφοριακό πρόβλημα, ο συνολικός χρόνος μη-μετακίνησης, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου αναμονής για τη φόρτωση / εκφόρτωση και άλλων αδρανών χρόνων μπορεί να φτάσει μέχρι το 50% του συνολικού χρόνου που απαιτείται για τη συλλογής των αποβλήτων (Faccio et al., 2011).

Για το λόγο αυτό είναι σημαντικής σημασίας ο σχεδιασμός αποτελεσματικών συστημάτων συλλογής των αποβλήτων τόσο για τη μείωση του λειτουργικού κόστους και των εκπομπών καυσαερίων από τα απορριμματοφόρα όσο και για την αποφυγή πρόσθετων κυκλοφοριακών προβλημάτων λόγω της αποκομιδής των αποβλήτων (McLeod & Cherrett, 2008). Τρεις διαφορετικές στρατηγικές συλλογής αστικών αποβλήτων προτείνονται από τους McLeod & Cherrett (2008) με σκοπό την επίτευξη όλων των παραπάνω οφελών για τους Δήμους:

- «Διευρυμένη εργασία» (“Joint working”) μεταξύ γειτονικών Δήμων. Ο όρος «Διευρυμένη εργασία» χρησιμοποιείται για να περιγράψει την από κοινού χρησιμοποίηση των πόρων (απορριμματοφόρα, συνεργεία, αμαξοστάσια) και την από κοινού συλλογή αποβλήτων των γειτονικών Δήμων με τρόπο ώστε να δημιουργείται ένας «Υπερ-Δήμος». Σύμφωνα με τον Babbie (2005) η εφαρμογή της «διευρυμένης εργασίας» μεταξύ 2 γειτονικών δήμων θα μπορούσε να αποφέρει μείωση του λειτουργικού κόστους κατά 47%.
- Τοποθέτηση των αμαξοστασίων κοντά στους χώρους τελικής απόρριψης των απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Τα απορριμματοφόρα θα πρέπει να έχουν αδειάσει όλο το περιεχόμενό τους πριν επιστρέψουν στα αμαξοστάσια στο τέλος της βάρδιας. Με την τοποθέτηση τους κοντά στους χώρους τελικής απόρριψής αποφεύγονται τα χιλιόμετρα χωρίς φορτίο (deadhead mileage).

- Εναλλαγή συλλογής ανά εβδομάδα. Το σύστημα αυτό αναφέρεται σε ένα κύκλο συλλογής 2 εβδομάδων κατά τις οποίες, την πρώτη εβδομάδα συλλέγονται ανακυκλώσιμα απόβλητα (χαρτί, πλαστικά μπουκάλια κ.ά.) και τη επόμενη εβδομάδα συλλέγονται τα υπόλοιπα απόβλητα. Το σύστημα αυτό είναι πολύ δημοφιλές στην Αγγλία και μέχρι το 2007 είχε υιοθετηθεί από το 46% των Δημοτικών αρχών.

Οι McLeod & Cherrett (2008) υποστηρίζουν ότι όποια και από τις 3 στρατηγικές χρησιμοποιηθεί, βασική προϋπόθεση για τη μείωση του λειτουργικού κόστους αποτελεί η βελτιστοποίηση των δρομολογίων συλλογής. Η βελτιστοποίηση αυτή μπορεί να επιτευχθεί είτε ξεχωριστά, διατηρώντας το υπάρχων δίκτυο των κάδων απορριμμάτων (Komilis, 2008 ; Simonetto & Borenstein, 2007) είτε συνδυαστικά, με τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων και του δικτύου των κάδων απορριμμάτων, δηλ. την αντικατάσταση και την αποτελεσματική ανατοποθέτησή τους (McLeod & Cherrett, 2008 ; Zamorano et al., 2009).

4.1.3 Μεταφορά και Μεταφόρτωση

Με τον όρο μεταφορά εννοούμε τα εξής στάδια (Larsen et al., 2009):

- της μετακίνησης του άδειου απορριμματοφόρου από το αμαξοστάσιο έως το σημείο έναρξης της συλλογής αποβλήτων.
- της μετακίνησης του γεμάτου απορριμματοφόρου από το τελευταίο σημείο συλλογής αποβλήτων έως το χώρο εκφόρτωσης τους, και τέλος
- της μετακίνησης του άδειου απορριμματοφόρου από το χώρο εκφόρτωσης στο αμαξοστάσιο ή στην επόμενη περιοχή συλλογής αποβλήτων στην περίπτωση που ο σχεδιασμός συλλογής αποβλήτων περιλαμβάνει την συλλογή σε περισσότερες των μια περιοχών την ίδια μέρα

Τα καύσιμα είναι συχνά η μεγαλύτερη δαπάνη σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων. Τα απορριμματοφόρα κατά τη διάρκεια της μεταφοράς των αποβλήτων καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες καυσίμων οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από την απόσταση που διανύει το όχημα, αν και υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση/επιβράδυνση, η κλίση του δρόμου και το φορτίο του οχήματος (Zsigraiova et al., 2013). Σύμφωνα με τους McLeod & Cherrett (2008) η σωστή χωροθέτηση του αμαξοστασίου των απορριμματοφόρων μπορεί να

οδηγήσει σε μείωση κατά 13,5% των διανυθέντων χιλιομέτρων. Το ίδιο μπορεί να επιτευχθεί με την χωροθέτηση του σημείου εκφόρτωσης/προσωρινής απόθεσης των συλλεχθέντων αποβλήτων.

Όταν οι αποστάσεις μεταξύ της περιοχής συλλογής και των εγκαταστάσεων επεξεργασίας ή τελικής διάθεσης των αποβλήτων είναι μεγάλες τότε μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι εγκαταστάσεις των σταθμών μεταφόρτωσης (ΣΜΑ) με σκοπό τη εκφόρτωση και συμπίεση των αποβλήτων για την αποδοτικότερη από άποψη δρομολογίων μεταφορά τους στους χώρους επεξεργασίας ή τελικής απόθεσης με τη χρήση κοντέινερ και μεγάλων φορτηγών (Bovea et al., 2006).

Οι σταθμοί μεταφόρτωσης ταξινομούνται ανάλογα με τη δυναμικότητά τους (μικροί ή μεγάλοι), το είδος των πάγιων εγκαταστάσεων (σταθεροί ή κινητοί) και το βαθμό συμπίεσης των απορριμμάτων που επιτυγχάνουν. Σταθερός θεωρείται ο σταθμός μεταφόρτωσης όπου όλες οι απαραίτητες διαδικασίες εκτελούνται σε συγκεκριμένο χώρο με την κατάλληλη πάγια εγκατάσταση και τεχνική υποδομή ενώ κινητός σταθμός μεταφόρτωσης θεωρείται οποιοσδήποτε τύπος οχήματος ή συνδυασμός οχημάτων, που φέρει τον κατάλληλο εξοπλισμό για την υποδοχή των αποβλήτων χωρίς τη μεσολάβηση πάγιων εγκαταστάσεων (Kollikkathara et al, 2009; Washburn, 2012). Τα απόβλητα, κατά τη διαδικασία αυτή υφίστανται συμπίεση, η οποία στοχεύει στην επίτευξη του μέγιστου επιτρεπόμενου, κατά περίπτωση, ωφέλιμου φορτίου για την περαιτέρω μεταφορά τους. Η συμπίεση αυτή γίνεται συνήθως σε κοντέινερ ενώ εναλλακτικά, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ενδέχεται να πραγματοποιηθεί δεματοποίηση των αποβλήτων, με χρήση εγκαταστάσεων υψηλού βαθμού συμπίεσης (Tchobanoglous et al., 1993).

4.2 Ανακύκλωση Υλικών – Διαλογή στην Πηγή

Μετά τη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων, η ανάκτηση υλικών εμφανίζεται ως η ελκυστικότερη μέθοδος διαχείρισης (Ανδρεαδάκης κ.α., 2000). Η ανάκτηση των υλικών περιλαμβάνει τόσο την άμεση επαναχρησιμοποίηση επιλεγμένων υλικών, για παράδειγμα μπουκάλια, όσο και την ανακύκλωση κατά την οποία τα ανακτηθέντα υλικά ύστερα από επεξεργασία επανέρχονται στο φυσικό και οικονομικό κύκλο.

Η επαναχρησιμοποίηση αναφέρεται στη αξιοποίηση ενός αντικειμένου μετά την αρχική του χρήση είτε με παρόμοιο τρόπο με αυτόν με τον οποίο είχε αρχικά σχεδιαστεί είτε με εντελώς καινούργιο. Από καθαρά τεχνική άποψη η επαναχρησιμοποίηση μπορεί να διακριθεί σε (Arcadis, 2010):

- Απευθείας επαναχρησιμοποίηση, πιθανώς από κάποιον άλλον, πιθανώς με ένα διαφορετικό τρόπο.
- Αναδιαμόρφωση: καθαρισμός, λιπάνσεις κυκλωμάτων/συστημάτων ή άλλη βελτίωση.
- Επισκευή: Επιδιόρθωση κάποιας αστοχίας/ελαττώματος.
- Αναδιάταξη και Αναπροσαρμογή: Η χρησιμοποίηση των λειτουργούντων εξαρτημάτων/μερών σε άλλη δραστηριότητα
- Ανακατασκευή: Η μόνη επιλογή που απαιτεί μια πλήρη διαδικασία επεξεργασίας ώστε να επιτευχθεί η επαναφορά του αντικειμένου σε κατάσταση που να μπορεί να συγκριθεί με την αρχική του κατάσταση ως καινούργιο.

Παρόλο που με την επαναχρησιμοποίηση επιτυγχάνεται η επιβράδυνση της τελικής διάθεσης ενός αντικειμένου αλλά και η μείωση της ποσότητας των αντικειμένων που τελικά μετατρέπονται σε απόβλητα, η ιδέα της επαναχρησιμοποίησης βρίσκει δύσκολα εφαρμογή στο σύγχρονο τρόπο ζωής, όχι μόνο λόγω έλλειψης φαντασίας και δημιουργικότητας αλλά και γιατί προϋποθέτει τη δημιουργία ανθεκτικότερων αντικειμένων, αν θέλουμε να τα χρησιμοποιήσουμε εκ νέου, κάτι το οποίο όμως απαιτεί τη χρήση επιπρόσθετων πόρων κατά την φάση παραγωγής τους (Williams, 2005).

Οι έννοιες της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης είναι δυο έννοιες πολύ κοντινές οι οποίες πολλές φορές συγχέονται ή ταυτίζονται λανθασμένα. Η ανακύκλωση επικεντρώνεται στην μεταχείριση ενός προϊόντος όταν έχει πλέον χαρακτηριστεί ως απόβλητο και το οποίο δεν προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση. Για το λόγο αυτό η σχεδίαση ενός προϊόντος για ανακύκλωση δεν προϋποθέτει την ανθεκτικότητα και τη μακροβιότητα ή τη δυνατότητα αναβάθμισης του προϊόντος.

Η ανακύκλωση δεν θα πρέπει να συγχέεται με την πρόληψη παραγωγής αποβλήτων. Άλλωστε, το γεγονός ότι ένα απόβλητο ανακυκλώνεται δεν σημαίνει ότι παύει να υπάρχει. Με την ανακύκλωση των προϊόντων επιτυγχάνουμε αφενός να μειώσουμε την ποσότητα των πρώτων υλών που θα εισέρχονταν στην παραγωγική διαδικασία και οι

οποίες κάποια στιγμή θα μετατραπούν σε απόβλητα, αλλά και την ποσότητα των προϊόντων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ, με όλα τα περιβαλλοντικά κέρδη που αυτό συνεπάγεται (Arcadis, 2010).

Διαφορετική είναι και η αντιμετώπιση που τυγχάνει η ανακύκλωση στις αναπτυγμένες σε σχέση με τις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι αναπτυγμένες χώρες διαθέτουν πλέον «βαριά βιομηχανοποιημένα» προγράμματα ανακύκλωσης που λίγο ή πολύ έχουν ξεφύγει από την καθημερινή ζωή των πολιτών και για το λόγο αυτό οι έρευνες επικεντρώνονται σε θέματα τεχνικών εφαρμογών όπως μοντέλα και εργαλεία, σε ανάλυση στρατηγικών, σε συστήματα χειρισμού και ελέγχου, αλλά και σε κοινωνικο-ψυχολογικά και οικονομικά κίνητρα. Αντίθετα, στις υπό ανάπτυξη χώρες η έρευνα στοχεύει σε πιο πρακτικά θέματα όπως η αναγνώριση των προβλημάτων που προκαλούν τα απόβλητα, ο προσδιορισμός των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων στερεών αποβλήτων και η ανάλυση των συστημάτων διαχείρισης (Troscinetz and Mihelcic, 2008).

Ένα πρόγραμμα ανακύκλωσης περιλαμβάνει τη συλλογή, το διαχωρισμό και την επεξεργασία των απορριμμάτων με παραγωγική αξία, τα οποία μπορούν να ανακυκλωθούν, με χαρακτηριστικότερά παραδείγματα κλάσματα των ΑΣΑ όπως το χαρτί, μέταλλο, πλαστικό και γυαλί. Ο στόχος όλων των προγραμμάτων ανακύκλωσης είναι να αυξήσουν το ποσοστό των υλικών που συλλέγονται και ανακυκλώνονται, αποτρέποντας με τον τρόπο αυτό τη διάθεσή τους σε ΧΥΤΑ και τελικά την απώλεια πρώτων υλών. Σύμφωνα με τους Wang et al. (1997), οι κυριότεροι από τους τρόπους επίτευξης του στόχου αυτού είναι:

- η αύξηση του αριθμού των πολιτών που συμμετέχουν στη διαδικασία της ανακύκλωσης (participation rate),
- η συχνότητα με την οποία οι πολίτες συμμετέχουν (set-out rate) και
- η αύξηση της ποσότητας των υλικών που εισέρχονται στα ρεύμα ανακύκλωσης

Τα ΑΣΑ προέρχονται από ένα πολύπλοκο μείγμα υλικών που απορρίπτονται από κάθε άτομο, οικία, επιχείρηση, βιομηχανία ή εμπορικό κατάστημα. Τα υλικά στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα ανακύκλωση από τις τοπικές αρχές είναι (Perrin and Barton, 2001; ZeroWasteEurope, 2015; Al-Salem et al., 2009; Hopewell et al., 2009; Song et al., 2009; Muchová & Eder, 2010; Wübbecke & Heroth, 2014):

- Χαρτί
- Γυαλί
- Πλαστικό
- Αλουμίνιο
- Μέταλλο

Υπάρχουν αρκετά υλικά στο ρεύμα των Αστικών Στερεών Αποβλήτων, τα οποία δεν μπορούν να ενταχθούν σε μια από τις παραπάνω κατηγορίες και τα οποία μπορεί να συμμετέχουν αποτελεσματικά σε διάφορα προγράμματα ανακύκλωσης. Τέτοια υλικά είναι τα ελαστικά των αυτοκινήτων, τα χρησιμοποιημένα μαγειρικά λάδια και λίπη, τα ενδύματα και τα υφάσματα (ZeroWasteEurope, 2015).

4.2.1 Διαλογή στην Πηγή

Με τον όρο «Διαλογή στην Πηγή» περιγράφεται η διαδικασία της ανακύκλωσης με την οποία επιτυγχάνεται ανάκτηση χρήσιμων υλικών πριν αυτά αναμειχθούν με την υπόλοιπη μάζα των αποβλήτων. Με τη διαλογή υλικών στην πηγή παραγωγής των στερεών αποβλήτων επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας που οδηγείται προς τελική διάθεση, με παράλληλη αξιοποίηση υλικών.

Η διαλογή στην πηγή αποτελεί εναλλακτικό και συμπληρωματικό στάδιο της συνολικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται η λειτουργικότητα ενός προγράμματος διαλογής στην πηγή είναι (Memon, 2010):

- το είδος και η ποσότητα των προς διαλογή – ανακύκλωση υλικών,
- η ποιότητα των ανακτώμενων υλικών,
- η ύπαρξη αγορών για την απρόσκοπτη απορρόφησή τους και
- η ευκολία υλοποίησης και το κόστος άλλων εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης των στερεών αποβλήτων που εφαρμόζονται στην υπό εξέταση περιοχή

Η εφαρμογή συστημάτων διαλογής στην πηγή, προϋποθέτει την ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των πολιτών μέσω της εφαρμογής προγραμμάτων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, τα οποία είναι απαραίτητα για τη βιώσιμη λειτουργία των συστημάτων. Άλλωστε η διαλογή στη πηγή είναι η μοναδική μέθοδος διαχείρισης που προϋποθέτει τη συμμετοχή των πολιτών.

4.2.2 Μηχανικός διαχωρισμός

Σκοπός του μηχανικού διαχωρισμού είναι ο επιμερισμός με μηχανικά μέσα των υλικών από μίγμα των σύμμεικτων αποβλήτων σε διάφορα συστατικά ή ομοιογενείς κατηγορίες συστατικών, τα οποία μπορούν έτσι να επιστρέψουν ως δευτερογενείς πρώτες ύλες στον παραγωγικό και οικονομικό κύκλο.

Ο διαχωρισμός γίνεται είτε σε υγρή είτε σε ξηρή κατάσταση, με την τελευταία να είναι η πλέον διαδεδομένη και να κερδίζει διαρκώς έδαφος, ενώ έχουν ακόμη αναπτυχθεί και τεχνικές διαχωρισμού που βασίζονται σε διαφορές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (για ανάκτηση μη σιδηρούχων μετάλλων), οπτικών ιδιοτήτων (για ανάκτηση γυαλιού) κλπ., οι οποίες βέβαια έχουν προς το παρόν μεγάλο κόστος και χαμηλά ποσοστά ανάκτησης. Οι βασικοί παράγοντες στο μηχανικό διαχωρισμό είναι: α) ο βαθμός ανάκτησης, δηλ. η ποσότητα και β) η ποιότητα των ανακτώμενων υλικών.

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

- Σιδηρούχα μέταλλα, με συντελεστή ανάκτησης 65-95%. Τα μη σιδηρούχα μέταλλα δε μπορούν να διαχωριστούν αξιόπιστα με καμία μέθοδο. Εφαρμόζεται πειραματικά ηλεκτροδιαλογή και μόνη αξιόπιστη λύση προς το παρόν είναι η χειροδιαλογή.
- Ζυμώσιμα υλικά με συντελεστή ανάκτησης 70-90%, για παραγωγή βελτιωτικού εδάφους με συντελεστή παραγωγής 75%.
- RDF, με συντελεστή ανάκτησης 70-80% ή (εναλλακτικά) χαρτί και πλαστικά με ακόμη χαμηλότερο συντελεστή ανάκτησης. Το RDF (Refuse Derived Fuel) αποτελείται κυρίως από χαρτί και πλαστικό, δηλαδή από υλικά που τόσο από μόνα τους όσο και ευρισκόμενα σε μίγμα μεταξύ τους, έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη. Ως εναλλακτική λύση έναντι του RDF νοείται ο περαιτέρω διαχωρισμός χαρτιού και πλαστικών σε μία μονάδα μηχανικού διαχωρισμού και η τελική ανάκτηση του κάθε υλικού.
- Γυαλί, με συντελεστή ανάκτησης 50-90%. Το γυαλί δεν φορτίζεται ηλεκτρικά και μπορεί να διαχωριστεί σε ηλεκτρικό πεδίο, ενώ για να είναι αποδοτικός ο μαγνητικός διαχωρισμός του, θα πρέπει να υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα Fe_2O_3 . Γενικά η μόνη αξιόπιστη μέθοδος προς το παρόν είναι η χειροδιαλογή. Από μονάδες μηχανικού διαχωρισμού παίρνεται ανάμικτο γυαλί, από το οποίο μπορεί να παραχθεί μόνον πράσινο που έχει μειωμένη αγορά.

- Αλουμίνιο, με συντελεστή ανάκτησης 55-90%.
- Χαρτί.
- Πλαστικά.

4.2.3 Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (Κ.Δ.Α.Υ)

Τα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (Κ.Δ.Α.Υ.) είναι εγκαταστάσεις όπου με συνδυασμό μεθόδων μηχανικής - χειρωνακτικής διαλογής, διαχωρίζονται ομάδες υλικών τα οποία προέρχονται από διαλογή στην πηγή (ανακυκλώσιμα). Στη συνέχεια, τα υλικά υφίστανται ποιοτική αναβάθμιση και δεματοποίηση ανά υλικό. Έτσι μπορούν να επιτευχθούν οι απαιτήσεις ποιότητας για την απορρόφησή τους από την αγορά και εξασφαλίζονται υψηλότερες τιμές πώλησης. Ο σχεδιασμός ενός Κ.Δ.Α.Υ. και η επιλογή του αντίστοιχου εξοπλισμού εξαρτάται από τις ποσότητες και το είδος των εισερχόμενων υλικών καθώς και από τις απαιτήσεις της αγοράς ως προς τα ανακτώμενα προϊόντα.

4.3 Βιολογικές Μέθοδοι Επεξεργασίας

Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας, όπως υποδηλώνει και η ονομασία τους, μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε απόβλητα που επιδέχονται τέτοια επεξεργασία, δηλαδή σε βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα (Tuomela et al, 2000). Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων (κοπριές, φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών, απόβλητα εκκοκκιστηρίων βάμβακος, ελαιοπυρήνα κλπ), πολλά στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων, η ιλύς βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων. Στις βιολογικές διαδικασίες περιλαμβάνονται η αερόβια και αναερόβια λιπασματοποίηση και διάφοροι συνδυασμοί αυτών (Ryckeboer et al., 2003).

Όσον αφορά τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα, οι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας μπορούν να δεχθούν (Κόλλιας, 2004):

- Το βιοαποδομήσιμο κλάσμα μετά από διαλογή στην πηγή, το οποίο μετά από μια αερόβια φάση βιοσταθεροποίησης μπορεί να χαρακτηριστεί ως βελτιωτικό εδάφους ή «κομπόστ» και χαρακτηρίζεται από υψηλή ποιότητα, χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και πολλές διεξόδους αξιοποίησης (π.χ. ως εδαφοβελτιωτικό)

- Ένα εμπλουτισμένο σε βιοαποδομήσιμα υλικά κλάσμα, που προέρχεται από εγκαταστάσεις μηχανικής διαλογής. Δεδομένου ότι η μηχανική διαλογή (δηλαδή οι μηχανικοί διαχωρισμοί με χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού όπως κόσκινα, μαγνήτες, κ.λ.π.), εφαρμόζεται σε σύμμεικτα απορρίμματα όπως αυτά έρχονται με τα απορριμματοφόρα, η ποιότητα εμπλουτισμένου αυτού κλάσματος και κατ' επέκταση του προϊόντος μετά τη βιολογική επεξεργασία, εξαρτάται από τις επιμέρους διεργασίες της μηχανικής διαλογής. Σε κάθε περίπτωση όμως η ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του κομπόστ που περιγράφηκε παραπάνω, γι' αυτό και συνήθως αναφέρεται ως υλικό «τύπου κομπόστ».

Η λιπασματοποίηση (κομποστοποίηση ή βιοσταθεροποίηση) είναι μία ρυθμιζόμενη διάσπαση ή αδρανοποίηση των οργανικών ενώσεων των αποβλήτων, από την οποία σε τελική φάση προκύπτουν με τη βοήθεια μικροοργανισμών (Lasaridi et al., 2006):

- Βελτιωτικό Εδάφους που ονομάζεται «κομπόστ», καθώς επίσης CO₂ και H₂O (στην περίπτωση αερόβιας).
- CH₄ (μεθανογένεση), καθώς επίσης CO₂ και λάσπη (στην περίπτωση αναερόβιας).

Στην πολύπλοκη αυτή βιοχημική διαδικασία λαμβάνουν μέρος διάφοροι μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα), η δραστηριότητα των οποίων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως την αναλογία C/N (ο άνθρακας αποτελεί πηγή ενέργειας και το άζωτο τροφή των μικροοργανισμών), την υγρασία των απορριμμάτων (η τροφή των μικροοργανισμών είναι πάντα σε υδάτινη μορφή), το διαθέσιμο οξυγόνο (αερόβια ζύμωση), το pH και τη θερμοκρασία (Cheremisinoff, 2003).

Το προϊόν της λιπασματοποίησης (βελτιωτικό εδάφους ή «κομπόστ») πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ογκώδη αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί, βαρέα μέταλλα και παθογόνους μικροοργανισμούς. Το βελτιωτικό εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργειες (όπως αμπελουργία, ανθοκομία, δενδροκομία κ.λπ.) αυξάνοντας την παραγωγή καθώς εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικές ουσίες, αυξάνει το πορώδες του, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού και κατακρατεί την υγρασία (Φερεντίνος κ.ά., 2004).

4.3.1 Αερόβια Βιολογική Επεξεργασία (κομποστοποίηση)

Η αερόβια κομποστοποίηση είναι μια ρυθμιζόμενη διάσπαση ή αδρανοποίηση των οργανικών ενώσεων των απορριμμάτων, γίνεται με τη βοήθεια μικροοργανισμών, λαμβάνει χώρα όταν υπάρχει υψηλή συγκέντρωση O_2 , ολοκληρώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα και είναι άοσμη (Lasaridi, 1998).

Το τελικό προϊόν είναι ένα σταθεροποιημένο στερεό υλικό το κομπόστ, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό στη γεωργία ή για άλλες χρήσεις. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα νερό και θερμότητα. Οι βιολογικές διεργασίες μπορούν να χωριστούν σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο της βιοαποδόμησης λαμβάνουν χώρα οι μικροβιολογικές δραστηριότητες που έχουν σαν αποτέλεσμα την αποδόμηση και την σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών και διαρκεί 2-8 εβδομάδες ανάλογα με τα τεχνικά μέσα που χρησιμοποιούνται προς υποστήριξη των βιολογικών διεργασιών. Στο στάδιο της ωρίμανσης το υλικό που παράγεται στο πρώτο στάδιο αφήνεται να ωριμάσει για μεγάλο χρονικό διάστημα που ανέρχεται σε 4-12 εβδομάδες με τελικό προϊόν το ώριμο κομπόστ. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης παρατηρείται περαιτέρω σταθεροποίηση του αρχικού κομπόστ (Tuomela et al., 2000).

Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την εφαρμογή και αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι (Lasaridi, 1998):

- σύσταση υποστρώματος,
- μέγεθος των συστατικών του υποστρώματος,
- καθαρότητα του υποστρώματος (ύπαρξη προσμίξεων),
- υγρασία του υποστρώματος,
- pH του υποστρώματος,
- θερμοκρασία του υποστρώματος,
- αερισμός του υποστρώματος

Τα βασικά χαρακτηριστικά της αερόβιας κομποστοποίησης είναι (Lasaridi et al., 2006):

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

2. Καταστροφή παθογόνων και άλλων ανεπιθύμητων οργανισμών, μολυσματικών αυγών και σπόρων από ζιζάνια που τυχόν υπάρχουν στα αστικά απορρίμματα.
3. Διατήρηση του μέγιστου θρεπτικού περιεχομένου σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο στο τελικό προϊόν.
4. Παραγωγή ενός προϊόντος που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικού εδάφους και να βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών.

Γενικά, τα χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά του κομπόστ ποικίλουν ανάλογα με: α) τη φύση του υλικού (δηλ. τη σύσταση των προς κομποστοποίηση απορριμμάτων), β) τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα η κομποστοποίηση και γ) την έκταση (βαθμό) αποσύνθεσης (Lasaridi et al., 2006).

Μερικά από τα χαρακτηριστικά που ξεχωρίζουν το κομπόστ από τα άλλα οργανικά υλικά είναι (Hasan et al., 2012):

- Χρώμα καφέ προς πολύ σκούρο καφέ.
- Χαμηλός λόγος της περιεκτικότητας σε άνθρακα προς αυτή σε άζωτο (C/N).
- Συνεχώς μεταβαλλόμενη φύση του, εξαιτίας της δραστηριότητας μικροοργανισμών.
- Μεγάλη ικανότητά ανταλλαγής κατιόντων και απορρόφησης νερού.

Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα παρακάτω (Corti et al., 1998):

- Γεωργία.
- Κηπουρική - φυτοκομική.
- Αποκατάσταση καταπονημένων - κατεστραμμένων εδαφών όπως:
 - ❖ Αναμόρφωση πρώην υγροτόπων (τεχνητές λίμνες εργοστασίων).
 - ❖ Αλατούχα εδάφη.
 - ❖ Υψηλής τοξικότητας εδάφη.
 - ❖ Αποκατάσταση παλιών λατομείων.
 - ❖ Επιφανειακή χωματοκάλυψη χωματερών.
 - ❖ Αναδασώσεις.
- Τεχνητά βοσκοτόπια και λιβάδια, πάρκα, γήπεδα, κήπους-γλάστρες.
- Καλλιέργειες.

4.3.2 Αναερόβια Βιολογική Επεξεργασία

Κατά την αναερόβια βιολογική επεξεργασία (αναερόβια ζύμωση), πραγματοποιείται αποδόμηση των οργανικών ουσιών με τη βοήθεια μικροοργανισμών απουσία οξυγόνου. Το αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η παραγωγή σταθεροποιημένου οργανικού υλικού και αερίου υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο (CH_4), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας π.χ. σε συστήματα θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων. Η αναερόβια επεξεργασία γίνεται σε κλειστούς αντιδραστήρες κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, τη μείωση του όγκου των ΑΣΑ και τη βιολογική σταθεροποίησή τους (Jain et al., 2015).

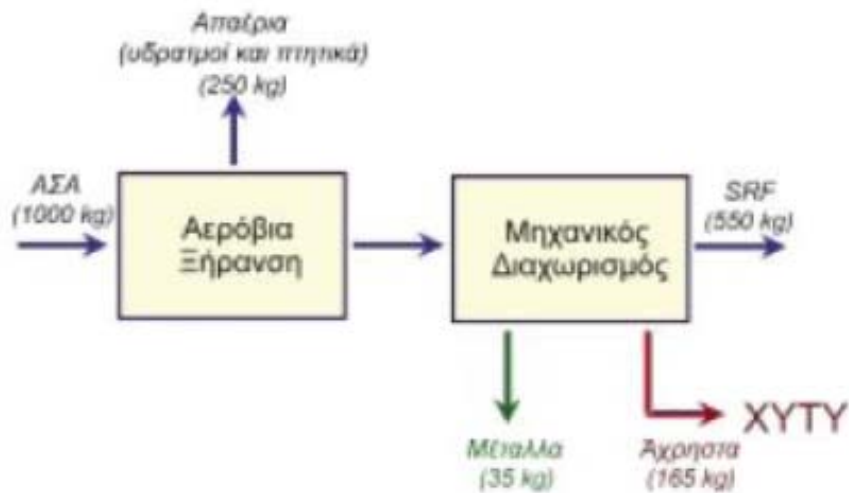
Η επεξεργασία σε μονάδες αναερόβιας ζύμωσης περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στάδια, τα οποία είναι (Lasaridi et al., 2006):

- η προεπεξεργασία του ρεύματος των αποβλήτων,
- η αναερόβια χώνευση στον αντιδραστήρα,
- η ανάκτηση του βιοαερίου
- η επεξεργασία των υπολειμμάτων της ζύμωσης

Η τεχνολογία της αναερόβιας ζύμωσης αναπτύχθηκε αρχικά για την επεξεργασία ρευστών κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων και της ιλύος των βιολογικών καθαρισμών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των εγκαταστάσεων που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων (Hasan et al., 2012).

4.3.3 Βιολογική Ξήρανση

Αποτελεί τεχνική προεπεξεργασίας των ΑΣΑ με στόχο την ενεργειακή αξιοποίησή τους (Διάγραμμα 5). Ειδικότερα στοχεύει στη μείωση της υγρασίας των ΑΣΑ και κατά επέκταση του όγκου τους, στη διευκόλυνση του μηχανικού διαχωρισμού των άχρηστων υλικών και στην παραγωγή SRF. Με τη μέθοδο αυτή το νερό που βρίσκεται στα απόβλητα απομακρύνεται σε μικρό χρονικό διάστημα με την ανάπτυξη βιοθερμικής ενέργειας. Η πιο σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο βαθμός ομογενοποίησης των αποβλήτων που εισέρχονται στους ξηραντήρες. Οι ξηραντήρες είναι συνήθως είτε κλειστές δεξαμενές εντός βιομηχανικών κτιρίων είτε κουτιά ορθογώνιου σχήματος τα οποία είναι αεροστεγώς κλειστά ώστε να αποφεύγονται οι εκπομπές οσμών και άλλων αερίων.



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης βιολογικής ξήρανσης (πηγή: Οικονομόπουλος, 2007).

4.3.4 Μηχανική και Βιολογική Επεξεργασία

Οι συνδυασμένες μονάδες Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (ΜΒΕ) έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας τόσο σύμμεικτων αστικών στερεών αποβλήτων, όσο και επιλεγμένων ρευμάτων για παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών και ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης να δώσουν ως τελικό προϊόν RDF, SRF, compost. Τα τρία στάδια των ΜΒΕ είναι:

- Διαχωρισμός υλικών-Μηχανικός διαχωρισμός υλικών
- Βιολογική Επεξεργασία-Σταθεροποίηση, μείωση του όγκου των αποβλήτων
- Παραγωγή προϊόντων-Υλικά επικάλυψης ΧΥΤΑ, SRF, ανακυκλώσιμα

Η βιολογική επεξεργασία όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, δύναται να είναι αερόβια και αναερόβια. Τα βασικά είδη εγκαταστάσεων μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας και κατά συνέπεια τα παραγόμενα προϊόντα από την επεξεργασία των αποβλήτων συνοψίζονται στον Πίνακα 6 που ακολουθεί:

Πίνακας 6: Τύποι μονάδων ΜΒΕ και παραγόμενα προϊόντα (πηγή:ΕΣΔΑ)

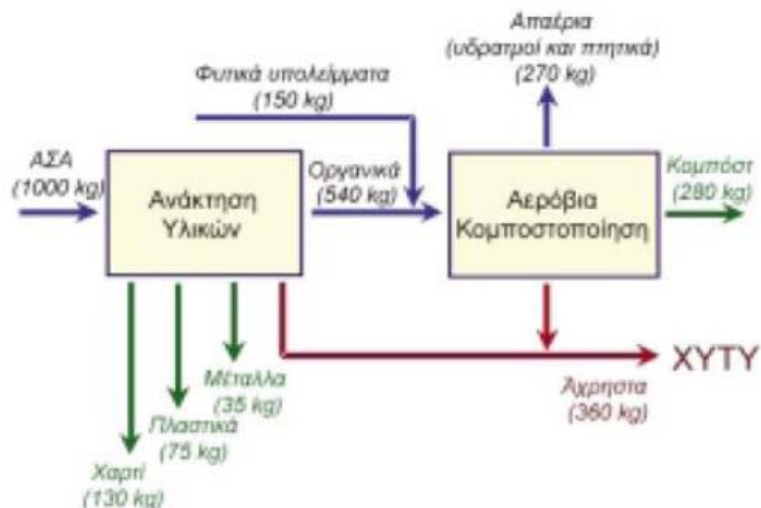
| Τεχνολογία | Προϊόντα |
|---|---|
| Μηχανική επεξεργασία + αερόβια κομποστοποίηση | <ul style="list-style-type: none"> • Ανακυκλώσιμα ή/και RDF • Βιοσταθεροποιημένο υλικό για κομπόστ, κάλυψη Χ.Υ.Τ.Α. ή αποκατάσταση εδαφών |
| Μηχανική επεξεργασία + αναερόβια χώνευση | <ul style="list-style-type: none"> • Ανακυκλώσιμα ή/και RDF • Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας • Βιοσταθεροποιημένο απόβλητο |

| | |
|---|--|
| Μηχανική επεξεργασία + αναερόβια χώνευση + αερόβια κομποστοποίηση | <ul style="list-style-type: none"> • Ανακυκλώσιμα ή/και RDF • Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας • Υλικό για αποκατάσταση εδαφών |
| Μηχανική επεξεργασία + βιολογική ξήρανση | <ul style="list-style-type: none"> • Ανακυκλώσιμα (μέταλλα) • SRF |

4.3.4.1 Αερόβια Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία

Οι εγκαταστάσεις αερόβιας Μηχανικής - Βιολογικής Επεξεργασίας είναι κατάλληλες για την επεξεργασία προδιαλεγμένου στην πηγή οργανικού κλάσματος, αλλά και σύμμεικτων αστικών απορριμμάτων. Η πρώτη περίπτωση συνήθως είναι προτιμότερη, τόσο για λόγους απλοποίησης των διεργασιών και μείωσης του κόστους, όσο και για λόγους καλύτερης ποιότητας του παραγόμενου κομπόστ (Θεοχάρη κ.α., 2006).

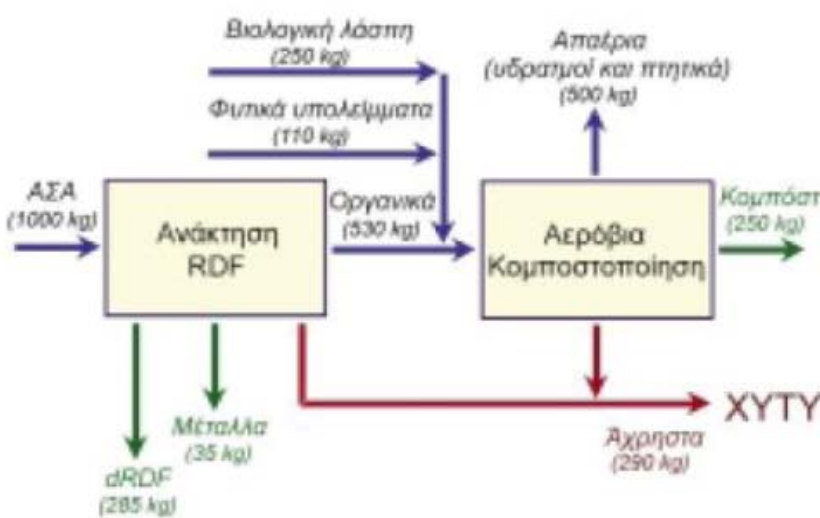
Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων μηχανικής επεξεργασίας και κομποστοποίησης ποικίλει ευρύτατα, ανάλογα με τον τύπο και τη σύνθεση των υλικών τροφοδοσίας, τα επιθυμητά προϊόντα ανάκτησης και την τεχνολογία του κατασκευαστή. Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζεται μια μεσαίου μεγέθους εγκατάσταση, η οποία περιλαμβάνει μονάδα ανάκτησης υλικών και μονάδα συνκομποστοποίησης του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ με φυτικά υπολείμματα.



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης αερόβιας ΜΒΕ με ανάκτηση υλικών (πηγή: Οικονομόπουλος, 2007).

Αντί για χειρωνακτική ανάκτηση του χαρτιού και των πλαστικών προς επαναχρησιμοποίηση, είναι δυνατός ο μηχανικός διαχωρισμός των υλικών αυτών για παραγωγή RDF, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μονάδες στοιχειομετρικής καύσης απορριμμάτων. Το RDF παράγεται είτε σε μορφή cRDF (coarse RDF), είτε σε μορφή

dRDF (dry RDF). Για την παραγωγή του dRDF απαιτείται πρόσθετη δαπανηρή και ενεργοβόρα επεξεργασία, που περιλαμβάνει ξήρανση και πελετοποίηση. Η παραγωγή του cRDF είναι απλή, το προϊόν όμως είναι κατάλληλο μόνο για άμεση καύση. Στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζεται μια τυπική εγκατάσταση, η οποία περιλαμβάνει μονάδα μηχανικής ανάκτησης RDF ακολουθούμενη από μονάδα κομποστοποίησης του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ αναμειγμένου με βιολογική λάσπη και φυτικά υπολείμματα.



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης αερόβιας ΜΒΕ με ανάκτηση RDF (πηγή: Οικονομόπουλος, 2007).

Μια εγκατάσταση αυτού του τύπου απαρτίζεται από τις ακόλουθες μονάδες (Θεοχάρη κ.α., 2006):

- Μονάδα ελέγχου και ζύγισης οχημάτων, που περιλαμβάνει το φυλάκιο ελέγχου και τις γεφυροπλάστιγγες. Σε αυτήν ελέγχεται, ζυγίζεται και καταγράφεται κάθε εισερχόμενο και εξερχόμενο όχημα μεταφοράς απορριμμάτων και υλικών.
- Μονάδα υποδοχής και τροφοδοσίας, που περιλαμβάνει τάφρους εκφόρτωσης των απορριμματοφόρων, γερανογέφυρες και αρπάγες για μεταφορά των απορριμμάτων, χόανες τροφοδοσίας με πλακοταινίες για έλεγχο της τροφοδοσίας και συστήματα διάνοιξης σάκων.
- Μονάδα μηχανικού διαχωρισμού, που περιλαμβάνει σύστημα χειρωνακτικού διαχωρισμού ογκωδών και ανεπιθύμητων αντικειμένων, σύστημα εσχάρωσης με περιστροφικά κόσκινα για απομάκρυνση τοξικών και άλλων αντικειμένων μικρού μεγέθους (1,5-2cm), συστήματα χειροδιαλογής υλικών (χαρτιού, χαρτονιού, πλαστικού, γυαλιού, σιδηρούχων μετάλλων και αλουμινίου) και δεματοποίησης

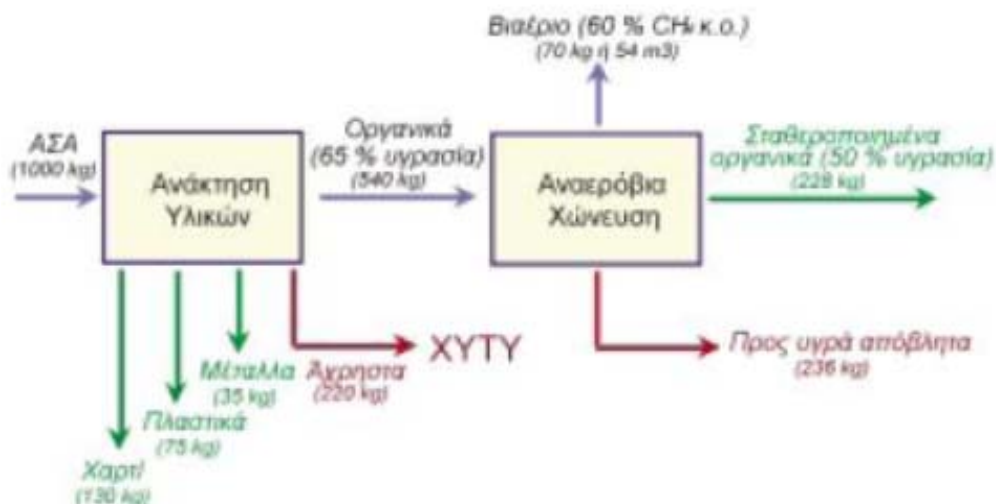
αυτών, σύστημα ομογενοποίησης με μηχανικό λειοτεμαχισμό, σύστημα μαγνητικού διαχωρισμού σιδηρούχων και αλουμινίου, καθώς και σύστημα αεροδιαχωρισμού για λήψη του ελαφρού κλάσματος που οδηγείται για κομποστοποίηση. Στις σύγχρονες μονάδες η ομογενοποίηση και ο διαχωρισμός επιτυγχάνονται με περιστροφικά κόσκινα για αυξημένη λειτουργική αξιοπιστία.

- Μονάδα βιοαποδόμησης, η οποία περιλαμβάνει σύστημα προσθήκης κλαδιών, χόρτων ή/και λάσπης βιολογικού σε συγκεκριμένες αναλογίες, καθώς και σύστημα κομποστοποίησης όπου, στη συνηθέστερη περίπτωση, τα οργανικά οδηγούνται σε κλειστό χώρο και τοποθετούνται σε σειράδια. Σε αυτά παραμένουν 4 έως 6 εβδομάδες υπό ελεγχόμενες συνθήκες υγρασίας και αερισμού με μηχανική ανάδευση.
- Μονάδα ωρίμανσης, συνήθως σε στεγασμένο χώρο, όπου το compost τοποθετείται σε σειράδια για περίπου τριάντα μέρες για ωρίμανση με βιολογική σταθεροποίηση.
- Μονάδα ραφινάρισματος, όπου το compost, αφού κοσκινιστεί διέρχεται μέσω συστήματος αεροδιαχωρισμού και βαλλιστικού διαχωρισμού για την απομάκρυνση προσμίξεων όπως γυαλί, σκληρά πλαστικά κ.α.

4.3.4.2 Αναερόβια Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία

Η αναερόβια επεξεργασία του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, γίνεται σε κλειστούς βιοαντιδραστήρες κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες με στόχο την ανάκτηση ενέργειας σε μορφή μεθανίου, τη μείωση του όγκου των ΑΣΑ και τη βιολογική σταθεροποίησή τους.

Στο Διάγραμμα 8 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής μιας τυπικής εγκατάστασης, η οποία περιλαμβάνει μονάδα ανάκτησης ανακυκλώσιμων υλικών ακολουθούμενη από μονάδα «Ξηρής» αναερόβιας χώνευσης του οργανικού κλάσματος. Αντί μονάδα ανάκτησης υλικών μπορεί να υπάρχει μονάδα ανάκτησης RDF, όπως και στη περίπτωση της αερόβιας Μηχανικής-Βιολογικής Επεξεργασίας. Μπορεί να υπάρχει και σύστημα προσθήκης βιολογικής ιλύος ή/και γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων σε ορισμένες αναλογίες για συνεπεξεργασία με το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ.



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης αναερόβιας ΜΒΕ με ανάκτηση υλικών (πηγή: Οικονομόπουλος, 2007).

Μια τυπική εγκατάσταση αναερόβιας επεξεργασίας περιλαμβάνει τα ακόλουθα λειτουργικά στάδια (Θεοχάρη κ.α., 2006):

- Μονάδα ελέγχου και ζύγισης, υποδοχής και τροφοδοσίας και μηχανικού διαχωρισμού. Σκοπός της μονάδας αυτής είναι η ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών ή/και η παραγωγή RDF από τα εισερχόμενα απορρίμματα, καθώς και ο διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος.
- Μονάδα αναερόβιας χώνευσης των οργανικών, η οποία περιλαμβάνει και σύστημα προσθήκης βιολογικής ιλύος ή/και γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων σε ορισμένες αναλογίες για συνεπεξεργασία. Η αναερόβια χώνευση γίνεται με τις ακόλουθες μεθόδους:
 - ❖ Υγρή αναερόβια χώνευση: Το υγρό τροφοδοσίας περιλαμβάνει ολικά στερεά 3 έως 8 %. Για να επιτευχθεί τόσο μεγάλη αραίωση απαιτείται προσθήκη και θέρμανση μεγάλων ποσοτήτων νερού, οι οποίες πρέπει να αφαιρεθούν μετά τη χώνευση. Στην απλούστερη περίπτωση η χώνευση γίνεται σε μονοβάθμιο μεσοφιλικό αντιδραστήρα, που όμως παρουσιάζει σοβαρά λειτουργικά προβλήματα. Για την επίλυση των προβλημάτων αυτών αναπτύχθηκε η χρήση δύο εν σειρά αντιδραστήρων, στον πρώτο από τους οποίους τα οργανικά υδρολύονται και διασπώνται σε οξέα και στο δεύτερο επιτυγχάνεται η μεθανογέννηση. Ο συνολικός υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι 5 έως 8 μέρες.

- ❖ «Ξηρή» αναερόβια χώνευση: Στη μέθοδο αυτή η χώνευση γίνεται σε μονοβάθμιους μεσοφιλικούς ή θερμοφιλικούς αντιδραστήρες συνεχούς ή περιοδικής λειτουργίας, στους οποίους το υλικό τροφοδοσίας περιέχει τουλάχιστον 25% στερεά.
- Μονάδα ωρίμανσης και ραφινάρισματος του προϊόντος της χώνευσης, η οποία είναι μακροχρόνια και στοχεύει στην απελευθέρωση του εγκλωβισμένου μεθανίου και στην εξάλειψη των φυτοτοξικών ουσιών. Για την αρχική μείωση της υγρασίας του προϊόντος χρησιμοποιούνται παχυντές βαρύτητας και συστήματα φυγοκέντρισης. Το υγρό κλάσμα που προκύπτει ανακυκλοφορεί μερικώς για την ρύθμιση της υγρασίας στα εισερχόμενα απόβλητα, ενώ το πλεόνασμα απαιτεί προχωρημένες τεχνολογίες επεξεργασίας λόγω των αυξημένων συγκεντρώσεων ρύπων. Σε κάθε περίπτωση το προϊόν της ωρίμανσης περιέχει αυξημένη υγρασία, που δεν επιτρέπει την ενσάκινση ή έστω την παρατεταμένη αποθήκευσή του. Για τη μείωση της υγρασίας στο επίπεδο του 35 έως 45% απαιτείται η χρήση φιλτροπρεσών. Ακόμα μεγαλύτερη ξήρανση επιτυγχάνεται με χρήση θερμών απαερίων.

Η επεξεργασία του βιοαερίου περιλαμβάνει απομάκρυνση του υδρόθειου και της περιεχόμενης υγρασίας. Συχνά αφαιρείται και η αμμωνία. Επιπλέον διαχωρισμός και αφαίρεση του CO₂, βελτιώνει τα χαρακτηριστικά του βιοαερίου σε επίπεδα φυσικού αερίου δικτύου. Το βιοαέριο αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται σε μηχανές συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Μέρος της παραγόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας στον αντιδραστήρα και για τις υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Η περίσσεια θερμική και ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διατεθεί σε δραστηριότητες εκτός εγκατάστασης.

4.4 Θερμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας

Η χρήση της Θερμικής Επεξεργασίας στη Διαχείριση των Απορριμμάτων, εκτός από τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς (π.χ. εκπομπές ρύπων) καθορίζεται επίσης από οικονομικούς περιορισμούς (συνολικό κόστος), τις διαμορφούμενες νομοθετικές και πολιτικές τάσεις, τις προτεραιότητες των αρμόδιων φορέων καθώς και από το τρέχον και προβλεπόμενο ενεργειακό περιβάλλον (τιμές συμβατικών καυσίμων) (Μουσιόπουλος & Καραγιαννίδης, 2002). Η μέθοδος Θερμικής Επεξεργασίας που τελικά θα εφαρμοσθεί εξαρτάται, εκτός των προαναφερόμενων παραγόντων και από το είδος των αποβλήτων που πρόκειται να επεξεργασθούν, την προέλευση τους (βιομηχανικά,

νοσοκομειακά, οικιακά, κ.λπ.), τα χαρακτηριστικά τους (επικίνδυνα, μολυσματικά, κ.λπ.) και τη σύσταση τους (χαρτί, ζυμώσιμα, κ.λπ.).

Οι σύγχρονες τάσεις της διαχείρισης σε παγκόσμιο επίπεδο, κινούνται προς την κατεύθυνση της ανάκτησης ενέργειας (Μουσιόπουλος & Καραγιαννίδης, 2002). Ο λόγος είναι ότι τα διάφορα επιμέρους κλάσματα των απορριμμάτων (χαρτί, πλαστικό, δέρμα, ξύλο, ύφασμα) παρουσιάζουν υψηλή θερμογόνο δύναμη και η διάθεσή τους στους χώρους υγειονομικής ταφής συνεπάγεται απώλεια ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι σημαντικότεροι στόχοι της Θερμικής Επεξεργασίας είναι:

- Η ελαχιστοποίηση της ποσότητας των αποβλήτων που οδηγούνται στους ΧΥΤΑ.
- Η αδρανοποίησή τους (μετατροπή τους σε υλικά λιγότερο επιβλαβή).
- Η εκμετάλλευση της θερμογόνου δύναμης τους προς ανάκτηση ενέργειας (θέρμανση, ηλεκτρικό ρεύμα, καύσιμη ύλη).
- Η μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης

Η θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ διαθέτει τα εξής βασικά πλεονεκτήματα (Μουσιόπουλος & Καραγιαννίδης, 2002):

- Μειώνει τον όγκο τους σε μεγάλο βαθμό (έως και 90%).
- Μειώνει τη μάζα τους έως και 70%.
- Μπορεί να σχεδιασθεί τόσο για μικρές όσο και για μεγάλες ποσότητες αποβλήτων.
- Επιτυγχάνεται ανάκτηση και αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας.
- Είναι ανταγωνιστική των συμβατικών καυσίμων (κάρβουνο, αέριο, πετρέλαιο) στην περίπτωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της Θερμικής Επεξεργασίας είναι:

- Υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας.
- Ανάγκη απασχόλησης εξειδικευμένου προσωπικού.
- Μη άμεση αξιοποίηση υλικών από τα απόβλητα.
- Δυσκολία αξιοποίησης της παραγόμενης θερμότητας (ιδίως σε μικρές εγκαταστάσεις).
- Χρήση δαπανηρών συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης της προκαλούμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- Εκπομπές επικίνδυνων ρύπων μέσω των καυσαερίων.

Τα συστήματα Θερμικής Επεξεργασίας καλούνται να συνεργασθούν με συστήματα αποκομιδής, σταθμούς μεταφόρτωσης απορριμμάτων, μονάδες ανάκτησης υλικών ή και κομποστοποίησης και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.

Οι τεχνικές Θερμικής Επεξεργασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Kalyani and Pandey, 2014):

- Αποτέφρωση – Καύση
- Αεριοποίηση
- Πυρόλυση
- Αεριοποίηση πλάσματος

4.4.1 Αποτέφρωση – Καύση

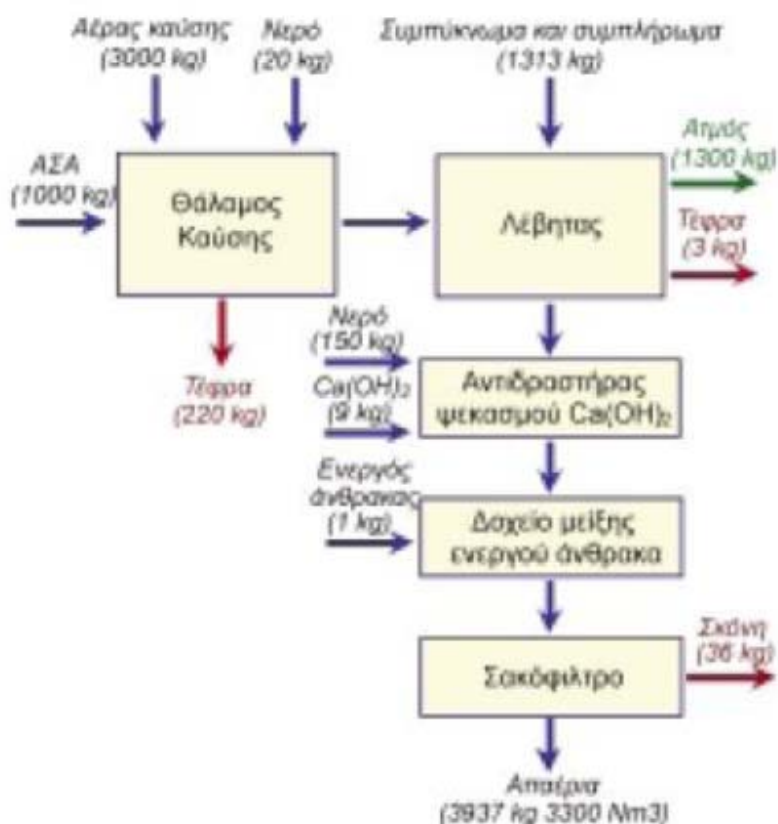
Η Αποτέφρωση ή Καύση των ΑΣΑ περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, με παρουσία φλόγας, για την οξείδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, δηλαδή την ένωσή τους με το οξυγόνο. Στόχος της αποτέφρωσης είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση και/ή η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία οξυγόνου, καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους (Cheng & Hu, 2010; Saqir & Backstrom, 2015). Αυτό πραγματοποιείται με χρήση είτε της απαιτούμενης στοιχειομετρικά ποσότητας αέρα είτε με περίσσεια αέρα. Οι προϋποθέσεις για την επίτευξη πλήρους καύσης των αποβλήτων είναι:

- Επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O₂) στην εστία καύσης.
- Επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης.
- Σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης - οξυγόνου).
- Συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση.
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης.

Κατά την καύση εκτός των τυπικών προϊόντων καύσης (διοξείδιο του άνθρακα, ατμός, μονοξείδιο του άνθρακα) παράγεται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων και μια σειρά άλλων ουσιών όπως διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, υδροχλώριο, υδροφθόριο, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ. (Kalyani and Pandey, 2014). Επίσης, κατά την καύση των στερεών αποβλήτων παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 25-40% του βάρους των εισερχομένων αποβλήτων. Η ποσότητα των υπολειμμάτων εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και τα τεχνικά

χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Διακρίνονται σε τέφρα που παράγεται στο χώρο της καύσης (απομακρύνονται μετά την εσχάρα), τέφρα από τους λέβητες (υπολείμματα τα οποία δημιουργούνται στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων και συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα), ιπτάμενη τέφρα και σκόνη που κατακρατείται στα φίλτρα (συγκεντρώνεται στις χοάνες κάτω από τα ηλεκτρόφιλτρα ή σακκόφιλτρα) και υπολείμματα τα οποία παράγονται από τα συστήματα καθαρισμού των αερίων.

Οι μονάδες αποτέφρωσης (Διάγραμμα 9) σχεδιάζονται ώστε να επεξεργάζονται είτε σύμμεικτα απόβλητα είτε εναλλακτικά καύσιμα που προέρχονται από την επεξεργασία των αποβλήτων (SRF-RDF). Διαφοροποιούνται τόσο σε σχέση με τον τύπο του συστήματος καύσης (κινούμενων εσχάρων, περιστρεφόμενου κλιβάνου, ρευστοποιημένης κλίνης) όσο και σε σχέση με το σύστημα ελέγχου της ρύπανσης (υγρή/ξηρή επεξεργασία αερίων, σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα, πλυντρίδες κ.α.). Για την επεξεργασία των σύμμεικτων αποβλήτων χρησιμοποιείται το σύστημα κινούμενων εσχάρων ενώ οι άλλοι τύποι συστημάτων καύσης χρησιμοποιούνται συνήθως για την αποτέφρωση επεξεργασμένων ρευμάτων αποβλήτων.



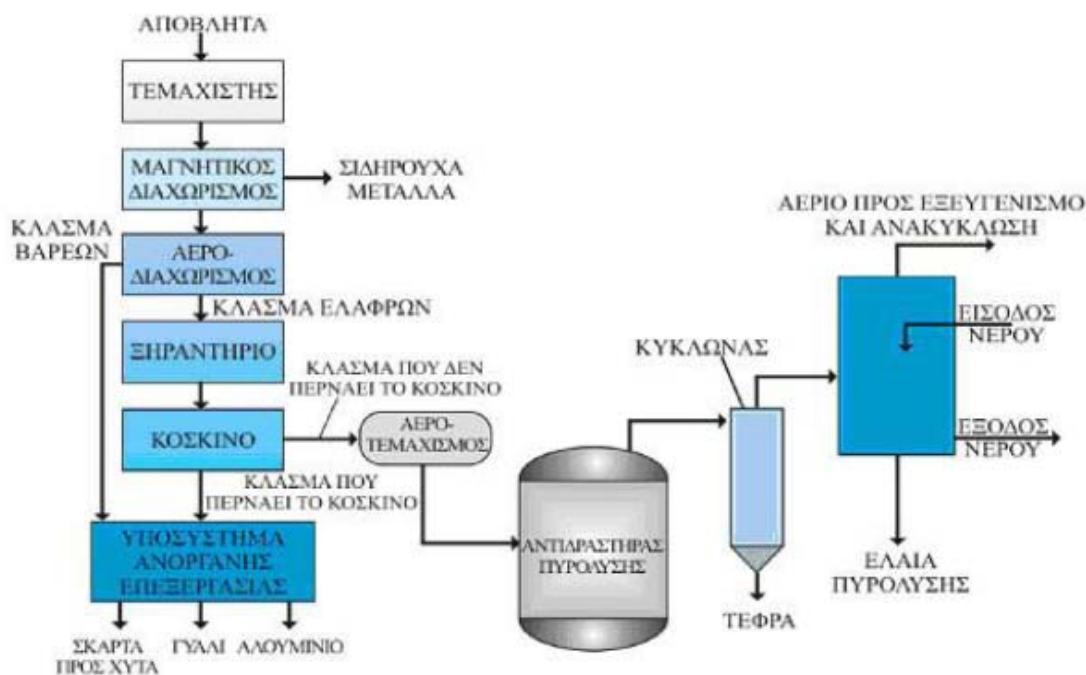
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης στοιχειομετρικής καύσης και συστήματος ελέγχου εκπομπών (πηγή: Οικονομόπουλος, 2007).

Όλες οι κατηγορίες υπολείμματος από τη θερμική επεξεργασία απαιτούν προσεκτική διαχείριση. Η διάθεση σε χώρο ταφής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την εκπλυσιμότητα των διαφόρων συστατικών που περιέχουν τα υπολείμματα αυτά. Η ιπτάμενη τέφρα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διαλυτών αλάτων, οργανικών και την υψηλότερη περιεκτικότητα από όλα τα κατάλοιπα σε χλωριωμένες οργανικές ενώσεις. Θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο και εφαρμόζονται μέθοδοι αδρανοποίησής της, εναλλακτικά διατίθεται σε χώρο διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων. Η τέφρα βάσης μπορεί να διατεθεί μετά την ψύξη της σε ΧΥΤΑ αλλά συνήθως αξιοποιείται στην οδοποιία (ΕΕΔΣΑ, 2015).

4.4.2 Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι μια σχετικά καινούρια θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, εντούτοις τα τελευταία 20 – 30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία των ΑΣΑ. Η πυρόλυση, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της (Demirbas, 2011).. Μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης στερεών απορριμμάτων, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα να οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των απορριμμάτων τους (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμή τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών.

Η πυρόλυση (Διάγραμμα 10) βασίζεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες οργανικές ουσίες είναι θερμικά ασταθείς και κατά τη θέρμανσή τους απουσία οξυγόνου διαχωρίζονται μέσω ενός συνδυασμού θερμικής διάσπασης και συμπύκνωσης σε αέρια, υγρά και στερεά κλάσματα (Demirbas, 2011). Η πυρολυτική διεργασία σε αντίθεση με την καύση και την αεριοποίηση (αναλύεται παρακάτω) είναι ισχυρά ενδόθερμη και για τη διεξαγωγή της απαιτείται εξωτερική πηγή ενέργειας. Βασικές παράμετροι για την εφαρμογή της αποτελούν η σύσταση των στερεών αποβλήτων, η θερμογόνος δύναμή τους, η περιεχόμενη υγρασία κ.λ.π.



Διάγραμμα 10: Διάγραμμα ροής διαδικασίας πυρόλυσης (πηγή: Γιαδαράκος, 2006)

Κατά την πυρόλυση των στερεών αποβλήτων, τα προϊόντα που παράγονται είναι (Habib et al, 2013):

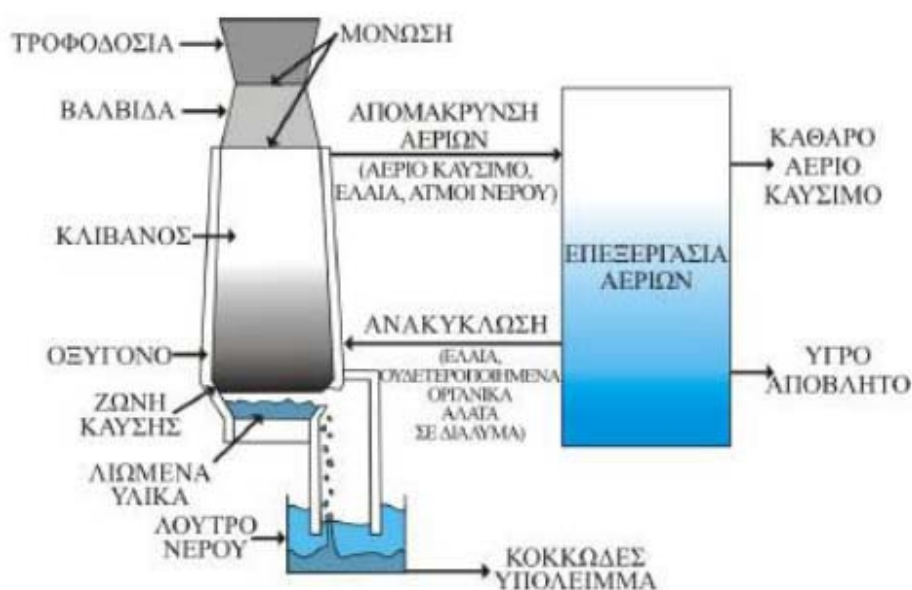
- Αέρια: Αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και διάφορα άλλα αέρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων.
- Υγρά: Το υγρό κλάσμα, είναι ελαιώδες με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες και περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη) καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες. Με περαιτέρω επεξεργασία το κλάσμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνθετικό καύσιμο.
- Στερεά: Το στερεό υπόλειμμα περιέχει σχεδόν καθαρό άνθρακα και τυχόν αδρανή υλικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα.

4.4.3 Αεριοποίηση

Κατά την αεριοποίηση γίνεται μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καυσίμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500° C) (Belgiorno et al., 2003).

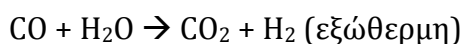
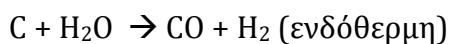
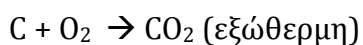
Η αεριοποίηση (Διάγραμμα 11) έχει ομοιότητες με την πυρόλυση, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζει και βασική διαφορά κατά την εφαρμογή της, αφού η μεν πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή

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



Διάγραμμα 11: Διεργασία αεριοποίησης (πηγή: Γιαδαράκος, 2006).

Μέσω της αεριοποίησης επιτυγχάνεται η παραγωγή καύσιμου αερίου πλούσιο σε H₂ και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο). Οι κύριες αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τη διαδικασία της αεριοποίησης είναι (Νταρακάς, 2014):



Η θερμότητα για τη διατήρηση της διεργασίας προέρχεται από τις εξώθερμες αντιδράσεις, ενώ τα καύσιμα προϊόντα παράγονται κυρίως μέσω των ενδόθερμων αντιδράσεων. Οι βασικοί τύποι εγκαταστάσεων αεριοποίησης είναι (Belgiorno et al., 2003):

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

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι (Habib et al, 2013):

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

4.4.4 Αεριοποίηση πλάσματος

Ο όρος πλάσμα (plasma) περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι μερικά ή ολικά ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας αποβλήτων με την τεχνική του πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος συνήθως με τη βοήθεια της θερμότητας που δημιουργείται από ηλεκτρική αντίσταση τόξου στήλης πλάσματος. Το τόξο αυτό βρίσκεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (άνοδος και κάθοδος) και αποτελείται από ένα ηλεκτρικά αγωγίμο αέριο, μετατρέποντας έτσι τον ηλεκτρισμό σε θερμότητα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του αερίου μπορεί να υπερβεί τους 6.000°C. Το αέριο σε κατάσταση πλάσματος, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη χημική δραστηριότητα συγκριτικά με τα περισσότερα αέρια σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε μια ποικιλία χημικών διαδικασιών (Zhang & Huang 2014).. Τα πλεονεκτήματα από τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας αυτής προκύπτουν κατά κύριο λόγο από την υψηλή κινητική ενέργεια που χαρακτηρίζει τα ιόντα και τα ηλεκτρόνια του πλάσματος, αλλά και τα άτομα του ουδετέρου αερίου. Η μερική μεταφορά αυτής της ενέργειας στις χημικές ενώσεις κάνει δυνατές χημικές αντιδράσεις, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από τις εξώθερμες αντιδράσεις των συμβατικών διαδικασιών καύσης.

Εφαρμόζοντας την τεχνική του πλάσματος, λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση / υαλοποίηση του περιεχομένου των εισερχομένων στερεών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, υπό την επίδραση των πολύ υψηλών θερμοκρασιών, το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζει το αέριο σύνθεσης (μίγμα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου) και απαέρια. Ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να λάβει χώρα η καταστροφή των οργανικών ενώσεων εξαρτάται από την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας και το χρόνο παραμονής των οργανικών ενώσεων στην ιονισμένη ατμόσφαιρα ή σε υψηλή θερμοκρασία. Παράλληλα, το ανόργανο μέρος των αποβλήτων μετατρέπεται σε τηγμένο υπόλειμμα, το οποίο μετά από ψύξη σχηματίζει ένα σταθερό, αδρανές, υψηλής πυκνότητας υαλώδες υλικό.

Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας του πλάσματος είναι (Zhang & Huang 2014).:

- Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης, το οποίο προκύπτει από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών (οργανικό μέρος των αποβλήτων) του εισερχόμενου ρεύματος. Η σύσταση του αερίου καθώς και το ενεργειακό του περιεχόμενο, εξαρτώνται άμεσα από το είδος και το οργανικό περιεχόμενο του εισερχόμενου προς επεξεργασία ρεύματος αποβλήτων. Το παραπάνω μίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδοτικό καύσιμο στη μονάδα πλάσματος μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το λειτουργικό κόστος ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εμπορεύσιμο προϊόν.
- Το υαλώδους μορφής αδρανές υλικό, το οποίο δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων. Το υπόλειμμα αυτό είναι ομογενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. κατασκευή δρόμων).
- Τα απαέρια, τα οποία ύστερα από κατάλληλα επεξεργασία διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Αναφορικά με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των εκπομπών από μονάδες που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του πλάσματος, ισχύουν τα ίδια όρια με τις υπόλοιπες μονάδες θερμικής επεξεργασίας.
- Τα υγρά απόβλητα, τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων. Ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αυτών, είναι δυνατόν να απαιτείται εγκατάσταση επεξεργασίας τους έτσι ώστε να είναι ασφαλής η τελική τους διάθεση.

4.5 Τελική διάθεση – Υγειονομική Ταφή

Η Κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική εστιάζει στο σχεδιασμό, εγκατάσταση και λειτουργία χώρων ελεγχόμενης απόθεσης των στερεών αποβλήτων – απορριμμάτων, μέσω εφαρμογής της μεθόδου της υγειονομικής ταφής. Όλες οι άλλες μέθοδοι διαχείρισης των στερεών αποβλήτων (θερμικές μέθοδοι, μηχανική διαλογή, βιολογικές μέθοδοι) οδηγούν ανάμεσα σε άλλα, στην παραγωγή καταλοίπων για τα οποία είναι απαραίτητη η τελική διάθεση. Έτσι η υγειονομική ταφή δεν είναι απλά μια εναλλακτική τεχνική διάθεσης στερεών αποβλήτων, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο στάδιο της συνολικής διαχείρισής τους (ΕΣΔΑ, 2015). Ένας σύγχρονος χώρος διάθεσης θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί με γνώμονα τη διασφάλιση συνθηκών ευστάθειας, να διαθέτει σύστημα αντιπυρικής προστασίας, δίκτυο απορροής όμβριων υδάτων και σύστημα διαχείρισης των στραγγισμάτων, σύστημα μόνωσης και στεγανοποίησης για την αποφυγή ρύπανσης των υπογείων υδάτων, σύστημα αξιοποίησης του παραγόμενου βιοαερίου και σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης του Χ.Υ.Τ.Α.

Η επιλογή για την κατάλληλη θέση για τη δημιουργία ΧΥΤΑ προϋποθέτει τη συναξιολόγηση τεχνολογικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών παραμέτρων (Ανδρεαδάκης κ.α., 2008). Ο γενικός στόχος για τη διάθεση απορριμμάτων είναι να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις του χώρου διάθεσης.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για τη σωστή αξιολόγηση αποτελούν η επάρκεια και διαθεσιμότητα πληροφοριών σχετικά με την ή τις περιοχές μελέτης, που πρέπει να εμπεριέχουν στοιχεία όπως:

- Χάρτες και λοιπά στοιχεία αποτύπωσης της περιοχής (τοπογραφικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες, κυκλοφοριακοί χάρτες, γεωλογικούς και υδρογεωλογικούς χάρτες, υδρογεωλογικά και μετεωρολογικά στοιχεία).
- Οι προοπτικές ανακύκλωσης ή καύσης των απορριμμάτων στο εγγύς μέλλον.
- Στοιχεία για τους υφιστάμενους χώρους υγειονομικής ταφής και δυνατότητες επέκτασής τους, αντί να κατασκευασθεί νέος ΧΥΤΑ.
- Το κόστος κατασκευής του νέου ΧΥΤΑ.

Σε συνδιασμό με τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να προσδιορίζονται και να συναξιολογούνται οι ελάχιστες αποστάσεις του προτεινόμενου χώρου διάθεσης απορριμμάτων από: α) οικισμούς, αρχαιολογικούς χώρους, ευαίσθητα οικοσυστήματα ή

περιοχές μεγάλου φυσικού κάλους, β) το επιφανειακό δίκτυο απορροής, γ) τον υπόγειο ορίζοντα, που πρέπει να είναι χαμηλά, για να προστατεύονται τα υπόγεια νερά και δ) τον χώρο παραγωγής των απορριμμάτων (αυτή δεν πρέπει να είναι μεγάλη, γιατί το κόστος μεταφοράς αυξάνει με την απόσταση). Επίσης, θα πρέπει να παίρνονται υπόψη και παράμετροι όπως: α) η υδραυλική αγωγιμότητα των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων (αυτή πρέπει να είναι μικρή, ώστε να προστατεύονται τα υπόγεια νερά), β) η ένταση και η διεύθυνση των ανέμων, σε σχέση με τη θέση των πλησιέστερων οικισμών, γ) η οπτική απόκρυψη του Χ.Υ.Τ.Α. από γειτονικούς οικισμούς, δρόμους μεγάλης κυκλοφορίας κ.τ.λ., δ) η χρήση γης στην εξεταζόμενη περιοχή, η οικονομική της αξία και το παραγωγικό της δυναμικό, ε) η χωρητικότητα του Χ.Υ.Τ.Α., που πρέπει να επαρκεί για σημαντικό αριθμό ετών, στ) η κατάσταση του οδικού δικτύου μεταξύ του προτεινόμενου Χ.Υ.Τ.Α. και του χώρου παραγωγής των απορριμμάτων (με ανεπαρκές δίκτυο, θα απαιτηθεί η κατασκευή δαπανηρών έργων οδοποιίας, πριν από την έναρξη λειτουργίας του χώρου) και ζ) η ύπαρξη επαρκούς ποσότητας χώματος, σε μικρή απόσταση από τον Χ.Υ.Τ.Α., για την καθημερινή χωματοκάλυψη των απορριμμάτων.

Τα τεχνικά κριτήρια που απαραίτητα πρέπει να συνοδεύουν μια μελέτη αξιολόγησης εναλλακτικών χώρων διάθεσης απορριμμάτων κατατάσσονται στις ακόλουθες βασικές κατηγορίες (Ανδρεαδάκης κ.α., 2008):

- Γεωτεχνικά κριτήρια
- Γεωλογικά-Υδρογεωλογικά κριτήρια
- Τοπογραφία περιοχής
- Χωροταξική καταλληλότητα περιοχής
- Περιβαλλοντικές παράμετροι
- Λειτουργικότητα

Κεφάλαιο 5

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Μεθόδων Διαχείρισης Α.Σ.Α.

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις των μεθόδων διαχείρισης των ΑΣΑ αφορούν στην υγειονομική ταφή και καύση και προκαλούνται κυρίως από τις εκπομπές οργανικών ρύπων, αερίων του θερμοκηπίου, πτητικών βαρέων μετάλλων, αλλά και από διαρροές στραγγισμάτων στο υπέδαφος που μεταφέρουν υψηλά ρυπαντικά φορτία (Μαναριώτης & Γιαννόπουλος, 2005). Σοβαρά προβλήματα είναι δυνατό να προκληθούν και από τη διαφυγή άλλων ενώσεων από μονάδες καύσης και υγειονομικής ταφής. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά οι κύριες επιπτώσεις των δύο αυτών μεθόδων διαχείρισης αλλά και των υπόλοιπων διεργασιών.

5.1 Υγειονομική Ταφή

Οι κύριες περιβαλλοντικές πιέσεις από την υγειονομική ταφή, ως τεχνολογίας τελικής διάθεσης των στερεών αποβλήτων σε ΧΥΤΑ, είναι τοπικές, αλλά και ευρύτερες ή παγκόσμιες. Οι πιο σημαντικές πιέσεις περιλαμβάνουν (Hanan et al, 2013; Hung et al, 2007; Rentizelas et al 2014):

- Ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων με τοξικές ουσίες, βαρέα μέταλλα και θρεπτικά, μέσω των στραγγισμάτων των αποβλήτων, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα οικοτοξικότητας και ευτροφισμού.
- Οχλήσεις γειτονικών περιοχών κατά τη λειτουργία των ΧΥΤΑ, λόγω εκπομπών σκόνης και θορύβου και οσμών.
- Σημαντική συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω εκπομπής κυρίως μεθανίου (CH₄) αλλά και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- Χρήση γης, συμπεριλαμβανομένης και της απώλειας φυσικών εκτάσεων.
- Εμφάνιση προβλημάτων υγείας στους γειτονικούς πληθυσμούς, λόγω έκθεσής τους σε ενώσεις που ελευθερώνονται στον αέρα, τα ύδατα και το έδαφος.

- Αύξηση δημόσιων δαπανών για παρακολούθηση και αποκατάσταση περιβάλλοντος, λόγω μόνιμης απώλειας πόρων και ανάγκης ελέγχου ρύπανσης των ΧΥΤΑ.

Η έκταση των επιπτώσεων ποικίλει ανάλογα με τον τύπο των στερεών αποβλήτων, την κατασκευή και λειτουργία του ΧΥΤΑ, την απόσταση από το χώρο και τις υδρολογικές συνθήκες (Liu et al, 2014; Zurbrügg et al, 2012).

5.2 Καύση

Η καύση των αποβλήτων συνεισφέρει σε εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα (αέριων ενώσεων, τέφρας, σκόνης και αιθάλης), υγρά απόβλητα, υπολείμματα και οσμές. Η κύρια δυνητική επίπτωση είναι η απελευθέρωση διάφορων επικίνδυνων ρύπων στην ατμόσφαιρα (Tchobanoglous & Kreith, 2002; Rentizelas et al, 2014).

Εκπομπή αέριων ρύπων: οι σχετικοί με την καύση αέριοι ρύποι περιλαμβάνουν τα εξαερώσιμα λόγω της θερμότητας στερεά ή άλλες ενώσεις που δημιουργούνται μέσω των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της καύσης. Οι κυριότεροι αέριοι ρύποι μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής (Ανδρεαδάκης κ.ά., 2000):

- **Προϊόντα ατελούς καύσης:** περιλαμβάνουν ενώσεις όπως μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες που δεν έχουν καεί, πτητικές οργανικές ενώσεις και πολυκυκλικές οργανικές ενώσεις, όπως οι διοξίνες και οι φουράνες. Η εκπομπή των ενώσεων αυτών είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης του άνθρακα των προς καύση στερεών και της βοηθητικής καύσιμης ύλης λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας και/ή της ανεπάρκειας του αέρα κατά τη διάρκεια της καύσης.
- **Οξείδια του Αζώτου NO_x:** είναι αποτέλεσμα δύο κυρίως αντιδράσεων καύσης, υπό υψηλές θερμοκρασίες το άζωτο των ΑΣΑ είναι δυνατό να αντιδράσει με περίσσεια οξυγόνου και να δημιουργήσει NO_x είτε μέσω του ατμοσφαιρικού αζώτου το οποίο αντιδρά με περίσσεια οξυγόνου σε υψηλές θερμοκρασίες. Συνέπεια των NO_x είναι η δημιουργία αέριων οξέων στην ατμόσφαιρα όταν αντιδρούν με την υγρασία και συντελούν στη δημιουργία του νέφους.
- **Αέρια οξέα:** οι εκπομπές από τις μονάδες αποτέφρωσης αποτελούν ένα μικρό μόνο ποσοστό των συνολικών εκπομπών από διαδικασίες καύσης.
- **Βαρέα μέταλλα:** αποτελούν μέρος των συνολικών σωματιδιακών ενπομπών από τους αποτεφρωτές. Πηγή των μετάλλων είναι η τέφρα.

- **Σωματίδια:** η ρύπανση λόγω σωματιδίων οφείλεται στα στερεά τα οποία αποβάλλονται από τους αποτεφρωτές.

Υγρά απόβλητα: προέρχονται από την επεξεργασία των απαερίων και την απομάκρυνση των στερεών καταλοίπων. Τα μεν πρώτα συνήθως περιέχουν βαρέα μέταλλα, ενώ τα δεύτερα περιέχουν κυρίως άλατα και άκαυστα οργανικά. Είναι έντονα αλκαλικά και περιέχουν πολλά αιωρούμενα σωματίδια και βαρέα μέταλλα.

Στερεά απόβλητα: περιέχουν γενικώς τους ίδιους ρύπους με τις αέριες εκπομπές, αλλά σε διαφορετικές αναλογίες και συγκεντρώσεις.

Οι λοιπές περιβαλλοντικές επιπτώσεις συνοψίζονται ως εξής (Ανδρεαδάκης κ.α., 2000):

- **Οπτική παρενόχληση:** λόγω του μεγάλου ύψους των καπνοδόχων που υποβοηθούν την διασπορά των αερίων. Επίσης, συχνά απαιτείται οι αέριες εκπομπές να μην είναι ορατές.
- **Οσμές:** σχετίζονται μόνο με τις σποραδικές διαφυγές από την εγκατάσταση ή από τα στερεά πριν από την αποτέφρωσή τους. Αντιμετωπίζεται με την αποτελεσματική λειτουργία της εγκατάστασης καύσης.
- **Θόρυβοι:** λόγω του μηχανολογικού εξοπλισμού π.χ. των εξαεριστήρων των μονάδων.
- **Κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες:** μια εγκατάσταση μπορεί να δημιουργήσει θέσεις εργασίας και να αύξηση την οικονομική δραστηριότητα της περιοχής. Ταυτόχρονα, όμως έχει και αρνητικές επιπτώσεις στην αξία των ακινήτων της περιοχής αλλά και σε τοπικές βιομηχανίες, κυρίως βιομηχανίες τροφίμων.
- **Διαφυγή σκόνης:** όταν ο αποτεφρωτής λειτουργεί σε θετική πίεση ή όταν τα συστήματα διαχείρισης της τέφρας δεν είναι ερμητικά κλειστά, παρατηρείται διαφυγή σκόνης, η οποία ελαχιστοποιείται με εφαρμογή υγρών συστημάτων διαχείρισης τέφρας.
- **Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα:** το οποίο συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όμως όταν εφαρμόζεται επανάκτηση ενέργειας δεν προκύπτει καθαρή πρόσθετη απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα.
- **Διάθεση της τέφρας:** μπορεί να διατεθεί κάτω από τις ίδιες συνθήκες που διατίθενται τα οικιακά απορρίμματα αφού πρώτα υποστεί μια συμβατική μηχανική προεπεξεργασία. Σε ανάπτυξη βρίσκεται τεχνολογία αδρανοποίησης της ιπτάμενης

τέφρας, η οποία θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο, που τη μετατρέπει σε υλικό χρήσιμο για οδοποιία, δομικές εφαρμογές κ.α.

Οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, η ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων, καθώς επίσης και η θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ από τη διεθνή νομοθεσία, μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αυξήσουν τα οφέλη από τη λειτουργία τέτοιων μονάδων (Habib et al, 2013).

5.3 Πυρόλυση-Αεριοποίηση

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις από τις διεργασίες της πυρόλυσης και της αεριοποίησης έχουν να κάνουν με τα προϊόντα των διεργασιών αυτών (Λάλας κ.α., 2007):

- **Αέρια:** πλούσια σε υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, κ.α.
- **Υγρά:** μεγάλοι ιξώδους και ελαιώδους σύστασης, που περιέχουν κετόνες, υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις.
- **Στερεά:** υπολείμματα με κύριο συστατικό τον άνθρακα και ορισμένα ανόργανα υλικά όπως μέταλλα, γυαλί κ.α.

Όλα τα προϊόντα (αέρια, υγρά, στερεά) των διεργασιών της πυρόλυσης και της αεριοποίησης μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω για την παραγωγή ενέργειας και ως εκ τούτου την αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχόμενου των αποβλήτων.

Οι μέθοδοι της πυρόλυσης και της αεριοποίησης, λόγω της χρήσης μηδενικών ή ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου-αέρα, παράγουν μικρότερες ποσότητες απαερίων. Επιπλέον, στις διεργασίες αυτές ένας μεγάλος αριθμός ρύπων παραμένει στην παραγόμενη τέφρα, χωρίς να μεταφέρεται στην αέρια φάση και να επιβαρύνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το παραγόμενο αέριο χρησιμοποιείται περαιτέρω ως καύσιμο, πολλές φορές περιορίζει τον αριθμό και το είδος των αναγκαίων τεχνολογιών αντιρρύπανσης (Zhang & Huang, 2014)..

5.4 Λιπασματοποίηση (Κομποστοποίηση)

Τα κυριότερα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με τη λιπασματοποίηση αφορούν στις αέριες εκπομπές, συμπεριλαμβανομένων των οσμών, την πιθανή

ρύπανση των υδάτων από τα στραγγίσματα της διεργασίας, τη ρύπανση του εδάφους κατά τη χρήση του κομπόστ, το θόρυβο, τη διάδοση μικροοργανισμών και την κατανάλωση ενέργειας. Πιο αναλυτικά (Λάλας κ.α., 2007):

- **Αέρια:** οι αέριες εκπομπές επηρεάζονται σημαντικά από τον τύπο της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, με ανοικτά συστήματα να παρουσιάζουν περισσότερες εκπομπές, που δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν. Τα κυριότερα προβλήματα εστιάζονται στις εκπομπές βιο-αεριολυμάτων, πτητικών οργανικών ενώσεων, οσμών και σκόνης.
- **Υγρά:** η απορροή του νερού της βροχής σε ανοικτά συστήματα καθώς και τα στραγγίσματα που πιθανόν να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια της λιπασματοποίησης μπορούν να ρυπάνουν επιφανειακά και υπόγεια νερά, αν διαφύγουν στο περιβάλλον χωρίς επεξεργασία και μπορεί να αντιμετωπιστεί με απλά μέτρα κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία της εγκατάστασης.
- **Έδαφος:** η ρύπανση του εδάφους από ρυπαντές και προσμίξεις που μπορεί να υπάρχουν στο κομπόστ, οι οποίες μπορούν αντιμετωπισθούν από την εφαρμογή των προδιαγραφών που θεσπίζουν ανώτατα επιτρεπόμενα όρια για ανεπιθύμητες ουσίες όπως τα βαρέα μέταλλα, κάποιες οργανικές ενώσεις και ξένες προσμίξεις, όπως το γυαλί και το πλαστικό, καθώς και κατώτατα όρια για κάποια επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως η οργανική ουσία.
- **Θόρυβος:** υπάρχουν δύο βασικές πηγές θορύβου στις εγκαταστάσεις λιπασματοποίησης, οι θρυμματιστές και το προειδοποιητικό σήμα οπισθοκίνησης των φορτωτών, οι οποίοι μπορούν να αντιμετωπισθούν με κατάλληλη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων.
- **Παθογόνοι μικροοργανισμοί:** η παρουσία παθογόνων είναι ένα σημαντικό θέμα δημόσιας υγείας που ρυθμίζει τις δυνατότητες χρήσης του κομπόστ και για αυτό όλες οι χώρες έχουν συμπεριλάβει υγειονομικά κριτήρια ποιότητας του κομπόστ, τόσο για παθογόνους μικροοργανισμούς για τον άνθρωπο, όσο και για τα ζώα και τα φυτά.

5.5 Αναερόβια χώνευση

Όπως και στην περίπτωση της λιπασματοποίησης, έτσι και στην αναερόβια χώνευση τα κυριότερα περιβαλλοντικά θέματα αφορούν στις αέριες εκπομπές, συμπεριλαμβανομένων των οσμών, την πιθανή ρύπανση των υδάτων από τα στραγγίσματα της διεργασίας, τη ρύπανση του εδάφους κατά τη χρήση της χωνεμένης

λύος, το θόρυβο και τη διάδοση παθογόνων μικροοργανισμών. Πιο αναλυτικά (Λάλας κ.α., 2007):

- **Αέρας:** οι αέριες εκπομπές της αναερόβιας χώνευσης σχετίζονται με την καύση του βιοαερίου και συνίστανται κυρίως σε οξείδια του αζώτου και του θείου και δευτερεύοντος σε άλλα προϊόντα της καύσης. Οι εκπομπές αυτές είναι παρόμοιες με τις εκπομπές από την καύση φυσικού αερίου, με ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα SO_x λόγω του υδρόθειου που περιέχει το βιοαέριο. Κατά την αναερόβια χώνευση οσμές παράγονται μόνο κατά την προετοιμασία του ρεύματος τροφοδοσίας και την επεξεργασία της χωνεμένης ύλης, οι οποίες λαμβάνουν χώρα εκτός του βιοαντιδραστήρα.
- **Νερά:** κατά την αναερόβια χώνευση υπάρχει περίσσεια νερού, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί εντός της διεργασίας. Αν δεν πραγματοποιείται ανακύκλωση παράγονται περίπου 100-300m³ υγρών αποβλήτων, τα οποία απαιτούν επεξεργασία είτε στην ίδια την εγκατάσταση είτε στο βιολογικό καθαρισμό της πόλης εφόσον γίνουν δεκτά.
- **Έδαφος:** οι κίνδυνοι για πιθανή ρύπανση του εδάφους από τηνεφαρμογή της χωνεμένης ύλης είναι ίδιοι με την περίπτωση της λιπασματοποίησης.
- **Θόρυβος:** επειδή η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε κλειστά κτίρια μειώνονται και οι εκπομπές θορύβου, ωστόσο δημιουργούνται κάποια προβλήματα κυρίως από τη λειτουργία των ανεμιστήρων και των αντλιών κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- **Παθογόνοι μικροοργανισμοί:** λόγω της υψίστης σημασίας που έχει η προστασία της δημόσιας υγείας από τον κίνδυνο διάδοσης μολυσματικών ασθενειών, όλες οι χώρες έχουν θεσπίσει κριτήρια για την υγιεινοποίηση των αποβλήτων.

5.6 Μηχανική επεξεργασία

Όπως όλες οι διεργασίες και εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, μηχανική επεξεργασία των αποβλήτων δημιουργεί μια σειρά περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον αέρα, τα νερά, το έδαφος και τον άνθρωπο. Το είδος και το μέγεθος αυτών των επιπτώσεων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό, τους στόχους της μονάδας και τα διαχωριζόμενα προϊόντα. Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται τα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με τις διεργασίες προετοιμασίας και διαχωρισμού των αποβλήτων, δηλαδή το τμήμα της μηχανικής επεξεργασίας (Νταρακάς, 2014):

- **Αέρας:** οι κυριότερες αέριες εκπομπές από τις διεργασίες σε μια μονάδα μηχανικής επεξεργασίας είναι οι οσμές και η σκόνη, οι μεν οσμές αντιμετωπίζονται με κατάλληλη χωροθέτηση της μονάδας και χρήση κατάλληλων τεχνολογιών ελέγχου οσμών, η δε σκόνη με την παροχή αποτελεσματικού αερισμού, για την προστασία των εργαζομένων και του συνολικού πληθυσμού. Συνήθως ο αέρας στα κτίρια της εγκατάστασης διατηρείται υπό πίεση και συλλέγεται προς επεξεργασία σε βιόφιλτρα ή συστήματα θερμικής και χημικής οξείδωσης απαερίων.
- **Νερά:** κατά τη μηχανική επεξεργασία και διαχωρισμό σύμμεικτων αποβλήτων με υψηλή περιεκτικότητα βιοαποδομήσιμων, μπορούν να παραχθούν ποσότητες στραγγισμάτων. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για τη συλλογή και επεξεργασία τους.
- **Έδαφος:** κατά το μηχανικό διαχωρισμό των απορριμμάτων ένα ποσοστό 10-15 % κ.β. του εισερχομένου ρεύματος απορρίπτεται ως ακατάλληλο προς ανάκτηση/αξιοποίηση. Ανάλογα με το σχεδιασμό και το βασικό στόχο επεξεργασίας της μονάδας, καθώς και τις διαθέσιμες αγορές, ένα πολύ μεγαλύτερο ποσοστό μπορεί να χρειασθεί εδαφική διάθεση. Αν η εγκατάσταση συνοδεύεται από δική της μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης του RDF, τότε παράγονται τέφρες που και αυτές με τη σειρά τους απαιτούν εξειδικευμένη εδαφική διάθεση.
- **Θόρυβος:** καθώς η επεξεργασία των απορριμμάτων λαμβάνει χώρα σε κλειστά κτίρια υπάρχουν σχετικά χαμηλά επίπεδα θρύβου, η μεγαλύτερη πηγή όχλησης και θορύβου προέρχεται από την κυκλοφορία των απορριμματοφόρων οχημάτων που προσεγγίζουν την εγκατάσταση.
- **Παθογόνοι μικροοργανισμοί:** ο κίνδυνος επαφής με παθογόνα αφορά τους εργαζόμενους στη μονάδα για τους οποίους θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας. Ένα θέμα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και αφορά τον γενικό πληθυσμό που γειτνιάζει με την μονάδα είναι η πιθανή εκπομπή βιοαερολυμάτων, δηλαδή βιολογικά ενεργών συστατικών που αιωρούνται στον αέρα με τη μορφή σκόνης και μπορεί να περιλαμβάνουν μύκητες και τα σπορία τους, βακτήρια, ακτινομύκητες, ενδοτοξίνες και μυκοτοξίνες.

Κεφάλαιο 6

Δήμος Τρικκαίων – Υφιστάμενη Κατάσταση

6.1 Περιγραφή Δήμου Τρικκαίων¹

Ο Δήμος Τρικκαίων, με έδρα τα Τρίκαλα, αποτελεί έναν από του τέσσερις Δήμους της Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων. Διοικητικά υπάγεται στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, η οποία χαρακτηρίζεται από την κεντρική – ανατολική θέση της στον ηπειρωτικό κορμό της χώρας. Γενικά, όπως φαίνεται και από τον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 1), ο Δήμος Τρικκαίων γεωγραφικά καταλαμβάνει το κεντρικό μέρος του Ν. Τρικάλων και συνορεύει προς βορρά με τον Δήμο Καλαμπάκας, ανατολικά με τον Δήμο Φαρκαδόνας, νοτιοδυτικά με τον Δήμο Πύλης και νότια με τον Δήμο Μουζακίου της Περιφερειακής Ενότητας Καρδίτσας.

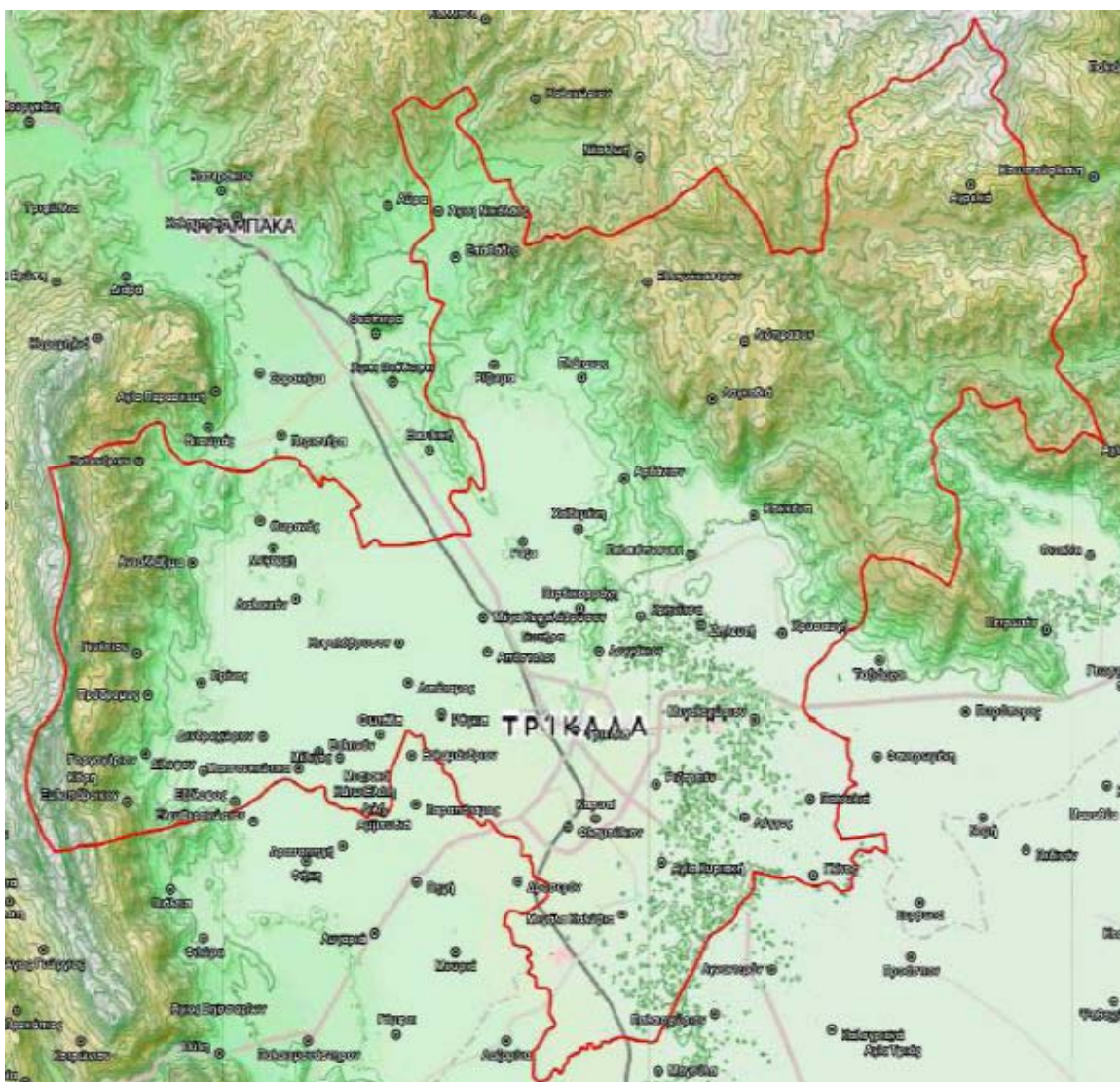


Εικόνα 1: Χάρτης Δήμων Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων

¹ Πηγή: Στρατηγικό Σχέδιο Δήμου Τρικκαίων 2014 - 2019

6.1.1 Γενικά στοιχεία αναγνώρισης του Δήμου Τρικκαίων

Ο Δήμος Τρικκαίων γεωγραφικά βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο της θεσσαλικής πεδιάδας. Ο ευρύτερος γεωφυσικός χάρτης εντός του οποίου εντάσσεται ο Δήμος Τρικκαίων (Εικόνα 2), οριοθετείται βορειοανατολικά από το ορεινό – ημιορεινό συγκρότημα των Αντιχασίων Ορέων, βορειοδυτικά από την οροσειρά της Πίνδου, νότια – νοτιοδυτικά από τις πεδινές Τοπικές Κοινότητες των όμορων Δήμων Μουζακίου (Περιφερειακή Ενότητα Καρδίτσας) και Πύλης (Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων) αντίστοιχα και νοτιοανατολικά από τις επίσης πεδινές Τοπικές Κοινότητες του όμορου Δήμου Φαρκαδόνας της Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων. Παρατηρούμε δηλαδή ότι ο Δήμος Τρικκαίων διαθέτει ένα πλούσιο ανάγλυφο εντός του οποίου απαντούν και αλληλεπιδρούν διάφοροι τύποι οικοσυστημάτων (δασικές και καλλιεργούμενες εκτάσεις, βοσκότοποι, οικιστικό περιβάλλον κ.α.).



Εικόνα 2: Γεωφυσικός Χάρτης Δήμου Τρικκαίων

Σύμφωνα με την τελευταία διοικητική διάρθρωση της χώρας (Πρόγραμμα «Καλλικράτης» - Ν. 3852/2010), ο Δήμος Τρικκαίων ανήκει στους μεγάλους ηπειρωτικούς Δήμους της χώρας με συνολική έκταση 608,48 km². Από στοιχεία της απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ. του έτους 2011 ο μόνιμος πληθυσμός² της περιοχής ανέρχεται στους 81.355 κατοίκους και ο πραγματικός πληθυσμός³ στους 80.287 κατοίκους. Ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου Τρικκαίων αντιστοιχεί στο 62% του πληθυσμού της Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων και στο 11% σε επίπεδο Περιφέρειας Θεσσαλίας. Βάσει του μόνιμου πληθυσμού, η πληθυσμιακή πυκνότητα του Δήμου Τρικκαίων ανέρχεται στο επίπεδο των 133,7 κατοίκων ανά km².

Ο Δήμος Τρικκαίων είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση και πληθυσμό Δήμος της Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 7), παρουσιάζεται ο μόνιμος πληθυσμός, η έκταση και η πληθυσμιακή πυκνότητα για τους τέσσερις Δήμους που απαρτίζουν την Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων και η ποσοστιαία αναλογία αυτών σε επίπεδο Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων, βάσει της απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ. του έτους 2011.

Πίνακας 7: Στοιχεία του μόνιμου πληθυσμού, της έκτασης και της πληθυσμιακής πυκνότητας για τους τέσσερις Δήμους που απαρτίζουν την Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων.

| Χωρικές Ενότητες | Μόνιμος Πληθυσμός | Ποσοστό % σε Επίπεδο Π.Ε. Τρικάλων | Έκταση (σε km ²) | Πληθυσμιακή Πυκνότητα (αριθμός κατοίκων / km ²) |
|-----------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------|---|
| ΔΗΜΟΣ ΤΡΙΚΚΑΙΩΝ | 81.355 | 62 | 608,48 | 133,7 |
| ΔΗΜΟΣ ΚΑΛΑΜΠΑΚΑΣ | 21.991 | 17 | 1.650,19 | 13,33 |
| ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΗΣ | 14.343 | 11 | 747,7 | 19,18 |
| ΔΗΜΟΣ ΦΑΡΚΑΔΟΝΑΣ | 13.396 | 10 | 370,2 | 36,19 |
| Π. Ε. ΤΡΙΚΑΛΩΝ | 131.085 | 100 | 3.376,57 | 38,82 |

² Ως Μόνιμος Πληθυσμός, σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ., ορίζεται ως τα άτομα που κατά την απογραφή δήλωσαν για μόνιμη κατοικία το Δήμο Τρικκαίων ανεξάρτητα από το πού βρέθηκαν και απογράφηκαν, στην επικράτεια της χώρας την ημέρα της απογραφής.

³ Ως Πραγματικός ή de facto Πληθυσμός, σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ., ορίζεται ως τα άτομα που, κατά την απογραφή βρέθηκαν και απογράφηκαν στο Δήμο Τρικκαίων, ανεξάρτητα από το αν διαμένουν μόνιμα στο Δήμο Τρικκαίων, ή αν βρίσκονται εκεί προσωρινά ή είναι περαστικοί.

Τα παραπάνω στοιχεία καταδεικνύουν ότι ο Δήμος Τρικκαίων γενικά είναι ο πιο πυκνοκατοικημένος και ο πιο αστικοποιημένος δήμος της Περιφερειακής Ενότητας Τρικάλων.

Ο Δήμος Τρικκαίων σήμερα διαιρείται σε οκτώ (8) Δημοτικές Ενότητες, οι οποίες αντιστοιχούν στους 8 πρώην Καποδιστριακούς συγχωνευθέντες δήμους: Τρικκαίων, Εστιαιώτιδας, Καλλιδένδρου, Κόζιακα, Μεγάλων Καλυβίων, Παληοκάστρου Παραληθαίων και Φαλώρειας. Στον επόμενο Πίνακα 8 παρουσιάζεται η πληθυσμιακή πυκνότητα του Δήμου Τρικκαίων σε επίπεδο Δημοτικών Ενοτήτων.

Πίνακας 8: Πληθυσμιακή πυκνότητα του Δήμου Τρικκαίων σε επίπεδο Δημοτικών Ενοτήτων

| Δημοτικές Ενότητες | Μόνιμος Πληθυσμός | Έκταση (σε km ²) | Πληθυσμιακή Πυκνότητα (αριθμός κατοίκων / km ²) |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------------|---|
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΕΣΤΙΑΙΩΤΙΔΑΣ | 2.729 | 39,762 | 68,6 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΑΛΛΙΔΕΝΔΡΟΥ | 2.193 | 21,833 | 100,4 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΖΙΑΚΑ | 2.123 | 59,193 | 35,9 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΛΥΒΙΩΝ | 2.798 | 45,333 | 61,7 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΑΛΗΟΚΑΣΤΡΟΥ | 2.732 | 197,878 | 13,8 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΛΗΘΑΙΩΝ | 2.660 | 98,052 | 27,1 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΡΙΚΚΑΙΩΝ | 62.154 | 70,100 | 886,6 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΦΑΛΩΡΕΙΑΣ | 3.966 | 76,329 | 52,0 |
| ΔΗΜΟΣ ΤΡΙΚΚΑΙΩΝ ΣΥΝΟΛΟ | 81.355 | 608,480 | 133,7 |

Από τον Πίνακα 8 προκύπτει καθαρά ότι η Δημοτική Ενότητα Τρικκαίων είναι μακράν η πλέον πυκνοκατοικημένη περιοχή του Δήμου Τρικκαίων, λόγω του αστικού κέντρου της πόλης των Τρικάλων – η έδρα του Δήμου Τρικκαίων.

Στον επόμενο Πίνακα 9 παρουσιάζονται συγκριτικά στοιχεία μεταβολών του μόνιμου πληθυσμού, σε επίπεδο Δήμου Τρικκαίων και των Δημοτικών του Ενοτήτων βάσει των απογραφών της ΕΛ.ΣΤΑΤ. των ετών 2011, 2001 και 1999.

Πίνακας 9: Συγκριτικά στοιχεία μεταβολών του μόνιμου πληθυσμού

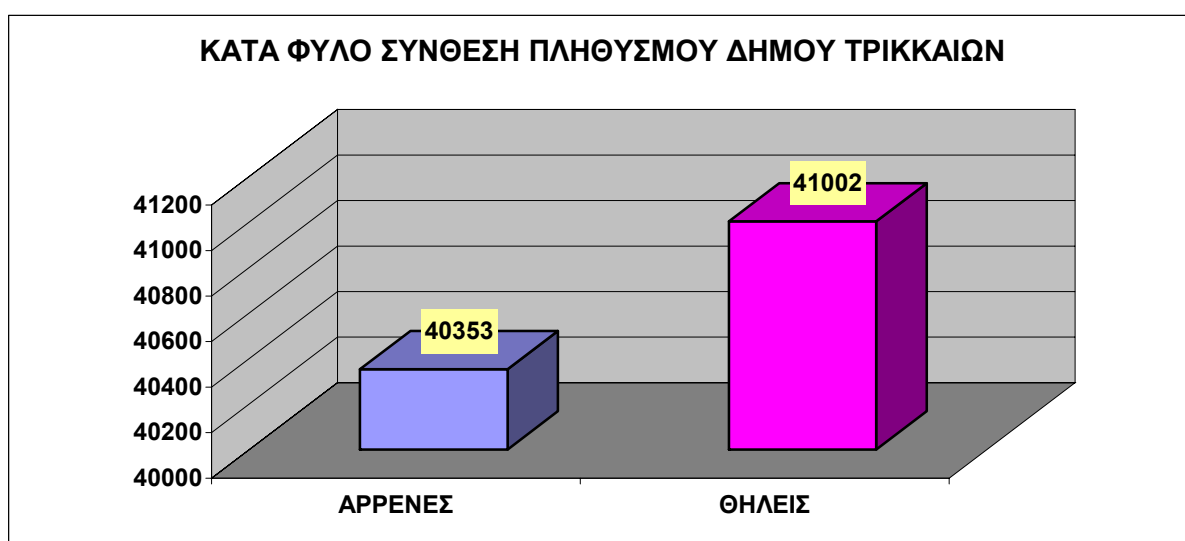
| Δημοτικές Ενότητες | Μόνιμος Πληθυσμός | | | % Μεταβολή 2001-2011 | % Μεταβολή 1991-2001 | % Μεταβολή 1991-2011 |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Απο- γραφή 2011 | Απο- γραφή 2001 | Απο- γραφή 1991 | | | |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΕΣΤΙΑΙΩΤΙΔΑΣ | 2.729 | 2.927 | 3.187 | -6,76 | -8,16 | -14,37 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΑΛΛΙΔΕΝΔΡΟΥ | 2.193 | 2.311 | 2.694 | -5,11 | -14,22 | -18,60 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΖΙΑΚΑ | 2.123 | 2.503 | 2.575 | -15,18 | -2,80 | -17,55 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Μ. ΚΑΛΥΒΙΩΝ | 2.798 | 3.021 | 3.206 | -7,38 | -5,77 | -12,73 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΑΛΗΟΚΑΣΤΡΟΥ | 2.732 | 3.098 | 3.345 | -11,81 | -7,38 | -18,33 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΛΗΘΑΙΩΝ | 2.660 | 3.097 | 3.554 | -14,11 | -12,86 | -25,15 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΡΙΚΚΑΙΩΝ | 62.154 | 57.914 | 52.034 | 7,32 | 11,30 | 19,45 |
| ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΦΑΛΩΡΕΙΑΣ | 3.966 | 3.946 | 4.237 | 0,51 | -6,87 | -6,40 |
| ΣΥΝΟΛΟ ΔΗΜΟΥ ΤΡΙΚΚΑΙΩΝ | 81.355 | 78.817 | 74.832 | 3,22 | 5,33 | 8,72 |

Σύμφωνα λοιπόν με τα στοιχεία των παραπάνω απογραφών, παρατηρείται κατά την τελευταία εικοσαετία (1991 – 2011) γενικά μια αξιοσημείωτη αύξηση του πληθυσμού του νέου Καλλικρατικού Δήμου Τρικκαίων της τάξης του 8,7%. Η αύξηση αυτή του πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων είναι συνεχόμενη και στις δύο δεκαετίες, 1991 – 2001 και 2001 – 2011. Μάλιστα κατά τη δεκαετία 1991 – 2001 η αύξηση του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων ήταν μεγαλύτερη, της τάξης του 5,3%, σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία 2001–2011, όπου η αύξηση ήταν της τάξης του 3,2%.

6.1.2 Σύνθεση Πληθυσμού και Δημογραφική Φυσιογνωμία Δήμου Τρικκαίων - Ειδικές Πληθυσμιακές Ομάδες

Στη συνέχεια, για την μελέτη της σύνθεσης και των δημογραφικών χαρακτηριστικών του πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) που σχετίζονται με τον μόνιμο πληθυσμό του Δήμου Τρικκαίων, ο οποίος, όπως αναφέρθηκε, βάσει της απογραφής του έτους 2011, ανέρχεται στους 81.355 κατοίκους.

Η κατά φύλο σύνθεση του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων, βάσει της απογραφής του έτους 2011 αποτυπώνεται στο παρακάτω διάγραμμα 12. Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει μια μικρή αριθμητική υπεροχή του γυναικείου φύλου σε σχέση με το άρρεν. Υπολογίζοντας την αναλογία των φύλων επί του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων παρατηρούμε ότι με βάση τα δεδομένα της απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ. του έτους 2011 οι άνδρες αποτελούν το 49,6% του συνολικού πληθυσμού και οι γυναίκες το 50,4%.



Διάγραμμα 12: Κατά φύλο σύνθεση πληθυσμού Δήμου Τρικκαίων

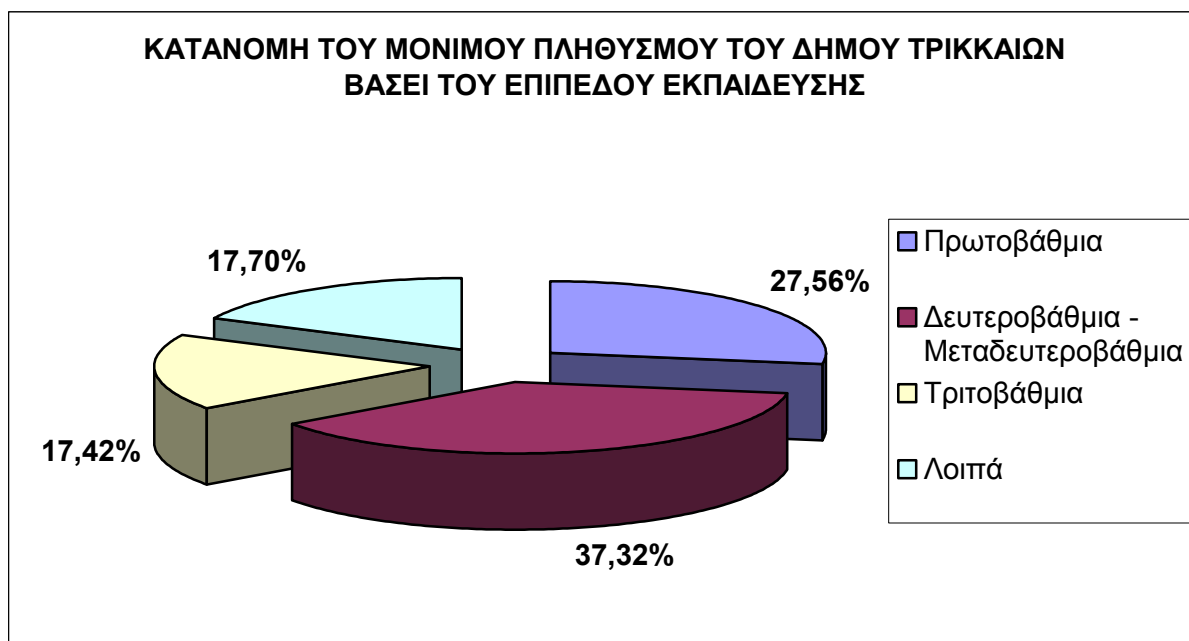
Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η κατανομή του μόνιμου πληθυσμού της κάθε Δημοτικής Ενότητας του Δήμου Τρικκαίων σε 18 ηλικιακές κλάσεις, βάσει των στοιχείων της απογραφής της ΕΛ.ΣΤΑΤ. του έτους 2011.

Πίνακας 10: Κατανομή του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων

| Ηλικιακές Κλάσεις | Δημοτικές Ενότητες | | | | | | | | Γενικά Σύνολα Δήμου Τρικκαίων |
|-------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| | Δ. Ε. ΕΣΤΙΑΙΩΤΙΔΑΣ | Δ. Ε. ΚΑΛΛΙΔΕΝΔΡΟΥ | Δ. Ε. ΚΟΖΙΑΚΑ | Δ. Ε. ΜΕΓ. ΚΑΛΥΒΙΩΝ | Δ. Ε. ΠΑΛΗΟΚΑΣΤΡΟΥ | Δ. Ε. ΠΑΡΑΛΛΗΘΑΙΩΝ | Δ. Ε. ΤΡΙΚΚΑΙΩΝ | Δ. Ε. ΦΑΛΩΡΕΙΑΣ | |
| 00 – 04 | 85 | 101 | 82 | 108 | 94 | 89 | 3.373 | 158 | 4.090 |
| 05 – 09 | 110 | 86 | 69 | 98 | 103 | 77 | 3.203 | 163 | 3.909 |
| 10 – 14 | 120 | 108 | 124 | 137 | 96 | 92 | 3.474 | 174 | 4.325 |
| 15 – 19 | 143 | 76 | 124 | 126 | 111 | 90 | 3.624 | 166 | 4.460 |
| 20 – 24 | 85 | 75 | 76 | 103 | 74 | 77 | 2.731 | 128 | 3.349 |
| 25 – 29 | 136 | 89 | 92 | 107 | 101 | 114 | 3.698 | 174 | 4.511 |
| 30 – 34 | 136 | 121 | 120 | 143 | 131 | 127 | 4.505 | 237 | 5.520 |
| 35 – 39 | 171 | 141 | 124 | 165 | 172 | 147 | 4.808 | 300 | 6.028 |
| 40 – 44 | 191 | 182 | 128 | 204 | 179 | 121 | 4.907 | 229 | 6.141 |
| 45 – 49 | 198 | 127 | 133 | 187 | 184 | 138 | 4.477 | 221 | 5.665 |
| 50 – 54 | 171 | 121 | 123 | 194 | 157 | 170 | 4.380 | 280 | 5.596 |
| 55 – 59 | 188 | 132 | 148 | 165 | 185 | 187 | 4.074 | 260 | 5.339 |
| 60 – 64 | 183 | 146 | 151 | 193 | 215 | 237 | 3.757 | 289 | 5.171 |
| 65 – 69 | 174 | 192 | 144 | 173 | 187 | 215 | 2.990 | 275 | 4.350 |
| 70 – 74 | 223 | 182 | 164 | 245 | 261 | 226 | 3.025 | 309 | 4.635 |
| 75 – 79 | 206 | 131 | 151 | 201 | 219 | 229 | 2.385 | 271 | 3.793 |
| 80 – 84 | 125 | 97 | 98 | 143 | 145 | 182 | 1.600 | 185 | 2.575 |
| 85 – και άνω | 84 | 86 | 72 | 106 | 118 | 142 | 1.143 | 147 | 1.898 |
| Σύνολα | 2.729 | 2.193 | 2.123 | 2.798 | 2.732 | 2.660 | 62.154 | 3.966 | 81.355 |

Ένα ακόμη κοινωνικό χαρακτηριστικό της σύνθεσης του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων είναι αυτό που αφορά στο επίπεδο εκπαίδευσης. Στο Δήμο Τρικκαίων το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων, της τάξης του 37,32%, είναι απόφοιτοι δευτεροβάθμιας και μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και ακολουθούν οι απόφοιτοι πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε ποσοστό 27,56% και τέλος οι απόφοιτοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, όπου συμπεριλαμβάνονται και οι κάτοχοι διδακτορικών και μεταπτυχιακών τίτλων σπουδών, σε ποσοστό 17,42%.

Στο διάγραμμα 13 που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή του πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων βάσει του επιπέδου εκπαίδευσης.



Διάγραμμα 13: Κατανομή του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων βάσει του επιπέδου εκπαίδευσης

Στην κατηγορία λοιπά συμπεριλαμβάνεται το κομμάτι εκείνο του πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων που δεν πήγαν σχολείο ή εγκατέλειψαν το δημοτικό και συνεπώς δεν έχουν περατώσει καμία βαθμίδα της εκπαίδευσης, καθώς και αυτό που για διάφορους λόγους δε γνωρίζει γραφή και ανάγνωση. Τονίζεται ότι η κατάσταση ήταν διαφορετική για το Δήμο Τρικκαίων βάσει της απογραφής του έτους 2001. Σύμφωνα με τα στοιχεία εκείνα, το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού ήταν απόφοιτοι πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, της τάξης του 31,6% και ακολουθούσαν οι απόφοιτοι δευτεροβάθμιας και μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε ποσοστό 19,1%.

Τέλος, στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία συνοπτική αναφορά στις ειδικές πληθυσμιακές ομάδες που διαβιούν μόνιμα στο Δήμο Τρικκαίων. Με τον όρο ειδικές πληθυσμιακές ομάδες νοούνται τα ειδικά εκείνα κοινωνικά σύνολα του πληθυσμού μιας περιοχής που χρήζουν ειδικής αντιμετώπισης σε όλα τα επίπεδα της κοινωνικοοικονομικής τους ζωής. Έτσι στην κατηγορία ειδικές πληθυσμιακές ομάδες περιλαμβάνονται οι Ρομά, τα άτομα με αναπηρία (Α.μ.Ε.Α.), οι άστεγοι και οι αλλοδαποί, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι νόμιμοι οικονομικοί πρόσφυγες ή μετανάστες.

Γενικά, το σύνολο των ατόμων που ανήκουν στις παραπάνω ειδικές πληθυσμιακές ομάδες αντιστοιχεί σε ποσοστό 6,44% επί του συνόλου του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων. Αναλυτικότερα, στον επόμενο Πίνακα 11 παρουσιάζεται ο αριθμός των ατόμων της κάθε πληθυσμιακής ομάδας και το ποσοστό αυτής επί του συνόλου του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων και στο επόμενο διάγραμμα 14 η ποσοστιαία κατανομή της κάθε ειδικής πληθυσμιακής ομάδας.

Πίνακας 11: Ειδικές πληθυσμιακές ομάδες Δήμου Τρικκαίων

| Ειδικές Πληθυσμιακές Ομάδες | Αριθμός Ατόμων | Ποσοστό (%) |
|-------------------------------|----------------|-------------|
| ΡΟΜΑ | 1.100 | 1,35 |
| ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΑΝΑΠΗΡΙΑ | 1.863 | 2,29 |
| ΑΣΤΕΓΟΙ | 44 | 0,05 |
| ΑΛΛΟΔΑΠΟΙ | 2.239 | 2,75 |
| Σύνολο Δήμου Τρικκαίων | 5.246 | 6,44 |



Διάγραμμα 14: Ποσοστιαία κατανομή της κάθε ειδικής πληθυσμιακής ομάδας.

Από τον Πίνακα 11 προκύπτει ότι η πολυπληθέστερη ειδική πληθυσμιακή ομάδα είναι αυτή των αλλοδαπών, η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό 2,75% επί του συνόλου του μόνιμου πληθυσμού του Δήμου Τρικκαίων και ακολουθεί αυτή των Α.μ.Ε.Α. με ποσοστό 2,29%. Ο πληθυσμός των ρομά είναι, σχεδόν στο σύνολό του συγκεντρωμένος σε δύο καλά οργανωμένους οικισμούς, έξω από τον συνεκτικό οικιστικό ιστό της πόλης των Τρικάλων και συγκεκριμένα στο Κηπάκι και στον Κόκκινο Πύργο.

6.1.3 Χλωρίδα - Πανίδα - Βιοποικιλότητα

Η χλωρίδα της περιοχής του Δ. Τρικκαίων παρουσιάζει σημαντική ποικιλία. Στην περιοχή έως το υψόμετρο των 300 μ. απαντάται κυρίως η φυτοκοινωνική διάπλαση των ξηροθερμόβιων αειφύλλων πλατυφύλλων. Κατά μήκος των καταλήξεων των υδάτινων ρεμάτων, παρατηρείται η φυτοκοινωνική διάπλαση των παραποτάμιων ειδών με κύριο αντιπρόσωπο τον πλάτανο. Η βλάστηση της περιοχής αυτής, παρουσιάζει μια ανομοιογένεια με χαρακτηριστικά υποβαθμισμένης βιοκοινότητας, κυρίως λόγω έντονων ανθρωπογενών επεμβάσεων. Η σχετική μείωση των επεμβάσεων τα τελευταία 10 χρόνια, επέφερε σε μερικά σημεία μία σχετική αύξηση της πυκνότητας βλάστησης και μία αδρομερή ανοδική μεταβατική πορεία προς την βιολογική ισορροπία του χώρου. Ανερχόμενοι, η περιοχή που καταλαμβάνει την έκταση που περικλείεται μεταξύ του υψομετρικού εύρους των 300 - 900 μ. διαφέρει στην οικολογική και χλωριδική δομή. Διακρίνονται δύο υποζώνες που διαφέρουν μεταξύ τους χλωριστικά, φυσιολογικά και οικολογικά. Στη μια υποζώνη, εμφανίζεται σε μεγάλες εκτάσεις το αποτέλεσμα ανθρώπινων επεμβάσεων (βοσκής, πυρκαγιάς, εκχερσώσεων, κ.λπ) και κυριαρχείται από θαμνώνες Πουρναριού με μικρή συμμετοχή Γαύρου, Φράξου, χλωόδους Δρυός κ.ά. Η άλλη υποζώνη, καταλαμβάνει τους ξηρότερους σταθμούς και το κυρίαρχο δασοπονικό είδος που απαντάται είναι η πλατύφυλλη Δρυς που συνοδεύεται και από άλλα είδη όπως η χνοώδης και η ευθύφλοια. Η περιοχή που περικλείεται μεταξύ του υψομετρικού εύρους των 900 - 1.200 μ. χαρακτηρίζεται από την κατηγορία των μίξης χαμηλών και υψηλών δασών. Αναλυτικότερα, η περιοχή αυτή ανήκει στην ζώνη δασών Οξιάς, Οξιάς- Ελάτης και ορεινών παραμεσογειακών κωνοφόρων. Έχει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, της ψυχρόβιας υγρόφιλης μεσευρωπαϊκής βλάστησης και εδώ διακρίνεται σε μία υποζώνη με κυρίαρχο είδος τη δασική και τη μοισιακή Οξιά.

Στην ευρύτερη περιοχή του Δ. Τρικκαίων απαντώνται πολλά είδη πτηνών όπως ο σταυραετός, ο βασιλαετός, το σαϊνι, η πετροπέρδικα, η μπεκάτσα, το τρυγόνι, η τσίχλα, ο μπούφος, κ.α. Τα ζώα των οικοσυστημάτων της περιοχής, έχουν αναπτύξει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, που τους επιτρέπουν να επιβιώνουν στις κλιματικές συνθήκες και ιδιαίτερα στην καλοκαιρινή ξηρασία. Σημαντικά θηλαστικά που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή είναι ο σκαντζόχοιρος, η νυφίτσα, η βίδρα, ο λαγός, η αλεπού, ο δασομυωξός. Επίσης τα μικρά ρέματα, μόνιμης ροής και οι πηγές των υψιπέδων αποτελούν βιοτόπους αναπαραγωγής των αμφιβίων, εκτός από τα πεδινά τμήματα των

κοιτών που προσφέρονται για αρδεύσεις και γεωργία. Οι ανοικτές βοσκόμενες περιοχές με ώριμα δέντρα είναι κατάλληλες για ερπετά ιδιαίτερα στα τμήματα,

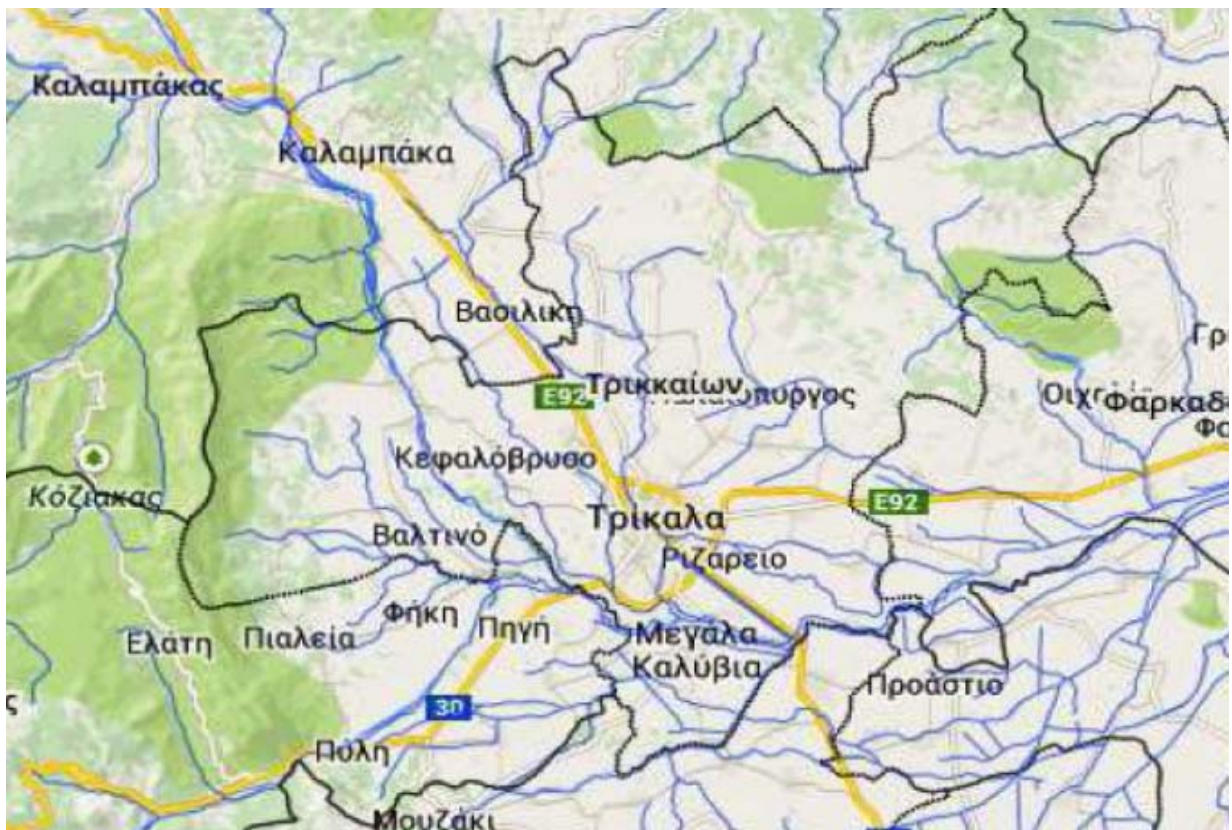
Τα αγροτικά οικοσυστήματα, αναπτύσσονται σε μεγάλη επιφάνεια κυρίως στις πεδινές εκτάσεις, όπου κυριαρχούν οι αροτραίες μονοετείς καλλιέργειες και σε συγκεκριμένους τόπους δενδρώδεις, οι λοφώδεις εκτάσεις που καταλαμβάνονται κυρίως από δενδρώδεις καλλιέργειες . Η παραποτάμια βλάστηση, κατά μήκος των αρδευτικών καναλιών είναι περιορισμένη και αποτελείται κυρίως από καλάμια, αν και σποραδικά μπορεί να εμφανιστούν κάποια ενδιαφέροντα παρόχθια είδη. Οι ορεινές καλλιεργούμενες εκτάσεις, δημιουργούν συνήθως ένα μωσαϊκό με αγροτικές εκτάσεις, θαμνώδεις εκτάσεις και δασικούς όγκους βελανιδιάς. Οι χορτολιβαδικές εκτάσεις, οι λειμώνες και οι βοσκότοποι είναι ανοικτές περιοχές όπου κυριαρχούν βότανα, χορτάρια, γεώφυτα, αραιά διασκορπισμένα δέντρα και θάμνοι που εμφανίζονται σε ανοίγματα δασών και εγκαταλειμμένες αρόσιμες εκτάσεις. Οι υγροί λειμώνες είναι διάσπαρτοι στα ανοίγματα των δασών. Οι ξηρότεροι λειμώνες, τα ξέφωτα δασών και οι βοσκότοποι διαθέτουν πλούσια χλωρίδα που αποτελείται από ολοετή βότανα, γεώφυτα και χόρτα.

Στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων υπάρχουν δάση στις ανατολικές κλίτινες του όρους Κόζιακα με αρκετά είδη κωνοφόρων και πλατύφυλλων δασικών ειδών . Εκτάσεις με δασικά είδη δένδρων (οξυές βελανιδιές κ.α.) καθώς και μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις με ενδιάμεση ποώδη βλάστηση υπάρχουν επίσης στα ορεινά βορειοανατολικά τμήματα του Δήμου (δάσος ευρύτερης περιοχής Αγριελιάς). Στον αστικό ιστό της πόλης των Τρικάλων υπάρχει το αισθητικό δάσος Προφήτη Ηλία και Κάστρου συνολικής έκτασης 280 στρεμμάτων. Πρόκειται για δύο ανεξάρτητους λόφους που αποτελούν νοτιότερες απολήξεις του ορεινού συγκροτήματος των Αντιχασίων, παρουσιάζει μικτή δασοπονική σύνθεση , βρίσκεται υπό τη διαχείριση του Δ. Τρικκαίων και έχει κηρυχθεί σαν τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλους.

Σύμφωνα με στοιχεία του Δασαρχείου Τρικάλων, στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων προστατεύονται από τη δασική νομοθεσία , οι δασικές εκτάσεις του Όρους Κόζιακα, οι δασικές εκτάσεις στην περιοχή της Αγριελιάς, η δασική έκταση 55 περίπου στρεμμάτων στη Περδικορράχη καθώς και όλες οι κηρυχθείσες (μετά από σχετική εισήγηση της Δ/σης Δασών Νομού Τρικάλων και απόφαση Νομάρχη Τρικάλων) αναδασωτέες εκτάσεις του Δήμου Τρικκαίων (Άλσος του Προφήτη Ηλία κ.α.).

6.1.4 Υδατικοί πόροι

Η περιοχή του Δήμου Τρικκαίων ανήκει στην υδρολογική λεκάνη του Πηνειού (Εικόνα 3), με κύριο υδάτινο αγωγό τον Πηνειό ποταμό και κύριους παραποτάμιους τον Ληθαίο και τον Αγιαμονιώτη ποταμό και αναπτύσσονται σημαντικοί προσχωματικοί υδροφορείς, αλλά και μεγάλες καρστικές υδρογεωλογικές ενότητες. Τα επιφανειακά υδάτινα συστήματα, στο σύνολο της έκτασης του Δήμου, αφορούν τους ποταμούς Πηνειό, Ληθαίο, Αγιαμονιώτη, Κουμέρη και Αγρελιότη, καθώς και δευτερεύοντες χείμαρρους και ρέματα. Η συνολική έκταση υδάτινων πόρων είναι 3,65 km² δηλαδή το 0,6% της συνολικής έκτασης του Δήμου. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ποτάμιων υδάτων είναι καλά και στις όχθες τους αναπτύσσεται υδρόβια και παρόχθια βλάστηση. Η διέλευσή τους, όμως, από τους οικισμούς έχει σαν αποτέλεσμα την οργανική τους επιβάρυνση, σε ορισμένες περιπτώσεις, με αστικά λύματα, λύματα κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, απόβλητα μεταποιητικών μονάδων κ.α. Η παροχή ύδατος είναι ικανοποιητική, πλην του θέρους, που σε ορισμένες περιπτώσεις, μηδενίζεται λόγω της χρήσης των υδάτων για αρδεύσεις.



Εικόνα 3: Υδρογραφικό δίκτυο του Δήμου Τρικκαίων

Ο Ληθαίος ποταμός αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο του τοπίου της πόλης των Τρικάλων. Η πορεία του ξεκινά από τα δυτικά του Δήμου Καλαμπάκας, περνάει βόρεια του οικισμού της Ράξας, συναντάει τα υδατορεύματα του Μετσόβου και του Ασμανίου και με διεύθυνση νοτιοανατολική διέρχεται από την πόλη των Τρικάλων για να εκβάλλει στον Πηνειό. Μέσα στην πόλη των Τρικάλων και στην περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου, το ποτάμι διαχωρίζεται σε δύο τμήματα :

- Στην παλαιά κοίτη, που αναπτύσσεται παράλληλα με τον Πηνειό ποταμό, και η οποία εκβάλλει κοντά στον οικισμό του Κλοκωτού.
- Στη νέα κοίτη, που αποτελεί αντιπλημμυρική τάφρο, η οποία δημιουργήθηκε κάθετα προς τον Αγιαμονιώτη ποταμό, κοντά στον οικισμό του Φλαμουλίου και στη συνέχεια εκβάλλει, από κοινού, στον Πηνειό ποταμό.

Το συνολικό μήκος της κοίτης του Ληθαίου ποταμού είναι, περίπου, 35 km μέχρι τις εκβολές της νέας κοίτης και 50 km μέχρι τις εκβολές της παλαιάς κοίτης. Ο Ληθαίος είναι, γενικά, μόνιμης ροής υδατόρευμα. Ωστόσο, το τμήμα του άνω ρου και κάποιο τμήμα του μέσου ρου, την ξηρή περίοδο του έτους, δεν εμφανίζουν ροή νερού. Παρατηρείται, μόνο, υπόγεια ροή του νερού, κάτω από τις προσχωσιγενείς αποθέσεις της κοίτης. Τα τμήματα αυτά αντιστοιχούν στην κοίτη του ποταμού, από την αρχή της λεκάνης απορροής ως την περιοχή της Σωτήρας.

Ο Πηνειός ποταμός είναι ο κύριος και πιο αξιόλογος ποταμός της Θεσσαλίας. Πηγάζει από την ανατολική πλευρά της Πίνδου, από το Λάκμο ή Περιστέρι, κοντά στο Ζυγό του Μετσόβου και εισέρχεται στη Θεσσαλική πεδιάδα κοντά στην Καλαμπάκα, διέρχεται νότια των Τρικάλων και μέσω του στενού φαραγγιού μεταξύ Ζάρκου και Τιτάρου, εξέρχεται στην πεδιάδα της Λάρισας και, μέσω της κοιλάδας των Τεμπών στο Αιγαίο Πέλαγος. Το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων έχει καταγράψει τον ποταμό Πηνειό στον κατάλογο των σημαντικότερων υγροτόπων της Ελλάδας με κωδικό 140116000. Ο Πηνειός ποταμός, μαζί με τους παραποτάμους του, αποτελεί για τη Θεσσαλία το μοναδικό υδάτινο αποδέκτη και είναι ο κύριος αποστραγγιστικός αγωγός της Θεσσαλίας. Είναι ποταμός με μεγάλες διακυμάνσεις στην παροχή του, με μέγιστη 2.000 m³/sec και ελάχιστη, κατάντη της Λάρισας, 5 m³/sec. Το συνολικό μήκος του είναι 216 km και η συνολική του επιφάνεια 9.500 km².

Ο Αγιαμονιώτης ποταμός διασχίζει αξιόλογο τμήμα του δυτικού πεδινού χώρου του Δήμου Τρικκαίων, με ροή από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Ο Αγιαμονιώτης ενώνεται με τον Κουμέρκη ποταμό κοντά στο ίχνος της περιφερειακής οδού των Τρικάλων και στη συνέχεια ως ένα ρεύμα συναντούν τον Πηνειό ποταμό. Δημιουργεί πολλούς επιμέρους μαιάνδρους, μέσα ή και στις παρυφές του πολεοδομικού ιστού, καθώς επίσης και μικρής έκτασης υγράτοπους με ικανοποιητικό πλάτος υδρόφιλης βλάστησης. Στο βορειοδυτικό τμήμα των παρυφών της πόλης διακλαδώνεται σε πολλά επιμέρους ρεύματα, με πλούσια υδρόφιλη βλάστηση, με αποτέλεσμα να δημιουργεί ένα αξιόλογο, από οικολογική και αισθητική άποψη, ημιαστικό-αγροτικό τοπίο.

Ο Κουμέρκης ποταμός διασχίζει δυτικά αξιόλογο τμήμα του πεδινού χώρου του Δήμου Τρικκαίων, με ροή από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Ο Κουμέρκης ποταμός συναντά τον Αγιαμονιώτη ποταμό κοντά στο ίχνος της περιφερειακής οδού των Τρικάλων και στη συνέχεια ως ένα ρεύμα συναντούν τον Πηνειό ποταμό. Δεν παρουσιάζει αξιόλογα οικολογικά χαρακτηριστικά και έχει δεχτεί αρκετές ανθρώπινες παρεμβάσεις.

6.1.5 Περιοχές προστασίας

Στον Δήμο Τρικκαίων δεν εντοπίζονται περιοχές απόλυτης προστασίας της φύσης, προστασίας της φύσης και φυσικά πάρκα. Εντοπίζονται δύο Ειδικές Ζώνες Διατήρησης - ΕΖΔ (προστατευόμενες περιοχές, που περιέχονται στον κατάλογο Natura 2000), όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 13 και στην Εικόνα 4:

Πίνακας 12: Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων

| Κωδικός | Ονομασία | Κατηγορία θεσμοθέτησης |
|----------------|--------------------------|-------------------------------|
| GR 1440002 | ΚΕΡΚΕΤΙΟ ΟΡΟΣ (ΚΟΖΙΑΚΑΣ) | ΕΖΔ |
| GR 1440003 | ΑΝΤΙΧΑΣΙΑ ΟΡΗ - ΜΕΤΕΩΡΑ | ΕΖΔ |



Εικόνα 4: Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων

Επίσης εντοπίζονται δύο Ζώνες Ειδικής Προστασίας - ΖΕΠ (προστατευόμενες περιοχές, που περιέχονται στον κατάλογο Natura 2000 και επικεντρώνονται στην προστασία της ορνιθοπανίδας), όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 14 και στην Εικόνα 5:

Πίνακας 13: Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) στην περιοχή του Δήμου Τρικκαίων

| Κωδικός | Όνομασία | Κατηγορία θεσμοθέτησης |
|------------|--------------------------|------------------------|
| GR 1440006 | ΚΕΡΚΕΤΙΟ ΟΡΟΣ (ΚΟΖΙΑΚΑΣ) | ΖΕΠ |
| GR 1440005 | ΑΝΤΙΧΑΣΙΑ ΟΡΗ - ΜΕΤΕΩΡΑ | ΖΕΠ |



Εικόνα 5: Περιοχές Προστασίας Οικοτόπων και Ειδών (ΖΕΠ) της περιοχής Δήμου Τρικκαίων

Στην κατηγορία των θεσμοθετημένων προστατευόμενων Τοπίων και Φυσικών Σχηματισμών, στον Δήμο Τρικκαίων εντοπίζονται Αισθητικά Δάση και Οικότοποι Προτεραιότητας του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 92/43 ΕΟΚ, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 15:

Πίνακας 14: Προστατευόμενες περιοχές Δήμου Τρικκαίων

| A. Προστατευόμενα Τοπία | | |
|---|--------------------------|-----------------|
| Ονομασία | Υποκατηγορία | ΦΕΚ |
| Δάσος Λόφων Κάστρου και Προφήτη Ηλία | Αισθητικό Δάσος | 609/Δ/1979 |
| B. Προστατευόμενοι Φυσικοί Σχηματισμοί | | |
| Ονομασία | Υποκατηγορία | ΦΕΚ |
| 6230: Χλωώδεις διαπλάσεις με <i>Nardus</i> , ποικίλων ειδών, σε πυριτιούχα υποστρώματα των ορεινών ζωνών (και των υποορεινών ζωνών της ηπειρωτικής Ευρώπης) | Οικότοπος Προτεραιότητας | 645/B/11-4-2008 |
| 9560: Ενδημικά δάση με <i>Juniperus</i> spp. | Οικότοπος Προτεραιότητας | 645/B/11-4-2008 |

6.2 Υφιστάμενη Κατάσταση Διαχείρισης Α.Σ.Α.⁴

Το υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων του Δήμου Τρικκαίων αφορά στην αποθήκευση, συλλογή, μεταφορά και διάθεση στον αδειοδοτημένο Χώρο Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων, ο οποίος είναι χωροθετημένος στην περιοχή «Παλαιοσαμαρίνα» στην Δ.Ε. Παληοκάστρου. Σύμφωνα με τον ισχύοντα Περιφερειακό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων της Περιφέρειας Θεσσαλίας, ο ΧΥΤΑ Νομού Τρικάλων εξυπηρετεί όλους τους ΟΤΑ των Περιφερειακών Ενοτήτων Τρικάλων και Καρδίτσας, με φορέα διαχείρισης τη διαδημοτική διανομαρχιακή επιχείρηση Π.Α.ΔΥ.Θ. Α.Ε, και δεδομένης της υπό εξέλιξης εργολαβίας της κατασκευής της Β' Φάσης του ΧΥΤΑ, εκτιμάται ότι για τα επόμενα 20 έτη ο υπάρχων χώρος για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων θα είναι επαρκής.

Στον Δήμο Τρικκαίων, η συλλογή, μεταφορά και απόθεση των αποβλήτων αποτελεί αρμοδιότητα του Τμήματος Διαχείρισης Αποβλήτων της Διεύθυνσης Επιχειρησιακού Έργου. Για την όλη διαδικασία διαχείρισης των αποβλήτων ο Δήμος χρησιμοποιεί:

- Εννέα (9) απορριματοφόρα οχήματα τύπου «μύλος»,
- Οκτώ (8) απορριματοφόρα οχήματα τύπου «πρέσα»,
- Ένα (1) απορριματοφόρο όχημα για την μεταφορά των containers,
- Ένα (1) απορριματοφόρο ανατρεπόμενο όχημα για τους πολύ στενούς δρόμους,
- Δύο (2) ελκυστήρες επικαθήμενοι για την μεταφορά των αποβλήτων από τον Σταθμό Μεταφόρτωσης στον ΧΥΤΑ.

Η αποκομιδή γίνεται με συγκεκριμένα δρομολόγια σε καθημερινή βάση που καλύπτουν όλες τις περιοχές του Δήμου. Η συλλογή των αποβλήτων γίνεται στον Σταθμό Μεταφόρτωσης και από εκεί με 2 επικαθήμενους ελκυστήρες τα απόβλητα μεταφέρονται στον ΧΥΤΑ Τρικάλων προς επεξεργασία. Η αποκομιδή των αποβλήτων γίνεται από τους 4019 κάδους απορριμμάτων (μεγάλους & μικρούς) που υπάρχουν σε συγκεκριμένες θέσεις σε ολόκληρο τον καλλικρατικό Δήμο Τρικκαίων.

Για την αποκομιδή των ογκωδών υλικών ο Δήμος χρησιμοποιεί ένα όχημα το οποίο συλλέγει τα υλικά από 13 επιλεγμένες θέσεις, στις οποίες έχουν τοποθετηθεί κατάλληλα containers. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται πάσης φύσεως ογκώδη απόβλητα

⁴ Πηγή: Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Δήμου Τρικκαίων (Σεπτέμβριος, 2015)

(έπιπλα, κλαδιά κ.ά), η διαχείριση των οποίων αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για τον Δήμο Τρικκαίων, δεδομένης της μη διαλογής και περαιτέρω επεξεργασίας αυτών (πχ κομποστοποίηση υπολειμμάτων φυτών) αλλά και της έλλειψης οργανωμένου χώρου απόθεσης. Όσον αφορά τα απόβλητα εκσκαφών των κατασκευών και κατεδαφίσεων, αποτελεί ζήτημα για τον Δήμο Τρικκαίων η έλλειψη οργανωμένου χώρου συλλογής και η απουσία συλλογικού συστήματος που θα προήγαγε την ορθή διαχείρισή τους.

Ο Δήμος Τρικκαίων είναι συμβεβλημένος με το σύστημα της «Ανακύκλωσης Συσκευών ΑΕ» για την τοποθέτηση containers για την αποθήκευση ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών συσκευών. Οι πολίτες μπορούν να μεταφέρουν οι ίδιοι ή να ενημερώνουν το Τμήμα Διαχείρισης αποβλήτων σχετικά με την ύπαρξη ηλεκτρικής/ηλεκτρονικής συσκευής προς ανακύκλωση και όχημα του Δήμου την παραλαμβάνει και την τοποθετεί στο ειδικό container, το οποίο βρίσκεται σε έκταση του Αμαξοστασίου στο Κηπάκι Σαραγιών. Στα πλαίσια του προγράμματος «ΑΦΗΣ» έχουν τοποθετηθεί σε εκτεταμένο βαθμό ειδικές διαφανείς στήλες αποθήκευσης μικρών μπαταριών, με σκοπό την συλλογή και μετέπειτα ανακύκλωσή τους.

Ο Δήμος Τρικκαίων χρησιμοποιεί 2 απορριματοφόρα τα οποία ακολουθούν συγκεκριμένα δρομολόγια σε καθημερινή βάση προκειμένου να συλλέξουν τα υλικά των 359 μπλε κάδων ανακύκλωσης συσκευασιών, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε συγκεκριμένες θέσεις του αστικού ιστού της πόλης των Τρικάλων . Την ανακύκλωση στις περιφερειακές Δημοτικές Ενότητες του Δήμου Τρικκαίων καθώς και σε ένα τμήμα της πόλης που αφορά κυρίως περιφερειακούς οικισμούς, διαχειρίζεται η Περιβαλλοντική Αναπτυξιακή Δυτικής Θεσσαλίας Α.Ε. Στις περιοχές αυτές είναι τοποθετημένοι συνολικά 724 μπλε κάδοι ανακύκλωσης συσκευασιών. Το σύνολο των υλικών προς ανακύκλωση που συλλέγεται, μεταφέρεται και διατίθεται στο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλωμένων Υλικών που βρίσκεται στο Δ.Δ Αρτεσιανού Καρδίτσας και εξυπηρετεί τους ΟΤΑ των Περιφερειακών Ενοτήτων Τρικάλων και Καρδίτσας.

Για την Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων αμιγώς μολυσματικού χαρακτήρα καθώς και μικτού τύπου, το Νοσοκομείο Τρικάλων έχει υπογράψει σύμβαση με την εταιρεία HYDROCLAVE HELLAS A.E., η οποία έχει αναλάβει την αποκομιδή, μεταφορά, αποστείρωση και τελική διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων στον ΧΥΤΑ. Επίσης, την ανακύκλωση των ακτινολογικών φιλμ, έχει αναλάβει η εταιρεία ΗΦΑΙΣΤΟΣ ΕΠΕ.

6.2.1 Ποσοτικά στοιχεία παραγόμενων αποβλήτων

Από την έναρξη λειτουργίας των εγκαταστάσεων (Δεκέμβριος 2008) από τον Φορέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦοΔΣΑ) Δυτικής Θεσσαλίας, τη Περιβαλλοντική Αναπτυξιακή Δυτικής Θεσσαλίας (Π.Α.ΔΥ.Θ. Α.Ε.), υπάρχουν καταγεγραμμένες οι ποσότητες των ΑΣΑ που έχει προσκομίσει ο Δήμος Τρικκαίων σε Σταθμούς Μεταφόρτωσης Αποβλήτων (ΣΜΑ) ή/και στο ΧΥΤΑ. Επίσης από την έναρξη λειτουργίας του συστήματος των μπλε κάδων (Δεκέμβριος 2005) υπάρχουν καταγεγραμμένες οι ποσότητες που έχουν προσκομισθεί στο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (Κ.Δ.Α.Υ.) Δυτικής Θεσσαλίας. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται στους παρακάτω Πίνακες 16, 17 και 18.

Πίνακας 15: Σύνολο παραγόμενων ΑΣΑ στο Δήμο Τρικκαίων

| Έτος | Σύμμεικτα ΑΣΑ (tn) | Υπόλειμμα ΚΔΑΥ (tn) | Σύνολο εισερχομένων σε ΧΥΤΑ (tn) | Ανακυκλώσιμα μπλε κάδου (tn) | Σύνολο (ταφή + ανακύκλωση) (tn) |
|------|--------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 2010 | 28.121,60 | 1.608,78 | 29.730,38 | 3.141,41 | 32.871,79 |
| 2011 | 26.886,47 | 1.348,93 | 28.235,40 | 2.708,50 | 30.943,90 |
| 2012 | 24.775,15 | 1.498,50 | 26.273,65 | 2.498,94 | 28.772,59 |
| 2013 | 24.069,67 | 1.226,92 | 25.296,59 | 2.040,47 | 27.337,06 |
| 2014 | 24.354,16 | 1.107,97 | 25.462,13 | 1.935,71 | 27.397,84 |

Πίνακας 16: Κατά κεφαλή παραγωγή ΑΣΑ στο Δήμο Τρικκαίων (Kg)

| 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 404,05 | 380,36 | 353,67 | 336,02 | 336,77 |

Πίνακας 17: Ανά έτος μηνιαία παραγωγή αποβλήτων του Δήμου Τρικκαίων (tn)

| Μήνας | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| Ιανουάριος | 2.401,10 | 1.961,60 | 2.213,57 | 1.928,64 |
| Φεβρουάριος | 1.904,76 | 1.741,18 | 1.730,28 | 1.752,18 |
| Μάρτιος | 2.290,38 | 2.163,72 | 1.911,61 | 1.992,51 |
| Απρίλιος | 2.468,67 | 2.313,43 | 2.188,93 | 2.213,90 |
| Μάιος | 2.341,52 | 2.220,03 | 2.189,92 | 1.958,05 |
| Ιούνιος | 2.329,50 | 1.994,67 | 1.779,90 | 1.974,90 |
| Ιούλιος | 2.337,72 | 2.181,51 | 2.123,75 | 2.156,22 |
| Αύγουστος | 2.329,45 | 2.066,93 | 1.928,62 | 1.889,96 |
| Σεπτέμβριος | 2.265,71 | 2.001,62 | 1.963,15 | 2.191,59 |
| Οκτώβριος | 2.042,52 | 2.160,69 | 2.030,74 | 2.157,76 |
| Νοέμβριος | 2.091,07 | 2.065,24 | 1.963,98 | 1.900,28 |
| Δεκέμβριος | 2.084,07 | 1.904,53 | 2.045,22 | 2.238,17 |

6.2.2 Ποιοτική σύνθεση παραγόμενων αποβλήτων

Στο Δήμο Τρικκαίων δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια μελέτη ανάλυσης της σύστασης των παραγομένων αποβλήτων. Για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής θα χρησιμοποιηθεί η σύνθεση των παραγόμενων ΑΣΑ όπως αυτή δίνεται στο Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) της Περιφέρειας Θεσσαλίας και η οποία παρουσιάζεται στον Πίνακα 19.

Πίνακας 18: Προτεινόμενη ποιοτική σύσταση ΑΣΑ Δήμου Τρικκαίων

| Υλικό | % (κ.β.) |
|-----------------|----------------|
| Ζυμώσιμα | 40,00% |
| Χαρτί - χαρτόνι | 29,00% |
| Πλαστικά | 14,00% |
| Γυαλί | 3,00% |
| Μέταλλα | 3,00% |
| Δ.Ξ.Υ. | 2,00% |
| Αδρανή | 3,00% |
| Υπόλοιπα | 6,00% |
| Σύνολο | 100,00% |

6.2.3 Υποδομές και προσωπικό

Σύμφωνα με το οργανόγραμμα του Δήμου η αρμοδιότητα της διαχείρισης των αποβλήτων ανήκει στην Διεύθυνση Επιχειρησιακού Έργου και ειδικότερα σε δύο τμήματα αυτής: α) του Τμήματος Διαχείρισης Απορριμμάτων και β) του Τμήματος Ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Το ανθρώπινο δυναμικό που εμπλέκεται με τη διαχείριση των αποβλήτων στον Δήμο Τρικκαίων αποτυπώνεται στον ακόλουθο Πίνακα 20:

Πίνακας 19: Ανθρώπινο δυναμικό στη διαχείριση ΑΣΑ στο Δήμο Τρικκαίων

| Κλάδος - Ειδικότητα | Αριθμός Υπαλλήλων |
|--|-------------------|
| ΠΟΛΙΤΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ | 1 |
| ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ | 1 |
| ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ | 1 |
| ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΙ | 10 |
| ΕΠΟΠΤΕΣ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ | 1 |
| ΕΠΙΣΤΑΤΕΣ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ | 2 |
| ΟΔΗΓΟΙ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΩΝ | 15 |
| ΟΔΗΓΟΙ ΒΥΤΙΩΝ | 1 |
| ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ ΣΑΡΩΘΡΩΝ | 1 |
| ΧΕΙΡΙΣΤΕΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ | 2 |
| ΕΡΓΑΤΕΣ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ - ΣΥΝΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΟΦΟΡΩΝ, ΒΥΤΙΩΝ & ΣΑΡΩΘΡΩΝ | 30 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| ΕΡΓΑΤΕΣ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ-ΟΔΟΚΑΘΑΡΙΣΤΕΣ | 17 |
| ΦΥΛΑΚΕΣ ΑΜΑΞΟΣΤΑΣΙΟΥ | 2 |
| ΑΠΟΘΗΚΑΡΙΟΙ | 1 |
| ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΤΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ | 2 |
| ΛΙΠΑΝΤΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ | 2 |
| ΜΗΧΑΝΟΤΕΧΝΙΤΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ | 8 |
| Σύνολο | 97 |

Πρέπει να σημειωθεί ότι για να καλυφθούν οι πάγιες ανάγκες στον τομέα της καθαριότητας, ο Δήμος Τρικκαίων προβαίνει στη σύναψη συμβάσεων ορισμένου χρόνου 8μηνης, 5μηνης ή 2μηνης διάρκειας. Στην παρούσα φάση ο Δήμος απασχολεί επιπλέον 16 οδηγούς και 31 εργάτες (συνοδούς απορριμμάτων και οδοκαθαριστές) υλοποιώντας πρόγραμμα του Ο.Α.Ε.Δ.

Η αποκομιδή των σύμμεικτων αποβλήτων είναι οργανωμένη με βάση τις οκτώ Δημοτικές Ενότητες του Δήμου Τρικκαίων, αφού λήφθηκαν υπόψη τα πληθυσμιακά, επιχειρησιακά δεδομένα και τελικώς ο όγκος των παραγομένων αποβλήτων. Έτσι ο Δήμος διαιρέθηκε σε δώδεκα (12) τομείς εκ των οποίων οι οκτώ (8) βρίσκονται στα γεωγραφικά όρια της Δημοτικής Ενότητας (Δ.Ε.) Τρικκαίων και οι τέσσερις (4) στις υπόλοιπες Δ.Ε. Η αποκομιδή γίνεται με συγκεκριμένα δρομολόγια που καλύπτουν όλους τους τομείς καθαριότητας του Δήμου.

Τα απόβλητα μεταφέρονται από τα απορριματοφόρα είτε απευθείας στον ΧΥΤΑ, είτε στον Σταθμό Μεταφόρτωσης και από εκεί με 2 τράκτορες με τα αντίστοιχα επικαθήμενα αυτοσυμπιεζόμενα κοντέινερς, τα απόβλητα μεταφέρονται στον ΧΥΤΑ Τρικάλων. Η συλλογή των αποβλήτων γίνεται στους 1.893 μεταλλικούς ή πράσινους μεγάλους και στους 2.126 μικρούς (240 lit) κάδους απορριμμάτων που υπάρχουν σε συγκεκριμένες θέσεις σε ολόκληρο τον Καλλικρατικό Δήμο Τρικκαίων. Σε σημεία στα οποία δεν υπάρχουν κάδοι απορριμμάτων, η συλλογή γίνεται σε πλαστικούς ανθεκτικούς σάκους ή/και στα 13 containers (7,5 M³) που υπάρχουν στην Πόλη των Τρικάλων. Το πρόγραμμα αποκομιδής των σύμμεικτων απορριμμάτων είναι οργανωμένο σε εβδομαδιαία βάση.

Για την αποκομιδή των σύμμεικτων απορριμμάτων το έτος 2014 χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 21 οχήματα:

- Εννέα (9) απορριμματοφόρα οχήματα τύπου «μύλος» τα με αριθμό κυκλοφορίας ΚΗΙ 2297, ΚΗΙ 5316, ΚΗΥ 5446, ΚΗΥ 5434, ΚΗΥ 5488, ΚΗΥ 5489, ΚΗΗ 3556, ΚΗΥ 5457, ΚΗΥ 5465.
- Οκτώ (8) απορριμματοφόρα οχήματα τύπου «πρέσα» τα με αριθμό κυκλοφορίας ΚΗΥ 3105, ΚΗΥ 3106, ΚΗΙ 5322, ΚΗΙ 5325, ΚΗΙ 8171, ΚΗΙ 8172, ΚΗΙ 5330, ΚΗΗ 3551.
- Ένα (1) απορριμματοφόρο όχημα για την μεταφορά των containers (7,5 Μ3) το ΚΗΗ 3583.
- Ένα (1) απορριμματοφόρο ανατρεπόμενο όχημα για τους πολύ στενούς δρόμους, το ΚΗΙ 8151 και
- Δύο (2) Ελκυστήρες επικαθήμενοι οι με αριθμό κυκλοφορίας ΚΗΙ 3569, ΚΗΙ 8160 για την μεταφορά των απορριμμάτων από τον Σταθμό Μεταφόρτωσης στον ΧΥΤΑ.

Το σύνολο διανυθέντων χιλιομέτρων από όλα τα ανωτέρω οχήματα το έτος 2014 ήταν 286.339 Km. Η συνολική ποσότητα πετρελαίου και η συνολική ποσότητα αμόλυβδης βενζίνης που καταναλώθηκε από όλα τα οχήματα το έτος 2014 ήταν 155.522 lit και 1.335 lit αντίστοιχα.

Η αποκομιδή των ανακυκλώσιμων αποβλήτων είναι οργανωμένη με βάση την πόλη των Τρικάλων. Την ανακύκλωση στις περιφερειακές Δημοτικές Ενότητες του Δήμου Τρικκαίων καθώς και σε ένα τμήμα της πόλης που αφορά κυρίως περιφερειακούς οικισμούς, διαχειρίζεται ο ΦοΔΣΑ, η Περιβαλλοντική Αναπτυξιακή Δυτικής Θεσσαλίας Α.Ε. (Π.Α.Δ.Υ.Θ. Α.Ε.).

Ο Δήμος Τρικκαίων χρησιμοποιεί 2 απορριμματοφόρα τα οποία ακολουθούν συγκεκριμένα δρομολόγια σε καθημερινή βάση προκειμένου να συλλέξουν τα υλικά των 359 μπλε κάδων ανακύκλωσης συσκευασιών, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε συγκεκριμένες θέσεις του αστικού ιστού της πόλης των Τρικάλων. Το σύνολο των υλικών προς ανακύκλωση που συλλέγεται, μεταφέρεται και διατίθεται στο Κέντρο Διαλογής Ανακυκλωμένων Υλικών που βρίσκεται στο Δ.Δ Αρτεσιανού Καρδίτσας και εξυπηρετεί τους ΟΤΑ των Περιφερειακών Ενοτήτων Τρικάλων και Καρδίτσας. Το πρόγραμμα αποκομιδής είναι οργανωμένο σε εβδομαδιαία βάση.

Η συνολική ποσότητα πετρελαίου που καταναλώθηκε από τα οχήματα για την αποκομιδή των ανακυκλώσιμων, το έτος 2014 ήταν 16.400 lit και το σύνολο διανυθέντων χιλιομέτρων από τα οχήματα για το ίδιο έτος ήταν 40.040 Km.

Επιπλέον των παραπάνω, ο Δήμος Τρικκαίων έχει αναθέσει με προγραμματική σύμβαση ένα τμήμα της αποκομιδής των μπλε κάδων, όπως παραπάνω αναφέρεται, στον ΦοΔΣΑ Δυτικής Θεσσαλίας, την Π.Α.ΔΥ.Θ. Α.Ε. Από την Π.Α.ΔΥ.Θ. Α.Ε. για το έτος 2014 έχουν πραγματοποιηθεί 290 δρομολόγια και το σύνολο διανυθέντων χιλιομέτρων ήταν 44.200 Km.

Ο αριθμός των μπλε κάδων σε ανάπτυξη, ανά τομέα καθαριότητας και στο σύνολο, φαίνεται στον Πίνακα 21 που ακολουθεί:

Πίνακας 20: Αριθμός μπλε κάδων

| Τομέας Καθαριότητας | Δημοτική Ενότητα | Μπλε κάδοι |
|---|--------------------------|--------------|
| 1 ^{ος} | Τρικκαίων | 205 |
| 2 ^{ος} | Τρικκαίων | 154 |
| 3 ^{ος} και λοιπές Δ.Ε. Δήμου Τρικκαίων | (Συλλογή από ΠΑΔΥΘ Α.Ε.) | 724 |
| Σύνολο | | 1.083 |

6.2.4 Βασικά χαρακτηριστικά αποκομιδής αποβλήτων

Στους Πίνακες 22 και 23 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της αποκομιδής των πράσινων κάδων (σύμμεικτα) και τα βασικά χαρακτηριστικά αποκομιδής των μπλε κάδων για το έτος 2014.

Πίνακας 21: Βασικά χαρακτηριστικά της αποκομιδής των πράσινων κάδων (σύμμεικτα) για το έτος 2014

| | |
|---|--------------|
| Αριθμός οχημάτων συλλογής | 18 |
| Ετήσια ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων (tn) | 24.354,16 |
| Ετήσια Δρομολόγια | 4.382 |
| Ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων ανά δρομολόγιο (tn) | 5,56 |
| Αριθμός πράσινων κάδων | 4.019 |
| Μέσος ημερήσιος αριθμός δρομολογίων | 12,17 |
| Μέση διαδρομή απορριματοφόρου (Km) | 65,34 |
| Ετήσια συνολική απόσταση που διανύεται (Km) | 286.339 |
| Δαπάνη μεταφοράς (9,95 €/Km) | 2.848.121,25 |

Πίνακας 22: Βασικά χαρακτηριστικά της αποκομιδής των μπλε κάδων για το έτος 2014

| | |
|---|------------|
| Αριθμός οχημάτων συλλογής | 3 |
| Ποσότητα υλικού των μπλε κάδων (tn) | 3.043,68 |
| Ετήσια δρομολόγια | 905 |
| Αριθμός μπλε κάδων | 1.083 |
| Μέση ποσότητα αποκομιδής ανά δρομολόγιο (tn) | 3,36 |
| Μέση διαδρομή απορριμματοφόρου (Km) | 93,08 |
| Ετήσια συνολική απόσταση που διανύεται (Km) | 84.240 |
| Δαπάνη μεταφοράς (3,50 €/Km) | 320.246,11 |
| Ποσοστό από τα συλλεγόμενα στον μπλε κάδο που καταλήγουν στο ΧΥΤΑ | 36,40% |

Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι το ποσοστό του μπλε κάδου που οδηγείται τελικά στον ΧΥΤΑ (από το ΚΔΑΥ) είναι υψηλό (36,40%) και πρέπει να μειωθεί.

6.2.5 Κόστος της υφιστάμενης διαχείρισης

Το κόστος διαχείρισης των σύμμεικτων αποβλήτων από τους πράσινους κάδους για το έτος 2014 αναλυτικά αναφέρεται στον παρακάτω Πίνακα 24:

Πίνακας 23: Κόστος διαχείρισης σύμμεικτων 2014

| Είδος Δαπάνης | Ποσό Δαπάνης (€) | % Ποσοστό Δαπάνης |
|---|---------------------|-------------------|
| Σύνολο Αμοιβών Προσωπικού | 2.098.929,64 | 73,70% |
| Σύνολο κόστους Μεταφορικών Μέσων | 295.691,53 | 10,38% |
| Σύνολο Διάφορα Κόστη | 23.641,05 | 0,83% |
| Διοίκηση – Οικονομική Διαχείριση | 219.035,04 | 7,69% |
| Αποσβέσεις | 210.823,99 | 7,40% |
| Κόστος συλλογής σύμμεικτων αποβλήτων | 2.848.121,25 | 100,00% |
| Τέλος Μεταφόρτωσης | 0,00 | |
| Τέλος εισόδου ΧΥΤΑ | 449.334,25 | |
| Συνολικό κόστος διαχείρισης σύμμεικτων | 3.297.455,50 | |
| Κόστος Συλλογής Σύμμεικτων (€/tn) | 116,95 | |
| Κόστος συλλογής σύμμεικτων (€/Km) | 9,95 | |
| Τέλος Μεταφόρτωσης €/tn με ΦΠΑ | 0,00 | |
| Τέλος εισόδου ΧΥΤΑ (€/tn) με ΦΠΑ | 18,45 | |

Το κόστος διαχείρισης των ανακυκλώσιμων υλικών από τους μπλε κάδους για το έτος 2014 αναλυτικά αναφέρεται στον παρακάτω Πίνακα 25:

Πίνακας 24: Κόστος διαχείρισης ανακυκλώσιμων 2014

| Είδος Δαπάνης | Ποσό Δαπάνης (€) |
|---|-------------------------|
| Κόστος συλλογής μπλε κάδων από τον Δήμο | 231.071,11 |
| Κόστος συλλογής μπλε κάδων από Π.Α.ΔΥ.Θ Α.Ε. | 89.175,00 |
| Συνολικό κόστος διαχείρισης μπλε κάδων | 320.246,11 |
| Κόστος (€/tn) | 105,20 |
| Κόστος συλλογής μπλε κάδων (€/Km) | 3,80 |

Το ειδικό τέλος ταφής, με βάση το ν. 4042/2012, προβλέπεται για μια σειρά κατηγορίες αποβλήτων για τις οποίες δεν έχουν προηγηθεί εργασίες επεξεργασίας και το κόστος αυτό θα ξεκινά από 35 €/τόνο (το 2016) και θα αυξάνεται σταδιακά μέχρι τη μέγιστη τιμή των 65 €/τόνο. Συμπερασματικά, λοιπόν, το κόστος διαχείρισης των Σύμμεικτων Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) για το Δήμο σήμερα είναι 135,40 €/τόνο και με τη προβλεπόμενη επιβολή του προστίμου (στη περίπτωση που δεν προηγείται επεξεργασία) θα ανέλθει στα 170,40 €/τόνο.

Κεφάλαιο 7

Μεθοδολογία

Η ΔΣΑ αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα που απαιτεί τη λήψη σωστών αποφάσεων βασισμένων σε στοιχεία, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Λόγω του ότι υπάρχουν αρκετές επιλογές στην διαχείριση των ΑΣΑ, οι ιθύνοντες (decision makers) προκειμένου να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν τη «βέλτιστη» ή την καλύτερη διαθέσιμη στρατηγική θα πρέπει λάβουν υπόψη τους διάφορα κριτήρια όπως, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (π.χ. η θέρμανση του πλανήτη, οι κίνδυνοι για την υγεία του ανθρώπου, η εξάντληση των πόρων, οι επιπτώσεις στο οικοσύστημα), τεχνικά κριτήρια (π.χ. υπάρχουσα τεχνολογία, ισοζύγιο κατανάλωσης-παραγωγής ενέργειας), η ανάλυση των οικονομικών δαπανών και οφελών και τα περιφερειακά χαρακτηριστικά (π.χ ρυθμός παραγωγής αποβλήτων, θεσμικοί και κοινωνικοί παράγοντες). Στη συνέχεια θα πρέπει να συγκρίνουν τις διάφορες στρατηγικές διαχείρισης των ΑΣΑ βασιζόμενοι στο επίπεδο των επιδόσεων τους όσον αφορά την εκπλήρωση των κριτηρίων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω ενός πλαισίου υποστήριξης λήψεων αποφάσεων.

Ως πλαίσιο υποστήριξης λήψεων αποφάσεων (Decision Support Framework) νοείται η διαδικασία που υποστηρίζει πρόσωπα ή ομάδες στη λήψη αποφάσεων για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων, τους καθοδηγεί στην καλύτερη διαθέσιμη λύση και διαθέτει αρκετή ευελιξία για τροποποιήσεις (Kamperis et al., 2013). Στη διαχείριση των ΑΣΑ, όπως αναφέραμε παραπάνω, η λήψη κάθε απόφασης είναι μια περίπλοκη διαδικασία καθότι απαιτεί την ταυτόχρονη επίλυση πολλών τεχνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί συστήματα υποστήριξης λήψεων αποφάσεων (Decision Support Systems) που βασίζονται σε υπολογιστή (computer based systems) και τα οποία χρησιμοποιούνται από τους ιθύνοντες για να λάβουν την καλύτερη διαθέσιμη και εφαρμόσιμη επιλογή (Abeliotis et al., 2009).

7.1 Μοντέλα υποστήριξης αποφάσεων στη Διαχείριση των Αποβλήτων

Η χρήση μοντέλων που θα βοηθούν στη λήψη αποφάσεων στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων δεν είναι μια καινούργια ιδέα. Σύμφωνα με τους Morrissey & Browne (2004) τα πρώτα μοντέλα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων εμφανίζονται στα τέλη της δεκαετίας του '60 και είναι μοντέλα βελτιστοποίησης (optimisation models) που ασχολούνται με συγκεκριμένες πτυχές ενός προβλήματος π.χ. τα δρομολόγια των οχημάτων. Τα πρώτα αυτά μοντέλα εμφάνιζαν πολλές αδυναμίες, όπως το ότι κάλυπταν μόνο μια χρονική περίοδο, δεν λάμβαναν υπόψη καθόλου τα ανακυκλώσιμα, ή είχαν τη δυνατότητα μιας μόνο μεθόδου επεξεργασίας από κάθε τύπο. Οι αδυναμίες αυτές τα καθιστούσαν ακατάλληλα για μακροπρόθεσμους σχεδιασμούς (Sudhir et al., 1996).

Την δεκαετία του '80 με την ανάπτυξη των γνώσεων στον τομέα της πληροφορικής άρχισαν να σχεδιάζονται πιο εξειδικευμένα μοντέλα διαχείρισης των ΑΣΑ, τα οποία στόχευαν κυρίως στην ελαχιστοποίηση του κόστους διαχείρισης των ανάμεικτων αποβλήτων και για πρώτη φορά κάποια από αυτά συμπεριλαμβάνουν και την ανακύκλωση (Englehardt and Lund, 1990). Την δεκαετία του '90 η ανακύκλωση και οι άλλοι μέθοδοι διαχείρισης των αποβλήτων αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι όλων των μοντέλων που αναπτύσσονται για τη διαχείριση των ΑΣΑ. Τα μοντέλα πλέον αντανακλούν την μετάβαση που λαμβάνει χώρα στην πολιτική διαχείρισης των αποβλήτων από την εξάρτηση από τους χώρους ταφής σε πρακτικές διαχείρισης που στηρίζονται στις αρχές της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων.

Τα περισσότερα από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν μέχρι τα τέλη του '90 στηρίζονταν κυρίως σε οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους και λίγα εξ' αυτών λαμβάνουν υπόψη τους τις κοινωνικές πτυχές. Οι Nilsson-Djerf και McDougall (2000) στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας αναγνώρισαν ότι για να είναι ένα σύστημα διαχείρισης αποβλήτων αειφόρο θα πρέπει να είναι περιβαλλοντικά αποτελεσματικό, οικονομικά προσιτό και κοινωνικά αποδεκτό. Στα μοντέλα που αναπτύσσονται πλέον η συμμετοχή του κοινού παίζει σημαντικό ρόλο και οι διάφορες απόψεις του ως προς την

αποτέφρωση ή την εδαφική διάθεση αποτελούν παράγοντες στον προσδιορισμό της πολιτικής στη διαχείριση των αποβλήτων.

Μια ανασκόπηση των μοντέλων που χρησιμοποιούνται σήμερα στην διαχείριση των αποβλήτων δείχνει ότι αυτά μπορεί να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες (Kamperis et al., 2013):

- σε αυτά που βασίζονται στη ανάλυση κόστους-οφέλους (cost benefit analysis)
- σε αυτά που βασίζονται στην ανάλυση του κύκλου ζωής (life cycle analysis)
- και σε αυτά που βασίζονται στη χρήση πολυκριτηριακών εργαλείων (multicriteria decision analysis)

7.1.1 Μοντέλα ανάλυσης κόστους-οφέλους

Το εργαλείο αυτό επιτρέπει στους ιθύνοντες να εξετάσουν τις θετικές και αρνητικές επιπτώσεις διαφόρων σεναρίων, μετατρέποντας όλες τις επιπτώσεις σε ένα κοινό μέτρο σύγκρισης το οποίο συνήθως είναι οικονομικό. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και οι επιπτώσεις που δεν έχουν νομισματική αξία, όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ή οι κοινωνικές επιπτώσεις, θα πρέπει να υπολογιστούν με οικονομικούς όρους (π.χ. ο έλεγχος της ρύπανσης μπορεί να υπολογιστεί μέσω του κόστους τοποθέτησης φίλτρων, η κοινωνική επίπτωση μπορεί να υπολογιστεί από το ποσό των χρημάτων που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι δημότες για μια περιβαλλοντική αναβάθμιση). Μετά το πέρας της ανάλυσης το σενάριο με τα μεγαλύτερα οφέλη και λιγότερα κόστη είναι το προτιμώμενο σενάριο (Morrissey & Browne, 2004).

7.1.2 Μοντέλα ανάλυσης κύκλου ζωής

Για να μπορέσεις να επιλέξεις το πιο «πράσινο» μεταξύ δύο προϊόντων ή πολιτικών είναι απαραίτητο να λάβεις υπόψη σου τις περιβαλλοντικές επιδράσεις από «την κούνια στον τάφο». Η ανάλυση του κύκλου ζωής στοχεύει στο να κατανοήσει και να αξιολογήσει το μέγεθος και τη σημασία των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαφορετικών επιλογών σχεδιασμού και κατά πόσο αυτές θα έχουν πιθανά σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα. Με την μέθοδο αυτή τα διάφορα σενάρια διαχείρισης ελέγχονται σε όλα τα στάδιά τους δεδομένου ότι ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο. Επιπρόσθετα μπορούμε να ελέγξουμε και το κατά πόσο μια αλλαγή σε κάποιο στάδιο μπορεί να προκαλέσει θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η ανάλυση κύκλου ζωής έχει εφαρμοστεί με

επιτυχία στον τομέα της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συστημάτων διαχείρισης των ΑΣΑ, για τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιδόσεων διαφόρων σεναρίων διαχείρισης ανάμεικτων στερών αποβλήτων αλλά και για συγκεκριμένα κλάσματα αποβλήτων (Liamsanguan & Gheewala, 2008).

7.1.3 Μοντέλα πολυκριτηριακής ανάλυσης

Ενώ τα μοντέλα κόστους αξιολογούν εναλλακτικές λύσεις βασιζόμενα σε οικονομικές τιμές και τα περιβαλλοντικά μοντέλα αξιολογούν τη χρήση φυσικών πόρων και τις πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον, τα μοντέλα που βασίζονται στη χρήση πολυκριτηριακών εργαλείων, συμπεριλαμβανομένης της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (Multi-criteria Decision Analysis - MCDA) εξετάζουν και ενσωματώνουν συχνά αντιφατικά κριτήρια διαφόρων διαστάσεων και ως εκ τούτου παρέχουν αρτιότερες αποφάσεις σε σχέση με τα δυο προηγούμενα μοντέλα (Morrissey & Browne, 2004).

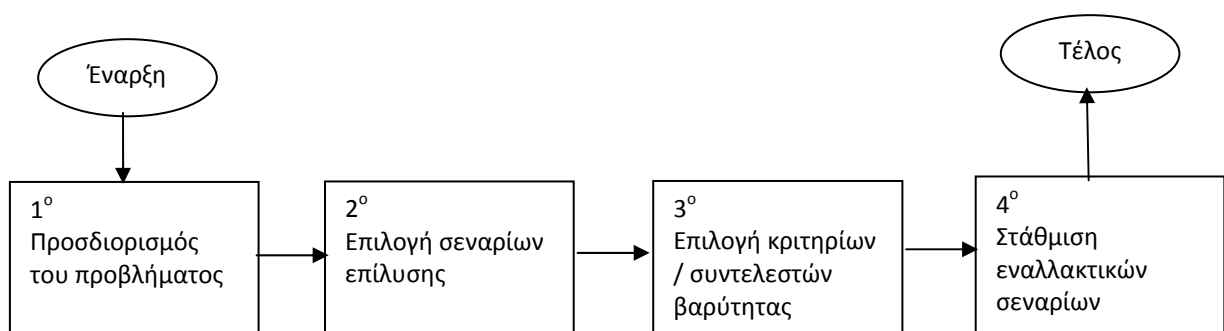
Η επίλυση ενός διαχειριστικού προβλήματος όπως ο σχεδιασμός της διαχείρισης των ΑΣΑ αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, καθότι απαιτείται ο συσχετισμός πολυάριθμων κριτηρίων όπως το κόστος, η ασφάλεια, η παραγωγικότητα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η τοποθεσία και πολλά άλλα που δεν επιτρέπουν άλλο περιθώριο στους ιθύνοντες από το να επιλέξουν μεταξύ αρκετών διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων. Η τελική επιλογή του καταλληλότερου συστήματος μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων απαιτεί την συνεξέταση και αξιολόγηση πολλών αντικρουόμενων παραμέτρων μέσω της ανάλυσης και βαθμολόγησης των κριτηρίων, τα οποία είναι κοινά για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια. Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί την καταλληλότερη μεθοδολογία για την επίλυση τέτοιων πολύπλοκων προβλημάτων καθότι συνδυάζει την αποτελεσματικότητα στην επίλυση σύνθετων αναλύσεων, με την ευελιξία στην χρήση ταυτόχρονα ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων και την δυνατότητα να λαμβάνει υπόψη τη γνώμη των εμπειρογνομόνων (Mendoza and Martins, 2006).

Οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης οι οποίες έχουν εφαρμοστεί τα τελευταία χρόνια ευρέως σε προβλήματα που αφορούν τη διαχείριση των αποβλήτων μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τον τρόπο προσέγγισής τους σε τρεις βασικές ομάδες (Kamperis et al., 2013):

- Πολυκριτηριακή Θεωρία Χρησιμότητας (Multi Attribute Utility Theory - MAUT)
- Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process - AHP) και Αναλυτική Διαδικασία Δικτύου (Analytic Network Process – ANP)
- Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής (Outranking Methods) στη οποία ανήκουν η μέθοδος PROMETHEE και η μέθοδος ELECTRE

Παρ' όλες τις διαφορές που παρουσιάζουν μεταξύ τους όλες οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης κατά την εφαρμογή τους ακολουθούν την ίδια γενική μεθοδολογία που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 15 και αποτελείται από τα εξής στάδια (Mourits & Oude Lansink, 2006):

- Κατά το 1ο στάδιο καθορίζονται με σαφήνεια οι στόχοι της πολυκριτηριακής ανάλυσης με σκοπό τον προσδιορισμό του προβλήματος. Οι στόχοι αυτοί πρέπει να είναι συγκεκριμένοι, ρεαλιστικοί και μετρήσιμοι ώστε να εντοπιστούν όλα τα πιθανά εναλλακτικά σενάρια επίλυσής του προβλήματος (2ο στάδιο).
- Κατά το 3ο στάδιο οι ιθύνοντες επιλέγουν και κατατάσσουν ως προς τη σημαντικότητά τους, τα κριτήρια με βάση τα οποία θα πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων.
- Στο 4ο και τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται η ταξινόμηση των εναλλακτικών σεναρίων, με βάση την βαθμολογία τους, ώστε οι ιθύνοντες να μπορέσουν να τις αξιολογήσουν και να επιλέξουν το προτιμώμενο σενάριο (Η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου γίνεται με βάση τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται και των συντελεστών βαρύτητας αυτών)



Διάγραμμα 15: Βασικό μοντέλο Πολυκριτηριακής Ανάλυσης (Mourits & Oude Lansink, 2006)

7.2 Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP)

Η Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytic Hierarchy Process – AHP) αποτελεί τεχνική πολυκριτηριακής ανάλυσης για τη λήψη αποφάσεων, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προβλήματα, που περιλαμβάνουν πολλαπλούς και πιθανά αντικρουόμενους στόχους και έχει προταθεί από τον Saaty κατά τη δεκαετία του '80. Πρόκειται για μια συστηματική διαδικασία, η οποία αναπαριστά τα στοιχεία ενός προβλήματος και θέτει το πλαίσιο για την επίλυσή του. Για να γίνει αυτό, ένα πολύπλοκο πρόβλημα διαιρείται σε ένα αριθμό απλούστερων προβλημάτων, υπό τη μορφή επιπέδων ιεραρχίας λήψης απόφασης. Αφού καθιερωθεί η ιεραρχία, κατασκευάζεται ένας πίνακας σύγκρισης κατά ζεύγη για κάθε επίπεδο (Saaty, 1990).

Ουσιαστικά χρησιμοποιείται για τη σύγκριση μεταξύ των κριτηρίων ανά δύο, η οποία βασίζεται σε υποκειμενικές κρίσεις των ατόμων που σχεδιάζουν την ιεραρχική αυτή δομή, έτσι ώστε να ιεραρχηθούν οι προτεραιότητες. Τα στάδια της μεθόδου μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Στάδιο 1

Ορίζεται το πρόβλημα λήψης απόφασης, τίθεται ο γενικότερος κεντρικός στόχος και συλλέγονται τα δεδομένα για την επίλυσή του.

Στάδιο 2

Καθορίζεται η ιεραρχική δομή λήψης απόφασης με κορυφή τον κεντρικό στόχο, γίνεται περαιτέρω ανάλυση σε στοιχεία απόφασης (υποστόχους – κριτήρια) και προς το τελευταίο επίπεδο ιεραρχίας τα κριτήρια εξειδικεύονται περισσότερο (λεπτομερέστερα στοιχεία απόφασης).

Στάδιο 3

Συλλέγονται οι προτιμήσεις που αποφασίζονται σχετικά με τα στοιχεία απόφασης. Κατασκευάζονται έτσι πίνακες κατά ζεύγη συγκρίσεων των στοιχείων απόφασης ως προς το στόχο και τελικά πίνακες σύγκρισης των επιμέρους στοιχείων απόφασης για όλα τα επίπεδα της ιεραρχίας της μορφής των Πινάκων 25 και 26. Τα στοιχεία τους αποτελούν τη βαθμολογία του αποφασίζοντα κατά εκτίμηση με βάση τις προτιμήσεις του σύμφωνα με την κλίμακα του Πίνακα 27. Η κλίμακα αυτή διαθέτει εννέα (9) διαβαθμίσεις, όπου το ένα (1) αντιστοιχεί σε βαθμολογία κριτηρίου αδιάφορου ή ίσης

σημασίας και το εννέα (9) απόλυτης σημασίας ή εξαιρετικής προτίμησης. Η σύγκριση αυτή σε ζεύγη δίνει τη δυνατότητα στους αρμόδιους για τη λήψη των αποφάσεων να εκτιμήσουν ξεχωριστά τη συμβολή του κάθε παράγοντα στο στόχο, οπότε και καθιστά ευκολότερη τη λήψη αποφάσεων.

Πίνακας 25: Σύγκριση κατά ζεύγη κεντρικού στόχου

| Κεντρικός στόχος | Στοιχείο απόφασης 1 | Στοιχείο απόφασης 2 | Στοιχείο απόφασης ν |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Στοιχείο απόφασης 1 | α_{11} | α_{12} | $\alpha_{1\nu}$ |
| Στοιχείο απόφασης 2 | α_{21} | α_{22} | $\alpha_{2\nu}$ |
| Στοιχείο απόφασης ν | $\alpha_{\nu 1}$ | $\alpha_{\nu 2}$ | $\alpha_{\nu\nu}$ |

Πίνακας 26: Σύγκριση κατά ζεύγη – επιμέρους στοιχεία απόφασης

| Στοιχείο απόφασης 1 | Κριτήριο 1 | Κριτήριο 2 | Κριτήριο ν |
|---------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Κριτήριο 1 | α_{11} | α_{12} | $\alpha_{1\nu}$ |
| Κριτήριο 2 | α_{21} | α_{22} | $\alpha_{2\nu}$ |
| Κριτήριο ν | $\alpha_{\nu 1}$ | $\alpha_{\nu 2}$ | $\alpha_{\nu\nu}$ |

Στους πίνακες 25 και 26 τα στοιχεία:

$\alpha_{ii} = 1$, αφού αναφέρονται σε συγκρίσεις των στοιχείων με τον εαυτό τους.

$\alpha_{ij} > 1$, όταν το i προτιμάται από το j .

$\alpha_{ij} < 1$, όταν το j προτιμάται από το i .

$\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}$, για κάθε i, j .

Κάθε τιμή εκφράζει πόσες φορές είναι πιο σημαντικό ένα στοιχείο από ένα άλλο. Είναι προφανές ότι τα δεδομένα των κατά ζεύγη συγκρίσεων συλλέγονται μόνο για τα μισά στοιχεία του πίνακα, συμπεριλαμβανομένων βέβαια και των στοιχείων της διαγωνίου, ενώ τα άλλα συμπληρώνονται με χρήση του $\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}$. Έτσι. Για έναν πίνακα διαστάσεων $n \times n$ ο αριθμός των συγκρίσεων που πρέπει να γίνουν είναι $n(n-1)/2$. Στον πίνακα 27 παρουσιάζεται η συγκριτική κλίμακα στην Μέθοδο Αναλυτικής Ιεράρχησης σύμφωνα με τον Saaty (1980):

Πίνακας 27: Η συγκριτική κλίμακα στην Μέθοδο Αναλυτικής Ιεράρχησης

| Βαθμός Σημασίας | Ορισμός | Εξήγηση |
|-------------------------------------|--|---|
| 1 | Ίσης σημασίας | Οι δύο εναλλακτικές συμβάλλουν εξίσου στην επίτευξη του στόχου |
| 3 | Μέτρια σημαντικότερη η μία εναλλακτική σε σχέση με την άλλη | Προτιμάται ελαφρώς λόγω εμπειρίας και κρίσης η μία εναλλακτική |
| 5 | Αρκετά σημαντικότερη η μία εναλλακτική σε σχέση με την άλλη | Προτιμάται ισχυρά λόγω εμπειρίας και κρίσης η μία εναλλακτική |
| 7 | Πολύ σημαντικότερη η μία εναλλακτική σε σχέση με την άλλη | Προτιμάται ισχυρά η μία εναλλακτική λόγω σημαντικών ενδείξεων |
| 9 | Εξαιρετικά σημαντικότερη η μία εναλλακτική σε σχέση με την άλλη | Υπάρχουν αποδείξεις για την προτίμηση της μιας εναλλακτικής |
| 2,4,6,8 | Ενδιάμεσες τιμές μεταξύ κρίσεων | Όταν απαιτείται συμβιβασμός |
| Αντίστροφοι (μεγαλύτεροι από μηδέν) | Αν η εναλλακτική I έχει μια από τις παραπάνω τιμές (διάφορες του μηδενός) όταν συγκρίνεται με τη δραστηριότητα j, τότε η j παίρνει την αντίστροφη τιμή | Οι αντίστροφες τιμές των 2, 4, 6, 8 αποτελούν αντίστροφες προτιμήσεις |

Στάδιο 4

Υπολογίζονται για κάθε πίνακα σύγκρισης οι επιμέρους προτεραιότητες ή αλλιώς βαρύτητες του κάθε στοιχείου απόφασης, όπως φαίνεται στον πίνακα 28.

Πίνακας 28: Σχετική βαρύτητα στοιχείου απόφασης

| Κεντρικός στόχος | Στοιχείο απόφασης 1 | Στοιχείο απόφασης 2 | Στοιχείο απόφασης ν | Σχετικές βαρύτητες |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Στοιχείο απόφασης 1 | α_{11} | α_{12} | α_{1v} | w_1 |
| Στοιχείο απόφασης 2 | α_{21} | α_{21} | α_{2v} | w_2 |
| Στοιχείο απόφασης ν | α_{v1} | α_{v2} | α_{vv} | w_v |

Στάδιο 5

Γίνεται σύνθεση των επιμέρους προτεραιοτήτων, όπως αυτές προκύπτουν από τους επιμέρους πίνακες συγκρίσεων, σε γενικές προτεραιότητες των εναλλακτικών αποφάσεων ως προς τον απώτερο στόχο (και υπολογίζεται η συνολική μεσοσταθμική βαθμολογία κάθε εναλλακτικής). Οι συνολικές βαρύτητες προκύπτουν μέσω μιας σειράς πολλαπλασιασμών.

7.3 Διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία που διαθέτουν οι ιθύνοντες, για να σκέφτονται με ένα πειθαρχημένο τρόπο όταν λαμβάνουν αποφάσεις δημόσιας πολιτικής για το μέλλον, είναι η μέθοδος ανάπτυξης σεναρίων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για να τονίσει τα κενά και τις ασυνέπειες του παρόντος αλλά και για να αποκαλύψει τις διαθέσιμες επιλογές αλλά και τις πιθανές συνέπειες αυτών. Η ανάπτυξη σεναρίων βοηθάει τους ιθύνοντες να αποκτήσουν νέες γνώσεις σχετικά με τις ευκαιρίες και τους κινδύνους που εμπλέκονται στην λήψη αποφάσεων, π.χ. για τη διαχείριση των δημοτικών στερεών αποβλήτων, οι οποίες θα μπορούσαν να έχουν σημαντικές συνέπειες για την ανάπτυξη της περιοχής κατά τις επόμενες δεκαετίες.

Για να μπορέσει η μέθοδος να είναι αποτελεσματική τα σενάρια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει (Acosta Tellez, 2014):

- να διακρίνονται από ευλογοφάνεια. Ένα σενάριο θα πρέπει να εμπίπτει εντός των ορίων του τι θα μπορούσε να συμβεί.
- να είναι διακριτά
- να είναι εύσημα. Να διαθέτουν αξιοπιστία και να μη μπορεί να αμφισβητηθούν εύκολα.
- να είναι κατανοητά και να παρέχουν μια εικόνα μελλοντικών εναλλακτικών καταστάσεων που θα οδηγούν στην επιλογή της πολιτικής που πρέπει να ακολουθηθεί
- να ευρύνουν τους ορίζοντες με κατανοητά επιχειρήματα και να αμφισβητούν τα καθιερωμένα πιστεύω. Η συνήθης δαιμονοποίηση ορισμένων μεθόδων επεξεργασίας δε θα πρέπει να προκαταβάλλει τον ερευνητή και να τον οδηγεί στον αποκλεισμό τους χωρίς περαιτέρω διερεύνηση.

Για τους σκοπούς της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής διαμορφώθηκαν δύο (2) αντιπροσωπευτικά και αφ' ετέρου διακριτά ως προς τις μεθόδους και τους στόχους τους εναλλακτικά σενάρια για την ολοκληρωμένη διαχείριση των ΑΣΑ του Δήμου Τρικκαίων, όπως αυτά παρατίθενται παρακάτω:

1ο Σενάριο: Διαλογή στη Πηγή – Κομποστοποίηση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

2ο Σενάριο: Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

Για τη διαμόρφωση των σεναρίων και τη μετέπειτα σύγκριση και αξιολόγησή τους λήφθηκαν μια σειρά από παραδοχές οι οποίες συνοπτικά αναφέρουν τα εξής:

- Τα σενάρια αφορούν απλές τεχνολογίες, οι οποίες επιτρέπουν την σταδιακή κατασκευή τμημάτων ή γραμμών παραγωγής αλλά και την μη λειτουργία αυτών ανάλογα με την εποχιακή διακύμανση παραγωγής Α.Σ.Α.
- Θεωρείται δεδομένη η επέκταση του συστήματος διαλογής στην πηγή των αποβλήτων συσκευασιών με αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης.
- Θεωρείται, επίσης, δεδομένη, η δημιουργία συστήματος διαλογής στην πηγή για τα βιολογικά απόβλητα (οργανικά), σύμφωνα και με τον πρόσφατο νόμο 4042/2012.

7.4 Καθορισμός κριτηρίων αξιολόγησης

Τα κριτήρια αποτελούν το μέσο αξιολόγησης των σεναρίων, με το κάθε κριτήριο να αντιπροσωπεύεται από ένα συντελεστή βαρύτητας, άμεσο ή έμμεσο. Άμεσοι συντελεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις περιπτώσεις παρουσίας μικρού αριθμού κριτηρίων. Ο έμμεσος συντελεστής βαρύτητας μπορεί να προσδιοριστεί με την ταξινόμηση των κριτηρίων κατά σειρά σπουδαιότητας, την απόδοση ενός συνολικού συντελεστή βαρύτητας ή ενός μέγιστου συντελεστή βαρύτητας. Στη συνέχεια μπορεί ο συντελεστής να προσδιοριστεί βάση του αθροίσματος όλων των συντελεστών ή βάση του μεγαλύτερου συντελεστή. Ουσιαστικά ο συντελεστής βαρύτητας παρουσιάζει την αξία και την προτίμηση του ενδιαφερόμενου φορέα για κάθε κριτήριο (Ζορπάς, 2015).

Τα κριτήρια αποτελούν τις απαραίτητες παραμέτρους για την ανάλυση αφού μέσω αυτών αναλύονται και ιεραρχούνται τα εξεταζόμενα σενάρια. Η αξιολόγηση των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων, περιλαμβάνει την ανάλυση τεχνικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών και πολιτικών (κοινωνικών) κριτηρίων. Λόγω του ότι τα κριτήρια αυτά, είναι πολλές φορές αντικρουόμενα, δύσκολα καταλήγει κανείς σε βέλτιστες λύσεις, οπότε αναζητούνται αποδεκτές συμβιβαστικές λύσεις (Turcksin et al., 2014).

Ο σκοπός των τεχνικών κριτηρίων είναι η καλύτερη εφαρμογή της τεχνολογίας δηλαδή η καλύτερη προσαρμοστικότητα και ευελιξία, η μεγαλύτερη λειτουργικότητα, η μεγαλύτερη αξιοπιστία, η ταχύτερη ολοκλήρωση και η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του συστήματος. Σκοπός των περιβαλλοντικών κριτηρίων είναι οι λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα κριτήρια αυτά αποσκοπούν στη χαμηλότερη ατμοσφαιρική επιβάρυνση και στη ρύπανση των υδάτων, στη χαμηλότερη επιβάρυνση του εδάφους, στη χαμηλότερη ηχορύπανση και οπτική ρύπανση και στη μεγαλύτερη ανάκτηση υλικών και ενέργειας. Τα οικονομικά κριτήρια έχουν σκοπό την καλύτερη οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος, που σημαίνει χαμηλότερο κόστος επένδυσης και λειτουργίας, ανάπτυξη αγοράς και καλύτερη εκμετάλλευση της χρηματοδότησης. Τέλος, τα πολιτικά κριτήρια σκοπό έχουν την καλύτερη συμβατότητα με το πολιτικοκοινωνικό περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει την καλύτερη χρήση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας συμφωνία με το τρέχον νομικό πλαίσιο, τις εκτιμώμενες αντιδράσεις από τη χρήση της τεχνολογίας, και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας (Ζορπάς, 2015).

Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι τα κάτωθι:

Οικονομικά κριτήρια

K1: Επενδυτικό κόστος

K2: Λειτουργικό κόστος

Περιβαλλοντικά κριτήρια

K3: Εκτροπή ανακυκλώσιμων από την ταφή

K4: Εκτροπή βιοαποβλήτων από την ταφή

K5: Παραγωγή CO₂

K6: Παραγωγή επικίνδυνων υπολειμμάτων προς διαχείριση/διάθεση

K7: Ποσότητα υπολειμμάτων προς ταφή

Τεχνικά κριτήρια

K8: Ευελιξία

K9: Πολυπλοκότητα

K10: Υπάρχουσα εμπειρία

Κοινωνικά κριτήρια

K11: Κοινωνική αποδοχή

K12: Δημιουργία θέσεων εργασίας

7.5 Περιορισμοί της έρευνας

Κατά τη διαδικασία ανάλυσης του ερευνητικού υλικού αντιμετωπίσαμε τις εξής δυσκολίες:

- Ο τρόπος ανάλυσης των εναλλακτικών σεναρίων και η κατηγοριοποίησή τους αναφέρεται ως μια βασική δυσκολία στη μελέτη του ερευνητικού υλικού. Ο επιτυχής καθορισμός των κριτηρίων και των υποκριτηρίων καθώς και η λήψη μιας σειράς παραδοχών αποτελεί την πιο σημαντική διαδικασία της ανάλυσης, διότι επιτρέπει τη συστηματική απογραφή και ταξινόμηση του ερευνητικού υλικού.
- Το να τηρηθεί ουδέτερη στάση εκ μέρους του ερευνητή κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας δεν αποτελεί εύκολο εγχείρημα, διότι ο ερευνητής δύναται να διαστρεβλώσει ασυνείδητα τα ερευνητικά δεδομένα και να μην αξιολογήσει σωστά τις πληροφορίες. Η προκατάληψη, η ιδεολογία, οι προσδοκίες του ερευνητή, η θετική ή αρνητική του στάση απέναντι σε μια αναπόδεικτη υπόθεση μπορούν να επηρεάσουν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των ερευνητικών αποτελεσμάτων.

Κεφάλαιο 8

Ανάλυση των Εναλλακτικών Σεναρίων

Τα εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης Α.Σ.Α. στο Δήμο Τρικκαίων που εξετάζονται στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή έχουν ως εξής:

Σενάριο 1: Διαλογή στη Πηγή – Κομποστοποίηση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

Σενάριο 2: Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

Ακολουθούν τα βασικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού του κάθε σεναρίου, τα ισοζύγια μάζας, καθώς και το κόστος επένδυσης και λειτουργίας των μονάδων που προβλέπονται.

8.1 Σενάριο 1: Διαλογή στη Πηγή - Κομποστοποίηση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

Το πρώτο σενάριο αφορά τη δημιουργία ενός δικτύου ξεχωριστής συλλογής για κάθε ένα από τα ακόλουθα ρεύματα: χαρτί, μέταλλο, πλαστικό και γυαλί, την δημιουργία ενός πράσινου σημείου, όπου τα ρεύματα θα είναι περισσότερα, αλλά και την χωριστή συλλογή των αποβλήτων τροφίμων από τα νοικοκυριά και τις επιχειρήσεις που σε συνδυασμό με τα πράσινα απόβλητα του Δήμου (από κηπουρικές εργασίες, κλαδέματα δέντρων, κλπ.) θα οδηγούνται σε μονάδα βιολογικής επεξεργασίας (κομποστοποίηση) για την παραγωγή κομπόστ υψηλής ποιότητας.

Κατά το σχεδιασμό του παρόντος σεναρίου λήφθηκαν υπόψη οι εξής παραδοχές (Πίνακες 29, 30 και 31):

- Η συμμετοχή των πολιτών στο πρόγραμμα ΔσΠ και Συλλογή Οργανικών θα είναι 80%.

- Τα υπολείμματα της επεξεργασίας και οι ποσότητες των Α.Σ.Α. που δεν συλλέγονται στα ειδικά προγράμματα καταλήγουν στο Χ.Υ.Τ.Υ. και κατά παραδοχή αντιστοιχούν στο 20% των συνολικών.
- Ο συντελεστής μετατροπής του οργανικού κλάσματος σε κομπόστ είναι 80%.
- Τα υπολείμματα από τη διεργασία της Κομποστοποίησης καταλήγουν στο Χ.Υ.Τ.Υ. και κατά παραδοχή αντιστοιχούν στο 20% των συνολικών.
- Διευκρινίζεται ότι στους υπολογισμούς δεν περιελήφθησαν απόβλητα από κήπους, αγροτικές καλλιέργειες, κτηνοτροφικές μονάδες ενσταυλισμένων ζώων ή ελευθέρως βοσκής. Αυτού του είδους τα απόβλητα όχι μόνο μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά παράγουν και ένα εξαιρετικής ποιότητας λίπασμα.

Πίνακας 29: Κατά Βάρος Σύσταση Παραγόμενων Α.Σ.Α. - Παραγωγή Ανακυκλώσιμων Υλικών με 80% Συμμετοχή Πολιτών - Ποσότητα Υπολειμμάτων προς Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι /έτος)

| Συστατικό | Κατά Βάρος Σύσταση (%) | Ποσότητα Συστατικών (τόνοι / έτος) | Ποσότητα Συλλεγόμενων Συστατικών με 80% Συμμετοχή Πολιτών Στο Πρόγραμμα ΔσΠ | Μη Συμμετοχή Στο Πρόγραμμα ΔσΠ (20%) Ποσότητα Προς Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι / έτος) |
|----------------|------------------------|------------------------------------|---|--|
| Ζυμώσιμα | 40 | 10.959,20 | 8.767,36 | 2.191,84 |
| Χαρτί -Χαρτόνι | 29 | 7.945,42 | 6.356,34 | 1.589,08 |
| Πλαστικά | 14 | 3.835,72 | 3.068,58 | 767,14 |
| Γυαλί | 3 | 821,94 | 657,55 | 164,39 |
| Μέταλλα | 3 | 821,94 | 657,55 | 164,39 |
| Δ.Ε.Υ. | 2 | 547,96 | | 547,96 |
| Αδρανή | 3 | 821,94 | | 821,94 |
| Υπόλοιπα | 6 | 1.643,88 | | 1.643,88 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 100 | 27.398,00 | 19.507,00 | 7.891,00 |

Πίνακας 30: Παραγόμενη Ποσότητα Εδαφοβελτιωτικού με συμμετοχή των πολιτών στο πρόγραμμα 80% και Ποσοστό ανάκτησης 80% - Υπολείμματα προς Χ.Υ.Τ.Υ.

| Συστατικό | Κατά Βάρος Σύσταση (%) | Ποσότητα ΒΑΑ Προς Λιπασματοποίηση ΜΕ 80% Συμμετοχή Πολιτών (τόνοι / έτος) | Ποσότητα Εδαφοβελτιωτικού (Ποσοστό Ανάκτησης: 80%) | Ποσότητα Προς Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι / έτος) |
|-----------|------------------------|---|--|---------------------------------------|
| Ζυμώσιμα | 40 | 8.767,36 | 7.013,89 | 3.945,31 |

Πίνακας 31: Ποσότητα Ανακτημένων Υλικών προς Ανακύκλωση – Υπολείμματα προς Χ.Υ.Τ.Υ.

| Συστατικό | Παραδοχή Ανάκτησης Υλικών (%) | Ποσότητα Ανακτημένων Υλικών Προς Ανακύκλωση (τόνοι / έτος) | Υπόλοιπα Προς Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι / έτος) |
|---------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------------|
| Χαρτί -Χαρτόνι & Πλαστικά | 70 | 6.597,45 | 5.183,69 |
| Γυαλί | 80 | 526,04 | 295,90 |
| Μέταλλα | 70 | 460,29 | 361,65 |
| ΔΕΥ | | | 547,96 |
| Αδρανή | | | 821,94 |
| Υπόλοιπα | | | 1.643,88 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 7.583,78 | 8.855,02 |

Το συνολικά παραγόμενο εδαφοβελτιωτικό θα είναι: 7.013,89 τόνοι / έτος.

Τα ανακυκλώσιμα υλικά μπορεί να φτάνουν τα: 7.583,78 τόνοι / έτος.

Οι ποσότητες που θα καταλήγουν στο Χ.Υ.Τ.Υ. θα είναι: 12.800,33 τόνοι / έτος.

8.1.1 Αξιολόγηση σεναρίου

Το παρόν σενάριο δίνει μεγάλη έμφαση στην προδιαλογή των υλικών και κατά συνέπεια στη μείωση των σύμμεικτων αποβλήτων που οδηγούνται προς επεξεργασία και τελική διάθεση.

Τεχνική Άποψη

Από τεχνικής άποψης το πρώτο σενάριο αποτελεί μια δοκιμασμένη και αποδεδειγμένη μέθοδο διαχείρισης αποβλήτων σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ελλάδα σήμερα λειτουργούν 22 Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης, τα οποία μαζί με τους δήμους είναι έτοιμα να επεκτείνουν το δίκτυο χωριστής συλλογής αποβλήτων. Στο Δήμο Τρικκαίων έχει εφαρμοστεί στο παρελθόν πιλοτικό πρόγραμμα ανακύκλωσης γυαλιού, το οποίο όμως αποτελούσε ιδιωτική πρωτοβουλία εθελοντών, ενώ μόλις από τα μέσα του 2015 ξεκίνησε να λειτουργεί ένα οργανωμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας. Το παρόν σενάριο θα λειτουργήσει σωστά μόνο αν υπάρξει αποδοχή και υψηλή συμμετοχή από τους πολίτες αλλά και καλή οργάνωση από το Δήμο. Είναι συχνό το φαινόμενο οι πολίτες αρχικά να δηλώνουν υπέρ των προγραμμάτων ανακύκλωσης και αυτό να μην μετατρέπεται πάντα σε ενεργή δράση

λόγω των αρκετών καταστασιακών (situational), θεσμικών (institutional) και συμπεριφορικών (attitudinal) εμποδίων (De Feo & De Gisi, 2010).

Το παρόν σενάριο μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στις τοπικές συνθήκες του Δήμου Τρικκαίων, καθότι λειτουργεί ήδη ΧΥΤΑ ο οποίος θα δέχεται τα απόβλητα για τα οποία δεν θα υπάρχει διαλογή στην πηγή ενώ απαραίτητη είναι μόνο η δημιουργία μιας μονάδας κομποστοποίησης η οποία θα χωροθετηθεί στον ήδη υπάρχων χώρο του πρώην ΧΑΔΑ. Η λειτουργία της μονάδας κομποστοποίησης δεν επηρεάζεται από την διακύμανση της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων ούτε από την ποιοτική σύσταση αυτών και οποιαδήποτε αύξηση των εισερχομένων ποσοτήτων αντιμετωπίζεται εύκολα με την τροποποίηση της οργάνωσης εργασίας.

Κοινωνική Άποψη

Εξετάζοντας το πρώτο σενάριο από άποψη κοινωνικής αποδοχής παρατηρούμε βιβλιογραφικά ότι η συγκεκριμένη μέθοδος επιτυγχάνει κοινωνική συναίνεση και συγκεντρώνει υψηλή υποστήριξη από τους πολίτες. Επιπρόσθετα, οι Δημοτικές Αρχές αποκτούν θετικό περιβαλλοντικό προφίλ, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε ευκολότερη πρόσβαση σε περιβαλλοντική χρηματοδότηση αλλά και σε αύξηση του τουρισμού. Πολλές φορές όμως τέτοιες πρωτοβουλίες έχουν να αντιμετωπίσουν τις αρνητικές αντιδράσεις εκ μέρους του προσωπικού αποκομιδής των αποβλήτων του Δήμου.

Τα παρόν σενάριο εμφανίζει χαμηλή οπτική όχληση και χαμηλή αντίληψη κινδύνου καθώς αφενός η μονάδα κομποστοποίησης θα βρίσκεται σε χώρο μακριά από την πόλη, όπου δεν υπάρχει οπτική επαφή αφετέρου και το πράσινο σημείο θα βρίσκεται σε κλειστό κτήριο. Επιπρόσθετα, λίγες είναι οι εργασίες οι οποίες έχουν ασχοληθεί με τις επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων που ζουν κοντά σε μονάδες κομποστοποίησης αλλά και των εργαζομένων σε αυτές, οι οποίοι φαίνεται να έχουν περισσότερες πιθανότητες από το ευρύ κοινό να αναπτύξουν αναπνευστικά και δερματολογικά προβλήματα λόγω της μεγαλύτερης έκθεσής τους σε σκόνη, βακτήρια μύκητες, και ακτινομύκητες (Giusti, 2009).

Τέλος η δημιουργία της μονάδας κομποστοποίησης αλλά και του πράσινου σημείου δημιουργεί ενδιαφέρουσες ευκαιρίες απασχόλησης τόσο για εξειδικευμένο προσωπικό όσο και για άτομα με χαμηλότερο επίπεδο προσόντων (Πίνακας 32).

Πίνακας 32: Απαιτούμενο προσωπικό ανά δράση

| Δράση | Απασχολούμενοι | Αριθμός επιπρόσθετου απαιτούμενου ανθρώπινου δυναμικού |
|---|--|---|
| Πράσινο Σημείο | 1Υπάλληλος Παραλαβής 1 Χειριστής μηχανημάτων / οδηγός | 2 |
| Χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων | 2 Οδηγοί απορριμματοφόρου συλλογής οργανικών | 2 |
| Χώρος μεταφόρτωσης ανακυκλώσιμων υλικών | 1 Εργάτης 1 Φύλακας | 2 |
| Μονάδα Κομποστοποίησης | 1 Εργάτης 1 Φύλακας | 2 |
| Οικιακή κομποστοποίηση | Εποπτεία κάδων / Καθοδήγηση πολιτών / Δράσεις πρόληψης και επαναχρησιμοποίησης | 1 |
| Υπηρεσία καθαριότητας | Σχεδιασμός και υλοποίηση των δράσεων και της εκστρατείας ευαισθητοποίησης | 2 |
| Συνολικός Απαιτούμενος Αριθμός | | 11 |

Οικονομική Άποψη

Εξετάζοντας το πρώτο σενάριο από οικονομικής πλευράς, για να μπορέσει ο Δήμος να επιτύχει τους στόχους και να υλοποιήσει τις δράσεις που τίθενται σε αυτό, εκτός από την ενίσχυση του σε ανθρώπινο δυναμικό θεωρείται απαραίτητη και η εξασφάλιση πόρων για τη χρηματοδότηση των απαραίτητων έργων. Για τον προσδιορισμό του προϋπολογισμού των απαιτούμενων έργων λήφθηκαν υπόψη στοιχεία από Τοπικά Σχέδια Διαχείρισης ΑΣΑ άλλων Δήμων αλλά και από το ερωτηματολόγιο (N.3982/2011) που κατέθεσε ο Δήμος Τρικκαίων για την αδειοδότηση της μονάδας κομποστοποίησης και του πράσινου σημείου. Ο προϋπολογισμός των απαιτούμενων έργων, όπως φαίνεται στον Πίνακα 33, ανέρχεται σε 1.745.000 €, το οποίο μπορεί να καλυφθεί ολόκληρο ή μέρος αυτού μέσω της ένταξης των έργων για χρηματοδότηση από το πρόγραμμα ΕΣΠΑ και το Πράσινο Ταμείο.

Πίνακας 33: Ενδεικτικό κόστος επένδυσης 1ου Σεναρίου

| Δράση | Ενδεικτικός Προϋπολογισμός |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Μονάδα κομποστοποίησης | 430.000 € |
| Πράσινο Σημείο | 800.000 € |
| Δίκτυο συλλογής βιοαποβλήτων | 150.000 € |
| Οικιακή κομποστοποίηση | 65.000 € |
| Χώρος Μεταφόρτωσης | 300.000 € |
| ΣΥΝΟΛΟ | 1.745.000 € |

Στον παρακάτω Πίνακα 34 δίνεται το λειτουργικό κόστος της Κεντρική Μονάδας Κομποστοποίησης του Δήμου Τρικκαίων.

Πίνακας 34: Λειτουργικό Κόστος Κεντρικής Μονάδας Λιπασματοποίησης

| Είδος | Ποσό / Έτος |
|--|--------------------|
| Λειτουργικό Κόστος Μονάδας Κομποστοποίησης | 300.000 € |
| Λειτουργικό Κόστος Πράσινου Σημείου | 30.000 € |
| Αμοιβές Προσωπικού ανά έτος | 100.000 € |
| Κόστος Αποκομιδής | 150.000 € |
| ΣΥΝΟΛΟ | 580.000 € |

Περιβαλλοντική Αποψη

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εφαρμογή του 1ου Σεναρίου συνοψίζονται στις εξής:

α) Στην παραγωγή στραγγισμάτων στη μονάδα κομποστοποίησης, η διαφυγή των οποίων από το χώρο συγκέντρωσής τους, μπορεί να προκαλέσει μόλυνση ή/και ρύπανση του υπεδάφους και του υπόγειου υδροφορέα. Η κύρια διαφορά τους σε σχέση με τα στραγγίσματα που παράγονται στους ΧΥΤΑ είναι ότι τα δευτέρω περιέχουν ένα μεγάλο εύρος από οργανικά (αλκοόλες, οξέα) και μη οργανικά υλικά (NH₃-N, βαρέα μέταλλα κ. ά.) ενώ τα στραγγίσματα από την κομποστοποίηση περιέχουν κυρίως βιοαποικοδομήσιμο υλικό. Στην μονάδα κομποστοποίησης πρόκειται να κατασκευαστεί διαμήκης κανάλι υδροσυλλογής, στη μέση του πλατώματος, στο οποίο θα συλλέγονται τα στραγγίσματα από τα σειράδια υλικού και θα οδηγούνται σε πλαστική δεξαμενή. Στη συνέχεια τα στραγγίσματα θα μεταφέρονται με βυτιοφόρο όχημα στο βιολογικό καθαρισμό του Δήμου ή εναλλακτικά στην εγκατάσταση επεξεργασίας του ΧΥΤΑ, όταν αυτός αναβαθμιστεί.

β) Στην παραγωγή και εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου από τη μονάδα κομποστοποίησης. Η σύνθεση και η ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από μια μονάδα κομποστοποίησης εξαρτώνται από τη μέθοδο που ακολουθείται, την πρώτη ύλη, την ηλικία, τη θερμοκρασία, το βάθος, το πορώδες του υλικού κ. ά. Το αέριο που κυρίως παράγεται είναι το CO₂, ενώ πραγματοποιείται και εκπομπή CH₄, N₂O, σε μικρότερες ποσότητες, και μη μεθανικών υδρογονανθράκων (NMHCs) σε ακόμα μικρότερες ποσότητες (Chan et al., 2011). Οι White et al. (1995) υπολόγισαν θεωρητικά ότι το σύνολο των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου σε μια μονάδα κομποστοποίησης ισούται με 323 Kg CO₂/t μεικτών αποβλήτων ενώ σύμφωνα με τον Lou (2008) το σύνολο των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου ισούται με 284 Kg CO₂/t μεικτών αποβλήτων. Αντίστοιχοι πρακτικοί υπολογισμοί άλλων ερευνών έδειξαν ότι οι παραγόμενες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου κυμαίνονταν μεταξύ 183 Kg CO₂/t μεικτών αποβλήτων (Jackson and Line, 1997) και 193,2 Kg CO₂/t μεικτών αποβλήτων (Jakobsen, 1994). Αυτό υποδηλώνει ότι οι θεωρητικοί υπολογισμοί έχουν την τάση να υπερεκτιμούν το τι πραγματικά εκπέμπεται.

Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, από την εφαρμογή του 1ου Σενάριο προκύπτουν και θετικές απόρροιες οι οποίες είναι:

α) Η διάρκεια ζωής του ΧΥΤΑ, ο οποίος πλέον μετατρέπεται σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ) αναμένεται να διπλασιασθεί.

β) Η εφαρμογή της μεθόδου κομποστοποίησης προκαλεί μείωση της συνολικής ποσότητας των παραγόμενων αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με την μέθοδο διάθεσής τους σε ΧΥΤΑ. Οι Murphy και Power (2006) υπολόγισαν ότι η κομποστοποίηση μπορεί να επιφέρει μείωση της παραγόμενης ποσότητας αερίων του θερμοκηπίου κατά 1.190 Kg CO₂/t βιοαποβλήτων σε σχέση με την ποσότητα που παράγεται στο ΧΥΤΑ (1.555 Kg CO₂/t βιοαποβλήτων).

γ) Με την διαλογή στην πηγή επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα λόγω της μείωσης της κατανάλωσης της ενέργειας και των πόρων που απαιτούνται για την παραγωγή πρωτογενών υλικών (Liamsanguan & Gheewala, 2008).

Νομοθετικό Πλαίσιο

Από άποψη νομοθετικού πλαισίου, το 1ο Σενάριο είναι σε πλήρη εναρμόνιση με τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία αλλά και τους στόχους που έχουν τεθεί από το Εθνικό και Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων.

8.2 Σενάριο 2: Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

Στην παρούσα εναλλακτική λύση εξετάζεται η περίπτωση να γίνεται Διαλογή στην Πηγή μετάλλων και γυαλιού και ανάκτηση τους, ενώ όλα τα υπόλοιπα Α.Σ.Α. θα οδηγούνται προς θερμική επεξεργασία και η τέφρα θα καταλήγει σε Χ.Υ.Τ.Υ. Με την αποτέφρωση επιτυγχάνεται ελάττωση του όγκου των αποβλήτων, αδρανοποίησή τους διότι στο Χ.Υ.Τ.Υ. καταλήγουν με τη μορφή τέφρας, αλλά και εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας.

Γίνονται οι παρακάτω παραδοχές (Πίνακες 35, 36 και 37),:

- Θα γίνεται ανακύκλωση στα μέταλλα και γυαλί.
- Τα υπόλοιπα Α.Σ.Α. (Χαρτί, Πλαστικά, Ζυμώσιμα, Αδρανή) θα οδηγούνται προς καύση.
- Μετά την καύση η εναπομένουσα Τέφρα για κάθε συστατικό θα είναι: Χαρτί: 7%, Πλαστικό: 8%, Ζυμώσιμα – Οργανικά: 5%, Μέταλλα: 86%, Γυαλί: 97%, Αδρανή: 75%).
- Η τέφρα και τα Υπολείμματα θα καταλήγουν στο Χ.Υ.Τ.Υ.

Πίνακας 35: Κατά Βάρος Σύσταση Παραγόμενων Α.Σ.Α. – Ποσότητες Παραγόμενων Αποβλήτων με Διαλογή στην Πηγή Γυαλιού και Μετάλλων (τόνοι /έτος)

| Συστατικό | Κατά Βάρος Σύσταση (%) | Ποσότητα Συστατικών (τόνοι / έτος) | Ποσότητα Συλλεγόμενων Συστατικών με 80% Συμμετοχή Πολιτών στο Πρόγραμμα ΔσΠ (Γυαλί και Μέταλλα) (τόνοι / έτος) | Ποσότητες προς Καύση 20% Υπολειμμάτων (Γυαλί & Μέταλλα) (τόνοι / έτος) |
|----------------|------------------------|------------------------------------|--|--|
| Ζυμώσιμα | 40 | 10.959,20 | 10.959,20 | 10.959,20 |
| Χαρτί -Χαρτόνι | 29 | 7.945,42 | 7.945,42 | 7.945,42 |
| Πλαστικά | 14 | 3.835,72 | 3.835,72 | 3.835,72 |
| Γυαλί | 3 | 821,94 | 657,55 | 164,39 |
| Μέταλλα | 3 | 821,94 | 657,55 | 164,39 |
| Δ.Ξ.Υ. | 2 | 547,96 | 547,96 | 547,96 |
| Αδρανή | 3 | 821,94 | 821,94 | 821,94 |
| Υπόλοιπα | 6 | 1.643,88 | 1.643,88 | 1.643,88 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 100 | 27.398,00 | 18.192,28 | 24.384,22 |

Πίνακας 36: Παραγωγή Ανακυκλώσιμων Υλικών και Υπολειμμάτων προς Χ.Υ.Τ.Υ.

| Συστατικό | Κατά Βάρος Σύσταση (%) | Ποσότητες Συστατικών (τόνοι / έτος) | Συν/στής Ανάκτησης (%) | Ποσότητα Ανακ/μων Υλικών (τόνοι / έτος) | Ποσότητα προς Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι / έτος) |
|---------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|---|---------------------------------------|
| Γυαλί | 3 | 657,55 | 70 | 460,29 | 197,26 |
| Μέταλλα | 3 | 657,55 | 80 | 526,04 | 131,51 |
| ΣΥΝΟΛΟ | | 1315,10 | | 986,33 | 328,77 |

Πίνακας 37: Ποσότητα Α.Σ.Α. (τόνοι / έτος) ανά συστατικό προς Καύση και Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι /έτος)

| Συστατικό | Ποσότητες Συστατικών (τόνοι / έτος) | Ποσότητες προς Καύση (τόνοι / έτος) | Τέφρα (%) | Ποσότητες προς Χ.Υ.Τ.Υ. (τόνοι / έτος) |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--|
| Ζυμώσιμα – Οργανικά | 10.959,20 | 10.959,20 | 5 | 547,96 |
| Χαρτί - Χαρτόνι | 7.945,42 | 7.945,42 | 7 | 556,18 |
| Πλαστικά | 3.835,72 | 3.835,72 | 8 | 306,86 |
| Γυαλί | 821,94 | 164,39 | 97 | 159,46 |
| Μέταλλα | 821,94 | 164,39 | 86 | 141,38 |
| ΔΞΥ | 547,96 | 547,96 | 8 | 43,84 |
| Αδρανή | 821,94 | 821,94 | 75 | 616,46 |
| Υπόλοιπα | 1.643,88 | 1.643,88 | 75 | 1232,91 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 27.398,00 | 24.384,22 | | 3605,05 |

Οι ποσότητες των αποβλήτων που θα οδηγηθούν προς καύση θα είναι :

24.384,22 τόνοι / έτος.

Η εναπομένουσα τέφρα θα είναι: 3.605,05 τόνοι / έτος και 986,33 τόνοι / έτος θα είναι ποσότητες γυαλιού και μετάλλου που θα οδηγούνται προς ανακύκλωση.

Θεωρώντας ότι ένας τόνος Α.Σ.Α. αντιστοιχεί σε 500 kWh ηλεκτρικής ενέργειας, από την μονάδα αποτέφρωσης, προκύπτει παραγωγή $500 \times 24.384,22 = 12.192.110$ kWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως.

8.2.1 Αξιολόγηση σεναρίου

Το παρόν σενάριο δίνει μεγάλη έμφαση στην ανάκτηση ενέργειας μέσω της καύσης των οργανικών αποβλήτων και των αποβλήτων που δεν θα συλλέγονται μέσω της διαλογής στην πηγή.

Τεχνική Άποψη

Από τεχνικής άποψης η καύση αποβλήτων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας αποτελεί μια δοκιμασμένη και αποδεδειγμένη μέθοδο διαχείρισης απορριμμάτων σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αντίθετα, στην Ελλάδα η μόνη περιβαλλοντικά αδειοδοτημένη μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων είναι εγκατεστημένη στην Ο.Ε.Δ.Α. Άνω Λιοσίων και αφορά την θερμική επεξεργασία Επικίνδυνων Αποβλήτων Υγειονομικών Μονάδων. Επιπρόσθετα, θερμική επεξεργασία πραγματοποιείται και σε απόβλητα ζωικών υποπροϊόντων από μικρές μονάδες οι οποίες είναι διάσπαρτες σε όλη την Ελλάδα. Τέλος, όλες οι τσιμεντοβιομηχανίες στην Ελλάδα είναι αδειοδοτημένες για τη χρήση αστικών αποβλήτων και βιομάζας ως εναλλακτικά καύσιμα.

Για να μπορέσει το σενάριο αυτό να λειτουργήσει αποτελεσματικά είναι απαραίτητο η μονάδα αποτέφρωσης να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του συστήματος διαχείρισης των αποβλήτων. Για το λόγω αυτό είναι απαραίτητη η ύπαρξη μακροχρόνιων, ισχυρών και αμετάκλητων συμφωνιών που θα ρυθμίζουν θέματα όπως η συνεχή παροχή αποβλήτων, η τιμολογιακή πολιτική αλλά και η τιμή πώλησης της ενέργειας.

Ένα από τα βασικότερα θέματα που πρέπει να εξεταστούν είναι αν η αποτέφρωση λειτουργεί εις βάρος της διαλογής στην πηγή. Πολλές περιβαλλοντικές οργανώσεις που εναντιώνονται στην δημιουργία μονάδων αποτέφρωσης έχουν δημοσιεύσει στοιχεία

που δείχνουν ότι τα αποτεφρωτήρια υπονομεύουν τα προγράμματα ανακύκλωσης (Baxter et. al., 2016). Σε αντίθεση αυτών η Eurostat (2015) υποστηρίζει ότι στην πράξη τα στοιχεία δείχνουν ότι οι χώρες που παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά σε ανάκτηση ενέργειας από την καύση αποβλήτων (Γερμανία, Ιαπωνία, Ελβετία και Σουηδία) παρουσιάζουν επίσης και υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης ενώ οι χώρες στις οποίες η υγειονομική ταφή αποτελεί την κυρίαρχη πρακτική διαχείρισης παρουσιάζουν ταυτόχρονα και χαμηλά ποσοστά ανακύκλωσης. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι όσο πιο αποτελεσματική είναι η διαλογή στην πηγή, κυρίως όσον αφορά το χαρτί και το πλαστικό, τόσο πιο ανταγωνιστικά αυτό λειτουργεί στη λειτουργία της μονάδας θερμικής επεξεργασίας καθότι μειώνεται η θερμική αξία των αποβλήτων.

Η θερμική επεξεργασία αποβλήτων δεν ανήκει στις ευέλικτες μεθόδους επεξεργασίας. Η ποσότητα των εισερχόμενων υλικών θα πρέπει να διατηρείται σταθερή, προκειμένου η καύση να πραγματοποιείται με υψηλή απόδοση. Μείωση των εισερχομένων ποσοτήτων και αλλαγή στη σύσταση τους (μικρότερης θερμικής αξίας) έχει άμεση επίπτωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και κατ' επέκταση στη βιωσιμότητα της μονάδας. Επίσης, πρόκειται για μία αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό επί εικοσιτετραώρου βάσεως και θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην αποτελεσματικότητα των συστημάτων επεξεργασίας των απαερίων. Γενικά, η μέθοδος είναι απόλυτα συμβατή για περιοχές με μικρή έκταση και μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού, οι οποίες εμφανίζουν έλλειψη διαθέσιμων εκτάσεων για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων.

Κοινωνική Άποψη

Εξετάζοντας το δεύτερο σενάριο από άποψη κοινωνικής αποδοχής παρατηρούμε βιβλιογραφικά ότι δεν είναι πάντοτε σαφές για το αν η θερμική επεξεργασία των αποβλήτων τυγχάνει της κοινωνικής συναίνεσης ή αντίδρασης. Σε παλιότερες εργασίες το ποσοστό των ατόμων που υποστήριζαν τη δημιουργία μονάδας θερμικής επεξεργασίας δεν ξεπερνούσε το 30% (Walsh et al., 1993). Το ποσοστό αυτό φαίνεται να αυξάνεται όσο περνάει ο χρόνος και η τεχνολογία καύσης γίνεται καθαρότερη και πιο αποτελεσματική στην παραγωγή ενέργειας (Porteous, 2001).

Αν και ένα μεγάλο μέρος της πρόσφατης ακαδημαϊκής έρευνας διαπιστώνει ότι οι άνθρωποι γενικά υποστηρίζουν την τεχνολογία της αποτέφρωσης, οι περισσότεροι ερευνητές πιστεύουν ότι στην υποστήριξη αυτή «μεταξύ των γραμμών» κρύβεται το σύνδρομο «NIMBY» (Not In My Backyard - όχι στην αυλή μου) της υψηλής αντίθεσης στη δημιουργία συγκεκριμένων εγκαταστάσεων. Μάλιστα το σύνδρομο NIMBY για τη δημιουργία εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας γίνεται πιο έντονο στις χώρες όπου δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία ή που υπάρχει άσχημη εμπειρία από παλαιότερη ανεπιτυχή εφαρμογή. Για παράδειγμα, η εικόνα ενός εργοστασίου αποτέφρωσης με μεγάλες καμινάδες οι οποίες θα εκλύουν καθημερινά ποσότητες αερίων, ενώ είναι απόλυτα φυσιολογική για μια χώρα όπως η Δανία, στην οποία η θερμική επεξεργασία έχει υιοθετηθεί και χρησιμοποιείται από τις αρχές του αιώνα, δεν είναι καθόλου γνώριμη για μια μέση Ελληνική πόλη, όπως τα Τρίκαλα.

Οι μονάδες αποτέφρωσης εμφανίζουν υψηλή οπτική όχληση και αντίληψη κινδύνου ειδικά για τα άτομα που ζουν κοντά σε τέτοιες μονάδες. Σύμφωνα με την Lima (2004), οι μονάδες αποτέφρωσης αποτελούν μια λύση στο πρόβλημα των αστικών αποβλήτων στην οποία το μεγαλύτερο μέρος αυτών που ευεργετούνται (αυτοί που παράγουν τα απόβλητα) δεν είναι εκτεθειμένοι στους κινδύνους και τις δυσκολίες που εμφανίζουν οι μονάδες αποτέφρωσης. Αντιθέτως, εκείνοι που ζουν κοντά σε τέτοιες μονάδες έρχονται πρόσωπο με πρόσωπο με όλα τα προβλήματα που δημιουργούνται τόσο κατά η φάση της κατασκευής όσο και κατά την λειτουργία των μονάδων. Έχουν να αντιμετωπίσουν τις δυσάρεστες αλλαγές στο περιβάλλον τους και την αβεβαιότητα σχετικά με τις συνέπειες της στην υγεία τους και θεωρούν ότι αυτή η κατάσταση είναι άδικη.

Σύμφωνα με τους Kikuchi and Gerardo (2009), η υψηλή αντίληψη κινδύνου οφείλεται στο γεγονός ότι:

- Οι δυσλειτουργίες σε μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων μπορεί να οδηγήσουν στην πιθανότητα να βλάψουν ένα μεγάλο αριθμό ανθρώπων ηθελημένα ή αθέλητα.
- Οι επιστημονικές εξελίξεις έχουν επιτρέψει στους αναλυτές να ανιχνεύσουν ακόμα μικρότερες ποσότητες από τις τοξίνες που σχετίζονται με περιβαλλοντικές εκθέσεις
- Η εμπιστοσύνη των πολιτών στην ικανότητα και τη προθυμία των κυβερνήσεων και των κοινωνικών θεσμών να προστατεύσουν του πολίτες από τους κινδύνους μόλυνσης έχει μειωθεί.

Τέλος, η εφαρμογή του δεύτερου σεναρίου δημιουργεί ενδιαφέρουσες ευκαιρίες απασχόλησης τόσο για εξειδικευμένο προσωπικό όσο και για άτομα με χαμηλότερο επίπεδο προσόντων (Πίνακας 38).

Πίνακας 38: Απαιτούμενο προσωπικό ανά δράση

| Δράση | Απασχολούμενοι | Αριθμός επιπρόσθετου απαιτούμενου ανθρώπινου δυναμικού |
|--|--|--|
| Πράσινο Σημείο | 1 Υπάλληλος Παραλαβής 1 Χειριστής μηχανημάτων / οδηγός | 2 |
| Χώρος μεταφόρτωσης ανακυκλώσιμων υλικών | 1 Εργάτης 1 Φύλακας | 2 |
| Σταθμός Μεταφόρτωσης Αποβλήτων | 1 Εργάτης 1 Φύλακας | 2 |
| Μονάδα Αποτέφρωσης (Λειτουργία σε 3 βάρδιες) | 1 Διευθυντής εργοστασίου 8 χειριστές 1 Υπεύθυνος χειριστών 1 Μηχανικός συντήρησης 1 Ηλεκτρολόγος βάρδιας 2 Διοικητικό προσωπικό | 35 |
| Υπηρεσία καθαριότητας | Σχεδιασμός και υλοποίηση των δράσεων και της εκστρατείας ευαισθητοποίησης | 2 |
| Συνολικός Απαιτούμενος Αριθμός | | 43 |

Περιβαλλοντική Άποψη

Οι κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν από την εφαρμογή του 2ου Σεναρίου οφείλονται κυρίως στη μονάδας αποτέφρωσης, καθότι κατά τη λειτουργία της έχουμε εκπομπές στο περιβάλλον τόσο αερίων όσο υγρών και στερεών ρύπων. Στον παρακάτω Πίνακα 39 παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι ποσότητες στερεών, υγρών και αερίων που παράγονται κατά την λειτουργία μίας μονάδας καύσης (Polzer and Person , 2015 ; Psomopoulos et al., 2013).

Πίνακας 39: Ποσότητες παραγόμενων προϊόντων αποτέφρωσης

| Προϊόντα | Εύρος |
|--|--|
| Στερεό υπόλειμμα (τέφρα, μέταλλα, γυαλιά, άλλες μη καύσιμες ύλες) | 25-30% κ.β. των αποβλήτων |
| Αέρια (Σωματίδια σκόνης, CO, CO ₂ , H ₂ O, NO _x , SO ₂ , διοξίνες, φουράνια) | 4.500 - 6.000 m ³ καυσαερίων ανά τόνο αποβλήτων |
| Υγρά (Αιωρούμενα σωματίδια, οργανικά-ανόργανα σε διάλυση) | 4m ³ ανά τόνο απορριμμάτων |

Οι εκπομπές σε HCl, HF, SO₂, NO_x και βαρέα μέταλλα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη σύσταση των αποβλήτων και από την τεχνολογία καθαρισμού των αερίων. Αντίστοιχα, οι εκπεμπόμενες ποσότητες σε CO και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) εξαρτώνται από τις τεχνικές παραμέτρους του κλιβάνου και το βαθμό ετερογένειας των αποβλήτων κατά το στάδιο της καύσης ενώ οι εκπομπές σε σκόνη εξαρτώνται από το βαθμό απόδοσης του συστήματος καθαρισμού των αερίων. Τέλος, οι εκπομπές σε διοξίνες και φουράνιο, που αποτελούν και τα αέρια για τα οποία υπάρχει η μεγαλύτερη ανησυχία και κοινωνική αντίδραση, λόγω της έντονης τοξικότητάς τους και της σύνδεσής τους με καρκινογενέσεις, εξαρτώνται τόσο από τη σύσταση των αποβλήτων όσο και από τις συνθήκες λειτουργίας του χώρου καύσης (θερμοκρασία, χρόνος παραμονής του μείγματος) και το βαθμό απόδοσης του συστήματος καθαρισμού των αερίων. Πρόσφατη έρευνα του πανεπιστημίου Columbia (Dwyer and Themelis, 2012), έδειξε ότι οι εκπομπές σε διοξίνες από τις μονάδες αποτέφρωσης (με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας) αποτελούν το 0,09% των συνολικά εκπεμπόμενων ποσοτήτων διοξινών στην Αμερική. Μάλιστα οι πυρκαγιές από αυτανάφλεξη λόγω του εύφλεκτου χαρακτήρα των αποβλήτων στους ΧΥΤΑ παράγανε 400 φορές περισσότερη διοξίνη από τις μονάδες αποτέφρωσης.

Τέλος, εκτός από τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν κυρίως από το σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων και τα οποία μπορεί να είναι επιβαρυνμένα με αιωρούμενα σωματίδια, βαρέα μέταλλα, άλατα και άκαυστα οργανικά, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διαχείριση της παραγόμενης ιπτάμενης τέφρας. Η ιπτάμενη τέφρα, όπως έχουμε αναφέρει, θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο και θα πρέπει να διατεθεί σε ΧΥΤΥ αφού προηγηθεί αδρανοποίησή της.

Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, από την εφαρμογή του 2ου Σενάριο προκύπτουν και θετικές επιπτώσεις, οι οποίες συνοψίζονται:

α) Στην αύξηση της υπολειπόμενης διάρκειας ζωής του ΧΥΤΑ. Με τη μέθοδο της αποτέφρωσης επιτυγχάνεται δραστική μείωση του όγκου των αποβλήτων και σε συνδυασμό με τη διαλογή στην πηγή η υπολειπόμενη διάρκεια ζωής του ΧΥΤΑ, ο οποίος πλέον μετατρέπεται σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ), αναμένεται να αυξηθεί σε πολλές δεκάδες χρόνια.

β) Στην παραγωγή ενέργειας. Η μονάδα αποτέφρωσης θα έχει τη δυνατότητα να παράγει ενέργεια με τη μορφή θερμότητας και ηλεκτρισμού, τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης. Με τον τρόπο αυτό τα απόβλητα πλέον αποτελούν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μπορούν να αντικαταστήσουν τη χρήση ορυκτών καυσίμων μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τις εκπομπές σε CO₂.

γ) Στη μείωση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα λόγω της μείωσης της κατανάλωσης της ενέργειας και των πόρων που απαιτούνται για την παραγωγή πρωτογενών υλικών (Διαλογή στην πηγή, ανακύκλωση σιδηρούχων μετάλλων που ανακτώνται από την τέφρα), της μείωσης της συνολικής ποσότητας των αποβλήτων και της μείωσης της χρήσης ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας (Papageorgiou et. al., 2009 ; Psomopoulos et. al., 2014)

Οικονομική Άποψη

Ο υπολογισμός του κόστους εφαρμογής του 2ου εναλλακτικού σεναρίου περιλαμβάνει:

- Το κόστος επένδυσης της μονάδας αποτέφρωσης
- Το κόστος λειτουργίας της μονάδας αποτέφρωσης

Στο παραπάνω κόστος δεν περιλαμβάνεται το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της μονάδας διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών, το κόστος τελικής διάθεσης στο Χ.Υ.Τ.Υ., καθώς και το κόστος αποκομιδής των απορριμμάτων της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης αποβλήτων του Δήμου Τρικκαίων.

Είναι γεγονός ότι οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας Α.Σ.Α. παρουσιάζουν αρκετά υψηλό κόστος εφαρμογής, το οποίο οφείλεται τόσο στο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης της αντίστοιχης μονάδας, όσο και στο κόστος λειτουργίας δευτερευόντων μονάδων (π.χ. συστημάτων επεξεργασίας των παραγόμενων στερεών υπολειμμάτων και αέριων εκπομπών). Ένας τυπικός αποτεφρωτής, για την επένδυση που απαιτείται αρχικά, στοιχίζει εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ. Διάφοροι παράγοντες καθορίζουν το ύψος του τελικού κόστους, όπως (Perkoulidis et al., 2010):

- το είδος της εφαρμοζόμενης μεθόδου (π.χ. η πυρόλυση είναι αρκετά πιο ακριβή από ότι η αποτέφρωση)
- η δυναμικότητα της αναγκαίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας και ο βαθμός απόδοσης της μονάδας

- η σύσταση και η αναγκαία επεξεργασία των αποβλήτων που παράγονται
- οι γενικότερες οικονομικές παράμετροι κάθε χώρας (κόστος γης, εργατικό κόστος, κόστος πρώτων υλών, κτλ)
- το κόστος πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας
- η δυνατότητα ανάκτησης και πώλησης υλικών
- οι περιορισμοί και στόχοι που θέτει η εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία.

Η εφαρμογή της καύσης είναι προβληματική οικονομικά για μικρές οικιστικές ενότητες (έχοντας ως ελάχιστο όριο τους 100.000 κατοίκους). Η ελάχιστη εφαρμοζόμενη ποσότητα Α.Σ.Α. ανά έτος είναι 20.000 τόνοι, ενώ η πλειοψηφία των εμπορικών συστημάτων εφαρμόζει πάνω από 75.000 Α.Σ.Α. το έτος. Ο Δήμος Τρικκαίων με πληθυσμό 81.355 κατοίκους και με εφαρμοζόμενη ποσότητα Α.Σ.Α. προς καύση 24.384,22 τόνους το έτος, θεωρητικά βρίσκεται εντός των προβλεπόμενων ορίων εφαρμογής της μεθόδου.

Στον παρακάτω πίνακα 40 φαίνεται το κόστος κατασκευής μονάδας καύσης σε άλλες χώρες (Murphy & McKeogh, 2004):

Πίνακας 40:: Κόστος κατασκευής μονάδων καύσης σε άλλες χώρες

| Χώρα | Μέγεθος Μονάδας (t/y) | Κόστος κατασκευής (€/t) | Κόστος κατασκευής (€) |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Μεγάλη Βρετανία | 120.000 | 560 | 67.200.000 |
| Ιρλανδία | 420.000 | 430 | 180.600.000 |
| Δανία | 230.000 | 560 | 128.800.000 |
| Γερμανία | 450.000 | 1.030 | 463.500.000 |

Προκειμένου να υπολογιστεί κατά προσέγγιση το κόστος κατασκευής μιας Μονάδας Καύσης στο Δήμο Τρικκαίων, υπολογίζεται ο Μ.Ο. κατασκευαστικού κόστους στις παραπάνω χώρες: 645€/t. Αναλογικά για το Δήμο Τρικκαίων το κόστος θα είναι:

$$24.384,22 \text{ t} * 645\text{€/t} = 15.727.822 \text{ €}$$

Στον πίνακα 41 φαίνεται το κόστος λειτουργίας μονάδας καύσης σε άλλες χώρες (Murphy & McKeogh, 2004)

Πίνακας 41: Κόστος λειτουργίας μονάδων καύσης σε άλλες χώρες

| Χώρα | Μέγεθος Μονάδας (t/y) | Κόστος λειτουργίας (€/t) | Κόστος λειτουργίας (€) | Ποσοστό κόστους λειτουργίας προς το κόστος κατασκευής (%) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|---|
| Μεγάλη Βρετανία | 120.000 | 42 | 5.040.000 | 7,5 |
| Ιρλανδία | 420.000 | 28 | 11.760.000 | 6,5 |
| Δανία | 230.000 | 36,5 | 8.395.000 | 6,5 |
| Γερμανία | 450.000 | 67 | 30.150.000 | 6,5 |

Αναλογικά το κόστος λειτουργίας για μονάδα καύσης του Δήμου Τρικκαίων θα είναι:
 $24.384,22 \text{ t} * 43,38 \text{ €/t} = 1.057.787,46 \text{ €}$

Όπως φαίνεται το κόστος κατασκευής και λειτουργίας της μονάδας είναι αρκετά υψηλό. Υπάρχει, όμως, ανάκτηση ηλεκτρικής ενέργειας 12.192.110 kWh/έτος = 12.192,11 MWh/έτος. Ο Δήμος θα μπορούσε να έχει έσοδα από την πώληση αυτής της ενέργειας. Με δεδομένο ότι η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να πωληθεί προς 87,85 €/MWh (Διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Α.Ε. - ΔΕΣΜΗΕ), τα ετήσια έσοδα που προκύπτουν είναι 12.192,11 MWh/έτος X 87,85 €/MWh = 1.071.076,86 €/έτος. Επομένως, ο Δήμος Τρικκαίων θα μπορεί να καλύψει το κόστος λειτουργίας της μονάδας καύσης.

Νομοθετικό Πλαίσιο

Από άποψη νομοθετικού πλαισίου, το 2ο Σενάριο είναι σε πλήρη εναρμόνιση με τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία. Μέσω της εφαρμογής του 2ου Σεναρίου επιτυγχάνονται όλοι οι στόχοι που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση σχετικά με τη διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων. Επιπρόσθετα, η παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ, το οποίο σύμφωνα με την Οδηγία 2001/71/ΕΚ θεωρείται ως βιομάζα και κατ' επέκταση ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, θα συμβάλει στην επίτευξη των δεσμευτικών στόχων που έχουν τεθεί από το νόμο 3851/2010 σχετικά με τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. κατά 20% στην κάλυψη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020.

Όσον αφορά την λειτουργία των μονάδων αποτέφρωσης με παραγωγή ενέργειας, αυτές αποτελούν μονάδες υψηλής όχλησης και για την αδειοδότησή τους απαιτείται εκπόνηση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, έγκρισή της από το Περιφερειακό Συμβούλιο και υποβολή της στο Υπουργείο για την έκδοση Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων. Είναι φανερό, ότι μια τέτοια διαδικασία εκτός από χρονοβόρα απαιτεί και την πολιτική και κοινωνική συναίνεση.

Κεφάλαιο 9

Αποτελέσματα

Για την αναλυτική ιεράρχηση του προβλήματος πολυκριτηριακής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «MakeItRational» που είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://makeitrational.com>. Το MakeItRational είναι ένα λογισμικό λήψεως αποφάσεων που βασίζεται στην Ιεραρχική Ανάλυση Αποφάσεων και λειτουργεί μέσω διαδικτύου. Το λογισμικό υποστηρίζει τις ζευγαρωτές συγκρίσεις δίνοντας τη δυνατότητα να πραγματοποιηθούν με ένα ειδικά ανεπτυγμένο γραφικό διορθωτή που ελέγχει τη συνέπεια των συγκρίσεων και επισημαίνει πιθανά λάθη. Επίσης το λογισμικό παρουσιάζει τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης με τέσσερα διαφορετικά γραφικά διαγράμματα στα οποία περιλαμβάνεται διάγραμμα με τις βαρύτητες των κριτηρίων (Ζορπάς, 2015).

Για τους σκοπούς της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής, όπως έχει ήδη αναφερθεί, διαμορφώθηκαν δύο (2) εναλλακτικά σενάρια για την ολοκληρωμένη διαχείριση των ΑΣΑ του Δήμου Τρικκαίων:

1ο Σενάριο: Διαλογή στη Πηγή – Κομποστοποίηση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

2ο Σενάριο: Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων

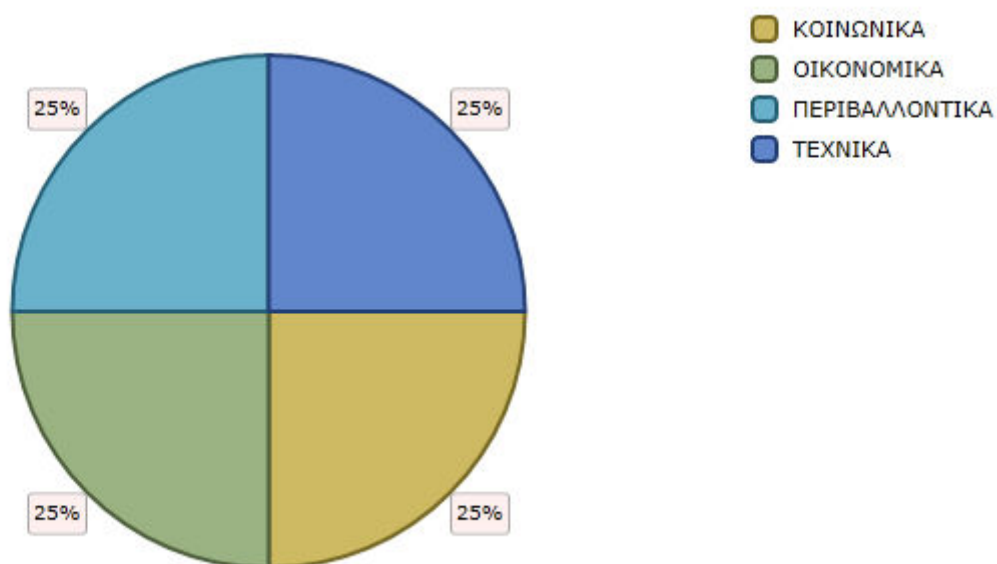
Η αξιολόγηση των δύο αυτών εναλλακτικών σεναρίων βασίζεται σε δώδεκα υποκριτήρια, τα οποία ομαδοποιούνται σε Οικονομικά, Περιβαλλοντικά, Τεχνικά και Κοινωνικά κριτήρια.

Στον παρακάτω Πίνακα 42 παρουσιάζονται οι επιδόσεις κάθε υποκριτηρίου για κάθε ένα από τα σενάρια που θέλουμε να συγκρίνουμε. Οι επιδόσεις κάθε υποκριτηρίου βασίστηκαν στα όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η βαθμολόγηση του πίνακα αυτού έγινε βάση της αριθμητικής κλίμακας 1 έως 9, σύμφωνα με την οποία ως βέλτιστη επιλογή αντιστοιχεί ο αριθμός 9 και ως χειρότερη επιλογή ο αριθμός 1.

Πίνακας 42: Βαθμολόγηση υποκριτηρίων αξιολόγησης κατά την μέθοδο πολύ-κριτηριακής ανάλυσης, AHP

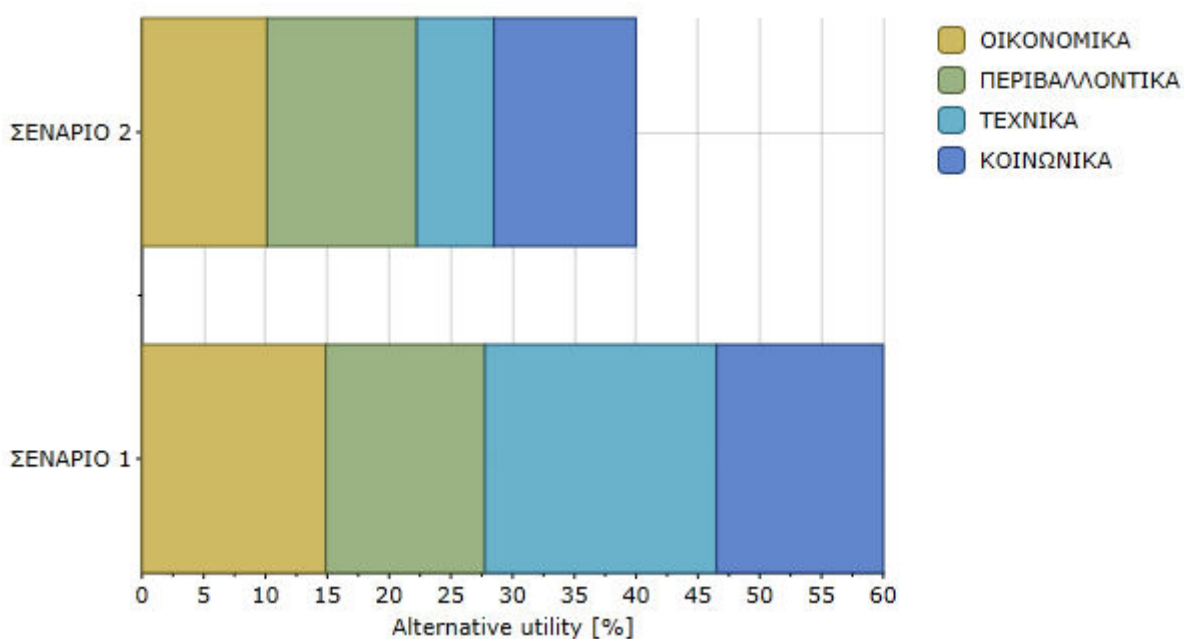
| Κριτήρια | Υποκριτήρια | Εναλλακτικά Σενάρια | |
|----------------|---|---------------------|-----------|
| | | Σενάριο 1 | Σενάριο 2 |
| Οικονομικά | Επενδυτικό κόστος | 5 | 1 |
| | Λειτουργικό κόστος | 5 | 9 |
| Περιβαλλοντικά | Εκτροπή ανακυκλώσιμων από την ταφή | 9 | 7 |
| | Εκτροπή βιοαποβλήτων από την ταφή | 9 | 9 |
| | Παραγωγή CO ₂ | 7 | 1 |
| | Παραγωγή επικίνδυνων υπολειμμάτων προς διαχείριση/διάθεση | 9 | 1 |
| | Ποσότητα υπολειμμάτων προς ταφή | 5 | 9 |
| Τεχνικά | Ευελιξία | 9 | 3 |
| | Πολυπλοκότητα | 9 | 3 |
| | Υπάρχουσα εμπειρία | 9 | 3 |
| Κοινωνικά | Κοινωνική αποδοχή | 9 | 1 |
| | Δημιουργία θέσεων εργασίας | 9 | 9 |

Για την εύρεση της βέλτιστης λύσης του προβλήματος κρίθηκε αναγκαία η εφαρμογή του λογισμικού με ίση βαθμολόγηση (βαρύτητα) των Οικονομικών, Κοινωνικών Περιβαλλοντικών και Τεχνικών κριτηρίων (Διάγραμμα 16), ενώ η βαθμολόγηση των υποκριτηρίων έγινε με βάση τον Πίνακα 42.



Διάγραμμα 16: Ίση βαρύτητα βασικών κριτηρίων για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων

Η εφαρμογή της ΑHP μέσω του λογισμικού κατέδειξε ότι βάση των κριτηρίων και των υποκριτηρίων το Σενάριο 1 (Διαλογή στη Πηγή – Κομποστοποίηση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων) παρουσιάζει την καλύτερη επίδοση με ποσοστό 60,01%, αφού αναλυτικά ικανοποιεί τα Οικονομικά, Περιβαλλοντικά, Τεχνικά και Κοινωνικά κριτήρια κατά 14,88%, 12,88%, 18,75% και 13,50% αντίστοιχα. Το Σενάριο 2 (Διαλογή στη Πηγή - Καύση - Υγειονομική Ταφή Υπολειμμάτων) έχει συνολικό ποσοστό 39,99%, αφού αναλυτικά ικανοποιεί τα Οικονομικά, Περιβαλλοντικά, Τεχνικά και Κοινωνικά κριτήρια κατά 10,12%, 12,12%, 6,25% και 11,50% (Διάγραμμα 17).



Διάγραμμα 17: Ιεράρχηση εναλλακτικών σεναρίων με ισοβαρή βασικά κριτήρια

Το Σενάριο 1 που προτείνεται σαν καταλληλότερο φαίνεται να έχει μια αρκετά καλή και σταθερή επίδοση σε όλα τα κριτήρια.

Συγκεκριμένα, ως προς τα Οικονομικά κριτήρια το Σενάριο 1 έχει συνολικό ποσοστό 59,52% (Επενδυτικό κόστος: 41,67% και Λειτουργικό κόστος: 17,86%), ενώ το Σενάριο 2 έχει συνολικό ποσοστό 40,48% (Επενδυτικό κόστος: 8,33% και Λειτουργικό κόστος: 32,14%).

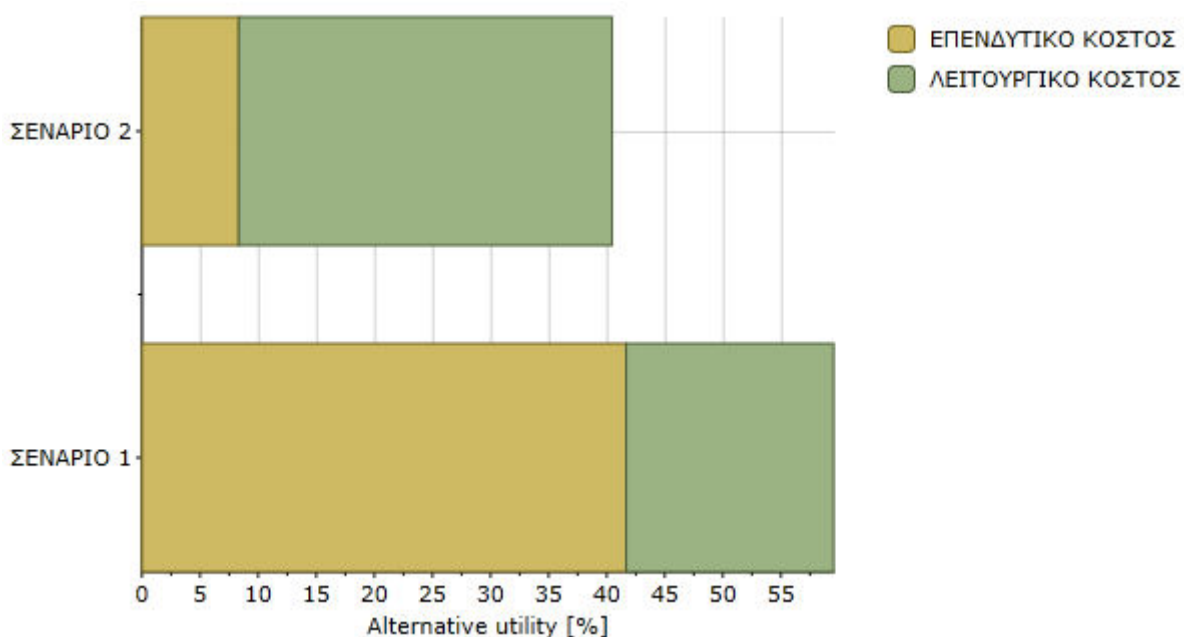
Ως προς τα Περιβαλλοντικά κριτήρια το Σενάριο 1 έχει συνολικό ποσοστό 51,52% (Εκτροπή ανακυκλώσιμων από την ταφή: 16,61%, Εκτροπή βιοαποβλήτων από την ταφή: 16,13%, Παραγωγή CO₂: 4,47%, Παραγωγή επικίνδυνων υπολειμμάτων προς διαχείριση/διάθεση: 4,11% και Ποσότητα υπολειμμάτων προς ταφή: 10,19%), ενώ το Σενάριο 2 έχει συνολικό ποσοστό 48,48% (Εκτροπή ανακυκλώσιμων από την ταφή: 12,92%, Εκτροπή βιοαποβλήτων από την ταφή: 16,13%, Παραγωγή CO₂: 0,64%,

Παραγωγή επικίνδυνων υπολειμμάτων προς διαχείριση/διάθεση: 0,46% και Ποσότητα υπολειμμάτων προς ταφή: 18,33%).

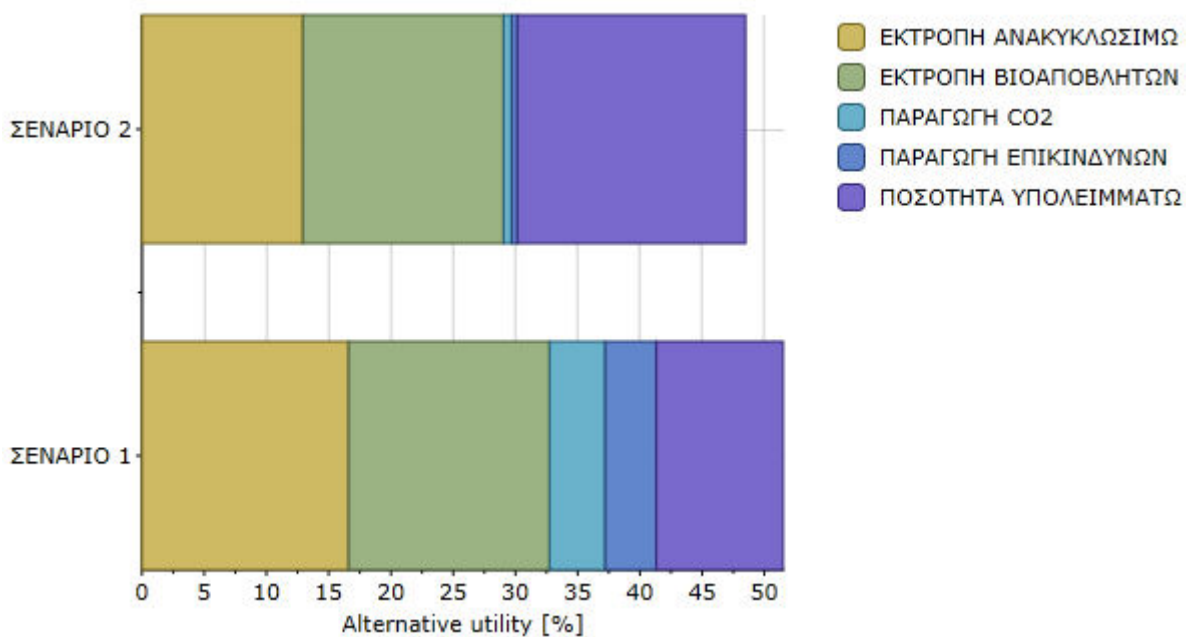
Ως προς τα Τεχνικά κριτήρια το Σενάριο 1 έχει συνολικό ποσοστό 75% (Ευελιξία: 25%, Πολυπλοκότητα: 25% και Υπάρχουσα εμπειρία: 25%), ενώ το Σενάριο 2 έχει συνολικό ποσοστό 25% (Ευελιξία: 8,33%, Πολυπλοκότητα: 8,33% και Υπάρχουσα εμπειρία: 8,33%).

Ως προς τα Κοινωνικά κριτήρια το Σενάριο 1 έχει συνολικό ποσοστό 54% (Κοινωνική αποδοχή:9% και Δημιουργία θέσεων εργασίας: 45%), ενώ το Σενάριο 2 έχει συνολικό ποσοστό 46% (Κοινωνική αποδοχή:1% και Δημιουργία θέσεων εργασίας: 45%).

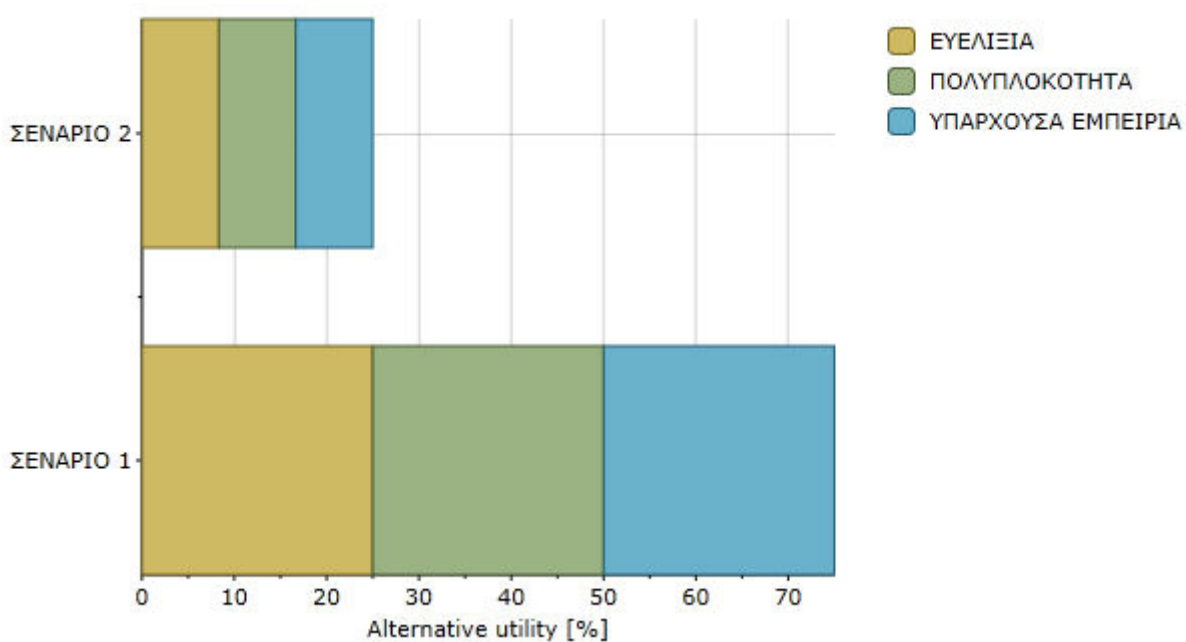
Τα παρακάτω Διαγράμματα 18, 19, 20 και 21 παρουσιάζουν την ιεράρχηση των εναλλακτικών σεναρίων με βάση τα Οικονομικά, Περιβαλλοντικά, Τεχνικά και Κοινωνικά κριτήρια.



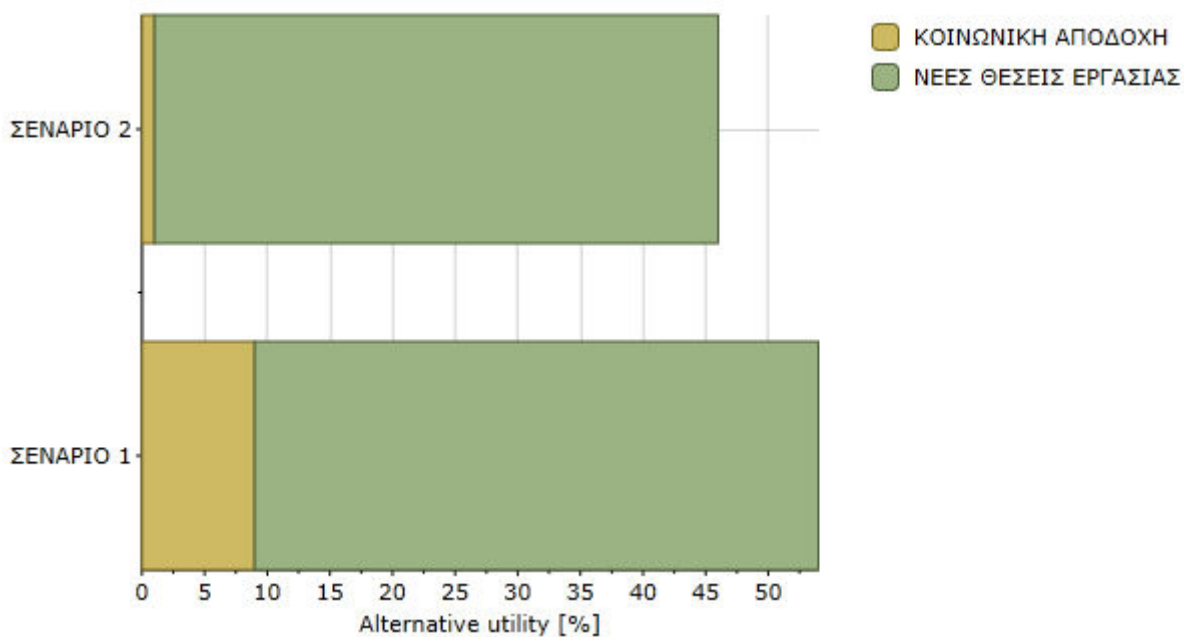
Διάγραμμα 18: Ιεράρχηση εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα οικονομικά κριτήρια



Διάγραμμα 19: Ιεράρχηση εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα περιβαλλοντικά κριτήρια

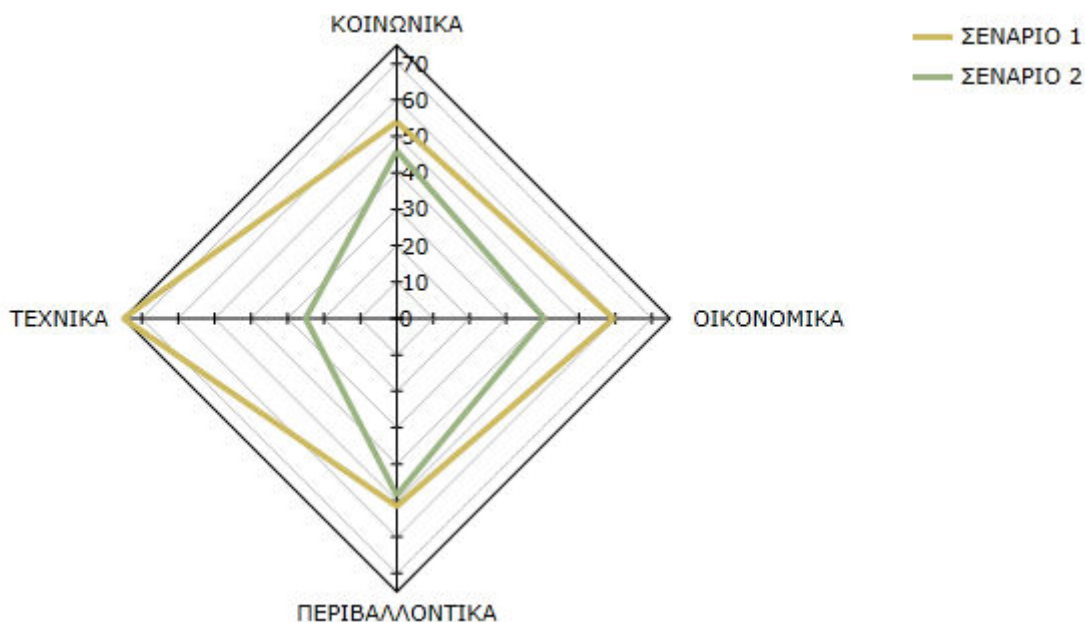


Διάγραμμα 20: Ιεράρχηση εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα τεχνικά κριτήρια



Διάγραμμα 21: Ιεράρχηση εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα κοινωνικά κριτήρια

Τέλος, η σύγκριση των αξιολογούμενων εναλλακτικών σεναρίων παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 22. Το εν λόγω διάγραμμα παρουσιάζει την συνολική βαθμολογία των εναλλακτικών σεναρίων ως προς τα Οικονομικά, Περιβαλλοντικά, Τεχνικά και Κοινωνικά κριτήρια.



Διάγραμμα 22: Σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων σε σχέση με τη συνολική βαθμολογία

Κεφάλαιο 10

Συμπεράσματα

Η δημιουργία ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης των ΑΣΑ αποτελεί υποχρέωση για κάθε Δήμο, που πηγάζει από την ανάγκη για εφαρμογή ενός εναλλακτικού μοντέλου διαχείρισης των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο. Ένα σχέδιο διαχείρισης των αποβλήτων θα πρέπει να προσαρμόζεται στις ανάγκες της περιοχής που πρόκειται να εφαρμοστεί. Οι τοπικές αρχές, για να μπορέσουν να προσδιορίσουν ποιες διαθέσιμες τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων θα ενσωματώσουν στα σχέδια τους, θα πρέπει να εξετάσουν τον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να συνδυαστούν σε τεχνικό και οικονομικό επίπεδο, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τους νομοθετικούς περιορισμούς, αλλά και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα) που έχει η εφαρμογή της κάθε μίας εξ αυτών.

Ένας αποτελεσματικός τρόπος αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης των ΑΣΑ είναι η εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης. Στο πλαίσιο της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής αναλύθηκαν οικονομικά, περιβαλλοντικά, τεχνικά και κοινωνικά κριτήρια για τις πιο κοινές τεχνολογίες διαχείρισης ΑΣΑ που μπορεί να εφαρμοστούν στο Δήμο Τρικκαίων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το μοντέλο που δημιουργήθηκε έδειξαν πως, σύμφωνα με τα επιλεγμένα κριτήρια, το καταλληλότερο σενάριο αειφορικής διαχείρισης των ΑΣΑ για το Δήμο Τρικκαίων είναι αυτό που περιλαμβάνει τη ΔσΠ και την κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος. Το συγκεκριμένο σενάριο υπερτερεί, διότι:

- Έχει ένα μέσο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος
- Παρουσιάζει ικανοποιητική περιβαλλοντική απόδοση

- Από τεχνικής απόψεως είναι ένα απλό, ευέλικτο και δοκιμασμένο διαχειριστικό σενάριο.
- Τυγχάνει υψηλής κοινωνικής αποδοχής

Όμως, ο προσδιορισμός της βέλτιστης μεθόδου διαχείρισης των ΑΣΑ μπορεί να αποδειχθεί μάταιος, αν η ίδια η κοινωνία του Δήμου δεν κινητοποιηθεί και ευαισθητοποιηθεί να συμμετάσχει, έτσι ώστε να εξασφαλίσει την σωστή εφαρμογή της. Είναι σημαντικό να αυξηθεί το ποσοστό συμμετοχής των πολιτών που συμμετέχουν σε προγράμματα Διαλογής στην Πηγή. Οι πολίτες πρέπει να ενημερώνονται και να ευαισθητοποιούνται συνεχώς και σε βάθος χρόνου έτσι ώστε να αισθάνονται ότι η προσπάθεια τους έχει συνέπεια. Η σωστή ενημέρωση του κοινού και η πληροφόρηση για τις ενδεχόμενες αλλαγές αποτελεί έναν από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες για την επιτυχία των προγραμμάτων διαχείρισης αποβλήτων. Προς την κατεύθυνση αυτή θα μπορούσε ο Δήμος Τρικκαίων να οργανώσει και να υλοποιήσει τις κάτωθι δράσεις:

- Βιωματικά σεμινάρια εκπαίδευσης σε σχολικές μονάδες, ομάδες ενηλίκων και σε ειδικές ομάδες πληθυσμού.
- Διαλέξεις ειδικών επιστημόνων σε ομάδες συμφερόντων.
- Δημιουργία ιστοσελίδων ενημέρωσης.
- Άμεση πληροφόρηση του κοινού με φυλλάδια.
- Ενημέρωση από σπίτι σε σπίτι με επισκέψεις εργαζομένων (εθελοντών) για την ενημέρωση των πολιτών.
- Μετάδοση ενημερωτικών σποτ στα τοπικά και περιφερειακά ΜΜΕ (τηλεόραση – ραδιόφωνο).
- Δωρεάν διανομή κάδων οικιακής κομποστοποίησης.

Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα των μέτρων που αφορούν στην ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων απαιτεί μακροχρόνιο στρατηγικό σχεδιασμό από την πολιτεία. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για το Περιβάλλον συνέταξε τη στρατηγική «Ευρώπη 2020», η οποία προσανατολίζεται σε μια πιο αποδοτική και βιώσιμη ολιστική οικονομική ανάπτυξη, με στόχο τη διατήρηση της προστιθέμενης αξίας των προϊόντων καθώς και τη μείωση στην παραγωγή αποβλήτων. Οι βασικές γραμμές της στρατηγικής για τη δημιουργία μιας κυκλικής οικονομίας περιλαμβάνουν τη διατήρηση των πόρων στην οικονομία και αφορά προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους, τα

οποία θα επαναχρησιμοποιούνται. Προκειμένου ο στόχος αυτός να βρει εφαρμογή απαιτούνται αλλαγές σε όλα τα στάδια της αλυσίδας παραγωγής όπως στο σχεδιασμό προϊόντων που θα απευθύνονται σε νέα επιχειρηματικά και εμπορικά μοντέλα, νέες μεθόδους που θα μετατρέπουν τα απόβλητα σε πόρους καθώς και νέα πρότυπα καταναλωτικής συμπεριφοράς (European Commission 2014).

Τέλος, μια πρόταση για μελλοντική έρευνα θα ήταν να αναλυθεί και να εκτιμηθεί ένα εναλλακτικό σενάριο που θα βασίζεται στη μηχανική διαλογή, συνοδευόμενη από αναερόβια χώνευση και ανάκτηση ενέργειας.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Abeliotis, K., Karaiskou, K., Togia, A. & Lasaridi, K. (2009). Decision Support Systems in Solid Waste Management: A Case Study at the National and Local Level in Greece. *Glob. Nest J.*, Vol. 11, pp. 117–126.

Acosta Tellez, C. (2014). State of the Art of Scenario Planning. Proposal of a Classification of Scenario Building Existing Methods According to Use. Master Thesis. École Centrale Paris. France.

Ananda, J. & Herath, G. (2003). Incorporating Stakeholder Values Into Regional Forest Planning: A Value Function Approach. *Ecological Economics*. Vol. 45, No. 1, pp.75-90.

Afon, A.O. (2007). An Analysis of Solid Waste Generation in a Traditional African City: The Example of Ogbomosho, Nigeria. *Environment and Urbanization*. Vol. 19, pp. 527-53.

Al-Salem, S.M., Lettieri, P. & Baeyens, J. (2009). Recycling and Recovery Routes of Plastic Solid Waste (PSW): A Review. *Waste Management*. Vol. 29, pp. 2625–2643.

Arcadis. (2010). Final Report. Analysis of the Evolution of Waste Reduction and the Scope of Waste Prevention. http://ec.europa.eu/environment/waste/prevention/pdf/report_waste.pdf. [Πρόσβαση: 20/11/2016]

Arebey, M., Hannan, M.A., Begum, R.A. & Basri, H. (2012). Solid Waste Bin Level Detection Using Gray Level Co-occurrence Matrix Feature Extraction Approach. *Journal of Environmental management*. Vol. 104, pp. 9-18.

Babtie, J. (2005). *Project Integra. Maximising Collection Efficiency*. London: DEFRA Waste Implementation Programme Local Authority Support Unit

Banar, M. & Özkan, A. (2008). Characterization of the Municipal Solid Waste in Eskisehir City, Turkey. *Environmental Engineering Science*. Vol. 25, pp. 1213-1219.

Baxter, J., Ho, Y., Rollins, Y. & Maclaren, V. (2016). Attitudes Toward Waste to Energy Facilities and Impacts on Diversion in Ontario, Canada. *Waste Management*. Vol. 50, pp. 75-85.

Beigl, P. & Lebersorger S. (2009). Forecasting Municipal Solid Waste Generation for Urban and Rural Regions. In: Cossu R., Diaz L.F. & Stegmann R. (Eds.): *Sardinia 2009 - Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium*. Cagliari: CISA, pp. 27-28.

Belgiorno, V., De Feo, G., Cella-Rocca, C. & Napoli, R.M.A. (2003). Energy from Gasification of Solid Wastes. *Waste Management*. Vol. 23, pp.1-15.

Benito-López, B., Moreno-Enguix, M.R. & Solana-Ibañez, J. (2011). Determinants Of Efficiency In The Provision Of Municipal Street-Cleaning And Refuse Collection Services. *Waste Management*. Vol. 31, No. 6, pp. 1099–1108.

Bovea, M.D., Powell, J.C., Gallardo, A. & Capuz-Rizo, S.F. (2006). The Role Played by Environmental Factors in the Integration of a Transfer Station in a Municipality Solid Waste Management System. *Waste Management*. Vol. 27, pp. 545-553.

Chan, Y.C., Sinha, R.K. & Wang, W. (2011). Emission of Greenhouse Gases from Home Aerobic Composting, Anaerobic Digestion and Vermicomposting of Household Wastes in Brisbane (Australia). *Waste Management*. Vol. 29, pp. 540-548.

Cheng, H. & Hu, Y. (2010). Municipal Solid Waste (MSW) As A Renewable Source Of Energy: Current and Future Practices In China, *Bioresour. Technol. Review*. Vol. 101, p.p. 3816–3824.

Cheremisinoff, N.P. (2003). *Handbook of Solid Waste Management and Waste Inimization Technologies*. Amsterdam: Elsevier Science.

- Cherian, J. & Jacob, J. (2012). Management Models of Municipal Solid Waste: A Review Focusing on Socio Economic Factors. *International Journal of Economics and Finance*. Vol. 4, pp. 131-139.
- Corti, C., Crippa, L., Genevini, P. & Centemero, M. (1998). Compost use in plant nurseries: Hydrological and physicochemical characteristics. *Compost Science & Utilization*, pp. 34 – 45
- De Feo, G. & De Gisi, S. (2010). Public Opinion and Awareness Towards MSW and Separate Collection Programmes: A Sociological Procedure for Selecting Areas and Citizens with Low Level of Knowledge. *Waste Management*. Vol. 30, pp. 958-976.
- Demirbas, A. (2011). Waste Management, Waste Resource Facilities and Waste Conversion Processes. *Energy Conversion and Management*. Vol. 52, pp. 1280-1287
- Dwyer, H. & Themelis, J.N. (2015). Invent of U.S. 2012 Dioxins Emissions to Atmosphere. *Waste Management*. Vol. 46, pp. 242-246.
- Dyson, B. & Chang, N. B. (2005). Forecasting Municipal Solid Waste Generation in a Fast-Growing Urban Region with System Dynamics Modeling. *Waste Management*. Vol. 25, pp. 669-679.
- Economopoulos, A. (2010). Technoeconomic Aspects Of Alternative Municipal Solid Wastes Treatment Methods. *Waste Management*, Vol. 30, No. 4, pp. 707-715
- Englehardt, J.D. & Lund, J.R. (1990). Economic Analysis of Recycling for Small Municipal Waste Collectors. *Journal of Resource Management and Technology*. Vol. 18, pp. 84–96.
- European Commission, (2014). Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee And The Committee Of The Regions, Towards A Circular Economy: A Zero Waste Programme For Europe. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014DC0398>. [Πρόσβαση: 16/11/2016].

Eurostat, (2014). Treatment Of Waste. [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu /nui/show.do? dataset=env_wastrt&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wastrt&lang=en). [Πρόσβαση: 16/11/2016].

Ezeah, C. & Roberts, C.L. (2012). Analysis Of Barriers And Success Factors Affecting The Adoption Of Sustainable Management Of Municipal Solid Waste In Nigeria. *Journal of Environmental Management*. Vol. 103, pp. 9-14.

Faccio, M., Persona, A. & Zanin, G. (2011). Waste Collection Multi Objective Model with Real Time Traceability Data. *Waste Management*. Vol. 31, pp. 2391–2405.

Giusti, L. (2009). A Review Of Waste Management Practices And Their Impact On Human Health. *Waste Management*, Vol. 29, No 8, pp. 2227-2239

Habib, A., Schmidt, J.H. & Christensen, P. (2013). A Historical Perspective Of Global Warming Potential From Municipal Solid Waste Management. *Waste Management*. Vol. 33, No. 9, pp. 1926–1933.

Hanan, D., Burnley, S. & Cooke, D. (2013). A Multi-Criteria Decision Analysis Assessment Of Waste Paper Management Options. *Waste Management*. Vol.33, No. 3, pp. 566–573.

Hasan, K., Sarkar, G., Alamgir, M., Bari, M. & Haedrich, G. (2012). Study on the quality and stability of compost through a Demo Compost Plant. *Waste Management*. Vol. 32, pp. 2046-2055.

Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E. (2009). Plastics Recycling: Challenges and Opportunities. *Phil. Trans. R. Soc. B*. Vol. 364, pp. 2115–2126.

Hung, M.L., Ma, H.W. & Yang, W.F. (2007). A Novel Sustainable Decision Making Model For Municipal Solid Waste Management. *Waste Management*. Vol. 27, No. 2, pp. 209-219.

Liu, F., Wen, Z. & Xu, W. (2013). A Dual-Uncertainty-Based Chance-Constrained Model For Municipal Solid Waste Management. *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 37, No. 22, pp. 9147–9159.

- Jackson, M.J. & Line, M.A. (1997). Windrow Composting of Pulp and Paper Mill Sludge: Process Performance and Assessment of Product Quality. *Compost Sci Util* 5, pp. 6-14
- Jain, Si., Jain, Sh., Wolf, I., Lee, J., & Tong, Y. (2015). A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 52, pp. 142-154
- Jakobsen ST. (1994). Aerobic Decomposition of Organic Wastes, Stoichiometric Calculation of Air Change. *Resources, Conserv Recycling*. Vol. 12, pp. 165-75.
- Kalogirou, E., Bourtsalas, A., Klados, M. & Themelis, N.J. (2012). Waste Management in Greece and Potential for Waste-to-Energy. *Green Energy and Technology*. Vol. 55, pp. 219-235.
- Kalyani, K. & Pandey. K. (2014). Waste To Energy Status In India: A short review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 31, pp. 113-120
- Karmperis, A.C., Aravossis, K., Tatsiopoulou, I.P. & Sotirchos, A. (2013). Decision Support Models for Solid Waste Management: Review and Game-Theoretic Approaches. *Waste Management*, Vol. 33, pp.1290–1301.
- Kickuchi, R. & Gerardo, R. (2009). More than a Decade of Conflict Hazardous Waste Management and Public Resistance: A Case Study of NIMBY Syndrome in Souselas (Portugal). *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 172, pp. 1681-1685.
- Kollikkathara, N., Feng, H. & Stern, E. (2009). A Purview of Waste Management Evolution: Special Emphasis on the USA. *Waste Management*. Vol. 29, pp. 974–985
- Komilis, D.P. (2008). Conceptual Modeling to Optimize the Haul and Transfer of Municipal Solid Waste. *Waste Management*. Vol. 28, pp. 2355–2365.
- Komilis, D.P. (2012). Revisiting The Elemental Composition And The Calorific Value Of The Organic Fraction Of Municipal Solid Wastes. *Waste Management*. Vol. 32, p.p. 372–381.

Larsen, A.W., Vrgoc, M., Christensen, T.H. & Lieberknecht, P. (2009) Diesel Consumption in Waste Collection and Transport and its Environmental Significance. *Waste Management & Research*. Vol. 26, pp. 652–659.

Lasaridi, K., (1998). *Compost Stability: A Comparative Evaluation of Respirometric Techniques*. PhD thesis. UK: University of Leeds, Department of Civil Engineering

Lasaridi, K., Protopapa, I., Kotsou, M., Pilidis, G., Manios, T. & Kyriacou, A. (2006). Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. *Journal of Environmental Management*. Vol. 80, pp. 58-65.

Liamsanguan, C. & Gheewala, S.H. (2008). LCA: A Decision Support Tool for Environmental Assessment of MSW Management Systems. *Journal of Environmental Management*. Vol. 87, pp. 132-138.

Lima, M.L. (2006). Predictors of Attitudes Towards the Construction of a Waste Incinerator: Two Case Studies. *Journal of Applied Social Psychology*. Vol. 36, pp. 441-466.

Liu, H.C., You, J.X., Fan, X.J. & Chen, Y.Z. (2014). Site Selection in Waste Management by the VIKOR Method Using Linguistic Assessment. *Applied Soft Computing*. Vol. 21, pp. 453-461.

Lopez-Alvarez, J.V., Aguilar-Larrucea, M., Soriano-Santandreu, F. & Fernando de Fuentes, A. (2009). Containerization of the Selective Collection of Light Packaging Waste Material: The Case of Small Cities in Advanced Economies. *Cities*. Vol. 26, pp. 339-348.

López-Hernández, A.M., Zafra-Gómez, J.L. & Ortiz-Rodríguez, D. (2012). Effects Of The Crisis In Spanish Municipalities' Financial Condition: An Empirical Evidence 2005–2008. *International Journal of Critical Accounting*. Vol. 4, No. 5/6, pp. 631–645.

Lou, X.F. (2008). *A Mathematical Estimation of the Impact of Landfilling, Composting and Anaerobic Digestion on Greenhouse Gas Emissions – The Total Emissions Accountability Mode*. Honours Thesis, Murdoch University.

- Marconsin, A.F. & Rosa, D.D.S. (2013). Comparison Of Two Models For Dealing With Urban Solid Waste: Management By Contract And Management By Public-Private Partnership. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 74, pp. 115-123.
- McBean, J.A., Rovers, E.A. & Farquhar, G.J. (1995). Solid Waste Landfill Engineering and Design. Prentice Hall: N.J
- McLeod, F. & Cherrett, T. (2008). Quantifying the Transport Impacts of Domestic Waste Collection Strategies. *Waste Management*. Vol. 28, pp. 2271-2278.
- Memon, M.A. (2010). Integrated Solid Waste Management Based on the 3R Approach. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. Vol. 2, pp. 30 - 40.
- Mendoza, G.A. & Martins, H. (2006). Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management: A Critical Review of Methods and New Modelling Paradigms. *For. Ecol. Manage.* Vol. 230, pp. 1-22.
- Minoglou, M. & Komilis, D. (2013). Optimizing the Treatment and Disposal of Municipal Solid Wastes using Mathematical Programming – A Case Study in Greek Region. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 80, pp. 46-57.
- Morrissey, A.J. & Browne, J. (2004). Waste Management Models And Their Application to Sustainable Waste Management. *Waste Management*. Vol. 24, No. 3, pp. 297-308.
- Mourits, M.S.M. & Oude Lansink, A.G.J.M. (2006). Multi-Criteria Decision Making to Evaluate Quarantine Disease Control Strategies. In: Oude Lansink, A.G.J.M. (Ed.), *New Approaches to the Economics of Plant Health*. Dordrecht: Springer, pp. 131-144.
- Muchová, J. & Eder, P. (2010). *End-of-Waste Criteria for Iron and Steel Scrap: Technical Proposals*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Murphy, D.J. & McKeogh, E. (2004). Technical, Economic and Environmental Analysis of Energy Production from Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Science and Health*. Vol. 21, pp. 658-673.

Murphy, D.J. & Power, M.N. (2006). A Technical, Economic and Environmental Comparison of Composting and Anaerobic Digestion of Biodegradable Municipal Waste. *Journal of Environmental Science and Health*. Vol. 41, pp. 865-879.

Nilsson-Djerf, J. & McDougall, F. (2000). Social Factors in Sustainable Waste Management. *Warmer Bulletin*, Vol. 73, pp. 18-20.

Papageorgiou, A., Karagiannidis, A., Barton, J.R. & Kalogirou, E. (2009). Municipal Solid Waste Management Scenarios for Attica and their Greenhouse Gas Emission Impact. *Waste Management & Research*. Vol. 27, pp. 928-937.

Perkoulidis, G., Papageorgiou, A., Karagiannidis, A. & Kalogirou, S. (2010). Integrated Assessment of a New Waste-to-Energy Facility in Central Greece in the Context of Regional Perspectives. *Waste Management*. Vol. 30, pp. 1395-1406.

Perrin, D. & Barton, J. (2001). Issues Associated with Transforming Household Attitudes and Opinions into Materials Recovery: A Review of two Kerbside Recycling Schemes. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 33, pp. 61-74.

Plata-Díaz, A.M., Zafra-Gómez, J.L., Pérez-López, G. & López-Hernández, A.M. (2014). Alternative Management Structures For Municipal Waste Collection Services. The Influence Of Economic And Political Factors. *Journal of Environmental Management*. Vol. 34, No. 11, pp. 1967-1976.

Polzer, R.V. & Person, M.K. (2015). Environmental and Economical Assessment of MSW Management in Europe: An Analysis between the Landfill and WTE Impacts. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. Vol. 5, pp. 11-34.

Porteous, A. (2001). Energy from Waste Incineration - A State of the Art Emissions Review with an Emphasis on Public Acceptability. *Appl. Energy*. Vol. 70, pp. 157-167.

Psomopoulos, C.S., Stavroulakis, C., Stavropoulos, V. & Themelis, N.J. (2013). Greenhouse Gases Emission Reduction Potential in Greece by Implementing WTE Facilities in Strategically Selected Urban Areas. *Fresenius Environmental Bulletin*. Vol. 22, pp. 2042 – 2047

Psomopoulos, C.S., Venteis, I. & Themelis, N.J. (2014). The Impact from the Implementation of “Waste to Energy” to the Economy. A Macroeconomic Approach for the Trade Balance of Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*. Vol. 23, pp. 2735 – 2741.

Rentizelas, A.A., Tolis, A.I. & Tatsiopoulou, I.P. (2014). Combined Municipal Solid Waste And Biomass System Optimization For District Energy Applications. *Waste Management*. Vol. 34, No. 1, pp. 36–48.

Ryckeboer, J., Mergaert, J., Coosemans, J., Deprins, K. & Swings, J. (2003). Microbiological Aspects of Biowaste During Composting in a Monitored Compost Bin. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 94, pp.127-137.

Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.

Saaty, T.L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*. Vol. 48, pp. 9-26.

Saqip, N., & Backstrom, M. (2015). Distribution And Leaching Characteristics of Trace Elements in Ashes as a Function of Different Waste Fuels and Incineration Technologies. *Journal of Environmental Sciences*. Vol. 36, pp. 9-21

Simonetto, E.O. & Borenstein, D. (2007). A Decision Support System for the Operational Planning of Solid Waste Collection. *Waste Management*. Vol. 27, pp. 1286–1297.

Singh, R., Singh, P., Araujo, A., Ibrahim, H. & Sulaiman, O. (2011). Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 55, pp. 719-729.

Song, J. H., Murphy, R. J., Narayan, R. & Davies, G. B. H. (2009). Biodegradable and Compostable Alternatives to Conventional Plastics. *Phil. Trans. R. Soc. B*. Vol. 364, pp. 2127–2139.

Sudhir, V., Muraleedharan, V.R. & Srinivasan, G. (1996). Integrated Solid Waste Management in Urban India: A Critical Operational Research Framework. *Socio-Econ. Plann. Sci.* Vol. 30, pp. 163–181.

Syed, S. (2006). Solid and Liquid Waste Management. *Emirates Journal for Engineering Research*. Vol. 11, pp. 19-36.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. New York: McGraw-Hill publications.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Eliassen, R. (1997). *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGrawHill publications.

Tchobanoglous, G., Kreith, F. & Williams, M. (2002). Introduction. In: Tchobanoglous, G., Kreith, F. (Eds.), *Handbook of solid waste management* (2nd Edition). New York: McGraw-Hill publications.

Tolis, A., Rantizelas, A., Konstantin, A. & Tatsiopoulos, I. (2012). Decisions Under Uncertainty in Municipal Solid Waste Cogeneration Investments. In Karagiannidis, A. (Eds), *Waste to Energy. Opportunities and Challenges for Developing and Transition Economies*. London: Springer.

Troscinetz, A.M. & Mihelcic, J.R. (2008). Sustainable Recycling of Municipal Solid Waste in Developing Countries. *Waste Management*. Vol. 29, pp. 915-923.

Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A. & Itävaara, M. (2000). Biodegradation of Lignin in a Compost Environment: A Review. *Bioresource Technology*. Vol. 72, pp. 169-183.

Turcksin, L., Bernardini, A. & Marcharis, C. (2014). A Combined AHP – PROMETHEE Approach for Selecting the Most Appropriate Policy Scenario to Stimulate a Clean Vehicle Fleet. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. Vol. 20, pp. 954-965.

Valavanidis, A. & Vlachogianni, T. (2015). Municipal solid waste and environmental pollution. Trends of municipal waste management in European Countries and in Greece. https://www.researchgate.net/publication/273888008_Municipal_Solid_Waste_and_Environmental_Pollution_Trends_of_Municipal_Waste_Management_in_European_Countries_and_in_Greece. [Πρόσβαση: 16/11/2016]

Walsh, E., Warland, R. & Smith, D.C. (1993). Backyards, NIMBYs, and Incinerator Sitings: Implications for Social Movement Theory. *Soc. Probl.*, pp. 25–38

Wang, F.S., Richardson, A.J. & Roddick, F.A. (1997). Relationships Between Set-out Rate, Participation Rate and Set-out Quantity in Recycling Programs. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 20, pp. 1–17.

Washburn, B.E. (2012). Avian Use of Solid Waste Transfer Stations. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 14, pp. 388-394.

White, P, Franke, M. & Hindle, P. (1995). *Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory*. New York, London: Blackie Academic and Professional,

Williams, P. T. (2005). *Waste Treatment and Disposal* (Second Edition ed.). West Sussex, England: John Wiley & Sons.

Wittmaier M., Langer, S. & Sawilla, B. (2009). Possibilities And Limitations Of Life Cycle Assessment (LCA) In The Development Of Waste Utilization Systems –Applied Examples For A Region In Northern Germany. *Waste Management*. Vol. 29, No. 5, pp. 1732–1738.

WRAP (2007). *Alternate Weekly Collections Guidance*. Banbury, Oxfordshire: WRAP.

Wübbecke, J. & Heroth, T. (2014). Challenges and Political Solutions for Steel Recycling in China. *Resources, Conservation & Recycling*. Vol. 87, pp. 1-7.

Zamorano, M., Molero, E., Grindlay, A., Rodriguez, M.L., Hurtado, A. & Calvo, F.J. (2009). A Planning Scenario for the Application of Geographical Information Systems in Municipal Waste Collection: A Case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). *Resources, Conservation & Recycling*. Vol. 54, pp. 123–133.

ZeroWasteEurope, (2015). *Beverage packaging and Zero Waste*. [http:// www.zerowasteeurope.eu/2010/09/beverage-packaging-and-zero-waste](http://www.zerowasteeurope.eu/2010/09/beverage-packaging-and-zero-waste). [Πρόσβαση: 02/12 /2016]

Zhang, X. & Huang, G. (2014). Municipal Solid Waste Management Planning Considering Greenhouse Gas Emission Trading Under Fuzzy Environment. *Journal of Environmental Management*. Vol. 135, pp. 11-18.

Zsigraiova, Z., Semiano, V. & Beijoco, F. (2013). Operation Costs and Pollutant Emissions Reduction by Definition of New Collection Scheduling and Optimization of MSN Collection Routes Using GIS. The Case Study of Barreiro, Portugal. *Waste Management*, Vol. 33, pp. 793-806.

Zurbrügg, C. (2002). *Urban Solid Waste Management in Low-Income Countries of Asia : How to Cope with the Garbage Crisis*. South Africa: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)

Zurbrügg, C., Gfrerer, M., Ashadi, H., Brenner, W. & Küper, D. (2012). Determinants of Sustainability in Solid Waste Management –The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. *Waste Management*. Vol. 32, No. 11, pp. 2126–2133.

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Ανδρεαδάκης, Α., Παρπαΐρης, Α., Σούφλης, Ι. & Σούφλης, Κ. (2000). *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Ειδικά Έργα, Ασφάλεια*. Πάτρα: ΕΑΠ.

Ανδρεαδάκης, Α., Πανταζίδου, Μ. & Σταθόπουλος, Α. (2008). *Περιβαλλοντική Τεχνολογία*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία

Βλυσίδης, Α. & Λυμπεράτος, Γ. (2011). *Περιβαλλοντική Μηχανική: Επεξεργασία Στερεών και Ημιστερεών Αποβλήτων*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Γιαδαράκος, Ε. (2006). *Επικίνδυνα Απόβλητα: Διαχείριση – Επεξεργασία - Διάθεση*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζυγός

Ζορπάς, Α. (2015). *SWOT – PESTEL - Πολύ Κριτηριακή Ανάλυση*. Λευκωσία: Α.Π.Κ.Υ.

Θεοχάρη Χ., Αραβώσης, Κ. & Βαρελίδης, Π. (2006). *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα - Η περίπτωση της Αττικής*. Αθήνα: Τ.Ε.Ε.

Καλδέλλης, Ι. (2005). *Περιβάλλον και Βιομηχανική Ανάπτυξη*. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.

Κατσίρη, Α. (2010). *Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων Και Ιλύος*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.

Κόλλιας, Σ. (2004). *Απορρίμματα, Αστικά, Βιομηχανικά, Συλλογή, Μεταφορά, Ανακύκλωση Υλικών, Υγειονομική Ταφή, Λιπασματοποίηση, Καύση*. Αθήνα: Λύχνος ΕΠΕ – Γραφικές Τέχνες.

Λάλας, Δ., Γεωργοπούλου, Ε., Γιδαράκος, Ε., Γκέκας, Ρ., Λαζαρίδη, Α., Μαυρόπουλος, Α., Μοιραγεντής, Σ. & Σελλάς, Ν. (2007). *Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

- Λάλας, Δ., Γεωργοπούλου, Ε., Γιδαράκος, Ε., Γκέκας, Ρ., Λαζαρίδη, Α., Μαυρόπουλος, Α., Μοιρασγεντής, Σ., & Σελλάς, Ν. (2007). *Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης
- Λυμπεράτος, Γ. & Τσιλιγιάννης, Χ. (1999). *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων - Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων*. Πάτρα: Εκδόσεις Παν/μίου Πατρών
- Μαναριώτης, Ι.Δ., & Γιαννόπουλος, Π.Χ. (2005). *Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Τεχνολογιών Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων και Προοπτικές*. Αθήνα: Τ.Ε.Ε.
- Μανιός, Θ. (2002). *Διαχείριση Και Επεξεργασία Στερεών Απορριμμάτων*. Ηράκλειο: Πολυτεχνείο Κρήτης, 2002.
- Μουσιόπουλος, Ν. & Καραγιαννίδης, Α. (2002). *Διαχείριση Απορριμμάτων*. Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ.
- Μπουρτσάλας, Α., Θέμελης, Ν. & Καλογήρου, Ε. (2011). *Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος*. Earth Engineering Center: Columbia University
- Νταρακάς, Ε. (2014). *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Οικονομόπουλος, Α.Π. (2007). *Διαχείριση Οικιακού Τύπου Απορριμμάτων / Προβλήματα Εθνικού Σχεδιασμού και Ορθολογικές Λύσεις*. Ηράκλειο: Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Παναγιωτακόπουλος, Δ. (2007). *Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζυγός.
- Σκορδίλης, Α. & Κομνίτσας, Κ. (2004). *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων - Οικιακά και άλλα μη Επικίνδυνα Απόβλητα*. Πάτρα: Ε.Α.Π.

Σκορδίλης, Α. (2006). *Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Των Απορριμμάτων Στην Κοινωνία Της Ανακύκλωσης. Τεχνολογίες Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων*. Αθήνα: Τ.Ε.Ε. σελ. 11-23.

Φερεντίνος, Γ., Καλλέργης, Γ. & Γεωργιάδης, Θ. (2004). *Φυσικό Περιβάλλον και Ρύπανση: Το χερσαίο περιβάλλον ως αποδέκτης αποβλήτων*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.