

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Δημιουργία μονάδας waste-to-energy ως μέθοδος
αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. Καθορισμός κριτηρίων RDF/SRF
και ανάλυση κόστους.**

Ελένη Παπαγιάννη

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Αντώνης Ζορπάς**

Μάιος, 2017

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Δημιουργία μονάδας waste-to-energy ως μέθοδος
αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. Καθορισμός Κριτηρίων RDF/SRF
και ανάλυση κόστους.**

Ελένη Παπαγιάννη

**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.

Μάιος 2017

Περίληψη

Η Κύπρος διακρίνεται ως ευρωπαϊκό κράτος με ένα από τους μεγαλύτερους δείκτες παραγωγής αποβλήτων ανά άτομο ετησίως καθώς και με σημαντικά προβλήματα διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ). Κορωνίδα των αρνητικών διακρίσεων είναι η ύπαρξη των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.), οι οποίοι συνοδεύουν την οικονομική και βιοτική ανάπτυξη και ήταν μέχρι πρόσφατα ο μοναδικός αποδέκτης του συνεχώς αυξανόμενου όγκου παραγόμενων ΑΣΑ. Οι νομικές κυρώσεις, οι σημαντικές επιβαρύνσεις και σπατάλη εν δυνάμει πόρων, οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν ή επαναχρησιμοποιηθούν, οδήγησε στο αντικείμενο μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Στόχος είναι η ανάπτυξη κατάλληλου σεναρίου αποκατάστασης των υφιστάμενων Χ.Α.Δ.Α., με προσδιορισμό της κατάλληλης διαχείρισης των υφιστάμενων αποθέσεων και των μελλοντικά παραγόμενων ΑΣΑ. Έτσι μελετάται η δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων που παράγονται στην Κύπρο και διατίθενται προς τελική διάθεση στους Χ.Α.Δ.Α., με έκβαση αποτελέσματος ως προς τη δυνατότητα δημιουργίας μονάδας παραγωγής ενέργειας (waste-to-energy) ως μέθοδος αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. και κατά πόσο αυτή η λύση είναι οικονομικά βιώσιμη. Με μελέτη περίπτωσης, το μεγαλύτερο σε λειτουργία Χ.Α.Δ.Α. της Κύπρου, στην τοποθεσία Κοτσιάτη της επαρχίας Λευκωσίας, σημείο κλειδί για την ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ, αποτελούν τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Έτσι, ο καθορισμός ποιοτικών κριτηρίων αποτελεί σημαντικό μέρος της μεταπτυχιακής διατριβής, ο οποίος ακολουθεί τις κατευθυντήριες γραμμές των αντίστοιχων πρωτοβουλιών τυποποίησης δευτερογενών καύσιμων που προέρχονται από απόβλητα σε άλλα ευρωπαϊκά κράτη και διεθνείς οργανισμούς όπως ERFO (European Recovered Fuel Organization), CEN (European Committee for Standardization) και EURITS (European Union for Responsible Incineration and Treatment of Special Waste). Για τον καθορισμό ποιοτικών κριτηρίων, σημαντικός είναι ο προσδιορισμός του ενεργειακού περιεχομένου των ΑΣΑ, για τη βιωσιμότητα μιας μονάδας waste-to-energy, όπου χρησιμοποιούνται υπολογιστικοί μέθοδοι, με διάφορους μαθηματικούς τύπους όπως οι εξισώσεις των De Boie, Steuer, Scheurer and Kestber και Hougan. Έπειτα αφού υποδειχθεί η κατάλληλη μηχανική, βιολογική και θερμική επεξεργασία μέσω της ανάλυσης SWOT, για την επίτευξη των ποιοτικών κριτηρίων που τέθηκαν, διεξάγεται οικονομική ανάλυση με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (ΑΚΚΖ). Οικονομική ανάλυση η οποία δεικνύει την οικονομική βιωσιμότητα μιας μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ ως μέθοδος αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη.

Summary

Cyprus is among the first countries in Europe with the largest waste generation (yearly per person) and comes against some significant waste management problems, with the existence of uncontrolled landfill sites. Landfills are the result of economic and living development and were until recently the most widely waste treatment solution to a rapidly growing volume of municipal solid waste (MSW). The European legal penalties, significant impacts and the potential of the use of wastes as recovered, reprocessed or reused as new or existing resources, have led to the theme of this postgraduate dissertation. The objective is to develop an appropriate scenario for the restoration of existing landfills, by identifying the appropriate management of existing MSW deposits and future MSW produced. Thus, in this research, we study the possibility of energy recovery of the MSW produced and disposed in landfills, resulting in the possibility of creating a waste-to-energy facility as a restoration method of uncontrolled landfills sites and whether this solution is economically viable. As a case study, the largest uncontrolled landfill site in operation in Cyprus, the site of Kotsiatis, in Nicosia district is used, where an important key factor to the energy use of MSW are their qualitative characteristics. To determine qualitative criteria is an important part of the dissertation which follows the guidelines of similar standardization initiatives, for secondary fuels from waste, in other European countries and international organizations such as ERFO (European Recovered Fuel Organization), CEN (European Committee for Standardization) EURITS (European Union for Responsible Incineration and Treatment of Special Waste). For the determination of qualitative criteria, it is important to determine the energy content of MSWs for the viability of a waste-to-energy plant using computational methods with different mathematical formulas such as the De Boie, Steuer, Scheurer and Kestber and Hougan equations. Then, after the appropriate engineering, biological and thermal processing through the SWOT analysis is indicated, an economic analysis using the Life Cycle Cost Analysis method (ACCA) is performed. The economic analysis, results show the economic viability of a waste-to-energy unit as a method or restoration of the uncontrolled landfill in Kotsiatis area.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή μεταπτυχιακού επιπέδου, αποτελεί την τελική μελέτη στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος», της σχολής Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών, του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου. Με την ολοκλήρωση της διατριβής και συνάμα του μεταπτυχιακού προγράμματος, αισθάνομαι την υποχρέωση να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους αφανείς συντελεστές που συνέβαλαν στην εκπόνηση της.

Αρχή θα κάνω με τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Αντώνη Ζορπά, ο οποίος ως αληθινός επιστήμονας και εκπαιδευτικός από την αρχή του μεταπτυχιακού προγράμματος υπήρξε σημαντικός εμπνευστής και ακαδημαϊκός συνοδοιπόρος για την επιτυχή ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού προγράμματος. Εξίσου σημαντική ήταν και η συμβολή του στον καθορισμό του θέματος της διατριβής και της διεξαγωγής της έρευνας, με την παροχή βασικών εφοδίων εκπαίδευσης και σημαντικών δεδομένων.

Τις θερμότερες ευχαριστίες, τις οφείλω στα άτομα που χωρίς την ανιδιοτελή τους στήριξη, και εμπιστοσύνη στο πρόσωπο μου η ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής θα ήταν αδύνατη. Η υπέρμετρη τους υπομονή και υποστήριξη με εξόπλισαν με το απαραίτητο σθένος και δύναμη σε πολύ δύσκολες στιγμές για να πετύχω αυτό το στόχο. Επομένως το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω δικαιωματικά στους ανθρώπους που παραγκώνισαν τον εγωισμό τους και θυσίασαν τον προσωπικό τους χρόνο για να ολοκληρώσω την έρευνα μου οι οποίοι δεν είναι άλλοι από τη μητέρα μου Ανδρούλλα Παπαγιάννη και την αδελφή μου Μαρία Παπαγιάννη.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
SUMMARY	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ.....	xvii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Καταγραφή προβλήματος	4
1.1.1 Διαχείριση στερεών αποβλήτων	4
1.1.2 Ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων	9
1.1.3 Επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων	10
1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	12
1.3 Σκοποί και στόχοι	14
1.4 Διασαφηνίσεις – προσδιορισμός και διατύπωση κεντρικών εννοιών	14
1.4.1 Καύσιμο προερχόμενο από Απόβλητα – RDF/SRF	14
1.4.2 Ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων (waste-to-energy)	15
1.4.3 Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α.	15
1.4.4 Ανάλυση Κόστους	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	17
2.1 Θεσμικό Πλαίσιο	17
2.1.1 Σχετική Περιβαλλοντική Πολιτική και Νομοθεσία	17

2.1.2	Εναρμόνιση Κυπριακής Νομοθεσίας με το ευρωπαϊκό κεκτημένο	26
2.1.3	Υποχρεώσεις που προκύπτουν από την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία	29
2.1.4	Σχέδια διαχείρισης αποβλήτων της κυπριακής δημοκρατίας.....	31
2.2	Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (Χ.Α.Δ.Α.)	35
2.2.1	Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (Χ.Α.Δ.Α.) στην Κύπρο	36
2.2.2	Επιπτώσεις από τη λειτουργία των Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο.....	43
2.2.3	Μέθοδοι αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α.	47
2.3	Μέθοδοι Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων	62
2.3.1	Προοπτικές και τάσεις διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων	64
2.3.2	Εναλλακτικές Τεχνολογίες Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων	69
2.3.3	Ενεργειακή αξιοποίηση Αστικών Στερεών Αποβλήτων σε διεθνές επίπεδο	85
2.3.4	Ενεργειακή αξιοποίηση Αστικών Στερεών Αποβλήτων στην Κύπρο.....	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ107

3.1	Εισαγωγή	107
3.2	Σκοπός – Στόχοι – Ερευνητικά Ερωτήματα	107
3.3	Σχεδιασμός και ανάλυση μεθοδολογικής προσέγγισης.....	109
3.4	Συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων.....	109
3.4.1	Υφιστάμενοι Χ.Α.Δ.Α.	110
3.4.2	Ποσοτικά στοιχεία ΑΣΑ.....	112
3.4.3	Ποιοτικά στοιχεία ΑΣΑ.....	128
3.4.4	Υπολογισμός θερμογόνου δύναμης ΑΣΑ.....	141
3.4.5	Ποιοτικές παράμετροι επιρροής στην ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ.....	151
3.5	Καθορισμός ποιοτικών κριτηρίων στερεών ανακτώμενων καυσίμων RDF/SRF ...	153
3.5.1	Εισαγωγή	153
3.5.2	Ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία για SRF/RDF.....	155
3.5.3	Προδιαγραφές και πρότυπα RDF/SRF σε διάφορα ευρωπαϊκά κράτη	160

3.5.4	Καθορισμός πρότυπων ποιότητας για παραγωγή και χρήση του παραγόμενου στερεού ανακτώμενου καυσίμου.....	163
3.6	Εκτίμηση δυνατότητας και χρήσης παραγωγής στερεών ανακτώμενων καυσίμων RDF/SRF.....	172
3.6.1	Επιλογή τεχνολογίας επεξεργασίας.....	179
3.6.2	Χρήση.....	203
3.7	Ανάλυση κόστους – Χρήση Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (ΑΚΚΖ).....	206
3.7.1	Μέθοδος Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής.....	207
3.7.2	Καθορισμός Στόχων.....	210
3.7.3	Αναγνώριση εναλλακτικών επενδύσεων.....	211
3.7.4	Παράμετροι σχεδιασμού.....	219
3.7.5	Αποτίμηση κόστους.....	227
3.7.6	Συμπεράσματα.....	244
3.8	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων – Επιλογή επένδυσης.....	246
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ		249
4.1	Εισαγωγή.....	249
4.2	Συζήτηση – Συμπεράσματα.....	249
4.3	Αδυναμίες - Περιορισμοί μελέτης.....	251
4.4	Εισηγήσεις – Προτάσεις.....	252
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		261

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Επιπτώσεις στο Περιβάλλον από την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων σε χωματερές (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010).....	12
Πίνακας 2.1: Κυπριακή Νομοθεσία βάσει ευρωπαϊκού κεκτημένου για τη διαχείριση των αποβλήτων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012; Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015	27
Πίνακας 2.2: Απαιτούμενα έργα/εγκαταστάσεις για τη διαχείριση των αποβλήτων με βάση το Στρατηγικό Σχέδιο του 2003 (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β).....	32
Πίνακας 2.3: Υλοποίηση και προγραμματισμός έργων διαχείρισης αποβλήτων βάσει Στρατηγικού Σχεδίου 2003, ανά Επαρχία (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β)	33
Πίνακας 2.4: Απογραφή υπό λειτουργία Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο από μελέτη του 2004 (European Commission, 2007)	37
Πίνακας 2.5: Χ.Α.Δ.Α. επαρχιών Λάρνακας - Αμμοχώστου που καταγράφηκαν στη μελέτη του 2004 (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010; Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011).....	38
Πίνακας 2.6: Χ.Α.Δ.Α. επαρχίας Πάφου που καταγράφηκαν στη μελέτη του 2004 (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011β; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).....	40
Πίνακας 2.7: Χ.Α.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας.....	41
Πίνακας 2.8: Χ.Α.Δ.Α. επαρχίας Λεμεσού	42
Πίνακας 2.9: Επίπεδο περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΧΑΔΑ στην Κύπρο (European Commission, 2007; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β)	46
Πίνακας 2.10: Παραγωγή RDF από ΑΣΑ, στις χώρες μέλη της Ε.Ε., 2001 (European Commission, 2003).....	90
Πίνακας 2.11: Εκτίμηση παραγωγής RDF από ΑΣΑ στην Ευρώπη το 2000 (CEN 2001) (European Commission, 2003)	91
Πίνακας 2.12: Αξιοποίηση του RDF από ΑΣΑ στην Ευρώπη (European Commission, 2003) ..	92
Πίνακας 2.13: Παραγωγή και χρήση SRF στην Ευρώπη (ERFO, 2012	94
Πίνακας 2.14: Εξέλιξη τομέα ΕΑΑ στις ΗΠΑ (Michaels, 2014)	95
Πίνακας 2.15: Τεχνολογίες ΕΑΑ που χρησιμοποιούνται στην Ιαπωνία (Themelis and Mussels, 2013).....	101
Πίνακας 2.16: Αποτελέσματα Κύπρου (2012) βάσει των στόχων της Οδηγίας 94/62/ΕΚ (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β).....	105

Πίνακας 3.1: Υφιστάμενοι Χ.Α.Δ.Α. σε λειτουργία στην Κύπρο.....	111
Πίνακας 3.2: Συντελεστής παραγωγής δημοτικών απορριμμάτων Κύπρου (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015).....	118
Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα μοντέλου πρόβλεψης παραγωγής ΑΣΑ Κύπρου (2013-2030) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015γ)	120
Πίνακας 3.4: Στοιχεία πληθυσμού 2000-2015 στην Κύπρο και στην επαρχία Λευκωσίας (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015).....	122
Πίνακας 3.5: Πρόβλεψη πληθυσμού σε Κύπρο και επαρχία Λευκωσίας από το 2015 έως το 2040	126
Πίνακας 3.6: Εκτίμηση ποσοτικής εξέλιξης παραγωγής ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας.....	127
Πίνακας 3.7: Ποσοστιαία ποιοτική σύσταση ΑΣΑ που καταλήγει σε χώρους απόρριψης (2004-2013) (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015).....	130
Πίνακας 3.8: Ποιοτική σύσταση παραγωγής ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας (2010) και ανακύκλωση (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β)	132
Πίνακας 3.9α: Εκτίμηση εξέλιξης ποιοτικής σύστασης/ποσοτήτων παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2016-2024)	132
Πίνακας 3.9β: Εκτίμηση εξέλιξης ποιοτικής σύστασης/ποσοτήτων παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2025-2033)	133
Πίνακας 3.9γ: Εκτίμηση εξέλιξης ποιοτικής σύστασης / ποσοτήτων παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2034-2040)	133
Πίνακας 3.10α: Εκτίμηση εξέλιξης ποσοτήτων ανακύκλωσης παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2016-2024)	134
Πίνακας 3.10β: Εκτίμηση εξέλιξης ποσοτήτων ανακύκλωσης παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2025-2033)	135
Πίνακας 3.10γ: Εκτίμηση εξέλιξης ποσοτήτων ανακύκλωσης παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2034-2040)	135
Πίνακας 3.11α: Εκτίμηση εξέλιξης εισερχόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ στους Χ.Α.Δ.Α ή Ο.Ε.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας (2016-2024).....	136
Πίνακας 3.11β: Εκτίμηση εξέλιξης εισερχόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ στους Χ.Α.Δ.Α ή Ο.Ε.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας (2025-2033).....	136

Πίνακας 3.11γ: Εκτίμηση εξέλιξης εισερχόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ στους Χ.Α.Δ.Α ή Ο.Ε.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας (2034-2040).....	136
Πίνακας 3.12: Χημικά χαρακτηριστικά των καύσιμων συστατικών των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας (2011) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β)	137
Πίνακας 3.13: Χημικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας (2011).....	138
Πίνακας 3.14: Σύσταση ΑΣΑ από δειγματοληψίες σε ΧΑΔΑ/ΧΥΤΑ παγκοσμίως (Hull et al., 2005; Hogland, 2002; Quaghebeur et al., 2013; Kaartinen et al., 2013; Van Vossen and Prent, 2011).....	139
Πίνακας 3.15: Εκτίμηση ποιοτικής σύνθεσης υφιστάμενων αποβλήτων ΧΑΔΑ Κοτσιάτη.....	140
Πίνακας 3.16: Υπολογισμός ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου του Boie	145
Πίνακας 3.17: Υπολογισμός ανώτερης θερμογόνου δύναμης ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου του Steuer	146
Πίνακας 3.18: Υπολογισμός ανώτερης θερμογόνου δύναμης ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου των Scheurer - Kestber.....	147
Πίνακας 3.19: Αποτελέσματα υπολογιστικών μεθόδων σε σχέση με την εργαστηριακή μέθοδο εύρεσης της ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) για την επαρχία Λευκωσίας	147
Πίνακας 3.20: Υπολογισμός της συνολικής ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) των ΑΣΑ για την επαρχία Λευκωσίας.....	148
Πίνακας 3.21: Υπολογισμός κατώτερης θερμογόνου δύναμης (LHV) ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου του Hougan.....	150
Πίνακας 3.22: Υπολογισμός της συνολικής κατώτερης θερμογόνου δύναμης (LHV) των ΑΣΑ για την επαρχία Λευκωσίας.....	150
Πίνακας 3.23: Σύγκριση φυσικοχημικών χαρακτηριστικών καυσίμων άνθρακα, RDF και SRF (Samolada and Zabaniotou, 2014).....	154
Πίνακας 3.24: Πρότυπα για SRF (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012)	156
Πίνακας 3.25: Κατηγοριοποίηση του SRF σύμφωνα με το πρότυπο EN 15359:2011 - CEN/TC343 (ERFO,2005; Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012; Samolada and Zabaniotou, 2014) ...	158
Πίνακας 3.26: Τιμές παραμέτρων για τη χρήση RDF/SRF στην τσιμεντοβιομηχανία κατά EURITIS (European Commission, 2006).....	159

Πίνακας 3.27: Πρότυπα ποιότητας για τα στερεά δευτερογενή καύσιμα (European Commission, 2003; ERFO, 2005; Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ).....	160
Πίνακας 3.28: Παραδείγματα προδιαγραφών αποβλήτων τα οποία χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε κλίβανους τσιμέντου, σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες (European Commission, 2006).....	162
Πίνακας 3.29: Βασικές ποιοτικές παράμετροι χρήσης RDF/SRF σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης (Christensen, 2010)	165
Πίνακας 3.30: Καθορισμός ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής RDF/SRF στην Κύπρο (European Commission, 2003; Christensen, 2010; ERFO,2005).....	166
Πίνακας 3.31: Ποιοτικά κριτήρια παραγωγής RDF/SRF.....	167
Πίνακας 3.32: Κατηγοριοποίηση RDF/SRF βάσει ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής.....	168
Πίνακας 3.33: Παραδείγματα κωδικοποίησης RDF/SRF βάσει ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής	169
Πίνακας 3.34: Κατηγοριοποίηση του RDF/SRF βάσει των ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής που έχουν τεθεί, σύμφωνα με το πρότυπο EN 15359, CEN /TC 343 (ERFO,2005)	171
Πίνακας 3.35: Τυπική σύσταση RDF (European Commission, 2003)	171
Πίνακας 3.36: Μεθοδολογία μετρήσεων των ποιοτικών παραμέτρων του καύσιμου RDF/SRF.....	172
Πίνακας 3.37: Ποιοτικά κριτήρια παραγωγής RDF/SRF και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας.....	174
Πίνακας 3.38: Θερμογόνος δύναμη ΑΣΑ - Ενεργειακό περιεχόμενο ανά kg απορριμμάτων που παράγονται σε σχέση με το ποσοστό ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών	176
Πίνακας 3.39: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας - διαχωρισμού και ελέγχου ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β).....	183
Πίνακας 3.40: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας - τεμαχισμός ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β).....	185
Πίνακας 3.41: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες βιολογικής επεξεργασίας ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)	186

Πίνακας 3.42: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β; Thome-Kozmiensky and Thiel, 2012).....	188
Πίνακας 3.43: Επιλεγμένες τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας	191
Πίνακας 3.44: Επιλεγμένη τεχνολογία βιολογικής επεξεργασίας.....	192
Πίνακας 3.45: Επιλεγμένη τεχνολογία θερμικής επεξεργασίας.....	193
Πίνακας 3.46: Παραδείγματα μονάδων MBE, διαδικασιών επεξεργασίας και τελικής θερμογόνου δύναμης RDF/SRF (Caputo and Pelagagge, 2002).....	202
Πίνακας 3.47: Στάδια επεξεργασίας στη μονάδα αποτέφρωσης (κινούμενων σχαρών) για παραγωγή ενέργειας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ)	204
Πίνακας 3.48: Αποδόσεις για διαφορετικά συστήματα ανάκτησης ενέργειας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ).....	206
Πίνακας 3.49: Περιοχές οι οποίες εξυπηρετούνται από το Χ.Α.Δ.Α. στην περιοχή Κοτσιάτη .	212
Πίνακας 3.50: Συνοπτική περιγραφή έργων αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).....	214
Πίνακας 3.51: Εργασίες που εμπίπτουν στα επιμέρους στάδια του 3 ^{ου} Σεναρίου	219
Πίνακας 3.52: Διαχρονική εξέλιξη εξυπηρετούμενου πληθυσμού μονάδων διαχείρισης και επεξεργασίας ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας.....	220
Πίνακας 3.53: Εκτίμηση ποιοτικής σύνθεσης υφιστάμενων αποβλήτων ΧΑΔΑ Κοτσιάτη.....	221
Πίνακας 3.54: Εκτίμηση ποσοτικών χαρακτηριστικών παραγόμενων ΑΣΑ προς διάθεση στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη	222
Πίνακας 3.55: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ προς διάθεση στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη για τα έτη 2016 και 2040	223
Πίνακας 3.56: Χημικά χαρακτηριστικά των καύσιμων συστατικών των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας (2011) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β)	223
Πίνακας 3.57: Ελάχιστα ποσοτικά όρια εφαρμογής τεχνολογιών βιολογικής ξήρανσης και αποτέφρωσης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β).....	225
Πίνακας 3.58: Εκτίμηση κόστους απόρριψης ΑΣΑ στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη στην επαρχία Λευκωσίας για τα έτη 2016-2040.	229

Πίνακας 3.59: Αποτίμηση κόστους Σεναρίου 2 - αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Συνέντευξη με εργολάβο**)	232
Πίνακας 3.60: Αποτίμηση κόστους σταδίου εξόρυξης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Τιμές από εργολάβο**)	236
Πίνακας 3.61: Αποτίμηση κόστους σταδίου αποκατάστασης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Τιμές από εργολάβο**)	237
Πίνακας 3.62: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής μονάδας επεξεργασίας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)	240
Πίνακας 3.63: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής μονάδας μηχανικής επεξεργασίας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)	241
Πίνακας 3.64: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής μονάδας βιολογικής επεξεργασίας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)	241
Πίνακας 3.65: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής χώρου υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Υ.) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)	242
Πίνακας 3.66: Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους υποδομής 3 ^ο σεναρίου	243
Πίνακας 3.67: Οικονομικό κόστος επιμέρους σταδίων 3 ^ο σεναρίου (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)	243
Πίνακας 3.68: Εξέταση οικονομικής βιωσιμότητας Σεναρίου 3	245

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1: Διάγραμμα ιεραρχίας διαχείρισης αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012)	6
Διάγραμμα 1.2: Εξέλιξη στη διαχείριση αποβλήτων στην Ε.Ε.–28, από το 2004-2012 (Eurostat, 2015)	7
Διάγραμμα 1.3: Αριθμός κρατών – μελών στην Ε.Ε. σε διαφορετικά επίπεδα της ιεραρχίας της διαχείρισης αποβλήτων κατά τα έτη 2001 και 2010 (ΕΕΑ, 2013).....	8
Διάγραμμα 2.2: Διαχείριση αστικών αποβλήτων στην Ε.Ε.– 27 (εκατομμύρια τόνοι) (Eurostat, 2013)	66
Διάγραμμα 2.3: Εφαρμογή βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων για διάφορα κράτη (2008) (Themelis and Mussche, 2013).....	88
Διάγραμμα 2.4: Παραγωγή SRF στις χώρες της Ευρώπης (2008) (Life, 2011)	93
Διάγραμμα 2.5: Χρονολογική εξέλιξη διαχείρισης ΑΣΑ στην Κύπρο για τα έτη 2000-2014 (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)	102
Διάγραμμα 3.1: Χρονολογική εξέλιξη παραγωγής ΑΣΑ στην Κύπρο για τα έτη 2000-2014 (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)	113
Διάγραμμα 3.2: Χρονολογική εξέλιξη κατά κεφαλή και συνολικής παραγωγής ΑΣΑ στην Κύπρο (2000-2014) (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)	114
Διάγραμμα 3.3: Κατά κεφαλή παραγωγή δημοτικών αποβλήτων στην Ε.Ε.-28 (2011-2014) (Eurostat, 2015)	115
Διάγραμμα 3.4: Παραγωγή ΑΣΑ (kg/κάτοικο ανά έτος/ημέρα), ΑΕΠ και πληθυσμός στην Κύπρο (1996-2014)	119
Διάγραμμα 3.5: Ετήσια μεταβολή πληθυσμού σε Κύπρο και Λευκωσία (2000-2014)	123
Διάγραμμα 3.6: Χρονική εξέλιξη ποσοστιαίας σύστασης ΑΣΑ που καταλήγει σε χώρους απόρριψης (2000-2013) (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015).....	129
Διάγραμμα 3.7: Απεικόνιση μέσου όρου ανά είδος ΑΣΑ που καταλήγει σε Χ.Α.Δ.Α. (2004-2013) (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015).....	130
Διάγραμμα 3.8: Παραδείγματα εικονικής κωδικοποίησης RDF/SRF βάσει ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής (οικονομία: 343, τεχνολογία: 222, περιβάλλον: 143)	170
Διάγραμμα 3.9: Προτεινόμενη ροή τεχνολογίας μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας.....	197

Διάγραμμα 3.10: Ανάλυση κύκλου ζωής 2 ^ο σεναρίου.....	230
Διάγραμμα 3.11: AKKZ 3 ^ο σεναρίου.....	235
Διάγραμμα 3.12: Διάγραμμα ροής με ισοζύγια μάζας για την προβλεπόμενη μονάδα waste-to-energy.....	239

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Μέθοδος άντλησης και απορρύπανσης διαλυμένων ρυπαντών (pump and treat) με απλή γεώτρηση με μια αντλία και απλή γεώτρηση με ζεύγος αντλιών (Βουδούρης, 2006)....	51
Εικόνα 2.2: Μέθοδος βιοαποκατάστασης με αερόδιαχωρισμό (air stripping) (Βουδούρης, 2006).....	52
Εικόνα 2.3: Σύστημα κομποστοποίησης σε κιβώτια (αριστερά) και σε δεξαμενές (δεξιά) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).....	73
Εικόνα 2.4: Μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ στο Άμστερνταμ και στην Βιέννη.....	78
Εικόνα 2.5: Διεργασία Πυρόλυσης (Νταράκας, 2014).....	80
Εικόνα 2.6: Διεργασία αεριοποίησης (Νταράκας, 2014).....	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 2.1: Διοικητική υποδιαίρεση Κύπρου (Wikipedia).....	36
Χάρτης 2.2: Πολιτείες των ΗΠΑ με εγκαταστάσεις ΕΕΑ και αριθμός αυτών (Michaels, 2014).....	97

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

ΑΔΑ: Άδεια Διαχείρισης Αποβλήτων

ΑΗΗΕ: Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

ΑΣΑ: Αστικά Στερεά Απόβλητα

ΑΚΖ: Ανάλυση Κύκλου Ζωής

ΑΚΚΖ: Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής

ΒΑΑ: Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα

ΔσΠ: Διαλογή στην Πηγή

Ε.Ε.: Ευρωπαϊκή Ένωση

Ε.Κ.: Ευρωπαϊκή Κοινότητα

Ε.Κ.Α.: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων

ΗΗΕ: Ηλεκτρικός και Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός

κ.β.: κατά βάρος

ΜΒΕ: Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία

ΟΕΔΑ: Ολοκληρωμένη Εγκατάσταση Διαχείρισης Απορριμμάτων

ΟΟΣΑ: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

ΠΔΠ: Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον (EAP – Environmental Action Programme)

ΣΑΑ: Στρατηγική Αειφόρου Ανάπτυξης

ΣΔΔΑ: Στρατηγική Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων

ΣΜΑ: Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

ΣΥΚ: Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου

Χλμ: Χιλιόμετρα

ΧΑΔΑ: Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων

ΧΥΤ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής

ΧΥΤΑ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΧΥΤΥ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

As: Αρσενικό – Arsenic

Cd: Κάδμιο – Cadmium

CH₄: Μεθάνιο – Methane

Cl: Χλωριούχο – Chloride

Co: Κοβάλτιο – Cobalt

CO: Μονοξείδιο του άνθρακα – Carbon Monoxide

CO₂: Διοξείδιο του άνθρακα – Carbon dioxide

Cr: Χρώμιο – Chromium

Cu: Χαλκός – Copper

F: Φθόριο – Fluoride

H₂S: Υδροθείο - Hydrogen Sulphide

Hg: Υδράργυρος – Mercury

Mn: Μαγγάνιο – Manganese

NO₂: Διοξείδιο του αζώτου – Nitrogen dioxide

NO_x: Οξείδιο του αζώτου – Nitrogen oxides

PCB: Πολυχλωροδιαφαινύλια

PCT: Πολυχλωροτριφαινύλια

Pb: Μόλυβδος – Lead

Sb: Αντιμόνιο – Antimony

SO₂: Διοξείδιο του θείου – Sulphur Dioxide

NIR: Near Infra Red (Οπτικός διαχωριστής)

RDF: Refused Derived Fuel

Eddy Current: Eddy Current Separator (Διαχωριστής επαγωγικών ρευμάτων - αλουμίνιο)

SRF: Solid Recovered Fuel

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η χρήση των υλικών φυσικών πόρων και η παραγωγή αποβλήτων, αποτελούν δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Όψεις οι οποίες μοιράζονται τις ίδιες κινητήριες δυνάμεις. Τα υλικά που χρησιμοποιούμε και τα συνακόλουθα απόβλητα συνδέονται στενά με τον τρόπο παραγωγής και κατανάλωσης αγαθών, όπου απόβλητο αποτελεί κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχος του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει (EEA, 2012) και φυσικός πόρος ορίζεται ως ο υλικός πόρος που εξάγεται (π.χ. ορυκτά καύσιμα, μεταλλεύματα, ορυκτά από κατασκευές και βιομηχανίες), το νερό, το χώμα και το έδαφος που χρησιμοποιούμε, τα ανανεώσιμα υλικά και η βιομάζα που συλλέγεται και θεωρείται απαραίτητος για την καλή λειτουργία της οικονομίας και τη συνοχή της κοινωνίας (EEA, 2012). Κάθε φορά που ένα υλικό χρησιμοποιείται και καταλήγει στον κάδο απορριμμάτων, γίνεται κατανάλωση πόρων, συμβάλλοντας στις περιβαλλοντικές πιέσεις που δέχεται ο πλανήτης. Η απόρριψη, οδηγεί στο χαρακτηρισμό του τότε πόρου σε απόβλητο και η διαδικασία διαχείρισης και επεξεργασίας του, συνεπάγεται μια ολόκληρη σειρά επιπτώσεων, περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών. Έτσι ο τρόπος χρήσης των υλικών καθώς και ο τρόπος διαχείρισης των αποβλήτων, στο πλαίσιο της αειφόρου παραγωγής και κατανάλωσης, παραμένουν κρίσιμα στοιχεία σε παγκόσμιο, εθνικό και τοπικό επίπεδο.

Οι ρυθμοί χρήσης και κατανάλωσης, οδηγούν τους φυσικούς πόρους σε κίνδυνο υπερεκμετάλλευσης και ενδεχόμενης κατάρρευσης, με περιβαλλοντικές συνέπειες και αντίκτυπο

στις οικονομίες των χωρών, δεδομένου της αναγκαιότητας των πόρων για την εύρυθμη λειτουργία τους (EEA, 2012). Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της Ευρώπης, όπου για τη λειτουργία της οικονομίας της χρησιμοποιούνται τεράστιες ποσότητες φυσικών πόρων (15 τόνοι/άτομο), με εντατικούς ρυθμούς χρήσης, από τους οποίους το μεγαλύτερο μέρος καταλήγει σε υλικά συσσωρευμένα στην οικονομία και το υπόλοιπο μετατρέπεται σε εκπομπές ή απόβλητα (EEA, 2012), η παραγωγή των οποίων επιτυγχάνεται καθώς αυξάνεται το φαινόμενο της αστικοποίησης. Συγκεκριμένα τον περασμένο αιώνα, καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξήθηκε σε πιο αστικός και εύπορος, η παραγωγή αποβλήτων δεκαπλασιάστηκε (Hoornweg, et al., 2013). Στην Ε.Ε. μόνο η δημιουργία αποβλήτων υπολογίζεται σε 1,3 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως περίπου (European Commission, 2005) με παραγωγή πέντε τόνων αποβλήτων ανά κάτοικο κάθε χρόνο (EEA, 2012).

Στο παρελθόν οι πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων οδήγησαν σε κρίσιμες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιβαρύνσεις. Σε αυτό συντέλεσαν η ανεξέλεγκτη απόρριψη αποβλήτων σε μη εξουσιοδοτημένες θέσεις, η εφαρμογή ακατάλληλων τεχνολογιών υγειονομικής ταφής και αποτέφρωσης σε συνδυασμό με την αδυναμία επιβολής περιβαλλοντικών κανονισμών. Ο αντίκτυπος της διαχείρισης σε συνδυασμό με την επιταχυνόμενη αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής τους, αποτέλεσαν αντικείμενο προβληματισμού, με ενδείξεις ότι η παραγωγή αποβλήτων οφείλεται σε ανεπαρκή χρήση των πόρων. Βάσει αυτού οι τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων βελτιώθηκαν με αποτέλεσμα λιγότερα απόβλητα να οδηγούνται σε χώρους ταφής και περισσότερα να ανακυκλώνονται ή επαναχρησιμοποιούνται ή αποτεφρώνονται με ανάκτηση ενέργειας. Για παράδειγμα, το 38% των αστικών αποβλήτων το 2010 ανακυκλώθηκε ή μετατράπηκε σε λίπασμα σε σύγκριση με 17% το 1995 στην Ε.Ε. και περίπου το 60% των αποβλήτων συσκευασιών πλέον ανακυκλώνονται. Ωστόσο, η τελική διάθεση σε χώρους ταφής παρέμεινε κυρίαρχη, με ποσοστό 49%, στην Ε.Ε. (2008), με 46% ανάκτηση / ανακύκλωση και 5% αποτέφρωση (EEA, 2012).

Η βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων έχει καταστεί απαραίτητη και στον 21^ο αιώνα έχει περάσει σε ένα νέο επίπεδο όπου έχει επεκταθεί από την παρούσα διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος, στην επίτευξη στόχων για βιωσιμότητα στο μέλλον. Ως συνέπεια, το φάσμα των

νέων και υφιστάμενων τεχνολογιών και διαχειριστικών στρατηγικών επεξεργασίας αποβλήτων, έχει επίσης επεκταθεί (Pires et al., 2011). Οι νέες τεχνικές διαχείρισης οδήγησαν στην προοπτική ότι τα απόβλητα μπορούν να υποκαταστήσουν τους πρωτοβάθμιους πόρους. Έτσι επήλθε η αντιμετώπιση τους ως πολύτιμος πόρος και με γνώμονα τον περιορισμό των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθορίστηκαν μέτρα και πολιτικές οι οποίες επικεντρώνονται στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων και στην προώθηση της επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης τους. Ως αποτέλεσμα σήμερα τα απόβλητα, όπως το χαρτί, ο χάλυβας, το γυαλί, χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της οικονομίας ως πρώτες ύλες.

Στο φάσμα της αντιμετώπισης των αποβλήτων ως πόρους, αναπτύχθηκε η τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων, με ανάπτυξη μεθόδων μηχανικής, βιολογικής και θερμικής επεξεργασίας για την αξιοποίηση των ΑΣΑ με σκοπό την παραγωγή καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ή/και θερμικής ενέργειας. Παρά την ελκυστικότητα της μεθόδου για τη διαχείριση των αποβλήτων και την απόκτηση ενεργειακών πόρων, καταγράφηκαν σημαντικά θέματα τεχνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής φύσεως τα οποία με την πάροδο του χρόνου τυγχάνουν βελτίωσης στα πλαίσια επιστημονικών ερευνών. Πέρα όμως από τα θέματα που δημιουργούνται, τα απόβλητα μπορούν να αποτελέσουν μια ελκυστική επένδυση, δεδομένου ότι τα ΑΣΑ αποτελούν ένα καύσιμο το οποίο δεν έχει οικονομικό κόστος απόκτησης, σε αντίθεση με άλλα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας (World Energy Council, 2013). Για αυτό και σε διεθνές επίπεδο παρατηρείται η ολοένα αύξηση της χρήσης των μεθόδων ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ με εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας να υπάρχουν σε 35 χώρες στον κόσμο. Για παράδειγμα η Ευρώπη αποτελεί πρωτοπόρο στην ενεργειακή αξιοποίηση ΑΣΑ, με δεδομένα από 18 ευρωπαϊκές χώρες να δεικνύουν ότι το 2000 υπήρχαν 304 μονάδες καύσης ΑΣΑ (Καραγιαννίδης, 2006), οι οποίες το 2012 αυξήθηκαν σε 455 σε σύγκριση με τις ΗΠΑ, όπου ο αντίστοιχος συνολικός αριθμός, για το 2012, ήταν 86 (ISWA, 2012).

Ως περίπτωση μελέτης για την παρούσα εργασία, επιλέγηκε η Κύπρος, όπου το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις για την Κυπριακή Δημοκρατία, λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλή απόδοση της όσον αφορά τους υψηλούς ευρωπαϊκούς στόχους που έχουν τεθεί, αλλά και το γεγονός ότι το 80% περίπου των

παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων καταλήγει σε ταφή, το οποίο έχει θέσει τη χώρα προ κινδύνου επιβολής σημαντικότερων ποινών από την Ε.Ε. για παραβίαση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Η κορωνίδα αυτής της αρνητικής διάκρισης είναι η ύπαρξη των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.) ή αλλιώς χωματερών, οι οποίες έχουν υπάρξει συνοδευτικές της οικονομικής και βιοτικής ανάπτυξης και ήταν μέχρι και πρόσφατα ο μοναδικός αποδέκτης του συνεχώς αυξανόμενου όγκου των παραγόμενων αστικών αποβλήτων. Επομένως η παύση λειτουργίας των Χ.Α.Δ.Α. και η αποκατάσταση τους αποτελεί νομική υποχρέωση της Κυπριακής Δημοκρατίας, η παράλειψη της οποίας θα αποτελεί μη συμμόρφωση με τις οδηγίες της Ε.Ε. (άρθρο 16, Οδηγίας 99/31/ΕΚ), με κίνδυνο επιβολής κυρώσεων. Βάσει αυτών η αποκατάσταση και υιοθέτηση ενός σφαιρικού συστήματος διαχείρισης ΑΣΑ αποτελεί προτεραιότητα, ειδικά αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η Κύπρος συγκαταλέγεται στις χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο αφού ξεπερνά κατά πολύ τον αντίστοιχο μέσο της Ε.Ε.-27.

1.1 Καταγραφή προβλήματος

Στην ενότητα αυτή γίνεται καταγραφή του προβλήματος διαχείρισης ΑΣΑ στην Κυπριακή Δημοκρατία, με αναφορές στην ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων καθώς και στις επιπτώσεις της, όσον αφορά τους τρεις άξονες της αειφορίας.

1.1.1 Διαχείριση στερεών αποβλήτων

Βάσει της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2008/98/ΕΚ, ως διαχείριση αποβλήτων, ορίζεται η συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της επίβλεψης των χώρων απόρριψης και των ενεργειών στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες. Η ίδια Οδηγία, αναφέρει ότι ως απόβλητο, ορίζεται, κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχος του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει. Ο ορισμός των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στα οποία επικεντρώνεται η παρούσα μελέτη, ποικίλει ανάμεσα στις διάφορες χώρες, γεγονός που αντανάκλα τις διαφορετικές πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων (ΕΕΑ, 2013), όμως η Eurostat (2012), ορίζει τα

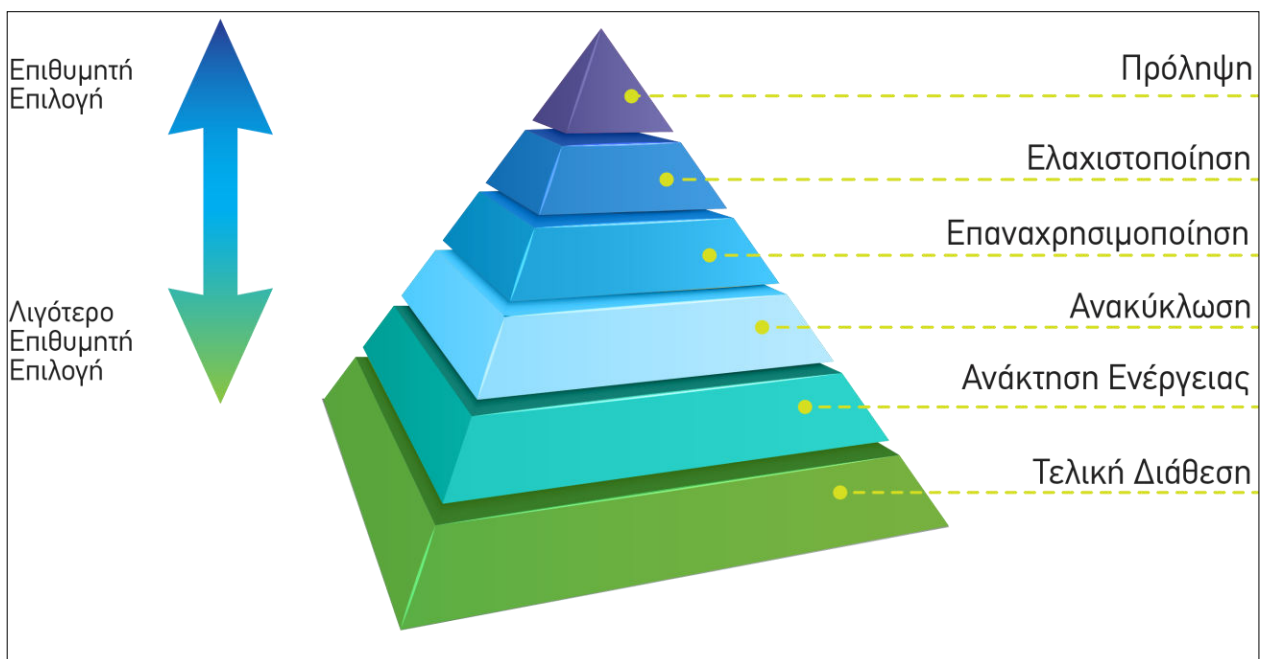
ΑΣΑ, ως τα απόβλητα που παράγονται κυρίως από τα νοικοκυριά, αν και περιλαμβάνονται παρόμοια απόβλητα από πηγές, όπως το εμπόριο, τα γραφεία και τα δημόσια ιδρύματα. Η ποσότητα των ΑΣΑ που παράγεται υπολογίζεται από τα απόβλητα που συλλέγονται από ή για λογαριασμό της δημοτικής αρχής και διατίθενται μέσω των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων (ΕΕΑ, 2013).

Η διαχείριση των ΑΣΑ είναι ένα θέμα πολύπλοκο με οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις. Ο παραγωγός, ο έμπορος και ο καταναλωτής οφείλουν να συνεργαστούν για ορθολογική – ολοκληρωμένη διαχείριση, καθώς αυτή αφ' ενός αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της βιώσιμης ανάπτυξης, αφ' ετέρου ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις για την κοινωνία και το περιβάλλον. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2008/98/ΕΚ, αναφέρει ότι η βέλτιστη στρατηγική διαχείρισης απορριμμάτων στοχεύει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, υιοθετώντας την ιεράρχηση των μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων η οποία παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 1.1 με την ακόλουθη σειρά:

- Μείωση – Πρόληψη
- Επαναχρησιμοποίηση
- Ανακύκλωση
- Άλλου είδους ανάκτηση (θερμική επεξεργασία όπως καύση – αποτέφρωση – πυρόλυση-αεριοποίηση)
- Διάθεση (Υγειονομική ταφή απορριμμάτων και υπολειμμάτων).

Η πρόληψη των αποβλήτων αποτελεί στόχο της ανάληψης πρακτικών οι οποίες μειώνουν την τελική τους ποσότητα (π.χ. επαναχρησιμοποίηση συσκευασιών, παράταση ορίου ζωής προϊόντων) καθώς και την αποφυγή χρήσης υλικών που είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, ενώ η μείωση/ελαχιστοποίηση, προϋποθέτει σημαντικές αλλαγές όχι μόνο στις καταναλωτικές συνήθειες αλλά και στους μηχανισμούς λειτουργίας της αγοράς. Η επόμενη επιλογή της επαναχρησιμοποίησης αφορά την επαναλαμβανόμενη χρήση των αντικειμένων για τον ίδιο σκοπό (π.χ. επαναχρησιμοποίηση γυάλινων μπουκαλιών, μεταχειρισμένων ρούχων), αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τον κύκλο χρήσης των προϊόντων και μειώνοντας την παραγωγή αποβλήτων. Η ανακύκλωση αναφέρεται σε εργασίες μετατροπής των αποβλήτων σε νέα

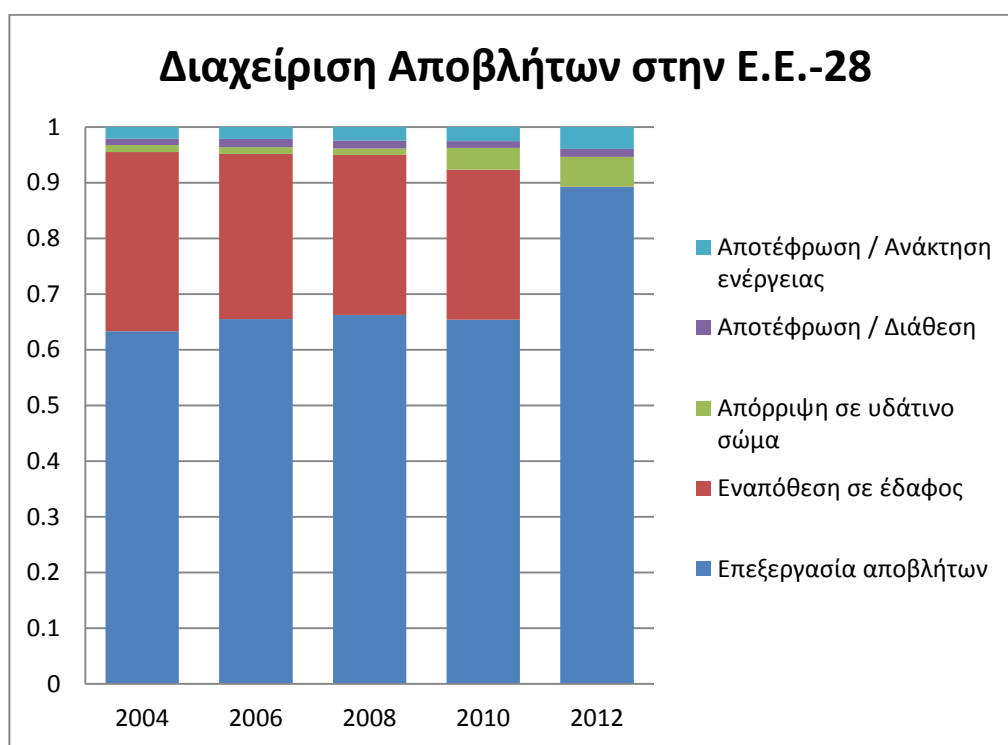
προϊόντα ή συγκέντρωσης υλικών και συστατικών από τα απόβλητα τα οποία αποτελούν πρώτες ύλες στην παραγωγή προϊόντων. Η επιλογή της ανάκτησης ενέχει την ενεργειακή αξιοποίηση του περιεχομένου των αποβλήτων, είτε με απευθείας θερμική αξιοποίηση ή μετατροπή των αποβλήτων σε καύσιμα για μετέπειτα παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας (μηχανική, ηλεκτρική, θερμική). Η διάθεση αποτελεί τη λιγότερο επιθυμητή επιλογή στη διαχείριση των Α.Σ.Α και περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών και μεθόδων που δεν συνιστούν σε κάποιου είδους ανάκτηση και ορίζεται με την Οδηγία 2008/98/Ε.Κ ως εναπόθεση εντός ή επί εδάφους, έγχυση σε βάθος, απόρριψη σε υδάτινο σώμα, ταφή στο βυθό, ελεύθερη αποτέφρωση, μόνιμη ή προσωρινή αποθήκευση (European Commission, 2012).



Διάγραμμα 1.1: Διάγραμμα ιεραρχίας διαχείρισης αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012)

Η βελτίωση της διαχείρισης αποβλήτων, αποτελεί βασικό στοιχείο στο πλαίσιο των προσπαθειών να καταστεί η Ευρώπη πιο αποδοτική στην αξιοποίηση των πόρων (EEA, 2013). Οι μέθοδοι διαχείρισης αποβλήτων οι οποίοι ακολουθήθηκαν στο παρελθόν καθώς και ο αντίκτυπος αυτών σε συνδυασμό με την επιταχυνόμενη αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής αποβλήτων, αποτέλεσαν αντικείμενο προβληματισμού, με ενδείξεις ότι η παραγωγή αποβλήτων οφείλεται σε

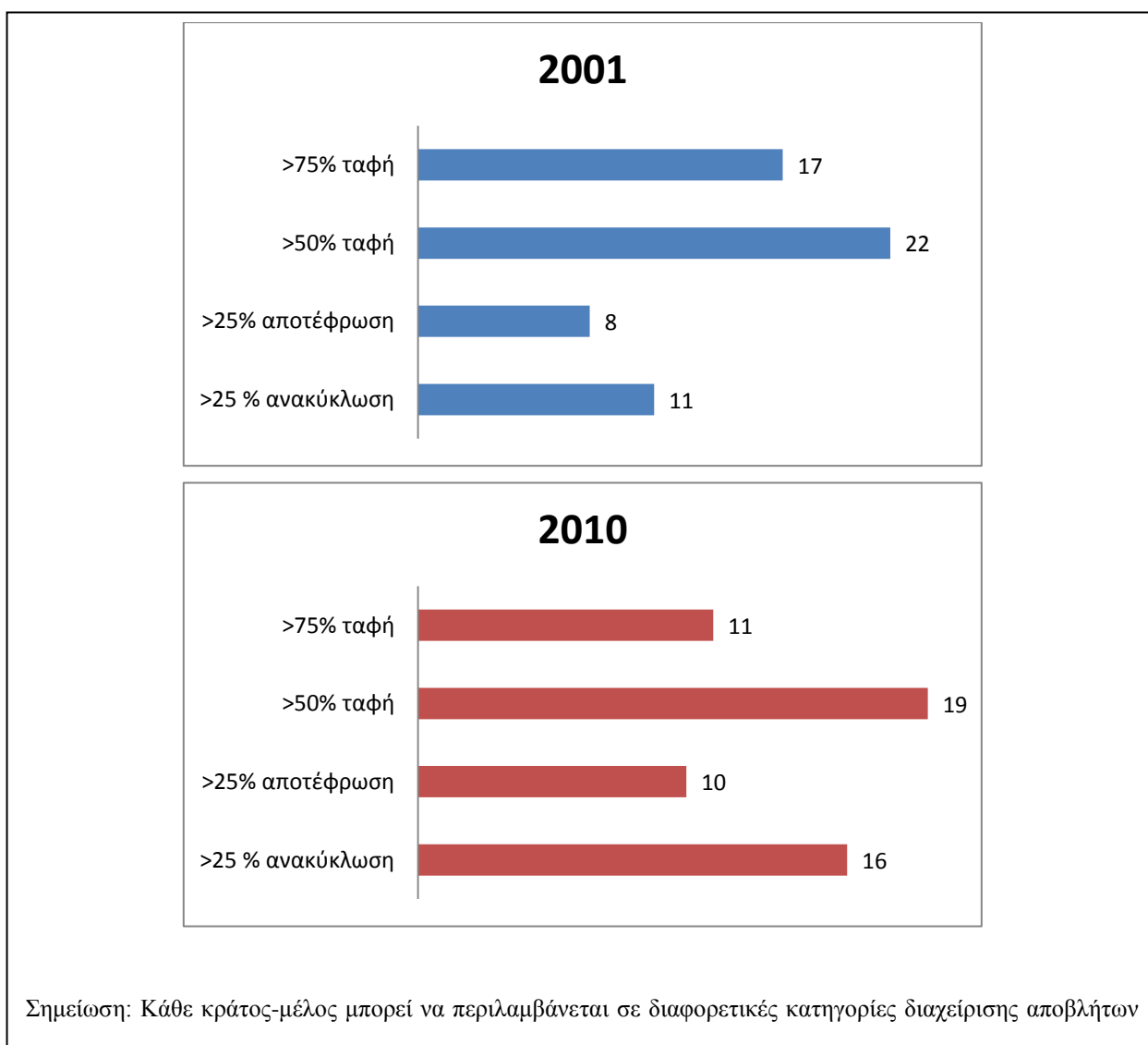
ανεπαρκή χρήση των πόρων. Έτσι η Ε.Ε. κατέληξε στο ότι εάν μια χώρα μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερη οικονομική απόδοση με χαμηλότερο κόστος στο περιβάλλον, τότε πρέπει να βρεθούν οι τρόποι για εξαγωγή μεγαλύτερης αξίας από τους πόρους που λαμβάνονται από τη φύση, καθώς και να ελαχιστοποιηθεί το βάρος των αποβλήτων. Ένα βασικό μέσο για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι η μετατόπιση της υφιστάμενης διαχείρισης των αποβλήτων στην ιεραρχία της διαχείρισης τους προς τα πάνω. Η καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων προσφέρει πολλαπλά οφέλη, κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά και αποτελεί επένδυση στην αειφορία και στη βιωσιμότητα των φυσικών πόρων.



Διάγραμμα 1.2: Εξέλιξη στη διαχείριση αποβλήτων στην Ε.Ε.-28, από το 2004-2012 (Eurostat, 2015)

Η βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων είναι απαραίτητη και έχει περάσει σε ένα νέο επίπεδο, στον 21^ο αιώνα, όπου έχει επεκταθεί από την παρούσα διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος, στην επίτευξη στόχων για βιωσιμότητα στο μέλλον. Ως συνέπεια, το φάσμα των νέων και υφιστάμενων τεχνολογιών και διαχειριστικών στρατηγικών επεξεργασίας αποβλήτων, έχει επίσης επεκταθεί (Pires et al., 2011). Βάσει της ιεράρχησης που υιοθετήθηκε οι τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων στις χώρες της Ευρώπης βελτιώθηκαν με αποτέλεσμα σε αρκετά κράτη-

μέλη λιγότερα απόβλητα να οδηγούνται σε χώρους ταφής και περισσότερα να ανακυκλώνονται ή επαναχρησιμοποιούνται ή αποτεφρώνονται με ανάκτηση ενέργειας (EEA, 2012). Εντούτοις, ενώ η νομοθεσία της Ε.Ε. έχει παράσχει σίγουρα την κινητήρια δύναμη για την καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων στις χώρες-μέλη της, η σύγκριση των ποσοστών υγειονομικής ταφής και ανακύκλωσης σε όλη την Ευρώπη υπογραμμίζει τη σημασία των εθνικών και περιφερειακών μέσων (EEA, 2013). Παραδειγματικά είναι το Διάγραμμα 1.2 και 1.3.



Διάγραμμα 1.3: Αριθμός κρατών – μελών στην Ε.Ε. σε διαφορετικά επίπεδα της ιεραρχίας της διαχείρισης αποβλήτων κατά τα έτη 2001 και 2010 (EEA, 2013)

1.1.2 Ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων

Από την αρχή της ανθρωπότητας γνωρίζουμε μέσα από τις ιστορικές καταγραφές ότι ο τελικός αποδέκτης των υπολειμμάτων κατανάλωσης και των καταλοίπων της παραγωγικής διαδικασίας των ανθρώπινων κοινωνιών, υπήρξε το περιβάλλον. Αυτή η εδαφική διάθεση των απορριμμάτων αποτελούσε ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων η οποία αρχικά δεν προβλημάτιζε λόγω της δυνατότητας της φύσης να ανακυκλώνει απόβλητα ορισμένης σύστασης και περιορισμένης ποσότητας. Παρόλα αυτά όμως, η εξέλιξη της ανθρωπότητας επέφερε αλλαγές τόσο στη σύσταση όσο και στην ποσότητα των αποβλήτων της κοινωνίας, με αποτέλεσμα η φύση να μην μπορεί να ανταποκριθεί μέσα από τις διεργασίες ανακύκλωσης και αυτοκαθαρισμού. Στα πλαίσια αυτά επήλθε και η διατάραξη της οικολογικής και κοινωνικής ισορροπίας.

Σήμερα, η ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων αναφέρεται σε χώρους οι οποίοι καταγράφονται ως Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (Χ.Α.Δ.Α.) ή αλλιώς χωματερές. Η Ε.Ε. με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ περί στερεών αποβλήτων, όρισε τους ΧΑΔΑ, ως χώρους απόθεσης αποβλήτων επί ή εντός του εδάφους (υπογείως), συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών χώρων διάθεσης (π.χ. χώροι όπου ένας παραγωγός αποβλήτων πραγματοποιεί τη διάθεση τους στον τόπο παραγωγής) και μόνιμων χώρων (π.χ. λειτουργίας πέραν του ενός έτους) οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση των αποβλήτων.

Οι Χ.Α.Δ.Α. λειτουργούν χωρίς προδιαγραφές υγειονομικής διάθεσης απορριμμάτων και σε κάποιες χώρες χωρίς αδειοδότηση, με αποτέλεσμα να δημιουργούν προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος. Κυμαίνονται από χώρους με τοπικές/σημειακές απορρίψεις στερεών αποβλήτων έως εκτάσεις πολλών δεκάδων στρεμμάτων με στοιχειώδεις υποδομές και ημι-οργανωμένη διαχείριση. Οι χώροι αυτοί παραδοσιακά επιλέγονταν συνήθως από τις αρμόδιες αρχές, βάσει ιδιοκτησιακού καθεστώτος, χωρίς τη μελέτη άλλων παραγόντων, όπως ποιότητα εδάφους, μορφολογία χώρου, υδρολογικό υπόστρωμα κλπ. για σκοπούς τελικής διάθεσης των ΑΣΑ. Συχνά, όμως στους Χ.Α.Δ.Α. η διάθεση στο έδαφος δεν ήταν το μόνο πρόβλημα. Η μετέπειτα διαχείριση των αποβλήτων είτε με την καύση τους με σκοπό τη μείωση του όγκου τους, είτε με την κάλυψη τους με χώμα για μείωση της δυσωδίας, δημιουργούσε περαιτέρω άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Το μέγεθος της ανεξέλεγκτης διάθεσης φαίνεται από τους αριθμούς των Χ.Α.Δ.Α. οι όποιοι καταγράφονται σε εκθέσεις της Ε.Ε. όπου το 2005 στην Ε.Ε.–15 ο αριθμός που αναφέρεται είναι πέραν των 5.000 (European Commission, 2005a). Αριθμός ο οποίος εκτιμάται ότι είναι πολύ μικρότερος από τον πραγματικό αριθμό των Χ.Α.Δ.Α. λόγω διαφορετικού ορισμού αυτών ανάμεσα στα κράτη μέλη της Ε.Ε. Συγκεκριμένα σε μερικές χώρες δεν υπάρχει ορισμός των παράνομων χωματερών ή Χ.Α.Δ.Α. και συχνά ένας χώρος με τα χαρακτηριστικά αυτών ορίζεται ως μια τεχνητή εγκατάσταση που μπορεί να κατασκευαστεί μόνο μετά από άδεια που έχει ληφθεί από τις αρμόδιες αρχές (European Commission, 2005a). Έτσι για αυτά τα κράτη μέλη έχει αναφερθεί μηδενικός αριθμός Χ.Α.Δ.Α. το οποίο δίδει το συγκεκριμένο παραπλανητικό αποτέλεσμα.

Στην Κύπρο παρόλο που έχουν γίνει σημαντικά βήματα όσον αφορά τα έργα υποδομής για τη διαχείριση των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο, εντούτοις η λειτουργία Χ.Α.Δ.Α. αμαυρώνει τη θέση της Κύπρου στην Ευρώπη με οικονομικές κυρώσεις οι οποίες συμπληρώνουν το κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλήγμα των χωματερών. Η ανεξέλεγκτη διάθεση έχει απασχολήσει τα αρμόδια τμήματα της κυπριακής δημοκρατίας και τα τελευταία χρόνια γίνονται εντατικές προσπάθειες για την εξάλειψη της. Παρόλα αυτά απομένει να γίνουν σημαντικά βήματα για την εξάλειψη του φαινομένου.

1.1.3 Επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων

Οι επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων είναι πολλαπλές και συνοψίζονται μέσα από πολυδιάστατες άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις, περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής φύσεως. Εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως η τοποθεσία, οι γεωλογικές, υδρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες σε συνδυασμό με τη σύνθεση και την ποσότητα των ΑΣΑ καθώς και με την έκταση και χρονική διάρκεια της ανεξέλεγκτης διάθεσης. Οι επιπτώσεις οι οποίες καθορίζονται από πολλαπλούς παράγοντες έχουν υπάρξει αντικείμενο μελέτης μεγάλου αριθμού ερευνών διεθνούς βιβλιογραφίας, από τη μελέτη των οποίων, στην παρούσα υποενότητα γίνεται γενική αναφορά στις πιο κύριες.

Οι άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που καταγράφονται από την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων σε Χ.Α.Δ.Α. συνοψίζονται:

- στη ρύπανση του εδάφους και στη μόλυνση των υπογείων και επιφανειακών υδάτων με τοξικές ουσίες (π.χ. βαρέα μέταλλα) η οποία προέρχεται από τη διαφυγή στραγγισμάτων και εκχυλισμάτων εντός των γεωλογικών στρωμάτων και στο υδάτινο περιβάλλον, με επακόλουθες επιπτώσεις σε ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς αλλά και στον άνθρωπο,
- στις αέριες εκπομπές (συνήθως βιοαερίου το οποίο αποτελείται από διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο και άλλων πτητικών οργανικών ενώσεων, ανάλογα με τα απόβλητα που εναποτίθενται, δημιουργώντας κίνδυνους εκρήξεως, πυρκαγιάς κ.α.)
- στις ζημιές στη χλωρίδα και στην πανίδα της περιοχής. Τα φυτά πλησίον των χώρων διάθεσης μπορούν να επηρεαστούν άμεσα από τα απόβλητα, τη σκόνη ή τον καπνό που προέρχεται από την καύση και η πανίδα εντός ή πλησίον των χώρων διάθεσης μπορεί να επηρεαστεί είτε από την άμεση κατανάλωση στερεών αποβλήτων ή/και μολυσμένων ζώων ή φυτών, είτε ως αποτέλεσμα των στραγγισμάτων και της μόλυνσης των υδάτων,
- στη δημιουργία οχλήσεων οι οποίες επηρεάζουν τη γύρω περιοχή μέσω της παραγωγής ρύπων, οσμών, ζουφίων και την υποβάθμιση της οπτικής αισθητικής (European Commission, 2005a).

Επίσης συχνά η χωροθέτηση των Χ.Α.Δ.Α. δημιουργεί επιπρόσθετες οικολογικές καταστροφές και υποβαθμίσεις αξιόλογων περιβαλλοντικών στοιχείων. Σύμφωνα με έκθεση του ιταλικού κράτους (2002), το 12% των παράνομων χωματερών βρισκότουσαν σε προστατευμένες περιοχές, ενώ πάνω από το 70% βρίσκονταν σε περιοχές που υπόκεινται σε εδαφικούς περιορισμούς. Επιπλέον, η μεγαλύτερη ανεξέλεγκτη διάθεση γινόταν σε δασικές περιοχές (28%), σε υδάτινα ρέματα (24%), στις πόλεις (15%), σε επαρχιακούς δρόμους (9%) κ.κ. (European Commission, 2005a, Υπουργείο Εσωτερικών, 2010), γεγονός που επιβαρύνει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Οι κοινωνικό – οικονομικές επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων οι οποίες γενικά αναφέρονται στη βιβλιογραφία αφορούν τις επιπτώσεις στην υγεία και τις τάσεις

ανάπτυξης της περιοχής. Στις περιοχές όπου παρουσιάζεται ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων, απουσιάζει η οικονομική δραστηριότητα λόγω της υποβάθμισης του χώρου, αποτελώντας ανασταλτικό παράγοντα κοινωνικό - οικονομικής ανάπτυξης της περιοχής. Οι επιπτώσεις στην υγεία οφείλονται κυρίως στα προβλήματα που παρουσιάζονται από την παρουσία οσμών, πυρκαγιών, αυταναφλέξεων (καψαλίσματα) και εκπομπών μεθανίου στους εν λόγω χώρους καθώς επίσης και στο ότι οι χώροι αυτοί αποτελούν εστίες μικροβιολογικής και χημικής μόλυνσης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Τα συνηθέστερα προβλήματα υγείας που έχουν αναφερθεί είναι αναπνευστικά προβλήματα λόγω του καπνού που προέρχεται από την καύση των αποβλήτων, ζαλάδες, πονοκέφαλοι βραχυπρόθεσμα, καθώς επίσης και δυνητικά πιο σοβαρές ασθένειες όπως καρκίνος και καρδιοπάθειες μακροπρόθεσμα.

Στην Κύπρο, χώρος αναφοράς της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, έχει καταγραφεί από το Υπουργείο Εσωτερικών και συγκεκριμένα από τον Τομέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, το μέγεθος των επιπτώσεων από την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων, το οποίο απεικονίζεται στον Πίνακα 1.1, όπου η μεγαλύτερη επίπτωση η οποία καταγράφεται αφορά τη ρύπανση του εδάφους.

Πίνακας 1.1: Επιπτώσεις στο Περιβάλλον από την ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων σε χωματερές (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010)

Παράγοντας	Μέγεθος Επίπτωσης		
	Χαμηλή	Μέτρια	Ψηλή
Ρύπανση του εδάφους			X
Αέριες εκπομπές		X	
Ρύπανση των υπογείων υδάτων	X		
Επιπτώσεις στην υγεία		X	
Τάσεις ανάπτυξης		X	

1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Με βάση τον τρέχοντα παγκόσμιο ρυθμό χρήσης φυσικών πόρων, οι φυσικοί πόροι του πλανήτη, βρίσκονται σε κίνδυνο υπερεκμετάλλευσης και ενδεχομένης κατάρρευσης (EEA, 2012). Κατά τη

διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, σημειώθηκε παγκόσμια αύξηση της χρήσης ορυκτών καυσίμων κατά ένα ρυθμό επί 12, ενώ η εξόρυξη τους αυξήθηκε αντίστοιχα κατά ένα ρυθμό επί 34 φορές. Παράλληλα, η ταχεία ανάπτυξη του παγκόσμιου πληθυσμού, τα υψηλά επίπεδα κατανάλωσης πόρων και ενέργειας στον αναπτυσσόμενο κόσμο, η εντατική εκβιομηχάνιση μεγάλων αναδυόμενων οικονομιών, η αύξηση της ευημερίας και τα υψηλότερα επίπεδα κατανάλωσης, είναι μόνο μερικοί από τους παράγοντες που οδηγούν τους φυσικούς πόρους σε εξάντληση. Πέρα από τη σπανιότητα των πόρων, η κακή διαχείριση τους εμπεριέχει κινδύνους όπως αλλαγή του κλίματος λόγω των προϊόντων καύσης των ορυκτών πόρων, απειλή ισορροπίας οικοσυστημάτων και βιοποικιλότητας, εξάντληση εύφορων εκτάσεων γης από την ανεξέλεγκτη διάθεση και αυξανόμενη παραγωγή αποβλήτων.

Οι παγκόσμιες τάσεις δεικνύουν, ότι οι εποχές των άφθονων και φθηνών πόρων έχουν τελειώσει. Οι επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν αύξηση κόστους των πρώτων υλών και ορυκτών, των οποίων η σπανιότητα τους και η αστάθεια των τιμών τους επιφέρουν καταστροφικές συνέπειες στην οικονομία. Πηγές ορυκτών υλών, μετάλλων και ενέργειας βρίσκονται υπό πίεση. Αν συνεχίσει η χρήση των πόρων με τους τρέχοντες ρυθμούς, έως το 2050, θα χρειαστεί αθροιστικά παγκόσμια, το ισοδύναμο δύο πλανητών για τη στήριξη της ανθρωπότητας και οι προσδοκίες πολλών για καλύτερη ποιότητα ζωής δε θα επιτευχθούν (European Commission, 2011). Η άλλη όψη του νομίσματος είναι η αύξηση παραγωγής αποβλήτων, από την κατανάλωση των πόρων, τα οποία βάσει ερευνών και εφαρμογών αποτελούν εν δυνάμει νέους φυσικούς πόρους με την κατάλληλη επεξεργασία. Συγκεκριμένα, η επιχειρηματική αντιμετώπιση των αποβλήτων ως πόρο και ο αρνητικός αντίκτυπος τους, αποτελούν αντικείμενο μεγάλων μεταβολών σε παγκόσμιο επίπεδο, με το χάσμα μεταξύ της θεώρησης των αποβλήτων ως ενός σημαντικού περιβαλλοντικού προβλήματος και ως ενός εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμου πόρου να στενεύει.

Οι παγκόσμιες τάσεις επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την Κυπριακή Δημοκρατία. Ακολουθώντας τις παγκόσμιες τάσεις η Κύπρος καταναλώνει σε μεγάλο βαθμό φυσικούς πόρους ενώ στερείτε δικούς της ενεργειακούς πόρους και εξαρτάται από την εισαγωγή τους, καθώς παράλληλα κατατάσσεται μεταξύ των μεγαλύτερων παραγωγών αποβλήτων στην Ε.Ε. Επομένως οι δύο αυτοί παράγοντες συντελούν στην αναγκαιότητα μελέτης του θέματος της μεταπτυχιακής

διατριβής και συγκεκριμένα της μελέτης μετατροπής των αποβλήτων που υφίστανται ή που καταλήγουν σε Χ.Α.Δ.Α. σε ενεργειακούς πόρους. Μελέτη η οποία πέρα από την ανάγκη εξεύρεσης νέων ενεργειακών πόρων αποσκοπεί και στην ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων, και άρση των μέχρι τώρα κυρώσεων που αντιμετωπίζει η Κυπριακή Δημοκρατία από την Ε.Ε. λόγω των τρεχουσών πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων.

1.3 Σκοποί και στόχοι

Η ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την ολοκληρωμένη και ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων, το οποίο απουσιάζει εφαρμογής στην Κυπριακή Δημοκρατία, όπου η διαχείριση των αποβλήτων απασχολεί έντονα τους αρμόδιους φορείς λόγω των προβλημάτων που αντιμετωπίζει και των ανορθολογικών τρόπων διάθεσης και διαχείρισης τους. Έτσι σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη της δυνατότητας ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων που παράγονται στην Κύπρο και διατίθενται προς τελική διάθεση. Στόχος είναι η έκβαση αποτελέσματος ως προς τη δυνατότητα δημιουργίας μονάδας παραγωγής ενέργειας από απόβλητα (waste-to-energy) στην Κύπρο, με μελέτη περίπτωσης την επαρχία Λευκωσίας, από την ανάκτηση «ενεργειακών πόρων» από τον υφιστάμενο εν λειτουργία Χ.Α.Δ.Α. στην τοποθεσία Κοτσιάτη, ως μέθοδος αποκατάστασης του και κατά πόσο η λύση αυτή μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμη.

1.4 Διασαφηνίσεις – προσδιορισμός και διατύπωση κεντρικών εννοιών

Στην παρούσα ενότητα γίνεται προσδιορισμός και διατύπωση κάποιων κεντρικών εννοιών που χρησιμοποιούνται στη μεταπτυχιακή διατριβή όπως το καύσιμο προερχόμενο από απόβλητα (RDF/SRF), η ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων και η αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α.

1.4.1 Καύσιμο προερχόμενο από απόβλητα – RDF/SRF

Για το καύσιμο προερχόμενο από απόβλητα, δεν υπάρχει νομικός ορισμός και η ορολογία που χρησιμοποιείται σε διάφορες χώρες περιγράφει το υλικό το οποίο αποτεφρώνεται για την

παραγωγή ενέργειας ανάλογα με την εκάστοτε επιθυμία ή χρήση, με συγκεκριμένη επεξεργασία στο πλαίσιο της εθνικής νομοθεσίας του κάθε κράτους. Τα καύσιμα από ανακτηθέντα απόβλητα περιλαμβάνουν υπολείμματα από ΑΣΑ, βιομηχανικά/εμπορικά απόβλητα, λύματα ιλύος, επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα, απόβλητα βιομάζας κ.α. Το SRF και RDF ανήκουν σε αυτή την κατηγορία καύσιμων, τα οποία προέρχονται μέσω της μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας.

Οι διαφορές μεταξύ τους αφορούν κυρίως τις ιδιότητες τους και τις τιμές θέρμανσης τους, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με τη διαμόρφωση της διαδικασίας μηχανικής/βιολογικής επεξεργασίας (Samolada and Zabaniotou, 2014). Το SRF αποτελεί το κύριο προϊόν της διεργασίας της βιολογικής ξήρανσης των ΑΣΑ με ορισμένες προδιαγραφές (NCV, Hg και μέγιστη περιεκτικότητα σε Cl), ενώ το RDF αποτελεί παρά - προϊόν το οποίο προκύπτει κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού των ΑΣΑ σε ένα κομποστοποιημένο μη πιστοποιημένο υλικό μέσω αναερόβιας μεθόδου επεξεργασίας (Samolada and Zabaniotou, 2014). Σε αγγλόφωνες χώρες, το RDF συνήθως αναφέρεται στο διαχωρισμένο υψηλά θερμικό κλάσμα των ΑΣΑ, είτε από εμπορικά είτε από βιομηχανικά απόβλητα, το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία για να εκπληρώσει τις κατευθυντήριες γραμμές της νομοθεσίας ή τις προδιαγραφές της βιομηχανίας προς χρήση.

1.4.2 Ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων (waste-to-energy)

Η ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων (waste-to-energy) αφορά τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας με τη μορφή καυσίμων ηλεκτρικής ενέργειας ή/και θερμότητας από την επεξεργασία αυτών. Τα απόβλητα με κατάλληλη διαχείριση, η οποία ακολουθεί συνήθως μηχανική, βιολογική και θερμική επεξεργασία αντιμετωπίζονται ως ενεργειακός πόρος.

1.4.3 Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α.

Η αποκατάσταση ΧΑΔΑ αφορά τις μεθόδους που ακολουθούνται για την απορρύπανση των χώρων διάθεσης αποβλήτων, με ανάληψη ενεργειών για περιβαλλοντική αποκατάσταση και λήψη μέτρων για αποφυγή της περαιτέρω επέκτασης της ρύπανσης προς άλλες περιοχές (π.χ. μέσω της κίνησης του υπόγειου νερού) (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007). Συνήθως οι εργασίες

που εκτελούνται σε έργα αποκατάστασης ΧΑΔΑ αφορούν εργασίες εξυγίανσης των εναποθέσεων αποβλήτων στους χώρους απόθεσης με τις συχνότερες μεθόδους αποκατάστασης να είναι η εδαφοκάλυψη και φύτευση της περιοχής και η ανάκτηση και μεταφορά των αποβλήτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

1.4.4 Ανάλυση Κόστους

Η οικονομική ανάλυση ή ανάλυση κόστους, αφορά τον καθορισμό και τη ποσοτικοποίηση του κόστους και των ωφελειών μιας επένδυσης. Αξιολογεί κατά πόσον το έργο θα έχει θετική συμβολή στην κοινωνία και επομένως αξίζει συγχρηματοδότησης. Αποτελεί συνήθως εργαλείο λήψης αποφάσεων για επενδύσεις σε έργα και βασίζεται στη σύγκριση του οικονομικού κόστους και τα οφέλη (επιπτώσεις) του έργου με την κατάσταση χωρίς την υλοποίηση του έργου.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Σημαντικό μέρος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αποτελεί η βιβλιογραφική ανασκόπηση, με στόχο την αποσαφήνιση του θεωρητικού πλαισίου, την αναγνώριση των νέων τάσεων και την ανάδειξη των παραμέτρων που συνθέτουν το αντικείμενο της. Έτσι μέσα από την επισκόπηση πολλαπλών βιβλιογραφικών πηγών, παρουσιάζονται εμπειριστατωμένες έρευνες στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων και της ενεργειακής αξιοποίησης αυτών, απαραίτητα για τη διεξαγωγή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής και επίτευξη των στόχων που τέθηκαν.

2.1 Θεσμικό Πλαίσιο

Στην παρούσα Ενότητα γίνεται επισκόπηση του θεσμικού πλαισίου που αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο και της εναρμόνισης της κυπριακής νομοθεσίας με το ευρωπαϊκό κεκτημένο όσον αφορά τη διαχείριση αποβλήτων.

2.1.1 Σχετική Περιβαλλοντική Πολιτική και Νομοθεσία

Η διεθνής περιβαλλοντική πολιτική αναπτύχθηκε κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες, έναυσμα της οποίας υπήρξε το Συνέδριο του ΟΗΕ για το ανθρώπινο περιβάλλον στη Στοκχόλμη το 1972, όπου δημιουργήθηκε το περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών, γνωστό ως UNEP. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, την ίδια χρονιά και ακολουθώντας την πολιτική του Συνεδρίου, οι ευρωπαίοι αρχηγοί των κρατών, δήλωσαν την ανάγκη να πλαισιωθεί η οικονομική επέκταση από μια κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική και ζήτησαν ένα πρόγραμμα δράσης (European

Parliament, 2015). Έτσι η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική χρονολογείται από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο των Παρισίων του 1972, την οποία ακολούθησε η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη του 1987, εισάγοντας ένα νέο «περιβαλλοντικό κεφάλαιο» το οποίο αποτέλεσε την πρώτη νομική βάση μιας κοινής ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής με σκοπό τη διαφύλαξη της ποιότητας του περιβάλλοντος, την προστασία της ανθρώπινης υγείας και τη διασφάλιση της ορθολογικής χρήσης των φυσικών πόρων εντός της Ε.Ε. (European Parliament, 2015). Η νομική βάση της ευρωπαϊκής πολιτικής διευρύνθηκε σημαντικά από την Συνθήκη του Μάαστριχτ (1993) κατά την οποία το περιβάλλον καθιερώθηκε ως ένα επίσημο πεδίο πολιτικής για την Ε.Ε., εισάγοντας τη διαδικασία της συν-απόφασης. Ακολούθησε η Συνθήκη του Άμστερνταμ (1999) η οποία καθιέρωσε την υποχρέωση ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής προστασίας σε όλες τις τομεακές πολιτικές της Ε.Ε., με σκοπό την προαγωγή της βιώσιμης ανάπτυξης και το 2009 με τη Συνθήκη της Λισαβόνας, η «αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής» έγινε ειδικός στόχος, όπως και η βιώσιμη ανάπτυξη στο πλαίσιο των σχέσεων με τις τρίτες χώρες (European Parliament, 2015).

Η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική για τα απόβλητα, σημείωσε έναρξη με την πρώτη Οδηγία – Πλαίσιο για τα στερεά απόβλητα, του 1975, κατά την οποία καθορίστηκαν οι υποχρεώσεις των κρατών – μελών της Ε.Ε, ως προς τη λήψη μέτρων για τον περιορισμό, την ανακύκλωση, την επεξεργασία και την ανάκτηση υλικών ή/και ενέργειας από στερεά απόβλητα. Ακολούθησε το 5^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον το 1992, κατά το οποίο τέθηκε ως στόχος η σταθεροποίηση της παραγωγής αστικών αποβλήτων στα επίπεδα του 1985 ως το έτος 2000. Η μη επίτευξη του στόχου, οδήγησε στον εκ νέου καθορισμό στόχων μέσα από το 6^ο Πρόγραμμα Δράσης για το περιβάλλον, όπου δεν ετέθησαν πλέον ποσοτικοί αλλά στρατηγικοί στόχοι για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από την παραγωγή αποβλήτων. Η μεταγενέστερη περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. για τα απόβλητα αναφέρεται μέσα στην ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής του 2010 «Ευρώπη 2020: Στρατηγική για έξυπνη, διατηρήσιμη και χωρίς αποκλεισμούς ανάπτυξη», η οποία αφορά τη στρατηγική ανάπτυξης της Ε.Ε. για την δεκαετία 2010–2020. Μέρος της στρατηγικής Ευρώπη 2020, αποτελεί και ο «Χάρτης πορείας για μια αποδοτική, από πλευράς πόρων, Ευρώπη» (Roadmap to a resource efficient Europe), ο οποίος διαμορφώθηκε το 2011 και καλεί τα κράτη-μέλη να διασφαλίσουν την πλήρη εφαρμογή του κεκτημένου της Ε.Ε. για τα απόβλητα,

συμπεριλαμβανομένων των ελάχιστων στόχων, μέσω των οικείων εθνικών στρατηγικών πρόληψης της παραγωγής και διαχείρισης των αποβλήτων.

2.1.1.1 Ιστορικό καθορισμού Ευρωπαϊκής πολιτικής για τη διαχείριση των αποβλήτων

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διαχείρισης αποβλήτων οδήγησαν σε νομοθετικά μέτρα και οδηγίες (ΕΕΑ, 2012) από την Ε.Ε. για τον καθορισμό γενικότερης πολιτικής για την ορθή διαχείριση των αποβλήτων. Τα σκάνδαλα των δεκαετιών '70 και '80 (σκάνδαλο μεταφοράς αποβλήτων του Σεβέζο και μεταφορά επικίνδυνων αποβλήτων σε αναπτυσσόμενες χώρες και στην ανατολική Ευρώπη) που σχετίζονταν με τη διαχείριση των αποβλήτων, ευαισθητοποίησαν τους υπεύθυνους για τη χάραξη πολιτικής στο δυνητικό αντίκτυπο των αποβλήτων που τυγχάνουν κακής διαχείρισης, στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου (European Commission, 2005). Έτσι, τα διάφορα κράτη μέλη της Ε.Ε. άρχισαν να λαμβάνουν εθνικά μέτρα για τον έλεγχο και τη διαχείριση των αποβλήτων, τα οποία, στη συνέχεια, οδήγησαν στην κατάρτιση της Οδηγίας - Πλαισίου περί αποβλήτων και της Οδηγίας περί επικίνδυνων αποβλήτων, οι οποίες εκδόθηκαν το 1975 και αργότερα, στον κανονισμό για τη μεταφορά των αποβλήτων (European Commission, 2005). Τα τρία αυτά νομοθετικά κείμενα απετέλεσαν τη βάση της ρυθμιστικής δομής για τα απόβλητα και περιέχουν τον ορισμό των αποβλήτων και άλλων στρατηγικών εννοιών, εξασφαλίζοντας ότι η διαχείριση των αποβλήτων διενεργείται χωρίς βλάβες στο περιβάλλον ή στην υγεία του ανθρώπου και επιβάλλουν ελεγχόμενους όρους για τη μεταφορά αποβλήτων σε ολόκληρη την Ε.Ε. (European Commission, 2005).

Ωστόσο, οι πρώτες Οδηγίες της Ε.Ε. επέδειξαν αδυναμία στην εξειδίκευση των παραμέτρων περιβαλλοντικών εκπομπών, όσον αφορά τους διάφορους τρόπους διαχείρισης των αποβλήτων που θεωρούνταν αποδεκτοί: υγειονομική ταφή αποβλήτων, αποτέφρωση και ανακύκλωση, με αποτέλεσμα μια σειρά προβλημάτων ρύπανσης από αποτεφρωτές ή από χώρους υγειονομικής ταφής και από ορισμένες μονάδες ανακύκλωσης (European Commission, 2005). Για την κάλυψη των κενών θεσπίστηκαν νέες οδηγίες οι οποίες αφορούσαν τη διαχείριση των αποβλήτων, όπως η Οδηγία του 1996 για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (Integrated Pollution

Prevention and Control - IPPC), η Οδηγία του 2000 για την αποτέφρωση των αποβλήτων και η Οδηγία του 2001 για τους χώρους υγειονομικής ταφής (European Commission, 2005).

Το 2001, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο εξέδωσε την πρώτη ευρωπαϊκή Στρατηγική Αειφόρου Ανάπτυξης (ΣΑΑ), μέσα από την οποία καθορίστηκαν οι απαιτήσεις για βραχυπρόθεσμη δράση για την αντιμετώπιση των ζητημάτων διαχείρισης ΑΣΑ. Η πιο πρόσφατη νομοθεσία η οποία αντανακλά την ΣΑΑ, είναι η Οδηγία για τα απόβλητα 2008/98/ΕΚ, η οποία εισήγαγε νέες προκλήσεις στα συστήματα διαχείρισης ΑΣΑ (Pires et al.,2011). Σημαντικά επίσης νομοθετικά εργαλεία τα οποία χρησιμοποίησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή από το 1973 για το περιβάλλον γενικά και τα απόβλητα ειδικότερα ήταν τα πολυετή Προγράμματα Δράσης για το Περιβάλλον (ΠΔΠ/ΕΑΡs) που καθορίζουν μελλοντικές νομοθετικές προτάσεις και στόχους για την περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. και τα οποία συνήθως ακολουθούνται από συγκεκριμένα μέτρα τα οποία εκδίδονται χωριστά (European Parliament, 2015).

Το 5^ο ΠΔΠ του 1992, έθεσε στόχους για τη σταθεροποίηση της παραγωγής ΑΣΑ στα επίπεδα του 1985 (300 κιλά/κάτοικο/έτος) ως το έτος 2000, το οποίο απέτυχε. Εν συνεχεία το 6^ο ΠΔΠ του 2002 ανέπτυξε μια προσέγγιση ολοκλήρωσης για τις κοινοτικές πολιτικές όσον αφορά τους πόρους, τα προϊόντα και τα απόβλητα (European Commission, 2005) και καθόρισε την περιβαλλοντική πολιτική της δεκαετίας 2002-2012, έχοντας εστιάσει σε τέσσερις προτεραιότητες: κλιματική αλλαγή, βιοποικιλότητα, περιβάλλον και υγεία, φυσικούς πόρους και απόβλητα. Το 2013, εγκρίθηκε το 7^ο ΠΔΠ για το διάστημα μέχρι το 2020, υπό τον τίτλο «Ευημερία εντός των ορίων του πλανήτη μας», ανάμεσα στις κομβικές πρωτοβουλίες του οποίου, εντάσσεται και ο Χάρτης πορείας για την αποδοτική χρήση των πόρων, όπου βασικοί άξονες αναφοράς είναι η αποδοτική χρήση των πόρων, η διαχείριση και πρόληψη αποβλήτων, η νομοθεσία για την παραγωγή αποβλήτων και η επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων.

Μέσα λοιπόν από διεργασίες σαράντα και πλέον ετών, η Ε.Ε. επιδιώκοντας την κατάργηση της σχέσης μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και παραγωγής αποβλήτων, εξοπλίζεται με νομοθετικό πλαίσιο που θα ελέγχει το συνολικό κύκλο των αποβλήτων, από την παραγωγή μέχρι τη διάθεση,

δίνοντας έμφαση στην ανάκτηση και την ανακύκλωση (European Union, 2005), το οποίο ανανεώνεται και εξελίσσεται μέσα από τις τρέχουσες ανάγκες και νέες έρευνες. Στο Διάγραμμα 2.1 εμφανίζονται τα ευρωπαϊκά νομοθετικά μέτρα για τα απόβλητα.



Διάγραμμα 2.1: Νομοθεσία της Ε.Ε. για τα απόβλητα

2.1.1.2 Κοινοτική Στρατηγική και Περιβαλλοντικές Αρχές

Η «Θεματική Στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση αποβλήτων», της Ε.Ε., προβλέπει στη βελτίωση του νομοθετικού πλαισίου που διέπει τα απόβλητα, με τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών ή/και ενέργειας και προωθεί το όραμα για μια κοινωνία ανακύκλωσης η οποία να επιδιώκει να προλάβει τη δημιουργία αποβλήτων και στις περιπτώσεις που δεν το μπορεί να τα χρησιμοποιεί ως πόρο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Στόχοι της είναι ο περιορισμός των αποβλήτων, η προαγωγή της επαναχρησιμοποίησης τους, η ανακύκλωση και η αξιοποίηση τους, οι οποίοι εντάσσονται στην προσέγγιση που βασίζεται στην αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου και του κύκλου ζωής των πόρων (EUR-Lex, 2006).

Η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική, βασίζεται σε αρχές, οι οποίες εντάσσονται στα πολυετή ΠΔΠ, τα οποία ορίζουν το πλαίσιο των μελλοντικών ενεργειών σε όλους τους τομείς της περιβαλλοντικής πολιτικής και είναι ενσωματωμένα σε «οριζόντιες» στρατηγικές οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στις διεθνείς περιβαλλοντικές διαπραγματεύσεις (European Parliament, 2015). Οι βασικές αυτές αρχές – κατευθύνσεις οι οποίες αφορούν και τον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων, αφορούν την αρχή «Ο ρυπαίνων πληρώνει», την αρχή της εγγύτητας, την αρχή της πρόληψης, την ιεράρχηση στη διαχείριση των ΑΣΑ και την αρχή του σχεδιασμού (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» υλοποιήθηκε με την Οδηγία περί Περιβαλλοντικής Ευθύνης (ELD), που αποσκοπεί στην πρόληψη ή διαφορετικά στην αποκατάσταση της περιβαλλοντικής βλάβης σε σχέση με προστατευόμενα είδη και φυσικούς οικότοπους, σε νερό και έδαφος και αφορά τη λήψη μέτρων προς αποκατάσταση σε περίπτωση βλάβης ή πληρωμής της σχετικής δαπάνης (European Parliament, 2015). Η αρχή της εγγύτητας (Proximity Principle), περιλαμβάνει ότι τα απόβλητα πρέπει να οδηγούνται κατά το δυνατόν, σε μια από τις πλησιέστερες εγκεκριμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας ή/και διάθεσης εφ' όσον αυτό είναι περιβαλλοντικά αποδεκτό και οικονομικά εφικτό, με σκοπό την αποφυγή πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη μεταφορά τους (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η αρχή της πρόληψης είναι ένα εργαλείο διαχείρισης κινδύνων που δύναται να ενεργοποιηθεί εάν υπάρχει επιστημονική αβεβαιότητα ως προς κάποιον εικαζόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή για το περιβάλλον ο οποίος προκύπτει από συγκεκριμένη ενέργεια ή πολιτική (European Parliament, 2015). Όταν οι κίνδυνοι που απειλούν το περιβάλλον είναι περισσότερο δυνητικοί παρά αποδεδειγμένα υπαρκτοί, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εφαρμόζει αυτό που είναι γνωστό ως «αρχή της προφύλαξης», δηλαδή προτείνει μέτρα προστασίας, αν ο κίνδυνος φαίνεται πραγματικός, ακόμα και αν δεν υπάρχει απόλυτη επιστημονική βεβαιότητα (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η ιεράρχηση στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, χαράσσει κατευθύνσεις και περιγράφει μέτρα για τη μείωση των πιέσεων που υφίσταται το περιβάλλον λόγω της παραγωγής και της διαχείρισης των αποβλήτων. Σε συνδυασμό με την Οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα πρώτος στόχος της ιεράρχησης είναι η πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, εν συνέχεια η επαναχρησιμοποίηση/ ανακύκλωση υλικών, ακολουθεί η αξιοποίηση για ανάκτηση ενέργειας, ενώ ως τελευταία λύση θεωρείται η υγειονομική ταφή των υπολειμμάτων επεξεργασίας αποβλήτων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Τέλος, η αρχή του σχεδιασμού προβλέπει την σύνταξη και την υλοποίηση σχεδίων διαχείρισης των ΑΣΑ, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

2.1.1.3 Ευρωπαϊκό Θεσμικό Πλαίσιο (διαχείριση αποβλήτων)

Η Ε.Ε. βάσει των επιδιώξεων της ως προς το περιβάλλον, εξοπλίζεται με κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο για τον έλεγχο του συνολικού κύκλου των αποβλήτων, από την παραγωγή μέχρι τη διάθεση, δίνοντας έμφαση στην ανάκτηση και την ανακύκλωση (European Union, 2005). Στην παρούσα υποενότητα γίνεται περιγραφή του ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου (Κοινοτικές Οδηγίες, Αποφάσεις και Κανονισμοί), για κύρια θέματα που αφορούν τη μεταπτυχιακή διατριβή και συγκεκριμένα για τη διαχείριση των αποβλήτων, τους Χ.Α.Δ.Α. και την παραγωγή ενέργειας από απόβλητα (waste-to-energy), τα οποία για εύκολη αναφορά συγκεντρώνονται σε Πίνακα (βλ. Παράρτημα Α) όπου καταγράφονται σε χρονολογική σειρά.

Από το σύνολο των Οδηγιών, γίνεται επιλογή και ανάλυση των σημαντικότερων όσον αφορά το θέμα της παρούσας διατριβής. Αρχικά αναφέρεται η *Οδηγία 1999/31/ΕΚ (The Landfill Directive) περί των Στερεών Αποβλήτων*, της οποίας στόχος είναι ο καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την πρόληψη ή μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων. Στα πλαίσια του στόχου της, θέτει αυστηρές λειτουργικές και τεχνικές απαιτήσεις για τα απόβλητα και τους ΧΥΤ, σύμφωνα με την οποία τα κράτη-μέλη οφείλουν να καθορίζουν εθνική στρατηγική για τη μείωση των ΒΑΑ που οδηγούνται σε ΧΥΤ, καθώς επίσης προωθεί την ανακύκλωση, τη λιπασματοποίηση ή παραγωγή βιοαερίου ή ανάκτηση υλικών/ενέργειας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Έτσι σημαντικός είναι ο ρόλος της στη διαχείριση των αποβλήτων και την ανάκτηση ενέργειας από αυτά, κυρίως λόγω της απαίτησης

της για εκτροπή από την υγειονομική ταφή του ΒΑΑ των ΑΣΑ καθώς και των μεταχειρισμένων ελαστικών, γεγονός που εμμέσως οδηγεί στην επεξεργασία αυτών για την ανάκτηση ενέργειας (European Commission, 2003). Σε συνδυασμό με την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ, επηρεάζει επίσης την παραγωγή και χρήση δευτερογενών καυσίμων, καθώς απαιτεί από τα κράτη-μέλη να απομακρύνουν απόβλητα από τους ΧΥΤ, σε επιλογές οι οποίες είναι υψηλότερες στην ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων (π.χ. αποτέφρωση, ανακύκλωση) και οι οποίες εξαρτώνται παράλληλα από τις πολιτικές για την κλιματική αλλαγή και τις ΑΠΕ (π.χ. Οδηγία 2001/77/ΕΚ σχετικά με την προώθηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ) (European Commission, 2003).

Σχετική με το θέμα της παρούσας διατριβής είναι η *Οδηγία 2000/76/ΕΚ για την αποτέφρωση αποβλήτων*, κατά την οποία η αποτέφρωση επικίνδυνων ή μη επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει εκπομπές ουσιών που ρυπαίνουν τον αέρα, το νερό και το έδαφος και οι οποίες έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Μέσω αυτής, η Ε.Ε. επιβάλλει αυστηρές συνθήκες λειτουργίας και τεχνικές απαιτήσεις για τις μονάδες που αποτεφρώνουν ή συν-αποτεφρώνουν απόβλητα, για τον περιορισμό των κινδύνων αυτών. Στόχος της είναι η ενσωμάτωση στην υφιστάμενη νομοθεσία, της προόδου των τεχνικών σε θέματα ελέγχου εκπομπών από τις διαδικασίες αποτέφρωσης και η εξασφάλιση της τήρησης των διεθνών δεσμεύσεων που έχει αναλάβει η Κοινότητα όσον αφορά τη μείωση της ρύπανσης, ιδίως των δεσμεύσεων που αφορούν τον καθορισμό οριακών τιμών για τις εκπομπές διοξίνων, υδραργύρου και κονιορτού που δημιουργούνται από την αποτέφρωση αποβλήτων (European Union, 2005). Βάσει αυτών, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάκτηση ενέργειας από απόβλητα, επηρεάζοντας θετικά την ανάπτυξη των σχετικών μεθόδων και εισάγοντας όρια εκπομπών από τη συν-αποτέφρωση των αποβλήτων για ανάκτηση ενέργειας, επιδιώκοντας την ευθυγράμμιση τους με εκείνα της αποτέφρωσης των αποβλήτων (European Commission, 2003).

Σημαντική για την ανάκτηση ενέργειας από απόβλητα (waste-to-energy), είναι η *Οδηγία 2004/12/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας* η οποία τροποποιεί την Οδηγία 94/62/ΕΚ καθορίζοντας τις βασικές απαιτήσεις ως προς τη σύνθεση και τον επαναχρησιμοποιήσιμο και αξιοποιήσιμο χαρακτήρα των συσκευασιών και των απορριμμάτων

συσκευασίας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Το περιεχόμενο της προωθεί την ανάκτηση ενέργειας από απόβλητα, ως ενέργεια η οποία συμβάλει στους στόχους της Οδηγίας και βάσει αυτής, τα κράτη-μέλη πρέπει να ενθαρρύνουν, όπου ενδείκνυται, την ανάκτηση ενέργειας, στην περίπτωση που κριθεί πως είναι προτιμότερη από την ανακύκλωση υλικών για περιβαλλοντικούς λόγους και λόγους κόστους – οφέλους (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Σημαντική επίσης είναι η *Οδηγία 2008/1/EK*, η οποία αφορά την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης και αποτελεί κωδικοποίηση της προγενέστερης Οδηγίας 96/61/EK, την οποία και αντικαθιστά, καθορίζοντας τις υποχρεώσεις που πρέπει να τηρούνται από τις βιομηχανίες με υψηλό δυναμικό ρύπανσης. Κύριος στόχος της είναι να ελαχιστοποιηθούν οι ρύποι στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος, το οποίο επιτυγχάνεται με τη θέσπιση έκδοσης άδειας για τις αναφερόμενες δραστηριότητες, οι οποίες πρέπει να πληρούν κατ' ελάχιστον ορισμένες προϋποθέσεις όσον αφορά την παραγωγή και τις εκπομπές ρύπων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Αφορά βιομηχανικές δραστηριότητες υψηλού δυναμικού ρύπανσης, νέες ή υφιστάμενες, συμπεριλαμβανομένου και των μονάδων διαχείρισης αποβλήτων για αυτό και κρίνεται σημαντική για την παρούσα μελέτη.

Τέλος, γίνεται αναφορά στην *Οδηγία 2008/98/EK περί στερεών αποβλήτων*, η οποία θεσπίζει νομοθετικό πλαίσιο επεξεργασίας των αποβλήτων εντός της Κοινότητας και αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, δια της πρόληψης των αρνητικών επιπτώσεων από την παραγωγή και τη διαχείριση αποβλήτων (European Union, 2005). Βάσει αυτής, οι αρμόδιες αρχές οφείλουν να καταρτίσουν ένα ή περισσότερα σχέδια διαχείρισης αποβλήτων που θα καλύπτουν ολόκληρη τη γεωγραφική επικράτεια του οικείου κράτους-μέλους. Πρέπει επίσης να αναπτυχθούν προγράμματα πρόληψης αποβλήτων, ώστε να διαρραγεί η σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με την παραγωγή αποβλήτων (European Union, 2005). Ουσιαστικά αυτό που επιδιώκεται μέσω της Οδηγίας, είναι: (α) η διαμόρφωση προτύπων για τις αγορές, (β) η ανάπτυξη αγορών ανακυκλώσιμων και (γ) η θέσπιση προδιαγραφών επεξεργασίας για παραγωγή δευτερογενών προϊόντων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

2.1.2 Εναρμόνιση Κυπριακής Νομοθεσίας με το ευρωπαϊκό κεκτημένο

Ως κράτος-μέλος της Ε.Ε. η Κύπρος οφείλει όπως όλα τα κράτη-μέλη της Ε.Ε. να εναρμονίζει την εθνική νομοθεσία της με το ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο. Στο πλαίσιο λοιπόν της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής για τα απόβλητα, η κυπριακή κυβέρνηση προχώρησε στη θέσπιση σωρείας νομοθετημάτων (νόμων, κανονισμών και διαταγμάτων), προκειμένου να συμβαδίζει με το ευρωπαϊκό κεκτημένο, τα οποία περιγράφονται στον Πίνακα 2.1. Επίσης συμπληρωματικά δίδεται αναλυτικός πίνακας στο Παράρτημα Β, όπου δεικνύεται η αντιστοιχία μεταξύ των ευρωπαϊκών οδηγιών και των νομοθετημάτων της κυπριακής νομοθεσίας.

Πίνακας 2.1: Κυπριακή Νομοθεσία βάσει ευρωπαϊκού κεκτημένου για τη διαχείριση των αποβλήτων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012; Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015)

Νομοθέτημα	Περιγραφή
Νόμος 32(I)/2002 περί Συσκευασιών και Αποβλήτων Συσκευασιών	Έχει σκοπό τη θέσπιση μέτρων για διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων με στόχο την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων τους. Οι βασικοί στόχοι, επιτυγχάνονται με τη λήψη μέτρων που αποσκοπούν μεταξύ άλλων στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων και στη μείωση της τελικής διάθεσης.
Νόμος 215(I)/2002 περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων	Προβλέπει τον έλεγχο και τη διαχείριση των στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων περιλαμβάνοντας πρόνοιες για τις υποχρεώσεις του κατόχου αποβλήτων, μέτρα μείωσης των αποβλήτων και ορθολογιστικής διαχείρισης τους, πλαίσιο τεχνικών προδιαγραφών διαχείρισης αποβλήτων κ.ο.κ. Ακολούθησαν τροποποιητικοί νόμοι, για σκοπούς εναρμόνισης με την ευρωπαϊκή νομοθεσία (Ν. 196(I)/2004, Ν. 162(I)/2005, Ν.17(I)/2006 και Ν.63(I)/2009).
Νόμος 82(I)/2009 περί Διαχείρισης Αποβλήτων της Εξορυκτικής Βιομηχανίας	Στοχεύει στην πρόληψη ή μείωση κάθε είδους δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ιδιαίτερα στον αέρα, στο νερό, στο έδαφος, στην πανίδα, στη χλωρίδα και στο τοπίο, καθώς και τυχόν επακόλουθων κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία, που προκύπτουν από τη διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων.
Νόμος 185(I)/2011 περί Αποβλήτων Νόμο	Διέπει τη λειτουργία των μονάδων διαχείρισης στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων με σκοπό τη θέσπιση μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Τροποποιητικοί Νόμοι και Διατάγματα που ακολούθησαν είναι οι Ν.6(I)/2012, ΚΔΠ 187/2013, ΚΔΠ 188/2013, Ν.55(I)/2014 και Ν.31(I)/2015.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 183/2002	Περί Συσκευασιών και Αποβλήτων Συσκευασιών Νόμος με σκοπό τον καθορισμό μέτρων συμμόρφωσης αναφορικά με τα επίπεδα συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στα πλαστικά κιβώτια και τις παλέτες.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 636/2002	Κανονισμός περί στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων για τη ρύθμιση της ελεγχόμενης διάθεσης των PCB, την απολύμανση ή διάθεση συσκευών που περιέχουν PCB ή/και τη διάθεση χρησιμοποιημένων PCB.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 637/2002	Κανονισμός περί στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων (διαχείριση χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων) για εξασφάλιση της συλλογής και διάθεσης των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων βάσει των ευρωπαϊκών κανονισμών.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 157/2003	Γνωστοποιεί κατάλογο αποβλήτων για την Κυπριακή Δημοκρατία, όπου καταγράφονται επίσης τα επικίνδυνα απόβλητα.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 158/2003	Προνοεί μητρώα συλλογής και μεταφοράς αποβλήτων στα οποία αναφέρονται μεταξύ άλλων ο παραγωγός, ο παραλήπτης αποβλήτων, το είδος, ποιότητα και ποσότητα αποβλήτων (κωδικοποίηση βάσει ΚΔΠ 157/2003) κ.α.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 159/2003	Αφορά την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μεταφορών αποβλήτων στο εσωτερικό της κυπριακής δημοκρατίας και περιλαμβάνει την εισαγωγή του ευρωπαϊκού τυποποιημένου έντυπου παρακολούθησης.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 160/2003	Αφορά αίτηση για άδειά διαχείρισης αποβλήτων, επικίνδυνων και μη, η οποία υποβάλλεται για έγκριση στον αρμόδιο Υπουργό.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 161/2003	Συμπληρώνει τα προηγούμενα Διατάγματα, καθορίζοντας τον τύπο αίτησης που υποβάλλεται στον Υπουργό Εσωτερικών ως αίτηση για άδεια διαχείρισης αποβλήτων.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 562/2003	Τίθενται στόχοι μείωσης των αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ ενώ απαγορεύεται η εναπόθεση σε αυτούς τους χώρους επικίνδυνων αποβλήτων. Τα ΒΑΑ πρέπει να μειωθούν μέχρι το 2010 στο 75%, μέχρι το 2012 στο

Νομοθέτημα	Περιγραφή
	50% και μέχρι το 2016 στο 35% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας των ΒΑΑ που είχαν παραχθεί το 1995 ή τον τελευταίο προ του 1995 χρόνο για τον οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat. Η ποσότητα που δε θα οδηγείται σε ΧΥΤΑ πρέπει να αξιοποιηθεί π.χ. ενεργειακή αξιοποίηση.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 688/2003	Καθορίζεται η αίτηση για άδεια διαχείρισης αποβλήτων που αναφέρεται στο Παράρτημα VI του περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων Νόμου του 2002 που υποβάλλεται στον Υπουργό Εσωτερικών.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 746/2003	Καθορίζει τις διαδικασίες διορισμού Επιθεωρητών καθώς και τα καθήκοντα και εξουσίες που ασκούν.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 747/2003	Καθορίζει μεταξύ άλλων την ευθύνη των οικονομικών παραγόντων που διαχειρίζονται συσκευασίες και απόβλητα συσκευασιών, π.χ. υποχρέωση για οργάνωση ή/και συμμετοχή σε συστήματα διαχείρισης συσκευασιών.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 668/2004	Αφορά τα ΑΗΗΕ, με σκοπό την πρόληψη δημιουργίας ΑΗΗΕ, της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωση και άλλες μορφές αξιοποίησης τέτοιων αποβλήτων ώστε να μειωθεί η ποσότητα τους για τελική διάθεση κ.ο.κ.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 456/2006	Κατάρτιση Εθνικού Σχεδίου δράσης και κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση και καταστροφή των πολυχλωριωμένων διφαινύλιων και τριφαινύλιων στην Κύπρο.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 282/2007	Καθορίζει τα κριτήρια και τις διαδικασίες αποδοχής των αποβλήτων στους ΧΥΤΑ και τη διαδικασία εφαρμογής για προσδιορισμό κατά πόσο είναι αποδεκτά τα απόβλητα στους ΧΥΤΑ.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 618/2007	Αφορά τροποποιήσεις οι οποίες θεσπίστηκαν για σκοπούς πληρέστερης εναρμόνισης με την Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 125/2009	Αφορά τις ηλεκτρικές στήλες ή συσσωρευτές και τα απόβλητα αυτών βάσει των τροποποιήσεων της Οδηγίας 2008/12/ΕΚ και της κατάρτησης της Οδηγίας 91/157/ΕΟΚ.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 378/2009	Τροποποιήσεις για τα ΑΗΗΕ, για σκοπούς εναρμόνισης με τον Κανονισμό αρ. 1013/2006 για τις μεταφορές αποβλήτων.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 61/2011	Αφορά τη διαχείριση ελαστικών αποβλήτων και ορίζει την ευθύνη του παραγωγού για ελαστικά όλων των τύπων και μεταχειρισμένα, που διατίθενται στην αγορά καθώς και τα συστήματα διαχείρισης τους.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 524/2011	Καταργητικοί Κανονισμοί του 2011, που αναφέρουν ότι οι περί στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων διαχείρισης χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων Κανονισμοί του 2002, καταργούνται.
Οι περί Αποβλήτων Κανονισμοί του 2014	Αφορούν τον περιορισμό χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό(ΗΗΕ), με σκοπό την περιβαλλοντικά ορθή ανάκτηση και διάθεση των ΑΗΗΕ.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 555/2014	Καθορίζει τέλη για τις περιπτώσεις εξέτασης αίτησης χορήγησης Άδειας Διαχείρισης Αποβλήτων (ΑΔΑ) για: συλλογή και μεταφορά αποβλήτων, επεξεργασία αποβλήτων, συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία αποβλήτων, μεσιτεία ή/και εμπορία αποβλήτων και οποιαδήποτε τροποποίηση αυτών.
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 24/2015	Διάταγμα βάσει του Κανονισμού 20 των περί Αποβλήτων Κανονισμών του 2014, αναφέροντας νέες εξαιρέσεις που προστίθενται στα Παραρτήματα III και IV των Κανονισμών του 2014 .
Διάταγμα Κ.Δ.Π. 73/2015	Κανονισμοί του 2015 περί ΑΗΗΕ, που συστάθηκαν με σκοπό την πρόληψη ή μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της παραγωγής και διαχείρισης ΑΗΗΕ.

2.1.3 Υποχρεώσεις που προκύπτουν από την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία

Η εναρμόνιση της κυπριακής νομοθεσίας με το ευρωπαϊκό κεκτημένο, οδηγεί σε υποχρεώσεις που προκύπτουν τόσο από την Ε.Ε. όσο και από την Κυπριακή Δημοκρατία, σε σχέση με τη διαχείριση των αποβλήτων. Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά στα βασικά νομοθετικά έγγραφα της Ε.Ε. τα οποία μεταφέρουν υποχρεώσεις στην κυπριακή δημοκρατία για τα στερεά απόβλητα και τη διαχείριση αυτών με έμφαση σε θέματα που άπτονται του περιεχομένου της παρούσας διατριβής, δηλαδή θέματα υγειονομικής ταφής αποβλήτων και ανάκτησης πόρων από αυτά μέσω διάφορων διεργασιών.

Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων, συστάθηκε προκειμένου να μειωθούν οι περιβαλλοντικές πιέσεις από τους ΧΤΑ, ιδιαίτερα οι εκπομπές μεθανίου και τα στραγγίσματα και απαιτεί όπως τα κράτη-μέλη μειώσουν τον όγκο των ΒΑΑ που οδηγούνται σε ταφή επί του ποσού που προκύπτει το 1995, σε 75%, έως το 2006, σε 50% μέχρι το 2009 και σε 35% έως το 2016 (ΕΕΑ, 2012). Τα κράτη-μέλη τα οποία το 1995 ή το τελευταίο προ του 1995 έτος για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία πραγματοποίησαν διάθεση άνω του 80% των ΑΣΑ σε ΧΥΤ μπορούν να αναβάλουν την επίτευξη των στόχων για περίοδο τεσσάρων ετών το πολύ, το οποίο καλύπτει και την Κύπρο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Οι στόχοι της Οδηγίας, ενσωματώθηκαν στο κυπριακό δίκαιο (Κ.Δ.Π.562/2003), και προσαρμόστηκαν, με νέες προθεσμίες. Συγκεκριμένα τα ΒΑΑ πρέπει να μειωθούν μέχρι τις 15/06/2010 στο 75%, μέχρι τις 15/06/2012 στο 50% και μέχρι τις 15/07/2016 στο 35% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας των ΒΑΑ που είχαν παραχθεί το 1995 ή τον τελευταίο προ του 1995 χρόνο για τον οποίο υπάρχουν διαθέσιμα τυποποιημένα στοιχεία της Eurostat (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Η εναπομείνουσα ποσότητα που δεν θα οδηγείται σε ΧΥΤΑ, θα πρέπει να τυγχάνει αξιοποίησης, μεταξύ αυτής και θερμικής αξιοποίησης, με τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Βάσει της εν λόγω Οδηγίας, υπήρξε καταδίκη για μη συμμόρφωση προς την κυπριακή δημοκρατία, σύμφωνα με την Απόφαση του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου, CELEX: 62012CJ0412, της 18/07/2013, κατά την οποία η κυπριακή δημοκρατία παρέλειψε να θέσει εκτός λειτουργίας όλες τις χωματερές (ΧΑΔΑ) στην επικράτειά της ή να διασφαλίσει ότι αυτές πληρούν τις απαιτήσεις της Οδηγίας.

Η Οδηγία 2008/98/EK περί Στερεών Αποβλήτων, ορίζει ότι για τη διευκόλυνση ή τη βελτίωση της ανάκτησης, τα απόβλητα θα συλλέγονται χωριστά και εάν είναι εφικτό από τεχνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής άποψης, δε θα αναμιγνύονται με άλλα απόβλητα ή με άλλα υλικά με διαφορετικές ιδιότητες καθώς επίσης ότι τα κράτη-μέλη θα εκπονήσουν, προγράμματα για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων το αργότερο μέχρι τις 12/12/2013, καθώς και ότι έως το 2015 η χωριστή συλλογή πρέπει να καθιερώνεται τουλάχιστον για τα ακόλουθα: χαρτί, μέταλλο, πλαστικό και γυαλί (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Συγκεκριμένα αναφέρονται οι ακόλουθοι στόχοι:

- Έως το 2020 η προετοιμασία για την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των υλικών αποβλήτων (π.χ. χαρτί, μέταλλο, πλαστικό και γυαλί), πρέπει να αυξηθεί κατά ελάχιστον στο 50% ως προς το συνολικό βάρος.
- Έως το 2020 η προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών, πρέπει να αυξηθεί κατά 70% τουλάχιστον ως προς το βάρος (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η ενσωμάτωση της Οδηγίας 2008/98/EK στο κυπριακό δίκαιο, έγινε με τον περί Αποβλήτων Νόμο Ν.185(I)/2011, ξεπερνώντας το χρονικό διάστημα που είχε τεθεί μέχρι το τέλος Δεκεμβρίου του 2010. Εκδόθηκαν όμως μέσω του προηγούμενου Νόμου 215(I)/2002 Κανονιστικές Διοικητικές Πράξεις σύμφωνα με τις οποίες ορίζονται χρονοδιαγράμματα και στόχοι με χρονική περίοδο εφαρμογής όσον αφορά συγκεκριμένα ρεύματα αποβλήτων και όρια επιτρεπόμενων ουσιών.

Η Οδηγία 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας καθώς και η Οδηγία 2004/12/EK που την τροποποιεί, καθορίζουν ποσοτικούς στόχους για την ανάκτηση και την ανακύκλωση διαφόρων υλικών συσκευασίας, με χρονοδιάγραμμα έως την 31/12/2008 ως ακολούθως: (α) ανάκτηση ή αποτέφρωση σε εγκαταστάσεις αποτεφρώσεως απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας 60% τουλάχιστον κατά βάρος των απορριμμάτων συσκευασίας και (β) ανακύκλωση μεταξύ 55-80%, κατά βάρος των απορριμμάτων συσκευασίας. Επιπλέον, τίθενται

επιμέρους στόχοι ανακύκλωσης κατά 60% κ.β. για το γυαλί, το χαρτί και το χαρτόνι, κατά 50% κ.β. για τα μέταλλα, κατά 22,5% κ.β. για τα πλαστικά και κατά 15% κ.β. για το ξύλο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Η ενσωμάτωση της Οδηγίας, στην Κύπρο, έγινε με το Νόμο 32(I)/2002, ο οποίος έθετε καθορισμένους μετρήσιμους στόχους για την ανάκτηση και την ανακύκλωση. Συγκεκριμένα, μέχρι την 31/12/2005, ανάκτηση του 50-65% του βάρους των αποβλήτων συσκευασίας και ανακύκλωση του 25-45% (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Οι στόχοι και το χρονοδιάγραμμα όμως αυτών αναθεωρήθηκαν κατόπιν συμφωνίας της Κυπριακής Δημοκρατίας και του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, βάσει της οποίας η τροποποιητική Οδηγία 2005/20/EK καθορίζει ως τελευταία ημερομηνία επίτευξης των πιο πάνω στόχων για την Κυπριακή Δημοκρατία τις 31/12/2012 (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η Οδηγία 2004/12/EK ενσωματώνεται στο κυπριακό θεσμικό πλαίσιο με τον Ν.48(I)/2006 όπου τίθενται στόχοι: (α) από την ημερομηνία έναρξης της ισχύος του Νόμου, ανάκτηση ή αποτέφρωση, σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων με ανάκτηση ενέργειας, μεταξύ 50-65% κ.β. των αποβλήτων συσκευασίας, (β) μέχρι την 31/12/2012, ανάκτηση ή αποτέφρωση, σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων με ανάκτηση ενέργειας, 60% ως ελάχιστο κ.β. των αποβλήτων συσκευασίας, (γ) από την ημερομηνία έναρξης ισχύος του Νόμου, ανακύκλωση μεταξύ 25-45% κ.β. του συνόλου των υλικών συσκευασίας που περιέχονται στα απόβλητα συσκευασίας με ελάχιστο ποσοστό 15%, κ.β., για κάθε υλικό συσκευασίας, (δ) μέχρι την 31/12/2012, ανακύκλωση 55-80% κ.β. των αποβλήτων συσκευασίας, (ε) μέχρι την 31/12/2012, επίτευξη των ακόλουθων ελάχιστων στόχων ανακύκλωσης για τα πιο πάνω αντίστοιχα υλικά, που περιέχονται σε απόβλητα συσκευασίας: 60% κ.β. για το γυαλί και το χαρτόνι, 50% κ.β. για τα μέταλλα, 22,5% κ.β. για τα πλαστικά και 15% κ.β., για το ξύλο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

2.1.4 Σχέδια διαχείρισης αποβλήτων της κυπριακής δημοκρατίας

Η πρώτη στρατηγική για τη διαχείριση των απορριμμάτων στην Κύπρο, συστάθηκε το 1993 και διήρκεσε μέχρι το 1999, κατά την οποία προτάθηκε η κατασκευή Χ.Υ.ΤΑ. Ακολούθησε το Στρατηγικό Σχέδιο του 2003 (έως το 2013), για τη Διαχείριση των Στερεών και Επικίνδυνων

Αποβλήτων, οι στόχοι του οποίου αποσκοπούσαν στην πλήρη υλοποίηση των προβλεπόμενων από την κυπριακή και κοινοτική νομοθεσία (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β). Περιλάμβανε μέτρα για την ολοκληρωμένη διαχείριση διαφόρων ρευμάτων αποβλήτων και μεταξύ άλλων, προέβλεπε, την κατασκευή τεσσάρων νέων ΧΥΤ, ανάγκη η οποία προέκυψε από τον προηγούμενο σχεδιασμό, για την αντικατάσταση των περίπου 100 τότε Χ.Α.Δ.Α. μέχρι το έτος 2009 (European Commission, 2007). Επίσης αναφερόταν στην ανάγκη κατασκευής έργων και εγκαταστάσεων για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων στην Κύπρο, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Απαιτούμενα έργα/εγκαταστάσεις για τη διαχείριση των αποβλήτων με βάση το Στρατηγικό Σχέδιο του 2003 (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β)

Προτεινόμενο έργο/εγκατάσταση	Προτεινόμενη τοποθεσία
Δύο μονάδες ανακύκλωσης	Μια (1) στην επαρχία Λευκωσίας και μία (1) στην επαρχία Λεμεσού (ή εναλλακτικά στην περιοχή επαρχίας Λάρνακας και ελεύθερης Αμμοχώστου)
Δύο μονάδες επεξεργασίας οργανικού υλικού	Συμπληρωματικές μονάδες των δύο (2) μονάδων μηχανικής ανακύκλωσης
Μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας με παράλληλη ανάκτηση ενέργειας	Στο χώρο που θα λειτουργήσει το κέντρο διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων
Τέσσερις χώροι υγειονομικής ταφής αποβλήτων	Ένας (1) στην επαρχία Λευκωσίας, ένας (1) στην επαρχία Λεμεσού, ένας (1) στην επαρχία Πάφου και ένας (1) στην επαρχία Λάρνακας και ελεύθερης Αμμοχώστου
Ένα κέντρο διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων	Απαιτείται μελέτη χωροθέτησης
Ένας χώρος υγειονομικής ταφής επικίνδυνων αποβλήτων	Πλησίον του κέντρου διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων
Ένα κέντρο ανακύκλωσης παλαιών ελαστικών	Απαιτείται μελέτη χωροθέτησης και βιωσιμότητας
Ένας χώρος υγειονομικής ταφής αδρανών υλικών	Απαιτείται μελέτη χωροθέτησης
Μία μονάδα ανάκτησης ηλεκτρικών στήλων και συσσωρευτών	Απαιτούνται μελέτες χωροθέτησης και βιωσιμότητας
Μία μονάδα διαχείρισης PCBs	Απαιτούνται μελέτες χωροθέτησης και βιωσιμότητας

Η εφαρμογή του Στρατηγική Σχεδίου του 2003, υπήρξε στην αρμοδιότητα του Υπουργείου Εσωτερικών, το οποίο, σε γενικές γραμμές είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των δημοτικών μη-επικίνδυνων στερεών αποβλήτων, περιλαμβανομένης της διαμόρφωσης και της εφαρμογής της στρατηγικής για τη διαχείριση των αποβλήτων, ενώ το Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος (Τμήμα Περιβάλλοντος), είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση των

περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις εργασίες διάθεσης των αποβλήτων και για την έκδοση αδειών για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων (European Commission, 2007). Επίσης το Υπουργείο Εσωτερικών είναι υπεύθυνο για τον εντοπισμό, τη διαχείριση και την αποκατάσταση των παράνομων χωματερών (European Commission, 2007). Στα πλαίσια του Στρατηγικού Σχεδίου του 2003, το Υπουργείο Εσωτερικών, προχώρησε στην υλοποίηση και προγραμματισμό κάποιων από προβλεπόμενων έργων, τα οποία εμφανίζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Υλοποίηση και προγραμματισμός έργων διαχείρισης αποβλήτων βάσει Στρατηγικού Σχεδίου 2003, ανά Επαρχία (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β)

Επαρχία	Έργο	Υλοποίηση / Προγραμματισμός	Περιγραφή
Πάφος	ΧΥΤΑ Πάφου (Μαραθούντα)	Υλοποιήθηκε (2005)	Δέχεται καθημερινά όλα τα σκύβαλα της επαρχίας Πάφου, καλύπτοντας τις ανάγκες διαχείρισης των ΑΣΑ.
	Διαμετακομιστικός σταθμός (Κοινότητα Χρυσοχούς)	Υλοποιήθηκε (2005)	
	Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας	Υλοποιήθηκε	Επεξεργάζεται τα στραγγίσματα από τα στεγανοποιημένα κύτταρα αλλά και τα υγρά απόβλητα και βοθρολύματα που δεν μπορεί να δεχθεί ο βιολογικός σταθμός του Συμβουλίου Αποχετεύσεων Πάφου.
Λάρνακα / Αμμόχωστος	Ολοκληρωμένη Εγκατάσταση Διαχείρισης Αποβλήτων (ΟΕΔΑ Κόστης)	Υλοποιήθηκε (2010)	
	Διαμετακομιστικός σταθμός (Κοινότητα Σκαρίνου)	Υλοποιήθηκε	
	Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων (Κοινότητα Σκαρίνου)	Υλοποιήθηκε	
	Συλλογικό σύστημα διαλογής στην πηγή (ΔσΠ)	Υλοποιήθηκε	Ανάκτηση προς ανακύκλωση σημαντικού μέρους αποβλήτων συσκευασίας γυαλιού, χαρτιού, μετάλλων, πλαστικού και ξύλου
Λευκωσία	Μονάδα Ολοκληρωμένης Εγκατάστασης Διαχείρισης Αποβλήτων (ΟΕΔΑ)	Προγραμματίζεται	Θα περιλαμβάνει μονάδα μηχανικής επεξεργασίας (ανάκτηση ανακυκλώσιμων) και βιοξήρανση (παραγωγή SRF).
	Διαμετακομιστικός σταθμός	Προγραμματίζεται	
Λεμεσός	Μονάδα Ολοκληρωμένης Εγκατάστασης Διαχείρισης Αποβλήτων (ΟΕΔΑ)	Υπό κατασκευή (2017)	Θα περιλαμβάνει μονάδα μηχανικής προεπεξεργασίας (ανάκτηση ανακυκλώσιμων) και βιοξήρανση (παραγωγή SRF).
	Δύο διαμετακομιστικοί σταθμοί	Προγραμματίζεται	

	Μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης	Προγραμματίζεται	Θα δέχεται δευτερογενή καύσιμα από όλες τις επαρχίες καθώς και άλλα προϊόντα επεξεργασίας (π.χ. κομπόστ).
Κύπρος	Πράσινα Σημεία	Προγραμματίζεται	Για τα ρεύματα των αποβλήτων τα οποία δε θα μπορούν να διατεθούν στις μονάδες Ο.Ε.Δ.Α.

Με την εξέλιξη της ευρωπαϊκής νομοθεσίας από το 2003, έτος το οποίο συστάθηκε το Στρατηγικό Σχέδιο για τη Διαχείριση των Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων στην Κύπρο, η αρμόδια αρχή λαμβάνοντας υπόψη τις νέες υποχρεώσεις που απέρρεαν από τη νέα ευρωπαϊκή νομοθεσία, προχώρησε στην εκπόνηση ενός νέου σχεδίου για τη Διαχείριση των Οικιακών και Παρόμοιου Τύπου Αποβλήτων του 2013. Αντικείμενο του νέου Σχεδίου, αποτελούν τα οικιακού τύπου απόβλητα και γενικός στόχος, η ορθολογική διαχείριση τους με παράλληλη επίτευξη των στόχων που απορρέουν από την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία. Οι κύριοι ποιοτικοί στόχοι σύμφωνα με τους οποίους συντάχθηκε το σχέδιο, περιλαμβάνουν την εναρμόνιση με τις αρχές βιώσιμης ανάπτυξης, την εναρμόνιση με τις απαιτήσεις της κοινοτικής και κυπριακής νομοθεσίας σε σχέση με τη διαχείριση αποβλήτων, τη συμβολή στους στόχους που απορρέουν από την πολιτική της Ε.Ε. και της Κυπριακής δημοκρατίας (μείωση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση, εκτροπή από την ταφή), την προστασία του περιβάλλοντος (μείωση ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων, εκτροπή αποβλήτων από την ταφή, μαζική επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση και ανακύκλωση αντικειμένων και υλικών), τη διαμόρφωση νέας προσέγγισης ως προς το τι είναι και τι δεν είναι απόβλητο, τη μείωση της εύκολης τάσης για απόρριψη χρήσιμων αντικειμένων και υλικών (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β).

Ακολούθως το Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, προχώρησε στην ετοιμασία της αναθεωρημένης Στρατηγικής Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων (ΣΔΔΑ) 2015-2021 για την ικανοποίηση των προνοιών του βασικού Νόμου που διέπει την διαχείριση αποβλήτων στην Κύπρο, των περί Αποβλήτων Νόμο 185(Ι)/2011 που εναρμονίζει την Οδηγία 2008/98/EC και τις ευρωπαϊκές υποχρεώσεις της Κύπρου. Κύριος σκοπός της Εθνικής Στρατηγικής 2015-2021 είναι ο καθορισμός του πλαισίου, των δράσεων, των μέτρων, των προϋποθέσεων αλλά και των διαδικασιών που πρέπει να ακολουθηθούν την επόμενη εξαετία για τη διαχείριση των δημοτικών αποβλήτων. Η ΣΔΔΑ επικεντρώνεται στη διαχείριση των

δημοτικών αποβλήτων περιγράφοντας και αναλύοντας την υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων, την αξιολόγηση της μελλοντικής τάσης παραγωγής αποβλήτων, τους ποσοτικούς και ποιοτικούς στόχους, την αξιολόγηση νέων αναγκών σε υποδομές, μέτρα και έργα που προβλέπονται με καθορισμό συγκεκριμένων χρονοδιαγραμμάτων. Μεταξύ άλλων μέτρων που περιγράφονται ως προτεραιότητα στην ΣΔΔΑ, είναι και το κλείσιμο και η αποκατάσταση των ΧΑΔΑ των επαρχιών Λευκωσίας και Λεμεσού με αρμόδια αρχή το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων.

2.2 Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (Χ.Α.Δ.Α.)

Οι Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (Χ.Α.Δ.Α.) ή αλλιώς χωματερές, καθορίζονται μέσα από την ευρωπαϊκή Οδηγία 75/442/ΕΟΚ, ως χώροι όπου γίνεται απόθεση αποβλήτων επί ή εντός του εδάφους (υπογείως), συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών χώρων διάθεσης (π.χ. χώροι όπου ένας παραγωγός αποβλήτων πραγματοποιεί τη διάθεση τους στον τόπο παραγωγής) και μόνιμων χώρων (π.χ. λειτουργίας πέραν του ενός έτους) οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση των αποβλήτων. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η ανεξέλεγκτη απόρριψη στερεών αποβλήτων και η λειτουργία χωρίς προδιαγραφές υγειονομικής διάθεσης των αποβλήτων με πολλαπλές συνέπειες και στους τρεις άξονες της αειφορίας (περιβάλλον, κοινωνία και οικονομία). Η πιο σημαντική από όλες τις απειλές που εκπέμπει η λειτουργία των Χ.Α.Δ.Α. είναι η περιβαλλοντική απειλή, το μέγεθος της οποίας μπορεί να αντικατοπτριστεί μέσα από τις αναφορές σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Συγκεκριμένα, στα κράτη-μέλη της Ε.Ε. έχουν αναφερθεί περισσότερες από 3.300 χωματερές, οι οποίες έχουν κλείσει τα έτη 2004-2006, ωστόσο αναφέρεται ένας μεγάλος αριθμός χώρων απόρριψης οι οποίοι δε συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της Ε.Ε. για χώρους υγειονομικής ταφής (δημιουργήθηκαν χωρίς κατάλληλα μέτρα για μείωση των πιθανών αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων) και συνεπώς πρέπει να κλείσουν ή να αναβαθμιστούν, έτσι ώστε να συμμορφώνονται με τις ελάχιστες απαιτήσεις της Οδηγίας για την υγειονομική ταφή της Ε.Ε. (EEA,2012).

2.2.1 Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (Χ.Α.Δ.Α.) στην Κύπρο

Η Κύπρος, κράτος-μέλος της Ε.Ε, αποτελεί το χώρο αναφοράς της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Είναι νησί της Μεσόγειου θάλασσας, έκτασης 9.251 τετραγωνικών χιλιομέτρων και πληθυσμού περίπου ενός εκατομμυρίου κατοίκων. Η βόρεια πλευρά του νησιού, βρίσκεται εκτός του ελέγχου της κυπριακής κυβέρνησης λόγω τουρκικής κατοχής από το 1974 και το σύνολο της Κύπρου χωρίζεται διοικητικά και γεωγραφικά σε έξι επαρχίες (Λευκωσία, Λεμεσός, Λάρνακα, Αμμόχωστος, Πάφος και Κερύνεια) από τις οποίες η Κερύνεια, βρίσκεται στο εκτός ελέγχου έδαφος και η Λευκωσία και η Αμμόχωστος εν μέρει (βλ. Χάρτη 2.1). Στην Κύπρο τα οικιακά στερεά απόβλητα συλλέγονται με ευθύνη των Τοπικών Αρχών και η απόρριψη τους γίνεται σε τοποθεσίες διάφορου βαθμού περιβαλλοντικής επιδεκτικότητας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010), ενώ η διάθεση των αποβλήτων σε μη εξουσιοδοτημένους χώρους, είναι παράνομη, σύμφωνα με το Νόμο περί διαχείρισης των στερεών και επικίνδυνων αποβλήτων. Η επιβολή του Νόμου είναι ευθύνη του Υπουργείου Εσωτερικών και του Τομέα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, ο οποίος εμπίπτει στο Τμήμα Περιβάλλοντος και είναι υπεύθυνος για την επιβολή και παρακολούθηση όλης της νομοθεσίας περί διαχείρισης αποβλήτων (European Commission, 2007).



Χάρτης 2.1: Διοικητική υποδιαίρεση Κύπρου (Wikipedia)

Για τους Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο, δεν υπάρχει τυποποιημένη διαδικασία εφαρμογής για την αναγνώριση τους, ωστόσο αναγνωρίζοντας την ύπαρξη και το πρόβλημα των παράνομων αυτών χώρων, το 2004, το Υπουργείο Εσωτερικών, εκπόνησε ειδική μελέτη, εντοπίζοντας συνολικά 113 παράνομες χωματερές σε όλη την περιοχή της υπό ελέγχου επικράτειας της κυπριακής δημοκρατίας, από τους οποίους οι 51 βρίσκονταν σε λειτουργία οι οποίοι παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4, ενώ οι υπόλοιποι δεν λειτουργούσαν, αν και δεν υπήρξε επίσημο κλείσιμο ή αποκατάσταση τους. Οι Χ.Α.Δ.Α. που καταγράφηκαν, δε χρησιμοποιούσαν οποιαδήποτε περιβαλλοντική τακτική υποδομών προστασίας όπως αυτές προβλέπονται από την Ε.Ε. (προδιαγραφές βάσει της Οδηγίας 99/31/ΕΚ για την υγειονομική ταφή απορριμμάτων) (European Commission, 2007). Λόγω αυτού και της παρατεταμένης λειτουργίας τους, οι Χ.Α.Δ.Α. οδήγησαν σε σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τόσο στο φυσικό όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Σημειώνεται ότι ο χώροι αυτοί ήταν επιλεγμένοι από τις τοπικές αρχές ως χώροι διάθεσης αποβλήτων (βιομηχανικά και οικιακά), οι οποίες επιδέχονταν μικτά απόβλητα (βιομηχανικά και οικιακά), με συνολική έκταση 382 στρεμμάτων και 4,5 εκατομμύρια τόνους αποβλήτων (European Commission, 2007).

Πίνακας 2.4: Απογραφή υπό λειτουργία Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο από μελέτη του 2004 (European Commission, 2007)

Επαρχία	Πλήρης λειτουργία	Υπολειτουργία
Λευκωσία	6	4
Λεμεσός	10	7
Λάρνακας	5	1
Αμμόχωστος	3	0
Πάφος	15	0
ΣΥΝΟΛΟ	39	12

Οι Χ.Α.Δ.Α. στη μελέτη, χαρακτηρίστηκαν ως χώροι αυξημένης επικινδυνότητας και για το λόγο αυτό, το Υπουργείο Εσωτερικών, προχώρησε στην ετοιμασία Στρατηγικού Σχεδίου για το σταδιακό τερματισμό της χρήσης, την αποκατάσταση και την μετέπειτα φροντίδα αυτών (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β). Βάσει του Σχεδίου, με τη λειτουργία του Χ.Υ.Τ.Α. στην Πάφο (Μαραθούντα) και της εγκατάστασης Ο.Ε.Δ.Α. στις επαρχίες Λάρνακας/Αμμοχώστου, η

λειτουργία των Χ.Α.Δ.Α. θα τερματιζόταν οριστικά για τις τρεις επαρχίες με έργα αποκατάστασης και μετέπειτα φροντίδας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Έτσι, προγραμματίστηκε η αποκατάσταση των Χ.Α.Δ.Α.

Στην επαρχία Λάρνακας/Αμμοχώστου υπήρχαν 15 Χ.Α.Δ.Α., οι οποίοι σταμάτησαν να λειτουργούν μέχρι το 2010, με την έναρξη της λειτουργίας της εγκατάστασης Ο.Ε.Δ.Α. στην κοινότητα Κόσης (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011) και η ολοκλήρωση των έργων αποκατάστασης τους ολοκληρώθηκε το 2014-2015 από το Υπουργείο Εσωτερικών, όπως καταγράφονται στον Πίνακα 2.5. Οι Χ.Α.Δ.Α. ομαδοποιήθηκαν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, όσον αφορά τα έργα εξυγίανσης και αποκατάστασης αυτών, βάσει των παραγόντων: (α) βαθμός επικινδυνότητας χώρων (β) έκταση του προς αποκατάσταση χώρου – έκταση καλυμμένη με απορρίμματα, (γ) ποσότητα αποβλήτων που έχει διατεθεί σε κάθε χώρο και (δ) κόστος έργων εξυγίανσης – αποκατάστασης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Η Κατηγορία Α αφορούσε 2 ΧΑΔΑ, στους οποίους υλοποιήθηκαν έργα εξυγίανσης και μεταφοράς αποθέσεων σε ένα μεγαλύτερο χώρο (Χ.Α.Δ.Α.), με χωματουργικές εργασίες συλλογής και μεταφοράς απορριμμάτων καθώς και κάλυψης με υγιές έδαφος, είτε λόγω της μικρής έκτασης που καταλαμβάνουν είτε/και του μικρού όγκου των υφιστάμενων απορριμματικών αποθέσεων (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Στην Κατηγορία Β εντάχθηκαν οι υπόλοιποι χώροι, στους οποίους έγιναν έργα εξυγίανσης και αποκατάστασης επιτόπου, δηλαδή τόσο έργα διαμόρφωσης απορριμματικού ανάγλυφου, όσο και έργα τελικής κάλυψης και φύτευσης, λόγω της μεγάλης έκτασης και του μεγάλου όγκου των υφιστάμενων απορριμματικών αποθέσεων (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010).

Πίνακας 2.5: Χ.Α.Δ.Α. επαρχιών Λάρνακας - Αμμοχώστου που καταγράφηκαν στη μελέτη του 2004 (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010; Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011)

Α/Α	ΔΗΜΟΣ/ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)*	ΈΤΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ
1	Τερσεφάνου	1.661.650	183	1978	Γεωργική ζώνη
2	Δρομολαξία	600.000	100	1975-1977	Ζώνη προστασίας
3	Αγία Νάπα	451.000	95	1990	Ζώνη προστασίας
4	Παραλίμνι	300.000	94	1991	Ύπαιθρος
5	Φρέναρους	200.000	41	1980	Γεωργική ζώνη
6	Κελλιά	148.000	73	1995	Γεωργική ζώνη
7	Μαρί	130.000	48,5	2000	Ζώνη κτηνοτροφίας

8	Ξυλοφάγου	100.000	34,5	1985-1990	Βρετανικές Βάσεις
9	Βορόκληνη	76.000	20	1978	Ζώνη κτηνοτροφίας
10	Αβδελλερό	55.000	9,5	1985	Γεωργική ζώνη
11	Κόρνος	31.000	15,5	1980	Ζώνη προστασίας
12	Πάνω Λεύκαρα	25.500	15	1975-1980	Ύπαιθρος
13	Αλαμινός	24.200	4	1990	Ζώνη κτηνοτροφίας
14	Κοφίνου	18.000	9	1990	Γεωργική ζώνη
15	Μαρώνι	5.300	4,5	1990	Γεωργική ζώνη
16	Κιβισίλι	4.130	6	1975	Ζώνη κτηνοτροφίας

Στην επαρχία Πάφου η αποκατάσταση αφορούσε συνολικά 37 Χ.Α.Δ.Α., οι οποίοι αναφέρονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.6. Χαρακτηριστικό τους υπήρξε η σημαντική διατάραξη των οικοτόπων και η χωροθέτηση ορισμένων εντός περιοχών προστασίας, καθώς επίσης και σε απότομες πλαγιές (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011β). Το κλείσιμο τους επήλθε με την κατασκευή του ΧΥΤΑ Πάφου το 2005 και την κάλυψη τους με νέο έδαφος, ενώ σημαντικός αριθμός χώρων συνέχισε να χρησιμοποιείται κατά περίπτωση για την απόθεση αδρανών υλικών, ηλεκτρικών συσκευών, παλαιών οχημάτων κ.α. (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011β). Τα έργα εξυγίανσης και αποκατάστασης τους, αξιολογήθηκαν μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης, η οποία έλαβε υπόψη τον βαθμό επικινδυνότητας αυτών περιλαμβανομένου παραγόντων όπως ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων και ευαισθησία της ευρύτερης περιοχής σε επιβαρύνσεις και ομαδοποίησε τους ΧΑΔΑ σε τρεις κατηγορίες. Στην Κατηγορία I, εντάχθηκαν 2 ΧΑΔΑ στους οποίους παρέμειναν τα υφιστάμενα απόβλητα και έγινε μεταφορά σε αυτούς αποβλήτων από άλλους ΧΑΔΑ, πριν τα έργα αποκατάστασης τους. Στην Κατηγορία II, εντάχθηκαν 11 ΧΑΔΑ, στους οποίους παρέμειναν τα υφιστάμενα απόβλητα και έγιναν στη συνέχεια έργα αποκατάστασης τους. Στην Κατηγορία III, εντάχθηκαν 24 ΧΑΔΑ των οποίων τα απόβλητα συλλέχθηκαν και μεταφέρθηκαν στους ΧΑΔΑ της Κατηγορίας I (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011β).

Πίνακας 2.6: Χ.Α.Δ.Α. επαρχίας Πάφου που καταγράφηκαν στη μελέτη του 2004 (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011β; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β)

Α/Α	ΔΗΜΟΣ/ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ (m ²)	ΈΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙ ΑΣ	ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΗ ΖΩΝΗ
1	Νέο Χωριό	17.090,88	1980-2003	Ζώνη Προστασίας
2	Χόλι	793,04	1990-2007	Γεωργική Ζώνη
3	Φιλούσα Χρυσοχούς	1.054,51	1999-2007	Γεωργική Ζώνη
4	Ζαχαρίας	908,12	1998-2007	Γεωργική Ζώνη
5	Δρυνιά	405,24	2001-2004	Γεωργική Ζώνη
6	Ασπρογιά	122,12	1992-2005	Γεωργική Ζώνη
7	Ακουρσός	4.673,11	1990-2007	Γεωργική Ζώνη
8	Κάθηκας	837,91	200-2007	Ζώνη Προστασίας
9	Τέρρα	2.941,82	1996-2007	Γεωργική Ζώνη
10	Πόλις Χρυσοχούς	3.017,23	1975-2000	Αγροτική Ζώνη
11	Κινούσα	576,40	2000-2007	Γεωργική Ζώνη
12	Παναγιά	684,09	1965-2007	Γεωργική Ζώνη
13	Αναδιού	1.518,45	2001-2007	Γεωργική Ζώνη
14	Φοίτη	3.272,05	1995-2003	Γεωργική Ζώνη
15	Πολέμι	4.342,58	1990-2007	Γεωργική Ζώνη
16	Αμαργέτη	927,29	1990-2007	Γεωργική Ζώνη
17	Αγ. Μαρίνα Κελοκεδάρων	1.733,00	1980-2003	Γεωργική Ζώνη (εφάπτεται σε οικιστική και ζώνη προστασίας)
18	Πενταλιά	1.294,73	1995-2003	Γεωργική Ζώνη
19	Γαλαταριά	2.457,10	1985-2003	Γεωργική Ζώνη
20	Χολέτρια	2.020,72	1990-2004	Γεωργική Ζώνη
21	Κελοκέδαρα	1.620,37	1970-2003	Γεωργική Ζώνη (εφάπτεται σε οικιστική και ζώνη προστασίας)
22	Κελοκέδαρα	415,50	1970-2003	Γεωργική Ζώνη (εφάπτεται σε οικιστική και ζώνη προστασίας)
23	Σαλαμιού	1.998,15	1984-2007	Γεωργική Ζώνη
24	Αγ. Ιωάννης	915,67	1980-2002	Ζώνη Προστασίας
25	Αγ. Γεώργιος	304,78	1998-2004	Γεωργική Ζώνη
26	Τραχυπέδουλα	2.647,32	2001-2004	Γεωργική Ζώνη
27	Κέδαρες	906,41	1990-2003	Γεωργική Ζώνη
28	Πραιτώρι	1.889,47	1994-2007	Γεωργική Ζώνη
29	Αγ. Νικόλαος	811,21	1998-2007	Γεωργική Ζώνη
30	Αγ. Μαρτινούδα	64.306,25	1983-2005	Αγροτική Ζώνη
31	Σουσκιού	926,23	1985-2002	Γεωργική Ζώνη
32	Κούκλια	3.232,08	1987-2002	Γεωργική Ζώνη
33	Αρχιμανδρίτα	512,98	1999-2007	Γεωργική Ζώνη (εφάπτεται σε ζώνη προστασίας)
34	Φάλειας	1.672,18	1993-2003	Γεωργική Ζώνη
35	Πωμός	146,77	1992-2004	Ζώνη Προστασίας
36	Αγ. Μαρίνα Χρυσοχούς	515,93	1985-2003	Ζώνη Προστασίας
37	Λυσός	380,26	1995-2004	Γεωργική Ζώνη

Οι 42 ΧΑΔΑ της επαρχίας Λεμεσού (Πίνακας 2.8) και οι 19 ΧΑΔΑ της επαρχίας Λευκωσίας (Πίνακας 2.7), τέθηκαν εκτός λειτουργίας το 2012, εκτός από τους δύο μεγαλύτερους ΧΑΔΑ, στο Βατί και στον Κοτσιάτη οι οποίοι εξακολουθούν να λειτουργούν, για σκοπούς εξυπηρέτησης των δύο επαρχιών, μέχρι τη λειτουργία των επαρχιακών μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων. Η αποκατάσταση των ανενεργών ΧΑΔΑ, είναι υποχρέωση της Κύπρου βάσει των δεσμεύσεων της προς την Ε.Ε., ενώ το κλείσιμο των δύο ενεργών ΧΑΔΑ αποτελεί έργο υψίστης προτεραιότητας για την κυπριακή δημοκρατία, ένεκα της καταδίκης της για μη συμμόρφωση βάσει των απαιτήσεων της Οδηγίας 1999/31/ΕΚ. Οι Χ.Α.Δ.Α. στις τοποθεσίες Κοτσιάτη και Βατί αφορούν ημι-ελεγχόμενους χώρους διάθεσης και είναι οι μεγαλύτεροι Χ.Α.Δ.Α. των δύο επαρχιών αντίστοιχα (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011).

Πίνακας 2.7: Χ.Α.Δ.Α επαρχίας Λευκωσίας

A/A	ΔΗΜΟΣ/ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΙΚΟΥ (στρέμματα)	ΈΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
1	Πέρα Ορεινής	1,70	5	Ανεργός
2	Αρεδιού	9,50	5	Ανεργός
3	Βυζακιά	0,10	10	Ανεργός
4	Νικητάρι	2,60	27	Ανεργός
5	Φτερικούδι	0,20	7	Ανεργός
6	Αγίοι Τριμιθιάς	6,70	7	Ανεργός
7	Κάμπος	0,23	26	Ανεργός
8	Περιστερώνα	0,60	22	Ανεργός
9	Φαρμακάς	0,50	22	Ανεργός
10	Ποτάμι	0,73	28	Ανεργός
11	Αγροκηπικά	0,36	25	Ανεργός
12	Μιτσερό	2,30	20	Ανεργός
13	Άλωνα	0,43	15	Ανεργός
14	Πεδουλάς	6,30	25	Ανεργός
15	Ορούντα	0,95	20	Ανεργός
16	Κάμπος	0,35	35	Ανεργός
17	Καπέδες	0,50	8	Ανεργός
18	Παλιομέτοχο	40,0	23	Ανεργός
19	Ατσάς	27,0	32	Ανεργός
20	Κοτσιάτης	765,8	35	Ενεργός

Πίνακας 2.8: Χ.Α.Δ.Α επαρχίας Λεμεσού

A/A	ΔΗΜΟΣ/ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΙΚΟΥ (στρέμματα)	ΈΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
1	Αρμενοχώρι	3,24	19	Ανεργός
2	Επισκοπή	6,00	10	Ανεργός
3	Πρόδρομος	0,60	40	Ανεργός
4	Μουταγιάκα	4,00	17	Ανεργός
5	Λεμίθου	0,80	5	Ανεργός
6	Άγιος Κωνσταντίνος	0,20	23	Ανεργός
7	Πεντάκωμο	0,89	12	Ανεργός
8	Όμοδος	1,00	12	Ανεργός
9	Άγιος Θεόδωρος	0,45	27	Ανεργός
10	Ανώγυρα	0,40	12	Ανεργός
11	Άγιος Θεράπων	0,16	7	Ανεργός
12	Προάστιο Αυδήμου	0,75	9	Ανεργός
13	Άγιος Τύχωνας	2,00	22	Ανεργός
14	Άγιος Ιωάννης	0,50	33	Ανεργός
15	Καντού	8,15	18	Ανεργός
16	Λουβαράς	0,51	11	Ανεργός
17	Ακρωτήρι	1,50	3	Ανεργός
18	Σωτήρα	2,60	13	Ανεργός
19	Προάστιο Κελλακίου	0,20	14	Ανεργός
20	Ασγάτα	2,00	29	Ανεργός
21	Άρσος	3,43	30	Ανεργός
22	Χανδριά	0,25	10	Ανεργός
23	Μοναγρούλι	1,10	20	Ανεργός
24	Καλό Χωριό	1,00	10	Ανεργός
25	Κελλάκι	0,60	15	Ανεργός
26	Συκόπετρα	0,20	25	Ανεργός
27	Επταγωνιά	1,50	12	Ανεργός
28	Αψιού	0,32	15	Ανεργός
29	Αρακαπάς	0,70	10	Ανεργός
30	Αγρίδια	0,34	10	Ανεργός
31	Διερώνα	2,30	5	Ανεργός
32	Τρεις Ελιές	0,35	10	Ανεργός
33	Κυπερούντα	3,00	21	Ανεργός
34	Αγρός	1,10	30	Ανεργός
35	Κιβίδες	1,30	40	Ανεργός
36	Πάχνα	3,40	30	Ανεργός
37	Βάσα Κοιλανίου	0,95	30	Ανεργός
38	Άγιος Αμβρόσιος	0,70	25	Ανεργός
39	Δώρα	0,15	20	Ανεργός
40	Βουνί	2,20	16	Ανεργός
41	Μάλια	0,10	40	Ανεργός
42	Πισσούρι	4,00	17	Ανεργός
43	Δύμες	24,58	23	Ανεργός
44	Βατί	590,00	35	Ενεργός,

2.2.2 Επιπτώσεις από τη λειτουργία των Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο

Βάσει του Υπουργείου Εσωτερικών, υπεύθυνου για τα θέματα διαχείρισης αποβλήτων στην Κύπρο, «κάθε ρυπασμένος χώρος αποτελεί εν δυνάμει κίνδυνο πρόκλησης περιβαλλοντικής υποβάθμισης στους διάφορους αποδέκτες της ρύπανσης, οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον αναδεικνύονται όμως στο σύνολο τους, μόνο όταν λειτουργεί συνολικά ο μηχανισμός της ρύπανσης: πηγή ρύπανσης – μονοπάτι – αποδέκτης της ρύπανσης». Έτσι οι αρνητικές επιπτώσεις από τη λειτουργία ενός Χ.Α.Δ.Α. αρχίζουν να εμφανίζονται όταν υπάρχει, μέσω ενός μονοπατιού, άμεση επαφή μεταξύ του ρυπαντικού φορτίου το οποίο προέρχεται από την εκάστοτε πηγή ρύπανσης και του τελικού αποδέκτη (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Οι μελέτες αποκατάστασης των ΧΑΔΑ στις επαρχίες Λάρνακας-Αμμοχώστου και Πάφου, εκτόνησαν εκτιμήσεις επικινδυνότητας, από τις οποίες προκύπτει ο βαθμός των επιπτώσεων στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία από τη λειτουργία των ΧΑΔΑ στην Κύπρο. Σαφέστατα, τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων ήταν διαφοροποιημένα ανάμεσα στους Χ.Α.Δ.Α. των τριών επαρχιών, με αποκλίσεις που οφείλονται σε πολλαπλές συνιστώσες, όπως, τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, τα έτη λειτουργίας, η έκταση του απορριμματικού όγκου, ο τρόπος διάθεσης των αποβλήτων, τα γεωλογικά, υδρολογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και την περιβαλλοντική ευαισθησία της ευρύτερης περιοχής (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Ωστόσο κοινή αποδοχή αποτελεί ότι η ύπαρξη των Χ.Α.Δ.Α. είχε ως αποτέλεσμα τεράστιες περιβαλλοντικές, χωροταξικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, οι οποίες αναλύονται εκτενέστερα στις Ενότητες που ακολουθούν και αφορούν:

- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Ρύπανση υπογείων και επιφανειακών υδάτων
- Ρύπανση του εδάφους
- Υποβάθμιση χλωρίδας, πανίδας και γενικότερα οικοτόπων
- Δημιουργία οσμών
- Όχληση δραστηριοτήτων (γεωργία, κτηνοτροφία κλπ)
- Αισθητική όχληση
- Κίνδυνος εκδηλώσεων πυρκαγιών

- Κίνδυνος επιβολής προστίμων, μη τήρηση ισχύουσας νομοθεσίας κλπ (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010).

2.2.2.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι διεθνείς μελέτες καθώς και οι μελέτες εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν εκπονηθεί για τους υπό αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου, στην Κύπρο, παρουσιάζουν μια γενική εκτίμηση του επιπέδου των επιπτώσεων στο περιβάλλον σε περίπτωση μη υλοποίησης των έργων αποκατάστασης και εξυγίανσης, τα οποία παρατίθενται στον Πίνακα 2.9, ενώ πιο κάτω αναφέρονται οι πιο σημαντικές περιβαλλοντικές ανησυχίες οι οποίες συγκεντρώνονται στα ακόλουθα ευρήματα:

(α) *Ρύπανση υδάτων και εδάφους:* Το αίτιο ρύπανσης είναι η απελευθέρωση υγρών στραγγισμάτων στο έδαφος και στα ύδατα, τα οποία παράγονται στους χώρους απόρριψης (European Commission, 2000), μέσω της διαδικασίας της ισόθερμης προσρόφησης (πρόσδεση μιας ουσίας σε ένα στερεό συστατικό στο έδαφος και περιλαμβάνει διαδικασίες απορρόφησης και προσρόφησης). Τα στραγγίσματα αυτά αποτελούν σημαντική απειλή για το περιβάλλον διότι περιέχουν μολυσματικά ή/και τοξικά συστατικά και οι σχετικές μελέτες εντόπισαν αυξημένα επίπεδα ρύπων στο έδαφος, ιδιαίτερα βαρέων μετάλλων (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β). Εντούτοις η ρύπανση των εδαφών, δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερα σημαντική και περιορίζεται κοντά στις χωματερές, ενώ έχουν εντοπιστεί σημαντικοί υδάτινοι πόροι οι οποίοι επηρεάζονται ή έχουν επηρεαστεί από την παρουσία των Χ.Α.Δ.Α. (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).

(β) *Υπόγεια μεταφορά αερίων ταφής αποβλήτων:* Η έλλειψη συστημάτων στεγάνωσης του πυθμένα και των πρανών, οδηγεί σε υπόγεια μετανάστευση των αερίων (μεθάνιο και βιοαέριο), η οποία σε συνδυασμό με τα κατά τόπους γεωλογικά χαρακτηριστικά, μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στα υπόγεια ύδατα αλλά επίσης μπορεί να βρει δίοδο και να εμφανιστεί σε αρκετή απόσταση από το χώρο με σημαντικές συνέπειες (European Commission, 2007, Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013). Παραδείγματα από τη διεθνή βιβλιογραφία (1990) αναφέρουν εκρήξεις

μέσα σε πηγάδια ή άλλες υπόγειες εγκαταστάσεις κοντά σε χώρους χωματερών ή ακόμα και σε σαφείς μετρήσεις απόδειξης της μετανάστευσης των αερίων ταφής αποβλήτων (European Commission, 2000). Στις περιβαλλοντικές μελέτες των Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο αναφέρεται η παραγωγή βιοαερίου, η οποία αποτελεί κίνδυνο εκρήξεως ή πυρκαγιάς σε περιεκτικότητες 5-15% καθώς και στην ύπαρξη βιοαερίου στο υπεδάφος με ζημιές στη χλωρίδα λόγω της μετανάστευσης του εντός του υπεδάφους και εκδίωξης του οξυγόνου από το ριζικό σύστημα των φυτών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).

(γ) *Οσμές*: Οι οσμές από τις χωματερές, οφείλονται στην παραγωγή υδρόθειου (H_2S), μερκαπτάνες (RSH) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β) και άλλων αερίων τα οποία προκαλούνται κατά τη διάρκεια της καύσης των απορριμμάτων στους Χ.Α.Δ.Α. για την μείωση του όγκου τους, οι οποίες πέρα από περιβαλλοντική επίπτωση η οποία παρουσιάζεται στην ποιότητα της ατμόσφαιρας, μπορεί να θεωρηθεί ως άμεση επίπτωση και στο οικονομικό - κοινωνικό περιβάλλον, λόγω του ότι οι συχνά αόρητες δυσοσμίες, καθιστούν την ανάπτυξη στη γύρω περιοχή, είτε οικιστική είτε εμπορική κ.ο.κ. να είναι «απαγορευτική».

(δ) *Πυρκαγιές λόγω αερίων και εκρήξεις*: Προκαλούνται από την μη απαγωγή του βιοαερίου, και την συσσώρευση του η οποία οδηγεί στη βίαιη εκτόνωση του, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αναφλέξεις ή και εκρήξεις.

(ε) *Βόσκηση ζώων*: οι χωματερές, συνήθως δεν είναι περιφραγμένες, έτσι είναι σύνηθες φαινόμενο τα κοπάδια (π.χ. κατσίκια ή σκυλιά) να εισέρχονται στους χώρους διάθεσης των αποβλήτων, εγκυμονώντας έτσι κινδύνους για τη δημόσια υγιεινή (European Commission, 2007, Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013).

(στ) *Υποβαθμισμένη βλάστηση*: Αποτελεί επίπτωση των ΧΑΔΑ στο βιολογικό περιβάλλον της περιοχής, ιδιαίτερα όσον αφορά περιπτώσεις χωροθέτησης εντός ή πλησίον προστατευμένων

περιοχών. Επίπτωση η οποία δύσκολα μπορεί να αναχαιτιστεί λόγω της αργής ανάπτυξης της βλάστησης και της επιρρέπειας της στην εγκατάσταση ξενικών ειδών (η παρουσία μεθανίου στη ζώνη των ριζών αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη βλάστησης) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).

Πίνακας 2.9: Επίπεδο περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΧΑΔΑ στην Κύπρο (European Commission, 2007; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β)

	Υψηλό	Μέτριο	Χαμηλό
Μόλυνση υπογείων υδάτων	X		
Μόλυνση εδάφους	X		
Εκπομπή αερίων		X	
Μόλυνση επιφανειακών υδάτων	X		
Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία		X	

2.2.2.2 Κοινωνικο - οικονομικές επιπτώσεις

Πέραν από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ύπαρξη των Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο, τίθενται και κοινωνικο – οικονομικές επιπτώσεις. Αρχικά αναφερόμαστε στο φαινόμενο της μηδενικής ανάπτυξης κοντά σε περιοχές όπου υφίστανται ΧΑΔΑ, φαινόμενο το οποίο μπορεί να υπήρχε και πριν τη δημιουργία του ΧΑΔΑ, εντούτοις η ύπαρξη του σηματοδοτεί τη συνέχεια των υφιστάμενων μηδενικών αναπτυξιακών τάσεων στην περιοχή (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β). Επίσης η χρήση του υφιστάμενου χώρου που καταλαμβάνει ο Χ.Α.Δ.Α., προϋποθέτει την απαλλοτρίωση των επηρεαζόμενων εκτάσεων ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί την ανάγκη λήψης περιοριστικών μέτρων όσον αφορά τη χρήση της έκτασης, περιλαμβανομένης της περίφραξης του χώρου (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β). Αυτόματα αυτό καθιστά τη μελλοντική διαμόρφωση πολεοδομικών ζωνών, στις περιοχές αυτές αδύνατη να προβλεφθεί δεδομένου της υφιστάμενης κατάστασης, παρόλο που πάγιο αίτημα πολλών Κοινοτήτων και ακόμη και αστικών κέντρων είναι η επέκταση των οικιστικών τους ζωνών, συνεπώς μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο, των επεκτάσεων των ζωνών ανάπτυξης έστω και σε μικρή κλίμακα προς τους ΧΑΔΑ (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).

Επιπλέον σε κοινωνικό επίπεδο, αναφέρεται ο εν δύναμη κίνδυνος των ΧΑΔΑ προς την ανθρώπινη υγεία, με αίτια τα προβλήματα οσμών, πυρκαγιών (αυταναφλέξεις και καψαλίσματα) και επίσης ότι αποτελούν εστίες μόλυνσης (εδάφους, υδάτων, πανίδας κ.ο.κ.) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β). Παρόλο που λίγα είναι γνωστά για τη μακροπρόθεσμη συμπεριφορά των ΧΑΔΑ, ο παράγοντας της δημιουργίας στραγγισμάτων, είναι αυτός που καθορίζει τη διάρκεια της περιόδου των μετέπειτα επιπτώσεων (European Commission, 2000). Τα στραγγίσματα δημιουργούνται χρόνια μετά τη διάθεση των απορριμμάτων, και οι προκύπτουσες επιπτώσεις μπορούν επίσης να προκύψουν σε μεγάλες χρονικές περιόδους. Οι ρύποι στα στραγγίσματα του χώρου της χωματερής που εισέρχονται στα υπόγεια ύδατα μπορούν να φθάσουν τελικά στους υδροφόρους ορίζοντες που χρησιμοποιούνται ως παροχές πόσιμου νερού (European Commission, 2000). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε έκθεση του ανθρώπου μέσω της πρόσληψης νερού ή/και προσρόφηση μέσω του δέρματος κατά την επαφή με το νερό, π.χ. κατά το ντους, ή/και ακόμα μέσω της εισπνοής των πτητικών ρυπαντών. Εάν τα υπόγεια ύδατα, μολυνθούν από ρύπους στραγγισμάτων, αυτά μέσω της διαρροής προς την επιφάνεια του εδάφους μπορούν να οδηγήσουν σε ανθρώπινη έκθεση μέσω της εισπνοής μέσω της εξάτμισης ή/και μετά από δερματική επαφή. Η διαρροή στραγγισμάτων μπορεί επίσης να οδηγήσει σε έκθεση της χερσαίας άγριας πανίδας και ενδεχομένως οι άνθρωποι να καταναλώνουν αυτή την άγρια ζωή (European Commission, 2000).

2.2.3 Μέθοδοι αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α.

Στην υποενότητα αυτή, γίνεται παρουσίαση και ανάλυση των υφιστάμενων μεθόδων αποκατάστασης χώρων οι οποίοι λειτουργούσαν ως χωματερές και στους οποίους υπήρχε ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων, με όλες τις πιθανές συνέπειες. Παρουσιάζονται μέθοδοι οι οποίοι ακολουθούνται διεθνώς για την απορρύπανση και μετέπειτα προστασία των Χ.Α.Δ.Α. καθώς και οι τεχνολογίες απορρύπανσης που ακολουθήθηκαν στην κυπριακή δημοκρατία, για την αποκατάσταση και την εξυγίανση των Χ.Α.Δ.Α. σε τρεις επαρχίες. Τα θέματα απορρύπανσης αφορούν την ανάληψη ενεργειών για περιβαλλοντική αποκατάσταση των ρυπανθέντων περιοχών, ενώ τα θέματα προστασίας αφορούν τη λήψη μέτρων για να αποφευχθεί η περαιτέρω επέκταση της ρύπανσης από περιοχές που έχουν ρυπανθεί προς άλλες περιοχές (π.χ. μέσω της κίνησης του υπόγειου νερού) (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007).

2.2.3.1 Μέθοδοι εφαρμογής αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. σε διεθνές επίπεδο

Στους Χ.Α.Δ.Α. η κύρια περιβαλλοντική επίπτωση που καλείται αποκατάστασης και εξυγίανσης είναι η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων, πέρα από τις υπόλοιπες επιπτώσεις, οι οποίες χρήζουν πιο εξειδικευμένων μέτρων και έργων αποκατάστασης βάσει της εκάστοτε υφιστάμενης κατάστασης. Η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων που προκαλείται, μειώνει την ικανότητα τους να επιτελέσουν τις βασικές τους λειτουργίες, ως αποτέλεσμα της εναπόθεσης σε αυτά οργανικών ή ανόργανων ουσιών, έτσι μέσω μεθόδων αποκατάστασης πρέπει να ανατραπεί η υποβάθμιση της ποιότητας (χημική υποβάθμιση) του εδάφους και των υδάτων. Διεθνώς, η απορρύπανση εδαφών και υπογείων υδροφορέων αλλά και η προστασία τους από τη ρύπανση αποτελούν αντικείμενα με ιδιαίτερο ενδιαφέρον από γεωτεχνική άποψη (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007), και η εκάστοτε επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η φύση του ρυπαντή, η συγκέντρωση του ρυπαντή, η ποσότητα του ρυπαντή, το είδος της πηγής ρύπανσης, το πάχος της ακόρεστης και κορεσμένης ζώνης, το κόστος, τη διαθέσιμη τεχνολογία και τη μελλοντική χρήση γης. Αρχικά αναφέρονται οι τέσσερις κατηγορίες μεθόδων περιβαλλοντικής αποκατάστασης περιοχών οι οποίες παρουσιάζουν ρύπανση εδαφών και υδάτων:

(α) Η μηδενική λύση αποτελεί την απλούστερη και λιγότερο δαπανηρή μέθοδο περιβαλλοντικής αποκατάστασης, κατά την οποία δε λαμβάνονται ειδικά μέτρα απορρύπανσης, αλλά η εξασθένηση του ρυπαντικού φορτίου επαφίεται στους φυσικούς μηχανισμούς υποβάθμισης (π.χ. βιολογική αποδόμηση, προσρόφηση, μείωση συγκέντρωσης μέσω αραίωσης ή εξάτμισης, χημική αποδόμηση). Η κριτική αναφέρει ότι η μηδενική λύση, λόγω των ιδιαίτερα ευαίσθητων μηχανισμών στις συνθήκες του περιβάλλοντος (pH, θερμοκρασία, υγρασία, παρουσία ουσιών που είναι τοξικές για τους μικροοργανισμούς κλπ) που διαθέτει, συνεπάγεται με την μη αξιοπιστία της. Επιπλέον, η δράση των μηχανισμών φυσικής εξασθένησης είναι πολύ βραδεία και έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις έντονης ρύπανσης δεν συνίσταται η εφαρμογή της.

(β) Η επιβολή περιορισμών αφορά την επιβολή περιορισμών στην πρόσβαση και χρήση της περιοχής που έχει ρυπανθεί μέσω περιφράξης, προειδοποιητικών πινακίδων κ.λ.π. Ωστόσο αυτό,

μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως προσωρινό μέτρο και δεν αποτελεί οριστική λύση του προβλήματος.

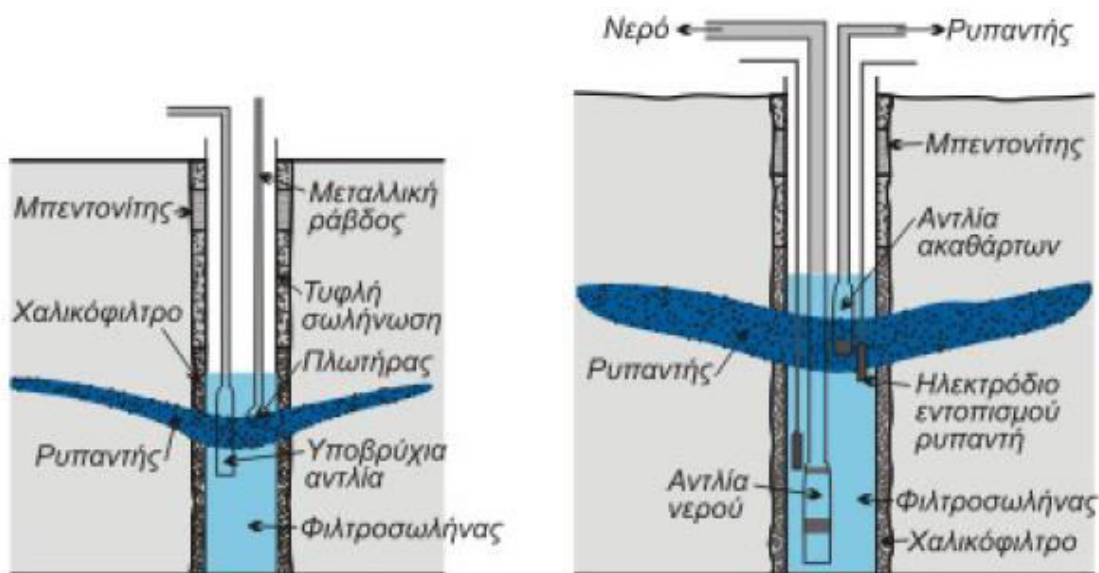
(γ) Η αφαίρεση (με εκσκαφή) του εδάφους που έχει ρυπανθεί και η μεταφορά του σε άλλη περιοχή για απόθεση σε ελεγχόμενους αποδέκτες με σύγχρονα συστήματα προστασίας από την επέκταση της ρύπανσης (π.χ. στεγάνωση πυθμένα, συλλογή και απομάκρυνση στραγγισμάτων) ή ενταφιασμό μετά από επεξεργασία. Η επεξεργασία του εδάφους μπορεί να γίνει επιτόπου και περιλαμβάνει αερισμό, βιοαπορρύπανση, θερμική επεξεργασία κ.α., ενώ η επαναπλήρωση της εκσκαφής γίνεται με επεξεργασμένο εδαφικό υλικό ή από υγιές υλικό μεταφερόμενο από αλλού (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007; Βουδούρης, 2006). Η μέθοδος αυτή, εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις (κυρίως σε περιπτώσεις εντοπισμένης ρύπανσης) με πολύ περιορισμένη έκταση, με μειονεκτήματα την πιθανή διαφυγή ρύπων κατά την εκσκαφή και μεταφορά των εδαφικών υλικών, το πολύ μεγάλο κόστος, ιδίως σε περιπτώσεις μεγάλων ποσοτήτων εδαφικών υλικών που πρέπει να αφαιρεθούν κ.α.

(δ) Η επεξεργασία για την απορρύπανση με φυσικοχημικές και βιολογικές μεθόδους in situ (επιτόπου) ή ex situ (εκτός πεδίου), του ρυπανμένου εδάφους έχουν στόχο την πλήρη εξάλειψη του ρυπαντή ή τη μείωση της συγκέντρωσης του σε επίπεδα που δεν αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ανάλογα με τις οικονομοτεχνικές συνθήκες που ισχύουν σε κάθε πεδίο ρυπανμένου εδάφους μπορεί να είναι in situ (επιτόπου χωρίς εκσκαφή) ή ex situ και αποτελεί συνήθως την πιο ολοκληρωμένη λύση για την εξυγίανση ενός ρυπανμένου πεδίου και την οικονομικότερη σε σχέση με αυτή της εκσκαφής, ανάλογα και με την έκταση της προς αποκατάσταση περιοχής (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007).

Πρόσφατα δημοφιλείς μέθοδοι εξυγίανσης εδαφών και υπόγειων υδάτων που έχουν ρυπανθεί με οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες, είναι οι τεχνολογίες της φυτοαποκατάστασης, οι οποίες βασίζονται στη διαπίστωση ότι τα φυτά έχουν τη δυνατότητα να προσλαμβάνουν και να διασπών τοξικές οργανικές ουσίες, τόσο από το έδαφος όσο και από την ατμόσφαιρα και επομένως μπορούν με προϋποθέσεις να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ρύπανσης. Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της φυτοαποκατάστασης, το οποίο την καθιστά και αρκετά δημοφιλή, είναι το χαμηλό οικονομικό κόστος που απαιτεί καθώς

και στο ότι προσφέρει μια μόνιμη λύση βελτιώνοντας παράλληλα την αισθητική της ρυπασμένης περιοχής (Παπασιώτη και Πασπαλιάρης, 2008). Παρόλα αυτά σημαντικοί περιορισμοί εφαρμοσιμότητας της εν λόγω τεχνολογίας είναι το βάθος της ρύπανσης, το απαιτούμενο χρονικό διάστημα για τον καθαρισμό σε επίπεδα χαμηλότερα από τα επιτρεπόμενα, τη δυνητική ρύπανση της βλάστησης και κατ' επέκταση της τροφικής αλυσίδας καθώς και τη δυσκολία της φύτευσης και διατήρησης της βλάστησης σε μερικές ρυπασμένες περιοχές (Ζορπάς, 2012).

Εκτός από τις ανωτέρω μεθόδους, υπάρχουν και οι λεγόμενες μέθοδοι ενεργητικής απορρύπανσης των εδαφών και υδάτων, κατά τις οποίες απομακρύνονται οι ρυπαντές ή επεξεργάζονται οι ρύποι επιτόπου. Στην περίπτωση του εδάφους, η εφαρμογή τους εξαρτάται από το είδος, τη συγκέντρωση και την ποιότητα του ρύπου, το είδος του εδάφους, το κόστος και τη διαθέσιμη τεχνολογία και τεχνογνωσία και σε αυτές περιλαμβάνονται, η βιολογική αποκατάσταση (bio-remediation) μέσω αποδόμησης των οργανικών ρύπων, είτε επιτόπου είτε μετά από εκσκαφή και αναμόχλευση, η έκπλυση του εδάφους με χημικές ουσίες (soil washing, chemical extraction, leaching), η θερμική επεξεργασία είτε επιτόπου είτε μετά από μεταφορά σε ειδικούς κλίβανους, η χημική επεξεργασία με τη χρήση νερού με πίεση που περιέχει απορρυπαντικά οξέα ή βάσεις, η απορρύπανση με εφαρμογή υποπίεσης (vacuum extraction) όπου αέρας υπό πίεση διοχετεύεται σε σύστημα γεωτρήσεων εντός της μερικά κορεσμένης ζώνης και εφαρμόζεται αναρρόφηση (υπό πίεση) και η εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, υψηλής συχνότητας για την εξαέρωση των πτητικών υδρογονανθράκων (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007; Βουδούρης, 2006). Στις μεθόδους απορρύπανσης των υδάτων, περιλαμβάνονται η βιολογική αποκατάσταση (bio-remediation) μέσω αποδόμησης των οργανικών ρύπων με τη δράση βακτηρίων και μυκήτων, η μέθοδος άντλησης και απορρύπανσης (pump and treat) διαλυμένων και αιωρούμενων ρύπων, η μέθοδος άντλησης επιπλεόντων ρύπων (free product recovery) με εφαρμογή υποπίεσης (vacuum extraction), η αφαίρεση βαρέων μετάλλων με εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος (electro-reclamation), ο αεροδιαχωρισμός (air stripping) και η αεροδιασπορά (air sparging) (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007; Βουδούρης, 2006).



Εικόνα 2.1: Μέθοδος άντλησης και απορρύπανσης διαλυμένων ρυπαντών (pump and treat) με απλή γεώτρηση με μια αντλία και απλή γεώτρηση με ζεύγος αντλιών (Βουδούρης, 2006)

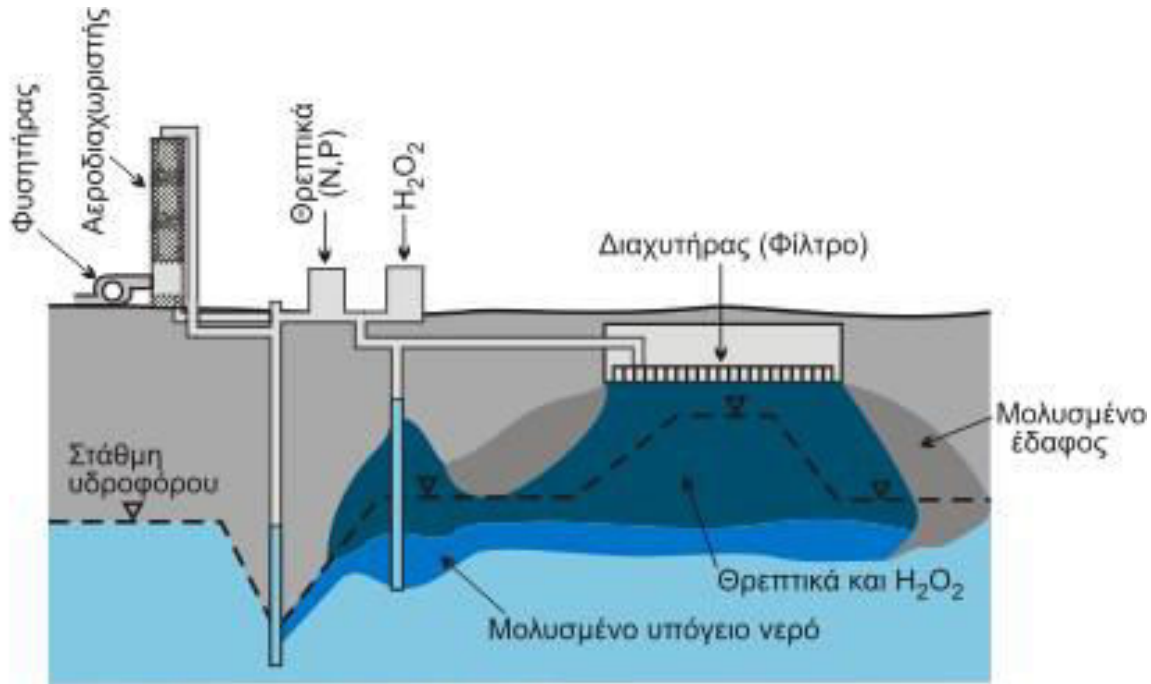
Οι μέθοδοι προστασίας εδαφών και υπόγειων υδροφορέων από την επέκταση της ρύπανσης, αφορούν τη λήψη μέτρων προς αποφυγή της περαιτέρω επέκτασης της ρύπανσης από περιοχές που έχουν ρυπανθεί προς άλλες περιοχές και υπάγονται στις εξής κατηγορίες:

(α) Μέθοδοι εγκιβωτισμού (containment) του εδάφους (συστήματα συστήματα κάλυψης της επιφάνειας, περιοριστικά κατακόρυφα διαφράγματα, οριζόντια διαφράγματα βάσης, συστήματα σταθεροποίησης του εδάφους που έχει ρυπανθεί με χημικές μεθόδους (τσιμέντο, ασβέστιο, πολυμερή, ασφαλτικά κ.λ.π.) ή με θερμικές μεθόδους (vitrification)) (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007)

(β) Υδραυλικές μέθοδοι αναστροφής της κίνησης του υπόγειου νερού (Καββαδάς και Πανταζίδου, 2007), οι οποίες περιλαμβάνουν τη ρύθμιση της στάθμης ώστε να αποφευχθεί εκφόρτωση των ρυπασμένων νερών σε υδάτινους αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια) ή αραίωση των ρύπων. Οι υδραυλικοί φραγμοί δημιουργούνται με τον συνδυασμό γεωτρήσεων άντλησης και εμπλουτισμού (Βουδούρης, 2006).

(γ) Μέθοδοι σταθεροποίησης του εδάφους (soil stabilization, solidification), οι οποίες βασίζονται στην ανάμειξη του ρυπασμένου εδάφους με κάποιο υλικό, ώστε το μείγμα (κονίαμα) να στερεοποιηθεί. Με αυτόν τον τρόπο τα ρυπαντικά φορτία εγκλωβίζονται μέσα στην

στερεοποιημένη εδαφική μάζα, η οποία διαθέτει υδροπερατότητα μη ευνοώντας την κίνηση του υπόγειου νερού και κατά συνέπεια την επέκταση της ρύπανσης (Βουδούρης, 2006).



Εικόνα 2.2: Μέθοδος βιοαποκατάστασης με αερόδιαχωρισμό (air stripping) (Βουδούρης, 2006)

2.2.3.1.1 Εξόρυξη Χ.Α.Δ.Α.

Μια νέα έννοια δημιουργήθηκε όσον αφορά την ανάκτηση πόρων από Χ.Α.Δ.Α., αυτή της εξόρυξης, η οποία διεθνώς είναι γνωστή ως Enhanced Landfill Mining (ELFM). Η εξόρυξη Χ.Α.Δ.Α. έχει ασκηθεί παγκοσμίως τα τελευταία περίπου 50 χρόνια, ως ένας τρόπος επανεισαγωγής των θαμμένων πόρων στον κύκλο υλικών και ελαχιστοποίησης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλείται από τις εκπομπές των Χ.Α.Δ.Α. (Hogland, 2002). Ωστόσο, η εξόρυξη Χ.Α.Δ.Α. δεν πραγματοποιείται πάντοτε με στόχο την ανάκτηση πόρων, περιλαμβανομένου και της εκμετάλλευσης των αποβλήτων για ανάκτηση ενέργειας (Danthurebandara et al., 2015). Η πλειοψηφία των μελετών εφαρμογής της μεθόδου, επικεντρώνεται στη διατήρηση και αποκατάσταση των Χ.Α.Δ.Α, δεδομένου των δυσκολιών απόκτησης άδειας για δημιουργία νέων χώρων ταφής (Danthurebandara et al., 2015). Επίσης, η

εξόρυξη Χ.Α.Δ.Α. έχει κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί για την αναδιάρθρωση απλά των Χ.Α.Δ.Α. και της «σταθερότητας» αυτών, από την άποψη των εδαφικών κλίσεων, της αστάθειας του εδάφους και της ανεπάρκειας συστημάτων συλλογής βιοαερίου και στραγγισμάτων.

Ο ορισμός της έννοιας της εξόρυξης Χ.Α.Δ.Α., υπήρξε αντικείμενο διαφόρων μελετών στη διεθνή βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τους Cossu et al. (1995), “landfill mining” είναι η εξόρυξη και στη συνέχεια η επεξεργασία των διαφόρων στερεών αποβλήτων από έναν ενεργό ή μη ενεργό χώρο ταφής αποβλήτων για έναν από τους παρακάτω σκοπούς ή το συνδυασμό αυτών, (α) την προστασία και εξάλειψη της πιθανότητας μόλυνσης της περιοχής του χώρου, (β) τη μείωση της επιφάνειας αυτού, (γ) την ανάκτηση ενεργείας μέσω των αποβλήτων, (δ) την επαναχρησιμοποίηση των ανακτώμενων υλικών, (ε) τη μείωση του κόστους της συνολικής διαχείρισης αποβλήτων και (στ) την εν μέρει αποκατάσταση του χώρου ταφής. Οι Jones et al., 2013, Geysen et al., 2009 και Van Passel et al., 2013, ορίζουν την εξόρυξη ως διαδικασία που αντιμετωπίζει τους Χ.Α.Δ.Α., όχι ως χώρους τελικής διάθεσης αλλά ως χώρους προσωρινής αποθήκευσης, από τους οποίους τα θαμμένα απόβλητα τελικά θα αξιοποιηθούν μέσω ανακύκλωσης ή αποτέφρωσης, το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ανακύκλωσης, αυξημένα ποσοστά επαναχρησιμοποίησης και βελτιστοποίηση της ενεργειακής αξιοποίησης. Οι Krook et al. (2012) ορίζουν την εξόρυξη Χ.Α.Δ.Α. ως μέθοδο εξόρυξης ορυκτών ή άλλων στερεών φυσικών πόρων τα οποία προηγουμένως έχουν διατεθεί για ταφή. Τέλος οι Zhou et al. (2015), ορίζουν την εξόρυξη Χ.Α.Δ.Α. ως «ασφαλή διαχείριση, εκσκαφή και ολοκληρωμένη αξιοποίηση των αποτιθέμενων ροών αποβλήτων ως υλικά (waste-to-material) και ενέργεια (waste-to-energy), με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών μετατροπής σεβόμενοι τα πιο αυστηρά κοινωνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια (Krook et al., 2012; Jones et al., 2013).

Οι διεργασίες που περιλαμβάνονται στην εξόρυξη Χ.Α.Δ.Α. είναι η εκσκαφή, επεξεργασία, διαχείριση ή/και ανακύκλωση των εκσκαφέντων υλικών που λαμβάνονται από αυτόν (Danthurebandara et al., 2015; Hogland et al., 2004), με κύριες δραστηριότητες εξόρυξης, την απομάκρυνση της επιφανειακής βλάστησης και εδάφους, τη διαμόρφωση του εδάφους, την εκσκαφή των αποβλήτων, το διαχωρισμό, το μετασχηματισμό των ενδιάμεσων προϊόντων και τα

εγγειοβελτιωτικά έργα (Danthurebandara et al., 2015). Τα προϊόντα της διαδικασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ενδιάμεσα προϊόντα, τελικά προϊόντα (υλικά, ενέργεια, γη), προϊόντα αποβλήτων (στερεά απόβλητα και λύματα) και εκπομπές. Όπου τα ενδιάμεσα προϊόντα μπορούν να μετατραπούν επιτόπου σε πολύτιμο υλικό ή ενέργεια ή μπορεί να πωληθούν σε εξωτερική εταιρεία (Danthurebandara et al., 2015). Ο σκοπός της εξόρυξης αφορά (α) την αποκατάσταση / εξυγίανση του χώρου ταφής, (β) τη μείωση της έκτασης του χώρου ταφής, (γ) την εξάλειψη μιας πιθανής πηγής ρύπανσης, (δ) το μετριασμό των επιπτώσεων μιας πιθανής πηγής ρύπανσης, (ε) την ανάκτηση ενέργειας, (στ) την ανακύκλωση των ανακτώμενων υλικών, (ζ) τη μείωση του κόστους διαχείρισης και (η) την ανάπλαση της περιοχής ταφής (Hogland et al., 2004).

Η βιβλιογραφία που σχετίζεται με την εξόρυξη των Χ.Α.Δ.Α. είναι περιορισμένη λόγω του καινοτόμου χαρακτήρα της έννοιας (Danthurebandara et al., 2015), με το πρώτο καταγεγραμμένο έργο εξόρυξης αποβλήτων στη βιβλιογραφία να καταγράφεται το 1953 στο Ισραήλ, όπου χρησιμοποιήθηκε ως μέθοδος για τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους σε δενδρόκηπους. Στις ΗΠΑ, η εξόρυξη χωματερών πραγματοποιήθηκε κυρίως με σκοπό την ανάκτηση καυσίμων για παραγωγή ενέργειας, ως αποτέλεσμα της πλεονάζουσας παραγωγικής ικανότητας των αποτεφρωτήρων στερεών αποβλήτων και της δυναμικής αξιοποίησης της ενέργειας από τις στερεές μάζες αποβλήτων οι οποίες προέκυπταν από τα έργα εξόρυξης χώρων ταφής (Hogland et al., 2011). Στην Ευρώπη, διεξήχθησαν επίσης έργα εξόρυξης με το πρώτο να καταγράφεται στη Γερμανία (Burghof) το 1993, ενώ πιλοτικές εφαρμογές διεξήχθησαν στην Αγγλία, Ιταλία, Σουηδία και Γερμανία (Hogland et al., 2004). Παρόλα αυτά ο συνολικός αριθμός έργων εξόρυξης που καταγράφεται είναι πολύ μικρός σε σχέση με τον αριθμό των χωματερών. Σύμφωνα με τους Jones et al. και Hogland et al. (2011), περίπου 350.000–500.000 παλαιοί και ακόμα ενεργοί χώροι ταφής απορριμμάτων καταγράφονται στην Ευρώπη από όπου υπάρχουν πολλές δυνατότητες ανάκτησης υλικών.

Οι δυνατότητες από έργα εξόρυξης Χ.Α.Δ.Α έχουν υπάρξει αντικείμενο ερευνών, από τις οποίες έρευνες που έχουν γίνει στη Σουηδία, δείχνουν πώς αν αξιοποιηθεί το ποσοστό των στερεών αποβλήτων που είναι θαμμένο σε όλους τους χώρους ταφής απορριμμάτων της χώρας, ως

καύσιμη ύλη είναι αρκετό για να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσης από την παραγωγή ενέργειας ολόκληρης της χώρας για περίπου 10 χρόνια. Επίσης οι Krook et al. (2011) αναφέρουν τις δυνατότητες ανάκτησης χαλκού που είναι θαμμένος σε χώρους ταφής απορριμμάτων παγκοσμίως, οι οποίοι υπολογίζονται περίπου στα 300 εκατομμύρια τόνους, επίπεδο συγκρίσιμο με το απόθεμα χαλκού παγκοσμίως που υπολογίζεται περίπου στους 350 εκατομμύρια τόνους. Οι Hogland et al. (2011) υποστηρίζουν ότι μπορεί να υπάρχουν πάνω από 400 εκ. τόνοι απορριμμάτων χάλυβα στις χωματερές των ΗΠΑ, αριθμός πολύ σημαντικός από την άποψη της εξόρυξης χωματερών. Οι Tom Jones, et al. (2013), με διάφορους υπολογισμούς, επιβεβαιώνουν την οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική δυναμική της εξόρυξης Χ.Α.Δ.Α. στην Ευρώπη και καταγράφουν ότι η πλήρη εφαρμογή της εξόρυξης αποβλήτων από Χ.Α.Δ.Α. στην Ευρώπη, θα μπορούσε να οδηγήσει σε εξοικονόμηση εκπομπών CO₂ της τάξης των 15+75 εκατομμυρίων μετρικών τόνων ανά έτος για διάρκεια 20-30 χρόνων, καθώς επίσης θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια σημαντική ροή δευτερογενών πρώτων υλών, βελτιώνοντας έτσι την αυτονομία της Ε.Ε. σε υλικά. Οι εκτιμήσεις των Hogland et al. (2011) και Vossen (2005), που σχετίζονται με την ποσότητα των χωματερών και τον μέσο όρο των υλικών που περιέχονται σε αυτές, η συνολική ποσότητα υλικών σε χωματερές οι οποίες λειτουργούν πριν το 1995 εκτιμάται σε 3,300-11,000 εκατομμύρια μετρικούς τόνους, όπου η τιμή 11,000 εκατομμυρίων μετρικών τόνων από τους Χ.Α.Δ.Α αντιστοιχεί έως και 5% της ετήσιας κατανάλωσης της Ε.Ε-27 σε εγχώριους πόρους (8200 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι το 2007) για μη ενεργειακά, μη εδώδιμα υλικά για τα επόμενα 25 χρόνια (Tom Jones, et al., 2013).

Παράδειγμα εξόρυξης αποτελεί η περίπτωση του Χ.Α.Δ.Α. Remo στην τοποθεσία Houthalen-Helchteren, της Φλάνδρας, συνολικής έκτασης 130 εκταρίων, ο οποίος περιβάλλεται από το χώρο ενός παλιού μεταλλείου, μια στρατιωτική περιοχή εκπαίδευσης και ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά καταφύγια στην περιοχή (Tom Jones, et al., 2013). Ο Χ.Α.Δ.Α. λειτουργούσε από την αρχή της δεκαετίας του 1970 και η περιεκτικότητά του σε απόβλητα υπολογίστηκε σε περισσότερα από 16 εκατομμύρια τόνους (Van Passel et al., 2013), όπου υπολογίστηκε ότι το 33% μπορεί να ανακυκλωθεί ως υλικά είτε απευθείας είτε μετά από μια ελεγχόμενη διαδικασία επεξεργασίας, ενώ τα υπόλοιπα κλάσματα έχουν επαρκή θερμογόνο δύναμη που τους επιτρέπουν να αξιοποιηθούν ενεργειακά μετά από κατάλληλη επεξεργασία (Van Passel et al.,

2013). Συγκεκριμένα, το SRF που παράγεται από το διαχωρισμό των ανασκαφέντων αποβλήτων αναλύθηκε, με μετρήσεις που δείχνουν την θερμογόνο δύναμη μεταξύ 19-25MJ/kg και περιεκτικότητα σε υγρασία 12% κ.β., το οποίο αντιστοιχεί σε καθαρή ηλεκτρική απόδοση 16-21 MJ/KG (Tom Jones, et al., 2013).

Η οικονομική βιωσιμότητα ενός έργου εξόρυξης Χ.Α.Δ.Α., εξαρτάται κυρίως από τη σύσταση των αποβλήτων σε αυτόν. Από την άποψη της ανάκτησης υλικών, η εξόρυξη χώρων ταφής, πρέπει να επικεντρώνεται σε χώρους που λειτουργούσαν ανάμεσα στις δεκαετίες 1960-1995, διότι μετά από αυτό, πολλές χώρες της Ε.Ε. εισήγαγαν προηγμένα προγράμματα διαχωρισμού στην πηγή και ανακύκλωσης (Hogland et al., 2011), βάσει του οποίου πιθανό να μην υπάρχουν μεγάλα ποσοστά ανακυκλώσιμων υλικών. Εντούτοις, η αξία των ανακτηθέντων υλικών εξαρτάται από την ποσότητα και την ποιότητα των διαχωρισμένων κλασμάτων, τις τοπικές συνθήκες και τις τιμές αγοράς (Hogland et al., 2011). Παρόλα αυτά, ακόμα και αν η είσπραξη των αποθέσεων σε υλικά και ενέργεια, φαίνεται σπάνια να δικαιολογεί οικονομικά την εξόρυξη δημόσιων χώρων ταφής αποβλήτων, προηγούμενες μελέτες δείχνουν ότι ένα τέτοιο έργο επικεντρωμένο στην ανάκτηση υλικών, έχει τη δυνατότητα να μειώσει το κόστος της αποκατάστασης του χώρου ταφής (Frandegard, et al., 2015).

2.2.3.2 Μέθοδοι εφαρμογής αποκατάστασης στην Κύπρο

Η αποκατάσταση των ΧΑΔΑ σύμφωνα με τα κατάλληλα πρότυπα και προδιαγραφές, αποτελεί υποχρέωση της Κυπριακής δημοκρατίας, παράλειψη της οποίας αποτελεί μη συμμόρφωση με τις οδηγίες της Ε.Ε. (άρθρο 16, Οδηγίας 99/31/ΕΚ, για τον περιορισμό της παραγωγής μεθανίου από τους χώρους υγειονομικής ταφής, συμπεριλαμβανομένου και των ανεξέλεγκτων και ημιανεξέλεγκτων χώρων απόρριψης) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β). Επομένως οι εργασίες αποκατάστασης αποτελούν έργο υψίστης προτεραιότητας με τις εργασίες που έχουν ήδη εκπονηθεί να έχουν προσδιοριστεί μέσω εξειδικευμένων τεχνικών και περιβαλλοντικών μελετών αποκατάστασης, οι οποίες αναφέρουν λεπτομερείς προδιαγραφές, μεθόδους, εργασίες αποκατάστασης, μετέπειτα παρακολούθησης και φροντίδας των Χ.Α.Δ.Α. Σκοπός των έργων αποκατάστασης είναι η προστασία του περιβάλλοντος, των υπόγειων υδάτινων πόρων, της

δημόσιας υγείας, της ανύψωσης του βιοτικού επιπέδου των ωφελούμενων από τα έργα, την ενσωμάτωση – επανένταξη στο φυσικό περιβάλλον και την εξασφάλιση δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης του χώρου (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).

Η στρατηγική που ακολουθείται από το αρμόδιο Υπουργείο για τους Χ.Α.Δ.Α., προβλέπει το κλείσιμο και την αντικατάσταση της λειτουργίας τους με τέσσερις επαρχιακές μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, καθώς και εκπόνηση έργων αποκατάστασης εντός της χρονικής περιόδου του ενός έτους από την ημερομηνία τερματισμού της λειτουργίας τους (European Commission, 2007), η οποία σημειώνεται με την ημερομηνία έναρξης λειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας. Επίσης προβλέπεται η δημιουργία ενός δικτύου σταθμών μεταφόρτωσης (ΣΜΑ), για την εξυπηρέτηση των αγροτικών κοινοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη τις αυξημένες αποστάσεις μεταφοράς μεταξύ των αγροτικών κοινοτήτων και των τεσσάρων μονάδων επεξεργασίας (European Commission, 2007).

Τα τεχνικά έργα εξυγίανσης και αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. που έχουν υλοποιηθεί και προταθεί στην Κύπρο έχουν προκύψει από σχετικές τεχνικές και περιβαλλοντικές μελέτες, κύριο μέλημα των οποίων είναι η αντιμετώπιση των επιπτώσεων που έχουν καταγραφεί από την παραγωγή στραγγισμάτων, την παρουσία οσμών, τις εκπομπές βιοαερίου και την παρουσία τρωκτικών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Τα έργα αποκατάστασης που έχουν προταθεί αφορούν κυρίως επί τόπου εργασίες αποκατάστασης και αφαίρεσης θαμμένων αποβλήτων, η επιλογή μεταξύ των οποίων βασίστηκε στην εκπόνηση εκτιμήσεων του βαθμού επικινδυνότητας των Χ.Α.Δ.Α. μέσω πολυκριτηριακής αξιολόγησης. Ακολούθως η επιλογή του τρόπου διαχείρισης των αποβλήτων, σχετικά με την απόφαση για επιτόπου διαχείριση ή μετακίνηση και διάθεση τους, βασίστηκε σε περιβαλλοντικά και τεχνοοικονομικά κριτήρια. Βάσει λοιπόν, της επιλογής του τρόπου διαχείρισης των αποβλήτων, τα έργα εξυγίανσης και αποκατάστασης των Χ.Α.Δ.Α. χωρίστηκαν σε δύο ευρείες κατηγορίες, όπου στην πρώτη κατηγορία, εντάσσονται οι χώροι στους οποίους προγραμματίστηκαν έργα εξυγίανσης και μεταφοράς αποθέσεων σε άλλο Χ.Α.Δ.Α. είτε λόγω της μικρής έκτασης που καταλαμβάνουν είτε και του μικρού όγκου των υφιστάμενων απορριμματικών αποθέσεων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011). Στη δεύτερη κατηγορία

εντάσσονται οι Χ.Α.Δ.Α. στους οποίους θα γίνουν έργα εξυγίανσης και επιτόπου αποκατάστασης, λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνουν και του μεγάλου όγκου των απορριμματικών αποθέσεων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011).

Συνήθως, οι χώροι παλαιών αποθέσεων και κύρια εκείνοι που λειτουργούσαν ανεξέλεγκτα ή ημιελεγχόμενα, συνήθως απαιτούν κάποιες εργασίες εξυγίανσης πριν γίνει η αποκατάσταση τους και η απόδοση στο φυσικό περιβάλλον (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Για τις εργασίες εξυγίανσης σε μικρούς χώρους με οικιακά απορρίμματα, όπως στην περίπτωση των περισσότερων Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο, χρησιμοποιήθηκε κυρίως η μέθοδος της απομάκρυνσης των απορριμμάτων και η μετέπειτα διαμόρφωση του χώρου, με μερικές περιπτώσεις εφαρμογής έργων εξυγίανσης σε μεγαλύτερους Χ.Α.Δ.Α. Από την επιλεγμένη μέθοδο εξυγίανσης, τα υλικά που προκύπτουν αποτελούν ένα μίγμα απορριμμάτων και επιχώσεων (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010), οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη των απορριμμάτων. Ανάλογα με το πώς έχει λειτουργήσει ο χώρος μπορεί να έχουμε καθαρά στρώματα απορριμμάτων που βρίσκονται στη φάση της αποδόμησης ή υπολείμματα καύσης και όλα αυτά αναμεμιγμένα με χώμα (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Τα υλικά αυτά μπορούν θεωρητικά να διατεθούν, (α) με την μέθοδο της μηχανικής διαλογής – ανακύκλωσης, (β) με τη μέθοδο της καύσης ή (γ) με υγειονομική ταφή.

Στην Κύπρο, η αποκατάσταση των υφιστάμενων Χ.Α.Δ.Α. βάσει των κατευθυντήριων γραμμών αποκατάστασης που έχουν ήδη συνταχθεί και εγκριθεί (European Commission, 2007), επρόκειτο να γίνει εντός ενός έτους από την ημερομηνία παύσης της λειτουργίας τους, η οποία θα γινόταν με την έναρξη της λειτουργίας των προγραμματισμένων τεσσάρων νέων χώρων διάθεσης η βάσει χρονοδιαγράμματος χρονολογείτο το 2009. Στο παρόν στάδιο, το Υπουργείο Εσωτερικών έχει κλείσει όλους τους Χ.Α.Δ.Α. εκτός από αυτούς στις τοποθεσίες Κοτσιάτη και Βατί οι οποίοι εξυπηρετούν τις ανάγκες των επαρχιών Λευκωσίας και Λεμεσού αντίστοιχα και των οποίων η αποκατάσταση αναμένεται με τη λειτουργία των νέων χώρων διάθεσης αποβλήτων στις δύο επαρχίες, διότι μέχρι τότε δεν υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές διάθεσης, εκτός από τις υπάρχουσες παράνομες χωματερές (European Commission, 2007). Συγκεκριμένα, το κλείσιμο και οι εργασίες εξυγίανσης και αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. στην τοποθεσία Κοτσιάτη, θα

αρχίσουν με την κατασκευή της αντίστοιχης μονάδας διαχείρισης απορριμμάτων στην επαρχία Λευκωσίας, η οποία αναμένεται, ενώ το κλείσιμο του Χ.Α.Δ.Α. στο Βατί, έχει συνδεθεί από το Υπουργείο Εσωτερικών με τη δημιουργία της Ο.Ε.Δ.Α. στο Πεντάκωμο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β), για την οποία αναμένεται η λειτουργία της εντός του 2017. Εντός 12 μηνών από την έναρξη των εργασιών (ημερομηνία έναρξης εργασιών: Μάρτιος 2015) αναμένεται η ολοκλήρωση του Χ.Υ.Τ.Υ., ο οποίος θα χρησιμοποιείται ως Χ.Υ.Τ.Α. μέχρι να ολοκληρωθεί η κατασκευή της Ο.Ε.Δ.Α. (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Με αυτό τον τρόπο θα καταστεί εφικτό το κλείσιμο του Χ.Α.Δ.Α. στο Βατί. Αντίστοιχα, οι εργασίες εξυγίανσης και αποκατάστασης στις επαρχίες Πάφου και Λάρνακας – Αμμοχώστου, όπου ήδη λειτουργούν οι νέες μονάδες διαχείρισης απορριμμάτων έχουν σχεδόν ολοκληρωθεί, βάσει των τεχνικών μελετών.

Εν τούτοις εν έτη 2016, η παρούσα κατάσταση όσον αφορά τον αρχικό σχεδιασμό παρουσιάζει καθυστερήσεις. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι μόνο οι εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων, οι οποίες προγραμματίστηκαν στις επαρχίες Πάφου και Λάρνακας – Αμμοχώστου, έχουν ήδη ολοκληρωθεί και λειτουργούν. Ο Χ.Υ.Τ.Α. της επαρχίας Πάφου βρίσκεται σε λειτουργία από το 2009 και για τις επαρχίες Λάρνακας – Αμμοχώστου, λειτουργεί το Χ.Υ.Τ.Υ. στην Κοινότητα Κόστης από το 2010. Σημειώνεται ότι για τον Χ.Υ.Τ.Α. της επαρχίας Πάφου, υπάρχει μελέτη αναβάθμισης του σε μονάδα Ο.Ε.Δ.Α. (στερεών οικιακών αποβλήτων) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013). Για τις υπόλοιπες επαρχίες Λευκωσίας και Λεμεσού, υπάρχει σχεδιασμός μονάδων Ο.Ε.Δ.Α. από το αρμόδιο Υπουργείο Εσωτερικών. Η κατασκευή του Ο.Ε.Δ.Α. για την επαρχία Λεμεσού στην Κοινότητα Πεντάκωμου, έχει αρχίσει από το Μάρτιο του 2015 και το συμβόλαιο έχει διάρκεια 21 μήνες. Εντός 12 μηνών από την έναρξη των εργασιών θα ολοκληρωθεί ο Χ.Υ.Τ.Υ. ο οποίος θα χρησιμοποιείται ως Χ.Υ.Τ.Α. μέχρι να ολοκληρωθεί η κατασκευή της Ο.Ε.Δ.Α. στο Πεντάκωμο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Όσον αφορά την επαρχία Λευκωσίας, αναμένεται η κατασκευή του Χ.Υ.Τ.Α./Χ.Υ.Τ.Υ./Ο.Ε.Δ.Α.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η δημιουργία του Χ.Υ.Τ.Α. Πάφου στη Μαραθούντα, δημιουργήθηκε για την κάλυψη των αναγκών διαχείρισης των στερεών οικιακών αποβλήτων

όλων των Κοινοτήτων και Δήμων της επαρχίας Πάφου βάσει των απαιτήσεων της Οδηγίας 99/31/EK για υγειονομική ταφή. Συμπληρωματικά με τη λειτουργία του Χ.Υ.Τ.Α. λειτουργεί και Διαμετακομιστικός Σταθμός στον Δήμο Πόλης Χρυσοχούς. και οι εγκαταστάσεις οι οποίες δημιουργήθηκαν (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013). Κατά τη διαδικασία της υγειονομικής ταφής, σε ένα χώρο Χ.Υ.Τ.Α., τα απορρίμματα διαστρώνονται, συμπιέζονται και στο τέλος σκεπάζονται με αδρανές υλικό (χώμα, μπάζα, αποξηραμένη ιλύ από Σταθμούς Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Λυμάτων κλπ), με αποτέλεσμα την μείωση σε μεγάλο βαθμό, του κινδύνου διασποράς των απορριμμάτων και οι δυσάρεστες οσμές (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013).

Ο Ο.Ε.Δ.Α. Λάρνακας – Αμμοχώστου, στην Κόση, αποτελεί μια σύγχρονη εγκατάσταση στην οποία γίνεται επεξεργασία των απορριμμάτων με διαχωρισμό του οργανικού κλάσματος, το οποίο στη συνέχεια υφίσταται αερόβια επεξεργασία και σταθεροποίηση μέσω της διεργασίας της κομποστοποίησης, επίσης τα υπόλοιπα υλικά υφίστανται διαχωρισμό προκειμένου να παραχθούν ανακυκλώσιμα προϊόντα (σιδηρούχα και αλουμινούχα προϊόντα, φύλλο πλαστικού, φιάλες, PET, συσκευασίες πολυαιθυλενίου – πολυπροπυλενίου, σύμμεκτο χαρτί και στερεό καύσιμο RDF υψηλής θερμογόνου δυνάμεως (>15.000 KJ/Kg) και χαμηλής περιεκτικότητας σε χλώριο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013). Στις εγκαταστάσεις της μονάδας περιλαμβάνονται:

- Μονάδα Μηχανικής Διαλογής – Χειροδιαλογής με τη βοήθεια οπτικών συστημάτων και μονάδα κομποστοποίησης για τα σύμμεκτα απορρίμματα ετήσιας δυναμικότητας 160.000 τόνων περίπου
- Μονάδα Κομποστοποίησης για πράσινα απόβλητα και οργανικά υλικά από το πρόγραμμα Διαλογής στην Πηγή, ετήσιας δυναμικότητας 16.000 τόνων
- Μονάδα Ανάκτησης Υλικών για τα υλικά από το πρόγραμμα Διαλογής στην Πηγή, ετήσιας δυναμικότητας 20.000 τόνων
- Ένα Χ.Υ.Τ.Υ.
- Έργα υποδομής: οδός πρόσβασης, κτίρια, εξοπλισμός κλπ
- Έργα περιβαλλοντικής παρακολούθησης και ελέγχου (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013).

Όσον αφορά την αποκατάσταση των υφιστάμενων παράνομων χωματερών, είναι ένα σημαντικό βήμα η εκπόνηση των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οι κατευθυντήριες γραμμές αποκατάστασης που έχουν ήδη συνταχθεί και εγκριθεί για την αποκατάσταση των παράνομων χωματερών (European Commission, 2007). Βάσει αυτών και την υποχρέωση της κυπριακής δημοκρατίας για κλείσιμο και αποκατάσταση όλων των Χ.Α.Δ.Α. που λειτουργούν στην Κύπρο σύμφωνα με τα κατάλληλα πρότυπα και προδιαγραφές, οι οποίες έχουν προσδιοριστεί σε αυτές τις τεχνικές μελέτες αποκατάστασης καθώς και τις μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ήδη το Υπουργείο Εσωτερικών με αποφάσεις του έχει κλείσει όλους τους Χ.Α.Δ.Α. εκτός από δύο, τον Κοτσιάτη και το Βατί οι οποίοι εξυπηρετούν τις ανάγκες των επαρχιών Λευκωσίας και Λεμεσού αντίστοιχα. Η αποκατάσταση, ωστόσο δεν μπορεί να ξεκινήσει μέχρι οι νέοι χώροι διάθεσης αποβλήτων στις δύο επαρχίες (Λευκωσίας και Λεμεσού) να τεθούν σε λειτουργία, διότι μέχρι τότε δεν υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές διάθεσης, εκτός από τις υπάρχουσες παράνομες χωματερές (European Commission, 2007) στον Κοτσιάτη και στο Βατί. Συγκεκριμένα, το κλείσιμο και οι εργασίες εξυγίανσης και αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. που λειτουργεί στον Κοτσιάτη, θα αρχίσουν με την κατασκευή της αντίστοιχης μονάδας διαχείρισης απορριμμάτων στην επαρχία Λευκωσίας, η οποία αναμένεται, ενώ το κλείσιμο του Χ.Α.Δ.Α. στο Βατί, έχει συνδεθεί από το Υπουργείο Εσωτερικών με τη δημιουργία της Ο.Ε.Δ.Α. στο Πεντάκωμο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β), για την οποία αναμένεται η λειτουργία της εντός του 2017. Εντός 12 μηνών από την έναρξη των εργασιών (ημερομηνία έναρξης εργασιών: Μάρτιος 2015) αναμένεται η ολοκλήρωση του Χ.Υ.Τ.Υ., ο οποίος θα χρησιμοποιείται ως Χ.Υ.Τ.Α. μέχρι να ολοκληρωθεί η κατασκευή της Ο.Ε.Δ.Α. (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Με αυτό τον τρόπο θα καταστεί εφικτό το κλείσιμο του Χ.Α.Δ.Α. στο Βατί. Αντίστοιχα, οι εργασίες εξυγίανσης και αποκατάστασης στις επαρχίες Πάφου και Λάρνακας – Αμμοχώστου, όπου ήδη λειτουργούν οι νέες μονάδες διαχείρισης απορριμμάτων έχουν σχεδόν ολοκληρωθεί, βάσει των τεχνικών μελετών.

Οι καθυστερήσεις που παρατηρούνται από μέρους της κυπριακής δημοκρατίας για συμμόρφωση με τα χρονοδιαγράμματα που τέθηκαν, για την τήρηση των κανονισμών της Ε.Ε., είχαν ως αποτέλεσμα την καταδίκη της κυπριακής δημοκρατίας από το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο στις 18.07.2013 για τη συνεχιζόμενη λειτουργία των Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη και Βατί και τη μη

αποκατάσταση των Χ.Α.Δ.Α. που είχαν τεθεί εκτός λειτουργίας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Κατόπιν της καταδίκης, βάσει νομοθεσίας, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρέχει χρονικό περιθώριο 12-24 μηνών για συμμόρφωση προτού εισηγηθεί προς το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο την επιβολή προστίμου (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Εντός του χρονικού περιθωρίου που τίθεται, αναμένεται η ενημέρωση της Επιτροπής για τις τρέχουσες ενέργειες προς συμμόρφωση μέσω εκθέσεων οι οποίες πρέπει να υποβάλλονται κάθε τρίμηνο. Επίσης απαίτηση της Ε.Ε. ήταν η υποβολή σχεδίου δράσης με συγκεκριμένα μέτρα και χρονοδιαγράμματα που θα άρουν την παρανομία της Κύπρου, εντός των χρονικών περιθωρίων που τέθηκαν. Σύμφωνα με το μέγιστο περιθώριο των 24 μηνών (σε αιτιολογημένες περιπτώσεις) η Κύπρος θα έπρεπε το αργότερο μέχρι τις 18.07.2015 να θέσει εκτός λειτουργίας και τις δύο εναπομείνουσες χωματερές (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β), στον Κοτσιάτη (επαρχία Λευκωσίας) και στο Βατί (επαρχία Λεμεσού).

Βάσει των κυρώσεων που δέχθηκε η κυπριακή δημοκρατία, υπήρξε δέσμευση εκ μέρους της όπως προχωρήσει άμεσα στην εκπλήρωση των υποχρεώσεων της με την κατασκευή των μονάδων επεξεργασίας οικιακών αποβλήτων στις επαρχίες Λεμεσού και Λευκωσίας, έτσι ώστε με τη λειτουργία τους να κλείσουν οι δύο εναπομείνουσες σε λειτουργία χωματερές. Την αρμοδιότητα για την εκπλήρωση των ενεργειών προς συμμόρφωση, έχει το Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, στο οποίο μεταφέρθηκαν οι εν λόγω αρμοδιότητες μετά από απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου (Αρ. Απόφασης 77.911, ημερ. 26.11.2014).

2.3 Μέθοδοι Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει σημειωθεί επανάσταση στον τρόπο διαχείρισης αποβλήτων, με την επιχειρηματική καινοτομία να έχει προχωρήσει σε μετασχηματισμό των τεχνολογιών διαχείρισης, δίδοντας συνεχώς νέες προεκτάσεις στις μεθόδους διαχείρισης τους. Αιτίες μετασχηματισμού υπήρξαν οι μη αειφόρες τάσεις παραγωγής αποβλήτων, ενδείξεις περιβαλλοντικά ανεπαρκούς χρήσης των πόρων (Ανακοίνωση Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2005) καθώς και ο στόχος διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ)

που τέθηκε από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2008/98/EK, κατά τον οποίο υποχρέωση αποτελεί η υιοθέτηση ιεράρχησης των μεθόδων διαχείρισης, τα οποία οδήγησαν στη διάνοιξη ενός νέου κεφαλαίου μεταξύ της θεώρησης των αποβλήτων ως σημαντικού περιβαλλοντικού προβλήματος και των ενδείξεων ότι τα απόβλητα μπορούν να αποτελέσουν εκμεταλλεύσιμο πόρο, με δυνατότητες υποκατάστασης των πρωτοβάθμιων πόρων (European Commission, 2005).

Έτσι, με αυτή τη θεώρηση, ως δυνητική πηγή υλικών, πολλά ρεύματα αποβλήτων μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, να ανακυκλωθούν ή να ανακτηθούν (EEA, 2012), με αποτελέσματα όπως την εξοικονόμηση κόστους, ενέργειας και φυσικών πόρων (UNEP, 2009). Επίσης με την ανακύκλωση ή την παραγωγή ενέργειας από απόβλητα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να μειωθούν σημαντικά σε σύγκριση με τη χρήση πρωτογενών υλικών, μετατρέποντας τα απόβλητα από μια φοβερή ανησυχία σε ένα πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο (EEA, 2012). Βάσει αυτού ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης ΑΣΑ, θα πρέπει να περιλαμβάνει την εφαρμογή μέτρων για τον περιορισμό της παραγωγής αποβλήτων, τη βελτιστοποίηση του συστήματος συλλογής, τη διαλογή στην πηγή, την ανακύκλωση – κομποστοποίηση των διαχωρισθέντων υλικών, την εφαρμογή συστημάτων ανάκτησης υλικών με χρήση μεθόδων επεξεργασίας οι οποίοι θα έχουν στόχο την ενεργειακή αξιοποίηση ή την επαναχρησιμοποίηση των υλικών και τέλος τη διάθεση του τελικού υπολείμματος από την εφαρμογή των προηγούμενων διαδικασιών σε σύγχρονους χώρους υγειονομικής ταφής, οι οποίοι να πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις.

Ως αποτέλεσμα, οι βελτιωμένες στρατηγικές διαχείρισης ΑΣΑ, τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οδηγούν σε νέες πρακτικές καλύτερης χρήσης των πόρων, για αποσύνδεση της παραγωγής αποβλήτων με την οικονομική ανάπτυξη, καθώς και σε μετατροπή των αποβλήτων σε πόρους, οι οποίοι θα ανατροφοδοτούν την οικονομία ως πρώτη ύλη. Βάσει αυτών δίδεται μεγαλύτερη προτεραιότητα αρχικά στην πρόληψη – μείωση των αποβλήτων μέσω της καλύτερης χρήσης των πόρων και ακολούθως στην επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των ΑΣΑ, η οποία ακολουθεί την ιεράρχηση των μεθόδων διαχείρισης αστικών αποβλήτων βάσει της Οδηγίας 2008/98/EK. Η επιτυχής ακολουθία των πιο πάνω μπορεί να

επιτευχθεί μέσα από ένα συνδυασμό πολιτικών, ο οποίος θα συνέβαλλε στη δημιουργία μιας οικονομίας πλήρους ανακύκλωσης, όπως π.χ. ενσωμάτωση της ανάλυσης του κύκλου ζωής στο σχεδιασμό προϊόντων, την καλύτερη συνεργασία μεταξύ όλων των συντελεστών της αγοράς καθ' όλη την αλυσίδα ζωής, βελτίωση των διαδικασιών αποκομιδής, κατάλληλα κανονιστικά πλαίσια, κίνητρα για την πρόληψη της παραγωγής και την ανακύκλωση των αποβλήτων καθώς και δημόσιες επενδύσεις σε σύγχρονες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων (European Commission, 2011).

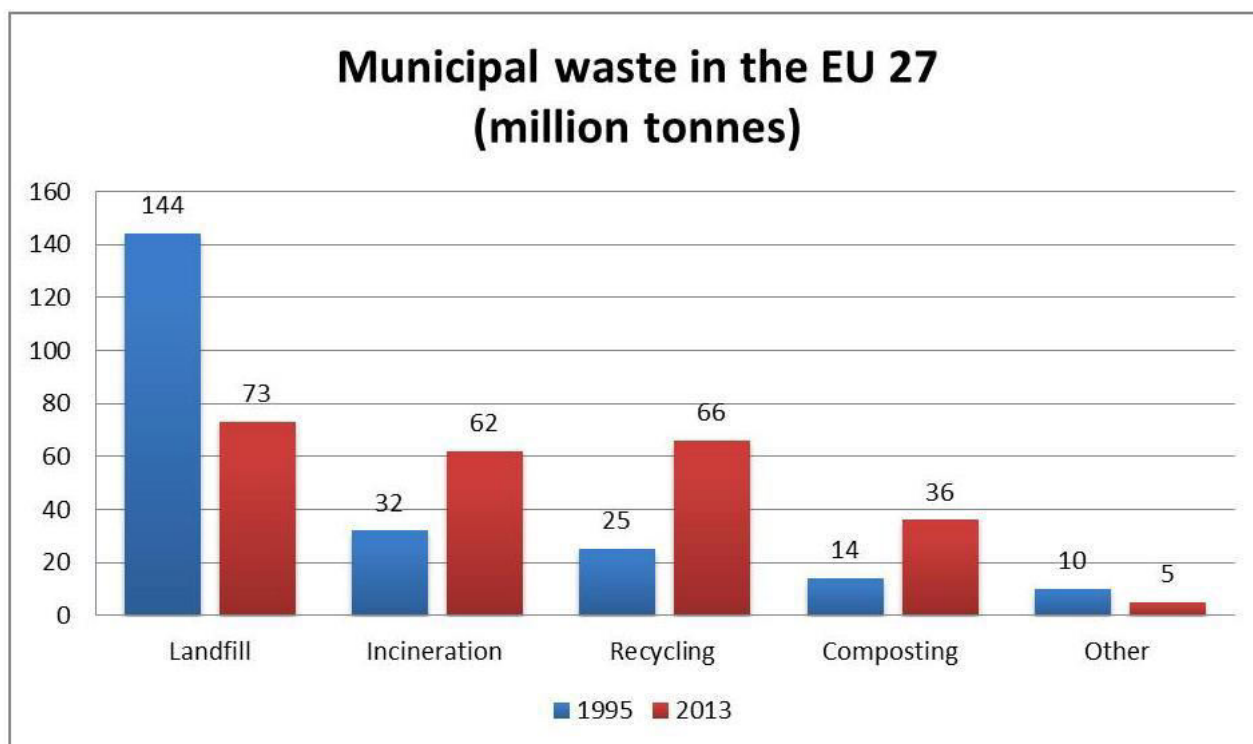
Στην Κύπρο, η ορθολογική διαχείριση των δημοτικών αποβλήτων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις για τη Δημοκρατία, λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση της Κύπρου όσον αφορά τους υψηλούς ευρωπαϊκούς στόχους που έχουν τεθεί, την καταδικαστική απόφαση του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου για μη έγκαιρη συμμόρφωση με το κλείσιμο των χωματερών, το γεγονός ότι το 80% των παραγόμενων ποσοτήτων καταλήγει σε ταφή και ότι συγκαταλέγεται ανάμεσα στις χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή δημοτικών αποβλήτων ανά κάτοικο (> μέσου όρου της Ε.Ε.-27) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Ως εκ τούτου το Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, έχει εκπονήσει μελέτη Στρατηγικής Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων 2015 – 2021, στην οποία δίδεται μεγάλη έμφαση σε δράσεις μείωσης παραγωγής αποβλήτων και εφαρμογής προγραμμάτων χωριστής συλλογής, ενδυναμώνοντας ταυτόχρονα τον ρόλο της τοπικής αυτοδιοίκησης με αρμοδιότητες και υποχρεώσεις που αυξάνουν σημαντικά το βαθμό εμπλοκής της (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β).

2.3.1 Προοπτικές και τάσεις διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Καθώς ο κόσμος αντιμετωπίζει πρωτόγνωρες περιβαλλοντικές προκλήσεις και έλλειψη πόρων, η μετάβαση προς την αποτελεσματική χρήση των πόρων είναι μια αναγκαιότητα (Tom Jones et al., 2013). Οι σύγχρονες ανάγκες για πόρους καθώς και της ανάγκης για αναχαίτιση των μέχρι τώρα αρνητικών επιπτώσεων από τις εφαρμοσμένες μεθόδους διαχείρισης αποβλήτων, οδήγησε σε νέες προοπτικές και τάσεις στη διαχείριση των ΑΣΑ, οι οποίες έχουν να κάνουν κυρίως με την εξέλιξη της τεχνολογίας προς μια κατεύθυνση η οποία δίνει τη δυνατότητα της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων και της μετατροπής των αποβλήτων σε πόρο. Συγκεκριμένα, η σπανιότητα

των πόρων έχει οδηγήσει σε νέες στρατηγικές σε επίπεδο Ε.Ε., για την προώθηση της σκέψης του κύκλου ζωής στις πολιτικές διαχείρισης αποβλήτων με αποτέλεσμα, τα προβλήματα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων να συνδέονται με την εύρεση τρόπων για ενσωμάτωση οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης (Pires et al., 2011). Η βελτίωση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη χρήση των πόρων, διάνοιξη νέων αγορών και θέσεων εργασίας, μικρότερη εξάρτηση από εισαγωγές πρώτων υλών καθώς και σε λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (European Commission, 2011).

Οι νέες βελτιωμένες πρακτικές διαχείρισης που υιοθετούνται, κυρίως σε βιομηχανικά κράτη, έχουν επέλθει μέσα από αξιολόγηση των νέων στοιχείων του συστήματος διαχείρισης στερεών αποβλήτων καθώς και των περιβαλλοντικών και οικονομικών κοστών (όπως δημοτικά τέλη, τέλη χρήσης, κόστος επενδυτικού κεφαλαίου, κρατικές επιχορηγήσεις και επιδοτήσεις), με απώτερο στόχο τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων και της αποσύνδεσης της παραγωγής αποβλήτων με την οικονομική ανάπτυξη (Pires et al., 2011). Στο σύνολο της καταγράφεται μια σημαντική αλλαγή στην Ε.Ε. όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων, με λιγότερα απόβλητα να οδηγούνται πλέον σε χώρους ταφής και περισσότερα να ανακυκλώνονται ή να αποτεφρώνονται για ανάκτηση ενέργειας. Η εξέλιξη αυτή έχει καθοδηγηθεί από την κοινοτική και εθνική νομοθεσία, για παράδειγμα με τον καθορισμό στόχων και εργαλείων για τα απόβλητα ανακύκλωσης και ανάκτησης, φόρων ταφής αποβλήτων και περιορισμών στα απόβλητα που επιτρέπονται σε χώρους ταφής, το οποίο υποστηρίζεται από την άνοδο των τιμών για πρώτες ύλες, τα ανακυκλωμένα υλικά και καύσιμα (EEA, 2012). Εντούτοις, βάσει του Διαγράμματος 2.2, η διάθεση αποτελεί την κυρίαρχη μέθοδο διαχείρισης αποβλήτων στην Ε.Ε. (Eurostat, 2013; EEA, 2012).



Διάγραμμα 2.2: Διαχείριση αστικών αποβλήτων στην Ε.Ε.- 27 (εκατομμύρια τόνοι) (Eurostat, 2013)

Σε επίπεδο Ε.Ε. πετάγονται σχεδόν 2,7 εκατομμύρια τόνοι απόβλητων, από τα οποία 98 εκατομμύρια τόνοι είναι επικίνδυνα και κατά μέσο όρο το 40% των στερεών αποβλήτων μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ή να ανακυκλωθεί, ενώ τα υπόλοιπα κατευθύνονται προς χώρους ταφής ή αποτέφρωσης (European Commission, 2011). Εν τούτοις σε μερικά κράτη-μέλη της Ε.Ε., περισσότερο από 80% των αποβλήτων ανακυκλώνονται, υποδεικνύοντας τις πιθανότητες για χρήση των αποβλήτων ως ένα από τους βασικούς πόρους της Ε.Ε. (European Commission, 2011). Για παράδειγμα, 38% των αστικών αποβλήτων το 2010 οδηγήθηκαν σε ανακύκλωση ή κομποστοποίηση σε σχέση με το 17% του 1995 στην Ε.Ε. συμπεριλαμβανομένου της Νορβηγίας και της Ελβετίας, ενώ περίπου το 60% των απόβλητων από συσκευασίες ανακυκλώνονται και 12 από τις 19 χώρες ανακυκλώνουν ή ανακτούν περισσότερο από το ήμισυ των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις (EEA, 2012). Η διάθεση αποβλήτων σε χώρους ταφής έχει μειωθεί σταθερά από 62% το 1995, σε 37% το 2010 στην Ε.Ε.-27, με τρανταχτά παραδείγματα εκείνα της Νορβηγίας όπου μειώθηκαν απότομα και της Ελβετίας, όπου μειώθηκαν στο μηδέν (EEA,2012), παρ' όλα αυτά, για το σύνολο των αποβλήτων το 2008 στην Ε.Ε.-27,

συμπεριλαμβανομένου των κρατών Κροατία, Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας, Νορβηγία και Τουρκία, η απόρριψη ήταν ακόμα κυρίαρχη (50%), σε σχέση με την ανακύκλωση (45%) και το 5% οδηγείτο προς καύση (EEA, 2012). Συγκεκριμένα στην Τουρκία και στις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων ακόμα επιμένουν στην μέθοδο ταφής κατά 80-100% (Eurostat, 2011; BAFU, 2008; EEA, 2010; EEA, 2012).

Οι νέες τάσεις για μετατροπή των αποβλήτων σε πόρο αποτυπώνονται μέσα από διάφορες πηγές και παραδείγματα από το διεθνή χώρο. Η Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (2005) αναφέρει ότι η βιομηχανία ανακύκλωσης παρέχει όλο και πιο πολλούς πόρους στην κατασκευαστική βιομηχανία: τουλάχιστον το 50% του χαρτιού και χάλυβα, το 43% του γυαλιού και το 40% των μη σιδηρούχων μετάλλων που παράγονται στην Ευρώπη προέρχονται σήμερα από ανακυκλωμένα υλικά. Επίσης το 89% των βιομηχανικών στερεών αποβλήτων παράγουν επεξεργάσιμα στερεά απόβλητα με πολλές βιομηχανίες να επαναχρησιμοποιούν ή να ανακυκλώνουν τα απόβλητα τους, για χρήση ως πρώτες ύλες στη διαδικασία παραγωγής (Mbuligwe and Kaseva, 2005), στα πλαίσια της ιδέας της βιομηχανικής οικολογίας (Frosch, 1996). Παραδείγματα αποτελούν οι βιομηχανίες χαρτοπολτού και χαρτιού, που χρησιμοποιούν απορρίμματα χαρτιού και χαρτονιού ως πρώτες ύλες, ενώ οι βιομηχανίες ποτών, επαναχρησιμοποιούν μπουκάλια σε ποσοστό άνω του 90% καθώς επίσης και χρησιμοποιημένα σιτηρά και μαγιά ως πρώτες ύλες ζωοτροφών (Mbuligwe and Kaseva, 2005). Επίσης η ανακύκλωση πλαστικών αποβλήτων είναι ένα ακόμα παράδειγμα ανάκτησης πλαστικού υλικού, ενός πόρου υψηλής ζήτησης, με ταυτόχρονη μείωση ενός μεγάλου ρεύματος αποβλήτων με επακόλουθα οφέλη στη διατήρηση των πόρων και στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (United Nations Environmental Programme, 2009).

Επιπλέον παραδείγματα από το διεθνή χώρο προώθησης της μετατροπής των αποβλήτων σε πόρο, μέσω της μεθόδου ανακύκλωσης, έχουμε στην Κίνα όπου με την εφαρμογή αρκετών νόμων διαχείρισης αποβλήτων προβλέπεται η προώθηση της «κυκλικής οικονομίας», με αυξανόμενη ζήτηση για ανακυκλώσιμα υλικά (Ανακοίνωση Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2005). Στην Ευρώπη, η Αυστρία, εφαρμόζει συλλογή βιογενών αποβλήτων από το 1995, από τα οποία περίπου το 95% των ξεχωριστά συλλεγόμενων βιοαποβλήτων ανακτάται

μέσω κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης και τα προϊόντα τους πωλούνται για κηπουρική και διαμόρφωση τοπίων αποτελώντας μια επιτυχημένη εμπορική δυνατότητα (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Ένας άλλος τομέας ο οποίος παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια ανάπτυξη είναι η ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων, η οποία μέσω της ανακύκλωσης του μετάλλου, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου με σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την εξόρυξη, από την άποψη των δύσκολων συνθηκών και της χρήσης γης (UNEP, 2009). Συγκεκριμένα, η μετατροπή των παλιών υπολογιστών σε "ορυχεία" για την ανάκτηση των περιεχόμενων μετάλλων χρειάζεται μόνο ένα κλάσμα ενέργειας σε σύγκριση με την εξόρυξη μεταλλευμάτων από τη φύση, με ταυτόχρονη διατήρηση πολύτιμων υλικών (π.χ. μετάλλων) στην οικονομία, διαθέτοντας με ασφάλεια οποιαδήποτε επιζήμια υλικά με σκοπό την πρόληψη των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον καθώς και τη διατήρηση των πρωτογενών και ενεργειακών πόρων για τις μελλοντικές γενιές (UNEP, 2009).

Πέρα από την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση, τρανταχτά παραδείγματα δίδονται στον τομέα αξιοποίησης ενέργειας από ΑΣΑ, μέσω εγκαταστάσεων αποτέφρωσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία έχει λάβει πολλή προσοχή τα τελευταία χρόνια (Ofori-Boateng, et al., 2013). Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΣΑ, αποτελεί ένα τρόπο ανάκτησης ενέργειας μέσω της αποτέφρωσης ΑΣΑ. Μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων σε όλο τον κόσμο, παράγουν ενέργεια για άμεση χρήση. Περίπου 400 από αυτές τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη παράγουν σήμερα ενέργεια από 50 εκατομμύρια τόνους ΑΣΑ μέσω διαφόρων διαδικασιών, όπως η καύση και η αναερόβια χώνευση κ.ο.κ. Αυτή η ενέργεια, υπό τη μορφή υπέρθερμου ατμού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια για να εξυπηρετήσει περίπου 27 εκατομμύρια ανθρώπους και να θερμάνει 13 εκατομμύρια ανθρώπους (Ofori-Boateng, et al., 2013). Παράδειγμα αποτελεί το κράτος της Ολλανδίας, όπου η πλειοψηφία των αποβλήτων ανακτάται είτε για παραγωγή ζωοτροφών ή ενέργειας και επίσης βιομηχανίες έχουν αναπτύξει διαδικασίες για τη χρήση των αποβλήτων ως δευτερογενούς καύσιμου (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

2.3.2 Εναλλακτικές Τεχνολογίες Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Τις τελευταίες δεκαετίες, τα συστήματα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη, έχουν εμπλέξει διάφορες σύνθετες και πολύπλευρες τεχνικές, ανάμεσα σε μια πληθώρα τεχνολογικών εναλλακτικών λύσεων, οικονομικών εργαλείων και κανονιστικών πλαισίων (Pires et al., 2011). Οι αλλαγές αυτές οδήγησαν σε νέες εναλλακτικές τεχνολογίες διαχείρισης των ΑΣΑ, με απώτερο σκοπό την αποτελεσματική χρήση των πόρων και την μετατροπή των αποβλήτων σε πόρο, οι οποίες εμπλέκουν διαφορετικές περιβαλλοντικές, οικονομικές, κοινωνικές και ρυθμιστικές επιπτώσεις, σε σχέση με το παρελθόν καθώς επίσης και αναμόρφωση του προτύπου της παγκόσμιας αειφόρου ανάπτυξης (Pires et al., 2011). Στα πλαίσια αυτά στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται σύγχρονες εναλλακτικές τεχνολογίες διαχείρισης των ΑΣΑ οι οποίες περιλαμβάνουν διαλογή στην πηγή και διάφορες μεθόδους επεξεργασίας (μηχανική, θερμική κ.ο.κ.).

2.3.2.1 Διαλογή στην πηγή (ΔσΠ)

Η Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ) αποτελεί ένα εναλλακτικό και συμπληρωματικό στάδιο της συνολικής διαχείρισης των ΑΣΑ, όπου απαραίτητο συστατικό για την επιτυχία της είναι η συμμετοχή των πολιτών. Η διαλογή των υλικών στην πηγή παραγωγής των ΑΣΑ, αποτελεί πλέον ένα από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για μείωση της ποσότητας που οδηγείται προς τελική διάθεση με παράλληλη αξιοποίηση των υλικών. Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι είναι δυνατή η ανάκτηση σχετικά καθαρών δευτερογενών υλικών, δεν απαιτείται υψηλή τεχνολογία, εξοικονομείται ενέργεια στη βιομηχανία και δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Διάφοροι παράμετροι οι οποίοι εμπλέκονται στη βιώσιμη λειτουργία ενός προγράμματος ΔσΠ είναι, το είδος και η ποσότητα των προς διαλογή – ανακύκλωση υλικών, η ποιότητα των ανακτώμενων υλικών, η ύπαρξη αγορών για την απρόσκοπτη απορρόφηση τους, η ευκολία υλοποίησης και το κόστος άλλων εναλλακτικών τεχνικών διαχείρισης ΑΣΑ που εφαρμόζονται στην υπό εξέταση περιοχή.

Για την ανάκτηση υλικών με ΔσΠ, ακολουθούνται διάφορες μέθοδοι και συστήματα. Με κριτήριο τον αριθμό των υλικών που ανακτώνται υπάρχουν τα συστήματα ενός υλικού και

ομάδας υλικών, ενώ με κριτήριο τον τρόπο συλλογής από τις πηγές παραγωγής υπάρχουν τα κέντρα συλλογής, συλλογή από πόρτα σε πόρτα, συλλογή με κάδους και συνδυασμός των προηγούμενων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Η επιλογή ανάμεσα στα διάφορα συστήματα εξαρτάται από το κόστος εφαρμογής και λειτουργίας, την αποδοχή του κοινού, όπως και από τους περιορισμούς της χωροταξίας και οι επιλογές που μπορούν να γίνουν ανάμεσα στα υλικά αφορούν, χαρτί – χαρτόνι, γυαλί, μέταλλα, πλαστικά, οργανικό κλάσμα, συνδυασμοί των παραπάνω και διαχωρισμός υγρού και ξηρού κλάσματος ανακυκλώσιμου περιεχομένου (ΤΕΕ, 2006β).

2.3.2.2 Μηχανική επεξεργασία

Ως μηχανική επεξεργασία καθορίζεται η επεξεργασία των ΑΣΑ κατά την οποία μηχανολογικός εξοπλισμός εκτρέπει υλικά από το εισερχόμενο ρεύμα και η οποία στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, συνδυάζεται με ένα στάδιο βιολογικής επεξεργασίας με τους κυριότερους στόχους να είναι: (α) μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών, (β) προετοιμασία των αποβλήτων για το επόμενο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας και (γ) αφαίρεση ανεπιθύμητων συστατικών από τα εισερχόμενα απόβλητα (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β). Ο βαθμός της μηχανικής επεξεργασίας εξαρτάται από τα είδη των εισερχόμενων αποβλήτων (μικτά ΑΣΑ, υπόλειμμα από ΔσΠ κ.λ.π.), το ποσοστό των ανακυκλώσιμων στα εισερχόμενα απόβλητα, την απαιτούμενη ποιότητα της εξόδου και το επιθυμητό ποσοστό ανάκτησης των ανακυκλώσιμων (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β).

Στη μηχανική επεξεργασία συγκαταλέγονται διάφορες τεχνολογίες, όπως τεχνολογίες διαχωρισμού και ελέγχου, η εφαρμογή των οποίων αποτελεί βασικό στοιχείο μιας μονάδας ΜΒΕ, καθώς χρησιμοποιείται για διαχωρισμό των ρευμάτων εισροών, σε υπό-ρεύματα εξόδου με τα επιθυμητά προδιαγραφόμενα χαρακτηριστικά (Velis, et al., 2011). Μέσα από τη διαδικασία διαχωρισμού μπορεί να επιτευχθεί: διαχωρισμός των διάφορων κλασμάτων των ΑΣΑ βάσει μεγέθους, συγκέντρωση ορισμένων υλικών, διαχωρισμός κλασμάτων με καθορισμένες ιδιότητες (π.χ. οργανικό κλάσμα ΑΣΑ, κλάσμα υψηλής θερμογόνου αξίας) και απομάκρυνση ανεπιθύμητων σωματιδίων (Velis, et al., 2011). Οι διεργασίες που χρησιμοποιούνται είναι: (α)

κοσκίνισμα, διαδικασία για διαχωρισμό των ΑΣΑ βάσει μεγέθους, (β) αεροδιαχωρισμός (Air Classification), ως μέρος της διαδικασίας παραγωγής RDF/SRF σε μονάδες MBE, όπου η χρήση του αφορά κυρίως τη συγκέντρωση κλάσματος υψηλής θερμογόνου αξίας με διεργασίες που αφορούν το διαχωρισμό συστατικών από ξηρά μείγματα, το διαχωρισμό του κλάσματος των πλαστικών και του χαρτιού για επακόλουθη ανάκτηση υλικών και την αφαίρεση πλαστικών από τα απόβλητα που προορίζονται για υγειονομική ταφή (Velis, et al., 2011), (γ) ο βαλλιστικός διαχωρισμός (Ballistic separator), οι εφαρμογές του οποίου μπορούν να εκτελεστούν εναλλακτικά από τις προηγούμενες διεργασίες με τη διαφορά ότι επιτυγχάνεται πολύ πιο σημαντική αραίωση των ρυπογόνων ουσιών στο τελικό προϊόν, λόγω της μεγαλύτερης ικανότητας των βαλλιστικών διαχωριστών να ενσωματώσουν τα υγρά αντικείμενα υψηλής θερμογόνου δύναμης (χαρτί, χαρτόνι και υφάσματα) στο ρεύμα χαμηλής βαρύτητας (Velis, et al., 2011), (δ) διαχωρισμός σε ηλεκτρο-μαγνητικό πεδίο, ο οποίος βασίζεται στη μαγνητική ικανότητα και ηλεκτρική αγωγιμότητα των ΑΣΑ και (ε) διαχωρισμός βάσει συστημάτων ανίχνευσης και ταξινόμησης, ο οποίος βασίζεται στη χημική σύσταση των ΑΣΑ και εφαρμόζεται σε μονάδες παραγωγής RDF/SRF για άρση των προσμίξεων (ανόργανης και άκρως χημικά μολυσμένης ύλης) και διαχωρισμό του κλάσματος υψηλής βαρύτητας για αποτελεσματική συγκέντρωση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ (Velis, et al., 2011).

Επίσης στις μεθόδους μηχανικής επεξεργασίας συγκαταλέγονται και οι τεχνολογίες μείωσης μεγέθους, απαραίτητες για τη μετέπειτα επεξεργασία των ΑΣΑ για σκοπούς ομογενοποίησης, επεξεργασίας κ.ο.κ. Σε αυτές συγκαταλέγονται οι σφυρόμυλοι (hammer mill), περιστροφικοί κόπτες (shredder), περιστρεφόμενα τύμπανα ή θραυστήρες κυλίνδρου (rotating drum), σφαιρόμυλοι (ball mill), περιστρεφόμενα τύμπανα υγρής φάσης με κόπτες (wet rotating drums with knives) και οι θραυστήρες πλαστικών σακών (bag splitter). Η πιο διαδεδομένη μέθοδος σε μονάδες MBE για παραγωγή δευτερογενών καύσιμων RDF/SRF, είναι η διεργασία με περιστρεφόμενους κόπτες (Shredders), όπου η χρήση τους οδηγεί σε παραγωγή επεξεργασμένων ΑΣΑ με πιο ομοιόμορφο μέγεθος και με χαμηλότερο επίπεδο μόλυνσης σε σχέση με άλλες επεξεργασίες μείωσης μεγέθους (π.χ. σφυρόμυλοι), λόγω της χαμηλότερης ταχύτητας περιστροφής και απουσίας επιπτώσεων ως μηχανισμός κονιορτοποίησης (Velis, et al., 2011). Επίσης η προτίμηση τους άπτεται και στη δυνατότητα προσαρμογής των κοπτών, με

αποτέλεσμα να επιτρέπεται στο γυαλί και άλλα αντικείμενα να περάσουν από τη διαδικασία χωρίς να τεμαχιστούν (Velis, et al., 2011).

2.3.2.3 Βιολογική επεξεργασία

Η μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας και οι διάφορες εκδοχές της, μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε απόβλητα τα οποία έχουν βιολογική προέλευση, όπως τα βιοαποδομήσιμα ή οργανικά απόβλητα, τα οποία περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία αγροτικών αποβλήτων και υπολειμμάτων (κοπριές, φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών, απόβλητα εκκοκκιστηρίων, βάμβακος, ελαιοπύρηνια κ.λ.π.), στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων, ιλύ βιολογικών καθαρισμών αστικών λυμάτων καθώς και βιοαποδομήσιμο κλάσμα αστικών αποβλήτων (BAA) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β). Η λειτουργία της βασίζεται στη δράση των μικροοργανισμών (βιολογικά συστήματα) και στην περίπτωση των ΑΣΑ, συνήθως μετά την μηχανική επεξεργασία, ακολουθεί η βιολογική επεξεργασία ενός εμπλουτισμένου σε βιοαποδομήσιμα υλικά κλάσματος η ποιότητα του οποίου εξαρτάται από τις επιμέρους διεργασίες της μηχανικής διαλογής (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας των ΑΣΑ, όπως κομποστοποίηση, αναερόβια χώνευση και βιολογική ξήρανση σε συνδυασμό με τη μηχανική επεξεργασία, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ορθολογική διαχείριση τους σύμφωνα με τις τάσεις που υπαγορεύονται από τις Ευρωπαϊκές Κοινοτικές Οδηγίες.

2.3.2.3.1 Αερόβιες μέθοδοι επεξεργασίας

Η βιολογική επεξεργασία της κομποστοποίησης, αφορά μια φυσική διαδικασία κατά την οποία τα οργανικά απόβλητα μέσω ρυθμιζόμενης διάσπασης ή αδρανοποίησης των οργανικών ενώσεων των απορριμμάτων, μετατρέπονται σε ένα πλούσιο οργανικό μείγμα το οποίο χρησιμοποιείται ως σταθεροποιητικό εδαφοβελτιωτικό (κόμποστ – compost). Το κόμποστ, προϊόν της κομποστοποίησης, είναι υγειονομικά ασφαλές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργειες, όπως αμπελοργαία, ανθοκομία, δενδροκομία κ.λ.π., βοηθώντας στην αύξηση της παραγωγής, καθώς εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικές ουσίες, αυξάνει το πορώδες του, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού και κατακρατεί την υγρασία (Τμήμα Περιβάλλοντος,

2012). Τα οργανικά υλικά τα οποία μπορούν να συμμετέχουν στην διαδικασία της κομποστοποίησης είναι κλαδέματα, κομμένο γρασίδι, φλούδες και υπολείμματα φρούτων, υπολείμματα από σαλάτες, στάχτη (π.χ. από τζάκι), χαρτιά κουζίνας, καφές, τσάι κ.ο.κ.



Εικόνα 2.3: Σύστημα κομποστοποίησης σε κιβώτια (αριστερά) και σε δεξαμενές (δεξιά) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012)

Η διάρκεια της κομποστοποίησης, ανάλογα με τα τεχνικά μέσα που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των βιολογικών διεργασιών, είναι από 2-8 εβδομάδες για το πρώτο στάδιο της βιοαποδόμησης και 4-12 εβδομάδες για το στάδιο ωρίμανσης. Στο πρώτο στάδιο λαμβάνουν χώρα οι μικροβιολογικές δραστηριότητες με αποτέλεσμα την αποδόμηση και την σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών και στο δεύτερο στάδιο της ωρίμανσης το υλικό αφήνεται να ωριμάσει για μεγάλο χρονικό διάστημα για παραγωγή ώριμου κόμποστ. Οι κυριότερες παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την εφαρμογή και την αποτελεσματικότητα της μεθόδου της κομποστοποίησης αφορούν το υπόστρωμα και είναι η σύσταση – αναλογία θρεπτικών συστατικών, το μέγεθος των συστατικών του, η καθαρότητα του (ύπαρξη προσμίξεων), η υγρασία, το pH, η θερμοκρασία και ο αερισμός του (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

2.3.2.3.2 Αναερόβιες μέθοδοι επεξεργασίας

Οι αναερόβιες μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας, αφορούν την ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών απορριμμάτων, με τη βοήθεια μικροοργανισμών, υπό συνθήκες απουσίας οξυγόνου (αναερόβια ζύμωση), κατά τις οποίες παράγεται σταθεροποιημένο οργανικό

υλικό (χωνεμένη ιλύς – digestate) και αέριο υψηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο, το βιοαέριο, το οποίο είναι μείγμα μεθανίου CH_4 και διοξειδίου του άνθρακα CO_2 και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας σε συστήματα θερμικής επεξεργασίας στερεών αποβλήτων. Στην περίπτωση των στερεών αποβλήτων, η αναερόβια χώνευση, αναφέρεται και ως βιοαεροποίηση (biogasification), κατά την οποία μετατρέπονται μερικώς τα στερεά απόβλητα σε αέριο (βιοαέριο), κατατάσσοντας τη μέθοδο στις διεργασίες μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια (waste to energy) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η μέθοδος αυτή συναντάται στο περιβάλλον, σε αναερόβια περιβάλλοντα, όπως Χ.Υ.Τ.Α. και Χ.Α.Δ.Α., και μπορεί να λειτουργήσει κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο τη μεγιστοποίηση του παραγόμενου μεθανίου και τον έλεγχο πιθανών περιβαλλοντικών προβλημάτων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Ελεγχόμενα, λαμβάνει χώρα σε κλειστά συστήματα – αντιδραστήρες, για χρονική περίοδο 2-3 εβδομάδων, με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, τη μείωση του όγκου των στερεών απορριμμάτων καθώς και τη βιολογική σταθεροποίηση τους. Η διαδικασία περιλαμβάνει προ-επεξεργασία των ρευμάτων αποβλήτων, αναερόβια χώνευση σε αντιδραστήρα με παράλληλη ανάκτηση βιοαερίου και επεξεργασία των υπολειμμάτων για τελική διάθεση. Στο παρελθόν η διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την επεξεργασία ρευστών κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων καθώς και της απομένουσας ιλύος από σταθμούς βιολογικού καθαρισμού, ενώ πλέον μέσω της εξέλιξης της τεχνολογίας, έχει επεκταθεί η χρήση της και στο βιοαποδομήσιμο κλάσμα των ΑΣΑ.

2.3.2.3.3 Βιολογική ξήρανση

Η ανάπτυξη της μεθόδου βιολογικής ξήρανσης αποτελεί μια παραλλαγή των προηγούμενων μεθόδων βιολογικής επεξεργασίας (αερόβιας και αναερόβιας), η οποία είναι γνωστή και ως μηχανική – βιολογική επεξεργασία, όπου η βιολογική προηγείται της μηχανικής επεξεργασίας και αποτελεί τεχνική προ-επεξεργασίας των ΑΣΑ με απώτερο στόχο την ενεργειακή τους αξιοποίηση. Σε αντίθεση με τις αερόβιες και αναερόβιες μεθόδους, όπου στόχος είναι η παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών, βιοαερίου, στερεού καυσίμου RDF, κόμποστ κλπ, η βιολογική ξήρανση στοχεύει στην παραγωγή καλής ποιότητας στερεού καυσίμου, το οποίο έχει

συγκεκριμένες προδιαγραφές ανάλογα με τον τελικό χρήστη και είναι γνωστό ως Solid Recovered Fuel - SRF (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Ειδικότερα στοχεύει στη μείωση της υγρασίας των ΑΣΑ και κατ' επέκταση του όγκου τους, στη διευκόλυνση του διαχωρισμού των μη χρήσιμων 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 βιολογική ξήρανση αποτελείται από δύο στάδια: (α) την αερόβια επεξεργασία των αποβλήτων (τα οποία συνήθως τεμαχίζονται προηγουμένως για ελάττωση του μεγέθους), κατά την οποία λαμβάνει μέρος η αποδόμηση των αποβλήτων υπό συνθήκες παρουσίας οξυγόνου και (β) το στάδιο της βιοξήρανσης ακολουθείται από μηχανική μετ-επεξεργασία (με συνδυασμούς μηχανολογικού εξοπλισμού όπως και στη συνήθη μηχανική διαλογή), προκειμένου να βελτιωθεί η σύσταση του υλικού μέσω της απομάκρυνσης μετάλλων και γενικότερα της μείωσης των μη καύσιμων υλικών (πέτρες, γυαλιά κ.λ.π.). Αποτέλεσμα είναι ένα προϊόν (SRF) με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, υγειονοποιημένο εξαιτίας των εξώθερμων αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά το στάδιο της βιοξήρανσης ($\approx 55^{\circ}\text{C}$), με σημαντική θερμογόνο δύναμη ($\approx 15\text{--}18 \text{ Mj/Kg}$) και χαμηλό ποσοστό προσμίξεων. Ανάλογα δε με την πιθανή χρήση του συχνά ζητούνται συγκεκριμένες προδιαγραφές σύστασης και τυποποίησης (pellets, fluff, κλπ) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Ένας σημαντικός παράγοντας επιρροής στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου, αποτελεί ο βαθμός ομογενοποίησης των αποβλήτων που εισέρχονται στους ξηραντήρες. Οι ξηραντήρες ή αλλιώς οι χώροι ξήρανσης ακολουθούν τρία βασικά συστήματα, αυτών που δεν περιλαμβάνουν κτιριακή υποδομή – ανοικτά συστήματα και αυτών που περιλαμβάνουν – κλειστά συστήματα. Στα ανοικτά συστήματα, εμπίπτει η μέθοδος των καλυμμένων σωρών ή αλλιώς γνωστά και ως σειράδια, ενώ στα κλειστά συστήματα, εμπίπτουν τα συστήματα τα οποία λαμβάνουν χώρο είτε σε κλειστές δεξαμενές σε βιομηχανικό κτήριο, είτε κουτιά ορθογώνιου σχήματος (bio-boxes), τα οποία είναι αεροστεγώς κλειστά ώστε να αποφεύγονται οι εκπομπές οσμών και άλλων αερίων. Στους ξηραντήρες τα απόβλητα παραμένουν για 5-14 ημέρες σε αερόβιες συνθήκες.

Η βιολογική ξήρανση στα ανοικτά συστήματα, λαμβάνει χώρα στο εξωτερικό περιβάλλον ή σε ημι-στεγασμένους χώρους. Το σύστημα των καλυμμένων σωρών ή σειραδίων, αποτελεί ένα απλό και σχετικά φθινό σύστημα το οποίο έχει εφαρμογή κυρίως σε μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις ή απόβλητα που έχουν υποστεί κάποιο βαθμό διαλογής. Τα συστήματα αυτά, συχνά εγκαθίστανται εντός των Χ.Υ.Τ.Α. και δεν περιλαμβάνουν κτιριακή υποδομή, πλην βασικών ίσως χώρων, όπως π.χ. φυλάκιο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Συνήθως οι σωροί είναι καλυμμένοι με ειδική μεμβράνη, η οποία είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτρέπει την έξοδο οσμών, να προστατεύει από την είσοδο νερών της βροχής, αλλά να επιτρέπει την έξοδο του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και των υδρατμών που παράγονται από τη διαδικασία. Η χορήγηση οξυγόνου στη σωρό γίνεται μέσω κατάλληλων συστημάτων (φουσητήρων) οι οποίοι αποτελούνται από σύστημα διάτρητων σωλήνων εξασφαλίζοντας τη διασπορά του οξυγόνου σε όλη τη μάζα των απορριμμάτων. Το σταθεροποιημένο υλικό, το οποίο προκύπτει μετά την ολοκλήρωση της ξήρανσης, μπορεί να οδηγηθεί προς δεματοποίηση και κατόπιν στο Χ.Υ.Τ. ή προς μηχανική διαλογή για την ανάκτηση υλικών και την παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου, SRF (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η μέθοδος βιολογικής ξήρανσης σε κλειστές ή ενιαίες δεξαμενές σε βιομηχανικό κτήριο, λαμβάνει χώρα σε κλειστή ενιαία δεξαμενή, εντός βιομηχανικού κτηρίου, μέσα στην οποία τα απορρίμματα έρχονται σε εξαναγκασμένη επαφή με ρεύμα αέρα για δημιουργία αντιδράσεων αερόβιας αποικοδόμησης του οργανικού κλάσματος. Η δεξαμενή περιλαμβάνει τις διεργασίες της υποδοχής – δοσομέτρησης, τον τεμαχισμό, τη βιολογική ξήρανση και τη μηχανική μεταεπεξεργασία. Το σταθεροποιημένο υλικό που προκύπτει, αφού απαλλαχθεί από τις οσμές εισέρχεται στο σύστημα δεματοποίησης, για μείωση του όγκου του και μεταφέρεται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Εναλλακτικά στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η παραγωγή SRF, με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση, γίνεται μηχανική διαλογή υλικών, από την οποία επιλέγεται κλάσμα υλικών το οποίο οδηγείται προς αεροδιαχωρισμό για την ανάκτηση χαρτιού, πλαστικού, ΔΞΥΛ, υλικών υψηλού ενεργειακού περιεχομένου, τα οποία μπορούν να διατεθούν ως δευτερογενές καύσιμο.

Η βιολογική ξήρανση σε βιομηχανικό κτήριο εντός διαμερισμάτων, τα οποία είναι κουτιά ορθογώνιου σχήματος (bio-boxes), έχει αρκετές ομοιότητες με τη μέθοδο της ενιαίας δεξαμενής, με τη διαφορά ότι η ξήρανση δε γίνεται σε ενιαία δεξαμενή, αλλά σε τσιμεντένια ή μεταλλικά διαμερίσματα – κουτιά, όπου η εισαγωγή αέρα γίνεται μέσω κατάλληλου δαπέδου με παρακολούθηση της θερμοκρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα CO₂. Στα κουτιά αυτά η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει σε μια ημέρα στους 50°C και να παραμείνει σε αυτά τα επίπεδα για 5-10 ημέρες, το οποίο επιταχύνει τις βιολογικές διεργασίες. Έτσι, ενώ διασφαλίζεται η εξέλιξη των βιολογικών διεργασιών επιτυγχάνεται και η απουσία οσμών με τη χρήση των κουτιών (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Όπως και στις προηγούμενες μεθόδους το παραγόμενο βιοσταθεροποιημένο υλικό, οδηγείται είτε προς δεματοποίηση για σκοπούς υγειονομικής ταφής είτε προς περαιτέρω επεξεργασία για παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου SRF.

2.3.2.4 Μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας

Οι τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας μπορούν να οριστούν ως οι διαδικασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την μετατροπή των ΑΣΑ σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη αποδέσμευση θερμικής ενέργειας. Οι στόχοι της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ είναι η σταθεροποίηση και μείωση του όγκου που οδηγείται προς τελική διάθεση καθώς και η ανάκτηση ενέργειας. Μπορεί να τύχει εφαρμογής σε σύμμεικτα ανεπεξέργαστα απορρίμματα ή στο υψηλής θερμογόνου αξίας προϊόν RDF/SRF, το οποίο αποτελεί παραγόμενο προϊόν της βιολογικής επεξεργασίας. Οι κύριες μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας είναι η αποτέφρωση, η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η τεχνολογία πλάσματος.

2.3.2.4.1 Αποτέφρωση

Η αποτέφρωση (πλήρης καύση) (Incineration – Combustion), ορίζεται ως η ταχεία μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική, με οξείδωση της οργανικής ύλης των ΑΣΑ. Αποτελεί την πιο διαδεδομένη ιστορικά διαδικασία θερμικής επεξεργασίας, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών (850–1500 °C), με παρουσία φλόγας για την οξείδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, δηλαδή την ένωση τους με το οξυγόνο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Στόχος της είναι η μείωση του όγκου των απορριμμάτων προς τελική διάθεση και η εξάτμιση,

αποσύνθεση ή/και καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων. Κατά την αποτέφρωση εκτός των τυπικών προϊόντων καύσης (CO_2 , ατμός, CO) παράγεται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων και μια σειρά άλλων ουσιών όπως SO_2 , NO_x , KCl , HF , PAH κ.λ.π. Παραμένουν επίσης στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 25-40% του βάρους των εισερχόμενων αποβλήτων.



Εικόνα 2.4: Μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ στο Άμστερνταμ και στην Βιέννη

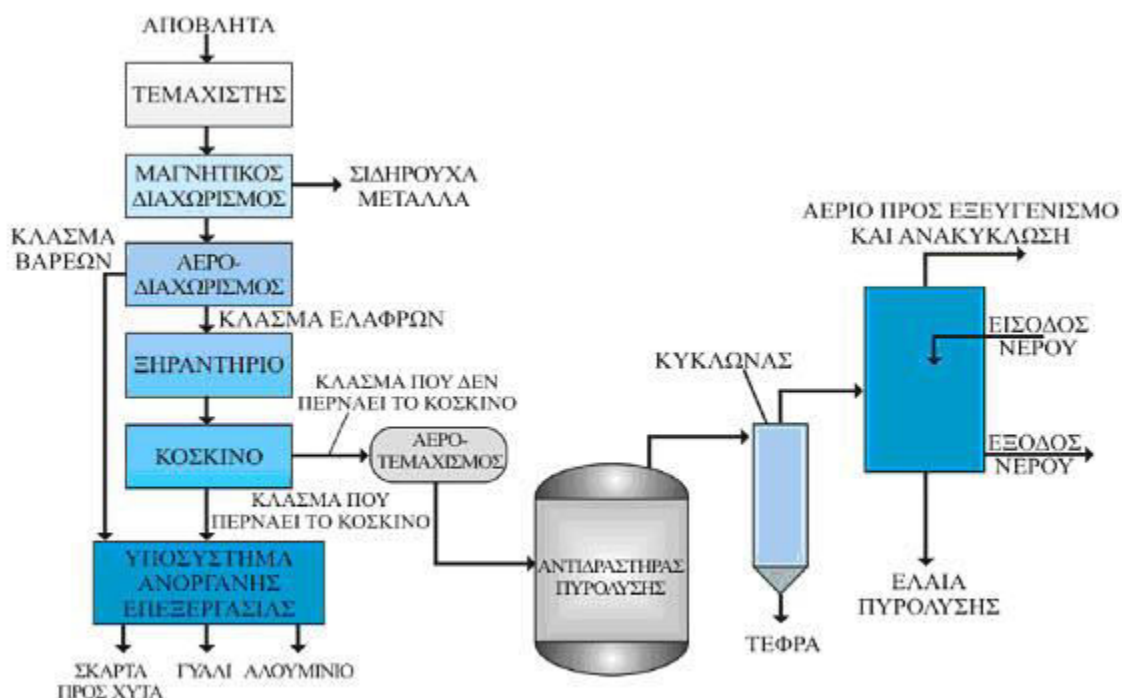
Η μέθοδος της αποτέφρωσης εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα με περίπου 600 μονάδες να λειτουργούν παγκοσμίως, οι οποίες σχεδιάζονται ώστε να επεξεργάζονται είτε σύμμεικτα απόβλητα είτε εναλλακτικά καύσιμα που προέρχονται από την επεξεργασία αποβλήτων (RDF/SRF). Για την επεξεργασία των σύμμεικτων αποβλήτων χρησιμοποιείται το σύστημα κινούμενων εσχάρων ενώ οι άλλοι τύποι συστημάτων καύσης χρησιμοποιούνται συνήθως για την αποτέφρωση επεξεργασμένων ρευμάτων αποβλήτων. Οι μονάδες αποτέφρωσης διακρίνονται ανάλογα με τον τύπο του συστήματος καύσης σε κινούμενων εσχάρων, περιστρεφόμενου κλιβάνου, ρευστοποιημένης κλίνης και ανάλογα με το σύστημα ελέγχου της ρύπανσης σε υγρή/ξηρή επεξεργασία αεαρίων, σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα, πλυντρίδες κ.α.

Παρόλο που θεωρείται αποδοτική ως τελική λύση διαχείρισης, εντούτοις περιλαμβάνει περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά την επιλογή της (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β), οι οποίες αφορούν κυρίως τα παραγόμενα αέρια

καύσης. Επομένως η χρήση της αντιμετωπίζει αυστηρά νομοθετικά όρια στις τιμές των εκπομπών το οποίο οδηγεί στη συνεχή ανάπτυξη της τεχνολογίας των συστημάτων καύσης και επεξεργασίας των παραγόμενων αερίων. Ο ευρεία εφαρμοσμένος τρόπος αξιοποίησης της θερμότητας που παράγεται από τη διαδικασία της αποτέφρωσης είναι η παραγωγή ατμού, ο οποίος συνήθως διοχετεύεται σε αμοστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται είτε σε γειτονικές βιομηχανικές μονάδες, είτε σε αστικά κέντρα για σκοπούς τηλεθέρμανσης (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

2.3.2.4.2 Πυρόλυση

Η θερμική επεξεργασία της πυρόλυσης, ορίζεται ως η θερμική αποσύνθεση ενός υλικού σε συνθήκες μερικής οξειδωσης, απουσίας οξειδωτικού μέσου (π.χ. αέρα ή οξυγόνου). Στην περίπτωση των ΑΣΑ είναι η μέθοδος η οποία οδηγεί σε αποδόμηση των οργανικών υλικών των απορριμμάτων και βασίζεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες οργανικές ουσίες είναι ασταθείς θερμικά και κατά τη διαδικασία της θέρμανση τους, σε απουσία οξυγόνου διαχωρίζονται μέσω ενός συνδυασμού θερμικής διάσπασης και συμπύκνωσης σε αέρια, υγρά και στερεά κλάσματα. Η θέρμανση των οργανικών ουσιών μέσα σε ατσάλινους αγωγούς γίνεται σε θερμοκρασίες 400-800 °C, χωρίς άμεση επαφή με τη φλόγα, με αποτέλεσμα τα πολύπλοκα μόρια να διασπώνται σε απλούστερα. Από τη διεργασία της πυρόλυσης παράγονται αέρια προϊόντα, υγρά προϊόντα και πίσσα, τα οποία μπορούν να έχουν πολλαπλές χρήσεις, ενώ η ακριβής φύση τους εξαρτάται από τη φύση του (αρχικού) καυσίμου. Ωστόσο, για καύσιμα βασισμένα σε αστικά απορρίμματα, η πιο συχνή χρήση του παραγόμενου αερίου είναι ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).



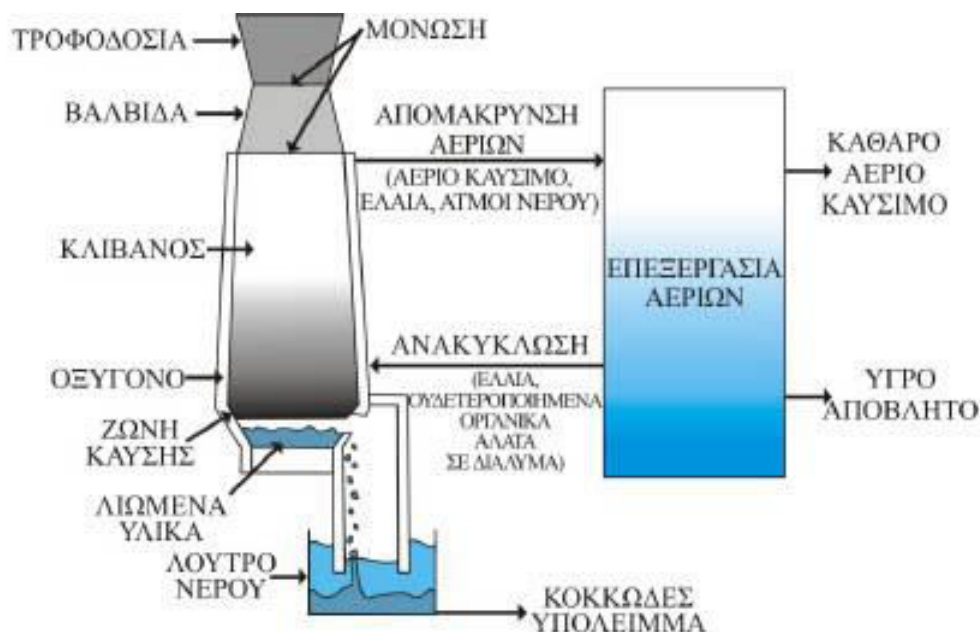
Εικόνα 2.5: Διεργασία Πυρόλυσης (Νταράκας, 2014)

Η πυρόλυση σε αντίθεση με την αποτέφρωση και την αεριοποίηση είναι ισχυρά ενδόθερμη και για τη διεξαγωγή της απαιτείται εξωτερική πηγή ενέργειας. Ενδείκνυται κυρίως για την επεξεργασία επεξεργασμένων ΑΣΑ (δευτερογενή καύσιμα) και λιγότερο για σύμμεικτα ΑΣΑ. Επίσης σε σχέση με την αεριοποίηση, η πυρόλυση παράγει αέριο με θερμική επεξεργασία απορριμμάτων, απουσία αέρα και εφόσον πρόκειται για ΑΣΑ, σε πρώτη φάση εκπονείται άλεση του υλικού και διαχωρισμός των ανόργανων ουσιών με κοσκίνισμα και κατόπιν οδηγείται σε πυρόλυση το κλάσμα του οποίου το μέγεθος είναι κάτω των 200mm. Η πυρόλυση γίνεται σε κοινούς αποτεφρωτές, όπου αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την αποτέφρωση, έχοντας όμως τις ίδιες δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας και παράλληλα παραγωγής αέριων και υγρών καυσίμων. Το παραγόμενο στερεό προϊόν μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω για την ανάκτηση υλικών, ενώ για την εφαρμογή της πυρόλυσης απαιτείται προ-επεξεργασία των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού κ.α.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να υπάρχει μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων.

Η εφαρμογή της πυρόλυσης διεθνώς, αναπτύχθηκε τέλη του 19^{ου} αιώνα και μόλις τα τελευταία 20-30 χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία των ΑΣΑ. Δεν αποτελεί ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και της οικονομικής βιωσιμότητας της. Παρόλα αυτά, μη Ευρωπαϊκές χώρες, όπως Ιαπωνία, διαθέτουν εγκαταστάσεις πυρόλυσης, οι οποίες λειτουργούν αποδοτικά εδώ και πολλά χρόνια, γεγονός το οποίο πιθανότατα οφείλεται στις διαφορές των χαρακτηριστικών των ΑΣΑ (π.χ. ως προς το ποσοστό του οργανικού κλάσματος και τη θερμογόνο δύναμη τους), σε σχέση με εκείνα των Ευρωπαϊκών χωρών (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις εγκαταστάσεις πυρόλυσης οφείλονται κυρίως στις εκπομπές αέριων, υγρών και στερεών ρύπων, οι οποίες σε σχέση με την αποτέφρωση είναι μικρότερης κλίμακας.

2.3.2.4.3 Αεριοποίηση

Η διαδικασία αεριοποίησης (Gasification) είναι η διαδικασία θερμικής μετατροπής, σε θερμοκρασίες άνω των 750 °C, της οργανικής ύλης σε αέριο σύνθεσης αποτελούμενο κυρίως από διοξείδιο του άνθρακα CO₂ και υδρογόνο H₂. Στόχος της είναι η επεξεργασία στερεών απορριμμάτων προς παραγωγή αέριου καυσίμου (αέριο σύνθεσης - Synthesis Gas) και αδρανούς υαλώδους στερεού υπολείμματος. Το αέριο σύνθεσης παρουσιάζει θερμικό περιεχόμενο (περίπου 10MJ/Nm³) και είναι πλούσιο σε H₂ και κορεσμένους υδρογονάνθρακες, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά διάφορους τρόπους, όπως, καύση για παραγωγή ατμού (καύσιμο σε λέβητες), τροφοδοσία μηχανής εσωτερικής καύσης, κίνηση αεριοστρόβιλου, διοχέτευση στο αστικό δίκτυο αερίου, παροχή σε βιομηχανία και παροχή σε βιομηχανία ατμοπαραγωγής.



Εικόνα 2.6: Διεργασία αεριοποίησης (Νταράκας, 2014)

Η διαδικασία αεριοποίησης αποτελεί, θεωρητικά το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης κατά το οποίο, το υπολειμματικό κωκ της πυρόλυσης οξειδώνεται σε θερμοκρασίες άνω των 800 °C, παρουσία περιορισμένων ποσοτήτων οξυγόνου. Η αεριοποίηση όπως και η πυρόλυση, μπορούν να αποτελέσουν τμήμα ή το σύνολο της θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ. Οι ομοιότητες τους, έχουν να κάνουν με την μετατροπή των ΑΣΑ σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, παρουσιάζοντας όμως μια βασική διαφορά, η πυρόλυση κατά την εφαρμογή της χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερες αντιδράσεις της θερμικής διάσπασης των ΑΣΑ, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου, ενώ η αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη, χωρίς τη χρήση εξωτερικής πηγής ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης, ενώ χρησιμοποιεί πρόσθετο αέριο καύσιμο (π.χ. αέρα ή οξυγόνο, ατμό, άνθρακα) για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα.

Η εφαρμογή της αεριοποίησης είναι σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, ιδίως για την επεξεργασία ΑΣΑ. Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμένης κλίμακας εφαρμογές σε επιλεγμένα ρεύματα αποβλήτων, ενώ θεωρείται υποσχόμενη μέθοδος για το μέλλον, με μονάδες εφαρμογής στην Ιαπωνία (Chiba) από το 2000 και στην Ιταλία (αεριοποίηση σε ρευστοποιημένη

κλίνη - Greve-in-Chianti). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις εγκαταστάσεις αεριοποίησης οφείλονται κυρίως στις εκπομπές αέριων, υγρών και στερεών ρύπων, οι οποίες σε σχέση με την αποτέφρωση είναι μικρότερης κλίμακας.

2.3.2.4.4 Τεχνολογία Πλάσματος

Η τεχνολογία αεριοποίησης πλάσματος χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια μεμονωμένα για την αδρανοποίηση του υπολείμματος από τις μονάδες συμβατικής καύσης αλλά και την επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων, όπως νοσοκομειακά και βιομηχανικά. Έχει ως στόχο την επεξεργασία στερεών απορριμμάτων προς παραγωγή καύσιμου αερίου γνωστού ως αέριο σύνθεσης και αδρανούς υαλώδους στερεού υπολείμματος. Το πλάσμα είναι η «τέταρτη κατάσταση» της ύλης και αποτελεί ένα ιονισμένο αέριο το οποίο έχει την ικανότητα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Δημιουργείται όταν ένα κοινό αέριο, όπως ο αέρας, υποβληθεί σε πολύ υψηλή θερμοκρασία (μέχρι και 5000 °C), κατά την οποία τα αέρια μόρια οδηγούνται σε προσκρούσεις υψηλής ενέργειας με φορτισμένα ηλεκτρόνια, παράγοντας θερμότητα και ένα τόξο φωτός, παρόμοιο με αστραπή που ονομάζεται πλάσμα (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Η επεξεργασία ΑΣΑ με εφαρμογή της τεχνικής πλάσματος, αφορά την αεριοποίηση / υαλοποίηση του περιεχομένου των εισερχόμενων στερεών αποβλήτων, υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών, όπου το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζεται αέριο σύνθεσης και απαέρια. Οι διακριτικοί τύποι διεργασιών με πλάσμα που προωθούνται για την επεξεργασία αποβλήτων είναι η πυρόλυση με την τεχνική του πλάσματος, η καύση – αποτέφρωση με την τεχνική του πλάσματος (επίσης ονομάζεται και αποτέφρωση πλάσματος ή οξειδωση πλάσματος), η υαλοποίηση με την τεχνική του πλάσματος, η αεριοποίηση με την τεχνική του πλάσματος (με δύο διακριτά διαφορετικούς τρόπους) και ο καθαρισμός με χρήση πλάσματος (χρήση πλάσματος για καθαρισμό απαερίων) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Οι κύριες διαφορές μεταξύ αυτών των μεθόδων παρουσιάζονται στην αναλογία αέρα που χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία των αποβλήτων και στη φύση των εξερχόμενων προϊόντων (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή

της τεχνολογίας του πλάσματος στα στερεά απόβλητα, είναι, αέριο σύνθεσης, αδρανές υλικό υαλώδους μορφής, απαέρια και υγρά απόβλητα.

Η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος, βασίζεται κυρίως στην παραγωγή αερίου το οποίο 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, κάνοντας δυνατές χημικές αντιδράσεις, οι οποίες δεν μπορούν να ενεργοποιηθούν από τις εξώθερμες αντιδράσεις των συμβατικών διαδικασιών καύσης. Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής δεν υπάρχει σε εμπορική κλίμακα στην Ε.Ε., το οποίο οφείλεται κυρίως στην πολυπλοκότητα της σύστασης των σύμμεικτων ΑΣΑ, αλλά υπάρχουν παγκοσμίως εγκαταστάσεις οι οποίες τη χρησιμοποιούν για την επεξεργασία στερεών αποβλήτων, π.χ. στις πόλεις Mihama και Mikata στην Ιαπωνία υπάρχει μονάδα πλάσματος για την επεξεργασία ΑΣΑ.

2.3.2.4.5 Μηχανική – Θερμική επεξεργασία

Η μηχανική – θερμική επεξεργασία χρησιμοποιεί μηχανικές και θερμικές διατάξεις, περιλαμβανομένων και των βασικών τεχνολογιών που βασίζονται στον ατμό. Ο σκοπός της χρήσης όλων αυτών των διαδικασιών είναι ο διαχωρισμός του σύμμεικτου ρεύματος αποβλήτων σε πολλά επιμέρους μέρη, παρέχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα για περισσότερες επιλογές για ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών, καθώς και για βιολογική επεξεργασία σε ορισμένες περιπτώσεις (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Οι εν λόγω διαδικασίες επιτυγχάνουν αποστείρωση των αποβλήτων με την καταστροφή των βακτηριδίων, καθώς επίσης μειώνουν και το ποσοστό της υγρασίας σε αυτά και χωρίζονται σε δύο στάδια: (α) αρχικός μηχανικός διαχωρισμός – θερμικής επεξεργασίας, κατά τον οποίο πραγματοποιείται μηχανικός διαχωρισμός (π.χ. αφαίρεση ογκωδών αντικειμένων) και τεμαχισμός για ομογενοποίηση των απορριμμάτων και (β) θερμική επεξεργασία, όπου όλες οι θερμικές και μηχανικές διαδικασίες κάνουν χρήση θερμότητας ή ατμού (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

2.3.3 Ενεργειακή αξιοποίηση Αστικών Στερεών Αποβλήτων σε διεθνές επίπεδο

Η ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ (waste-to-energy) αφορά τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας με τη μορφή καυσίμων ηλεκτρικής ενέργειας ή/και θερμότητας από την επεξεργασία αυτών. Η διαδικασία αυτή προήλθε από τη διεθνή συνεχή αύξηση παραγωγής αστικών αποβλήτων, τη μείωση των φυσικών πόρων και τα εμφανή μειονεκτήματα και επιπτώσεις των συμβατικών μεθόδων διαχείρισης. Έτσι τα αστικά απόβλητα αντιμετωπίστηκαν ως πόρος, τα οποία με την κατάλληλη διαχείριση, έλεγχο των ρυπογόνων επιπτώσεων αυτών στο περιβάλλον και το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, έχουν την ευκαιρία να μετατραπούν σε πολύτιμο πόρο και καύσιμο για τη δημιουργία ενός αειφόρου αστικού ενεργειακού μείγματος του μέλλοντος (World Energy Council, 2013). Αυτό οδήγησε στη ραγδαία εξέλιξη των τεχνολογιών ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων, με ανάπτυξη των μεθόδων μηχανικής, βιολογικής και θερμικής επεξεργασίας για την αξιοποίηση των ΑΣΑ με σκοπό την παραγωγή καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρονική εξέλιξη αποτυπώνεται στην αύξηση της τάξης του 186%, των επενδυτικών κεφαλαίων, ιδιωτικών και μη, στον τομέα της ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ – σε συνδυασμό με τη βιομάζα – μεταξύ του 2011 και 2012, η οποία αντιστοιχεί σε επένδυση ύψους 1 δις δολαρίων παγκοσμίως (World Energy Council, 2013).

Παρά τη ραγδαία εξέλιξη του τομέα ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ, και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται προς αυτό το σκοπό, καταγράφονται προκλήσεις περιβαλλοντικής, οικονομικής, κοινωνικής και τεχνολογικής φύσεως. Οι προκλήσεις αυτές οφείλονται κυρίως στην ανομοιογένεια σύνθεσης των ΑΣΑ, την πολυπλοκότητα σχεδιασμού των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και των αέριων ρυπογόνων εκπομπών, το οποίο καθιστά απαραίτητο την περαιτέρω εξέλιξη των τεχνολογιών για σκοπούς βέλτιστης εφαρμογής και αποδοχής. Πέρα όμως από τα θέματα που χρήζουν επίλυσης, τα απόβλητα μπορούν να αποτελέσουν μια ελκυστική επένδυση, δεδομένου ότι τα ΑΣΑ αποτελούν ένα καύσιμο το οποίο δεν έχει οικονομικό κόστος απόκτησης, σε αντίθεση με άλλα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για παραγωγή ενέργειας (World Energy Council, 2013). Για αυτό και σε διεθνές επίπεδο παρατηρείται η ολοένα αύξηση της χρήσης των μεθόδων ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ με

εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας να υπάρχουν σε 35 χώρες στον κόσμο, με την Ευρώπη να αποτελεί πρωτοπόρο σε αυτή την προσπάθεια (Καραγιαννίδης, 2006). Τα παγκόσμια δεδομένα δεικνύουν ότι το 2004 επεξεργάζονταν με θερμική επεξεργασία περίπου 130 εκατομμύρια τόνοι ΑΣΑ ετησίως σε περισσότερες από 600 εγκαταστάσεις, ενώ από το 1995 η συνολική παγκόσμια δυναμικότητα των μονάδων θερμικής επεξεργασίας αυξήθηκε κατά 16 εκατομμύρια τόνους ΑΣΑ (Καραγιαννίδης, 2006).

2.3.3.1 Ευρώπη

Στο χάρτη πορείας προς μια ενεργειακά αποδοτική Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2011), οραματίζεται ότι το 2020, τα απόβλητα θα αντιμετωπίζονται ως πόρος, η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων θα έχουν γίνει μια οικονομικά ελκυστική επιλογή, η ανάκτηση ενέργειας θα περιορίζεται σε μη ανακυκλώσιμα υλικά και η ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων όπως την γνωρίζουμε θα έχει εξαιρεθεί. Έτσι η νέα πολιτική αντιμετωπίζει τους χώρους ταφής (landfill) αποβλήτων από ένα σημαντικό κόστος για την κοινωνία, ως μια ευκαιρία αποκατάστασης των πόρων (Tom Jones et al., 2013). Ως απόθεμα προς αυτή την προσπάθεια, καταγράφονται στην Ε.Ε. 150.000-500.000 συνολικά ενεργοί χώροι ταφής αποβλήτων, από τους οποίους μπορούν να εξασφαλισθούν σημαντικές ροές δευτερογενών υλικών και ενέργεια (Tom Jones et al., 2013). Έτσι σε συνδυασμό με την πολιτική της Ε.Ε., η Ευρώπη αποτελεί πρωτοπόρο στην ενεργειακή αξιοποίηση ΑΣΑ. Δεδομένα από 18 ευρωπαϊκές χώρες δεικνύουν ότι το 2000 υπήρχαν 304 μονάδες καύσης ΑΣΑ (Καραγιαννίδης, 2006), οι οποίες το 2012 αυξήθηκαν σε 455 σε σύγκριση με τις ΗΠΑ, όπου ο αντίστοιχος συνολικός αριθμός, για το 2012, ήταν 86 (ISWA, 2012).

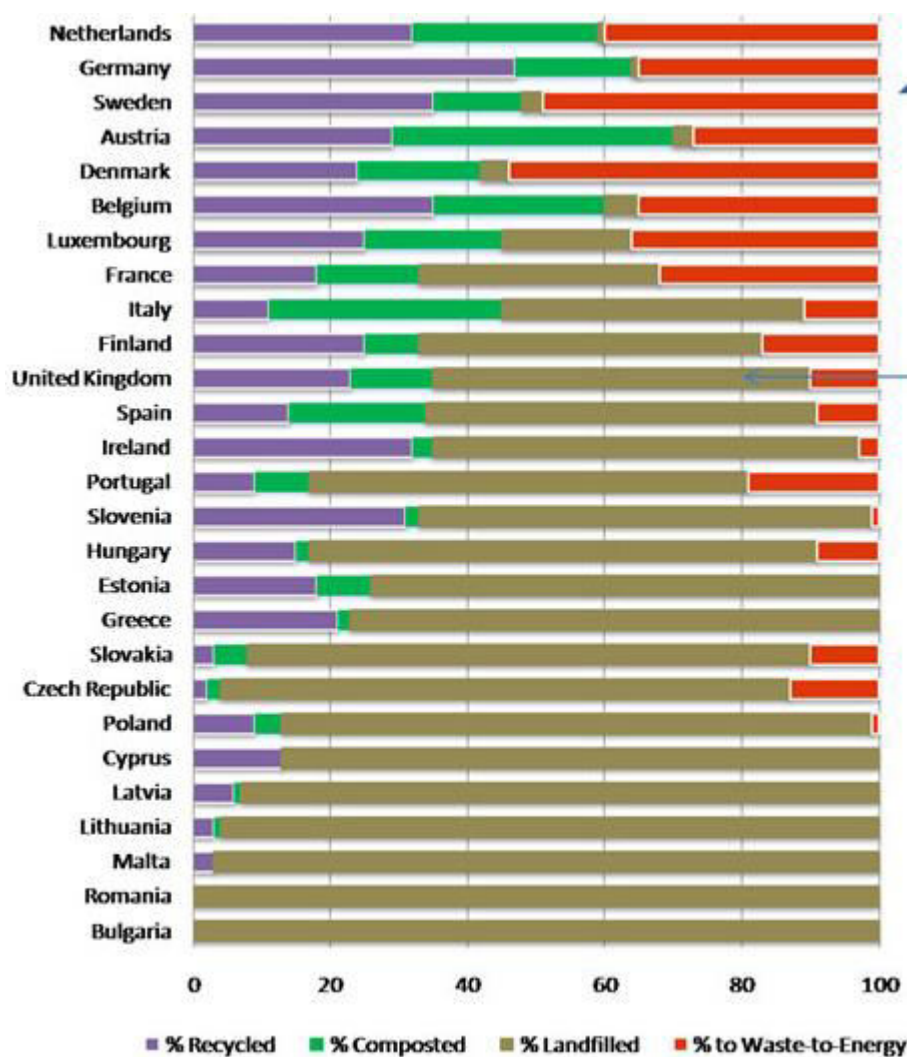
Η συνεχής εξέλιξη της ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ σε ευρωπαϊκό επίπεδο, εκτιμάται ότι μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της πολιτικής της Ε.Ε. για το 2020 και συγκεκριμένα όσον αφορά το στόχο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έτσι ώστε να καλύπτουν το 20% του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2020. Τα δεδομένα δείχνουν, ότι το 2010 οι ευρωπαϊκές εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων, προμήθευσαν περίπου 50 TWh (50 δις kWh), το οποίο αναμένεται ότι θα αυξηθεί μέχρι το 2020

σε ένα επίπεδο τουλάχιστον 67 TWh (67 δις kWh) και ενδεχομένως σε 98 TWh (98 δις kWh) (CEWER, 2013). Αυτό αποτελεί σημαντική προοπτική για κάλυψη των στόχων που έχουν τεθεί ενώ υπάρχουν προοπτικές, ώστε το συνολικό ποσό ενέργειας (ανανεώσιμες και με συστατικά άνθρακα) που παράγεται από τις εν λόγω εγκαταστάσεις, να διπλασιαστεί και να φθάσει τα 196 TWh το 2020, το οποίο είναι αρκετό για να προμηθεύσει 45 εκατ. κατοίκους με ηλεκτρισμό και 24 εκατ. κατοίκους με θερμότητα, το οποίο συνεπάγεται ότι, 9-44 εκατ. τόνοι ορυκτών καυσίμων, μπορούν να αντικατασταθούν σε ετήσια βάση, με αντίστοιχη μείωση των αέριων εκπομπών CO₂ της τάξης των 22-44 εκατ. τόνων (CEWER, 2013).

Παρόλα αυτά, υπάρχει ακόμα δρόμος για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί για την ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων, καθώς σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες η διαδικασία της αποτέφρωσης - καύσης (incineration) είναι η κυρίαρχη τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης (Καραγιαννίδης, 2006), παραβλέποντας τις υπόλοιπες τεχνολογίες, ενώ σε άλλα κράτη (π.χ. Κύπρος, Ελλάδα) η εφαρμογή τους απουσιάζει πλήρως και η τελική διάθεση αποτελεί κυρίαρχη μέθοδο διαχείρισης ΑΣΑ (στην Αγγλία και Ιταλία το 80% των ΑΣΑ καταλήγουν σε χώρους ταφής) (Καραγιαννίδης, 2006). Η πλειοψηφία των μονάδων αποτέφρωσης, υφίστανται στη Γερμανία, Ιταλία και Γαλλία (συγκεντρώνουν το 63% των συνολικών μονάδων στην Ε.Ε), ενώ στις χώρες της Δανίας, Σουηδίας και Λουξεμβούργου, αποτεφρώνονται οι περισσότερες ποσότητες αποβλήτων στην Ε.Ε., με ποσότητες από 365, 226 και 240 kg/κάτοικο αντίστοιχα.

Η μεγαλύτερη μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων βρίσκεται στο Άμστερνταμ, με δυναμικότητα 1,5 Mt-ΑΣΑ/έτος και παραγωγής 500 GWh (Καραγιαννίδης, 2006), μετατρέποντας το 99% των 1.4 εκατ. τόνων αποβλήτων το οποίο καταλήγει στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας της, σε ενέργεια και πρώτες ύλες. Η ενέργεια που παράγει εξυπηρετεί τις ανάγκες 285.000 νοικοκυριών, το οποίο αντιστοιχεί στο 75% των νοικοκυριών στο Άμστερνταμ και επίσης εξυπηρετεί τις θερμικές ανάγκες (θέρμανσης και ζεστού νερού), 15.500 νοικοκυριών. Αντίστοιχη μονάδα στην Μπρέσια, της Ιταλίας μετατρέπει 750.000 τόνους απορριμμάτων και βιομάζας το χρόνο σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια η οποία εξυπηρετεί τις ανάγκες θέρμανσης του 75% των κατοίκων της πόλης (CEWER,2013). Ενώ μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ

στη Βιέννη (Spittelau), μετατρέπει κάθε χρόνο 250.000 τόνους αποβλήτων σε ηλεκτρική ενέργεια, τηλεθέρμανση και πρώτες ύλες, εξυπηρετώντας τις ανάγκες θέρμανσης περισσότερων από 60.000 νοικοκυριών ανά έτος. Τέλος, αναφέρεται ότι στη Γαλλία 50% του δικτύου θέρμανσης του Παρισιού, προμηθεύεται ενέργεια από τρεις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από απόβλητα (St Ouen, Issy-les-Moulineaux και Ivry/Seine), οι οποίες επεξεργάζονται αστικά απόβλητα τα οποία δεν είναι κατάλληλα για ανακύκλωση, των 5.7 εκατ. κατοίκων του Παρισιού, αποτρέποντας την κατανάλωση 300.000 τόνων πετρελαίου και την απελευθέρωση 900.000 τόνων CO₂ στην ατμόσφαιρα, κάθε χρόνο (CEWEP,2013).



Διάγραμμα 2.3: Εφαρμογή βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων για διάφορα κράτη (2008) (Themelis and Mussche, 2013)

Το κόστος λειτουργίας των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων που συναντώνται στην Ευρώπη, ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, με μέσο κόστος επεξεργασίας €60-120/τόνο (Καραγιαννίδης, 2006). Επίσης, το είδος της παραγόμενης ενέργειας εξαρτάται από την τοπική ζήτηση και τις διαθέσιμες τεχνολογίες, με περίπου το 70% να χρησιμοποιείται για κεντρική θέρμανση και το υπόλοιπο 30% για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Καραγιαννίδης, 2006). Η χρήση της τεχνολογία της αποτέφρωσης, αντιμετώπισε όμως αυστηρότατα όρια εκπομπών ρύπων τα οποία θεσπίστηκαν με την ευρωπαϊκή οδηγία του 1996 (Καραγιαννίδης, 2006), το οποίο οδήγησε μεταξύ άλλων σε πρόοδο εφαρμογής νέων τεχνολογιών για παραγωγή ενέργειας από απόβλητα και συγκεκριμένα σε εφαρμογή μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας, με μονάδες που παράγουν, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν, ανακυκλώσιμα υλικά (μηχανική επεξεργασία), κόμποστ (αερόβια μέθοδος), Refused Derived Fuel (RDF) (μηχανική επεξεργασία), βιοαέριο (αναερόβια μέθοδος) και Solid Recovered Fuel (SRF) (βιολογική ξήρανση).

Επικρατέστερη των νέων μεθόδων εμφανίζεται να είναι η μέθοδος της κομποστοποίησης (αερόβια επεξεργασία) και κυρίως σε χώρες της νότιας Ευρώπης (Αυστρία, Ιταλία, Ολλανδία, Λουξεμβούργο, Βέλγιο, Γερμανία κ.ο.κ.) με συνολικό αριθμό εγκαταστάσεων 2.100 στις χώρες μέλη της Ε.Ε.–27. Όσον αφορά την αναερόβια επεξεργασία, καταγράφονται συνολικά 800 μονάδες παραγωγής βιοαερίου το 2014 με δυναμικότητα 900MWeI, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν σε αριθμό πάνω από 1.450 και δυναμικότητα 1.750MWeI, το 2023. Η παραγωγή RDF, εμφανίζεται κυρίως στα κράτη-μέλη τα οποία επιτυγχάνουν ήδη σχετικά υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης και κομποστοποίησης (π.χ. Αυστρία, Γερμανία, Ολλανδία και Φινλανδία), όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 2.10, καθώς τα υψηλά ποσοστά διαχωρισμού στην πηγή, αφήνουν τα μη ανακυκλώσιμα υπολείμματα που είναι κατάλληλα για παραγωγή RDF, με συνολικές ποσότητες παραγωγής στην Ε.Ε. να ανέρχονται σε περίπου 3 εκατ. τόνους RDF (European Commission, 2003). Συγκεκριμένα στη Φινλανδία, το RDF παράγεται από οικιακά απόβλητα διαχωρισμένα στην πηγή, απόβλητα από εμπορικές, βιομηχανικές και κατασκευαστικές εργασίες καθώς και από κατεδαφίσεις. Στην Αυστρία, Γερμανία και Ιταλία, το RDF παράγεται σε μονάδες MBE, από διάφορες πηγές αποβλήτων (ΑΣΑ, απόβλητα ξύλου, απόβλητα από εμπορικές επιχειρήσεις, βιομηχανικά απόβλητα, λυματολάσπη, κλπ) (European Commission, 2003). Οι

παραγόμενες ποσότητες RDF από ΑΣΑ στην Ευρώπη, αναμένεται να αυξηθούν βάσει του Πίνακα 2.11.

Πίνακας 2.10: Παραγωγή RDF από ΑΣΑ, στις χώρες μέλη της Ε.Ε., 2001 (European Commission, 2003)

Χώρα	Τύπος και αριθμός εργοστασίου ^{α)}	Εισερχόμενα Απόβλητα		Παραγωγή Κανσίμων
		Χωρητικότητα (x10 ³ tpa)	Ποσότητα επεξεργασίας (x10 ³ tpa)	Παραγόμενη Ποσότητα (x10 ³ tpa)
Αυστρία	10 MBE (+2)	240 (+60)	340 ^{δ)}	70
Βέλγιο ^{ε)}	1+(4 MBE)	NI +(600)	-	NI +(240-300)
Δανία	- ^{γ)}	-	-	-
Φιλανδία	12 + (8)	200-300	140-300 ^{στ)}	40-90 ^{β)}
Γαλλία	- ^{γ)}	-	-	-
Γερμανία	14 MBE	1,100	NI	330 ^{β)}
Ελλάδα	-	-	-	-
Ιρλανδία	-	-	-	-
Ιταλία	16 MBE + 6 +(3)	1,500 + NI	1,000 + NI	300 ^{β)}
Λουξεμβούργο	-	-	-	-
Ολλανδία	13 (+12)	2,000 (+1,300)	2,000	700
Πορτογαλία	-	-	-	-
Ισπανία	NI	NI	NI	NI
Σουηδία ^{γ)}	NI	NI	NI	1,350 ^{ς)}
Ηνωμένο Βασίλειο	3	250	250	90
Σύνολο Ε.Ε.	>50	>5,500	>3,700	≈ 3,000

Σημειώσεις:

α) Μονάδες παραγωγής RDF υπό κατασκευή ή προγραμματισμένες δίνονται σε παρενθέσεις.

β) Αν υποθέσουμε ένα ποσοστό παραγωγής RDF 30%.

γ) Διακοπή παραγωγής RDF για οικονομικούς λόγους.

δ) Συμπεριλαμβανομένων των ΑΣΑ, λυματολάσπη, απόβλητα ξύλου και εμπορικά απόβλητα

ε) Τα αριθμητικά στοιχεία για την περιφέρεια της Φλάνδρας - δεν υπάρχει αναφορές για παραγωγή RDF από ΑΣΑ στην περιφέρεια της Βαλλονίας.

στ) Συμπεριλαμβανομένων των οικιακών, εμπορικών απορριμμάτων και απορριμμάτων από κατασκευές / κατεδαφίσεις.

ζ) Δεν είναι σαφές ποια επεξεργασία έχει εφαρμοστεί για την παραγωγή αυτών των υψηλά θερμικών κλασμάτων από οικιακά απόβλητα.

MBE: Μονάδα Μηχανικής-Βιολογικής Επεξεργασίας.

Πίνακας 2.11: Εκτίμηση παραγωγής RDF από ΑΣΑ στην Ευρώπη το 2000 (CEN 2001) (European Commission, 2003)

Χώρα	Ποσότητα (x10³ tpa)
Αυστρία	100
Βέλγιο	<100
Δανία	0
Φινλανδία	170
Γαλλία	0
Γερμανία	500
Ελλάδα	0
Ιρλανδία	0
Ιταλία	<200
Λουξεμβούργο	0
Ολλανδία	250
Πορτογαλία	0
Ισπανία	0
Σουηδία	1)
Ηνωμένο Βασίλειο	60
Σύνολο Ε.Ε.	1,380
Σημείωση:	
1) Δεν υπάρχουν συνολικά στατιστικά στοιχεία για τη Σουηδία, καθώς αυτό το καύσιμο χρησιμοποιείται σε συνήθεις μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας / ηλεκτρικής ενέργειας και σε αποτεφρωτήρες αποβλήτων. Έχει αναφερθεί ότι περίπου 500 kt των αποβλήτων εξήχθησαν συμπεριλαμβανομένου 90% ξύλου, χαρτιού, πλαστικού και καουτσούκ.	

Η αξιοποίηση του RDF σε επίπεδο Ε.Ε., δεικνύεται στον Πίνακα 2.12 και εφαρμόζεται σε διάφορους τομείς όπως σε ειδικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από απόβλητα, σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε μονάδες τηλεθέρμανσης και βιομηχανικές διεργασίες, όπως χαρτοβιομηχανίες και κλίβανους τσιμέντου, όπου η ποσότητα τους έχει εκτιμηθεί περίπου σε 2 εκατομμύρια τόνους (European Commission, 2003). Οι ποσότητες του RDF που αποτεφρώνονται αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον, ενώ υπάρχουν επίσης σχέδια για τη χρήση του σε άλλες διεργασίες όπως αεριοποίησης και πυρόλυσης (European Commission, 2003). Οι επιλογές αξιοποίησης και μετατροπής του RDF σε ενέργεια που χρησιμοποιούνται αφορούν κυρίως στους χώρους παραγωγής του, εκτός του χώρου παραγωγής του, συνδυασμένη καύση σε λέβητες καύσης άνθρακα, συν-αποτέφρωση σε κλίβανους τσιμέντου και συν-αεριοποίηση με άνθρακα ή βιομάζα (European Commission, 2003).

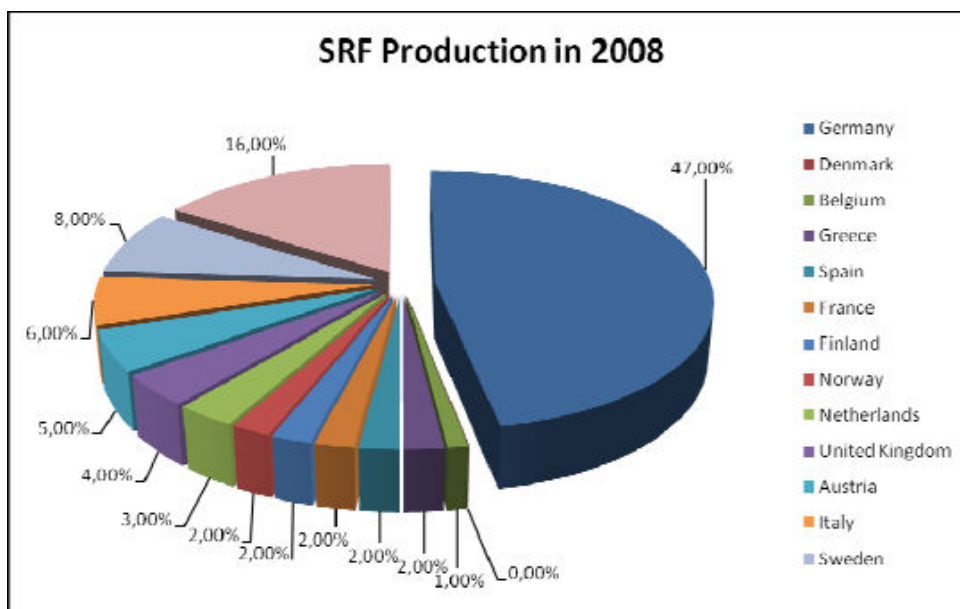
Πίνακας 2.12: Αξιοποίηση του RDF από ΑΣΑ στην Ευρώπη (European Commission, 2003)

Χώρα	Αριθμός ^{α)}	Χωρητικότητα ^{α)} (x10 ³ tpa)	Ποσότητα ^{α)} (x10 ³ tpa)
Αποκλειστικό εργοστάσιο			
Ιταλία	(2)		C
Σουηδία	NI		1,400
Ηνωμένο Βασίλειο	1		30
Εργοστάσιο Ηλεκτρισμού			
Γερμανία	NI		
Ιταλία	(3)	(1,200)	T
Ηνωμένο Βασίλειο	1		50
Εργοστάσιο χαρτοποιίας			
Φινλανδία	NI		200
Μονάδα Τηλεθέρμανσης			
Βέλγιο	NI		NI
Δανία	NI		NI
Φινλανδία	50		50
Σουηδία	NI		NI
Κλίβανος Τσιμέντου			
Αυστρία	NI	NI	NI
Βέλγιο	1		15
Ιταλία	5		300
Δανία	1		2,6
Ολλανδία	1		7 ^{β)}
Σύνολο			≈2,000
Σημειώσεις:			
T = Υπό δοκιμή, C = Υπό κατασκευή			
α) Τα στοιχεία σε παρένθεση αναφέρονται σε ποσότητες για τις οποίες οι πληροφορίες ήταν ελλιπείς ή αβέβαιες.			
β) Χαρτί και πλαστικές ύλες σε κόκκους (PPDF)			

Παραδείγματα εγκαταστάσεων αξιοποίησης RDF συναντάμε σε αρκετές χώρες μέλη της Ε.Ε. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, υπάρχει μονάδα αποτέφρωσης/καύσης εξειδικευμένη για μετατροπή του RDF σε ενέργεια, η οποία βασίζεται στην τεχνολογία ρευστοποιημένης κλίνης, επίσης στη Σουηδία και Φινλανδία, μέσω της ίδιας τεχνολογίας παράγεται τηλεθέρμανση (European Commission, 2003). Το RDF αποτεφρώνεται και συν-αποτεφρώνεται σε μονάδες τηλεθέρμανσης στις Σκανδιναβικές χώρες, κυρίως για την παραγωγή θερμότητας, ενώ ευρεία είναι η χρήση του σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου, όπου εκτιμάται ότι συν-αποτεφρώνονται περισσότερα από 300.000tpa RDF στην Ευρώπη (European Commission, 2003). Στη Φρανκφούρτη (Γερμανία), λειτουργεί μονάδα παραγωγής θερμότητας και ενέργειας, με ικανότητα καύσης 675.000tn RDF/έτος με παραγωγή ενέργειας 70MWe, με εφαρμοσμένη

τεχνολογία ρευστοποιημένης κλίνης η οποία παράγει 250Kg ατμό/ώρα (LIFE, 2011). Στη Γαλλία η μονάδα ISSEANE με δυνατότητα καύσης 30,5tn ΑΣΑ/ώρα (LIFE, 2011), παρέχει θερμική ενέργεια για 79.000 νοικοκυριά (<180.000 κατοίκους) μέσω δικτύου θέρμανσης.

Η δυνατότητα παραγωγής SRF (Solid Recovered Fuel) στην Ε.Ε. μέσω βιολογικής ξήρανσης ΑΣΑ, καταγράφεται από την ERFO (European Recovered Fuel Organization), η οποία αναφέρει ότι το 2006, ισούται με 70Mt για την Ε.Ε.–27, ενώ για το 2008 δίδονται δεδομένα στο Διάγραμμα 2.4. Επίσης δεδομένα παραγωγής και χρήσης SRF στην Ε.Ε., δίνονται στον Πίνακα 2.13. Η χρήση του SRF ως υποκατάστατο καύσιμο γίνεται κυρίως σε κλίβανους τσιμέντου, μονάδες παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα, κλίβανους ασβέστη, βιομηχανικούς λέβητες και εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας οι οποίες παρέχουν ενέργεια σε βιομηχανίες και αστικές περιοχές. Οι προοπτικές που αναφέρονται από την ERFO (2012) δεικνύουν την εκτίμηση δυνατής χρήσης SRF στην Ε.Ε.–27, το 2020, με ποσότητες 5–10 Mt/a σε κλίβανους τσιμέντου, 4–8 Mt/a σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα, 15–25 Mt/a σε εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, δηλαδή σύνολο 24–43 Mt/a.



Διάγραμμα 2.4: Παραγωγή SRF στις χώρες της Ευρώπης (2008) (Life, 2011)

Πίνακας 2.13: Παραγωγή και χρήση SRF στην Ευρώπη (ERFO, 2012)

Χώρες Παραγωγής SRF	Έτος	Παραγωγή		Χρήση				Εξαγωγή
		Αριθμός μονάδων παραγωγής SRF	Παραγωγή SRF kt/a	Κλίβανοι Τσιμέντου kt/a	Παραγωγή ενέργειας από άνθρακα, λιγνίτη kt/a	Παραγωγή ενέργειας με αεριοποίηση kt/a	Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας	
Αυστρία	2011		580	230	0	0	250	100
Βέλγιο	2010	8	465	150				-
Φιλανδία	2010	>30	700	60		35	450	
Γαλλία	2011	10	200	100			100	-50
Γερμανία	2010	>100	6150	1900	750		3500	0
Ιρλανδία	2009		200					10
Ιταλία	2010		830	150		0		0
Ολλανδία	2010	>5	120	30	0	0	40	
Πολωνία	2009		590	850				
Ισπανία	2011	7	224	224				0
Σουηδία	2010		280	60			430	-210
Ηνωμένο Βασίλειο	2009	14	765	200				70
E.E. - 27			12000					

Σημείωση: Το SRF, στον πίνακα αυτό αφορά μόνο το καύσιμο που προέρχεται από το υψηλά θερμικό κλάσμα των ΑΣΑ, τα ογκώδη απορρίμματα, τα μικτά εμπορικά απόβλητα και από συγκεκριμένα απόβλητα παραγωγής. Το SRF που προέρχεται από τα απόβλητα ξύλου, τα ελαστικά και τις λάσπες εξαιρείται από τον πίνακα.

2.3.3.2 ΗΠΑ

Οι ΗΠΑ με παραγωγή 387 εκατ. τόνους ΑΣΑ (2011), διακρίνονται ως η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή στον κόσμο (Themelis and Mussche, 2013), κάτι το οποίο καθιστά τη διαχείριση τους ένα κρίσιμο εθνικό θέμα. Με πληθυσμό πάνω από 300 εκατ., η παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο υπολογίζεται σε 1,2 τόνους ετησίως, ποσό το οποίο σε σύγκριση με το μέσο όρο παραγωγής σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες είναι μεγαλύτερο, γεγονός που αποδεικνύει τη σχέση μεταξύ της παραγωγής αποβλήτων και του υψηλού ΑΕΠ της χώρας (Themelis and Mussche, 2013). Παρόλο που η ιεραρχία διαχείρισης των ΑΣΑ που προβλέπεται ακολουθεί το παράδειγμα της Ευρώπης, στην πραγματικότητα οι κυριότερες μέθοδοι επεξεργασίας ΑΣΑ είναι κατά σειρά εμφάνισης η απόθεση σε Χ.Υ.Τ.Α., κομποστοποίηση, ανακύκλωση, επεξεργασία σε μονάδες Μηχανικής – Βιολογικής Επεξεργασίας (ΜΒΕ) και τέλος Ενεργειακή Αξιοποίηση (ΕΑΑ) (Καραγιαννίδης κ.α., 2010).

Τα δεδομένα που υπάρχουν, δεικνύουν ότι, στο σύνολο τους οι χώρες των Η.Π.Α. όσον αφορά τη διαχείριση των ΑΣΑ, ανακυκλώνουν σε ποσοστό 29%, επεξεργάζονται απόβλητα σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας σε ποσοστό 7,6% και διαθέτουν προς υγειονομική ταφή το υπόλοιπο 63,5% των αποβλήτων τους, με αποτέλεσμα τα ΑΣΑ να παραμένουν μια πλούσια και πολύτιμη πηγή ενέργειας δε αλλά υπό-χρησιμοποιούμενη (Michaels, 2014). Συγκεκριμένα το 2004-2005, ενώ στις ΗΠΑ υπήρχαν μόλις 89 εγκαταστάσεις ΕΕΑ στην Ε.Ε. υπήρχαν συνολικά 431. Εντούτοις παρουσιάζεται βελτίωση στα ποσοστά ΕΕΑ, σε σχέση με το παρελθόν, γεγονός στο οποίο οδήγησαν οι δυσκολίες και οι προκλήσεις της ενεργειακής αγοράς και της διαχείρισης αποβλήτων (Καραγιαννίδης κ.α., 2010), το οποίο δεικνύεται στον Πίνακα 2.14.

Πίνακας 2.14: Εξέλιξη τομέα ΕΑΑ στις ΗΠΑ (Michaels, 2014)

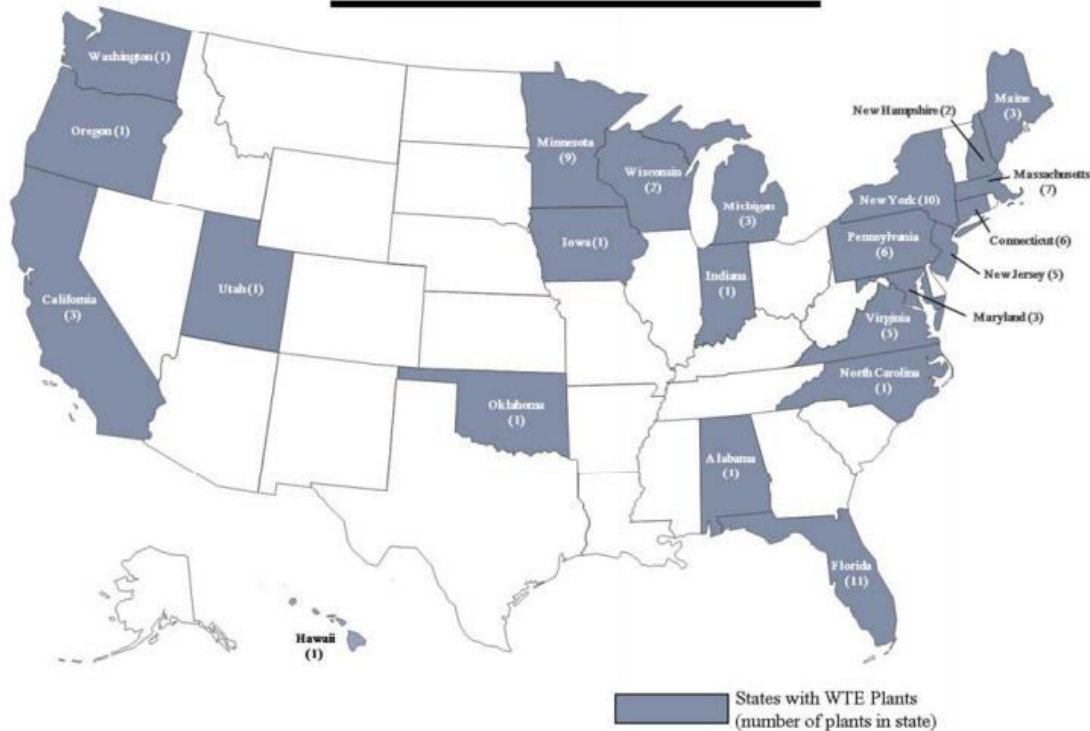
Έτος	Αριθμός εγκαταστάσεων ΕΑΑ	Δυναμικότητα επεξεργασίας ΑΣΑ (τόνοι /ημέρα)
2001	97	98.252
2002	95	97.958
2003	92	96.753
2004	90	95.753
2005	89	95.603
2006	88	95.403
2007	87	95.945
2008	87	95.945
2009	86	96.045
2010	86	96.245
2011	85	95.765
2012	85	96.765
2013	84	96.165
2014	84	96.249

Παρόλο που η αντιμετώπιση ως προς τη διαχείριση των ΑΣΑ δεν κατανέμεται ομοιόμορφα ανάμεσα στις διάφορες Πολιτείες, υπάρχουν ενδείξεις βελτίωσης με ορισμένες Πολιτείες, οι οποίες χωροθετούνται στη βόρειο-ανατολική περιοχή των ΗΠΑ να παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ (Themelis and Mussche, 2013). Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους, τη διαθεσιμότητα γης και τις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας οι

οποίες καθορίζονται σε επίπεδο Πολιτείας, οι οποίοι αποτελούν κύριους παράγοντες ώθησης στην επιλογή του τρόπου διαχείρισης των ΑΣΑ, στις ΗΠΑ. Έτσι οι περιοχές που παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις ΕΕΑ, εμφανίζουν περιορισμένη διαθεσιμότητα γης και φαινόμενα πυκνοκατοίκησης, τα οποία καθιστούν το κόστος διάθεσης γης στον τομέα της υγειονομικής ταφής ιδιαίτερα αυξημένο καθώς επίσης και αυξημένες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας (Themelis and Mussche, 2013). Επιπρόσθετοι παράγοντες προώθησης της ΕΕΑ αποτελούν επίσης οι υψηλότερες φορολογίες διάθεσης αποβλήτων σε σχέση με τις υπόλοιπες Πολιτείες, το οποίο μπορεί να φθάνει τα \$100/τόνο ΑΣΑ, έναντι \$10 σε άλλες Πολιτείες (Themelis and Mussche, 2013).

Πρόσφατα δεδομένα (2014) καταγράφουν 84 εγκαταστάσεις ΕΑΑ σε 23 Πολιτείες των ΗΠΑ οι οποίες εμφανίζονται στο Χάρτη 2.2 και παράγουν καθαρή, ανανεώσιμη ενέργεια μέσω θερμικής μετατροπής ΑΣΑ σε ενεργειακά προϊόντα όπως ο ατμός και η ηλεκτρική ενέργεια (Michaels, 2014). Οι εγκαταστάσεις, διαθέτουν την ικανότητα για επεξεργασία πάνω από 35 εκατ. τόνους ΑΣΑ ετησίως με δυνατότητα παραγωγής μεικτού ενεργειακού δυναμικού 2.554MW και ανάκτησης 730.000 τόνων σιδηρούχων μετάλλων, οι οποίοι διατίθενται προς ανακύκλωση (Michaels, 2014). Η επεξεργασία που χρησιμοποιείται χωρίζεται μεταξύ των θερμικών και βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας με τη πιο διαδεδομένη τη μέθοδο μαζικής καύσης/αποτέφρωσης (Καραγιαννίδης, κ.α., 2010) η οποία αριθμεί 64 εγκαταστάσεις (76,2%) και ακολουθεί η μέθοδος καύσης καυσίμων προερχόμενων από απορρίμματα (RDF) σε ποσοστό 8,3% (Michaels, 2014). Τα προϊόντα που παράγονται από τις εγκαταστάσεις ΕΕΑ είναι η ηλεκτρική ενέργεια, ο ατμός και η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Η ηλεκτρική ενέργεια από 62 μονάδες (73,8% του συνόλου των εγκαταστάσεων) διατίθεται στο εθνικό δίκτυο ως ενεργειακό προϊόν, ο ατμός από 18 μονάδες (21,4% των εγκαταστάσεων) συμπαραγωγής θερμότητας και ενέργειας, εξάγεται στους τελικούς χρήστες για χρήση για θέρμανση και ψύξη ή χρήση σε βιομηχανικές διεργασίες μετατοπίζοντας τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, ενώ από τις υπόλοιπες 4 μονάδες εξάγεται ατμός χωρίς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Michaels, 2014).

WTE Plants in the United States



Χάρτης 2.2: Πολιτείες των ΗΠΑ με εγκαταστάσεις ΕΕΑ και αριθμός αυτών (Michaels, 2014)

Όσον αφορά την οικονομική πτυχή του τομέα ΕΑΑ στις ΗΠΑ, αναφέρεται ότι παρέχει μια σημαντική οικονομική αξία, στις τοπικές οικονομίες όπου βρίσκονται οι εν λόγω εγκαταστάσεις. Εκτός από τα άμεσα έσοδα, οι εγκαταστάσεις ενέργειας παρέχουν σταθερές και μακροπρόθεσμες καλά αμειβόμενες θέσεις εργασίας, ενώ ταυτόχρονα τροφοδοτούν με οικονομικούς πόρους τις τοπικές οικονομίες, μέσω της αγοράς τοπικών προϊόντων και υπηρεσιών καθώς και με την πληρωμή των σχετικών δημόσιων τελών και φορολογιών (Michaels, 2014). Τα πραγματικά οικονομικά δεδομένα αναφέρουν ότι, η ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων στις ΗΠΑ δημιουργεί 5,6 δις δολάρια ακαθάριστων οικονομικών πόρων από την πώληση των παραγόμενων προϊόντων, καλύπτοντας σχεδόν 14.000 θέσεις εργασίας με συνολικούς μισθούς 890 εκατ. δολαρίων (Michaels, 2014). Πέρα από τα οικονομικά οφέλη, το κοινωνικό όφελος αφορά αρχικά την ενεργειακή εξυπηρέτηση περίπου 30 εκατ. πολιτών καθώς και την αισθητή μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διαχείριση των ΑΣΑ (Καραγιαννίδης, κ.α., 2010). Επιπλέον, οι εκπομπές τοξικών και επικίνδυνων ουσιών όπως ο

υδράργυρος και οι διοξίνες έχουν μειωθεί σημαντικά, προστατεύοντας τη δημόσια υγεία, ενώ εμφανίζεται αύξηση κατά 17,8% του ποσοστού ανακύκλωσης από τον αμερικάνικο μέσο όρο (Καραγιαννίδης, κ.α., 2010).

Ενδεικτικά, αναφέρεται ως παράδειγμα, η μονάδα SEMASS στη Μασαχουσέτη, μια από τις πιο πετυχημένες εγκαταστάσεις ΕΑΑ στις ΗΠΑ, η οποία χρησιμοποιεί καύσιμα RDF, με δυναμικότητα επεξεργασίας 0,9 εκατ. τόνους ΑΣΑ/έτος (Καραγιαννίδης, κ.α., 2010). Η συγκεκριμένη μονάδα θεωρείται μεταξύ των καλύτερων παγκοσμίως, λόγω της ενεργειακής ανάκτησης ανά τόνο ΑΣΑ η οποία επιτυγχάνεται (kWh ηλεκτρικής ενέργειας και kWh θερμικής ενέργειας), του επιπέδου των αέριων εκπομπών, της βέλτιστης ανάκτησης πόρων και χρήσης της τέφρας, της αισθητικής και της αποδοχής της από την τοπική κοινότητα (Καραγιαννίδης, κ.α., 2010). Επίσης η μονάδα Huntsville στην Αλαμπάμα, διαχειρίζεται 690 τόνους ΑΣΑ (απόβλητα που προέρχονται περίπου από 277.000 πολίτες) την ημέρα για παραγωγή 178.620 Lbs/ώρα ατμού εξυπηρετώντας με ενέργεια 11.551 νοικοκυριά (Michaels, 2014).

2.3.3.3 Ασία

Από την ήπειρο της Ασίας, θα αναφερθούμε στις χώρες της Κίνας και Ιαπωνίας, οι οποίες παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον όσον αφορά την ΕΕΑ. Η Κίνα διαθέτει τον μεγαλύτερο πληθυσμό παγκοσμίως και βιώνει ένα πολύ υψηλό ρυθμό οικονομικής ανάπτυξης και αστικοποίησης, το οποίο δείχνει αύξουσα παραγωγή ΑΣΑ, η οποία δημιουργεί αυξανόμενα προβλήματα στη διαχείριση τους (Themelis and Mussche, 2013). Η Κίνα βάσει εκτιμήσεων, αναμένεται ότι μέχρι το 2030, θα παράγει 480 εκατ. τόνους οικιακών αποβλήτων, ποσότητα διπλάσια από την προβλεπόμενη στις ΗΠΑ κατά την ίδια περίοδο, ενώ παράλληλα η ταχεία εκβιομηχάνιση της Κίνας, δημιουργεί μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια, το οποίο έχει οδηγήσει σε ενιαία αντιμετώπιση με την ΕΕΑ. Τα τελευταία χρόνια μια σειρά από ευνοϊκές πολιτικές έχουν δημιουργηθεί για την ενθάρρυνση εφαρμογής τεχνολογιών ΕΑΑ, με ένα μέτρο αυτής της πολιτικής να αφορά την επιδότηση των εγκαταστάσεων με \$30/MWh ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και την εφαρμογή εκστρατείας ανακύκλωσης, η οποία περιλάμβανε ΔσΠ και δευτερογενή διαλογή σε περιφερειακά κέντρα με στόχο τη διευκόλυνση της ΕΑΑ (Themelis and

Mussche, 2013). Ως αποτέλεσμα της πολιτικής και των συνοδευόμενων ευνοϊκών περιβαλλοντικών κανονισμών περίπου το 15% της συνολικής παραγωγής ΑΣΑ (23 εκατ. τόνοι) οδηγείται σε 100 υφιστάμενες εγκαταστάσεις ΕΑΑ, με εκτιμήσεις (Standard Chartered Bank), ότι μέχρι το τέλος του 2015, η Κίνα θα έχει 300 σταθμούς ΕΑΑ, έναντι μόλις 85 που είχε το 2008 (Themelis and Mussche, 2013).

Η Κίνα έχει διαδραματίσει κύριο ρόλο στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών ΕΑΑ (Themelis and Mussche, 2013), με την εφαρμογή δύο κυρίως τεχνολογιών αποτέφρωσης, της κινούμενης σχάρας και ρευστοποιημένης κλίνης. Οι εφαρμοσμένες μέθοδοι, οδηγούν σε μείωση του όγκου των αποβλήτων, σε μείωση της ανάγκης για διάθεση σε χώρους ταφής, σε παραγωγή ενέργειας για χρήση στο δίκτυο τηλεθέρμανσης και σε οφέλη ανακύκλωσης (Themelis and Mussche, 2013). Επίσης οι περιβαλλοντικές πολιτικές οι οποίες υιοθετήθηκαν, είχαν ως αποτέλεσμα τη χρήση μεθόδων ελέγχου των αέριων εκπομπών από τις εγκαταστάσεις ΕΑΑ, το οποίο οδήγησε σε πολύ χαμηλές εκπομπές διοξίνων και υδραργύρου, πολύ πιο κάτω από τα όρια εκπομπών που έχει θέσει η Ε.Ε. το 2010 (Themelis and Mussche, 2013).

Παρόλα αυτά το υψηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος των μονάδων ΕΑΑ καθώς και το χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο των ΑΣΑ (υψηλό οργανικό φορτίο και περιεχόμενη υγρασία), αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες στην εφαρμογή και ανάπτυξη τεχνολογιών ΕΑΑ στην Κίνα (Themelis and Mussche, 2013). Συγκεκριμένα η Παγκόσμια Τράπεζα κάνει αναφορά ότι, η αποτέφρωση ΑΣΑ εφαρμόζεται μόνο όταν η κατώτερη θερμογόνος δύναμη της πρώτης ύλης είναι κατά μέσο όρο πάνω από 7 MJ/kg, γεγονός που αποτρέπει την υιοθέτηση παραδοσιακών συστημάτων κινούμενης σχάρας, στις εγκαταστάσεις ΕΑΑ (Themelis and Mussche, 2013). Για το λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης, η οποία έχει μικρότερη ευαισθησία στις μεταβολές της θερμογόνου δύναμης του εισερχόμενου καυσίμου (European Commission, 2003). Ως παράδειγμα μονάδας ΕΑΑ στην Κίνα, αναφέρεται η πρώτη μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ μεγάλης κλίμακας, η οποία χτίστηκε το 1984 στο Shenzhen της επαρχίας Guangdong, με δυναμικότητα επεξεργασίας 750 τόνων/ημέρα, προμηθεύοντας 22,7 εκατ. kWh

ηλεκτρικής ενέργειας το δημόσιο δίκτυο και 49.170MJ θερμότητας τη τοπική βιομηχανία (Themelis and Mussche, 2013).

Η Κίνα με τη δέσμευση της για ανάπτυξη νέας μεθόδου ρευστοποιημένης κλίνης ειδικά προσαρμοσμένης στα εθνικά απόβλητα καθώς και με το 17% των ΑΣΑ να οδηγούνται σε μονάδες ΕΑΑ, είναι ξεκάθαρο ότι είναι σε καλύτερο δρόμο συγκριτικά με τις ΗΠΑ (με αντίστοιχο ποσοστό 8%) (Themelis and Mussche, 2013), καθώς και με άλλες χώρες της Ασίας, όπου το σύνολο των ΑΣΑ οδηγούνται σε χώρους ταφής και δεν διαθέτουν καθόλου κυρώσεις ή απαγορεύσεις όσον αφορά την διάθεση των αποβλήτων σε χώρους ταφής, ούτε κανονισμούς αποτέφρωσης (Ikeda et. al, 2010). Παρόλα αυτά, υπάρχει ακόμα περιθώριο εξέλιξης, δεδομένου ότι η πλειοψηφία των αποβλήτων οδηγείται σε υγειονομική ταφή.

Το ενδιαφέρον για την Ιαπωνία έγκειται στο ότι αποτελεί παγκόσμια οικονομική δύναμη, με την τρίτη μεγαλύτερη οικονομία παγκοσμίως σε ονομαστικό ΑΕΠ παρουσιάζοντας σημαντική ανάπτυξη όσον αφορά την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών ΕΕΑ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.15. Σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ασίας, η Ιαπωνία, υπερέχει στη βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων, δεδομένου ότι από τα 65 εκατ. τόνους ΑΣΑ που παράγει σε ετήσια βάση, τα 40 εκατ. αξιοποιούνται θερμικά ενώ τα υπόλοιπα ανακυκλώνονται ή/και κομποστοποιούνται και μόνο το 2% οδηγείται σε υγειονομική ταφή (Themelis and Mussche, 2013). Επιπλέον, λόγω της αυστηρής κυβερνητικής νομοθεσίας και της πολύ περιορισμένης διαθεσιμότητας γης, οι νεότερες τεχνολογίες οι οποίες δεν έχουν βρει εφαρμογή σε άλλα μέρη του κόσμου λόγω του ότι δεν είναι οικονομικά βιώσιμες, χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην Ιαπωνία, όπως η άμεση τήξη, η διαδικασία ρευστοποίησης Ebara, η αεριοποίηση και διαδικασία τήξης (Themelis and Mussche, 2013). Παράδειγμα αποτελεί η μονάδα επεξεργασίας ΑΣΑ με τη μέθοδο αεριοποίησης, που λειτουργεί στην Chiba της Ιαπωνίας, από το 2000 καθώς και οι μονάδες τεχνολογίας πλάσματος, κοντά στις πόλεις Mihama και Mikata.

Πίνακας 2.15: Τεχνολογίες ΕΑΑ που χρησιμοποιούνται στην Ιαπωνία (Themelis and Mussche, 2013)

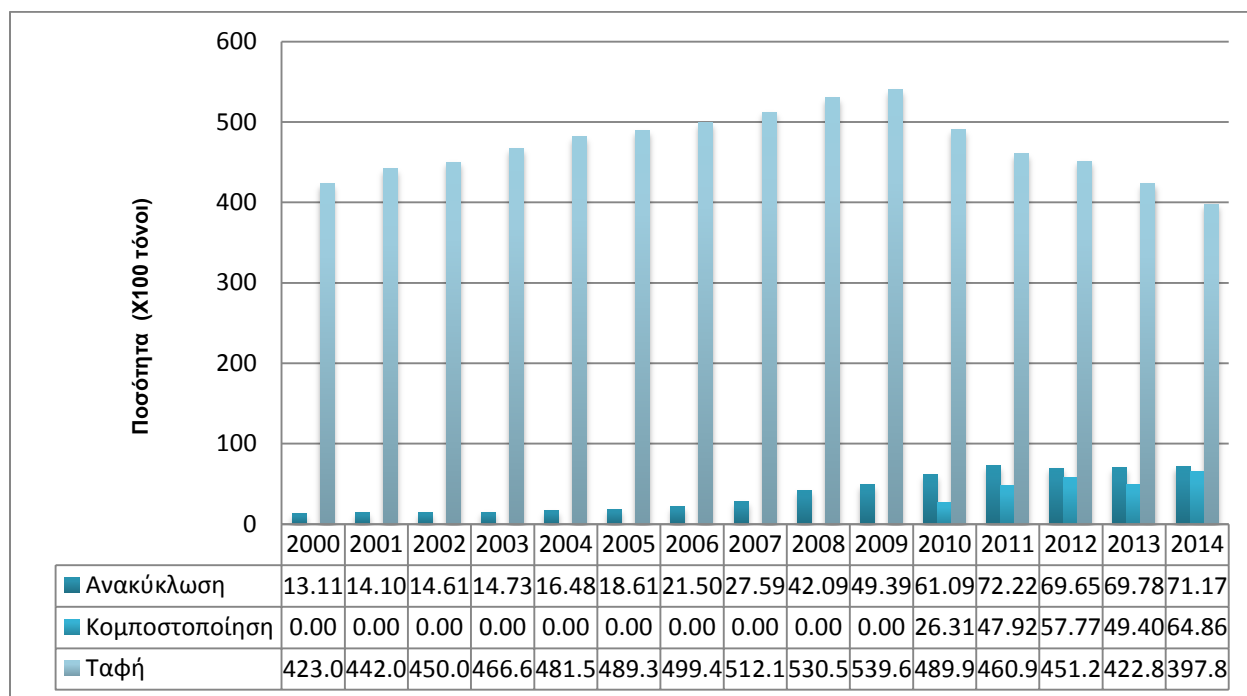
Τεχνολογία	Αριθμός μονάδων	Επεξεργασία ΑΣΑ (τόνοι/ ημέρα)	Μέσος όρος επεξεργασίας ΑΣΑ (τόνοι / ημέρα) ανά μονάδα	Ποσοστό από το σύνολο των ΕΑΑ στην Ιαπωνία
Martin reverse acting grate	66	71.500	1083	62%
JFE Volund grate	54	10.100	187	9%
Martin horizontal grate	14	7.454	532	7%
Nippon Steel Direct melting	28	6.200	221	5%
JFE Hyper Grate	17	4.700	276	4%
Rotary kiln	15	2.500	167	2%
JFE Thermoselect	7	1.980	283	2%
All other fluid bed	15	1.800	120	2%
Ebara fluid bed	8	1.700	213	1%
JFE Direct Melting	14	1.700	121	1%
Hitachi Zosen fluid bed	8	1.380	173	1%
JFE fluid bed	9	1.300	144	1%
All other Direct Melting	9	900	100	1%
Fisia Babcock	3	710	237	1%
Babcock & Wilcox air cooled grate	43	690	16	1%
ΣΥΝΟΛΟ	310	114.614		100%
Συνολικοί τόνοι/έτος		37.822.620		

Καταληκτικά αναφέρεται ότι, η υφιστάμενη κατάσταση και τα νομοθετικά μέτρα που εξελίσσονται στις χώρες της Ασίας δεικνύουν προς μια θετική κατεύθυνση. Ήδη, περίπου 1300 μονάδες ΕΑΑ έχουν κατασκευαστεί στην Ιαπωνία και η Κίνα αναδεικνύεται ως μοχλός ανάπτυξης εγκαταστάσεων ΕΑΑ, όπου αναμένεται η κατασκευή 300 νέων εγκαταστάσεων ΕΑΑ τα επόμενα χρόνια (Ikeda et. al, 2010). Αντίθετα, σε χώρες όπως η Κορέα και η Ταϊβάν, ο τομέας ΕΑΑ κρίνεται κορεσμένος, αν και διαθέτουν λιγότερες από 50 εγκαταστάσεις (Ikeda et. al, 2010). Ωστόσο η ασιατική περιβαλλοντική νομοθεσία χρήζει ακόμα βελτίωσης, δεδομένου ότι σε αντίθεση με την Ευρώπη, η Ασία δε διαθέτει κυρώσεις ή απαγορεύσεις όσον αφορά την διάθεση των αποβλήτων σε χώρους ταφής, ούτε κανονισμούς αποτέφρωσης, ούτε και όρια εκπομπών (Ikeda et. al, 2010).

2.3.4 Ενεργειακή αξιοποίηση Αστικών Στερεών Αποβλήτων στην Κύπρο

2.3.4.1 Υφιστάμενη κατάσταση ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ

Στην Κύπρο βάσει της μελέτης «Στρατηγικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων», κατασκευάστηκαν τεχνικά έργα/υποδομές για τη διαχείριση των αποβλήτων, από τα οποία απουσιάζουν υποδομές ΕΕΑ (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β), αν και υπάρχει σχετική μελέτη δημιουργίας μονάδας ΕΕΑ στην επαρχία Λεμεσού, όπου προβλέπεται η δημιουργία αποτεφρωτήρα SRF για παραγωγή ενέργειας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Τα δευτερογενή καύσιμα SRF που θα οδηγούνται στον αποτεφρωτήρα, προβλέπεται η παραγωγή τους σε μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων στις επαρχίες Λευκωσίας, Λεμεσού, Λάρνακας και Πάφου, ενώ αναμένεται επίσης η επεξεργασία και άλλων προϊόντων (κόμποστ) από τις μονάδες της Λάρνακας και της Πάφου (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Εν τούτοις στη διαχείριση των ΑΣΑ, όπως εμφανίζεται στο Διάγραμμα 2.5, επικρατεί η τελική διάθεση σε χώρους ταφής, με την ανακύκλωση και κομποστοποίηση να έχουν μικρή συμμετοχή.



Διάγραμμα 2.5: Χρονολογική εξέλιξη διαχείρισης ΑΣΑ στην Κύπρο για τα έτη 2000-2014 (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

2.3.4.2 Δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ

Οι δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ στην Κύπρο, αρχικά μελετήθηκαν στο «Σχέδιο Διαχείρισης για τα Οικιακά και Παρόμοιου Τύπου Απόβλητα», που εκπονήθηκε το 2012 και ακολούθως στη μελέτη του 2015 «Στρατηγική Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων», από το Τμήμα Περιβάλλοντος (Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος). Στα πλαίσια της Στρατηγικής, τέθηκε στόχος ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων, ο οποίος αναφέρει την αποδοτικότερη διαχείριση των αποβλήτων ως πόρου, με προτεινόμενη δράση, την προώθηση της χρήσης υπολειμμάτων για ανάκτηση ενέργειας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Έτσι μέσα από τη μελέτη καταγράφονται οι δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ στην Κύπρο, οι οποίες αναφέρουν ότι αν και δεν υφίστανται συστήματα χωριστής συλλογής οργανικού κλάσματος (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012), εντούτοις η συλλογή των ΑΣΑ και ιδιαίτερα στις πόλεις όπου γίνεται ξεχωριστά για ανακυκλώσιμα και λοιπά απορρίμματα (κοινός κάδος), δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής όλων των μεθόδων επεξεργασίας ΑΣΑ, βιολογικών και χημικών, δεδομένου ότι θα προηγείται μηχανική επεξεργασία για την απομάκρυνση των ανακυκλώσιμων υλικών και του μη οργανικού κλάσματος καθώς και για ομογενοποίηση.

Με το σχεδιασμό να προβλέπει τη δημιουργία παρόμοιων μονάδων Ο.Ε.Δ.Α. όπως στην Κόση σε κάθε επαρχία, οι οποίες να περιλαμβάνουν μηχανική προ-επεξεργασία αποβλήτων για ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών και δευτερογενούς καυσίμου καθώς και αερόβια βιολογική επεξεργασία – κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ για παραγωγή κόμποστ (Compost like output–CLO) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012), το Υπουργείο Εσωτερικών κρίνει ότι για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, είναι αναγκαία η δημιουργία ενός αποτεφρωτήρα SRF με σκοπό την παραγωγή ενέργειας (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Έτσι πλέον ο σχεδιασμός αναφέρει την κατασκευή στην Επαρχία Λευκωσίας, μονάδας μηχανικής προεπεξεργασίας για ανάκτηση ανακυκλώσιμων και βιοξήρανση για παραγωγή SRF το οποίο θα μεταφέρεται σε μονάδα καύσης που θα αναπτυχθεί στη Λεμεσό, η οποία θα δέχεται δευτερογενή καύσιμα καθώς και άλλα προϊόντα επεξεργασίας (π.χ. υλικό τύπου κόμποστ) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Στη «Στρατηγική Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων» εξετάστηκαν διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας σύμμεικτων οικιακών αποβλήτων, η εξέταση των οποίων υπέδειξε ότι η εφαρμογή όλων των τεχνολογιών που εξετάστηκαν είναι δυνατή και συγκεκριμένα στην περίπτωση κατά την οποία βασικό κριτήριο αποτελούν οι διαθέσιμοι πόροι τότε απλές βιολογικές τεχνολογίες, χωρίς in situ καύση είναι πιο ελκυστικές αλλά θα πρέπει να εξευρεθεί λύση ως προς τη διάθεση του υλικού τύπου κόμποστ ενώ η μηχανική προ-επεξεργασία θα πρέπει να εστιάσει στην παραγωγή ανακυκλώσιμων και όχι δευτερογενούς καυσίμου (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Από την άλλη εφόσον το κόστος επένδυσης δεν αποτελεί το αποκλειστικό κριτήριο επιλογής είναι σαφές ότι οι υπόλοιπες τεχνολογίες παρουσιάζουν περισσότερα πλεονεκτήματα ιδιαίτερα σε συνδυασμό με μονάδες καύσης (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Έτσι η μελέτη για τη δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων στην Κύπρο, δεικνύει ως προτεινόμενες δράσεις την κατασκευή και λειτουργία δύο μονάδων, για μηχανική διαλογή των ανακυκλώσιμων και για επεξεργασία οργανικού υλικού, ενώ όσον αφορά τη θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ, προτείνεται η χρήση υφιστάμενων υποδομών όπως π.χ. τσιμεντοποιείο, σταθμών αναερόβιας επεξεργασίας (για τα υπολείμματα των μονάδων) ή κατασκευή μονάδας ανάκτησης ενέργειας στο κέντρο διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων το οποίο ωστόσο έχει εν το μεταξύ αναληφθεί εξ ολοκλήρου από τον ιδιωτικό τομέα (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β).

2.3.4.3 Εναρμόνιση με ευρωπαϊκούς στόχους για ενεργειακή αξιοποίηση ΑΣΑ

Όσον αφορά τους ευρωπαϊκούς στόχους βάσει της Οδηγίας 2006/66/EK, της Ε.Ε. και του σχετικού διατάγματος Κ.Δ.Π.125(Ι)2009 της Κυπριακής Δημοκρατίας, αναμενόταν όπως μέχρι τις 31.12.2012 θα έπρεπε να είχαν επιτευχθεί οι πιο κάτω στόχοι για τα απόβλητα συσκευασιών (σε κατά βάρος ποσοστό):

(α) ανάκτηση / αποτέφρωση, σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων με ανάκτηση ενέργειας 60% ως ελάχιστο

(β) ανακύκλωση: 55-80%

(γ) ελάχιστο ποσοστό ανακύκλωσης:

- Γυαλί: 60%

- Χαρτί και χαρτόνι: 60%
- Μέταλλα: 50%
- Πλαστικά: 22,5 %
- Ξύλο: 15% (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β).

Με βάση την έκθεση του 2012 που στάλθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σχετικά με τους στόχους ανακύκλωσης / ανάκτησης των αποβλήτων συσκευασιών που είχαν τεθεί μέχρι τις 31.12.2012 η Κύπρος είχε πετύχει τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στον Πίνακα 2.16, όπου είναι εμφανές ότι υπάρχει μη συμμόρφωση με το στόχο για το ξύλο και το γυαλί ενώ υπάρχει συμμόρφωση με το συνολικό στόχο ανακύκλωσης του 2012 (55,7%) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Η ενεργειακή αξιοποίηση, για ανάκτηση / αποτέφρωση σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων για ανάκτηση ενέργειας, είναι μηδενική και δεν παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.16. Τα αποτελέσματα που καταγράφονται αφορούν μόνο την ανάκτηση υλικών, χωρίς καμία εγκατάσταση αποτέφρωσης αποβλήτων με σκοπό την ανάκτηση ενέργειας από ΑΣΑ.

Πίνακας 2.16: Αποτελέσματα Κύπρου (2012) βάσει των στόχων της Οδηγίας 94/62/ΕΚ (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β)

	Στόχος 2012	Αποτελέσματα 2012
Ανάκτηση	60%	55,3%
Ανακύκλωση	55 -80 %	55,7 %
Ανακύκλωση ανά υλικό	Γυαλί: 60% Χαρτί και χαρτόνι: 60% Μέταλλα: 50% Πλαστικά: 22,5 % Ξύλο: 15%	Γυαλί: 32,4% Χαρτί και χαρτόνι: 88,9% Μέταλλα: 98,8% Πλαστικά: 44,8 % Ξύλο: 6,2%

Μια παράμετρος της ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ, είναι και η συλλογή του βιοαποδομήσιμου κλάσματος που βρίσκεται στα αστικά απόβλητα για περαιτέρω επεξεργασία με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση αυτών. Έτσι σκόπιμο κρίθηκε να παραθέσουμε και τα ανάλογα στοιχεία, όπου η Κύπρος έχει υποχρέωση βάσει της ευρωπαϊκής Οδηγίας 1999/31/ΕΚ και της εναρμονισμένης νομοθεσίας της Κυπριακής Κυβέρνησης με το διάταγμα Κ.Δ.Π. 562/2003, μέχρι τις 14.07.2016 να μειώσει τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα (ΒΑΑ) που

προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής, στο 35% της συνολικής κατά βάρος ποσότητας των ΒΑΑ που είχαν παραχθεί το 1995, το οποίο αντιστοιχεί σε 95.000 τόνους (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β). Η ποσότητα στόχος των 95.000 τόνων, με βάση τη μέση σύσταση που προκύπτει από τα παγκύπρια (2012) και επαρχιακά δεδομένα, ήτοι συνολικά 62% του συνόλου των δημοτικών αποβλήτων, αντιστοιχεί περίπου σε 150.000 τόνους δημοτικά απόβλητα, δηλαδή το 26% περίπου του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων. Το 2011, η Κύπρος έχει στείλει για ταφή 459.940 τόνους δημοτικών αποβλήτων (περίπου το 79% του συνόλου) εκ των οποίων 308.630 ήταν ΒΑΑ (76% του συνόλου των ΒΑΑ που αντιστοιχεί στο 150% του στόχου για το 2010, στο 220% του στόχου για το 2013 και στο 315% του στόχου για το 2016 (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β).

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία για απόφαση μετατροπής των ΑΣΑ σε δευτερογενή καύσιμα υλικά για ενεργειακές μονάδες ακολουθεί διάφορα στάδια έγκρισης της καταλληλότητας τους για τη δυνατή ενεργειακή αξιοποίηση τους. Αυτά τα στάδια περιλαμβάνουν τις απαραίτητες ποιοτικές και ποσοτικές ιδιότητες των ΑΣΑ, την επιλογή κατάλληλης τεχνολογίας για τις μονάδες επεξεργασίας, τον προσδιορισμό της χρησιμότητας τους καθώς και οικονομικές παραμέτρους, τα οποία εξετάζονται στο παρόν Κεφάλαιο της Μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα, δίνεται μια επισκόπηση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση των ερευνητικών ερωτημάτων της διατριβής, παρουσιάζοντας τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων, της ανάλυσης και αξιολόγησης αυτών για έκβαση χρήσιμων συμπερασμάτων, καθορίζονται κριτήρια παραγωγής στερεών ανακτώμενων καυσίμων και αναλόγως αυτών εκτιμάται η δυνατότητα παραγωγής και χρήσης τους στην Κύπρο. Ακολούθως εκπονείται ανάλυση κόστους της παραγωγής στερεών ανακτώμενων καυσίμων, με τη χρήση της μεθόδου Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ).

3.2 Σκοπός – Στόχοι – Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, είναι η έκβαση αποτελέσματος ως προς τη δυνατότητα δημιουργίας μονάδας παραγωγής ενέργειας στην Κύπρο, μέσω ανάκτησης

«ενεργειακών πόρων» από τους υφιστάμενους σε λειτουργία Χ.Α.Δ.Α., ως μέθοδος αποκατάστασης τους και κατά πόσο η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμη. Δηλαδή ερευνάται το ενδεχόμενο ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ από το Χ.Α.Δ.Α. που λειτουργεί στην τοποθεσία Κοτσιάτη της επαρχίας Λευκωσίας, με υπολογισμούς της θερμογόνου δύναμης αυτών και καθορισμό ποιοτικών κριτηρίων ως προς τα παραγόμενα στερεά ανακτώμενα καύσιμα RDF/SRF. Ακολούθως γίνεται εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας μιας μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης RDF/SRF με τη χρήση της μεθόδου Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

Οι επιμέρους ερευνητικοί στόχοι της έρευνας είναι: (α) η προσεγγιστική εκτίμηση της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης των ΑΣΑ που καταλήγουν στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, (β) ο υπολογισμός της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ, (γ) ο καθορισμός ποιοτικών κριτηρίων για την παραγωγή στερεών ανακτώμενων καυσίμων RDF/SRF, βάσει της ευρωπαϊκής πολιτικής και νομοθεσίας για παραγωγή καυσίμων από ανάκτηση απορριμμάτων, (δ) η περιγραφή της τεχνολογίας ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ για τη δυνατή παραγωγή ποιοτικά αποδεκτών δευτερογενών καυσίμων, βάσει των χαρακτηριστικών των ΑΣΑ και της διαχείρισης αποβλήτων στην Κύπρο και (ε) η εύρεση μεθόδων χρήσης των παραγόμενων δευτερογενών καυσίμων, για απορρόφηση τους στην εθνική αγορά.

Το βασικό ερευνητικό ερώτημα που τίθεται υπό διερεύνηση είναι αν υπάρχει η δυνατότητα για δημιουργία μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων (waste-to-energy) στην Κύπρο, με τη χρήση ΑΣΑ από τους υφιστάμενους Χ.Α.Δ.Α ως μέθοδος αποκατάστασης αυτών. Εφόσον, η απάντηση στο βασικό ερώτημα είναι θετική, το ερευνητικό ερώτημα που θα τύχει περαιτέρω ανάλυσης και αξιολόγησης είναι κατά πόσον η δημιουργία αυτής της μονάδας είναι οικονομικά βιώσιμη με βάση τα κυπριακά δεδομένα, με τη χρήση της μεθόδου AKZ, με καθορισμό της τεχνολογίας και της χρήσης των παραγόμενων δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF στην εθνική αγορά, βάσει πραγματικών δεδομένων.

3.3 Σχεδιασμός και ανάλυση μεθοδολογικής προσέγγισης

Ο σχεδιασμός της έρευνας είναι απαραίτητος για την επιτυχή έκβαση αποτελεσμάτων σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα. Έτσι, ο σχεδιασμός έρευνας ακολούθησε διάφορα στάδια για την οργάνωση και εκτέλεση των απαιτήσεων της παρούσας ερευνητικής διατριβής. Η ερευνά ακολούθησε στάδια τα οποία εμπίπτουν σε επιμέρους τέσσερις κατηγορίες, της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, της διαμόρφωσης της ερευνητικής μεθοδολογίας, της ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων και ακολούθως της έκβασης και ερμηνείας αποτελεσμάτων. Σε κάθε στάδιο, οι ενέργειες που ακολουθήθηκαν, αναφέρονται ως ακολούθως:

- i. Επιλογή θέματος έρευνας και καθορισμός ερευνητικού προβλήματος
- ii. Διατύπωση ερευνητικού σκοπού και επιμέρους στόχων
- iii. Σχεδιασμός ερευνητικής διαδικασίας
- iv. Συλλογή ζητούμενων δεδομένων, αξιολόγηση και ανάλυση αυτών
- v. Επεξεργασία δεδομένων για έκβαση αποτελεσμάτων βάσει της μεθοδολογίας που καθορίστηκε
- vi. Ερμηνεία αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων έρευνας.

3.4 Συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων

Η συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων, για την παρούσα διατριβή, αποτελεί ένα δύσκολο και χρονοβόρο κομμάτι της διεκπεραίωσης της, δια το λόγο ότι τόσο τα επιμέρους όσο και ο συνδυασμός των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν δεν έχουν τύχει ξανά διερεύνησης. Ο καθορισμός δε ποιοτικών κριτηρίων για τα δευτερογενή καύσιμα δεν τυγχάνει ευρείας εφαρμογής παγκοσμίως, παρά μόνο σε ορισμένες χώρες και έχει επέλθει μέσα από έρευνα δημοσίων κυρίως οργανισμών. Έτσι, η έρευνα της παρούσας διατριβής, επήλθε μέσα από συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων που κυρίως έχουν να κάνουν με ερευνητικά επιστημονικά άρθρα, τα οποία επιλέχθηκαν από περισσότερες από 10 επιστημονικές βάσεις δεδομένων, όπως το Scopus, Science Direct, Taylors and Francis, χρησιμοποιώντας όρους αναζήτησης όπως χώροι υγειονομικής ταφής (landfills), αποκατάσταση και ανάκτηση πόρων, ενεργειακή αξιοποίηση

αποβλήτων (waste to energy), δευτερογενή καύσιμα RDF/SRF, ανάλυση κύκλου ζωής, ανάλυση κόστους κύκλου ζωής, κριτήρια παραγωγής δευτερογενών καυσίμων, εξόρυξη από χώρους υγειονομικής ταφής (landfill mining), θερμική επεξεργασία. Για σκοπούς αναζήτησης κάθε όρος χρησιμοποιήθηκε είτε από μόνος του είτε συνδυαστικά με τις λέξεις υγειονομική ταφή, δευτερογενή καύσιμα RDF/SRF. Από τα άρθρα που συλλέχθηκαν, υπήρξε επιλογή η οποία αναφέρεται στη βιβλιογραφία. Η επιλογή έγινε βάσει του ερευνητικού περιεχομένου και της θεματολογίας των άρθρων καθώς και σε σχέση με τη συνάφεια τους ως προς το θέμα της παρούσας διατριβής.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για σκοπούς υπολογισμού ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων σε παγκύπρια βάση, λήφθηκαν από διάφορες μελέτες και δημοσιεύσεις της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου, της υπηρεσίας EUROSTAT, του Υπουργείου Εσωτερικών και του Τμήματος Περιβάλλοντος. Βάσει αυτών χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μοντέλα υπολογισμού για την πρόβλεψη των μελλοντικών ποσοτήτων για τα παραγόμενα ΑΣΑ και του υπολογισμού της θερμογόνου δύναμης και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών. Δυστυχώς όμως, στην Κύπρο, όπως και στην πλειονότητα των ευρωπαϊκών κρατών, δεν υπάρχουν αξιόπιστα και επαρκή στοιχεία για την ποσότητα και την ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ τόσο σε επίπεδο κράτους όσο και σε τοπικό επίπεδο, το οποίο δημιουργεί προβλήματα επάρκειας και αξιοπιστίας των στοιχείων έρευνας και κατ' επέκταση των αποτελεσμάτων αυτής. Έτσι σημειώνεται ότι με τα υπάρχοντα διαθέσιμα δεδομένα, έγινε η καλύτερη δυνατή προσπάθεια για εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ και της ποιοτικής σύστασης αυτών σε βάθος χρόνου.

3.4.1 Υφιστάμενοι Χ.Α.Δ.Α.

Στην Κύπρο, ο προγραμματισμός του κράτους αναφέρει την παύση λειτουργίας όλων των Χ.Α.Δ.Α. με τη χρονική έναρξη λειτουργίας τεσσάρων νέων χώρων διάθεσης και επεξεργασίας αποβλήτων σε κάθε επαρχία. Η παύση της λειτουργίας συνοδεύεται από έργα εξυγίανσης και αποκατάστασης των χώρων αυτών με τα κατάλληλα πρότυπα και προδιαγραφές. Στο παρόν στάδιο, οι δύο από τις τέσσερις εγκαταστάσεις διάθεσης και διαχείρισης αποβλήτων, έχουν ήδη ολοκληρωθεί και λειτουργούν στις επαρχίες Πάφου και Λάρνακας – Αμμοχώστου. Βάσει της

έναρξης της λειτουργίας των δύο μονάδων, έχουν προχωρήσει και οι εργασίες αποκατάστασης των Χ.Α.Δ.Α στις εν λόγω επαρχίες, ενώ στις επαρχίες Λευκωσίας και Λεμεσού, κάποιοι Χ.Α.Δ.Α. υφίστανται ακόμα σε λειτουργία λόγω της μη αποπεράτωσης ακόμα των προγραμματισμένων έργων κατασκευής Ο.Ε.Δ.Α. Λευκωσίας και Λεμεσού. Συγκεκριμένα, στην επαρχία Λεμεσού η κατασκευή του Ο.Ε.Δ.Α., έχει αρχίσει από το Μάρτιο του 2015 και αναμένεται η ολοκλήρωση της κατασκευής της εντός του 2017, ενώ στην επαρχία Λευκωσίας αναμένεται η έναρξη κατασκευής του Ο.Ε.Δ.Α.

Μέχρι την αποπεράτωση των προγραμματισμένων έργων στις επαρχίες Λευκωσίας και Λεμεσού, η εξυπηρέτηση τους όσον αφορά τη διάθεση των ΑΣΑ, διότι προς το παρόν δεν υπάρχει εναλλακτική επιλογή διάθεσης, καλύπτεται από τη λειτουργία των Χ.Α.Δ.Α. στον Κοτσιάτη για την επαρχία Λευκωσίας και στο Βατί για την επαρχία Λεμεσού, χαρακτηριστικά των οποίων καταγράφονται στον Πίνακα 3.1. Ο Χ.Α.Δ.Α. στην τοποθεσία Κοτσιάτη, είναι ημι-ελεγχόμενος χώρος όπου διατίθενται το σύνολο των απορριμμάτων που παράγονται στην πόλη της Λευκωσίας, στους προαστιακούς Δήμους, Κοινότητες και οικισμούς της εγγύτερης περιοχής. Στο Χ.Α.Δ.Α. στο Βατί γίνεται η διάθεση των απορριμμάτων του συνόλου σχεδόν της επαρχίας (πλην πέντε Κοινοτικών Συμβουλίων) και η λειτουργία του χώρου emίπτει στην υπευθυνότητα του Δήμου Λεμεσού, το κλείσιμο του οποίου είναι άμεσα συνδεδεμένο με την ολοκλήρωση της υπό κατασκευή ΟΕΔΑ Πεντάκωμου. (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011).

Πίνακας 3.1: Υφιστάμενοι Χ.Α.Δ.Α. σε λειτουργία στην Κύπρο

Χ.Α.Δ.Α.	Έκταση Απορριμματικού (Στρέμματα)	Έτη Λειτουργίας
Κοτσιάτης	765,8	35
Βατί	590	35

Σημειώνεται ότι, ο Χ.Α.Δ.Α. στην τοποθεσία Κοτσιάτη, με τον οποίο θα ασχοληθούμε εκτενέστερα στην παρούσα διατριβή, αποτελεί το μεγαλύτερο Χ.Α.Δ.Α. στην Κύπρο, με 800

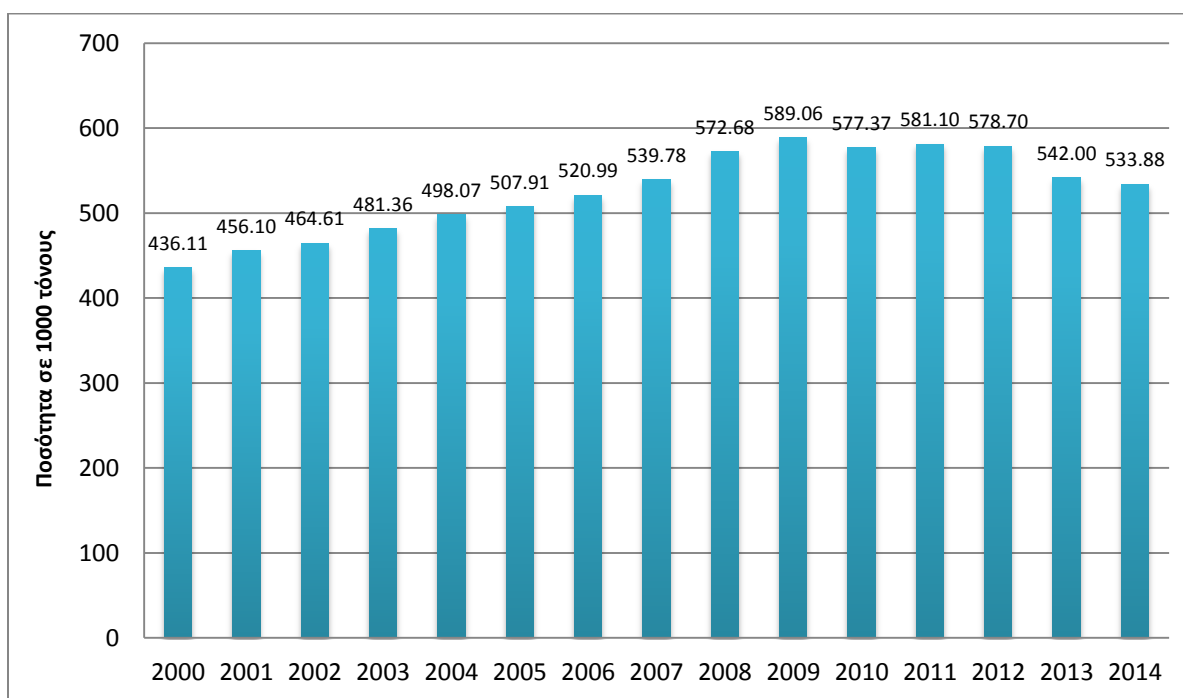
τόνους ΑΣΑ να φθάνουν κάθε εβδομάδα από την επαρχία Λευκωσίας, αποτελώντας μόνο το 25% του συνόλου των αποβλήτων που φθάνει στο συγκεκριμένο Χ.Α.Δ.Α. Βρίσκεται 17 χιλιόμετρα από την πόλη της Λευκωσίας και 1,5 km μακριά από την μικρή Κοινότητα Κοτσιάτη, καταλαμβάνοντας έκταση περίπου 0,2km² (Savva, et al., 2012). Η λειτουργία του γίνεται με προσωπικό πέντε εργαζομένων και βασικό εξοπλισμό που αποτελείται από συμπιεστές (compactors), μπουλντόζες και φορτηγά οχήματα, με τα οποία γίνεται κάλυψη των συμπυκνωμένων αποβλήτων σε τακτική βάση με χρήση εδάφους από την περιοχή (Savva, et al., 2012). Στο Χ.Α.Δ.Α. δε διεξάγεται επίσημη καταγραφή των απορριμμάτων που εισέρχονται στο χώρο του ΧΑΔΑ και επιπλέον η συνολική περίμετρος του χώρου δεν προστατεύεται από εγκαταστάσεις περίφραξης με αποτέλεσμα η διάθεση των αποβλήτων να μην μπορεί να ελεγχθεί πλήρως (Savva, et al., 2012). Επίσης στο Χ.Α.Δ.Α. δεν γίνεται διαχείριση των στραγγισμάτων ή των όμβριων υδάτων και δεν διατίθεται σχετικός εξοπλισμός συλλογής και επεξεργασίας (Savva, et al., 2012). Όσον αφορά το παραγόμενο βιοαέριο, παρά το γεγονός ότι στο χώρο του Χ.Α.Δ.Α. υπάρχουν διατάξεις για απελευθέρωση του βιοαερίου που παράγεται, με εκτιμήσεις για δυνατότητα ανάκτησης 57,513 m³/h έως το 2035, με ορθές βελτιώσεις, από τη διαδικασία της αποσύνθεσης των αποβλήτων, αυτό το βιοαέριο ακόμα δε συλλέγεται και δε χρησιμοποιείται με οποιοδήποτε τρόπο (Savva, et al., 2012). Η πιο σημαντική επίδραση στο περιβάλλον από το Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη είναι ότι η περιοχή δεν έχει ποτέ καθαριστεί δραστικά από τα απόβλητα που υπάρχουν εκεί από το 1970 (Savva, et al., 2012).

3.4.2 Ποσοτικά στοιχεία ΑΣΑ

Για την καταγραφή των ποσοτικών στοιχείων αποβλήτων που παράγονται στην Κύπρο, λήφθηκαν δεδομένα από την ΣΥΚ και μελέτες φορέων στη δικαιοδοσία των οποίων άπτονται θέματα διαχείρισης αποβλήτων στην Κύπρο (Υπουργείο Εσωτερικών, Τμήμα Περιβάλλοντος Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος). Για την αποσαφήνιση του όρου των ΑΣΑ ο οποίος χρησιμοποιείται για τα δεδομένα που ακολουθούν, αναφέρεται ότι ο ορός ΑΣΑ (Municipal Solid Waste), περιλαμβάνει όλα τα αστικά στερεά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα τα οποία λόγω φύσης ή σύνθεσης, είναι παρόμοια με τα αστικά, όπως απόβλητα από εμπορικές και συναφείς δραστηριότητες, κτίρια γραφείων και ιδρύματα (σχολεία, νοσοκομεία, κυβερνητικά κτίρια). Περιλαμβάνει επίσης ογκώδη απόβλητα και απόβλητα κήπων, φύλλα,

κλαδιά, κηπευτικά, καθώς και απόβλητα από καθαρισμό δρόμων, τα οποία συλλέγονται από ή για λογαριασμό των δημοτικών αρχών.

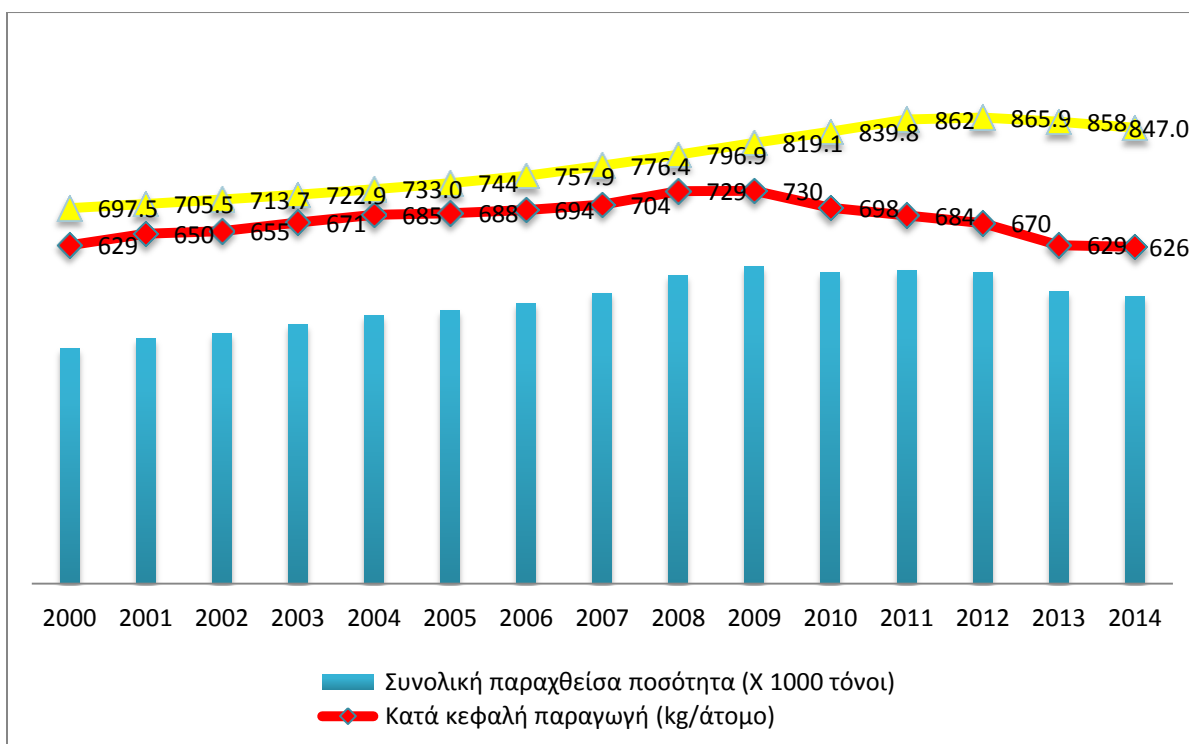
Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΣΥΚ, η χρονική εξέλιξη παραγωγής ΑΣΑ στο σύνολο της επικράτειας της κυπριακής δημοκρατίας, παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.1 για τα έτη 2000–2014. Βάσει αυτού, η χρονική εξέλιξη παραγωγής ΑΣΑ, παρουσιάζεται ανοδική μέχρι το έτος 2009 (ποσοστιαίες ετήσιες αυξήσεις περίπου 2-6% σε σχέση με τα προηγούμενα έτη), ενώ από το 2010 και μετά εμφανίζονται πτωτικές τάσεις οι οποίες έχουν να κάνουν με την παγκόσμια οικονομική ύφεση, η οποία ως άμεσα συνδεδεμένη με την παραγωγή αποβλήτων οδήγησε στη μείωση της παραγωγής ΑΣΑ καθώς των πληθυσμιακών μεγεθών. Η μεγαλύτερη μείωση καταγράφεται κατά τα έτη 2013 και 2014, στα οποία σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά (2012) παρουσιάζεται μείωση της τάξης του ποσοστού 6,3% (2013) και 7,7% (2014).



Διάγραμμα 3.1: Χρονολογική εξέλιξη παραγωγής ΑΣΑ στην Κύπρο για τα έτη 2000-2014 (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

Η κατά κεφαλή παραγωγή (kg/άτομο) ΑΣΑ στην Κύπρο καθώς και η εξέλιξη του συνολικού πληθυσμού (στο τέλος του χρόνου) σε σχέση με τη συνολική παραγωγή ΑΣΑ, εμφανίζεται στο

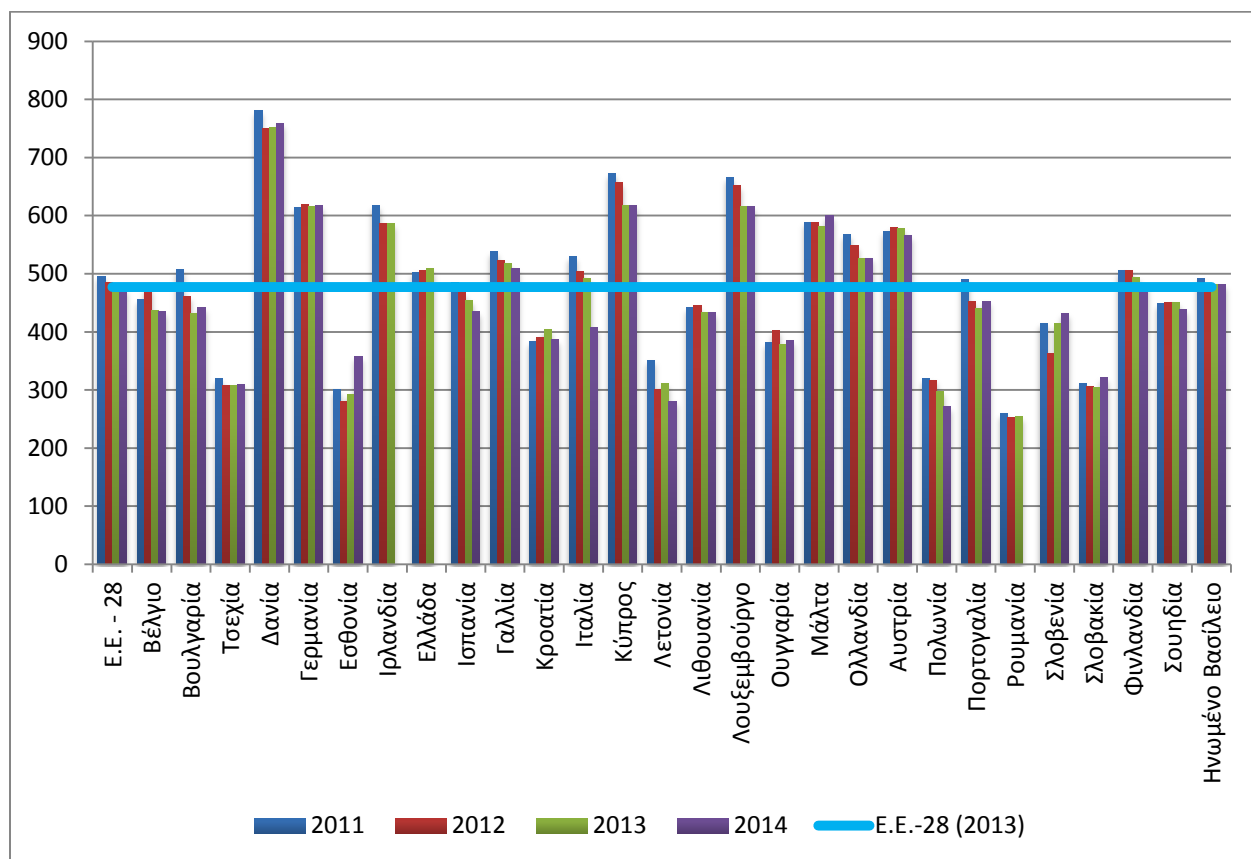
Διάγραμμα 3.2 για τα έτη 2000-2014, όπου εμφανίζονται άμεσα συνδεδεμένες. Συγκεκριμένα η αυξημένη παραγωγή αποβλήτων σχετίζεται σχεδόν γραμμικά με τον πληθυσμό, με εξαίρεση το 2010 και μετά, όπου παρουσιάζεται απόκλιση στη σχέση τους, παρόλο που ο πληθυσμός αυξάνεται σταθερά, η παραγωγή αποβλήτων παρουσιάζει μικρή πτωτική τάση, τουλάχιστον μέχρι το 2014, όπως δείχνουν τα στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου, γεγονός που ίσως σχετίζεται με την ύφεση της οικονομίας. Η μεγαλύτερη κατά κεφαλή παραγωγή σημειώνεται κατά το έτος 2009 με 730 kg/άτομο και η μικρότερη το 2014 με 626 kg/άτομο.



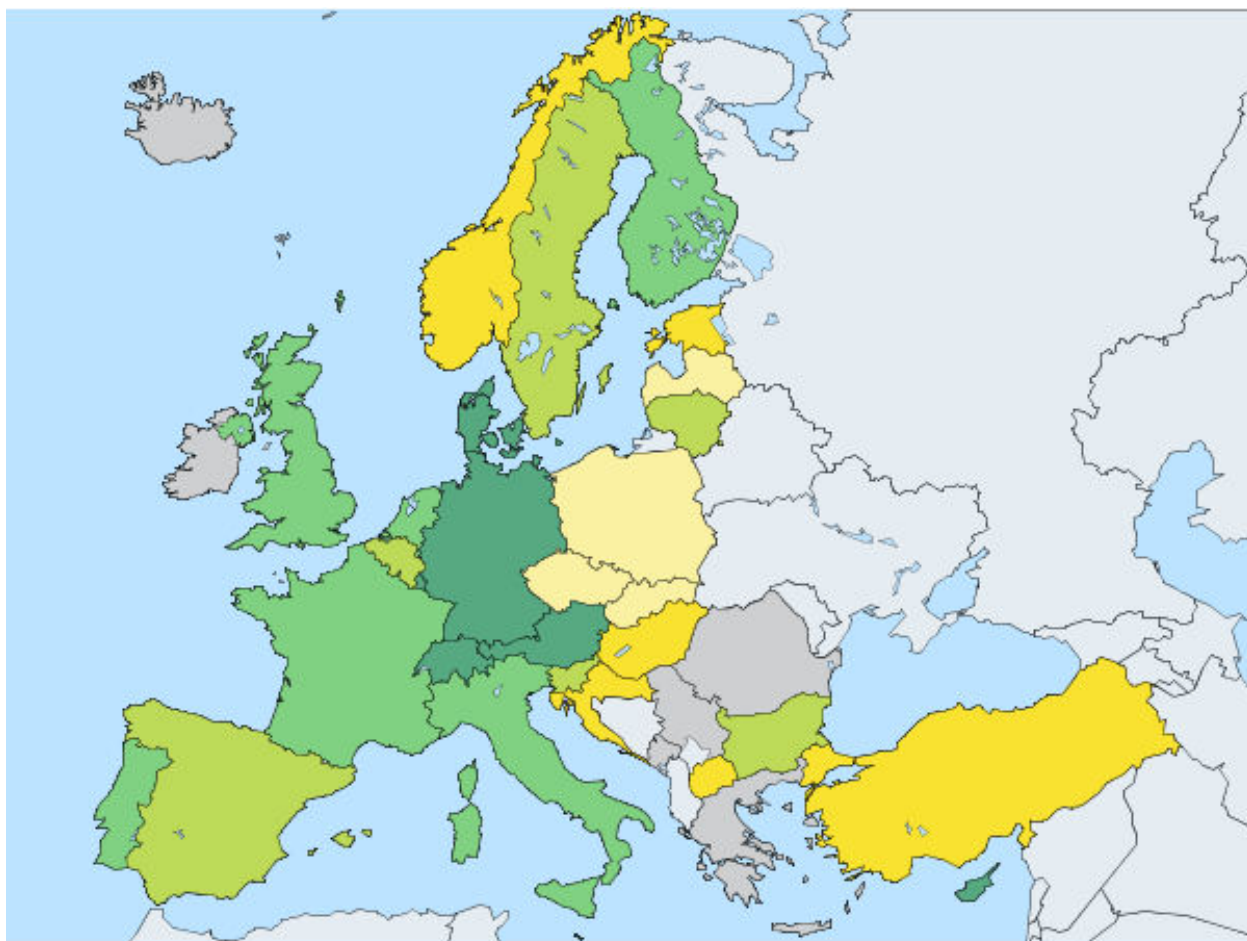
Διάγραμμα 3.2: Χρονολογική εξέλιξη κατά κεφαλή και συνολικής παραγωγής ΑΣΑ στην Κύπρο (2000-2014) (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

Για σκοπούς σύγκρισης της ποσοτικής παραγωγής αποβλήτων στην Κύπρο με τις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε., δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 3.3, με τη χρονική εξέλιξη της κατά κεφαλής παραγωγής αποβλήτων στην Ε.Ε.-28. Τα δεδομένα που εμφανίζονται αφορούν τα έτη 2011 έως 2014 και ο μέσος (γραμμικό οριζόντιο στοιχείο) που εμφανίζεται αφορά την κατά κεφαλή μέση παραγωγή αποβλήτων στην Ε.Ε.-28 το έτος 2013 (πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα). Βάσει του διαγράμματος, η κατά κεφαλή παραγωγή αποβλήτων στην Κύπρο το 2013, κατατάσσει τη

χώρα στην 2^η θέση στην Ευρώπη, μετά τη Δανία (1^η θέση) και ακολουθούν τα κράτη της Γερμανίας (3^η θέση), του Λουξεμβούργου (4^η θέση) και της Αυστρίας (5^η θέση). Αντίστοιχα για το 2014, σε επίπεδο Ε.Ε.-28 η Κύπρος κατατάσσεται στην 3^η θέση, ενώ σε ευρύτερο ευρωπαϊκό επίπεδο (Χάρτης 3.1) στην 4^η θέση, με παραγωγή δημοτικών αποβλήτων 617kg/άτομο με τα κράτη της Δανίας (758 kg/άτομο), Ελβετίας (730 kg/άτομο) και Γερμανίας (618 kg/άτομο) να κατέχουν τις πρώτες θέσεις.



Διάγραμμα 3.3: Κατά κεφαλή παραγωγή δημοτικών αποβλήτων στην Ε.Ε.-28 (2011-2014) (Eurostat, 2015)



Legend

272.0 - 349.0

349.0 - 423.0

423.0 - 442.0

442.0 - 527.0

527.0 - 758.0

Not available

Χάρτης 3.1: Χωρική απεικόνιση της κατά κεφαλή παραγωγής δημοτικών αποβλήτων στην Ε.Ε για το έτος 2014 (Eurostat, 2015)

3.4.2.1 Καταγραφή ποσοτικών στοιχείων και διαχρονική εξέλιξη ΑΣΑ στην Κύπρο

Στην παρούσα ενότητα, θα γίνει εκτίμηση της διαχρονικής εξέλιξης της ποσότητας των ΑΣΑ, που παράγονται στην κυπριακή δημοκρατία, η οποία αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για τον καθορισμό του βέλτιστου συστήματος διαχείρισης για την ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ και τη βιωσιμότητα αυτού. Έτσι με τη χρήση κοινωνικών και οικονομικών δεδομένων που αφορούν το πληθυσμό, θα υπολογιστεί η ποσοτική εξέλιξη των ΑΣΑ, σε διεθνές επίπεδο, με στόχο τη

χρήση των αποτελεσμάτων στα μετέπειτα στάδια της παρούσας μελέτης. Για τον υπολογισμό της μεταβολής της παραγόμενης ποσότητας ΑΣΑ, η οποία καθορίζεται από διάφορους παράγοντες όπως η δημογραφική εξέλιξη, τα πρότυπα ζωής, οι κοινωνικοοικονομικές τάσεις κ.λ.π. (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011), θα χρησιμοποιηθεί συγκεκριμένο μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο απαιτεί στοιχεία και δεδομένα τα οποία λήφθηκαν από τις ακόλουθες πηγές:

- Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου (ΣΥΚ)
- Eurostat
- Υπουργείο Εσωτερικών
- Τμήμα Περιβάλλοντος, Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος
- Εταιρεία ανακύκλωσης GREEN DOT.

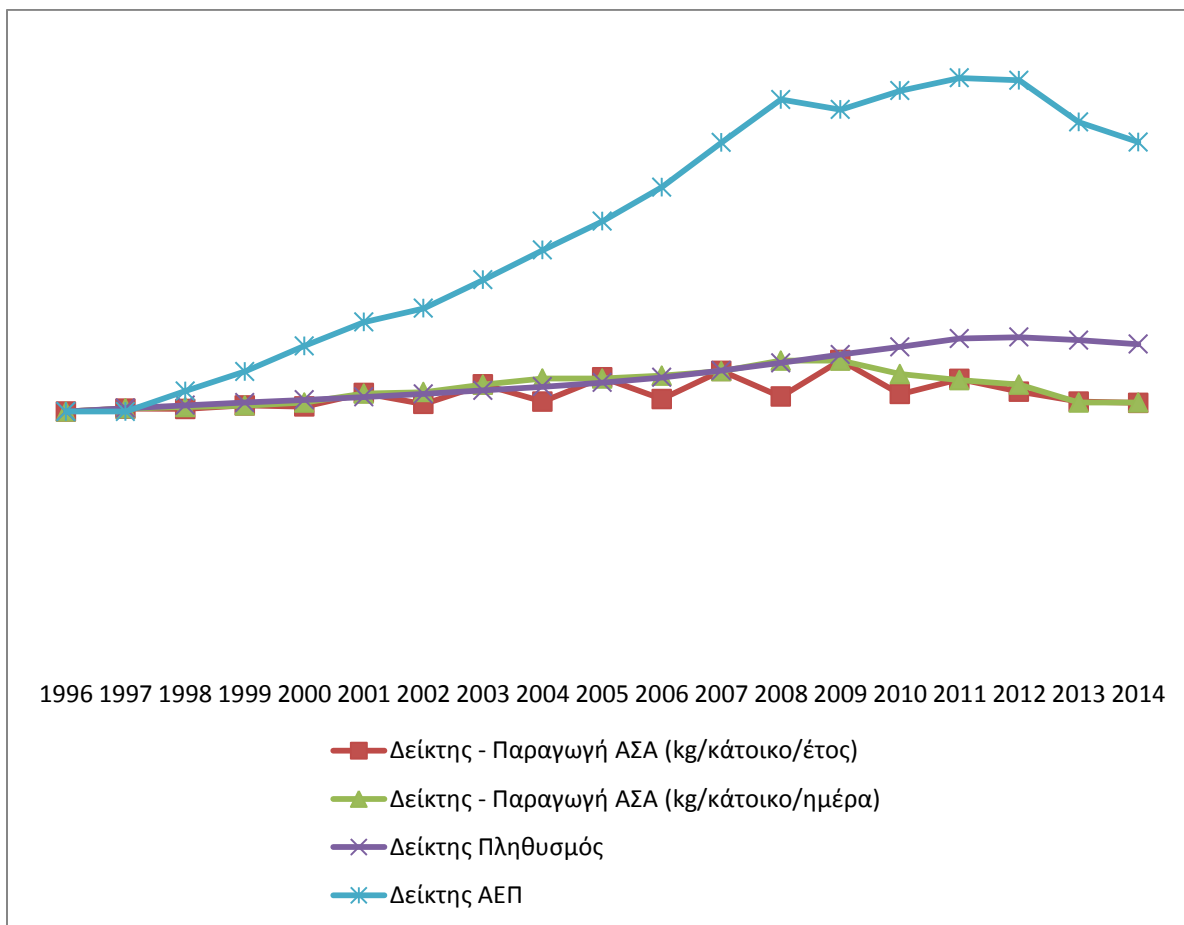
Βάσει των στοιχείων της ΣΥΚ, η ετήσια παραγωγή δημοτικών αποβλήτων ανά κάτοικο, για τα έτη 1996 έως 2014 (για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία), κυμαίνεται ανάμεσα σε 605–730 kg/κάτοικο/έτος, το οποίο δίδει μια αντίστοιχη παραγωγή των τιμών 1,66–2,00 kg/κάτοικο/ημέρα. Αναλυτικά η ετήσια εξέλιξη των ποσοτήτων αυτών εμφανίζονται στον Πίνακα 3.2, όπου φαίνεται ότι ενώ η παραγωγή των αποβλήτων ήταν αύξουσα μέχρι το έτος 2009, από το 2010 και έπειτα ακολουθεί μια φθίνουσα πορεία, το οποίο αποδίδεται στην παγκόσμια οικονομική ύφεση, η οποία οδήγησε σε μείωση του ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) και σε αντίστοιχη μείωση της παραγόμενης ποσότητας δημοτικών απορριμμάτων, λόγω της άμεσης σύνδεσης των δύο καθώς επίσης και στη μείωση του πληθυσμού. Τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα για το έτος 2014, δείχνουν παραγωγή απορριμμάτων 626 kg/κάτοικο/έτος, το οποίο αντιστοιχεί σε 1,72 kg/κάτοικο/ημέρα σε εθνικό επίπεδο.

Πίνακας 3.2: Συντελεστής παραγωγής δημοτικών απορριμμάτων Κύπρου (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

Έτος	Συντελεστής Παραγωγή Απορριμμάτων		Πληθυσμός	ΑΕΠ σε τρέχουσες τιμές αγοράς (εκατ. €)
	Kg/κάτοικο/έτος	Kg/κάτοικο/ημέρα		
1996	605	1,66	666.300	7.966,0
1997	612	1,68	675.200	8.340,2
1998	616	1,69	682.900	9.030,8
1999	620	1,70	690.500	9.686,8
2000	629	1,72	697.500	10.541,6
2001	650	1,78	705.500	11.347,9
2002	655	1,79	713.700	11.806,4
2003	671	1,84	722.900	12.762,4
2004	685	1,88	733.000	13.767,0
2005	688	1,88	744.000	14.730,6
2006	694	1,90	757.900	15.878,9
2007	704	1,93	776.400	17.375,0
2008	729	2,00	796.900	18.822,0
2009	730	2,00	819.100	18.482,3
2010	698	1,91	839.800	19.117,7
2011	684	1,87	862.000	19.547,1
2012	670	1,84	865.900	19.468,9
2013	629	1,72	858.000	18.064,6
2014	626	1,72	847.000	17.393,7
2015				17.420,6

Βάσει των δεδομένων του Πίνακα 3.2 δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 3.4, στο οποίο δεικνύεται η σχέση μεταξύ της ετήσιας και ημερήσιας παραγωγής ΑΣΑ, σε εθνικό επίπεδο, του ΑΕΠ και του πληθυσμού της κυπριακής δημοκρατίας. Η χρήση του ΑΕΠ χρησιμοποιείται ως οικονομική παράμετρος και οδηγός της παραγωγής ΑΣΑ, όπου εμφανίζεται να αυξάνεται παράλληλα με την παραγωγή αποβλήτων από το 1996 μέχρι το 2010, όπου παρουσιάζεται αποσύνδεση των δύο δεικτών. Το ΑΕΠ εμφανίζεται να αυξάνεται σταθερά από το 1996 μέχρι το έτος 2011 (αύξηση 134,4% με ποσοστιαία ετήσια αύξηση 8,4%), με μικρή πτώση το 2009, ενώ από το 2011 έως το 2014 παρουσιάζει πτώση της τάξης του 25,8% (ποσοστιαία ετήσια μείωση 6,45%). Από τα δεδομένα αυτά, σαφώς η ετήσια οικονομική ανάπτυξη (έτη 1996-2009) υπερβαίνει αυτήν της παραγωγής ΑΣΑ την ίδια περίοδο (1,6%). Όσον αφορά τον πληθυσμό, η σχέση μεταξύ αυτού και της παραγωγής ΑΣΑ, εμφανίζεται να είναι παράλληλη και αύξουσα μέχρι το έτος 2010, όπου μετά ενώ ο πληθυσμός εξακολουθεί να αυξάνεται με πιο μικρούς ρυθμούς, η παραγωγή

ΑΣΑ ακολουθεί φθίνουσα πορεία, το οποίο πιθανό να οφείλεται τόσο στην οικονομική ύφεση όσο και στην εισαγωγή προγραμμάτων ανακύκλωσης με ΔσΠ.



Διάγραμμα 3.4: Παραγωγή ΑΣΑ (kg/κάτοικο ανά έτος/ημέρα), ΑΕΠ και πληθυσμός στην Κύπρο (1996-2014)

Για την εκτίμηση των ποσοτικών στοιχείων και τη διαχρονική εξέλιξη των ΑΣΑ στην Κύπρο, υιοθετούνται οι εκτιμήσεις οι οποίες έγιναν στα πλαίσια του «Σχεδίου Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων» το οποίο εκπονήθηκε το 2015 από το Υπουργείο Εσωτερικών. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε (μοντέλο που αναπτύχθηκε από το European Topic Centre / Resource and Waste Management) στην εν λόγω μελέτη, επιτρέπει την πρόβλεψη της ετήσιας παραγωγής ΑΣΑ, με τη χρήση πραγματικών δεδομένων, όπως στοιχεία σχετικά με τα απόβλητα

(παραγόμενη ποσότητα, κατά κεφαλή παραγόμενη ποσότητα ανά κάτοικο) καθώς και στοιχεία όσον αφορά οικονομικούς, δημογραφικούς και κοινωνικούς δείκτες (π.χ. τρέχουσες, σταθερές και μελλοντικές τιμές αγοράς ΑΕΠ, τιμές για τον πληθυσμό και προβλέψεις αυτού, αριθμός νοικοκυριών) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015γ). Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα μοντέλου πρόβλεψης παραγωγής ΑΣΑ Κύπρου (2013-2030) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015γ)

Έτος Πρόβλεψης	Πρόβλεψη παραγωγής ΑΣΑ	Πρόβλεψη κατά κεφαλή παραγωγής αποβλήτων (kg/άτομο)
2013	555.36	641.38
2014	541.52	623.20
2015	546.28	625.75
2016	553.30	630.92
2017	563.79	640.10
2018	573.07	647.95
2019	581.43	654.87
2020	589.52	661.65
2021	598.37	669.41
2022	607.20	677.09
2023	616.31	684.95
2024	625.52	692.88
2025	634.91	700.95
2026	644.69	709.38
2027	654.77	718.07
2028	665.46	727.38
2029	676.68	737.18
2030	688.54	747.55

Για την αξιοποίηση των προβλέψεων του μοντέλου στην παρούσα μελέτη θα γίνει αξιολόγηση των προβλέψεων για τα έτη 2013 και 2014, για τα οποία υπάρχουν στο παρόν χρονικό διάστημα πραγματικά δεδομένα από τη ΣΥΚ. Για το έτος 2013 τα δεδομένα δείχνουν ετήσια παραγωγή ΑΣΑ 542 χιλιάδες τόνους ή 629 kg/άτομο, ενώ για το 2014 533,88 χιλιάδες τόνους ή 626 kg/άτομο. Η απόκλιση που παρατηρείται από τις προβλέψεις που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3 είναι 1,4-2,4% όσον αφορά την ετήσια συνολική παραγωγή και 0,4–2% όσον αφορά την ετήσια παραγωγή ανά άτομο. Τα ποσοστά απόκλισης είναι σχετικά μικρά, επομένως για

σκοπούς συνέχειας των υπολογισμών της παρούσας μελέτης, θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.3 για τα οποία δεν υπάρχουν διαθέσιμα πραγματικά στοιχεία.

3.4.2.2 Εκτίμηση ποσοτικών στοιχείων και διαχρονική εξέλιξη ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας

Σε επίπεδο επαρχιών, δεν υπάρχουν επίσημα καταγεγραμμένα δεδομένα παραγωγής ΑΣΑ, αλλά έχουν διεξαχθεί σχετικές μελέτες από το Υπουργείο Εσωτερικών και το Τμήμα Περιβάλλοντος, στις οποίες γίνονται εκτιμήσεις, βάσει των μετρήσεων των παραγόμενων απορριμμάτων στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου, όπου λειτουργούν οργανωμένοι χώροι διαχείρισης απορριμμάτων. Έτσι, από τις μετρήσεις στην Ο.Ε.Δ.Α. Λάρνακας – Αμμοχώστου προκύπτει συντελεστής παραγωγής απορριμμάτων για τα έτη 2010-2011 της τάξης του 1,70–1,75 kg/κάτοικο/ημέρα. Ενώ από τις μετρήσεις του ΧΥΤΑ και ΣΜΑ της επαρχίας Πάφου, προκύπτει ότι ο συντελεστής παραγωγής απορριμμάτων για τα έτη 2006-2010 ανέρχεται στα 2,28–2,90 kg/κάτοικο/ημέρα. Η διαφοροποίηση μεταξύ των μετρήσεων οφείλεται κυρίως στον τουριστικό χαρακτήρα της Πάφου και στη μεγάλη εποχιακή διακύμανση του πληθυσμού της.

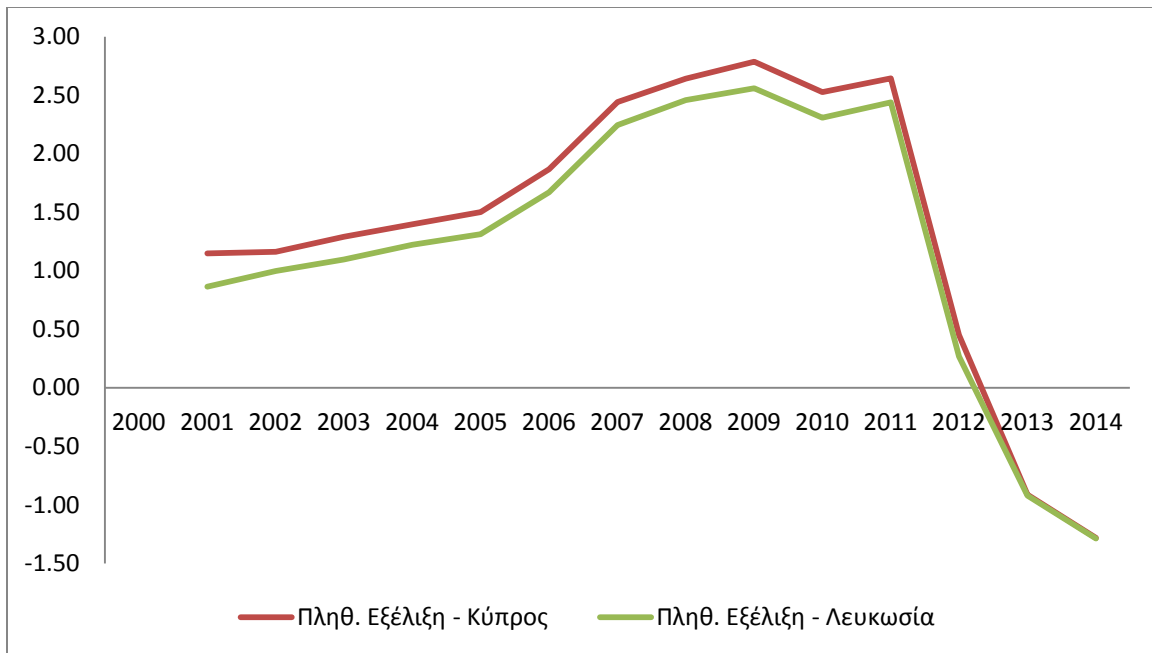
Οι μετρήσεις των επαρχιών Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου, οδήγησαν τις διάφορες μελέτες που εκπονήθηκαν στα πλαίσια διαχείρισης των ΑΣΑ στην Κύπρο, (π.χ. «Σχέδιο Διαχείρισης για Οικιακά και Παρόμοιου Τύπου Απόβλητα» (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012), «Ολοκληρωμένη μελέτη ποσοτικής και ποιοτικής σύστασης απορριμμάτων επαρχίας Λευκωσίας», «Τελική Μελέτη για την εκτίμηση των επιπτώσεων στο Περιβάλλον» της ίδιας μελέτης), στην υιοθέτηση συντελεστών για σκοπούς εκτίμησης της ποσοτικής εξέλιξης των αποβλήτων στην Κύπρο, ως ακολούθως: (α) παραγωγή 2,00 kg/κάτοικο/ ημέρα για το 2010, (β) ετήσια αύξηση του συντελεστή παραγωγής της τάξης του 1,00% για τα έτη 2010-2020 και (γ) ετήσια αύξηση του συντελεστή παραγωγής της τάξης του 0,50% για τα επόμενα έτη.

Βάσει των όσων αναφέρθηκαν, για σκοπούς εκτίμησης των ποσοτικών στοιχείων και τη διαχρονική εξέλιξη των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας, θα υιοθετηθούν οι ίδιοι συντελεστές

παραγωγής συνδυαστικά με τις προβλέψεις διαχρονικής εξέλιξης πληθυσμού μέχρι το 2050, από τη ΣΥΚ, έτσι ώστε να εκτιμηθεί η παραγωγή ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας για τα έτη 2015-2040. Αρχικά στον Πίνακα 3.4 δίδονται τα στοιχεία πληθυσμού για το σύνολο της Κύπρου και της επαρχίας Λευκωσίας, για δεκαπέντε έτη 2000 – 2014 καθώς και ο μέσος ετήσιος ποσοστιαίος ρυθμός αύξησης του πληθυσμού στην Κύπρο και επαρχία Λευκωσίας. Βάσει του Πίνακα 3.4, δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 3.5 στο οποίο φαίνεται ότι οι μεταβολές του πληθυσμού σε εθνικό επίπεδο και σε επαρχιακό επίπεδο Λευκωσίας, είναι παρόμοιες. Συγκεκριμένα από το 2000 έως το 2012 οι τάσεις εμφανίζονται αυξητικές και μετά φθίνουσες για τα έτη 2013 και 2014, με μέσο όρο ετήσιας μεταβολής πληθυσμού για την Κύπρο 1,40% και για τη Λευκωσία 1,23%. Οι μέσοι όροι του ρυθμού εξέλιξης του πληθυσμού σε εθνικό και επαρχιακό επίπεδο Λευκωσίας, συγκλίνουν με μικρές διαφορές της τάξης του 0,01-0,28%, με μέσο όρο απόκλισης 0,17%.

Πίνακας 3.4: Στοιχεία πληθυσμού 2000-2015 στην Κύπρο και στην επαρχία Λευκωσίας (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

Έτος	Κύπρος		Λευκωσία	
	Πληθυσμός	Ετήσια μεταβολή (%)	Πληθυσμός	Ετήσια μεταβολή (%)
2000	697.500		277.900	
2001	705.500	1,15	280.300	0,86
2002	713.700	1,16	283.100	1,00
2003	722.900	1,29	286.200	1,10
2004	733.000	1,40	289.700	1,22
2005	744.000	1,50	293.500	1,31
2006	757.900	1,87	298.400	1,67
2007	776.400	2,44	305.100	2,25
2008	796.900	2,64	312.600	2,46
2009	819.100	2,79	320.600	2,56
2010	839.800	2,53	328.000	2,31
2011	862.000	2,64	336.000	2,44
2012	865.900	0,45	336.900	0,27
2013	858.000	-0,91	333.800	-0,92
2014	847.000	-1,28	329.500	-1,29
Μέσος όρος	782.640	1,40	307.440	1,23



Διάγραμμα 3.5: Ετήσια μεταβολή πληθυσμού σε Κύπρο και Λευκωσία (2000-2014)

Για τη μελέτη της μεταβολής του μεγέθους του πληθυσμού στην Κύπρο και κατ' επέκταση στη Λευκωσία, βάσει των πιο πάνω στοιχείων, θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης του μέσου ετήσιου ρυθμού μεταβολής ή αλλιώς η μέση ετήσια μεταβολή του πληθυσμού r , η οποία δεν πρέπει να συγχέεται με την ποσοστιαία μεταβολή του πληθυσμού η οποία παρουσιάστηκε πιο πάνω. Ο δείκτης αυτός, υπολογίζεται βάσει του τύπου του ανατοκισμού και δίδεται από τη σχέση:

$$P_{t+n} = P_t (1 + r)^n$$

Όπου:

P_t : ο πληθυσμός στην αρχή της περιόδου t

n : ο αριθμός των ετών που πέρασαν από το χρόνο εκκίνησης t

P_{t+n} : ο πληθυσμός στο τέλος της περιόδου

r : ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής.

Για την εύρεση της εθνικής πληθυσμιακής προβολής για τα έτη από το 2015 και έπειτα, μέσω του τύπου του ανατοκισμού θα βρεθεί ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής πληθυσμού από το έτος 2000 έως το 2014, ως ακολούθως:

$$\begin{aligned}P_{t+n} &= P_t (1 + r)^n \\ \Rightarrow P_{2014} &= P_{2000} (1 + r)^{14} \\ \Rightarrow 847.000 &= 697.500 (1 + r)^{14} \\ \Rightarrow 847.000 / 697.500 &= (1 + r)^{14} \\ \Rightarrow 1,214 &= (1 + r)^{14} \\ \Rightarrow 1 + r &= \sqrt[14]{1,214} \\ \Rightarrow r &= 1,0139 - 1 \\ \Rightarrow r &= 0,0139 = 1,39\%\end{aligned}$$

Από τη χρήση του δείκτη πιο πάνω το αποτέλεσμα δίδει μέσο ετήσιο ρυθμό μεταβολής πληθυσμού από το 2000-2014 ίσο με 1,39% το οποίο πλησιάζει πολύ τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.4, όπου ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής για την Κύπρο ισούται με 1,40%. Ο ίδιος τύπος για την περίπτωση της επαρχίας Λευκωσίας, δίδει αποτέλεσμα 1,22% το οποίο και πάλι πλησιάζει κατά πολύ το αποτέλεσμα 1,23% του Πίνακα 3.4, ως ακολούθως:

$$\begin{aligned}P_{t+n} &= P_t (1 + r)^n \\ \Rightarrow P_{2014} &= P_{2000} (1 + r)^{14} \\ \Rightarrow 329.500 &= 277.900 (1 + r)^{14} \\ \Rightarrow 329.500 / 277.900 &= (1 + r)^{14} \\ \Rightarrow 1,185 &= (1 + r)^{14}\end{aligned}$$

$$\Rightarrow 1 + r = \sqrt[14]{1,185}$$

$$\Rightarrow r = 1,0122 - 1$$

$$\Rightarrow r = 0,0122 = 1,22\%$$

Ο τύπος ανατοκισμού, δίνει ένα αρκετά αισιόδοξο μέσο ετήσιο ρυθμό μεταβολής πληθυσμού (1,39–1,40% για την Κύπρο και 1,22–1,23% για τη Λευκωσία), σε σχέση με τον αντίστοιχο πραγματικό ρυθμό τα τελευταία πέντε χρόνια (0,69% για την Κύπρο και 0,56% για τη Λευκωσία) και τις αντίστοιχες προβολές πληθυσμού από τη ΣΥΚ για τα έτη 2017, 2022, 2027, 2032 και 2037, οι οποίες εμφανίζονται πολύ συντηρητικές. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο μέσος ρυθμός αύξησης που προέβλεπε η ΣΥΚ για το σύνολο της Κύπρου, μειώνεται σταδιακά από 1,2% την περίοδο 2002–2006 σε 0,7% την περίοδο 2012–2016, 0,3% την περίοδο 2022–2026, 0% την περίοδο 2032–2036 και γίνεται αρνητικός τα επόμενα χρόνια φθάνοντας σε ποσοστό -0,3% την περίοδο 2047–2051. Ωστόσο, λόγω των όσων αναφέρθηκαν, καθώς επίσης και τις πτωτικές τάσεις της οικονομίας τα τελευταία χρόνια, που οδηγούν σε περιορισμό των γεννήσεων, θα υιοθετηθεί μικρότερο ποσοστό αύξησης του πληθυσμού για τα μελλοντικά έτη σε σχέση με αυτό της τελευταίας δεκαπενταετίας. Συγκεκριμένα στην παρούσα μελέτη για σκοπούς εκτίμησης του μελλοντικού πληθυσμού θα υιοθετηθεί ως μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής πληθυσμού 0,6% για την Κύπρο και 0,5% για την επαρχία Λευκωσίας για τα έτη 2015–2020 και 0,2% για τα επόμενα έτη. Η επιλογή των συντελεστών ακολουθεί το παράδειγμα της «Ολοκληρωμένης μελέτης ποσοτικής και ποιοτικής σύστασης απορριμμάτων της επαρχίας Λευκωσίας» και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: Πρόβλεψη πληθυσμού σε Κύπρο και επαρχία Λευκωσίας από το 2015 έως το 2040

Έτος	Κύπρος		Λευκωσία	
	Πρόβλεψη πληθυσμού (συντελεστής: 1,39%)	Πρόβλεψη πληθυσμού (συντελεστής: 0,60%)	Πρόβλεψη πληθυσμού (συντελεστής: 1,22%)	Πρόβλεψη πληθυσμού (συντελεστής: 0,50% και 0,20%)
2015	858,773	852,082	333,520	331,148
2016	870,710	857,194	337,589	332,803
2017	882,813	862,338	341,707	334,467
2018	895,084	867,512	345,876	336,140
2019	907,526	872,717	350,096	337,820
2020	920,141	877,953	354,367	339,509
2021	932,930	883,221	358,690	340,188
2022	945,898	888,520	363,066	340,869
2023	959,046	893,851	367,496	341,551
2024	972,377	899,214	371,979	342,234
2025	985,893	904,610	376,517	342,918
2026	999,597	910,037	381,111	343,604
2027	1,013,491	915,497	385,760	344,291
2028	1,027,579	920,990	390,467	344,980
2029	1,041,862	926,516	395,230	345,670
2030	1,056,344	932,076	400,052	346,361
2031	1,071,027	937,668	404,933	347,054
2032	1,085,914	943,294	409,873	347,748
2033	1,101,009	948,954	414,874	348,443
2034	1,116,313	954,647	419,935	349,140
2035	1,131,829	960,375	425,058	349,839
2036	1,147,562	966,138	430,244	350,538
2037	1,163,513	971,934	435,493	351,239
2038	1,179,686	977,766	440,806	351,942
2039	1,196,083	983,633	446,184	352,646
2040	1,212,709	989,534	451,627	353,351

Επομένως με τις προβολές του πληθυσμού για τα προσεχή έτη μέχρι το 2040 και του συντελεστή παραγωγής αποβλήτων, ο οποίος υιοθετήθηκε για σκοπούς εκτίμησης της εξέλιξης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2,00 kg/κάτοικο/ημέρα για το 2010 με ετήσια αύξηση 1,00% για τα έτη 2010-2020 και 0,50% για τα επόμενα έτη), δημιουργήθηκε ο Πίνακας 3.6, στον οποίο γίνεται εκτίμηση της ποσοτικής εξέλιξης παραγωγής ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας. Οι ποσότητες που αναγράφονται αφορούν τις συνολικές ποσότητες αποβλήτων που παράγονται στην επαρχία Λευκωσίας, χωρίς να διαχωρίζεται η ποσότητα η οποία εκτρέπεται με σκοπό την ανακύκλωση, με το σύστημα ΔσΠ. Επομένως από τις ποσότητες που έχουν εκτιμηθεί, τα ΑΣΑ

θα διαχωριστούν σε επόμενο στάδιο, σε δύο κύρια ρεύματα ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης τους, τα σύμμεικτα ΑΣΑ, τα οποία μέχρι σήμερα καταλήγουν στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη και τα ανακυκλώσιμα απόβλητα.

Πίνακας 3.6: Εκτίμηση ποσοτικής εξέλιξης παραγωγής ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας

Έτος	Πληθυσμός	Συντελεστής Παραγωγής Απορριμμάτων (kg/κάτοικο/ημέρα)	Παραγωγή Απορριμμάτων (τόνοι/έτος)
2015	331,148	2,10	253,825
2016	332,803	2,12	257,645
2017	334,467	2,14	261,522
2018	336,140	2,16	265,458
2019	337,820	2,19	269,453
2020	339,509	2,21	273,508
2021	340,188	2,22	275,426
2022	340,869	2,23	277,357
2023	341,551	2,24	279,301
2024	342,234	2,25	281,259
2025	342,918	2,26	283,230
2026	343,604	2,27	285,216
2027	344,291	2,29	287,215
2028	344,980	2,30	289,228
2029	345,670	2,31	291,256
2030	346,361	2,32	293,298
2031	347,054	2,33	295,354
2032	347,748	2,34	297,424
2033	348,443	2,35	299,509
2034	349,140	2,37	301,609
2035	349,839	2,38	303,723
2036	350,538	2,39	305,852
2037	351,239	2,40	307,996
2038	351,942	2,41	310,155
2039	352,646	2,43	312,329
2040	353,351	2,44	314,519

3.4.2.3 Εκτίμηση ποσοτικών στοιχείων υφιστάμενων ΑΣΑ στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη

Για την εκτίμηση του απορριμματικού όγκου στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη δεν υφίστανται επίσημα καταγραμμένα στοιχεία από την έναρξη της λειτουργίας του τη δεκαετία του '70, επομένως θα γίνει εκτίμηση του απορριμματικού όγκου, βάσει του γινόμενου των ετών λειτουργίας του

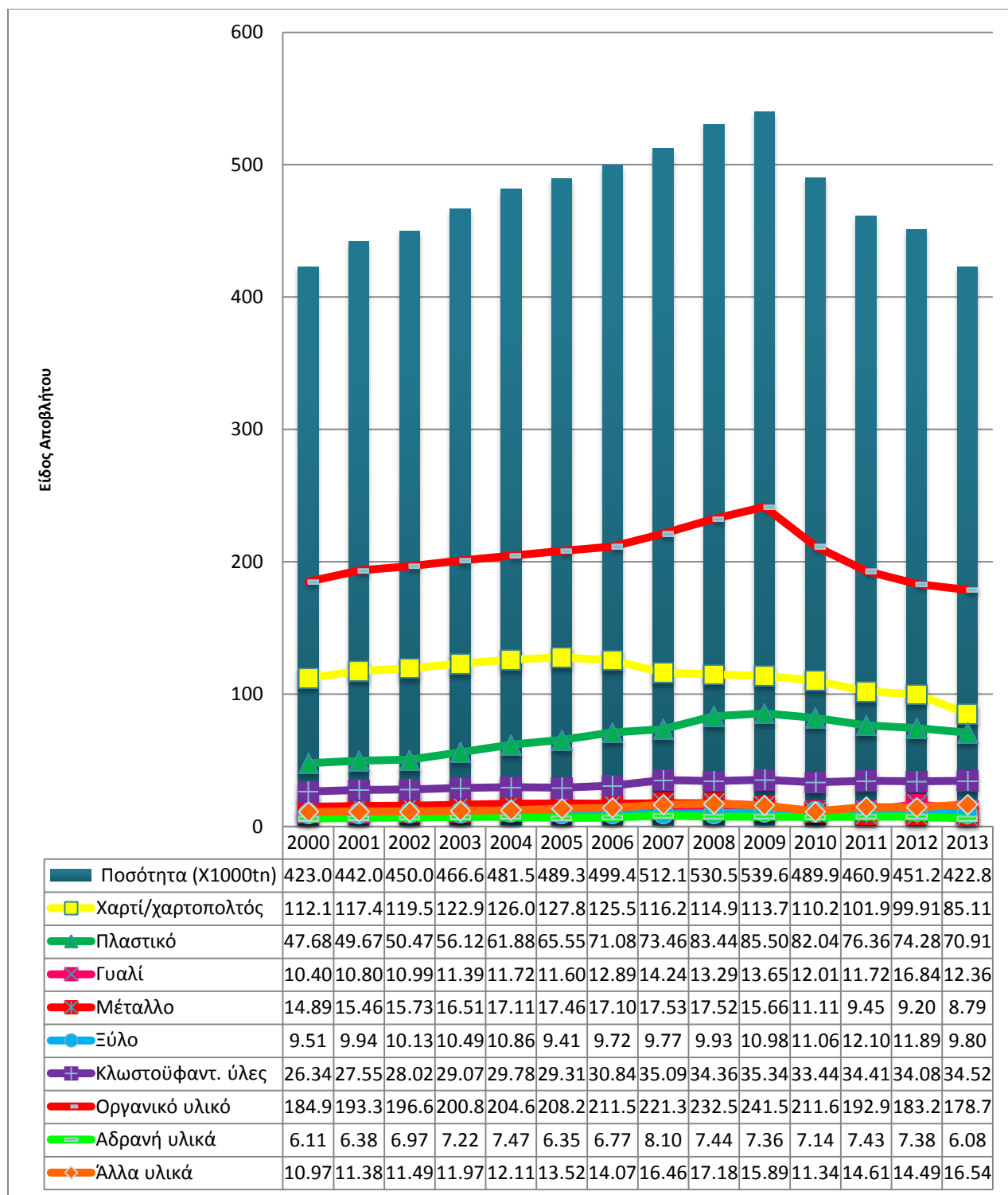
Χ.Α.Δ.Α., του εξυπηρετούμενου πληθυσμού και της ετήσιας παραγωγής απορριμμάτων/κάτοικο. Βάσει των διαθέσιμων επίσημων στοιχείων της κυπριακής δημοκρατίας ο μέσος όρος του εξυπηρετούμενου πληθυσμού (επαρχία Λευκωσίας) από το Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη ισούται με 299.989 κατοίκους (1996-2014) και ο αντίστοιχος μέσος όρος παραγωγής αποβλήτων ανά κάτοικο σε 0,633 τόνους/κάτοικο (1996-2014), επομένως για τα 45 χρόνια (1970-2015) λειτουργίας του Χ.Α.Δ.Α. στην τοποθεσία Κοτσιάτη εκτιμάται ότι οι αποθέσεις σε απόβλητα ισούνται σε 8.950.186 τόνους.

3.4.3 Ποιοτικά στοιχεία ΑΣΑ

Στην παρούσα υποενότητα, θα παρουσιαστούν στοιχεία ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ στην Κύπρο και στην επαρχία Λευκωσίας και ακολούθως θα γίνει εκτίμηση της εξέλιξης αυτής, το οποίο αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για τον καθορισμό του βέλτιστου συστήματος διαχείρισης, όσον αφορά την ενεργειακή τους αξιοποίηση. Μέσα από υπολογισμούς και υφιστάμενα δεδομένα που αφορούν τα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού, θα υπολογιστεί η ποιοτική εξέλιξη των ΑΣΑ, στην επαρχία Λευκωσίας, με στόχο τα αποτελέσματα να χρησιμοποιηθούν στα μετέπειτα στάδια της παρούσας μελέτης για την εκτίμηση της δυνατότητας ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ που οδηγούνται σε υφιστάμενο Χ.Α.Δ.Α με τη δημιουργία κατάλληλης μονάδας «waste to energy» ως μέθοδος αποκατάστασης του.

3.4.3.1 Καταγραφή ποιοτικών στοιχείων και διαχρονική εξέλιξη ΑΣΑ στην Κύπρο

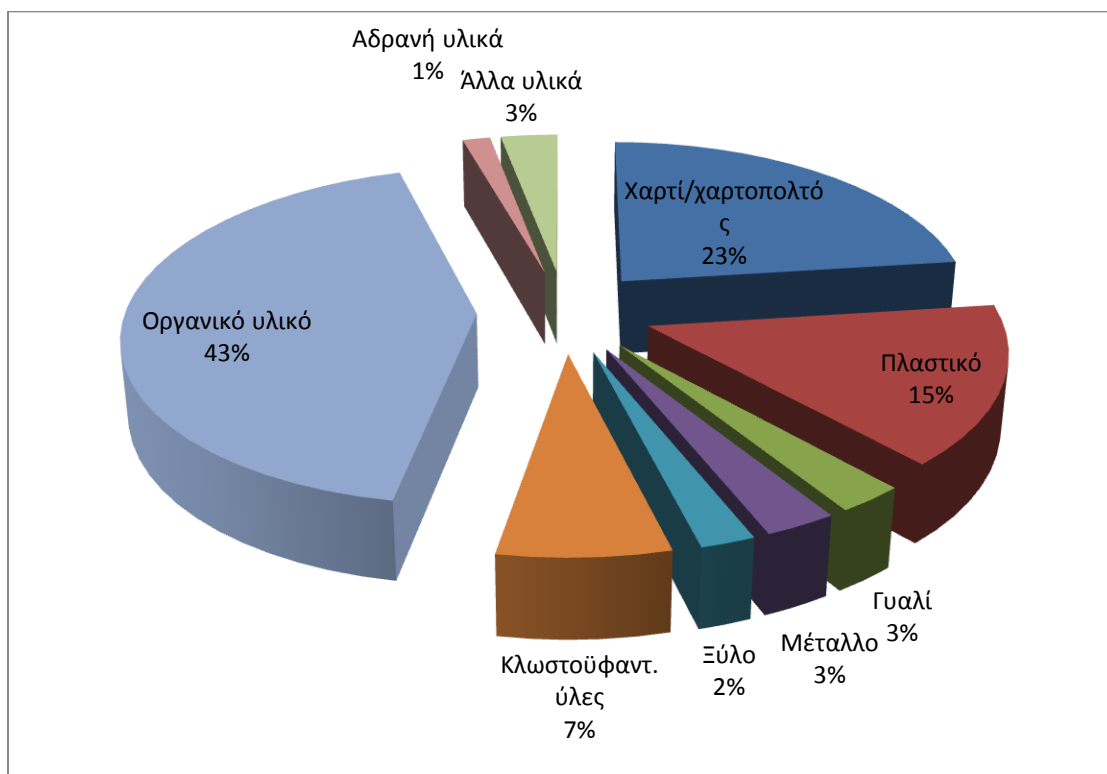
Με βάση τα δεδομένα της ΣΥΚ, η ποσοστιαία σύσταση των ΑΣΑ από το 2000-2013, η οποία κατέληξε σε Χ.Α.Δ.Α. δίνεται στο Διάγραμμα 3.6, όπου αν και η πρώτη και τελευταία χρονιά των δεδομένων που παρουσιάζονται εμφανίζουν τις ίδιες ποσότητες, εντούτοις η ποιοτική σύσταση διαφέρει, γεγονός που αποδεικνύει τη διαφορετικότητα της με την πάροδο των ετών. Συγκεκριμένα, το 2013 παρουσιάζονται πτωτικές τάσεις στην ποσότητα του χαρτιού, χαρτοπολτού και άλλων προϊόντων του (-24%) καθώς και στα μέταλλα (-41%), στο οργανικό (-3,35%) και αδρανή υλικό (-0,5%) που καταλήγουν στους χώρους απόρριψης ενώ ανοδικές ποσότητες παρουσιάζουν το πλαστικό (+33%), το γυαλί (+16%), το ξύλο (+3%), οι κλωστοϋφαντουργικές ύλες και προϊόντα τους (+24%) και τα άλλα υλικά (+34%).



Διάγραμμα 3.6: Χρονική εξέλιξη ποσοστιαίας σύστασης ΑΣΑ που καταλήγει σε χώρους απόρριψης (2000-2013) (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

Πίνακας 3.7: Ποσοστιαία ποιοτική σύσταση ΑΣΑ που καταλήγει σε χώρους απόρριψης (2004-2013)
(Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

Είδος ΑΣΑ	2004 (%)	2005 (%)	2006 (%)	2007 (%)	2008 (%)	2009 (%)	2010 (%)	2011 (%)	2012 (%)	2013 (%)	Μέσος Όρος (%)
Χαρτί/χαρτοπολτός	26,18	26,13	25,13	22,69	21,66	21,08	22,49	22,12	22,14	20,13	22,97
Πλαστικό	12,85	13,40	14,23	14,34	15,73	15,84	16,74	16,57	16,46	16,77	15,29
Γυαλί	2,43	2,37	2,58	2,78	2,50	2,53	2,45	2,54	3,73	2,92	2,68
Μέταλλο	3,55	3,57	3,42	3,42	3,30	2,90	2,27	2,05	2,04	2,08	2,86
Ξύλο	2,26	1,92	1,95	1,91	1,87	2,03	2,26	2,62	2,63	2,32	2,18
Κλωστοϋφαν. ύλες	6,18	5,99	6,17	6,85	6,48	6,55	6,82	7,46	7,55	8,16	6,82
Οργανικό υλικό	42,48	42,56	42,35	43,21	43,82	44,75	43,19	41,85	40,60	42,27	42,71
Αδρανή Υλικά	1,55	1,30	1,36	1,58	1,40	1,36	1,46	1,61	1,64	1,44	1,47
Άλλα υλικά	2,51	2,76	2,82	3,21	3,24	2,94	2,31	3,17	3,21	3,91	3,01



Διάγραμμα 3.7: Απεικόνιση μέσου όρου ανά είδος ΑΣΑ που καταλήγει σε Χ.Α.Δ.Α. (2004-2013)
(Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015)

Βάσει των ίδιων δεδομένων, βρέθηκαν τα ποσοστιαία κλάσματα του κάθε είδους ΑΣΑ που καταλήγουν σε χώρους απόρριψης για τα έτη που υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, δηλαδή από το 2004 έως το 2013. Βάσει αυτών βρέθηκε ο μέσος όρος της ποσοστιαίας ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ, ο οποίος παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.7. Ακολούθως, με τα ίδια δεδομένα, το Διάγραμμα 3.7 δίνει τη σχηματική απεικόνιση του ποσοστού των ειδών ΑΣΑ, όπου φαίνεται η υπεροχή σε ποσότητα του οργανικού υλικού (ποσοστό περίπου 43%) και ακολουθούν το χαρτί / χαρτοπολτός και πλαστικό με ποσοστά περίπου 23% και 15% αντίστοιχα. Για περαιτέρω παρουσίαση στοιχείων ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ, της επαρχίας Λευκωσίας, λαμβάνονται στοιχεία από τις σχετικές μελέτες οι οποίες συντάχθηκαν με σκοπό την κατασκευή Ο.Ε.Δ.Α. και συγκεκριμένα την «Ολοκληρωμένη Μελέτη Ποσοτικής και Ποιοτικής Σύστασης ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας».

3.4.3.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διαχρονική εξέλιξη ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας

Για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας, λήφθηκαν δεδομένα από την «Ολοκληρωμένη Μελέτη Ποσοτικής και Ποιοτικής Σύστασης Απορριμμάτων επαρχίας Λευκωσίας», η οποία διεξήχθη από το Υπουργείο Εσωτερικών στα πλαίσια της μελέτης για την κατασκευή και λειτουργία Ο.Ε.Δ.Α. Η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε ήταν δειγματοληψία, χειροδιαλογή υλικών που δεν μπορούν να εντοπιστούν από το μηχάνημα οπτικού ανιχνευτή/διαχωριστή NIR (Near InfraRed) και εξέταση των δειγμάτων στο μηχάνημα για σκοπούς ποιοτικής ανάλυσης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β). Στον Πίνακα 3.8 εμφανίζεται η ποσότητα παραγωγής και σύσταση των ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας για το έτος 2010 καθώς και η ποσότητα ανακύκλωσης των αποβλήτων συσκευασίας και το ποσοστό αυτής επί της παραγόμενης ποσότητας. Βάσει των δεδομένων του Πίνακα 3.8, θα γίνει εκτίμηση της μελλοντικής σύστασης των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας, που θα απομένουν προς διάθεση.

Πίνακας 3.8: Ποιοτική σύσταση παραγωγής ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας (2010) και ανακύκλωση (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β)

Λευκωσία	Παραγόμενη ποσότητα (τόνοι / έτος)	Ποσοστό επί του συνόλου (%)	Ανακύκλωση υλικών συσκευασίας (τόνοι/ έτος)	Ποσοστό επί της παραγόμενης ποσότητας (%)
Σύνολο παραγωγής	231.393	100%	22.323	9,65%
Γυαλί	6.167	2,67%	1.672	27,11%
Χαρτί – Χαρτόνι	56.019	24,21%	12.261	21,89%
Μέταλλα	8.162	3,53%	3.290	40,31%
Πλαστικά	42.585	18,40%	4.200	9,86%
Οργανικά και κήπου	90.005	38,90%	-	-
Ξύλο	5.458	2,36%	900	16,49%
Ύφασμα	14.008	6,05%	-	-
Υπόλοιπα	8.990	3,89%	-	-

Ακολουθεί εκτίμηση της εξέλιξης της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας, όπου λήφθηκαν υπόψη οι εκτιμήσεις όσον αφορά την ποσοτική εξέλιξη των ΑΣΑ (Πίνακας 3.6) καθώς και τα αποτελέσματα της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας, τα οποία συνοψίζονται στον Πίνακα 3.8. Βάσει αυτών έγιναν εκτιμήσεις για την εξέλιξη της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ καθώς και των ποσοτήτων αυτών, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.9 για τα προσεχή έτη 2016-2040.

Πίνακας 3.9α: Εκτίμηση εξέλιξης ποιοτικής σύστασης/ποσοτήτων παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2016-2024)

Έτος	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	(X 1000 τόνοι / έτος)								
ΣΥΝΟΛΟ	257,645	261,522	265,458	269,453	273,508	275,426	277,357	279,301	281,259
Γυαλί	6,879	6,983	7,088	7,194	7,303	7,354	7,405	7,457	7,510
Χαρτί/χαρτόνι	62,376	63,314	64,267	65,235	66,216	66,681	67,148	67,619	68,093
Μέταλλα	9,095	9,232	9,371	9,512	9,655	9,723	9,791	9,859	9,928
Πλαστικά	47,432	48,146	48,871	49,606	50,353	50,706	51,061	51,419	51,780
Οργανικά	100,172	101,680	103,210	104,763	106,340	107,086	107,836	108,592	109,353
Ξύλο	6,080	6,172	6,265	6,359	6,455	6,500	6,546	6,592	6,638
Ύφασμα	15,588	15,822	16,060	16,302	16,547	16,663	16,780	16,898	17,016
Αδρανή/ Λοιπά	10,022	10,173	10,326	10,482	10,639	10,714	10,789	10,865	10,941

Πίνακας 3.9β: Εκτίμηση εξέλιξης ποιοτικής σύστασης/ποσοτήτων παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2025-2033)

Έτος	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	(X 1000 τόνοι / έτος)								
ΣΥΝΟΛΟ	283,230	285,216	287,215	289,228	291,256	293,298	295,354	297,424	299,509
Γυαλί	7,562	7,615	7,669	7,722	7,777	7,831	7,886	7,941	7,997
Χαρτί/χαρτόνι	68,570	69,051	69,535	70,022	70,513	71,007	71,505	72,006	72,511
Μέταλλα	9,998	10,068	10,139	10,210	10,281	10,353	10,426	10,499	10,573
Πλαστικά	52,143	52,508	52,876	53,247	53,620	53,996	54,375	54,756	55,140
Οργανικά	110,120	110,892	111,669	112,452	113,240	114,034	114,834	115,638	116,449
Ξύλο	6,684	6,731	6,778	6,826	6,874	6,922	6,970	7,019	7,068
Υφασμα	17,135	17,256	17,377	17,498	17,621	17,745	17,869	17,994	18,120
Αδρανή/ Λοιπά	11,018	11,095	11,173	11,251	11,330	11,409	11,489	11,570	11,651

Πίνακας 3.9γ: Εκτίμηση εξέλιξης ποιοτικής σύστασης / ποσοτήτων παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2034-2040)

Έτος	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
	(X 1000 τόνοι / έτος)						
ΣΥΝΟΛΟ	301,609	303,723	305,852	307,996	310,155	312,329	314,519
Γυαλί	8,053	8,109	8,166	8,223	8,281	8,339	8,398
Χαρτί/χαρτόνι	73,020	73,531	74,047	74,566	75,089	75,615	76,145
Μέταλλα	10,647	10,721	10,797	10,872	10,948	11,025	11,103
Πλαστικά	55,526	55,915	56,307	56,702	57,100	57,500	57,903
Οργανικά	117,266	118,088	118,915	119,749	120,588	121,434	122,285
Ξύλο	7,118	7,168	7,218	7,269	7,320	7,371	7,423
Υφασμα	18,247	18,375	18,504	18,634	18,764	18,896	19,028
Αδρανή/ Λοιπά	11,733	11,815	11,898	11,981	12,065	12,150	12,235

Στους Πίνακες 3.9α, 3.9β και 3.9γ, όπου γίνεται εκτίμηση της εξέλιξης της ποιοτικής σύστασης των παραγόμενων ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας, αφορούν το σύνολο των παραγόμενων ΑΣΑ. Δεδομένης όμως της εφαρμογής προγραμμάτων ανακύκλωσης με σύστημα ΔσΠ, θα πρέπει να υπάρξει διαχωρισμός ανάμεσα στα σύμμεικτα ΑΣΑ που θα προωθηθούν για επεξεργασία ή τελική διάθεση και τα ανακυκλώσιμα ΑΣΑ που υπόκεινται ξεχωριστή διαχείριση. Σαφώς η ποσοστιαία αύξηση του ανακυκλώσιμου ρεύματος η οποία παρατηρείται να εξελίσσεται τα τελευταία χρόνια, μειώνει αρχικά την ποσότητα του ρεύματος των σύμμεικτων ΑΣΑ και επίσης διαφοροποιεί την ποιοτική τους σύσταση, γεγονός που έχει σημαντικό ρόλο στα ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης για ενεργειακή αξιοποίηση τους. Επομένως στον Πίνακα 3.10 (α,β και γ)

γίνεται πρόβλεψη της ποσότητας των ανακυκλώσιμων αποβλήτων έως το 2040 η οποία ακολούθως θα αφαιρεθεί από το σύνολο της παραγωγής ΑΣΑ.

Βάσει των προβλέψεων στις μελέτες του Υπουργείου Εσωτερικών και την απαιτούμενη εναρμόνιση με τις ευρωπαϊκές Οδηγίες 94/62/ΕΚ, 2004/12/ΕΚ και 2008/98, αναμένεται ότι θα υπάρξει αύξηση του συνολικού ποσού ανακύκλωσης στο 30,5% μέχρι το 2040, με ετήσιο ρυθμό αύξησης περίπου 0,1%. Επίσης αναμένεται αύξηση στις ποσότητες ανακύκλωσης για το χαρτί, τα μέταλλα και τα πλαστικά προς επίτευξη των στόχων και των υποχρεώσεων της Κύπρου. Ο ρυθμοί ανάπτυξης που υιοθετούνται, βασίζονται στις προβλέψεις των αντίστοιχων μελετών του Υπουργείου Εσωτερικών βάσει των οποίων προβλέπεται μέσος συντελεστής αύξησης της ανακύκλωσης χαρτιού +0,03% ετησίως, για τα μέταλλα +0,01% για κάθε 2-3 χρόνια και για τα πλαστικά αύξηση +0,01% ετησίως. Τα ποσοστά ανακύκλωσης για το γυαλί, τα οργανικά, το ξύλο και τα λοιπά υλικά παραμένουν σταθερές στην εκτίμηση της ποιοτικής σύστασης.

Πίνακας 3.10α: Εκτίμηση εξέλιξης ποσοτήτων ανακύκλωσης παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2016-2024)

Έτος	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	(X 1000 τόνοι / έτος)								
ΣΥΝΟΛΟ	71,831	73,697	75,629	77,576	79,563	80,314	81,071	81,863	82,634
Γυαλί	4,815	4,888	4,961	5,036	5,112	5,148	5,184	5,220	5,257
Χαρτί/χαρτόνι	35,486	36,795	37,961	39,535	40,928	41,403	41,882	42,393	42,898
Μέταλλα	8,105	8,227	8,352	8,478	8,606	8,667	8,727	8,790	8,851
Πλαστικά	21,904	22,244	22,588	22,938	23,303	23,472	23,641	23,812	23,984
Οργανικά	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ξύλο	1,520	1,543	1,566	1,590	1,614	1,625	1,636	1,648	1,659
Υφασμα	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Λοιπά	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3.10β: Εκτίμηση εξέλιξης ποσοτήτων ανακύκλωσης παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2025-2033)

Έτος	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	(X 1000 τόνοι / έτος)								
ΣΥΝΟΛΟ	83,411	84,196	85,016	85,814	86,649	87,461	88,281	89,138	89,973
Γυαλί	5,294	5,331	5,368	5,406	5,444	5,482	5,520	5,559	5,598
Χαρτί/χαρτόνι	43,375	43,873	44,406	44,912	45,456	45,973	46,497	47,056	47,591
Μέταλλα	8,914	8,977	9,040	9,104	9,168	9,232	9,297	9,362	9,428
Πλαστικά	24,158	24,332	24,508	24,685	24,864	25,043	25,224	25,407	25,590
Οργανικά	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ξύλο	1,671	1,683	1,695	1,706	1,718	1,730	1,743	1,755	1,767
Ύφασμα	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Λοιπά	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3.10γ: Εκτίμηση εξέλιξης ποσοτήτων ανακύκλωσης παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας (2034-2040)

Έτος	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
	(X 1000 τόνοι / έτος)						
ΣΥΝΟΛΟ	90,845	91,694	92,581	93,446	94,349	95,229	96,148
Γυαλί	5,637	5,677	5,716	5,756	5,797	5,837	5,878
Χαρτί/χαρτόνι	48,165	48,709	49,289	49,845	50,435	51,002	51,605
Μέταλλα	9,494	9,560	9,627	9,695	9,764	9,832	9,901
Πλαστικά	25,770	25,956	26,144	26,332	26,523	26,714	26,907
Οργανικά	0	0	0	0	0	0	0
Ξύλο	1,779	1,792	1,805	1,817	1,830	1,843	1,856
Ύφασμα	0	0	0	0	0	0	0
Αδρανή/ Λοιπά	0	0	0	0	0	0	0

Για την εύρεση της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας και των επιμέρους ποσοτήτων αυτών, οι οποίες θα καταλήγουν στους Χ.Α.Δ.Α. ή μελλοντικά στα κέντρα επεξεργασίας αυτών, στον Πίνακα 3.11 (α, β και γ) δίδονται τα αποτελέσματα από την αφαίρεση των ανακυκλωμένων ποσοτήτων ΑΣΑ από το σύνολο των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ (Πίνακες 3.9α, 3.9β και 3.9γ) στην επαρχία Λευκωσίας για τα έτη 2016 έως 2040.

Πίνακας 3.11α: Εκτίμηση εξέλιξης εισερχόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ στους Χ.Α.Δ.Α ή Ο.Ε.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας (2016-2024)

Έτος	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	(X 1000 τόνοι / έτος)								
ΣΥΝΟΛΟ	185,814	187,825	189,829	191,877	193,945	195,112	196,286	197,438	198,625
Γυαλί	2,064	2,095	2,126	2,158	2,191	2,206	2,222	2,237	2,253
Χαρτί/χαρτόνι	26,890	26,519	26,307	25,700	25,288	25,278	25,266	25,226	25,194
Μέταλλα	990	1,004	1,019	1,034	1,049	1,056	1,063	1,070	1,077
Πλαστικά	25,528	25,903	26,283	26,668	27,050	27,234	27,420	27,607	27,795
Οργανικά	100,172	101,680	103,210	104,763	106,340	107,086	107,836	108,592	109,353
Ξύλο	4,560	4,629	4,699	4,769	4,841	4,875	4,909	4,944	4,978
Ύφασμα	15,588	15,822	16,060	16,302	16,547	16,663	16,780	16,898	17,016
Λοιπά	10,022	10,173	10,326	10,482	10,639	10,714	10,789	10,865	10,941

Πίνακας 3.11β: Εκτίμηση εξέλιξης εισερχόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ στους Χ.Α.Δ.Α ή Ο.Ε.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας (2025-2033)

Έτος	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	(X 1000 τόνοι / έτος)								
ΣΥΝΟΛΟ	199,819	201,020	202,199	203,414	204,607	205,837	207,073	208,286	209,536
Γυαλί	2,269	2,285	2,301	2,317	2,333	2,349	2,366	2,382	2,399
Χαρτί/χαρτόνι	25,195	25,177	25,129	25,110	25,058	25,034	25,008	24,950	24,921
Μέταλλα	1,084	1,091	1,099	1,106	1,113	1,121	1,129	1,137	1,145
Πλαστικά	27,985	28,176	28,368	28,562	28,757	28,953	29,150	29,349	29,549
Οργανικά	110,120	110,892	111,669	112,452	113,240	114,034	114,834	115,638	116,449
Ξύλο	5,013	5,048	5,084	5,119	5,155	5,191	5,228	5,264	5,301
Ύφασμα	17,135	17,256	17,377	17,498	17,621	17,745	17,869	17,994	18,120
Λοιπά	11,018	11,095	11,173	11,251	11,330	11,409	11,489	11,570	11,651

Πίνακας 3.11γ: Εκτίμηση εξέλιξης εισερχόμενων ποσοτήτων ΑΣΑ στους Χ.Α.Δ.Α ή Ο.Ε.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας (2034-2040)

Έτος	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
	(X 1000 τόνοι / έτος)						
ΣΥΝΟΛΟ	210,764	212,029	213,271	214,550	215,806	217,100	218,371
Γυαλί	2,416	2,433	2,450	2,467	2,484	2,502	2,519
Χαρτί/χαρτόνι	24,854	24,822	24,758	24,721	24,653	24,613	24,540
Μέταλλα	1,153	1,161	1,169	1,177	1,185	1,193	1,201
Πλαστικά	29,756	29,959	30,164	30,370	30,577	30,785	30,995
Οργανικά	117,266	118,088	118,915	119,749	120,588	121,434	122,285
Ξύλο	5,338	5,376	5,414	5,452	5,490	5,528	5,567
Ύφασμα	18,247	18,375	18,504	18,634	18,764	18,896	19,028
Αδρανή/ Λοιπά	11,733	11,815	11,898	11,981	12,065	12,150	12,235

Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ, πέρα από την εκτίμηση της ποιοτικής σύστασης τους, απαραίτητο είναι να προσδιοριστούν τα χημικά τους χαρακτηριστικά για σκοπούς διερεύνησης της πιθανής ενεργειακής αξιοποίησης τους. Τα ποιοτικά στοιχεία λήφθηκαν από σχετική μελέτη του Υπουργείου Εσωτερικών, όπου η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η λήψη δειγμάτων και ακολούθως εκπονήθηκε προσεγγιστική ανάλυση για τον προσδιορισμό των βασικών χαρακτηριστικών καύσης (υγρασία, πτητική καύσιμη ύλη, μόνιμος άνθρακας, τέφρα) και στοιχειακή ανάλυση για τα στοιχεία C, N, S. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν πολύ μεγάλη τυπική απόκλιση σχεδόν σε όλες τις μετρούμενες παραμέτρους, κάτι που αποδόθηκε στη μεγάλη ανομοιογένεια των δειγμάτων. Επομένως έγιναν χημικές αναλύσεις στα επιμέρους συστατικά των ΑΣΑ, μια πρακτική που συστήνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β) και παρουσιάζονται οι παράμετροι των συστατικών που έχουν θερμογόνο αξία, δηλαδή το οργανικό κλάσμα, το χαρτί, τα πλαστικά, το ξύλο και το ύφασμα στον Πίνακα 3.12. Τα ίδια χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13 όπου λαμβάνονται υπόψη οι μετρήσεις του Πίνακα 3.12 και δίνεται σταθμισμένη σύσταση των ΑΣΑ στις επιμέρους ενεργειακές παραμέτρους.

Πίνακας 3.12: Χημικά χαρακτηριστικά των καύσιμων συστατικών των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας (2011) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β)

	Οργανικά	Χαρτί	Πλαστικά	Ξύλο	Ύφασμά
Προσεγγιστική Ανάλυση					
Υγρασία (% κ.β.)	67.99 ± 8.97	22.57 ± 15.13	3.82 ± 5.59	11.99	5.95
Υγρασία (μετά τη ξήρανση) (% κ.β.)	4.52 ± 2.05	2.31 ± 1.84	0.32 ± 0.30	0.80	0.19
Πτητική καύσιμη ύλη (550°C) (% κ.β.)	75.66 ± 6.48	77.26 ± 6.59	92.10 ± 7.87	82.24	87.38
Τέφρα (900 °C) (% κ.β.)	10.37 ± 7.18	10.14 ± 3.10	3.32 ± 2.69	2.16	1.27
Μόνιμος Άνθρακας (FC) (% κ.β.)	8.72 ± 4.05	9.07 ± 8.73	0.80 ± 0.27	13.70	5.40
Στοιχειακή Ανάλυση					
N (% κ.β.)	2.68 ± 0.97	0.39 ± 0.12	0.49 ± 0.27	1.95	5.41
S (% κ.β.)	0.34 ± 0.11	0.20 ± 0.11	0.32 ± 0.18	0.20	0.15
C (% κ.β.)	43.05 ± 3.49	38.73 ± 3.77	68.14 ± 15.71	47.91	56.42
Hg (% κ.β.)	0.15 ± 0.08	0.10 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.02	0.01
Cd (% κ.β.)	0.65 ± 0.30	0.25 ± 0.24	0.03 ± 0.01	0.13	0.42
C/N	17.36 ± 4.39	109.3 ± 37.81	171.45 ± 80.33	24.60	10.42
TKN (% κ.β.)	1.98 ± 1.00	0.16 ± 0.08	0.27 ± 0.21	1.91	2.70
Χλωριούχα (Cl % κ.β.)	0.63 ± 0.35	0.23 ± 0.26	0.03 ± 0.02	0.14	0.40

Πίνακας 3.13: Χημικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας (2011)

	Σύσταση ΑΣΑ	Σταθμισμένη σύσταση ΑΣΑ (Xi)	Υγρασία	Σταθμ. Υγρασία	Τέφρα	Σταθμ. Τέφρα	Χλώριο (Cl)	Σταθμ. Χλώριο
	%		% κ.β.		% κ.β.		% κ.β.	
Οργανικά	43.05	47.19	67.99	32.08	10.37	4.89	0.63	0.30
Χαρτί	20.93	22.94	22.57	5.18	10.14	2.33	0.23	0.05
Πλαστικά	18.36	20.13	3.82	0.77	3.32	0.67	0.03	0.01
Ξύλο	2.18	2.39	11.99	0.29	2.16	0.05	0.14	0.00
Υφασμα	6.7	7.34	5.95	0.44	1.27	0.09	0.4	0.03
ΣΥΝΟΛΟ	91,22%	100%		38.75		8.03		0.39
	Σύσταση ΑΣΑ	Σταθμισμένη σύσταση ΑΣΑ (Xi)	Κάδμιο Cd	Σταθμ. Κάδμιο	Υδραργυρος Hg	Σταθμ. Υδράργυρος		
	%		% κ.β.		% κ.β.			
Οργανικά	43.05	47.19	0.65	0.31	0.15	0.07		
Χαρτί	20.93	22.94	0.25	0.05	0.10	0.02		
Πλαστικά	18.36	20.13	0.03	0.01	0.03	0.01		
Ξύλο	2.18	2.39	0.13	0.00	0.02	0.00		
Υφασμα	6.7	7.34	0.42	0.03	0.01	0.00		
ΣΥΝΟΛΟ	91,22%	100%		0.4		0.1		

3.4.3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά υφιστάμενων ΑΣΑ στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη

Η σύνθεση των αποβλήτων στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη δεν είναι γνωστή και δεν υπάρχουν ακριβείς μελέτες που να έχουν διεξαχθεί σχετικά με τη σύνθεση του υφιστάμενου αποθέματος αποβλήτων (Savva, et al., 2013). Στη διεθνή βιβλιογραφία και συγκεκριμένα στη μελέτη των Quaghebeur et al. (2013), αναφέρεται ότι για τα περισσότερα κλάσματα (μέταλλα, πλαστικά, γυαλί/κεραμικά, αδρανή και υφάσματα) οι ποσότητες που εμφανίζονται στα απόβλητα εξόρυξης είναι συγκρίσιμα με τις αντίστοιχες ποσότητες στα απόβλητα που θάφτηκαν αρχικά. Επομένως βάσει αυτού θα μπορούσαμε να βασιστούμε σε αρχεία δεδομένων των ΑΣΑ που διατέθηκαν στο Κοτσιάτη, αλλά δεν υπάρχουν καθώς επίσης πολύ λίγες μελέτες υπάρχουν για την επίδραση της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ, από το χρόνο αποθήκευσης των αποβλήτων σε χώρο ταφής, οι οποίες αναφέρουν μεταξύ άλλων ότι τα οργανικά απόβλητα (τρόφιμα, λαχανικά, απόβλητα κήπων) δεν μπορούν να διαχωριστούν με την πάροδο χρόνου 15 ετών ταφής διότι, το υλικό υποβαθμίζεται και μετατρέπεται σε υλικό βελτίωσης εδάφους (Quaghebeur et al., 2013). Συγκεκριμένα οι υπολογισμοί στη μελέτη των Quaghebeur et al. (2013), δείχνουν ότι από τα 7,5 εκατ. τόνους ΑΣΑ (ξηρά), τα οποία αντιστοιχούν σε 10,2 εκατ. τόνους υγρά ΑΣΑ, τα οποία θάφτηκαν σε

χώρους ταφής, περίπου το 1,5 εκατ. τόνους οργανικής ύλης (ή το 20% κ.β.) χάθηκε κατά την ταφή, ενώ επίσης το χαρτί/χαρτόνι φαίνεται να υποβαθμίζεται με την πάροδο του χρόνου όπως επίσης και τα υφάσματα.

Βάσει λοιπόν των βιβλιογραφικών ερευνών από διάφορα έργα εξόρυξης χώρων ταφής παγκοσμίως, μπορούν να ληφθούν ενδεικτικές μετρήσεις και εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΑΣΑ που υφίστανται στην τοποθεσία Κοτσιάτη, λαμβάνοντας υπόψη διάφορα κοινά χαρακτηριστικά που καθορίζουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, όπως το βιοτικό και οικονομικό επίπεδο της περιοχής, τις καταναλωτικές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής, το είδος των αποβλήτων που οδηγούνται προς ταφή (βιομηχανικά, επικίνδυνα, δημοτικά απόβλητα κ.ο.κ.). Έτσι στον Πίνακα 3.14 συγκεντρώνονται διάφορα στοιχεία σύστασης ΑΣΑ από δοκιμαστικές δειγματοληψίες που έχουν γίνει σε διάφορους χώρους ταφής οι οποίοι αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Πίνακας 3.14: Σύσταση ΑΣΑ από δειγματοληψίες σε ΧΑΔΑ/ΧΥΤΑ παγκοσμίως (Hull et al., 2005; Hogland, 2002; Quaghebeur et al., 2013; Kaartinen et al., 2013; Van Vossen and Prent, 2011)

Συστατικά	Τοποθεσία ΧΑΔΑ/ΧΥΤΑ				
	Burlington, NJ, US	Masalycke, Sweden	Remo, Flanders, Belgium	Kuopio, Finland	60 έργα εξόρυξης παγκοσμίως
Οργανικά (%)	2,4	7,4	-	-	5,3
Επικίνδυνα απόβλητα (%)	0,1	2,4	-	-	-
Χαρτί (%)	16,5	28,7	14	7	5,3
Πλαστικό (%)	18,5	6,5	25	23	4,6
Γυαλί (%)	1	0,1	0,5	-	1,1
Μέταλλα (%)	7,8	4,9	2,2	4	2,0
Υφάσματα (%)	6,4	4,1	3,1	7	1,6
Ξύλο (%)	17,5	18,6	4,1	7	3,6
Έδαφος (%)	-	10,3	45	6	54,8
Άλλα (%)	29,8	17	6,1	46	21,7

Από τα στοιχεία που παρατίθενται στον Πίνακα 3.14, λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα ποιοτικής σύστασης που αφορούν το ΧΑΔΑ Remo στο Βέλγιο, διότι αρχικά εμπίπτει σε ευρωπαϊκό χώρο ο οποίος δεν απέχει και πολύ από τα γεωγραφικά-μετεωρολογικά

χαρακτηριστικά της Κύπρου (π.χ. Σκανδιναβικές χώρες) και λόγω παρόμοιου βιοτικού, οικονομικού επιπέδου καθώς και καταναλωτικών συνήθειων. Επίσης ο ίδιος ο ΧΑΔΑ παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά λειτουργίας σε σχέση με το ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, όπως τα έτη λειτουργίας (δεκαετία '70). Έτσι με βάση τα χαρακτηριστικά της ποιοτικής σύστασης των εκσκαφέντων ΑΣΑ από το ΧΑΔΑ του Remo, η ποσότητα των καύσιμων υλικών (χαρτί, ύφασμα, πλαστικό και ξύλο) κυμάνθηκε μεταξύ 34-50% κ.β., ανάλογα με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο τα ΑΣΑ ήταν θαμμένα, με τα πιο πρόσφατα θαμμένα απόβλητα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποσότητα πλαστικών, ενώ κυρίαρχο κλάσμα από την εξόρυξη αποτελούσε το έδαφος, σε ποσοστό από 41-45% κ.β, με μέσο όρο περιεκτικότητας σε τέφρα $29\pm 3\%$ κ.β., $10\pm 6\%$ κ.β. αδρανή υλικά, $1,3\pm 0,8\%$ κ.β. γυαλί και $2,8\pm 1\%$ κ.β. μέταλλα τα οποία μπορούν να ανακυκλωθούν ως πρώτες ύλες (Quaghebeur et al., 2013). Επομένως, βάσει των πιο πάνω στοιχείων, γίνεται εκτίμηση ότι τα υφιστάμενα απόβλητα στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, ακολουθούν την ποιοτική σύσταση που περιγράφεται στον Πίνακα 3.15.

Πίνακας 3.15: Εκτίμηση ποιοτικής σύνθεσης υφιστάμενων αποβλήτων ΧΑΔΑ Κοτσιάτη

Συστατικά	ΧΑΔΑ Κοτσιάτη
Χαρτί (%)	14
Πλαστικό (%)	25
Υφάσματα (%)	3,1
Ξύλο (%)	4,1
Αδρανή Υλικά (%)	6,1
Γυαλί (%)	0,5
Μέταλλα (%)	2,2
Έδαφος (%)	45

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε επικίνδυνες ουσίες στα υφιστάμενα αποθέματα αποβλήτων σε Χ.Α.Δ.Α., διάφορες βιβλιογραφικές πηγές αναφέρουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως μέχρι 1%. Επίσης τα ποσοστά υγρασίας τα οποία αναφέρονται στις διάφορες μελέτες για τα εκσκαφέντα απόβλητα από υφιστάμενες χωματερές ποικίλουν. Για τη Σουηδία, η μελέτη των Hogland et al. (2004) δεικνύει ποσοστά μεταξύ 20-40%, τα οποία δεν παρουσιάζουν ακραίες τιμές σε σχέση με το βάθος εξόρυξης.

3.4.4 Υπολογισμός θερμογόνου δύναμης ΑΣΑ

Η θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ ορίζεται ως η ποσότητα της θερμότητας που εκλύεται από την πλήρη καύση τους και αποτελεί τη θερμική ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση ενός κιλού καυσίμου που βρίσκεται σε κανονικές συνθήκες, το οποίο εκφράζεται σε χιλιοθερμίδες ανά κιλό απορριμμάτων (kcal/kg) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ) ή kJ/kg ή Btu/lb. Διακρίνεται σε κατώτερη LHV (Lower Heating Value) και ανώτερη θερμογόνο δύναμη HHV (Higher Heating Value), οι οποίες είναι πολύ σημαντικές παράμετροι για τον καθορισμό της δυνατότητας αξιοποίησης των αποβλήτων ως καύσιμα. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη, ορίζεται όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση (υδρατμοί), δηλαδή έχει απορροφήσει ενέργεια και η θερμογόνος δύναμη, έχει κατά συνέπεια μικρότερη τιμή από την ανώτερη, ενώ η ανώτερη θερμογόνος δύναμη, ορίζεται όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση, δηλαδή δεν έχει απορροφήσει ενέργεια. Η διαφορά μεταξύ της ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης είναι η λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των ατμών νερού.

Ο υπολογισμός της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ, μπορεί να υπολογιστεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος αφορά εργαστηριακή μέθοδο με την οποία υπολογίζεται η θερμογόνος δύναμη με τη βοήθεια θερμιδόμετρου σε εργαστήριο (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ) και ο δεύτερος αφορά τη χρήση κατάλληλων μαθηματικών εξισώσεων που βασίζονται στις χημικές παραμέτρους των ΑΣΑ (Antonopoulos, et al., 2011). Ο πιο ακριβής τρόπος προσδιορισμού της ανώτερης θερμογόνου δύναμης HHV ενός υλικού είναι ο πειραματικός τρόπος με χρήση κλειστού θερμιδόμετρου βόμβας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β), ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και διάφοροι μαθηματικοί τύποι, όπως οι εξισώσεις των De Boie, Steuer, Scheurer and Kestber και Hougan. Ο υπολογισμός της κατώτερου θερμογόνου δύναμης LHV μπορεί να γίνει μέσω μαθηματικών εξισώσεων επίσης ή με την αφαίρεση από την ανώτερη θερμογόνο δύναμη, των τιμών της περιεχόμενης υγρασίας και υδρογόνου κάθε επιμέρους συστατικού των ΑΣΑ (Antonopoulos, et al., 2011).

Όσον αφορά τη θερμογόνο δύναμη του υφιστάμενου αποθέματος αποβλήτων στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, λόγω έλλειψης ποιοτικών και χημικών στοιχείων, η θερμογόνος δύναμη τους δεν μπορεί να υπολογιστεί και η εργαστηριακή μέθοδος υπολογισμού δεν περιλαμβάνεται στο πλαίσιο αυτής της μελέτης. Επομένως για τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ στον Κοτσιάτη, αρχικά θα γίνει επισκόπηση σε διεθνείς βιβλιογραφικές πηγές οι οποίες αφορούν παρόμοιες περιπτώσεις αποθέσεων σε ΧΑΔΑ στον ευρωπαϊκό χώρο και ακολούθως μέσω υπολογιστικών μεθόδων βάσει των προσεγγιστικών και στοιχειακών δεδομένων των παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας θα γίνει προσπάθεια υπολογισμού της θερμογόνου δύναμης. Για τον υπολογισμό θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα από μελέτες του Υπουργείου Εσωτερικών σχετικά με κατασκευή ΟΕΔΑ στην επαρχία Λευκωσίας.

Από την έρευνα σε διεθνείς βιβλιογραφικές πηγές που αφορούν τη θερμογόνο δύναμη αποβλήτων από χώρους ταφής, συγκεντρώθηκαν αποτελέσματα ερευνών που έλαβαν χώρα σε ευρωπαϊκές χώρες, δια το λόγο ότι η σύσταση των αποβλήτων στον ευρωπαϊκό χώρο, δεν αποκλίνει σημαντικά. Μετρήσεις που έγιναν στο καύσιμο κλάσμα των ΧΥΤΑ του Κουόπιο της Φιλανδίας και του Remo του Βελγίου δείχνουν τη θερμογόνο δύναμη των ΑΣΑ να κυμαίνεται σε 20MJ/kg (Kaartinen et al., 2013) και $18,2 \pm 0,6$ MJ/kg (Quaghebeur et al., 2013) αντίστοιχα. Επίσης παλαιότερες μελέτες που διενήργησαν μετρήσεις θερμογόνου δύναμης εξορυχθέντων αποβλήτων αναφέρουν διάφορα αποτελέσματα. Για παράδειγμα στη μελέτη των Cossu et al. (1995) αναφέρεται ότι η ενεργειακή αξία των ανασκαφέντων αποβλήτων στην Ιταλία κυμαινόταν μεταξύ 3,4-8,7MJ/kg (μέση τιμή 4,5MJ/kg), ενώ οι Obermeier και Saure (1995) αναφέρουν θερμογόνο αξία 11MJ/kg.

Μια άλλη βιβλιογραφική πηγή, η μελέτη των Hogland et al. (2011) αναφέρει ότι, τα εκσκαφέντα απόβλητα από ένα χώρο ταφής μπορούν να διαχωριστούν σε διάφορα κλάσματα ανά μέγεθος. Για παράδειγμα ένα πιο μεγάλο μεγέθους κλάσμα αποβλήτων (>50mm) από την ανακτώμενη οργανική μάζα, μπορεί να αποτεφρωθεί άμεσα και μερικές φορές το ανακτώμενο κλάσμα μεσαίου μεγέθους (18-50mm) μπορεί να αποτεφρωθεί με την προσθήκη επιπρόσθετου καυσίμου, ενώ το λεπτόκοκκο κλάσμα (<18mm) δεν μπορεί να αποτεφρωθεί λόγω της χαμηλής

θερμογόνου δύναμης αυτού και την πολύ υψηλή περιεκτικότητα του σε τέφρα (Hogland et al., 2011). Οι Hogland et al.(1995) και Hogland (2002) βρήκαν κατά τη διάρκεια εκσκαφών στη Σουηδία, ότι η ενεργειακή αξία κυμαινόταν μεταξύ 6,9-7,9MJ/kg στο κλάσμα μεσαίου μεγέθους και 2MJ/kg στο λεπτόκοκκο κλάσμα, ενώ οι Cossu et al. (1995), Rettenberger (1995) και Schillinger et al. (1994), αναφέρουν τιμές έως 20MJ/kg στο μη διαχωρισμένο κλάσμα μεσαίου μεγέθους (Hogland et al., 2004).

Στην Κύπρο, οι μόνοι υπολογισμοί θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ αναφέρονται στις μελέτες του Υπουργείου Εσωτερικών και αφορούν τα παραγόμενα ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας. Συγκεκριμένα μέσα από τις μελέτες για κατασκευή Ο.Ε.Δ.Α. εκπονήθηκαν εργαστηριακοί έλεγχοι για την εύρεση της ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ που οδηγούνται σε τελική διάθεση στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη. Η εργαστηριακή μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε αφορούσε τη χρήση κλειστού θερμιδόμετρου βόμβας, όπου η συνολική θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ υπολογίσθηκε ως το άθροισμα των τιμών της HHV των επιμέρους συστατικών [HCV_i] με συντελεστή βαρύτητας την % κ.β. συμμετοχή του κάθε συστατικού στο μίγμα του καυσίμου [Xi], όπου προέκυψε η τιμή για την HHV= 19.66 MJ/kg (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β). Επίσης για τον υπολογισμό της LHV χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της HHV, το ποσοστό υγρασίας των ΑΣΑ και η περιεκτικότητά τους σε υδρογόνο, όπου προέκυψε η τιμή 10,36Mj/kg (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β).

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, θα γίνει προσδιορισμός της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας με τη χρήση υπολογιστικών μεθόδων. Οι υπολογιστικές μέθοδοι βασίζονται στις χημικές αναλύσεις (προσεγγιστικά και στοιχειακά δεδομένα) των ΑΣΑ που οδηγούνται στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη. Τα στοιχεία αυτά θα χρησιμοποιηθούν λόγω απουσίας στοιχείων για τις υφιστάμενες αποθέσεις στο ΧΑΔΑ και δεδομένου ότι βάσει της μελέτης των Quaghebeur et al. (2013), οι ιδιότητες των αποβλήτων εξόρυξης είναι συγκρίσιμες με τις αντίστοιχες ποσότητες στα απόβλητα που θάφτηκαν αρχικά. Επομένως βάσει των στοιχείων των χημικών αναλύσεων για τα ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας, τα οποία υπάρχουν στη διάθεση μας,

έχει επιλεχθεί η χρήση συγκεκριμένων υπολογιστικών μοντέλων, από τη διεθνή βιβλιογραφία με σκοπό την εκτίμηση της ανώτερης και κατώτερης θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ.

Οι υπολογιστικές μέθοδοι χωρίζονται σε μεθόδους που βασίζονται σε στοιχειακές αναλύσεις, προσεγγιστικές αναλύσεις και αναλύσεις φυσικής σύνθεσης των ΑΣΑ. Για την επαρχία Λευκωσίας, τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης μας δίνουν προσεγγιστικά και στοιχειακά δεδομένα για τα βασικά υλικά των ΑΣΑ, επομένως μπορεί να γίνει εφαρμογή υπολογιστικής μεθόδου που βασίζεται σε στοιχειακές αναλύσεις. Οι μέθοδοι αυτοί αποτελούν γραμμικές σχέσεις οι οποίες βασίζονται στην περιεκτικότητα του καύσιμου υλικού σε άνθρακα (C), άζωτο (N), θείο (S), οξυγόνο (O) και υδρογόνο (H) και οι διαφορές μεταξύ τους αφορούν το συνυπολογισμό λιγότερων ή περισσότερων χημικών στοιχείων που υπάρχουν στο καύσιμο, καθώς και τον συνυπολογισμό ή όχι της αρχικής υγρασίας ή της τέφρας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β). Μια μέθοδος εφαρμογής για υπολογισμό της θερμογόνου δύναμης είναι μέσω της φόρμουλας Boie η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για ετερογενή μίγματα καυσίμων, όπως είναι αυτά που προέρχονται από αστικά απορρίμματα και έχει τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{HHV (MJ/kg)} = 0.3516(\%C) + 1.1622(\%H) - 0.1109(\%O) + 0.0628(\%N) + 0.1046(\%S)$$

Όπου:

%C: κ.β περιεκτικότητα σε άνθρακα (C)

%H: κ.β περιεκτικότητα σε υδρογόνο (H)

%O: κ.β περιεκτικότητα σε οξυγόνο (O)

%N: κ.β περιεκτικότητα σε άζωτο (N)

%S: κ.β περιεκτικότητα σε θείο (S)

Για τη χρήση του μαθηματικού τύπου του Boie, από την χημική ανάλυση των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας, υπολείπονται οι τιμές σε οξυγόνο (O) και υδρογόνο (H), για τις οποίες θα χρησιμοποιηθούν τιμές από την βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα για το οργανικό κλάσμα

θεωρήθηκε ότι %O=37,6, %H=6,4, για το χαρτί %O=44,0, %H=6,0 για τα πλαστικά %O=22,8, %H=7,2, για το ξύλο %O=42,7, %H=6,0 και για τα υφάσματα %O=31,2, %H=6,6 (Meraz, et al., 2003). Σημειώνεται ότι οι ίδιες τιμές θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια και στην εφαρμογή των υπόλοιπων υπολογιστικών μοντέλων που επιλέχθηκαν για την εύρεση της ανώτερης θερμογόνου δύναμης στην επαρχία Λευκωσίας. Από την εφαρμογή του μοντέλου του Boie, προκύπτουν τα αποτελέσματα της ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) τα οποία εμφανίζονται στον Πίνακα 3.16.

Πίνακας 3.16: Υπολογισμός ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου του Boie

	C	H	O	N	S	HHV
	% κ.β					MJ/kg
Οργανικά	43.05	6.4	37.6	2.68	0.34	18.61
Χαρτί	38.73	6	44	0.39	0.2	15.76
Πλαστικά	68.14	7.2	22.8	0.49	0.32	29.86
Ξύλο	47.91	6	42.7	1.95	0.2	19.23
Υφασμα	56.42	6.6	31.2	5.41	0.15	24.40

Μια άλλη μέθοδος εφαρμογής για υπολογισμό της θερμογόνου δύναμης είναι μέσω της φόρμουλας Steuer η οποία χρησιμοποιείται επίσης για ετερογενή μίγματα καυσίμων από ΑΣΑ. Στον Πίνακα 3.17 δίνονται τα υπολογιστικά αποτελέσματα της ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) για τα επιμέρους συστατικά των ΑΣΑ βάσει της υπολογιστικής μεθόδου του Steuer (Kathiravale, et al., 2003), η οποία προκύπτει από τον ακόλουθο τύπο:

$$HHV \text{ (MJ/kg)} = 81(\%C - 3 \%O/8) + 57.3 \%O/8 + 345 (\%H - O/10) + 25 \%S - 6 (9\%H + \%W)$$

Όπου:

%C: κ.β περιεκτικότητα σε άνθρακα (C)

%O: κ.β περιεκτικότητα σε οξυγόνο (O)

%H: κ.β περιεκτικότητα σε υδρογόνο (H)

%S: κ.β περιεκτικότητα σε θείο (S)

%W: κ.β περιεκτικότητα σε υγρασία (W)

Πίνακας 3.17: Υπολογισμός ανώτερης θερμογόνου δύναμης ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου του Steuer

	C	H	O	S	W	HHV	HHV
	% κ.β					kcal/kg	MJ/kg
Οργανικά	43.05	6.4	37.6	0.34	67.99	3314.41	13.88
Χαρτί	38.73	6	44	0.2	22.57	2838.71	11.88
Πλαστικά	68.14	7.2	22.8	0.32	3.82	6607.82	27.66
Ξύλο	47.91	6	42.7	0.2	11.99	3702.32	15.5
Υφασμα	56.42	6.6	31.2	0.15	5.95	5101.47	21.36

Ακόμα μια υπολογιστική μέθοδος εφαρμογής για την εύρεση της ανώτερης θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας με βάση τα αποτελέσματα της στοιχειακής χημικής ανάλυσης των συστατικών των ΑΣΑ, αποτελεί ο τύπος των Scheurer - Kestber (Kathiravale, et al., 2003), ο οποίος χρησιμοποιείται για ετερογενή καύσιμα από ΑΣΑ και έχει τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{HHV (MJ/kg)} = 81(\text{C} - 3 \text{O}/4) + 342.5 \text{H} + 22.5 \text{S} + 57.3 \text{O}/4 - 6(9\text{H} + \text{W})$$

Όπου:

%C: κ.β περιεκτικότητα σε άνθρακα (C)

%O: κ.β περιεκτικότητα σε οξυγόνο (O)

%H: κ.β περιεκτικότητα σε υδρογόνο (H)

%S: κ.β περιεκτικότητα σε θείο (S)

%W: κ.β περιεκτικότητα σε υγρασία (W)

Τα αποτελέσματα του τύπου των Scheurer – Kestber, στον Πίνακα 3.18, δίνονται σε kcal/kg τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται σε μονάδες MJ/kg για την μετέπειτα σύγκριση του με τα αποτελέσματα των υπόλοιπων υπολογιστικών μεθόδων της ανώτερης θερμογόνου δύναμης των

ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας καθώς και των εργαστηριακών αποτελεσμάτων υπολογισμού αυτής.

Πίνακας 3.18: Υπολογισμός ανώτερης θερμογόνου δύναμης ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου των Scheurer - Kestber

	C	H	O	S	W	HHV	HHV
	% κ.β.					kcal/kg	MJ/kg
Οργανικά	43.05	6.4	37.6	0.34	67.99	4256.36	17.82
Χαρτί	38.73	6	44	0.2	22.57	3945.21	16.52
Πλαστικά	68.14	7.2	22.8	0.32	3.82	7170.42	30.02
Ξύλο	47.91	6	42.7	0.2	11.99	4775.67	19.95
Υφασμα	56.42	6.6	31.2	0.15	5.95	5880.195	24.62

Ο Πίνακας 3.19, είναι συγκεντρωτικός για τα αποτελέσματα της ανώτερης θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας, τα οποία επήλθαν με την εφαρμογή υπολογιστικών μεθόδων που βασίζονται στη στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ. Τα υπολογιστικά αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αποτελέσματα της εργαστηριακής μεθόδου, από όπου φαίνεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις η τιμή της HHV που υπολογίζεται θεωρητικά είναι μεγαλύτερη της πειραματικά μετρημένης, με μικρές αποκλίσεις, εντός της τυπικής απόκλισης των μετρήσεων, βάσει του οποίου το υπολογιστικό μοντέλο του Boie μπορεί με ασφάλεια να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά των εργαστηριακών μετρήσεων.

Πίνακας 3.19: Αποτελέσματα υπολογιστικών μεθόδων σε σχέση με την εργαστηριακή μέθοδο εύρεσης της ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) για την επαρχία Λευκωσίας

	Μέθοδος μέτρησης ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV)						
	Εργαστηριακή μέθοδος	Boie	Απόκλιση	Steuer	Απόκλιση	Scheurer - Kestber	Απόκλιση
	MJ/kg						
Οργανικά	17.86	18.61	0.75	13.88	-3.98	17.82	-0.04
Χαρτί	14.32	15.76	1.44	11.88	-2.44	16.52	2.2
Πλαστικά	29.46	29.86	0.4	27.66	-1.8	30.02	0.56
Ξύλο	17.7	19.23	1.53	15.5	-2.2	19.95	2.25
Υφασμα	21.85	24.40	2.55	21.36	-0.49	24.62	2.77

Για την εκτίμηση της συνολικής ανώτερης θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας, θα χρησιμοποιηθεί το σταθμισμένο άθροισμα των τιμών της HHV, το οποίο υπολογίζεται ως το άθροισμα των τιμών της HHV των επιμέρους συστατικών [HHVi] με συντελεστή βαρύτητας την %κ.β. συμμετοχή του κάθε συστατικού στο μίγμα του καυσίμου [Xi], βάσει του τύπου:

$$\Sigma (HHV) = \Sigma_i (HHV_i \times X_i)$$

Πίνακας 3.20: Υπολογισμός της συνολικής ανώτερης θερμογόνου δύναμης (HHV) των ΑΣΑ για την επαρχία Λευκωσίας

	Σύσταση ΑΣΑ	Σταθμισμένη σύσταση ΑΣΑ (Xi) %	HHV	HHVi	HHV	HHVi	HHV	HHVi
			(Boie)		(Steuer)		(Scheurer – Kestber)	
			MJ/kg		MJ/kg		MJ/kg	
Οργανικά	43.05	47.19	18.61	8.78	13.88	6.55	17.82	8.41
Χαρτί	20.93	22.94	15.76	3.62	11.88	2.73	16.52	3.79
Πλαστικά	18.36	20.13	29.86	6.01	27.66	5.57	30.02	6.04
Ξύλο	2.18	2.39	19.23	0.46	15.5	0.37	19.95	0.48
Υφασμα	6.7	7.34	24.40	1.79	21.36	1.57	24.62	1.81
Σ (HHV)				20.66		16.78		20.53

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.20, εμφανίζονται τρεις διαφορετικές τιμές σε ότι αφορά την HHV, οι οποίες είναι πολύ κοντά στους υπολογισμούς της μελέτης για την κατασκευή Ο.Ε.Δ.Α. στην επαρχία Λευκωσίας, όπου η Σ(HHV) υπολογίστηκε σε 19,66MJ/kg. Τη μεγαλύτερη απόκλιση παρουσιάζει η τιμή που προκύπτει με την εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου του Steuer, ενώ τη μικρότερη απόκλιση παρουσιάζει η τιμή που προκύπτει από την εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου των Scheurer–Kestber, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω υπολογισμούς και εκτιμήσεις στα πλαίσια της παρούσας έρευνας.

Για την μελέτη της δυνατότητας ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ του Χ.Α.Δ.Α. επαρχίας Λευκωσίας, πέρα από τον υπολογισμό της ανώτερης θερμογόνου δύναμης, απαραίτητος είναι ο υπολογισμός της κατώτερης θερμογόνου δύναμης, η οποία αντιπροσωπεύει το ενεργειακό

περιεχόμενο των ΑΣΑ (Ogwueleka and Ogwueleka, 2010 and Chang, et al., 2007) και αποτελεί ορθότερο μέτρο από την HHV, όσον αφορά τη θερμότητα που απελευθερώνεται από τα απόβλητα υπό πραγματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, η HHV αποτελεί την ολική ποσότητα της θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση ενός υλικού, θεωρώντας ότι όλη η ποσότητα του νερού που υπάρχει στο καύσιμο συμπυκνώνεται μετά την καύση, δηλαδή επανέρχεται σε υγρή κατάσταση (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β), γεγονός που δεν είναι ρεαλιστικό για τις εγκαταστάσεις καύσης διότι το νερό μετά την καύση παραμένει στην κατάσταση του ατμού. Επομένως η LHV αντιπροσωπεύει την ενέργεια που μπορεί πραγματικά να ληφθεί από την καύση των απορριμμάτων.

Η εκτίμηση της κατώτερης θερμογόνου δύναμης (LHV) γίνεται υπολογιστικά μέσω διάφορων μοντέλων που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι υπολογιστικές μέθοδοι βασίζονται στα προσεγγιστικά και στοιχειακά δεδομένα των ΑΣΑ, τα οποία δίδονται μέσα από χημικές αναλύσεις που διεξάγονται σε αυτά και χωρίζονται σε μεθόδους που βασίζονται σε στοιχειακές αναλύσεις, προσεγγιστικές αναλύσεις και αναλύσεις φυσικής σύνθεσης των ΑΣΑ (Ogwueleka and Ogwueleka, 2010). Επίσης η LHV μπορεί να υπολογιστεί και με μαθηματικούς τύπους οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη την HHV του καύσιμου υλικού. Τέτοιο τύπο αποτελεί και το μαθηματικό μοντέλο που αναπτύχθηκε από τους Hujan et al. (1945), βάσει του οποίου η LHV, υπολογίζεται με τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο:

$$LHV = HHV (1 - \%W) - 0.0244 (W + 9H), \text{ (MJ/kg)}$$

Όπου:

HHV: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη καύσιμου υλικού (MJ/kg)

%W: % περιεκτικότητα σε υγρασία

H: % κ.β περιεκτικότητα σε υδρογόνο (H)

Στους Πίνακες 3.21 και 3.22 έγινε εκτίμηση της LHV των ΑΣΑ βάσει του υπολογιστικού τύπου του Hujan (βάσει διαθέσιμων στοιχείων), με σκοπό την διερεύνηση της δυνατότητας

ενεργειακής αξιοποίησης αυτών. Οι υπολογισμοί γίνονται για τα επιμέρους συστατικά των ΑΣΑ και στον Πίνακα 3.22 μέσω της σταθμισμένης περιεκτικότητας των συστατικών των ΑΣΑ υπολογίζεται το σύνολο της LHV των ΑΣΑ, βάσει των εργαστηριακών μετρήσεων της HHV καθώς και των υπολογισμών που προηγήθηκαν βάσει του υπολογιστικού μοντέλου του Boie. Τα αποτελέσματα της Σ(LHV) δείχνουν μικρές αποκλίσεις από τα αποτελέσματα της μελέτης για την κατασκευή Ο.Ε.Δ.Α. στην επαρχία Λευκωσίας τα οποία υπέδειξαν LHV=10.37 MJ/kg, βάσει του οποίου υιοθετείται η μέτρηση της Σ(LHV) = 11,11 MJ/kg, η οποία έλαβε υπόψη τα αποτελέσματα της HHV βάσει του μοντέλου του Boie και έχει τη μικρότερη απόκλιση από τα αποτελέσματα της μελέτης του Υπουργείου Εσωτερικών (2011).

Πίνακας 3.21: Υπολογισμός κατώτερης θερμογόνου δύναμης (LHV) ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου του Hougan

	HHV	HHV	W	H	LHV	LHV
	Εργαστ	Boie	Εργαστ	Βιβλ.	Εργαστ	Boie
	Mj/kg	Mj/kg	%	%	Mj/kg	Mj/kg
Οργανικά	17.86	18.61	67.99	6.4	4.43	2.89
Χαρτί	14.32	15.76	22.57	6	10.90	10.33
Πλαστικά	29.46	29.86	3.82	7.2	28.64	27.05
Ξύλο	17.7	19.23	11.99	6	15.65	15.31
Ύφασμα	21.85	24.4	5.95	6.6	20.79	21.35

Πίνακας 3.22: Υπολογισμός της συνολικής κατώτερης θερμογόνου δύναμης (LHV) των ΑΣΑ για την επαρχία Λευκωσίας

	Σύσταση ΑΣΑ	Σταθμισμένη σύσταση ΑΣΑ (Xi)	LHV	LHV_i	LHV	LHV_i
			(Εργαστ.)		(Boie)	
	%		MJ/kg		MJ/kg	
Οργανικά	43.05	47.19	4.43	2.09	2.89	1.37
Χαρτί	20.93	22.94	10.90	2.50	10.33	2.37
Πλαστικά	18.36	20.13	28.64	5.76	27.05	5.44
Ξύλο	2.18	2.39	15.65	0.37	15.31	0.37
Ύφασμα	6.7	7.34	20.79	1.53	21.35	1.57
Σ (LHV)				12.26		11.11

3.4.5 Ποιοτικές παράμετροι επιρροής στην ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ

Οι ποιοτικές παράμετροι των παραγόμενων ΑΣΑ που καταλήγουν στο Χ.Α.Δ.Α Κοτσιάτη, οι οποίες παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, αποτελούν σημαντικές συνιστώσες, όσον αφορά τη δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ ως δευτερογενή καύσιμα RDF/SRF. Συγκεκριμένα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ τα οποία καθορίζονται μέσα από τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες, ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες, την οικονομική, περιβαλλοντική και τεχνική κατηγορία, οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση των ΑΣΑ για τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας, μέσω της μετατροπής τους σε δευτερογενή καύσιμα SRF/RDF.

Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ τα οποία αποτελούν οικονομικές παραμέτρους στην ενεργειακή αξιοποίηση τους, είναι η θερμογόνο δύναμη, η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη και η περιεκτικότητα σε υγρασία. Η θερμογόνο δύναμη, αποτελεί κύρια συνιστώσα για την ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων και την μετατροπή τους σε στερεό ανακτηθέν δευτερογενές καύσιμο, η οποία επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την περιεκτικότητα σε πλαστικό, δηλαδή όσο πιο μεγάλη είναι η περιεκτικότητα σε πλαστικό τόσο αυξάνεται η μέση συνολική θερμογόνο δύναμη των ΑΣΑ (ERFO, 2005). Η περιεκτικότητα των ΑΣΑ σε υγρασία, οδηγεί σε χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη του ανακτώμενου καυσίμου (ERFO, 2005), ενώ εξαρτάται από τη σύσταση τους, την εποχή, τις κλιματολογικές συνθήκες και πολλούς άλλους παράγοντες και αποτελεί καθοριστική παράμετρο στις περιπτώσεις που η διαχείριση των απορριμμάτων περιλαμβάνει τη λιπασματοποίηση ή την καύση (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ).

Οι τεχνικές παράμετροι ενεργειακής αξιοποίησης των ΑΣΑ καθορίζονται από την περιεκτικότητα σε χλώριο, σε τέφρα και την περιεκτικότητα της μάζας. Η συγκέντρωση του χλωρίου είναι το κλειδί για την ποιότητα των καυσίμων, αφού οι αυξημένες συγκεντρώσεις χλωρίου επιδεινώνουν τις αποθέσεις τέφρας στο τμήμα της συναγωγής των λεβητών, προκαλώντας διάβρωση σε υψηλές θερμοκρασίες (<500 °C) του χάλυβα του λέβητα, λόγω αλκαλικών χλωριούχων αλάτων και χαμηλότερων θερμοκρασιών τήξης (300 - 400 °C) όπου υπό

την παρουσία ψευδαργύρου και μόλυβδου, παράγοντας υψηλές εκπομπές οξέων αερίων (HCl) και συμβάλλοντας στον σχηματισμό πολυχλωροδιβενζοδιοξίνων (PCDD) κατά τη διάρκεια της θερμικής ανάκτησης (Garces et al., 2016). Επομένως η αυξημένη συγκέντρωση του θα μπορούσε να δημιουργήσει τόσο τεχνικά προβλήματα αλλά και περιβαλλοντικές ανησυχίες όπως η παραγωγή αερίων εκπομπών όξινων αερίων και το σχηματισμό πολυχλωροδιβενζοδιοξίνων (PCDD) (Garces et al., 2016). Συγκεκριμένα, η ποσότητα της περιεκτικότητας σε χλώριο, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ρύπανση, τις επικαθίσεις και τη διάβρωση του λέβητα, σε περιπτώσεις εγκαταστάσεων καύσης, επομένως έχει επίδραση στην πιθανότητα χρήσης του καύσιμου σε μονάδες παραγωγής ενέργειας / θερμότητας, λόγω του ότι μπορεί να οδηγήσει την εγκατάσταση σε παύση λειτουργίας και επίσης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την τέφρα π.χ. σύντηξη και συμπεριφορά τήξης (European Commission, 2006). Επηρεάζεται κυρίως από την περιεκτικότητα των ΑΣΑ σε PVC (ERFO, 2005). Η περιεκτικότητα της μάζας παίζει ρόλο στην τοποθέτηση και μεταφορά του στερεού ανακτηθέν καύσιμου καθώς και στα επίπεδα τροφοδοσίας μιας μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης των δευτερογενών καυσίμων.

Οι περιβαλλοντικές παράμετροι οι οποίες επηρεάζονται από τα χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των ανακτώμενων δευτερογενών καυσίμων από αυτά, είναι η περιεκτικότητα τους σε υδράργυρο (Hg), κάδμιο (Cd) και άλλα βαρέα μέταλλα. Τα βαρέα μέταλλα δημιουργούν πολλαπλά περιβαλλοντικά προβλήματα, κυρίως στην περίπτωση υψηλής περιεκτικότητας των ΑΣΑ σε υδράργυρο (Hg) (ERFO, 2005), καθώς και θείου του οποίου η περιεκτικότητα στα δευτερογενές καύσιμα από ΑΣΑ, οδηγεί σε προβλήματα εκπομπών και διάβρωση (ERFO, 2005). Στην περίπτωση του υδραργύρου, σε υψηλές θερμοκρασίες στην ζώνη καύσης, μετατρέπεται σε στοιχειακή μορφή, η οποία είναι τοξική για τον άνθρωπο. Με τη μείωση της θερμοκρασίας, οξειδώνεται από τα καυσαέρια συστατικά σχηματίζοντας HgCl₂ και HgO και ένα μικρό κλάσμα Hg μπορεί επίσης να συμπυκνωθεί σε σωματίδια τέφρας λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας (Garces et al., 2016). Τα χαρακτηριστικά αυτά χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και διαχείρισης σε εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης δευτερογενών καυσίμων από ΑΣΑ το οποίο απαιτεί μέτρα περιορισμού και ελέγχου.

3.5 Καθορισμός ποιοτικών κριτηρίων στερεών ανακτώμενων καυσίμων RDF/SRF

3.5.1 Εισαγωγή

Τα δευτερογενή καύσιμα που προέρχονται από απόβλητα, με την ονομασία RDF/SRF, προάχθηκαν ως υποκατάστατα καύσιμα χαμηλού κόστους, μετά την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του '90, αν και δεν ήταν ποτέ πλήρως αποδεκτό από την αγορά (European Commission, 2003), κυρίως λόγω της μεταβλητότητας της ποιότητας τους που τα καθιστούσε μη αξιόπιστα προς χρήση. Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει αυξημένο ενδιαφέρον για τη χρήση των δευτερογενών καυσίμων σε διάφορες βιομηχανίες (τσιμέντου, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγής ασβέστη και χάλυβα) δίνοντας ώθηση στο συγκεκριμένο τομέα, το οποίο οφείλεται σε οικονομικούς λόγους καθώς και για σκοπούς εναρμόνισης με τις ισχύουσες παγκόσμιες πολιτικές και στόχους της Ε.Ε. για την ενέργεια και τη διαχείριση των αποβλήτων. Συγκεκριμένα η Ε.Ε. θεωρεί ότι τα δευτερογενή καύσιμα προερχόμενα από ΑΣΑ, με μέση περιεκτικότητα 50-60% σε οργανικά υλικά μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του CO₂ και το διπλασιασμό του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (European Commission, 2003).

Έτσι μέσω των διαφόρων τεχνολογιών διαχείρισης τα σύμμικτα ΑΣΑ διαχωρίζονται/επεξεργάζονται για να παραχθεί ένα ρεύμα αποβλήτων υψηλής θερμαντικής αξίας, τα ανακτηθέντα καύσιμα από απορρίμματα (WRF – Waste Refused Fuels). Το SRF και RDF ανήκουν σε αυτή την κατηγορία καυσίμων, τα οποία προέρχονται μέσω της μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας. Οι διαφορές μεταξύ τους αφορούν κυρίως τις ιδιότητες τους και τις τιμές θέρμανσης τους, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με τη διαμόρφωση της διαδικασίας μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας (Samolada and Zabaniotou, 2014). Το SRF αποτελεί το κύριο προϊόν της διεργασίας της βιολογικής ξήρανσης των ΑΣΑ με ορισμένες προδιαγραφές (NCV, Hg και μέγιστη περιεκτικότητα σε Cl), ενώ το RDF αποτελεί παρά - προϊόν το οποίο προκύπτει κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού των ΑΣΑ σε ένα κομποστοποιημένο μη πιστοποιημένο υλικό μέσω αναερόβιας μεθόδου επεξεργασίας (Samolada and Zabaniotou,

2014). Στην περίπτωση του RDF, εφόσον αποτελεί ένα παρά – προϊόν μιας βιολογικής διαδικασίας μετασχηματισμού των ΑΣΑ, δεν πληροί καμία συγκεκριμένη τυπική σύνθεση ή προδιαγραφή (Samolada and Zabaniotou, 2014). Στον Πίνακα 3.23 εμφανίζονται οι διαφορές ανάμεσα στο συμβατικό καύσιμο του άνθρακα και των δευτερογενών καυσίμων, RDF και SRF, όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3.23: Σύγκριση φυσικοχημικών χαρακτηριστικών καυσίμων άνθρακα, RDF και SRF (Samolada and Zabaniotou, 2014)

Καύσιμο	Άνθρακας	SRF	RDF
Προσεγγιστική και στοιχειακή ανάλυση			
Υγρασία (%)	6.2	3.0	3.4
Τέφρα (%)	11.4	11.1	16.2
HHV (MJ/kg)	27.6	13.0	14.0
LHV (MJ/kg)	26.5	11.8	13.2
C	66.3	40.5	28.1
H	4.2	5.3	3.4
N	1.2	0.03	0.98
S	1.7	0.07	0.32
Cl	0.28	0.02	0.25

Στην παρούσα υποενότητα καθορίζονται κριτήρια ποιότητας για την ενδεχόμενη παραγωγή ανακτώμενων καυσίμων RDF/SRF από τα απόβλητα του Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη. Τα ποιοτικά κριτήρια, ακολουθούν τη σχετική ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία της Ε.Ε. καθώς και τις κατευθυντήριες γραμμές των αντίστοιχων πρωτοβουλιών τυποποίησης των δευτερογενών καυσίμων που προέρχονται από απόβλητα σε άλλα ευρωπαϊκά κράτη και από διεθνείς οργανισμούς όπως ERFO (European Recovered Fuel Organization), CEN (European Committee for Standardization) και EURITS (European Union for Responsible Incineration and Treatment of Special Waste). Ο καθορισμός κριτηρίων βασίζεται στην προτεινόμενη χρήση των δευτερογενών καυσίμων, που στην παρούσα διατριβή, ορίζεται σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας (waste to energy), θερμικής επεξεργασίας. Μέσω των κριτηρίων που τίθενται, στόχος είναι η όσο το δυνατόν πιο περιβαλλοντικά ασφαλής, τεχνικά δυνατή και οικονομικά βιώσιμη αξιοποίηση των παραγόμενων καυσίμων από ΑΣΑ που καταλήγουν στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη.

3.5.2 Ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία για SRF/RDF

Οι πολιτικές της Ε.Ε. οι οποίες έχουν άμεσο ή έμμεσο αντίκτυπο στον τομέα παραγωγής και χρήσης των δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF, εμπίπτουν στο ευρωπαϊκό πλαίσιο ενεργειακής, περιβαλλοντικής και διαχείρισης αποβλήτων πολιτικής, με σημαντικότερες τις ακόλουθες Οδηγίες:

- Οδηγία 2000/76/EK για την αποτέφρωση αποβλήτων: Εισάγει όρια εκπομπών για τη συν-αποτέφρωση αποβλήτων για ανάκτηση ενέργειας, και επιδιώκει να ευθυγραμμισθούν με εκείνες για την αποτέφρωση των αποβλήτων.
- Οδηγία 75/442/ΕΟΚ για τα απόβλητα και τροποποίηση αυτής (Οδηγία 91/156/ΕΟΚ): καλύπτει τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή δευτερογενών καυσίμων
- Οδηγία 1999/31/EK για την υγειονομική ταφή: απαιτεί από τα κράτη μέλη να απομακρύνουν απόβλητα από τους χώρους υγειονομικής ταφής, σε επιλογές οι οποίες είναι υψηλότερες στην ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων, όπως η αποτέφρωση ή/και η ανακύκλωση, επηρεάζοντας την παραγωγή και τη χρήση των δευτερογενών καυσίμων
- Οδηγία 2001/77/EK για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (European Commission, 2003).

Ο καθορισμός των προαναφερόμενων Οδηγιών από την Ε.Ε., έχει συμβάλλει σημαντικά στην αντιμετώπιση των ΑΣΑ ως πηγή ενέργειας και έχει οδηγήσει στην αντιμετώπιση των δευτερογενών καυσίμων, ως μέρος της στρατηγικής διαφόρων κρατών-μελών, για την επίτευξη των απαιτήσεων και δεσμεύσεων τους προς την Ε.Ε. όσον αφορά την εκτροπή αποβλήτων από την ταφή καθώς και των στόχων ανάκτησης υλικών. Στα πλαίσια αυτά, κρίθηκε απαραίτητη η τυποποίηση των δευτερογενών ανακτηθέντων καυσίμων, για σκοπούς συμβολής στην προώθηση της χρήσης τους, με την εξασφάλιση ενός επιπέδου προστασίας όσον αφορά την ενεργειακή αξιοποίηση τους, στα πλαίσια της ποιότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος καθώς και την ασφαλή λειτουργία του ανακτηθέν καυσίμου τουλάχιστο ισοδύναμη με αυτή των συμβατικών στερεών καυσίμων τα οποία προσπαθεί να αντικαταστήσει (Samolada and Zabaniotou, 2014; Bessi et al., 2016). Μέσω της τυποποίησης, διευκολύνονται οι διασυνοριακές

μεταφορές, η πρόσβαση σε άδειες για χρήση των ανακτημένων καυσίμων, οι μειώσεις στο κόστος των μονάδων συν-αποτέφρωσης ως συνέπεια των μειωμένων μετρήσεων (π.χ. για τα βαριά μέταλλα) των εισερχόμενων καυσίμων και του ορθολογισμού των κριτηρίων σχεδιασμού για τις μονάδες καύσης το οποίο οδηγεί σε μείωση του κόστους για τους κατασκευαστές εξοπλισμού (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Επίσης η δημόσια κοινωνική αποδοχή μπορεί να επωφεληθεί από τη διαφάνεια, όσον αφορά την προέλευση των εισερχόμενων απορριμμάτων και την εγγύηση ενός υψηλού επιπέδου προστασίας του περιβάλλοντος που απορρέει μέσω της τυποποίησης των δευτερογενών καυσίμων (Bessi et al., 2016).

Για το SRF, πρότυπα τυποποίησης έχουν τεθεί, κατόπιν εντολής της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, προς την Τεχνική Επιτροπή TC343 του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τυποποίησης CEN, για τυποποίηση των καυσίμων τα οποία προέρχονται από όλα τα μη επικίνδυνα στερεά απόβλητα, ταξινομώντας τα ως «στερεά ανακτημένα καύσιμα» (Solid Recovered Fuel–SRF). Από αυτή την άποψη, μέσα στον όρο SRF όλοι οι τύποι των καυσίμων που παράγονται από τα δημοτικά στερεά απόβλητα ενσωματώνονται, ανεξάρτητα αν προκύπτουν από μια διαδικασία βιολογικής ξήρανσης ή ένα συμβατικό MBT (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Στον Πίνακα 3.24, παρουσιάζονται διάφορα πρότυπα SRF. Όπου εμφανίζεται στον κωδικό η επιγραφή TS γίνεται αναφορά σε τεχνικές προδιαγραφές (Technical Specifications–TS), ένα είδος προ-προτύπου, για τις οποίες οι τεχνικές εκθέσεις (Technical Reports-TR) ολοκληρώνονται και δημοσιεύονται, ενώ η μετάβαση σε επίσημο πρότυπο (EN) είναι εξελισσόμενη (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Πίνακας 3.24: Πρότυπα για SRF (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012)

Κωδικός	Τίτλος
CEN/TR 14980:2004	Solid Recovered Fuels – Report on relative difference between biodegradable and biogenic fractions of SRF
CEN/TR 15404:2010	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of ash melting behavior by using characteristic temperatures
CEN/TR 15441:2006	Solid Recovered Fuels – Guidelines on occupational health aspects
CEN/TR 15508:2006	Key properties on Solid Recovered Fuels to be used for establishing a classification system
CEN/TR 15591:2007	Solid Recovered Fuels – Determination of the biomass content based on the 14C method
CEN/TR 15716:2008	Solid Recovered Fuels – Determination of combustion behavior

CEN/TS 15401:2010	Solid Recovered Fuels – Determination of bulk density
CEN/TS 15405:2010	Solid Recovered Fuels – Determination of density of pellets and briquettes
CEN/TS 15406:2010	Solid Recovered Fuels – Determination of bridging properties of bulk material
CEN/TS 15412:2010	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of metallic aluminium
CEN/TS 15414-1:2010	Solid Recovered Fuels – Determination of moisture content using the oven dry method – Part 1: Determination of total moisture content by a reference method
CEN/TS 15414-2:2010	Solid Recovered Fuels – Determination of moisture content using the oven dry method – Part 2: Determination of total moisture content by a simplified method
EN 15414-3:2011	Solid Recovered Fuels – Determination of moisture content using the oven dry method – Part 3: Moisture in general analysis sample
CEN/TS 15639:2010	Solid Recovered Fuels – Determination of mechanical durability of pellets
EN 15357:2011	Solid Recovered Fuels – Terminology, definitions and descriptions
EN 15358:2011	Solid Recovered Fuels – Quality management systems – Particular requirements for their application to the production of solid recovered fuels
EN 15359:2011	Solid Recovered Fuels – Specification and classes
EN 15400:2011	Solid Recovered Fuels – Determination of calorific value
EN 15402:2011	Solid Recovered Fuels – Determination of the content of volatile matter
EN 15403:2011	Solid Recovered Fuels – Determination of ash content
EN 15407:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of carbon (C), hydrogen (H) and nitrogen (N) content
EN 15408:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of sulphur (S), chloride (Cl), fluorine (F) and bromine (Br) content
EN 15410:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of the content of major elements (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si, Ti)
EN 15411:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of the content of trace elements (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si, Ti) (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V and Zn)
EN 15413:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the preparation of the test sample from the laboratory sample
EN 15415-1:2011	Solid Recovered Fuels – Determination of particle size distribution – Part 1: Screen method for small dimension particles
EN 15440:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of biomass content
EN 15440:2011/AC:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the determination of biomass content
EN 15442:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for sampling
EN 15443:2011	Solid Recovered Fuels – Methods for the preparation of the laboratory sample
EN 15590:2011	Solid Recovered Fuels – Determination of the current rate of anaerobic microbial activity using the real dynamic respiration index

Βάσει του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τυποποίησης, το CEN/TC343 αποτελεί το ευρωπαϊκό πρότυπο για τα στερεά ανακτηθέντα στερεά καύσιμα προς μια μοναδική και αποδεκτή

ταξινόμηση σε κλάσεις του SRF, σύμφωνα με την οποία, τίθενται πέντε κατηγορίες με συγκεκριμένες κατώτερες τιμές καθαρής θερμογόνου δύναμης (NCV–Net Calorific Value) και περιεκτικότητας σε χλώριο (Cl) και υδράργυρο (Hg) (Samolada and Zabaniotou, 2014). Οι τιμές που δίνονται, αφορούν όρια χωρίς να δίδονται οριακές τιμές για τις απαιτούμενες τιμές του RDF/SRF. Αυτό γίνεται διότι ανάλογα με την τελική χρήση του καυσίμου, οι προδιαγραφές καθορίζονται ανά περίπτωση βάσει των αναγκών του κάθε χρήστη (Garces et al., 2016). Μέσα από το πρότυπο δίδεται η δυνατότητα τυποποίησης του SRF, το οποίο κατηγοριοποιείται μέσω αριθμού κατηγορίας από 1 έως 5, για κάθε χαρακτηριστική του ιδιότητα, όπου ένας συνδυασμός των αριθμών κατηγοριοποίησης αποτελεί τον κωδικό της τάξης του. Οι προτεινόμενες τυπικές τάξεις του SRF και οι τιμές αυτών παρατίθενται στον Πίνακα 3.25, όπου όλα τα χαρακτηριστικά θεωρούνται ισοδύναμα (Samolada and Zabaniotou, 2014). Βάσει της κατηγοριοποίησης του προτύπου CEN/TC343, οι φορείς θα πρέπει να παρέχουν δύο περιγραφές για κάθε συγκεκριμένη ιδιότητα: μια υποχρεωτική και μια εθελοντική, μετρούμενες σύμφωνα με τις εργαστηριακές μεθόδους CEN (Samolada and Zabaniotou, 2014).

Πίνακας 3.25: Κατηγοριοποίηση του SRF σύμφωνα με το πρότυπο EN 15359:2011 - CEN/TC343 (ERFO,2005; Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012; Samolada and Zabaniotou, 2014)

Παράμετρος	Χαρακτηριστικό κατηγοριοποίησης	Στατιστικό Μέτρο	Μονάδα Μέτρησης	Κατηγορίες				
				1	2	3	4	5
Οικονομική Παράμετρος	Καθαρή θερμογόνος Δύναμη (Net Calorific Value-NCV)	Μέσος (Mean)	MJ/kg (ar)	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Τεχνική Παράμετρος	Περιεκτικότητα σε χλώριο (Cl)	Μέσος (Mean)	% (d)	≤0.2	≤0.6	≤1.0	≤1.5	≤3
Περιβαλλοντική Παράμετρος	Υδράργυρος (Hg)	Στατιστικός μέσος	mg/MJ (ar)	≤0.02	≤0.03	≤0.08	≤0.15	≤0.50
		80 ^η εκατοστιαία		≤0.04	≤0.06	≤0.16	≤0.30	≤1.00
	Κάδμιο (Cd)	Στατιστικός μέσος	mg/MJ (ar)	<0.1	<0.3	<1.0	<5.0	<15
		80 ^η εκατοστιαία		<0.2	<0.6	<2.0	<10	<30

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προτύπου CEN/TC343 υπάρχουν 125 δυνητικά αποδεκτές τάξεις SRF, βασισμένες σε οριακές τιμές των τριών βασικών ιδιοτήτων του καυσίμου, το οποίο

προδίδει ένα επιπλέον σημαντικό κόστος στη χρήση του καύσιμου, όσον αφορά τις ποιοτικές αναλύσεις με σκοπό την κατηγοριοποίηση και την εξασφάλιση της αποτελεσματικότητας του (Samolada and Zabaniotou, 2014), χωρίς όμως να δίδονται τιμές για πολλά χαρακτηριστικά, για τα οποία αναμένεται αμοιβαία συμφωνία ανάμεσα στον παραγωγό και το χρήστη, ανάλογα με τις ανάγκες και τη διαθέσιμη τεχνολογία (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

Πέρα από την Τεχνική Επιτροπή TC343 του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τυποποίησης, πολλές μελέτες τυποποίησης όσον αφορά το SRF, έχουν μέχρι στιγμής πραγματοποιηθεί από τον ευρωπαϊκό οργανισμό European Recovered Fuel Organization (ERFO), με σκοπό την προώθηση χρήσης του SRF ως εναλλακτικό στερεό καύσιμο (Samolada and Zabaniotou, 2014) καθώς και από την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία –EURITS, η οποία αποτελεί την ευρωπαϊκή ένωση εταιρειών θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων και ασχολείται με την περίπτωση των δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF τα οποία προορίζονται για σκοπούς παραγωγής σε βιομηχανίες τσιμέντου, με την έκδοση ξεχωριστών ποιοτικών κριτηρίων τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.26. Ωστόσο εκπρόσωποι της τσιμεντοβιομηχανίας θεωρούν τις τιμές αυτές πολύ αυστηρές και ειδικότερα αυτές που αναφέρονται στη θερμογόνο δύναμη (CV) (European Commission, 2006).

Πίνακας 3.26: Τιμές παραμέτρων για τη χρήση RDF/SRF στην τσιμεντοβιομηχανία κατά EURITIS (European Commission, 2006)

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμές
Θερμογόνος Ικανότητα (CV)	MJ/kg	15
Cl	% w/w	0.5
S	% w/w	0.4
Br	% w/w	0.01
N	% w/w	0.7
F	% w/w	0.1
Be	Mg/kg	1
Hg/Ti	Mg/kg	2
As, Se, (Te), Cd, Sb	Mg/kg	10
Mo	Mg/kg	20
V, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, Mn, Sn	Mg/kg	200
Zn	Mg/kg	500
Περιεχόμενη τέφρα (πλην Ca, Al, Fe, Si)	% w/w	5

3.5.3 Προδιαγραφές και πρότυπα RDF/SRF σε διάφορα ευρωπαϊκά κράτη

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται εθνικές πρωτοβουλίες για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων και τη προώθηση της χρήσης των δευτερογενών καυσίμων στις βιομηχανικές διαδικασίες, με τον καθορισμό ελάχιστων ποιοτικών απαιτήσεων για τα καύσιμα που παράγονται από τα απόβλητα (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012). Συγκεκριμένα υπάρχουν αναφορές για πρότυπα από διάφορες χώρες, τα οποία βασίζονται στις εξειδικευμένες ανάγκες κάθε χώρας. Ως παράδειγμα αναφέρονται οι χώρες Γερμανία, Φιλανδία και Ιταλία των οποίων τα όρια των εθνικών προτύπων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.27. Στη Γερμανία έχει θεσπιστεί το εθνικό πρότυπο RAL-GZ724, το οποίο βελτιώνει την ανταγωνιστικότητα και την εμπορευσιμότητα των ανακτώμενων δευτερογενών καυσίμων, όπου απαιτούνται μετρήσεις της περιεχόμενης υγρασίας, της τέφρας, της καθαρής θερμογόνου δύναμης, του χλωρίου και των βαρέων μετάλλων (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ). Στη Φιλανδία σύμφωνα με το εθνικό πρότυπο SFS5875, εφαρμόζεται ένα αυστηρότερο σύστημα κατάταξης με όρια προδιαγραφών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ). Στην Ιταλία γίνεται εφαρμογή του εθνικού προτύπου UNI9903 (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ), το οποίο τροποποιήθηκε μέσω της νέας νομοθεσίας D.Lgs 205/2010, στην οποία δίδεται μια πιο συγκεκριμένη περιγραφή της ποιότητας του SRF (Bessi et al., 2016).

Πίνακας 3.27: Πρότυπα ποιότητας για τα στερεά δευτερογενή καύσιμα (European Commission, 2003; ERFO, 2005; Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ)

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Ιταλία	Φιλανδία			Γερμανία		
			DL	Κατηγορία			Στατιστικός μέσος	80 ^η εκατοστιαία
				I	II	III		
Περιεκτικότητα σε υγρασία	%	<25						
Θερμογόνος δύναμη	KJ/kg	15.000						
Περιεκτικότητα σε τέφρα	%	20						
Περιεκτικότητα χλωρίου (Cl)	%(m/m)	0.9	0.01	<0.15	<0.50	<1.50		
Περιεκτικότητα θείου (S)	%(m/m)	0.6	0.01	<0.20	<0.30	<0.50		
Περιεκτικότητα αζώτου (N)	%(m/m)	-	0.01	<1.00	<1.50	<2.50		
Περιεκτικότητα καλίου & νατρίου	%(m/m)	-	0.01	<0.20	<0.40	<0.50		

Περιεκτικότητα αλουμινίου (Al)	%(m/m)	-	0.01					
Περιεκτικότητα υδραργύρου (Hg)	Mg kg ⁻¹	-	0.01	<0.1	<0.2	<0.5	0,6	1,2
Περιεκτικότητα καδμίου (Cd)	Mg kg ⁻¹	-	0.01	<0.1	<4.0	<5.0		
Μόλυβδος (Pb)	Mg kg ⁻¹	200					190	
Χαλκός (Cu)	Mg kg ⁻¹	300					350	
Μαγγάνιο (Mn)	Mg kg ⁻¹	400					250	500
Χρώμιο (Cr)	Mg kg ⁻¹	100					125	250
Ψευδάργυρος	Mg kg ⁻¹	500						
Νικέλιο (Ni)	Mg kg ⁻¹	40					80	160
Αντιμόνιο (Sb)	Mg kg ⁻¹						50	120
Αρσενικό (As)	Mg kg ⁻¹	9					5	13
Θάλλιο (Tl)	Mg kg ⁻¹						1	2
Βανάδιο (V)	Mg kg ⁻¹						10	25
Κάδμιο (Cd) + Υδράργυρος (Hg)	Mg kg ⁻¹	7					4	9
Κοβάλτιο (Co)	Mg kg ⁻¹						6	12

Τα εθνικά πρότυπα για τα δευτερογενή καύσιμα που έχουν τεθεί στα διάφορα ευρωπαϊκά κράτη, αφορούν κυρίως επιπρόσθετες παραμέτρους από τις βασικές του ευρωπαϊκού προτύπου EN15359. Συγκεκριμένα για τη δυνατότητα χρήσης του δευτερογενούς καυσίμου σε παραγωγικές μονάδες ή μονάδες παραγωγής ενέργειας, καθορίζονται παράμετροι που έχουν να κάνουν με την εκάστοτε χρήση. Η χρήση του SRF σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης, απαιτεί καθορισμό παραμέτρων που αφορούν τη φυσική του μορφή (pellets ή σκόνη), το μέγεθος των σωματιδίων, την περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα, την περιεχόμενη υγρασία και την περιεκτικότητα σε τέφρα (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ). Επίσης σε ορισμένα ευρωπαϊκά κράτη δίδονται και ξεχωριστά ποιοτικά κριτήρια παραγωγής δευτερογενών καυσίμων που προορίζονται για χρήση σε βιομηχανίες τσιμέντου. Ο Πίνακας 3.28 παρουσιάζει παραδείγματα τεχνικών προδιαγραφών αποβλήτων τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF, τα οποία τροφοδοτούνται για παραγωγή ενέργειας σε κλίβανους τσιμέντου σε διάφορα ευρωπαϊκά κράτη. Ωστόσο ο Πίνακας 3.28 δεν είναι εξαντλητικός αλλά περιλαμβάνει μια γενική εικόνα της ευρωπαϊκής πραγματικότητας.

Πίνακας 3.28: Παραδείγματα προδιαγραφών αποβλήτων τα οποία χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε κλίβανους τσιμέντου, σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες (European Commission, 2006)

Ουσίες ή κριτήρια μέτρησης	Μονάδες Μέτρησης	Ηνωμένο Βασίλειο	Φλαμανδία ¹ (Βελγική περιφέρεια)	Ιταλία ²	Νέα Ζηλανδία ³
Θερμογόνος δύναμη	MJ/kg	23-29	>15	>15	
Υγρασία	%			>25	
Ολικό Θείο S	%	<0.3	<0.4	<0.6	0.1 – 2.8
Ολικό χλώριο Cl	%	<2	<0.5	<0.9	0.03 – 0.76
Ολικό F, Br, I	%	<0.5			
F	%		<0.1		
Ολικό Br, I	%		<0.01		
Ολικό N	%		<1.0		
Al	ppm				10 – 1000
As	ppm	<50	<10	<9	<50 - 60
Be	ppm		<1		
Cd	ppm		<10		<10 - 20
Cd + Tl	ppm	<40			
Cd + Hg				<7	
Co	ppm	<100			
Cr	ppm	<200		<100	<10 – 80
Cu	ppm	<600		<300 ⁶	<10 – 165
Hg ⁴	ppm	<20			<10
Hg, Tl	ppm		<2		
Mn	ppm	<250		<400	
Mo	ppm		<20		
Ni	ppm	<50		<40	
Pb	ppm	<500	<200	<200 ⁵	10 – 1080
Sb	ppm	<50			
Sn	ppm	<100			
V	ppm	<50	<200		
Zn	ppm		<500		108 – 3670
Sb, As, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, V	ppm	<1800			
Περιεκτικότητα στερεών και τέφρας	%	Εξαρτάται από το καύσιμο		<20	
Περιεκτικότητα PCB					<10
Άλλες ουσίες		Εξαρτάται από το καύσιμο			

¹ Έχει αναφερθεί ότι δεν λειτουργούν κλίβανοι τσιμέντου στην Φλαμανδία

² Ένας παραγωγός SRF ανέφερε παραγωγή δευτερογενές καύσιμου με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: θερμογόνος δύναμη >18,8MJ/kg, υγρασία >20%, ολική περιεκτικότητα σε χλώριο >1% και ολική περιεκτικότητα σε τέφρα >6%

³ Για απόβλητα λαδιού που χρησιμοποιούνται σε κλίβανους τσιμέντου

⁴ Μικρότερες τιμές έχουν αναφερθεί (2 – 5ppm αν η εγκατάσταση διαθέτει φίλτρο και >1 ppm εάν δεν διαθέτει), αλλά δεν υπάρχουν αναφορές για καμιά χώρα

⁵ Αναφέρεται μόνο σε πτητικές Pb

⁶ Αναφέρεται μόνο σε διαλυτές ενώσεις Cu

3.5.4 Καθορισμός πρότυπων ποιότητας για παραγωγή και χρήση του παραγόμενου στερεού ανακτώμενου καυσίμου

Στην Κύπρο δεν υπάρχει νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με τα χαρακτηριστικά και την ποιότητα παραγωγής δευτερογενών καυσίμων, το οποίο έδωσε το έναυσμά για τον καθορισμό ενός από τους σημαντικότερους στόχους της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, ο οποίος αφορά τον καθορισμό προτύπων ποιότητας για παραγωγή RDF/SRF από τα ΑΣΑ του Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη. Με τον καθορισμό πρότυπων ποιοτικών κριτηρίων, ξεπερνιέται ο ανασταλτικός παράγοντας ανάπτυξης που καταγράφεται στην παγκόσμια αγορά και αφορά την ποιοτική αστάθεια των δευτερογενών καυσίμων λόγω της μεταβλητότητας των ΑΣΑ Παράγοντας ο οποίος οδήγησε σε αβεβαιότητα και έλλειψη εμπιστοσύνης μεταξύ των χρηστών, με αποτέλεσμα την περιορισμένη ανάπτυξη της αγοράς των δευτερογενών καυσίμων. Έτσι μέσω της παρούσας διατριβής προσδοκάται ο καθορισμός προτύπων ποιότητας, ο οποίος θα εξασφαλίζει την απαιτούμενη ποιότητα για την ασφαλή χρήση του τελικού προϊόντος.

Για τον καθορισμό ποιοτικών κριτηρίων όσον αφορά τη χρήση των ΑΣΑ για παραγωγή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF, θα χρησιμοποιηθούν στοιχεία από το ευρωπαϊκό πρότυπο CEN/TC343 και θα ληφθούν κατευθυντήριες γραμμές από τα ευρωπαϊκά πρότυπα που ακολουθούνται σε διάφορα ευρωπαϊκά κράτη. Επίσης, ο καθορισμός κριτηρίων θα λάβει υπόψη τη χρήση των ανακτώμενων καυσίμων σε μονάδες θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων (waste-to-energy). Ως εκ τούτου θα πληροί τις προδιαγραφές ευρωπαϊκού προτύπου CEN/TC343 (Πίνακας 3.25) και τις βασικές ποιοτικές παραμέτρους χρήσης RDF/SRF σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης (Πίνακας 3.26), ως η επιλεγμένη μέθοδος θερμικής επεξεργασίας, η οποία αποτελεί την πιο διαδεδομένη ιστορικά διαδικασία θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Επιλέχθηκε έναντι της πυρόλυσης, αεριοποίησης και τεχνολογίας πλάσματος διότι η διαδικασία της πυρόλυσης δεν ενδείκνυται για σύμμεικτα ΑΣΑ όπως στην περίπτωση των Χ.Α.Δ.Α. Κύπρου και δεν αποτελεί ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο επεξεργασίας ΑΣΑ τουλάχιστον στην Ευρώπη. Η εφαρμογή της αεριοποίησης ως μέθοδος θερμικής επεξεργασίας είναι σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, ιδίως για την επεξεργασία ΑΣΑ και η τεχνολογία

πλάσματος δεν εφαρμόζεται σε εμπορική κλίμακα στην Ε.Ε., το οποίο οφείλεται κυρίως στην πολυπλοκότητα της σύστασης των σύμμεικτων ΑΣΑ.

Οι βασικές ποιοτικές παραμέτρους χρήσης RDF/SRF σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης οι οποίες αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία και παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.29, χωρίζονται ανάμεσα σε μόνο-ρευματικές και πολύ-ρευματικές εγκαταστάσεις αποτέφρωσης, από τις οποίες θα ακολουθηθούν οι πρώτες για τους λόγους ότι, στην περίπτωση των μόνο-ρευματικών εγκαταστάσεων αποτέφρωσης, δεν απαιτούνται ποιοτικά κριτήρια όσον αφορά το μέγεθος των σωματιδίων των καύσιμων σε αντίθεση με τις πολύ-ρευματικές εγκαταστάσεις αποτέφρωσης στις οποίες πρέπει να είναι μεγέθους 20mm και τις τσιμεντοβιομηχανίες οι οποίες μπορούν να δεχτούν σωματίδια μεγέθους μέχρι 30 mm καθώς και ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε υγρασία και τέφρα των καύσιμων αποβλήτων είναι μεγαλύτερη (συγκρίνει με τα υψηλά επίπεδα των ΑΣΑ Λευκωσίας) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ). Επίσης η επιλογή της μόνο-ρευματικής μονάδας, παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, σε σχέση με πολύ-ρευματικές μονάδες mass-fired, όπως:

- Εντάσσεται ευκολότερα σε δίκτυο ανάκτησης και διανομής ενέργειας
- Ο έλεγχος μιας μόνο-ρευματικής μονάδας είναι πιο εύκολος
- Ο χώρος που απαιτείται είναι λιγότερος σε σχέση με μια πολύ-ρευματική μονάδα
- Δίνεται η δυνατότητα απομάκρυνσης μιας σειράς κατηγοριών αποβλήτων όπως το PVC, τα μέταλλα κ.α. τα οποία συνεισφέρουν στη δημιουργία επικίνδυνων ρύπων που μεταφέρονται με τα αέρια της μονάδας αποτέφρωσης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β).

Πίνακας 3.29: Βασικές ποιοτικές παράμετροι χρήσης RDF/SRF σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης (Christensen, 2010)

Παράμετρος	Μονάδα Μέτρησης	Πολύ-ρευματική εγκατάσταση αποτέφρωσης (mass-fired)		Μονό-ρευματική εγκατάσταση αποτέφρωσης
		Τσιμεντοκλίβανοι	Εγκατάσταση παραγωγής ισχύος με καύση άνθρακα	Λέβητας RDF/SRF
Καθαρή θερμογόνος δύναμη	MJ/kg	>20	12-18	12-16
Περιεκτικότητα σε υγρασία	% κ.β.	<15	<15-25	<30-40
Περιεκτικότητα σε τέφρα	% κ.β. (d.s.)	<15	<15-20	<25-30
Συνολική περιεκτικότητα σε χλώριο	% κ.β. (d.s.)	<1	0.5-1.5	<1-1.5
Συνολική περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα	Mg/kg (d.s.)	Σύμφωνα με το πρότυπο RAL	Σύμφωνα με το πρότυπο RAL	

Πίνακας 3.30: Καθορισμός ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής RDF/SRF στην Κύπρο (European Commission, 2003; Christensen, 2010; ERFO,2005)

Παράμετρος		Στατιστικό μέτρο	Μονάδα μέτρησης	Φιλανδία	Ιταλία	Γερμανία	Ηνωμένο Βασίλειο	Μονό-ρευματική εγκατάσταση αποτέφρωσης	EN 15359:2011	CEN/TR 15508:2006	Κύπρος
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	Θερμογόνος δύναμη	Mean	MJ/kg	13-16	15		18,7	12-16	>3		>12
	Υγρασία	Mean	% κ.β.	25-35	25 max		7-28	<30-40	-		<30
ΤΕΧΝΙΚΑ	Τέφρα	Mean	% κ.β.	5-10	20		12	<25-30	-	<10-50	<20
	Χλώριο	Mean	% κ.β.	0,3-1,0	0,9		0,3-1,2	<1-1.5	<3		<1
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Υδράργυρος	Στατιστικός μέσος	mg/kg	<0.5	<1		0.6	0.6	<0.5		<0.5
		80 ^η εκατοστιαία									
	Κάδμιο	Στατιστικός μέσος	mg/kg	<5	<7 Hg+Cd		4	4	<15	<0.1-7.5	<4
		80 ^η εκατοστιαία									

Με τον καθορισμό των ποιοτικών κριτηρίων που εμφανίζονται στον Πίνακα 3.30, εξασφαλίζεται η χρήση των πιθανών παραγόμενων RDF/SRF, σε λέβητες RDF/SRF μόνο-ρευματικών εγκαταστάσεων αποτέφρωσης καθώς επίσης καλύπτονται οικονομικές (θερμογόνος δύναμη, περιεκτικότητα σε υγρασία), τεχνολογικές (περιεκτικότητα σε τέφρα και χλώριο) και περιβαλλοντικές παράμετροι (περιεκτικότητα σε υδράργυρο και κάδμιο) για την ασφαλή ενεργειακή αξιοποίηση των ΑΣΑ στην Κύπρο και συγκεκριμένα ως μέσο αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α Κοτσιάτη. Συνοψίζοντας λοιπόν τις παραμέτρους που τέθηκαν, ο Πίνακας 3.31 δίνει τα ποιοτικά κριτήρια παραγωγής RDF/SRF και αναφέρονται τα πιο κάτω:

- Το τελικό στερεό δευτερογενές καύσιμο RDF/SRF προς αποτέφρωση θα πρέπει να έχει ελάχιστη τιμή θερμογόνου δύναμης ίση με 12MJ/kg και περιεχόμενη υγρασία λιγότερη από 30%κ.β.
- Όσον αφορά τις τεχνολογικές παραμέτρους της περιεκτικότητας σε τέφρα και χλώριο, αυτές δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις τιμές 25% κ.β. και 1% κ.β. αντίστοιχα, έτσι ώστε να πληρούν τα ευρωπαϊκά πρότυπα και τις τεχνικές προδιαγραφές μιας μονάδας αποτέφρωσης.
- Σχετικά με την περιεκτικότητα του ανακτηθέν από ΑΣΑ καυσίμου σε βαρέα μέταλλα, προτείνεται ο καθορισμός ανώτερων τιμών για τον υδράργυρο σε 0,5 mg/kg (στατιστικός μέσος) και για το κάδμιο σε 4 mg/kg (στατιστικός μέσος).

Πίνακας 3.31: Ποιοτικά κριτήρια παραγωγής RDF/SRF

Παράμετρος	Στατιστικό μέτρο	Μονάδα μέτρησης	Τιμή
Θερμογόνος δύναμη	Mean	MJ/kg	>12
Υγρασία	Mean	% κ.β.	<30
Τέφρα	Mean	% κ.β.	<25
Χλώριο	Mean	% κ.β.	<1
Υδράργυρος	Στατιστικός μέσος	mg/kg	<0.5
	80 ^η εκατοστιαία		<1.0
Κάδμιο	Στατιστικός μέσος	mg/kg	<4
	80 ^η εκατοστιαία		<9

Βάσει των κριτηρίων ποιότητας που έχουν τεθεί, μπορεί να γίνει αξιολόγηση της δυνατότητας του παραγόμενου καυσίμου RDF/SRF στην Κύπρο για χρήση σε μονάδες θερμικής

επεξεργασίας με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση αυτών. Περαιτέρω χαρακτηρισμός της ποιότητας του καυσίμου μπορεί να επιτευχθεί μέσω της κατηγοριοποίησης του. Στον Πίνακα 3.32 δημιουργούνται πέντε κατηγορίες των παραγόμενων καύσιμων RDF/SRF, οι οποίες υποδεικνύουν την τάξη του δευτερογενούς καυσίμου βάσει των επιμέρους οικονομικών, τεχνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων του. Βάσει λοιπόν των ανώτατων ορίων που τέθηκαν στον Πίνακα 3.31 και των κατώτερων ορίων που ορίζονται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN15359:2011, τέθηκαν οι πέντε κατηγορίες που εμφανίζονται στον Πίνακα 3.32. Οποιαδήποτε περαιτέρω όρια και προδιαγραφές του καυσίμου μπορεί να τεθούν μπορούν να είναι αποτέλεσμα εμπορικής συμφωνίας μεταξύ του χρήστη και του παραγωγού, σύμφωνα με την απόδοση της τεχνολογίας και των επιμέρους περιβαλλοντικών (π.χ. αντιμόνιο, αρσενικό, κάδμιο, χλώριο, κοβάλτιο, χαλκός, μόλυβδος, μαγγάνιο, νικέλιο, θάλιο, βανάδιο) και οικονομικών (π.χ. μέγεθος σωματιδίων, υγρασία, τέφρα) του στόχων. Ωστόσο η χημική ανάλυση και οι φυσικές παράμετροι που ορίζονται στα πιο πάνω κριτήρια κρίνονται απαραίτητα για την ποιοτική κατάταξη του παραγόμενου καυσίμου στην κυπριακή αγορά.

Πίνακας 3.32: Κατηγοριοποίηση RDF/SRF βάσει ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής

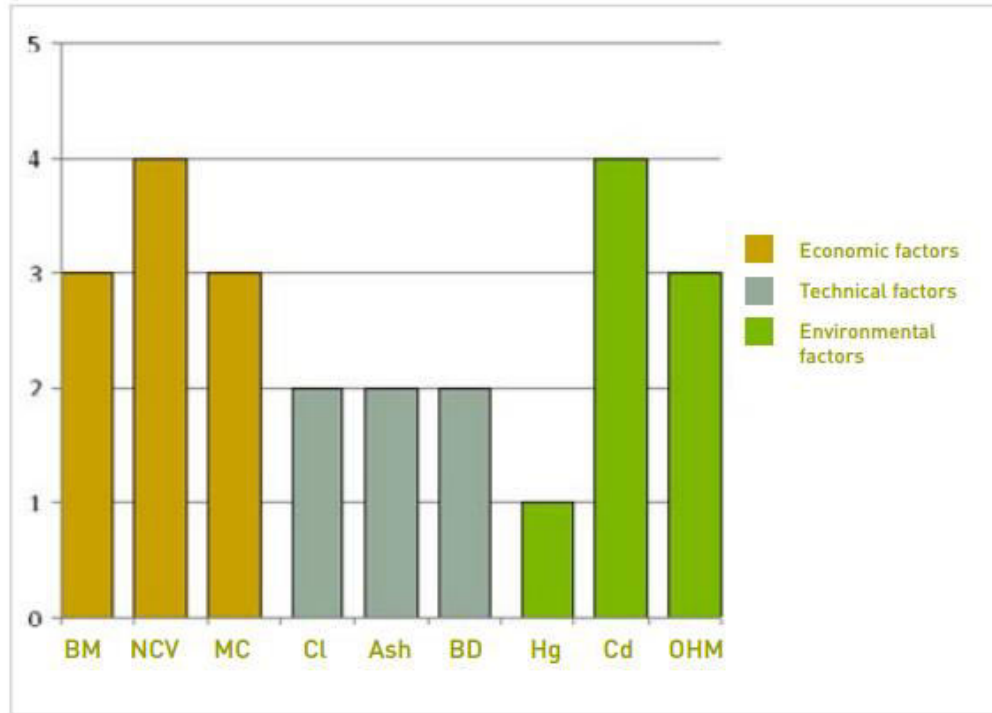
Παράμετρος	Στατιστικό μέτρο	Μονάδα μέτρησης	Κατηγορία				
			1	2	3	4	5
Θερμογόνος δύναμη	Mean	MJ/kg	≥25	≥21	≥18	≥15	≥12
Υγρασία	Mean	% κ.β.	≤10	≤15	≤20	≤25	≤30
Τέφρα	Mean	% κ.β.	≤10	≤12	≤15	≤17	≤20
Χλώριο	Mean	% κ.β.	≤0.2	≤0.4	≤0.6	≤0.8	≤1.0
Υδράργυρος	Στατιστικός μέσος	mg/kg	≤0.02	≤0.03	≤0.08	≤0.15	≤0.50
	80 ^η εκατοστιαία		≤0.04	≤0.06	≤0.16	≤0.30	≤1.00
Κάδμιο	Στατιστικός μέσος	mg/kg	≤0.1	≤0.5	≤1.0	≤2.0	≤4.0
	80 ^η εκατοστιαία		≤0.2	≤0.6	≤2.0	≤6.0	≤9.0

Για την κωδικοποίηση του RDF/SRF και τη δημιουργία μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας, μεταξύ των παραγωγών και καταναλωτών αλλά και οποιονδήποτε ενδιαφερόμενων για τα ανακτώμενα δευτερογενή καύσιμα όσον αφορά την ποιότητα του καυσίμου, οι παράμετροι της

κλάσης του δευτερογενούς καύσιμου θα εμφανίζονται πάντα με τη σειρά που αναφέρονται στον Πίνακα 3.33, όπου πρώτα θα αναφέρεται η κωδικοποίηση για τις δύο οικονομικές παραμέτρους, ακολουθούμενη από τις δύο τεχνικές παραμέτρους και τέλος τις δυο περιβαλλοντικές παραμέτρους. Οι διάφορες κατηγορίες υποδεικνύουν το επίπεδο του καυσίμου ως προς το βέλτιστο επίπεδο που έχει πάντα τον μικρότερο αριθμό, δηλαδή το 1 (11, 11, 11). Έτσι στο παράδειγμα 1 του Πίνακα 3.33, γενικά οι μέσοι αριθμοί στο οικονομικό κομμάτι (αριστερά) και στο περιβαλλοντικό κομμάτι (δεξιά), υποδεικνύουν ένα καύσιμο με χαμηλή οικονομική αξία και υψηλού περιβαλλοντικού κινδύνου (ψηλό επίπεδο βαρέων μετάλλων). Ενώ ένα καύσιμο με χαμηλές τιμές στα δεξιά (Παράδειγμα 2) δείχνει το αντίθετο, με υψηλή οικονομική αξία και χαμηλού κινδύνου. Παρομοίως, οι υψηλές τιμές στο κεντρικό κομμάτι, το τεχνικό (Παράδειγμα 3), μπορεί να δείχνουν ένα καύσιμο το οποίο είναι δύσκολο να τύχει ενεργειακής εκμετάλλευσης.

Πίνακας 3.33: Παραδείγματα κωδικοποίησης RDF/SRF βάσει ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής

ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (1 1, 1 1, 1 1)					
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ		ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	
1	1	1	1	1	1
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1 (4 3, 2 2, 5 4)					
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ		ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	
4	3	2	2	5	4
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2 (1 1, 2 2, 1 1)					
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ		ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	
1	1	2	2	1	1
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3 (1 1, 5 4, 1 1)					
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ		ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	
1	1	5	4	1	1



Διάγραμμα 3.8: Παραδείγματα εικονικής κωδικοποίησης RDF/SRF βάσει ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής (οικονομία: 343, τεχνολογία: 222, περιβάλλον: 143)

Βάσει του ευρωπαϊκού προτύπου CEN/TC343 οι προτεινόμενες προδιαγραφές/κριτήρια ποιότητας RDF/SRF τα οποία έχουν τεθεί για την περίπτωση της Κύπρου στην παρούσα μελέτη οδηγούν στην παραγωγή καυσίμου κατ' ελάχιστο της τάξης NCV 4, Cl 3, Hg 5, Cd 4 όπως εμφανίζεται στον Πίνακα 3.34.

Πίνακας 3.34: Κατηγοριοποίηση του RDF/SRF βάσει των ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής που έχουν τεθεί, σύμφωνα με το πρότυπο EN 15359, CEN /TC 343 (ERFO,2005)

Παράμετρος	Χαρακτηριστικό κατηγοριοποίησης	Στατιστικό Μέτρο	Μονάδα Μέτρησης	Κατηγορίες				
				1	2	3	4	5
Οικονομική Παράμετρος	Καθαρή θερμογόνος Δύναμη (Net Calorific Value - NCV)	Μέσος (Mean)	MJ/kg (ar)	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Τεχνική Παράμετρος	Περιεκτικότητα σε χλώριο (Cl)	Μέσος (Mean)	% (d)	≤0.2	≤0.6	≤1.0	≤1.5	≤3
Περιβαλλοντική Παράμετρος	Υδράργυρος (Hg)	Στατιστικός μέσος 80 ^η	mg/MJ (ar)	≤0.02	≤0.03	≤0.08	≤0.15	≤0.50
		εκατοστιαία		≤0.04	≤0.06	≤0.16	≤0.30	≤1.00
	Κάδμιο (Cd)	Στατιστικός μέσος 80 ^η	mg/MJ (ar)	<0.1	<0.3	<1.0	<5.0	<15
		εκατοστιαία		<0.2	<0.6	<2.0	<10	<30

Για την ολοκλήρωση καθορισμού των ποιοτικών κριτηρίων και προδιαγραφών παραγωγής δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF, πέρα από τον καθορισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων σύστασης, καθορίζονται και πρότυπα κριτήρια ποιοτικής σύστασης όσον αφορά την περιεκτικότητα σε επιμέρους κλάσματα αποβλήτων. Ο καθορισμός αυτός λαμβάνει υπόψη ως κατευθυντήριες γραμμές τα πρότυπα ποιοτικής σύστασης δευτερογενών καυσίμων τα οποία παράγονται σε άλλα ευρωπαϊκά κράτη, όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.35.

Πίνακας 3.35: Τυπική σύσταση RDF (European Commission, 2003)

Κλάσμα αποβλήτων	Περιοχή Φλαμανδίας		Ιταλία	Ηνωμένο Βασίλειο	Κύπρος
	Διαδικασία διαλογής (%)	MBT (%)	(%)	(%)	(%)
Πλαστικό	31	9	23	11	
Χαρτί/χαρτόνι	13	64	44	84	
Ξύλο	12		4,5		
Ύφασμα	14	25	12		
Άλλα	30		14	5	
Μη επιθυμητά υλικά (γαλί, πέτρες, μέταλλο)		2	2,5		
Ξηρό- στερεό περιεχόμενο	66	85			

Τα κριτήρια ποιότητας του RDF/SRF που καθορίστηκαν βασίζονται σε κάποιες τιμές για τις οποίες πρέπει να υιοθετηθούν/καθοριστούν επίσης και μέθοδοι μετρήσεων των εκάστοτε τιμών. Κυρίως η μεθοδολογία η οποία προτείνεται να ακολουθείται για κάθε μετρήσιμη παράμετρο, δίδεται στον Πίνακα 3.36 και βασίζεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN15359 το οποίο ορίζει ένα σύνολο παραμέτρων και τις σχετικές αναλυτικές μεθόδους και συνθήκες για τον προσδιορισμό των προδιαγραφών του RDF/SRF. Οι μέθοδοι επιλέχθηκαν βάσει Πίνακα 3.24, οι οποίες αφορούν λεπτομερείς περιγραφές του τρόπου δειγματοληψίας, ελέγχου και μετρήσεων των επιμέρους ποιοτικών παραμέτρων του δευτερογενούς καυσίμου DRF/SRF.

Πίνακας 3.36: Μεθοδολογία μετρήσεων των ποιοτικών παραμέτρων του καυσίμου RDF/SRF

Παράμετρος	Μέθοδος μέτρησης
Θερμογόνος δύναμη	EN 15400:2011: Solid recovered fuels – Determination of calorific value
Υγρασία	EN 15414-1:2010: Solid recovered fuels – Determination of moisture content using the oven dry method – Part 1: Determination of total moisture by a reference method
	EN 15414-2:2010: Solid recovered fuels – Determination of moisture content using the oven dry method – Part 2: Determination of total moisture content by a simplified method
Τέφρα	EN 15403:2011: Solid recovered fuels – Determination of ash content
Χλώριο	EN 15408:2011: Solid recovered fuels – Methods for the determination of sulphur (S), chlorine (Cl), fluorine (F) and bromine (Br) content
Υδράργυρος	EN 15411:2011: Solid recovered fuels – Methods for the determination of the content of trace elements (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V and Zn)
Κάδμιο	EN 15411:2011: Solid recovered fuels – Methods for the determination of the content of trace elements (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V and Zn)

3.6 Εκτίμηση δυνατότητας και χρήσης παραγωγής στερεών ανακτώμενων καυσίμων RDF/SRF

Στην έκθεση της World Bank (1999), σχετικά με τη δυνατότητα αποτέφρωσης των ΑΣΑ για σκοπούς ενεργειακής αξιοποίησης αναφέρεται ότι τα απόβλητα προς αποτέφρωση πρέπει να

πληρούν ορισμένες βασικές απαιτήσεις, ειδικά όσον αφορά το ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων, δηλαδή τη λεγόμενη κατώτερη θερμογόνο δύναμη (LCV), η οποία πρέπει να είναι πάνω από ένα ελάχιστο επίπεδο καθώς και την παραγόμενη ποσότητα των αποβλήτων. Έτσι, ως ελάχιστα κριτήρια για αποτέφρωση των ΑΣΑ δίδεται η τιμή 6 MJ/kg για τη μέση LCV η οποία πρέπει να ισχύει για όλες τις εποχές με ετήσιο μέσο όρο θερμογόνου δύναμης τουλάχιστον 7 MJ/kg, ενώ η ετήσια ποσότητα των αποβλήτων για αποτέφρωση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 50.000 μετρικούς τόνους (World Bank, 1999). Βάσει των κριτηρίων της World Bank με μέση κατώτερη θερμογόνο δύναμη 11-12 MJ/kg και υπολογισμένη ποσότητα παραγόμενων ΑΣΑ προς διάθεση το λιγότερο 185.814 τόνους/έτος (εκτίμηση για 2016) στην επαρχία Λευκωσίας, εκτιμάται ότι η εφαρμογή συστήματος διαχείρισης ΑΣΑ με αποτέφρωση για σκοπούς ενεργειακής αξιοποίησης είναι δυνατή.

Επιπλέον όμως των κριτηρίων της World Bank, για σκοπούς αξιολόγησης της δυνατότητας παραγωγής και χρήσης των ΑΣΑ που καταλήγουν στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, ως στερεά ανακτώμενα καύσιμα, έχουν τεθεί στην παρούσα μελέτη ποιοτικά κριτήρια. Βάσει λοιπόν των κριτηρίων που τέθηκαν και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ, διαφαίνεται στο συγκεντρωτικό Πινάκα 3.37 ότι οι παράμετροι που χρήζουν τροποποίησης, για σκοπούς συμβατότητας με τα κριτήρια ποιότητας είναι αρχικά η ποσότητα της υγρασίας καθώς και η θερμογόνος δύναμη των ΑΣΑ η οποία έχει οριακή τιμή βάσει των ποιοτικών κριτηρίων που τέθηκαν. Οι υπόλοιποι τεχνικοί και περιβαλλοντικοί παράμετροι εμπίπτουν εντός των ποιοτικών ορίων που τέθηκαν για ενεργειακή αξιοποίηση.

Πίνακας 3.37: Ποιοτικά κριτήρια παραγωγής RDF/SRF και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας

Παράμετρος	Στατιστικό μέτρο	Μονάδα μέτρησης	Τιμή	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ΑΣΑ Λευκωσίας
Θερμογόνος δύναμη	Mean	MJ/kg	>12	11,11*-12,26**
Υγρασία	Mean	% κ.β.	<30	38,75
Τέφρα	Mean	% κ.β.	<20	8,03
Χλώριο	Mean	% κ.β.	<1	0,39
Υδράργυρος	Στατιστικός μέσος	mg/kg	<0.5	0,1
	80 ^η εκατοστιαία		<1.0	---
Κάδμιο	Στατιστικός μέσος	mg/kg	<4	0,4
	80 ^η εκατοστιαία		<9	---

*Βάσει υπολογιστικής μεθόδου **Βάσει εργαστηριακής μεθόδου

Για τη ρύθμιση των ποιοτικών παραμέτρων της θερμογόνου δύναμης και υγρασίας, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η ποιότητα των χρησιμοποιημένων υλικών, κυρίως λόγω της εγγενούς πολυπλοκότητας της πρώτης ύλης των ΑΣΑ, η οποία μπορεί να εξαρτηθεί από τα προγράμματα συλλογής αποβλήτων όπως η ΔσΠ καθώς και από την έκταση και την ένταση του συστήματος προεπεξεργασίας των ΑΣΑ (Sarc and Lorber, 2013; Bessi et al., 2016). Όσον αφορά τα προγράμματα συλλογής, διεθνείς έρευνες αναφέρουν ότι, τα υψηλά επίπεδα διαλογής στην πηγή, για απόβλητα όπως τα βιολογικά απόβλητα, τα μέταλλα και το γυαλί, έχουν σημαντική συμβολή στα χαρακτηριστικά των αστικών αποβλήτων υπό όρους καθαρής θερμογόνου δύναμης (NCV) και μολυσματικών στοιχείων (Bessi et al., 2016). Επίσης η εκτροπή υλικών από το ρεύμα αποβλήτων (π.χ. διαχωρισμός σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων, απομάκρυνση ανεπιθύμητων αδρανών υλικών, όπως γυαλί) που καταλήγει σε ΧΑΔΑ συμβάλει στα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης και κατ' επέκταση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων καυσίμων (Lorver and Sarc, 2012; Lorber et al., 2012).

Ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη υψηλότερης ποιότητας RDF/SRF είναι η διαδικασία επεξεργασίας των ΑΣΑ. Συγκεκριμένα, όταν εφαρμόζεται μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ, παράγεται ένα ρεύμα αποβλήτων το οποίο χαρακτηρίζεται από βελτιωμένο ενεργειακό περιεχόμενο και απευθύνεται προς ενεργειακή αξιοποίηση (Bessi et al., 2016). Για παράδειγμα ένα εργοστάσιο μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας μπορεί να διαθέτει πολλαπλές τεχνικές

οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα και μπορούν να πετύχουν την επιθυμητή προδιαγραφή του παραγόμενου RDF/SRF. Ενδεικτικά αναφέρεται η διαδικασία διαχωρισμού πολλαπλών σταδίων, η οποία περιλαμβάνει διεργασίες ταξινόμησης και διαχωρισμού των διαφόρων κλασμάτων των ΑΣΑ (Lorver and Sarc, 2012; Lorber et al., 2012), όπως ο μαγνητικός διαχωρισμός, η μείωση του μεγέθους υλικών, ο αεριοδιαχωρισμός, η δημιουργία σωρών από μπάλες (pelletization) κ.α. (Lombardi et al., 2014) που συμβάλλουν στην παραγωγή ενός καύσιμου υλικού με την απαιτούμενη ποιότητα και ομοιομορφία.

Επομένως όσον αφορά την αύξηση της θερμογόνου δύναμης βάσει των ποιοτικών κριτηρίων που τέθηκαν, υπάρχουν τρεις επιλογές. Η πρώτη αφορά την προσθήκη καύσιμων υποστήριξης στο παραγόμενο RDF/SRF (Bessi et al., 2016). Η δεύτερη επιλογή απαιτεί την τροποποίηση της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ με χωριστή συλλογή των αποβλήτων με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο που θα οδηγούνται στη μονάδα παραγωγής καυσίμου RDF/SRF το οποίο μπορεί θεωρητικά να αυξήσει τη θερμογόνο δύναμη των αποβλήτων καυσίμων (World Bank, 1999) και η τρίτη επιλογή αφορά τη μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ για την τροποποίηση της θερμογόνου δύναμης τους.

Όσον αφορά την αύξηση της θερμογόνου δύναμης, η οποία είναι οριακή ως προς τα ποιοτικά κριτήρια που τέθηκαν, υπάρχουν όπως έχουμε δει και πιο πάνω, οι επιλογές: (α) της προσθήκης καύσιμης ύλης, (β) της τροποποίησης της ποιοτικής σύστασης με χωριστή συλλογή των αποβλήτων με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο που θα οδηγούνται στη μονάδα παραγωγής καυσίμου RDF/SRF το οποίο μπορεί θεωρητικά να αυξήσει τη θερμογόνο δύναμη των αποβλήτων καυσίμων (World Bank, 1999). Συγκεκριμένα με την απομάκρυνση των ανακυκλώσιμων υλικών (γυαλί, μέταλλα) και αδρανών υλικών (πέτρες), τα οποία δεν συμβάλλουν στο ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων, απομένουν κυρίως τα απορρίμματα με σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο (Πίνακας 3.38), όπως πλαστικά, αποξηραμένα βιοδιασπώμενα υλικά, υφάσματα κ.λ.π., με αποτέλεσμα το παραγόμενο καύσιμο RDF/SRF να έχει συνήθως υψηλότερη θερμογόνο αξία μεταξύ των τιμών 18-23KJ/kg (DEFRA, 2013). Ωστόσο η μέθοδος αυτή είναι πιθανό να αποτύχει πρακτικά, λόγω της έλλειψης

αποτελεσματικού διαχωρισμού των αποβλήτων στην πηγή και το πρόσθετο κόστος που συνεπάγεται για το σύστημα συλλογής. Τέλος υπάρχει η επιλογή της μηχανικής επεξεργασίας πριν την αποτέφρωση για την αύξηση της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ, το οποίο αποτελεί συνήθως το βήμα παραγωγής δευτερογενών καυσίμων (waste derived fuel) (World Bank, 1999), το οποίο μελετάται. Για παράδειγμα η χρήση κοσκινίσματος κατά τη μηχανική/βιολογική προ-επεξεργασία των ΑΣΑ, αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάκτηση πολύ υψηλής ποιότητας RDF/SRF(DEFRA, 2013).

Πίνακας 3.38: Θερμογόνος δύναμη ΑΣΑ - Ενεργειακό περιεχόμενο ανά kg απορριμμάτων που παράγονται σε σχέση με το ποσοστό ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων υλικών

Συντελεστής	Ενεργειακό περιεχόμενο (KJ/kg)
Υπολείμματα τροφών	4.652
Χαρτί	16.747
Χαρτόνι	16.282
Πλαστικά	32.564
Υφάσματα	17.445
Λάστιχο	23.260
Δέρμα	17.445
Υπολείμματα αυλών	6.512
Ξύλο	18.608
Γυαλί	139
Λευκοσίδηρος	697
Άλλα μέταλλα	697
Λοιπά ανόργανα	697

Όσον αφορά τη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας στις πρώτες ύλες παραγωγής δευτερογενών καυσίμων αυτή μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους μέσω της μηχανικής/βιολογικής προ-επεξεργασίας των ΑΣΑ. Μια μέθοδος είναι η διαδικασία της ξήρανσης των απορριμμάτων (απομάκρυνση του νερού/περιεχόμενης υγρασίας) κατά την οποία πέρα από τη σημαντική μείωση της υγρασίας, επιτυγχάνεται και η αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου του RDF/SRF (DEFRA, 2013). Επίσης μέσω του κοσκινίσματος των ΑΣΑ, με σκοπό την απομάκρυνση των σωματιδίων με τα μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας, το παραγόμενο δευτερογενές καύσιμο RDF/SRF μπορεί να παραχθεί με μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία σε σχέση με την

αρχική των ΑΣΑ σε βαθμό 25-50% (Savage, et al., 1984). Επομένως η μηχανική προεπεξεργασία απαιτείται για την τροποποίηση των δύο απαιτούμενων συντελεστών, με την οποία επιτυγχάνεται τόσο η μείωση της περιεχόμενης υγρασίας όσο και η αναλογική αύξηση της θερμογόνου δύναμης του ανακτηθέν καύσιμου.

Σχετικά με την περιεκτικότητα σε τέφρα και χλώριο, αυτή παρουσιάζεται χαμηλή, το οποίο καθιστά τα ΑΣΑ κατάλληλα για παραγωγή καυσίμων RDF/SRF, βάσει των ποιοτικών κριτηρίων που τέθηκαν. Επίσης τα παραγόμενα καύσιμα RDF/SRF με αυτή την περιεκτικότητα σε χλώριο, θεωρούνται επίσης κατάλληλα για βιομηχανική καύση σε μέσες θερμοκρασίες (850 °C). Σε περίπτωση που η περιεκτικότητα σε χλώριο ήταν πιο ψηλή, θα ήταν απαραίτητη η αύξηση της θερμοκρασίας στους 1100 °C, βάσει της Οδηγίας 2000/76/EK της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την αποτέφρωση των αποβλήτων (Garces et al., 2016). Η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα των ΑΣΑ, εμπίπτει στα όρια που τέθηκαν στις ποιοτικές παραμέτρους χρήσης των παραγόμενων καυσίμων RDF/SRF. Η συνιστώσα αυτή αποτελεί σημαντική περιβαλλοντική παράμετρο αξιολόγησης των ΑΣΑ για μετατροπή τους σε δευτερογενή καύσιμα και συγκεκριμένα αναφέρεται ότι σε περιπτώσεις υπέρβασης των ορίων και ειδικά για περιπτώσεις με μέγεθος σωματιδίων <2 mm, αποτρέπεται η χρήση τους (Garces et al., 2016).

Βάσει των πιο πάνω συμπεραίνεται ότι είναι δυνατή η παραγωγή και χρήση στερεών ανακτώμενων καυσίμων RDF/SRF, από τα ΑΣΑ που καταλήγουν στους Χ.Α.Δ.Α. της Κύπρου μέσω της εφαρμογής της κατάλληλης προ-επεξεργασίας των ΑΣΑ πριν την παραγωγή του RDF/SRF ή μέσω εφαρμογής διαδικασίας ξήρανσης αφού παραχθεί το RDF/SRF. Με αυτό τον τρόπο προβλέπεται ότι θα τηρούνται τα ποιοτικά κριτήρια που τέθηκαν για χρήση των ανακτώμενων καυσίμων σε μονάδες παραγωγής ενέργειας (waste to energy) με παραγωγή δευτερογενές καύσιμου το όποια πληροί τα κριτήρια του ευρωπαϊκού προτύπου CEN/TC343, κατατάσσοντας το σε μια από τις κατηγορίες που αναφέρει. Συγκεκριμένα σε σχέση με τα όρια της πενταβάθμιας κλίμακας του προτύπου CEN/TS15359, το RDF/SRF το οποίο προδιαγράφηκε μέσω των ποιοτικών προτύπων που τέθηκαν κωδικοποιείται στην τάξη NCV–Cl–Hg και μπορεί να θεωρηθεί καύσιμο που παράγεται από μη επικίνδυνα απόβλητα για να αξιοποιηθεί σε

ανάκτηση ενέργειας από μονάδες αποτέφρωσης και συν-αποτέφρωσης, όπως ορίζεται από την Επιτροπή Πιστοποίησης CEN.

Τέλος όσον αφορά τα ΑΣΑ που βρίσκονται ήδη στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, δεδομένου ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους δεν αποκλίνουν σημαντικά από τα ΑΣΑ που οδηγούνται εκεί καθώς και των υποδείξεων των διεθνών μελετών που αφορούν την εκσκαφή αποβλήτων από χωματερές οι οποίες αναφέρουν ότι τα εκσκαφέντα απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας (αποτέφρωση) (Hogland et al., 2004), η ανάκτηση ενέργειας με αποτέφρωση των ανασκαφέντων κλασμάτων αποβλήτων από το ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, με επαρκή θερμικό δύναμη φαίνεται να είναι εφικτή και συνάδει με τους στόχους αποκατάστασης ενός χώρου ταφής (Hogland et al., 2004). Συγκεκριμένα, οι διεθνείς μελέτες έχουν δείξει ότι κατά τη διάρκεια εξόρυξης των αποβλήτων από ένα ΧΑΔΑ, μπορεί να σχεδιαστεί μια εξειδικευμένη μονάδα μηχανικής επεξεργασίας η οποία μπορεί να σχεδιαστεί για τη διαχείριση και διαχωρισμό των αποβλήτων, η οποία μπορεί να οδηγήσει στη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών τους (π.χ. περιεκτικότητα σε τέφρα, χημική σύσταση, περιεκτικότητα σε υγρασία) ή του επιπέδου μόλυνσης (Quaghebeur et al., 2013; Kaartinen et al., 2013) για τη δυνατή αξιοποίηση τους σε μονάδες αποτέφρωσης.

Επομένως, εκτιμάται ότι η πιθανή δημιουργία μιας μονάδας waste-to-energy στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη η οποία εκτός από μέτρο αποκατάστασης του ΧΑΔΑ θα αποτελεί μια βιώσιμη παραγωγική μονάδα καυσίμων και ενδεχομένου ενέργειας, είναι δυνατή. Η λειτουργία της μονάδας, σε πρώτη φάση θα βασίζεται στα υφιστάμενα αποθέματα αποβλήτων που βρίσκονται στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη όσο και με τα εισερχόμενα ρεύματα αποβλήτων. Όταν τα αποθέματα εξαντληθούν, τότε θα αρχίσει η δεύτερη φάση λειτουργίας που θα αφορά μόνο την επεξεργασία των εισερχόμενων ΑΣΑ από την επαρχία Λευκωσίας. Η διαφορά στην ποσότητα και στην ποιοτική σύσταση των δύο ρευμάτων αποβλήτων είναι δεδομένη, καθώς και το γεγονός ότι στην πρώτη περίπτωση των υφιστάμενων αποβλήτων οι ποσότητες και η ποιότητα αυτών είναι άγνωστη και έχουν χρησιμοποιηθεί βιβλιογραφικά δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία ως παραδείγματα για σκοπούς υπολογισμών. Εντούτοις όσον αφορά το λειτουργικό κομμάτι, τα

υφιστάμενα απόβλητα δεν μπορούν να διαχωριστούν ή να ανακυκλωθούν, επομένως θα οδηγηθούν κατευθείαν σε θερμική επεξεργασία για σκοπούς παραγωγής ενέργειας. Η διαφορά των αποβλήτων μεταξύ του πρώτου ρεύματος που αποτελείται από τα υφιστάμενα και του δεύτερου ρεύματος είναι ότι το δεύτερο ρεύμα περιέχει μικρότερες ποσότητες από μέταλλο, πλαστικό, γυαλί και χαρτί (ανακυκλώσιμα υλικά) λόγω της εκτροπής τους από το ρεύμα μέσω του συστήματος ΔσΠ. Επιπλέον η απόρριψη χημικών, τοξικών και βιολογικών απόβλητων έχει απαγορευτεί, γεγονός που χαρακτηρίζει το νέο ρεύμα πιο ασφαλές όσον αφορά τη διαδικασία καύσης σε σχέση με το υφιστάμενο απόθεμα στο ΧΑΔΑ, το οποίο οδηγεί σε λιγότερα μέτρα απορρύπανσης των εκροών από τη μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης.

3.6.1 Επιλογή τεχνολογίας επεξεργασίας

3.6.1.1 Εισαγωγή

Η παρούσα υποενοότητα, αποσκοπεί στην επιλογή της βέλτιστης δυνατής τεχνολογίας, ανάμεσα στις διαθέσιμες, για την παραγωγή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF από τα ΑΣΑ στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη, στην επαρχία Λευκωσίας, με τα ποιοτικά κριτήρια που καθορίστηκαν σε προηγούμενη Ενότητα. Επιπρόσθετα από τον πρωταρχικό στόχο για την επιλογή τεχνολογίας επεξεργασίας των ΑΣΑ, καθορίζονται επίσης επιμέρους στόχοι, οι οποίοι αποτελούν συνδυασμό των ερευνητικών στόχων της παρούσας μελέτης, καθώς επίσης εμπίπτουν στις νομοθετικές απαιτήσεις της Ε.Ε. και της κυπριακής δημοκρατίας, όσον αφορά τις εφαρμοσμένες πολιτικές και στρατηγικές στους τομείς διαχείρισης αποβλήτων, περιβάλλοντος και ενέργειας, ως ακολούθως

Περιβαλλοντικοί στόχοι:

- Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικής ρύπανσης (επιπτώσεις στον αέρα, στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, στο έδαφος και στα ύδατα) από τη διαχείριση των αποβλήτων.
- Βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων
- Ανάκτηση σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων.
- Ανάκτηση ανακυκλώσιμων και μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης υλικών.

- Μηχανική προ-επεξεργασία υπολειμμάτων επεξεργασίας, πριν την τελική διάθεση σε χώρους ταφής.
- Μείωση ποσότητας ΑΣΑ που καταλήγουν σε χώρους τελικής διάθεσης.

Οικονομικοί στόχοι:

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατάλληλης για χρήση σε εθνικό επίπεδο.
- Οικονομική βιωσιμότητα μονάδας επεξεργασίας (κόστη επένδυσης, λειτουργικά κόστη κ.ο.κ.)
- Ανάκτηση υλικών προς πώληση.

Κοινωνικοί στόχοι:

- Ελαχιστοποίηση κοινωνικών επιπτώσεων (στην ανθρώπινη υγεία) από τη διαχείριση των αποβλήτων.
- Αποδοχή επιλεγμένης τεχνολογίας επεξεργασίας από το κοινωνικό σύνολο.
- Δημιουργία θέσεων εργασίας.

Τεχνικοί στόχοι:

- Χρήση αξιόπιστης τεχνολογίας με τις λιγότερες δυνατές φθορές συστημάτων
- Διασφάλιση ποιότητας τελικού προϊόντος για σκοπούς εμπορευσιμότητας
- Χρήση ενέργειας

3.6.1.2 Μέθοδος επιλογής – SWOT Analysis

Ανάμεσα στις διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας ΑΣΑ οι οποίες αναλύθηκαν σε προηγούμενο Κεφάλαιο και εμπίπτουν στις κατηγορίες της μηχανικής, βιολογικής και θερμικής επεξεργασίας, θα γίνει επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών επεξεργασίας για επίτευξη των στόχων που τέθηκαν, μέσω της ανάλυσης SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities – Threats, Αδυναμίες, Δυνατότητες, Ευκαιρίες, Απειλές). Η ανάλυση SWOT, αποτελεί βασικό εργαλείο για την υλοποίηση ενός σχεδιασμού και αφορά την ανάλυση που λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό περιβάλλον του αντικειμένου που εξετάζεται, στην προκειμένη περίπτωση της τεχνολογίας επεξεργασίας ΑΣΑ, με τη διάγνωση των δυνατοτήτων και αδυναμιών αυτής, ενώ στο άμεσο

εξωτερικό περιβάλλον εντοπίζονται οι ευκαιρίες και οι απειλές που αντιμετωπίζει (Ζορπάς, 2015). Ειδικότερα η ανάλυση SWOT στοχεύει, στη μείωση της αβεβαιότητας σε σχέση με την εφαρμογή μιας συγκεκριμένης επιλεγμένης τεχνολογίας, στον εντοπισμό των κυρίαρχων και κρίσιμων προσδιοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν την επιτυχία μιας συγκεκριμένης επιλογής και στην τεκμηριωμένη υποστήριξη ενός ολοκληρωμένου συνδυασμού τεχνολογιών επεξεργασίας βάσει του ενδογενούς δυναμικού και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εξωτερικού περιβάλλοντος του πεδίου εφαρμογής της.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εκπόνηση μιας ανάλυσης SWOT, είναι ο εντοπισμός των «εσωτερικών» (Δυνατότητες - Αδυναμίες) και «εξωτερικών» (Ευκαιρίες - Απειλές) θεμάτων που αντιμετωπίζει η κάθε διαθέσιμη τεχνολογία, ως προς τους στόχους που τέθηκαν για την απόφαση επιλογής της κατάλληλης τεχνολογίας επεξεργασίας των ΑΣΑ. Μόλις αυτό ολοκληρωθεί, η ανάλυση SWOT καθορίζει εάν οι πληροφορίες υποδεικνύουν κάτι συγκεκριμένο, το οποίο θα βοηθήσει στην επίτευξη των στόχων που τέθηκαν (ένα πλεονέκτημα ή μια ευκαιρία) ή εάν υποδηλώνουν ένα εμπόδιο (μειονέκτημα ή απειλή) το οποίο πρέπει να ξεπεραστεί ή να προσδιοριστεί στο ελάχιστο για να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα (Ζορπάς, 2015).

3.6.1.2.1 Μηχανική Επεξεργασία

Για την τροποποίηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΑΣΑ η οποία απαιτείται για την επίτευξη των ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής δευτερογενών καυσίμων που τέθηκαν (μείωση περιεχόμενης υγρασίας και αύξηση θερμογόνου δύναμης), η μηχανική επεξεργασία κρίνεται απαραίτητη. Ακολούθως μέσω του συνδυασμού με τη βιολογική επεξεργασία θα γίνει προετοιμασία των ΑΣΑ για περαιτέρω επεξεργασία με σκοπό την παραγωγή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF τα οποία θα οδηγηθούν σε μονάδες θερμικής επεξεργασίας για παραγωγή ενέργειας. Η επιλογή της μεθόδου της μηχανικής-βιολογικής επεξεργασίας (ΜΒΕ) αποτελεί μια ολοένα και δημοφιλέστερη επιλογή για την παραγωγή RDF/SRF για χρήση στη βιομηχανία (Garces, et al., 2016) καθώς και μια από τις λιγότερο δαπανηρές και καθιερωμένες τεχνολογίες παραγωγής RDF/SRF από ΑΣΑ (European Commission, 2003) με ταυτόχρονη ανάκτηση

ανακυκλώσιμων υλικών, όπως το γυαλί, τα μέταλλα, τα καύσιμα κλάσματα των στερεών αποβλήτων (Garces, et al., 2016), επιτυγχάνοντας μέρος των στόχων που έχουν τεθεί, όσον αφορά την επιλογή τεχνολογίας επεξεργασίας.

Τεχνολογίες διαχωρισμού και έλεγχου

Η εφαρμογή της μεθόδου διαχωρισμού και ελέγχου, αποτελεί βασικό στοιχείο μιας μονάδας ΜΒΕ, καθώς χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ρευμάτων εισροών, σε υπό-ρεύματα εξόδου με τα επιθυμητά προδιαγραφόμενα χαρακτηριστικά (Velis, et al., 2011). Μέσα από τη διαδικασία διαχωρισμού μπορεί να επιτευχθεί: διαχωρισμός των διάφορων κλασμάτων των ΑΣΑ βάσει μεγέθους, συγκέντρωση ορισμένων υλικών, διαχωρισμός κλασμάτων με καθορισμένες ιδιότητες (π.χ. οργανικό κλάσμα ΑΣΑ, κλάσμα υψηλής θερμογόνου αξίας) και απομάκρυνση ανεπιθύμητων σωματιδίων (Velis, et al., 2011). Παρόλα αυτά δεν παύει να είναι μια διαδικασία, οι αρχές λειτουργίας της οποίας εξαρτώνται από τις φυσικές ιδιότητες των ΑΣΑ, επομένως η επιλογή των επιμέρους διαδικασιών επεξεργασίας, εναπόκειται στις απαιτούμενες τροποποιήσεις στα χαρακτηριστικά των ΑΣΑ καθώς και στο επιθυμητό τελικό προϊόν. Για το λόγο αυτό, ο Πίνακας 3.39 χρησιμοποιείται για την επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας επεξεργασίας.

Πίνακας 3.39: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας - διαχωρισμού και ελέγχου ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ	ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΑΠΕΙΛΕΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ - ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	Χειροδιαλογή	- Διαχωρισμός ΑΣΑ από πλαστικά, προσμίξεις, υπερμεγέθη και ξένα σώματα	- Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας - Ηθικά θέματα	- Ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών (κυρίως πλαστικό και γυαλί)	
	Κοσκίνισμα	- Ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία, αποτελεσματική και αξιόπιστη. - Διαχωρισμός ΑΣΑ βάσει μεγέθους και πυκνότητας - Χρήση για σύμμεκτα ΑΣΑ. - Διαχωρισμός ΑΣΑ μεγάλης περιεκτικότητας σε υγρασία - Δυνατότητα αποκλεισμού μικρών σωματιδίων μόλυνσης (π.χ. <10mm)	- Καθαρισμός κοσκίνων - Πρόκληση έμφραξης οπών κοσκινού	- Δυνατότητα αύξησης θερμογόνου δύναμης τελικού προϊόντος - Μείωση της περιεκτικότητας σε τέφρα - Μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία - απομάκρυνση υλικών με περίσσια υγρασία	
	Αεροδιαχωρισμός (Air classification)	- Διαχωρισμός ΑΣΑ βάσει βάρους, ειδικής πυκνότητας, μεγέθους σωματιδίων και σχήματος - Διαχωρισμός ελαφρών υλικών υψηλής θερμογόνου δύναμης από βαρέα	- Καθαρισμός αέρα - Μη δυνατή ενσωμάτωση υγρών συστατικών εντός του δευτερογενούς καυσίμου, το οποίο προκαλεί υψηλό εμπλουτισμό σε κάδμιο	- Ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών - Δυνατότητα εμπλουτισμού των ΑΣΑ που χαρακτηρίζονται από χαμηλή θερμογόνο δύναμη	- Η δυνατότητα αύξησης της θερμογόνου δύναμης, δυνατό να συνοδεύεται από υψηλή περιεκτικότητα σε χλώριο.
	Βαλλιστικός Διαχωρισμός	- Διαχωρισμός βάσει πυκνότητας (ελαφρά-βαρέα-λεπτόκοκκα) - Χρήση για σύμμεκτα ΑΣΑ - Απομάκρυνση κλάσματος μετάλλων και μολυσματικών μεταλλικών στοιχείων - Βελτίωση βιολογικού κλάσματος που οδηγείται προς ταφή - Αραίωση ρυπογόνων ουσιών	- Οι διεργασίες του μπορούν να εκτελεστούν εναλλακτικά από τις διεργασίες του κοσκινίσματος και του αεροδιαχωρισμού	- Διαχωρισμός υλικών υψηλής θερμογόνου δύναμης για αύξηση της θερμογόνου δύναμης του παραγόμενου καυσίμου RDF/SRF. - Διαχωρισμός υλικών για παραγωγή RDF. - Ανάκτηση ανακυκλώσιμων	
	Διαχωρισμός σε ηλεκτρο-μαγνητικό πεδίο	- Διαχωρισμός σιδηρούχων και μη-σιδηρούχων υλικών	- Χρήση μόνο για ορισμένα ΑΣΑ - Δυσκολία εφαρμογής σε σύμμεκτα ΑΣΑ	- Δυνατότητα ανάκτησης ανακυκλώσιμων (σιδηρούχα). - Αφαίρεση μολυσματικών στοιχείων από το τελικό προϊόν	
	Διαχωρισμός βάσει συστημάτων ανίχνευσης και ταξινόμησης	- Διαχωρισμός βάσει χημικής σύστασης - Διαχωρισμός οργανικής και ανόργανης ύλης άκρως χημικά μολυσμένης ύλης - Απομάκρυνση πλαστικού για αύξηση οργανικού περιεχομένου	- Δεν ανιχνεύονται τα χλωριούχα άλατα που υπάρχουν σε διάφορα οργανικά απόβλητα.		

Τεχνολογίες μείωσης μεγέθους (κατατεμαχισμός, θρυμματισμός και άλεσμα)

Η μείωση του μεγέθους των ΑΣΑ πέρα από την ελάττωση του μεγέθους οδηγούν και σε αποκατάσταση της ομοιομορφίας των ΑΣΑ και διαχωρίζονται σε «τραχύ» θρυμματισμό, σύνθλιψη και λεπτή κονιορτοποίηση (<1mm). Η τεχνολογία που θα επιλεγεί εξαρτάται από την επιθυμητή χρήση του τελικού προϊόντος, όπου συνήθως σε μονάδες παραγωγής δευτερογενών καυσίμων και ειδικά SRF χρησιμοποιείται συνήθως η μέθοδος του τραχέως θρυμματισμού (ERFO, 2004). Για το σκοπό αυτό στον Πίνακα 3.40 πραγματοποιείται ανάλυση SWOT η οποία θα οδηγήσει στην επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας επεξεργασίας, για σκοπούς επίτευξης των επιμέρους στόχων της μηχανικής επεξεργασίας των ΑΣΑ.

3.6.1.2.2 Βιολογική Επεξεργασία

Για την παραγωγή δευτερογενών καυσίμων από ΑΣΑ, απαιτούμενη είναι η βιολογική επεξεργασία αυτών μετά τη μηχανική επεξεργασία, της οποίας οι μέθοδοι βασίζονται στην ελεγχόμενη ανάπτυξη και δράση μικροοργανισμών. Διακρίνεται σε αερόβια (κομποστοποίηση ή βιολογική ξήρανση) και αναερόβια επεξεργασία. Η κομποστοποίηση οδηγεί στην παραγωγή ενός σταθεροποιημένου υλικού (κόμποστ υψηλής ποιότητας ή υλικό τύπου κόμποστ), η βιολογική ξήρανση στην παραγωγή δευτερογενούς καύσιμου εμπλουτισμένου σε βιοαποδομήσιμα υλικά και υψηλής θερμογόνου δύναμης, ενώ η αναερόβια χώνευση στην παραγωγή ενέργειας (βιοαέριο) και ενός σχετικά σταθεροποιημένου, υδαρούς υπολείμματος (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ). Για σκοπούς παραγωγής δευτερογενούς καύσιμου RDF/SRF η επιλογή της μεθόδου της βιολογικής ξήρανσης αποτελεί μονόδρομο, εντούτοις στον Πίνακα 3.41 πραγματοποιείται ανάλυση SWOT για όλες τις διαθέσιμες τεχνολογίες βιολογικής επεξεργασίας με σκοπό την ανάλυση των επιμέρους δυνατοτήτων, αδυναμιών, ευκαιριών, απειλών για σκοπούς επιλογής της βέλτιστης τεχνολογίας.

Πίνακας 3.40: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας - τεμαχισμός ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ	ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΑΠΕΙΛΕΣ
ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ	Σφυρόμυλοι (hammer mill)	<ul style="list-style-type: none"> - Θρυμματισμός εύθραυστων και άκαμπτων υλικών με σχετικά λεπτά τοιχώματα (π.χ. ηλεκτρικές συσκευές). - Μπορεί να επεξεργαστεί πολύ χαμηλής πυκνότητας υλικά. - Σημαντική μείωση μεγέθους 	<ul style="list-style-type: none"> - Φθορά των σφυρών - Κονιορτοποίηση γυαλιού/αδρανών - Ακατάλληλο για δοχεία υπό πίεση 	<ul style="list-style-type: none"> - Χωρίς επιβάρυνση στα ποιοτικά στοιχεία των ΑΣΑ (π.χ. υγρασία) 	<ul style="list-style-type: none"> - Μη δυνατότητα ανάκτησης γυαλιού (κονιορτοποίηση). - Μείωση θερμογόνου δύναμης με αδρανή υλικά (γυαλί)
	Περιστροφικοί κόπτες (shredder)	<ul style="list-style-type: none"> - Σημαντική μείωση μεγέθους Τεμαχισμός σύμμεικτων ΑΣΑ και κυρίως ελαστικά, σακούλες απορριμμάτων και ογκώδη απόβλητα, σε μέγεθος 25-250mm - Παραγωγή RDF/SRF με πιο ομοιόμορφο μέγεθος και χαμηλότερο επίπεδο μόλυνσης σε σχέση με άλλες τεχνολογίες τεμαχισμού - Δυνατότητα προσαρμογής κόπτων - Διάτμηση περισσότερων υλικών 	<ul style="list-style-type: none"> - Οι κόπτες καταστρέφονται από μεγάλα σκληρά αντικείμενα - Ακατάλληλο για δοχεία υπό πίεση 	<ul style="list-style-type: none"> - Χωρίς επιβάρυνση στα ποιοτικά στοιχεία των ΑΣΑ (π.χ. υγρασία). - Μικρή τροποποίηση των ανακυκλώσιμων υλικών 	
	Περιστρεφόμενα τύμπανα ή θραυστήρες κυλίνδρου (Rotating Drum)	<ul style="list-style-type: none"> - Σε μονάδες παραγωγής RDF/SRF χρησιμοποιούνται για υλικά όπως πλαστικά, δέρμα, ελαστικά κ.α. - Ανάδευση και ομογενοποίηση αποβλήτων 	<ul style="list-style-type: none"> - Ευαισθησία σε φθορές από διάφορα υλικά (π.χ. σιδηρούχα). - Ήπια δράση – τεμαχισμός. - Πιθανό πρόβλημα για ΑΣΑ με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία. 		
	Σφαιρόμυλοι (Ball mill)	<ul style="list-style-type: none"> - Χρήση κυρίως σε ετερογενή και οικιακά ΑΣΑ με τραχύ (35-80mm) και λεπτό τεμαχισμό (<35mm) 	<ul style="list-style-type: none"> - Φθορά των σφαιρών - Κονιορτοποίηση γυαλιού/αδρανών 		<ul style="list-style-type: none"> - Μη δυνατότητα ανάκτησης γυαλιού (κονιορτοποίηση). - Μείωση θερμογόνου δύναμης με αδρανή υλικά (γυαλί)
	Περιστρεφόμενα τύμπανα υγρής φάσης με κόπτες (Wet rotating drums with knives)	<ul style="list-style-type: none"> - Τα ΑΣΑ βρέχονται σχηματίζοντας υγρούς σωρούς οι οποίοι σπάνε από τους κόπτες. 	<ul style="list-style-type: none"> - Μικρή μείωση μεγέθους - Οι κόπτες καταστρέφονται από μεγάλα σκληρά αντικείμενα 		<ul style="list-style-type: none"> - Επιβάρυνση με επιπρόσθετη υγρασία
	Θραυστήρες πλαστικών σακών (Bag splitter)	<ul style="list-style-type: none"> - Ήπιος τεμαχισμός με χρήση κυρίως για διαχωρισμό των πλαστικών σακούλων από τα ΑΣΑ κρατώντας τα απόβλητα ανέπαφα. 	<ul style="list-style-type: none"> - Το μέγεθος των αποβλήτων δεν μειώνεται. - Οι θραυστήρες καταστρέφονται από μεγάλα σκληρά αντικείμενα. 	<ul style="list-style-type: none"> - Χρήση κυρίως για την απομάκρυνση σακούλων συσκευασίας ΑΣΑ 	

Πίνακας 3.41: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες βιολογικής επεξεργασίας ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ	ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΑΠΕΙΛΕΣ
Αερόβια (κομποστ.)	Κλειστά συστήματα	- Ταχύτερη βιοχημική σταθεροποίηση οργανικού υλικού - Καλύτερη ποιότητα υλικού	- Κόστος αρχικής επένδυσης και λειτουργίας - Νομοθετικές απαιτήσεις	- Απαγωγή και επεξεργασία του αέρα και των οσμών	- Ρύπανση εδάφους από κόμποστ
	Ανοικτά συστήματα	- Χαμηλό κόστος επένδυσης - Απαιτήση μικρότερου χώρου - Ελάχιστος έλεγχος διαδικασίας	- Δημιουργία αέριων καυσαερίων, οσμών και βακτηριακά βεβαρημένης σκόνης στον αέρα		- Ρύπανση των υδάτων από στραγγίσματα - Ρύπανση εδάφους από κόμποστ - Διάδοση παθογόνων οργανισμών
Αναερόβια		- Επεξεργασία ρευστών κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων, της απομένουσας ύλης από σταθμούς βιολογικού καθαρισμού και βιοαποδομήσιμου κλάσματος ΑΣΑ. - Αφθονία πρώτων υλών - Μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας	- Μερικές ζωοτροφές διαθέτουν χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο - Η απόδοση της μπορεί να είναι μεταβλητή - Η απόδοση της επηρεάζεται από τη σύνθεση της πρώτης ύλης και άλλους εξωτερικούς παράγοντες - Εκπομπές από την καύση βιοαερίου - Απαιτείται προ-επεξεργασία αποβλήτων	- Διεθνώς θεωρείται ως βέλτιστη διαθέσιμη τεχνολογία επεξεργασίας αποβλήτων για τη διαχείριση των απορριμμάτων επεξεργασίας τροφίμων - Μπορεί να λάβει μέρος σε μικρής και μεγάλης κλίμακας μονάδες - Το στερεό υπόλειμμα της διαδικασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφικό υλικό υψηλής αξίας. - Απουσία οχλήσεων	- Δυσκολία διάθεσης και επεξεργασίας προϊόντος κομποστοποίησης
Βιολογική ξήρανση	Εντός ενιαίας δεξαμενής	- Παραγωγή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF - Μείωση περιεχόμενης υγρασίας			
	Σε καλυμμένους σφρούς	- Μείωση όγκου απορριμμάτων - Αύξηση θερμογόνου δύναμης - Επιτάχυνση βιολογικών διεργασιών (εντός διαμερισμάτων) - Απουσία οσμών (εντός διαμερισμάτων)	- Εφαρμόζεται κυρίως σε μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις		
	Εντός διαμερισμάτω ν (boxes)			- Επιτάχυνση βιολογικών διεργασιών - Απουσία οχλήσεων/οσμών	

3.6.1.2.3 Θερμική Επεξεργασία

Οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας ΑΣΑ αποτελούν σύγχρονες μεθόδους επεξεργασίας αποβλήτων, των οποίων κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη τους υπήρξαν τα μεγάλα ποσά εσωτερικής ενέργειας που περικλείουν τα απορρίμματα τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρική ενέργεια, ατμό, ζεστό νερό ή σε συνδυασμό όλων αυτών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β). Οι πλέον βασικές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας διακρίνονται στις μεθόδους της αποτέφρωσης (πλήρης καύση), πυρόλυσης, αεριοποίησης και τεχνολογίας πλάσματος, των οποίων οι δυνατότητες, αδυναμίες, ευκαιρίες και απειλές αναλύονται στον Πίνακα 3.42. Σημειώνεται επίσης ότι οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας ΑΣΑ στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση του τελικού όγκου προς διάθεση και στην πλήρη αδρανοποίηση όλων των καύσιμων συστατικών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β).

Πίνακας 3.42: SWOT ANALYSIS για τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (DEFRA, 2013; DEFRA, 2005; ERFO, 2004; Velis, et al., 2011; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β; Thome-Kozmiensky and Thiel, 2012)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ		ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ	ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΑΠΕΙΛΕΣ
Αποτέφρωση	Κινούμενες εσχάρες	<ul style="list-style-type: none"> - Ώριμη και αξιόπιστη τεχνολογία - Ευρέως εφαρμοσμένη μέθοδος - Επεξεργασία ανομοιογενών καυσίμων. - Χαμηλό κόστος συντήρησης - Μικρότερο κόστος επένδυσης σε σχέση με άλλες τεχνολογίες. - Δεν απαιτεί προ-επεξεργασία καυσίμων - Μείωση του όγκου των αποβλήτων. - Απαιτούμενη κατώτερη θερμογόνος δύναμη 5-16,5MJ/kg (εσχάρα αεροψύκτη) και 10-20MJ/kg (εσχάρα υδροψύκτη). - Δυνατότητα μεγαλύτερου ελέγχου της καύσης - Δυναμικότητα ανά γραμμή λειτουργίας 1-50tn/h (συνήθως 5-30tn/h) - Μικρότερη ποσότητα απαερίων σε σχέση με τον περιστρεφόμενο κλίβανο 	<ul style="list-style-type: none"> - Ακατάλληλη για υλικά σε μορφή πούδρας, υγρά ή υλικά που λιώνουν στις σχάρες. - Κίνδυνοι διαρροών που καταστρέφουν τις σχάρες. - Πολυπλοκότητα τεχνολογίας εσχάρας υδροψύκτη. - Απαιτούνται εξελιγμένες και δαπανηρές τεχνολογίες καθαρισμού και παρακολούθησης των αερίων καύσης. - Παράγεται μικρός όγκος ιπτάμενης τέφρας που πρέπει να διαχειριστεί ως επικίνδυνο απόβλητο - Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατή μόνο μέσω της παραγωγής ατμού, με τελική απόδοση 15-30% - Χαμηλότερη απόδοση ενέργειας σε σχέση με τον περιστρεφόμενο κλίβανο για μονάδες ίδιας δυναμικής. 	<ul style="list-style-type: none"> - Εκτροπή βιοδιασπώμενων υλικών από την υγειονομική ταφή με σχετική μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου - Ευκαιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας - Η τέφρα αποτέφρωσης μπορεί να εκτραπεί από υγειονομική ταφή με χρήση ως υποκατάστατο αδρανές υλικό. - Υψηλότερος βαθμός ασφάλειας ως προς την εφαρμογή της διαδικασίας. 	<ul style="list-style-type: none"> - Κακή δημόσια εικόνα με επιπτώσεις στην πολιτική και κοινωνική αποδοχή της μεθόδου. - Έναντι των άλλων τεχνικών waste to energy, οι οποίες μπορούν να λάβουν πιστοποιητικά ανανεώσιμης ενέργειας, δημιουργούν ένα ανταγωνιστικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αποτέφρωσης - Πιθανή συμβολή στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου
	Περιστρεφόμενος κλίβανος	<ul style="list-style-type: none"> - Ευρέως εφαρμοσμένη μέθοδος - Επεξεργασία ανομοιογενών καυσίμων. - Δεν απαιτεί προ-επεξεργασία καυσίμων - Μείωση του όγκου των αποβλήτων. - Επεξεργασία υγρών και ίλυσ. Εφαρμόζεται συχνά και σε επικίνδυνα απόβλητα. - Δυνατότητα καλού ελέγχου της καύσης. - Δυναμικότητα ανά γραμμή λειτουργίας <10tn/h - Δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και τέφρα 	<ul style="list-style-type: none"> - Λιγότερες δυνατότητες εφαρμογής από τα συστήματα σχάρας. - Περιορισμοί στην τροφοδοσία στερεών λόγω πιθανής βλάβης στα πυρίμαχα υλικά του κλίβανου. - Απαιτηση εξελιγμένων/δαπανηρών τεχνολογιών καθαρισμού και παρακολούθησης αερίων καύσης. - Παραγωγή περισσότερων ποσοτήτων απαερίων σε σχέση με άλλες μεθόδους αποτέφρωσης - Παράγωγή ιπτάμενης τέφρας (επικίνδυνο απόβλητο) - Δυνατή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μόνο μέσω παραγωγής ατμού, με τελική απόδοση 15-30% 	<ul style="list-style-type: none"> - Εκτροπή βιοδιασπώμενων υλικών από την υγειονομική ταφή με σχετική μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου - Ευκαιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας - Η τέφρα αποτέφρωσης μπορεί να εκτραπεί από υγειονομική ταφή με χρήση ως υποκατάστατο αδρανές υλικό. 	<ul style="list-style-type: none"> - Κακή δημόσια εικόνα με επιπτώσεις στην πολιτική και κοινωνική αποδοχή της μεθόδου. - Έναντι των άλλων τεχνικών waste-to-energy, οι οποίες μπορούν να λάβουν πιστοποιητικά ανανεώσιμης ενέργειας, δημιουργούν ένα ανταγωνιστικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αποτέφρωσης - Πιθανή συμβολή στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου

	Ρευστοποιημένη κλίνη	<ul style="list-style-type: none"> - Μείωση του όγκου των αποβλήτων. - Θερμογόνος δύναμη 7-18MJ/kg. (Δυναμικότητα <22t/h). - Συχνή εφαρμογή σε ιλύες και δευτερογενή καύσιμα - Επιτυγχάνεται καλή ανάμιξη, καλή καύση καθώς και μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη όσον αφορά την ιπτάμενη τέφρα με καλή συμπεριφορά σε τέστ εκπλυσίματος. - Δυναμικότητα ανά γραμμή λειτουργίας 1-10tn/h - Μικρότερη ποσότητα απαερίων σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους αποτέφρωσης 	<ul style="list-style-type: none"> - Απαιτείται προ-επεξεργασία καυσίμων - τεμαχισμός υλικών. - Πιο συχνή εφαρμογή για ίλυ και απορριμματογενή καύσιμα. - Κίνδυνος για δημιουργία συσσωμάτων. - Απαιτούνται εξελιγμένες και δαπανηρές τεχνολογίες καθαρισμού των αερίων καύσης. - Παράγεται μεγαλύτερος όγκος ιπτάμενης τέφρας (επικίνδυνο απόβλητο), σε σχέση με τα συστήματα σάφρας. - Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατή μόνο μέσω της παραγωγής ατμού, με τελική απόδοση 15-30% 	<ul style="list-style-type: none"> - Εκτροπή βιοδιασπώμενων υλικών από την υγειονομική ταφή με σχετική μείωση παραγωγής αερίων θερμοκηπίου - Ευκαιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας - Η τέφρα αποτέφρωσης μπορεί να εκτραπεί από υγειονομική ταφή με χρήση ως υποκατάστατο αδρανές υλικό. 	<ul style="list-style-type: none"> - Κακή δημόσια εικόνα με επιπτώσεις στην πολιτική και κοινωνική αποδοχή της μεθόδου. - Έναντι των άλλων τεχνικών waste-to-energy, οι οποίες μπορούν να λάβουν πιστοποιητικά ανανεώσιμης ενέργειας, δημιουργούν ένα ανταγωνιστικό μειονέκτημα της τεχνολογίας αποτέφρωσης - Πιθανή συμβολή στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου
	Πυρόλυση	<ul style="list-style-type: none"> - Επεξεργασία επεξεργασμένων ΑΣΑ (δευτερογενή καύσιμα) - Λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με την αποτέφρωση - Δυνατότητα ανάκτησης της υλικής αξίας του οργανικού κλάσματος - Δυνατότητα αύξησης της παραγωγής ρεύματος με χρήση κινητήρων αερίου ή αεριοστροβίλων - Μείωση του όγκου καυσαερίων μετά την καύση. 	<ul style="list-style-type: none"> - Δεν ενδείκνυται για επεξεργασία σύμμεικτων ΑΣΑ - Μειωμένη ενεργειακή απόδοση. - Μη διαδεδομένη στην Ευρώπη. Δυσκολία οικονομικής βιωσιμότητας (αρκετά πιο ακριβή από την αποτέφρωση) 	<ul style="list-style-type: none"> - Η μείωση του όγκου καυσαερίων μετά την καύση, μπορεί να μειώσει το πάγιο κόστος επένδυσης για τη μονάδα επεξεργασίας απαερίων - Δυνατότητα χρήσης παραγόμενης πίσσας, έπειτα από επεξεργασία 	
	Αεριοποίηση	<ul style="list-style-type: none"> - Ευκολότερος σχεδιασμός μονάδας σε σχέση με την αποτέφρωση 	<ul style="list-style-type: none"> - Μη διαδεδομένη στην Ευρώπη. - Μεγάλο κόστος διαχείρισης μονάδας σε σχέση με την αποτέφρωση 		
	Τεχνολογία Πλάσματος	<ul style="list-style-type: none"> - Υψηλή κινητικότητα ιόντων και ηλεκτρονίων πλάσματος - Μικρότερου μεγέθους μονάδες επεξεργασίας 	<ul style="list-style-type: none"> - Δεν υπάρχει εφαρμογή της τεχνολογίας στην Ευρώπη λόγω πολυπλοκότητας της σύστασης των ΑΣΑ 		

3.6.1.2.4 Επιλογή τεχνολογίας

Στόχος της διαδικασίας μέσω της ανάλυσης SWOT που πραγματοποιήθηκε, είναι η εξεύρεση της βέλτιστης τεχνολογίας επεξεργασίας των ΑΣΑ του ΧΑΔΑ στην τοποθεσία Κοτσιάτη, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτούμενες τροποποιήσεις ως προς τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά για την επίτευξη των ποιοτικών κριτηρίων που τέθηκαν καθώς και των επιμέρους στόχων. Η επιλογή των τεχνολογιών είναι αποτέλεσμα της ανάλυσης SWOT που προηγήθηκε, κατά την οποία προσδιορίστηκαν οι δυνατότητες, οι αδυναμίες, οι ευκαιρίες και οι απειλές της κάθε τεχνολογίας. Μέσω αυτής υπήρξε δυνατός ο προσδιορισμός της δυνατότητας επίτευξης ή όχι των ζητούμενων τελικών προϊόντων RDF/SRF με τα ποιοτικά κριτήρια που καθορίστηκαν. Στους Πίνακες 3.43, 3.44 και 3.45, γίνεται ανάλυση των λόγων επιλογής ή απόρριψης της κάθε τεχνολογίας. Ως εκ τούτου επιλέγονται οι ακόλουθες τεχνολογίες επεξεργασίας:

- Μηχανική Επεξεργασία
 - Τεμαχισμός: Περιτροφικοί κόπτες (shredder)
 - Διαχωρισμός και έλεγχος: χειροδιαλογή, κοσκίνισμα, αεροδιαχωρισμός, βαλλιστικός διαχωρισμός, διαχωρισμός σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, διαχωρισμός βάσει συστημάτων ανίχνευσης και ταξινόμησης
- Βιολογική Επεξεργασία
 - Βιολογική ξήρανση εντός ενιαίας δεξαμενής
- Θερμική Επεξεργασία
 - Αποτέφρωση με κινούμενες εσχάρες.

Πίνακας 3.43: Επιλεγμένες τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας

Τεχνολογία	Επιλογή	Απόρριψη
Σφυρόμυλοι (hammer mill)		X Μείωση θερμογόνου δύναμης με αδρανή υλικά (γυαλί).
Περιστροφικοί κόπτες (shredder)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Επίτευξη επιθυμητής διάτμησης - Τραχύς τεμαχισμός ✓ Παραγωγή RDF/SRF με πιο ομοιόμορφο μέγεθος και χαμηλότερο επίπεδο μόλυνσης ✓ Χωρίς επιβάρυνση στα ποιοτικά στοιχεία 	
Περιστρεφόμενα τύμπανα (Rotating Drum)		X Πιθανό πρόβλημα για ΑΣΑ με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία
Σφαιρόμυλοι (Ball mill)		X Μείωση θερμογόνου δύναμης με αδρανή υλικά (γυαλί)
Περιστρεφόμενα τύμπανα υγρής φάσης		X Αύξηση περιεχόμενης υγρασίας ΑΣΑ
Θραυστήρες πλαστικών σάκων (Bag splitter)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Απομάκρυνση σακούλων συσκευασίας 	
Χειροδιαλογή	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αύξηση θερμογόνου δύναμης – εκτροπή αδρανών (γυαλιού) 	
Κοσκίνισμα	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αύξηση θερμογόνου δύναμης – απομάκρυνση μικρών σωματιδίων/ αδρανή υλικά /μη καύσιμα ✓ Μείωση της περιεκτικότητας σε τέφρα - αύξηση θερμογόνου δύναμης ✓ Μείωση περιεκτικότητας σε υγρασία και αύξηση θερμογόνου δύναμης 	
Αεροδιαχωρισμός (Air classification)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αύξηση θερμογόνου δύναμης – διαχωρισμός υλικών υψηλής θερμογόνου δύναμης 	
Βαλλιστικός Διαχωρισμός	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αύξηση θερμογόνου δύναμης – διαχωρισμός υλικών υψηλής θερμογόνου δύναμης ✓ Διαχωρισμός υλικών για παραγωγή RDF 	
Διαχωρισμός σε ηλεκτρο-μαγνητικό πεδίο	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αφαίρεση μολυσματικών στοιχείων από τελικό προϊόν 	
Διαχωρισμός βάσει συστημάτων ανίχνευσης και ταξινόμησης	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αφαίρεση μολυσματικών στοιχείων από τελικό προϊόν. ✓ Αύξηση θερμογόνου δύναμης με αύξηση οργανικού περιεχομένου 	

Από τις επιλεγμένες τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας, εξαιρούνται αυτές οι οποίες πιθανό να συμβάλλουν στη μείωση της θερμογόνου δύναμης των ΑΣΑ καθώς και αυτές οι οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε απόβλητα με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία ή που

συντείνουν στην αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας, δεδομένου ότι οι παράμετροι αυτοί είναι αντίθετοι στους ποιοτικούς στόχους που τέθηκαν.

Πίνακας 3.44: Επιλεγμένη τεχνολογία βιολογικής επεξεργασίας

Τεχνολογία	Επιλογή	Απόρριψη
Αερόβια (κομποστοποίηση)		X Μη δυνατή παραγωγή δευτερογενούς καύσιμου RDF/SRF
Αναερόβια		X Μη δυνατή παραγωγή δευτερογενούς καύσιμου RDF/SRF
Βιολογική ξήρανση (εντός ενιαίας δεξαμενής)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Παραγωγή RDF/SRF ✓ Μείωση περιεχόμενης υγρασίας ✓ Εξευγενισμός παραγόμενου SRF βάσει ποιοτικών κριτηρίων 	
Βιολογική ξήρανση (σε καλυμμένους σωρούς)		X Δημιουργία οχλήσεων
Βιολογική ξήρανση (εντός διαμερισμάτων)		X Μεγαλύτερο κόστος

Η επιλογή της τεχνολογίας βιολογικής επεξεργασίας, βασίζεται ουσιαστικά στη δυνατότητα παραγωγής δευτερογενών καυσίμων από ΑΣΑ, η οποία αφορά αποκλειστικά τη μέθοδο βιολογικής ξήρανσης. Η επιλογή της τεχνολογίας που θα ακολουθηθεί ανάμεσα στις διαθέσιμες της βιολογικής ξήρανσης, άπτεται ουσιαστικά στις παραμέτρους αποφυγής δημιουργίας οχλήσεως και κόστους, εφόσον και οι τρεις διαθέσιμες τεχνολογίες οδηγούν σε παρόμοια αποτελέσματα.

Πίνακας 3.45: Επιλεγμένη τεχνολογία θερμικής επεξεργασίας

Τεχνολογία	Επιλογή	Απόρριψη
Αποτέφρωση (κινούμενες εσχάρες)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Απαιτούμενη θερμογόνος δύναμη 5-16,5 MJ/kg – εσχάρα αεροψύκτη ✓ Δυναμικότητα ανά γραμμή λειτουργία 5-30tn/h ✓ Δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ✓ Μεγαλύτερος όγκος καύσης 	
Αποτέφρωση (περιστρεφόμενος κλίβανος)		<ul style="list-style-type: none"> X Μικρότερες δυνατότητες εφαρμογής και δυναμικότητες σε σχέση με τα συστήματα σχάρας X Μεγάλες ποσότητες απαερίων
Αποτέφρωση (ρευστοποιημένη κλίνη)		<ul style="list-style-type: none"> X Μεγαλύτερος όγκος ιπτάμενης τέφρας σε σχέση με τα συστήματα σχάρας
Πυρόλυση		<ul style="list-style-type: none"> X Δεν ενδείκνυται για επεξεργασία σύμμεικτων ΑΣΑ X Μειωμένη ενεργειακή απόδοση X Μη διαδεδομένη στην Ευρώπη X Δυσκολία οικονομικής βιωσιμότητας
Αεριοποίηση		<ul style="list-style-type: none"> X Μη διαδεδομένη στην Ευρώπη X Μεγάλο κόστος διαχείρισης σε σχέση με την αποτέφρωση
Τεχνολογία Πλάσματος		<ul style="list-style-type: none"> X Δεν υπάρχει εφαρμογή της τεχνολογίας στην Ευρώπη λόγω πολυπλοκότητας της σύστασης των ΑΣΑ

Η επιλογή της τεχνολογίας της αποτέφρωσης – εσχάρα αεροψύκτη, έγινε στα πλαίσια των ποιοτικών και των επιμέρους στόχων που τέθηκαν, κυρίως περιβαλλοντικών και όσον αφορά θέματα εναρμόνισης με την ευρωπαϊκή νομοθεσία (εκτροπή βιοδιασπώμενων υλικών από υγειονομική ταφή, εκτροπή υλικών από υγειονομική ταφή). Επίσης η μέθοδος της αποτέφρωσης δεν απαιτεί προ-επεξεργασία αποβλήτων, το οποίο στην περίπτωση των ανάκτησης των υφιστάμενων αποβλήτων στο ΧΑΔΑ, αποτελεί διευκόλυνση της διαδικασίας. Επίσης σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η ευρεία εφαρμογή της μεθόδου σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το οποίο δίδει την απαραίτητη εμπειρία με πετυχημένα παραδείγματα και διαθέσιμα δεδομένα τεχνολογίας και ελέγχου περιβαλλοντικών επιπτώσεων, για την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Επιπλέον αναφέρεται ότι βάσει παρόμοιας μελέτης από τους Savva et al. (2013), υποδεικνύει τη μέθοδο της αποτέφρωσης ως την καλύτερη πρακτική ενεργειακής αξιοποίησης που μπορεί να εφαρμοστεί στην περίπτωση του ΧΑΔΑ στην τοποθεσία Κοτσιάτη, λόγω της ποιοτικής σύστασης των αποβλήτων που απορρίπτονται.

3.6.1.3 Διάγραμμα ροής τεχνολογίας επεξεργασίας

Βάσει της επιλογής της τεχνολογίας που έγινε, σε συνδυασμό με τη διεθνή εμπειρία και παραδείγματα άλλων εγκαταστάσεων παρόμοιας τεχνολογίας επεξεργασίας για σκοπούς παραγωγής δευτερογενών καυσίμων, στην παρούσα ενότητα δημιουργείται διάγραμμα ροής της τεχνολογίας επεξεργασίας των ΑΣΑ του ΧΑΔΑ Κοτσιάτη για την παραγωγή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF βάσει των ποιοτικών κριτηρίων που τέθηκαν. Όπως σε κάθε περίπτωση, για την παραγωγή RDF/SRF συγκεκριμένης ποιότητας και προδιαγραφών, απαιτείται μια διαδικασία επεξεργασίας πολλαπλών σταδίων, η οποία περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα βήματα:

- Μείωση μεγέθους - προ-σύνθλιψη (σύνθλιψη/τεμαχισμός)
- Διαλογή μη επιθυμητών υλικών (π.χ. κοσκίνισμα, βαλλιστικός διαχωριστής, αεροδιαχωριστής κ.λ.π.),
- Ανάκτηση μετάλλων (μαγνητικός διαχωρισμός μετάλλων και διαχωρισμός επαγωγικών ρευμάτων αλουμίνιου),
- Μείωση μεγέθους - μετά-σύνθλιψη (μεσαίος τεμαχισμός) και
- Μορφοποίηση (Lorber, et al., 2012).

Για τη δημιουργία του διαγράμματος, πέρα από τα κύρια στάδια που αναφέρθηκαν πιο πάνω, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες παραδοχές από τη διεθνή βιβλιογραφία, σχετικά με παραδείγματα τεχνολογίας επεξεργασίας ΑΣΑ για παραγωγή δευτερογενών καυσίμων, μερικά από τα οποία παρατίθενται ως ακολούθως:

- Μια σύγχρονη και προηγμένη μονάδα μηχανολογικής επεξεργασίας/διαλογής για παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου, αποτελείται τουλάχιστον από δύο ή ακόμα και τρία στάδια τεμαχισμού, τουλάχιστον δύο στάδια μαγνητικού διαχωρισμού (εκτροπή σιδηρούχων μετάλλων) και τουλάχιστον ένα διαχωρισμό επαγωγικού ρεύματος (εκτροπή μη σιδηρούχων μετάλλων, ως επί το πλείστον μόνο για το λεπτό κλάσμα) και ανάλογα με τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη και τουλάχιστον δύο στάδια κοσκίνισματος (Lorber, et al., 2012)

- Έχει αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμος ο διαχωρισμός του υλικού εισροής (ΑΣΑ) μετά από τη μείωση του μεγέθους του, σε δύο ρεύματα μεγέθους, το τρισδιάστατο και δισδιάστατο ρεύμα αποβλήτων, όπου το τρισδιάστατο υλικό περιέχει συνήθως περισσότερες ανεπιθύμητες ύλες (π.χ. σίδηρο, αλουμίνιο, πέτρες, κομμάτια σκυροδέματος) και παρουσιάζει δυσμενή συμπεριφορά κατά την καύση του στον κλίβανο σε σχέση με τα δισδιάστατα υλικά (π.χ. πλαστικά και φύλλα). Ως εκ τούτου η ροή τρισδιάστατου υλικού πρέπει να υποβληθεί σε μια πιο σύνθετη διαδικασία προετοιμασίας, που αποτελείται από δύο στάδια μαγνητικού διαχωρισμού (απομάκρυνση μετάλλων) που ακολουθείται από διαχωρισμό επαγωγικών ρευμάτων για απομάκρυνση του αλουμινίου και αεροταξινόμησης (απομάκρυνση του βαρέως κλάσματος) πριν από τον τελικό τεμαχισμό σε μέγεθος κόκκων <math><10\text{mm}</math>. Το δισδιάστατο ρεύμα αποβλήτων από την άλλη μειώνεται σε μέγεθος μέχρι <math><30\text{mm}</math>. Ο συνδυασμός και πάλι των δύο ρευμάτων αποβλήτων, δίδει ένα προϊόν το οποίο υποβάλλεται σε τελικό εξευγενισμό, αποτελούμενος από μαγνητικό διαχωρισμό, κοσκίνισμα / διαλογή (<math><30\text{mm}</math>) και ακόμα μια φορά μαγνητικό διαχωρισμό (Lorber, et al., 2012).
- Για πιο αποτελεσματική αφαίρεση των μετάλλων από το παραγόμενο δευτερογενές καύσιμο, είναι σημαντικό να εφαρμόζεται μαγνητικός διαχωρισμός, μετά από κάθε στάδιο μείωσης μεγέθους (τεμαχισμού), λόγω του ότι τα σιδηρούχα μέταλλα τείνουν να ενσωματωθούν σε μεγάλο βαθμό σε ένα αφράτο τύπο μήτρας αποβλήτων, όπου ο διαχωρισμός τους ευκολύνεται από τη μείωση του μεγέθους της δομής των αποβλήτων (Sarc and Lorber, 2013).
- Μετά από τη διαδικασία κοσκίνισματος, διαχωρισμού των σιδηρούχων μετάλλων (τουλάχιστον δύο φορές) και τεμαχισμού, τα υλικά είναι έτοιμα για καύση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες σε αποτεφρωτήρα (Lorber, et al., 2012; Sarc and Lorber, 2013).
- Από τη διεργασία του κοσκίνισματος με οπές μεγέθους 200mm επικεντρώνεται κυρίως στο διαχωρισμό του χαρτιού, των υφασμάτων και των πλαστικών, ενώ το κοσκίνισμα στο εύρος των 40-60mm επιπρόσθετα θα περιέχει μέταλλα, πυκνά σωματίδια και σηπόμενες ύλες (Velis, et al., 2011).
- Η τεχνολογία NIR αποτελεί διαχωρισμό βάσει συστημάτων ανίχνευσης και ταξινόμησης: με την ανάλυση εικόνας, όπου χρησιμοποιούνται εξειδικευμένες εξελιγμένες

φωτογραφικές μηχανές οι οποίες επιτρέπουν το διαχωρισμό των υλικών ο οποίος βασίζεται σε εξειδικευμένα οπτικά χαρακτηριστικά όπως ο σχεδιασμός της επιφάνειας (Velis, et al., 2011).

Βάσει των πιο πάνω βημάτων και παραδοχών από τη διεθνή βιβλιογραφία, σε συνδυασμό με την τεχνολογία που επιλέχθηκε και τα ποιοτικά κριτήρια που τέθηκαν δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 3.9 στο οποίο δεικνύεται η σταδιακή επεξεργασία των ΑΣΑ, όσον αφορά κυρίως τη μηχανική και βιολογική επεξεργασία αυτών, για την παραγωγή ποιοτικά κατάλληλων για χρήση καυσίμων RDF/SRF, από τα ΑΣΑ που καταλήγουν στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη.

προσμίξεων, υπόκειται σε μια πιο σύνθετη διαδικασία προετοιμασίας που αποτελείται από στάδια διαχωρισμού σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων και πλαστικού. Έπειτα μέσω βαλλιστικού διαχωριστή, χωρίζεται σε κλάσματα βαρέων, ελαφρών και λεπτόκοκκων υλικών. Τα βαρέα και ελαφρά υλικά μέσω περαιτέρω διεργασιών διαχωρισμού, έχουν ως αποτέλεσμα την ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών. Ενώ το κλάσμα των λεπτόκοκκων υλικών προστίθεται στο ρεύμα μεγέθους <math><60\text{mm}</math> για την παραγωγή δευτερογενούς καύσιμου μέσω της διαδικασίας βιολογικής ζήρασης, όπου έπειτα το συνδυασμένο προϊόν απαλλαγμένο από μεγάλη ποσότητα υγρασίας, υποβάλλεται σε τελικό εξευγενισμό, αποτελούμενο από κοσκίνισμα/διαλογή (<math><15\text{mm}</math>), διαχωρισμό σιδηρούχων και μη μετάλλων για την παραγωγή δευτερογενούς καύσιμου RDF/SRF.

Συγκεκριμένα, τα στάδια που εμφανίζονται στο διάγραμμα περιγράφονται ως ακολούθως:

Στάδιο 1: Προ-επεξεργασία / Διαλογή ή μηχανικός διαχωρισμός:

Στο Στάδιο της προ-επεξεργασίας, η οποία προηγείται σε μονάδες MBE, συμπεριλαμβάνονται τεχνολογίες διαλογής και μηχανικού διαχωρισμού, οι οποίες στοχεύουν στη διευκόλυνση των κατάντη διαχωρισμών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β). Οι διαδικασίες που περιλαμβάνονται είναι, ζύγισμα, τροφοδοσία, δοσομέτρηση, διάνοιξη σακών και χειροδιαλογή, από τις οποίες επιτυγχάνεται έλεγχος του ρεύματος ΑΣΑ που εισέρχεται στη μονάδα επεξεργασίας και ο διαχωρισμός των ΑΣΑ από πλαστικές σακούλες, ογκώδη και ανεπιθύμητα ΑΣΑ καθώς και γυαλί (ανάκτηση). Τα πλεονεκτήματα της προ-επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση υλικών που είναι ακατάλληλα για επεξεργασία (π.χ. λευκά είδη, στρώματα και χαλιά) τα οποία πιθανό να προκαλέσουν προβλήματα λειτουργίας στο μηχανολογικό εξοπλισμό καθώς και η ανάκτηση ανακυκλώσιμων και αδρανών υλικών (γυαλί), το οποίο εξυπηρετεί τους στόχους της ανακύκλωσης καθώς και την αύξηση της θερμογόνου δύναμης του τελικού προϊόντος.

Στάδιο 2: Μηχανική επεξεργασία / Τεχνολογίες διαχωρισμού και ελέγχου:

Στο 2^ο Στάδιο της Μηχανικής επεξεργασίας, περιλαμβάνονται οι τεχνολογίες περιστρεφόμενου κόσκινου, τεμαχιστή (περιστρεφόμενοι κόπτες), μαγνήτη (διαχωριστής ηλεκτρο-μαγνητικού

πεδίου), οπτικού διαχωριστή, διαχωριστή επαγωγικών ρευμάτων, μαγνήτης, αεροδιαχωριστής και βαλλιστικός διαχωριστής. Στόχος της είναι η μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών, με περαιτέρω αφαίρεση ανεπιθύμητων συστατικών από το εισερχόμενο ρεύμα ΑΣΑ και στην προετοιμασία των ΑΣΑ για το επόμενο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας, ως ακολούθως:

- *Περιστροφικό κόσκινο*: διαχωρισμός ΑΣΑ σε ρεύματα ανά τύπο και μέγεθος:
 - Ευμεγέθη στερεά (>300mm): χαρτόνια, συσκευασίες PET, PE, ξύλο, δέρμα, μεταλλικά αντικείμενα μεγάλου μεγέθους, τα οποία οδηγούνται στον τεμαχιστή – περιστρεφόμενο κόπτη για μείωση μεγέθους και επανατροφοδότησης τους στο περιστροφικό κόσκινο.
 - Ανακυκλώσιμο κλάσμα (60–300mm): ανακυκλώσιμα υλικά (σιδηρούχα, μη σιδηρούχα – αλουμίνιο, πλαστικό και χαρτί) τα οποία στη συνέχεια εφόσον ανακτώνται το εναπομείνον υλικό οδηγείται σε βιολογική επεξεργασία.
 - Οργανικά υλικά (<60mm): οδηγούνται μαζί με τα λεπτόκοκκα υλικά σε βιολογική ξήρανση για παραγωγή δευτερογενούς καύσιμου αφού αφαιρεθούν από αυτά μέταλλα και άλλες προσμίξεις.
- *Τεμαχιστής (περιστρεφόμενοι κόπτες – shredder)*: ενδιάμεση διεργασία μεταξύ κόσκινου και μαγνήτη, για μείωση μεγέθους των υλικών >300mm και επανατροφοδότηση τους στη διαδικασία διαχωρισμού.
- *Μαγνήτης (διαχωριστής ηλεκτρο-μαγνητικού πεδίου)*: ακολουθεί του κοσκινίσματος, στα δύο κλάσματα των ανακυκλώσιμων και οργανικών υλικών για βιοξήρανση, για σκοπούς ανάκτησης των σιδηρούχων μετάλλων.
- *Eddy Current Separator (Διαχωριστής επαγωγικών ρευμάτων)/Αλουμινοδιαχωριστής*: ακολουθεί του κοσκινίσματος, στα δύο κλάσματα των ανακυκλώσιμων και οργανικών υλικών για βιοξήρανση, για σκοπούς ανάκτησης των μη σιδηρούχων μετάλλων - αλουμινίου. Ο λόγος που συνήθως ακολουθεί του διαχωρισμού σιδηρούχων μετάλλων, είναι διότι η παρουσία σιδηρούχων υλικών στο διερχόμενο κλάσμα προκαλεί πρόβλημα στη λειτουργία της διάταξης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)
- *NIR – Near Infra Red (Οπτικός διαχωρισμός)*: ο οπτικός διαχωρισμός (διαχωρισμός βάσει χημικής σύστασης) χρησιμοποιείται στο ανακυκλώσιμο κλάσμα που προκύπτει από το περιστροφικό κόσκινο, έτσι ώστε να αυξηθεί η απόδοση του βαλλιστικού

διαχωριστή όσον αφορά το διαχωρισμό μεταξύ των πλαστικών και του χαρτιού, καθώς και στο κλάσμα βαρέων και ελαφρών υλικών που προκύπτει από το βαλλιστικό διαχωριστή για διαχωρισμό των πλαστικών (π.χ. PE, PP, PET). Το υπόλειμμα που προκύπτει οδηγείται προς αερόβια επεξεργασία για παραγωγή RDF.

- *Βαλλιστικός διαχωριστής:* το ανακυκλώσιμο κλάσμα (30-300mm) που διέρχεται από το κόσκινο οδηγείται στον βαλλιστικό διαχωριστή (αφού απομακρυνθούν τα μεταλλικά και μη υλικά), ο οποίος διαχωρίζει τα υλικά ανάλογα με το σχήμα τους, παράγοντας τρία ρεύματα, ελαφρών, βαρέων και λεπτόκοκκων υλικών. Στα ελαφρά υλικά συγκαταλέγονται κυρίως χαρτί, φύλλο πλαστικού, τεμαχισμένα PET/PE και σε μικρότερο ποσοστό υφάσματα, στα βαρέα, σκληρά και άκαμπτα πλαστικά και στα λεπτόκοκκα υλικά, κυρίως οργανικά υλικά τα οποία οδηγούνται προς περαιτέρω επεξεργασία για βιολογική ξήρανση.
- *Αεροδιαχωριστής:* χρησιμοποιείται μετά τη διεργασία της βιολογικής ξήρανσης για την αφαίρεση προσμίξεων από το δευτερογενές καύσιμο RDF/SRF.

Στάδιο 3: Βιολογική επεξεργασία

Η μέθοδος βιολογικής επεξεργασίας η οποία επιλέχθηκε της βιολογικής ξήρανσης στοχεύει πέρα από την παραγωγή RDF/SRF, στη μείωση της υγρασίας και του όγκου των ΑΣΑ. Στη βιοξήρανση μπορεί να μειωθεί η υγρασία από 35-55% μέχρι 10-20% σε υγρή βάση, όπου σαφέστατα και παράγεται και νερό από την μεταβολική δραστηριότητα (0,5–0,6g νερού/g υποστρώματος που βιοαποδομείται), η ποσότητα που απομακρύνεται όμως είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που παράγεται για αυτό και το υλικό ξηραίνεται (Velis, et al., 2009). Τα κλάσματα που θα οδηγούνται στη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας είναι:

- Το κλάσμα των ΑΣΑ <60mm, το οποίο θα έχει διαχωριστεί από το περιστροφικό κόσκινο. Το κλάσμα αυτό πριν εισέλθει στις διατάξεις της βιοξήρανσης θα διέρχεται από έναν μαγνήτη για την απομάκρυνση των σιδηρούχων υλικών και από αλουμινοδιαχωριστή για την απομάκρυνση των αλουμινούχων και
- Τα λεπτόκοκκα τα οποία θα προκύπτουν μετά τη διέλευση του κλάσματος 60-300mm από το βαλλιστικό διαχωριστή.

Στάδιο 4: Μηχανική μετ-επεξεργασία - Εξευγενισμός

Η βιολογική ξήρανση ακολουθείται από μηχανική μετ-επεξεργασία, προκειμένου να βελτιωθεί η σύσταση του υλικού μέσω της απομάκρυνσης μετάλλων και γενικότερα της μείωσης των μη καύσιμων υλικών (πέτρες, γυαλιά), το οποίο διευκολύνεται από τη χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Για τη βελτίωση του υλικού χρησιμοποιούνται κόσκινα, αεροδιαχωριστές και διαχωριστές ήλεκτρο-μαγνητικού πεδίου, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμογόνου δύναμης και μικρότερο ποσοστό προσμίξεων στο παραγόμενο προϊόν. Μέσω του κόσκινου, διαχωρίζεται το ξηραμένο υλικό σε δύο ρεύματα, τα οποία οδηγούνται σε αεροδιαχωριστές. Το ελαφρύ ρεύμα 0-15mm μεταφέρεται για περαιτέρω επεξεργασία σε μαγνητικό διαχωριστή και αλουμινοδιαχωριστή για την ανάκτηση σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων και το βαρύ ρεύμα 15-70mm αποτελεί υπόλειμμα που οδηγείται προς ταφή. Το εναπομένον υλικό αποτελεί δευτερογενές καύσιμο RDF/SRF.

Στάδιο 5: Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία γίνεται με την μέθοδο της αποτέφρωσης και συγκεκριμένα των κινούμενων εσχάρων για σκοπούς παραγωγής ενέργειας. Κατά το στάδιο αυτό τα δευτερογενή καύσιμα αποτεφρώνονται για εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας, όπου γίνεται ανάκτηση αυτής με τη χρήση κατάλληλου λέβητα. Τα καυσαέρια που παράγονται από τη διαδικασία της αποτέφρωσης, επεξεργάζονται για σκοπούς περιβαλλοντικά ασφαλούς διάθεσης.

Βάσει λοιπόν των σταδίων επεξεργασίας που επιλέχθηκαν σε συνδυασμό με τον Πίνακα 3.46, όπου απεικονίζονται τα αποτελέσματα στη θερμογόνο δύναμη, των επιλεγμένων διαδικασιών επεξεργασίας που ακολουθούνται σε διάφορες διεθνείς μονάδες MBE παραγωγής RDF/SRF (Caruto and Pelagagge, 2002), συμπεραίνεται ότι η διαδικασία επεξεργασίας που επιλέχθηκε στην παρούσα μελέτη προσομοιάζει με τις διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούνται στις ιταλικές μονάδες AREA, CIRSU και Consorzio Alessandrino, οι οποίες παράγουν καύσιμα θερμογόνου αξίας 12,2, 16,8 και 18,3MJ/kg αντίστοιχα. Βάσει αυτού σε συνδυασμό με την θερμογόνο δύναμη των ΑΣΑ Λευκωσίας, θεωρείται δυνατή η δημιουργία RDF/SRF, με θερμογόνο δύναμη ≥ 12 MJ/kg, βάσει των ποιοτικών κριτηρίων που τέθηκαν. Όσον αφορά την

παράμετρο της περιεχόμενης υγρασίας η οποία χρήζει μείωσης για την επίτευξη των ποιοτικών στόχων που τέθηκαν, εκτιμάται ότι επιτυγχάνεται κυρίως μέσω του σταδίου της βιολογικής ξήρανσης.

Πίνακας 3.46: Παραδείγματα μονάδων MBE, διαδικασιών επεξεργασίας και τελικής θερμογόνου δύναμης RDF/SRF (Caputo and Pelagagge, 2002)

Μονάδα	Διαδικασίες επεξεργασίας	Κατώτερη θερμογόνου δύναμη παραγόμενου καύσιμου RDF/SRF (MJ/kg)
AREA	S-T-MS-M-MS-ACC-T-E	12.2
CIRSU	PT-HS-MS-S-T-MS-M-T	16.8
Consorzio Alessandrino	S-T-MS-T-MS-T	18.3
Consorzio Smaltimento Rifiuti Bassa Friulana	M-PT-ACC-M-D-P	16.8
Macomer	M-MS-T-BC	8.8
RECLAS	T-MS-ACC-T-MS-ACC	16.8
SAO	M-MS-PT-MS	12.6
SIEM	M-T-M-ACC-P	13.2

Σημειώσεις:

ACC	Αεροδιαχωριστής	MS	Μαγνητικός διαχωριστής
BC	Βαλλιστικός διαχωριστής	P	Συσκευασία (pellets)
D	Ξηραντήρας	PT	Οθόνη προ-διαχωρισμού
E	Εξωθητήρας	S	Τεμαχιστής
HS	Χειροδιαλογή	T	Περιστρεφόμενο κόσκινο
M	Μύλος		

Όσον αφορά τους επιμέρους στόχους που τέθηκαν (τεχνικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς, περιβαλλοντικούς), οι επιλογές τεχνολογίας επεξεργασίας που έγιναν συμβαδίζουν είτε άμεσα είτε έμμεσα με αυτούς. Συγκεκριμένα η επιλεγμένη ροή επεξεργασίας επιτυγχάνει τους ακόλουθους στόχους:

- Προ-επεξεργασία ΑΣΑ που οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής
- Μείωση του όγκου και της ποσότητας των ΑΣΑ που οδηγείται προς υγειονομική ταφή
- Βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων

- Ψηλότερο ποσοστό ανακύκλωσης – ανάκτησης υλικών (ανάκτηση σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων και ανάκτηση ανακυκλώσιμων και μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης υλικών)
- Ανάκτηση υλικών προς πώληση.

3.6.2 Χρήση

Η χρήση και ο σκοπός παραγωγής του προδιαγραφόμενου RDF/SRF από τη μονάδα MBE, σχεδιασμός της οποίας προηγήθηκε, είναι η ενεργειακή αξιοποίηση αυτού σε μονάδα waste-to-energy, ως καύσιμο υλικό. Χρήση η οποία έχει καθοριστεί από τη θεματολογία της παρούσας μελέτης και στην παρούσα Ενότητα θα γίνει μια τεχνική γενική περιγραφή της λειτουργίας της μονάδας waste-to-energy, για αξιοποίηση των προδιαγραφόμενων παραγόμενων δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF από τα ΑΣΑ που υφίστανται στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη και που θα καταλήγουν εκεί. Επίσης θα προσδιοριστεί η τελική χρήση της παραγόμενης ενέργειας από τη μονάδα waste-to-energy, με γνώμονα τη βιωσιμότητα της μονάδας και την κυπριακή πραγματικότητα.

Όσον αφορά την επιλογή της μηχανικής εγκατάστασης της μονάδας waste-to-energy, αναφέρεται ότι, η επιλογή της μονό-ρευματικής εγκατάστασης αποτέφρωσης με λέβητες RDF/SRF-fired, έγινε στα πλαίσια μελέτης και καθορισμού ποιοτικών κριτηρίων RDF/SRF με πλεονεκτήματα έναντι των εναλλακτικών μονάδων μαζικής αποτέφρωσης, ότι: (α) εντάσσονται πιο εύκολα σε δίκτυα ανάκτησης και διανομής ενέργειας, (β) τα ανακτώμενα καύσιμα έχουν ψηλότερη θερμογόνο δύναμη από τα ΑΣΑ που χρησιμοποιούνται σε μονάδες μαζικής καύσης, μικρότερες διακυμάνσεις στο ενεργειακό τους περιεχόμενο και λιγότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, (γ) ο τεχνικός έλεγχος μιας μονάδας με λέβητα RDF/SRF είναι ευκολότερος από ότι σε μια μονάδα μαζικής καύσης και (δ) ο χώρος εγκατάστασης που απαιτείται είναι λιγότερος σε σχέση με τις μονάδες μαζικής καύσης.

Η επιλεγμένη τεχνολογία με τη μέθοδο των κινούμενων εσχάρων (αερόψυκτη), έχει επιλεγεί για το λόγο ότι πλεονεκτεί έναντι άλλων μεθόδων όσων αφορά τα χαρακτηριστικά του ανακτώμενου δευτερογενές καύσιμου RDF/SRF καθώς και ότι είναι η κατά κόρον τεχνολογία

εφαρμογής σε μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης καυσίμων RDF/SRF, ως η πιο ώριμη τεχνολογία ανάμεσα στις τεχνολογίες αποτέφρωσης, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις για τις τεχνικές επιδόσεις, υποστηρίζοντας μεγάλες διακυμάνσεις ως προς τη σύνθεση των αποβλήτων και τη θερμογόνο αξία καθώς και τις απαιτήσεις για οικονομική απόδοση (World Bank, 1999; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ). Τα στάδια της επεξεργασίας με τη μέθοδο των κινούμενων σχαρών που ακολουθούνται, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας από την αποτέφρωση των δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF, περιγράφονται στον Πίνακα 3.47.

Πίνακας 3.47: Στάδια επεξεργασίας στη μονάδα αποτέφρωσης (κινούμενων σχαρών) για παραγωγή ενέργειας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ)

Στάδιο	Περιγραφή
Τροφοδοσία καυσίμων RDF/SRF	Τα απόβλητα μεταφέρονται στη χοάνη τροφοδοσίας για τροφοδότηση στο σύστημα εσχάρας, το οποίο μετακινεί τα απόβλητα στις διάφορες ζώνες του θαλάμου καύσης.
Εσχάρα αποτέφρωσης	Η κινούμενη εσχάρα αποτέφρωσης μεταφέρει τα προς αποτέφρωση καύσιμα στον κλίβανο.
Σύστημα απόρριψης τέφρας πυθμένα	Χρησιμοποιείται για τη ψύξη και την αφαίρεση του στερεού υπολείμματος που συσσωρεύεται στην εσχάρα καθώς και ως βαλβίδα αέρα για τον κλίβανο, επίσης ψύχει και υγροποιεί την τέφρα.
Θάλαμος καύσης και λέβητας	Η αποτέφρωση γίνεται πάνω στην κινούμενη σχάρα εντός του θαλάμου καύσης, ο οποίος αποτελείται συνήθως από μια εσχάρα που είναι τοποθετημένη στον πυθμένα, ψυχόμενα και μη ψυχόμενα τοιχία στο πλάι του κλιβάνου και ένα λέβητα θέρμανσης στην κορυφή

Η ενέργεια που απελευθερώνεται από την αποτέφρωση στο θάλαμο καύσης, απομακρύνεται από τον κλίβανο ως απαέρια σε θερμοκρασία περίπου 1000-2000°C, τα οποία πρέπει να περάσουν από μια διαδικασία ψύξης πριν διοχετευθούν σε σύστημα καθαρισμού. Η ψύξη επιτυγχάνεται μέσω λέβητα, όπου η ενέργεια που απελευθερώνεται από την αποτέφρωση αρχικά ανακτάται ως ζεστό νερό ή ατμός, αναλόγως του λέβητα που χρησιμοποιείται, με επιλογές ανάμεσα σε (α) λέβητα παραγωγής θερμού νερού ο οποίος παράγει μόνο θερμότητα, του οποίου το σχετικά χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο του ζεστού νερού περιορίζει τις χρήσεις του, σε συστήματα τηλεθέρμανσης, (β) λέβητα χαμηλής πίεσης ο οποίος παράγει μόνο ατμό χαμηλής πίεσης, που χρησιμοποιείται συνήθως σε κοντινές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ατμό και (γ) λέβητα παραγωγής ατμού υψηλής πίεσης ο οποίος παράγει ηλεκτρισμό και συνδυασμό ηλεκτρισμού και ατμού ή θερμότητας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ).

Για την επιλογή του κατάλληλου λέβητα, απαιτείται η απόφαση για τελική χρήση της παραγόμενης ενέργειας, ανάμεσα (α) στη βιομηχανική χρήση η οποία εξασφαλίζει ένα σταθερό καταναλωτή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους παρόλο που εμπίπτει σε αυτό μια σχέση εξάρτησης η οποία μακροπρόθεσμα μπορεί να αποδειχθεί παρακινδυνευμένη, (β) στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, που εξασφαλίζει επίσης ένα σταθερό ετήσιο καταναλωτή εντούτοις όμως μειονεκτεί στην απόδοση λόγω των μεγάλων απωλειών μετατροπής και απόβλητης θερμότητας (65%) και (γ) στην τροφοδοσία συστημάτων τηλεθέρμανσης/ψύξης η οποία εμφανίζει έντονη εποχιακή εξάρτηση και διακύμανση. Ανάμεσα στις επιλογές που αναφέρθηκαν και δεδομένου της κυπριακής πραγματικότητας, όπου το δίκτυο τηλεθέρμανσης είναι ανύπαρκτο όπως και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ατμό για την παραγωγική τους διαδικασία, επιλέγεται ο λέβητας παραγωγής ατμού υψηλής πίεσης ο οποίος παράγει ηλεκτρισμό και συνδυασμό ηλεκτρισμού και ατμού ή θερμότητας.

Επομένως, η απόφαση για επιλογή ανάμεσα στο είδος της ενέργειας παραγωγής βασίζεται: (α) στα δεδομένα της κυπριακής πραγματικότητας, (β) των υποδείξεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η οποία υποδεικνύει την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (CHP) ως η καλύτερη τεχνική για την ανάκτηση ενέργειας από ΑΣΑ (European Commission, 2006), (γ) στο ότι η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας δίδει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τις αξιολογήσεις που βασίζονται σε AKZ, σε σχέση με την παραγωγή μόνο ηλεκτρισμού (Dangaard et al., 2010) και (δ) στο ότι η παραγωγή θερμότητας αν και δεν έχει στην παρούσα φάση τελικούς χρήστες (βιομηχανικές εγκαταστάσεις ή εγκαταστάσεις τηλεθέρμανσης) (Lombardi, et al., 2015), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη στήριξη της λειτουργίας της ΜΒΕ και συγκεκριμένα στη διαδικασία βιολογικής ξήρανσης των ΑΣΑ. Επομένως η χρήση της παραγόμενης ενέργειας θα στοχεύει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για τροφοδοσία του εθνικού δημόσιου δικτύου διανομής κα στη παραγωγή θερμικής ενέργειας για τη λειτουργία της βιολογικής ξήρανσης των ΑΣΑ.

Όσον αφορά την ενεργειακή πολιτική της Κυπριακής Δημοκρατίας, αναφέρεται ότι η πολιτική της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας Κύπρου (ΡΑΕΚ), είναι θετική σε ότι αφορά τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας π.χ. μέσω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) κ.ο.κ. για την παραγωγή ηλεκτρισμού, καθορίζοντας τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε €0,12/kWh (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ). Στον Πίνακα 3.48 παρουσιάζονται οι αποδόσεις του λέβητα παραγωγής ατμού υψηλής πίεσης ο οποίος έχει τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρισμού ή συνδυασμό ηλεκτρισμού και ατμού ή θερμότητας, όπου στην επιλεγμένη περίπτωση παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, είναι δυνατόν να ανακτηθεί ποσοστό μέχρι 25%, της διαθέσιμης ηλεκτρικής ενέργειας του καύσιμου ως ισχύς και μέχρι 65% στην περίπτωση της θερμικής ενέργειας, με συνολική απόδοση 85% (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ)

Πίνακας 3.48: Αποδόσεις για διαφορετικά συστήματα ανάκτησης ενέργειας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012γ)

Χρησιμοποίηση ενέργειας	Ανάκτηση		Συνολική Αποδοση
Ηλεκτρισμός	35%		35%
Συνδυασμός ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας	Ατμός	0-75%	35-75%
	Ηλεκτρισμός	0-35%	
Συνδυασμός θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας	Θερμική ενέργεια	60-65%	85%
	Ηλεκτρική ενέργεια	20-25%	

3.7 Ανάλυση κόστους - Χρήση Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής (ΑΚΚΖ)

Στην παρούσα εργασία καθορίστηκε το ερευνητικό ερώτημα κατά πόσον είναι δυνατή η επεξεργασία των ΑΣΑ από τους ενεργούς Χ.Α.Δ.Α. της Κύπρου για σκοπούς ενεργειακής αξιοποίησης, ως μέτρο αποκατάστασης αυτών, με μελέτη περίπτωσης τον Χ.Α.Δ.Α στην τοποθεσία Κοτσιάτη. Παρόλο που η μέθοδος διαχείρισης των ΑΣΑ έχει υποθετικά καθοριστεί, εντούτοις η εξέταση της δυνατότητας υλοποίησης της απαιτεί την ανάπτυξη διαφόρων σεναρίων, εναλλακτικών προς την αρχική υπόθεση, καθώς και ενός εργαλείου οικονομικής ανάλυσης το οποίο θα διερευνήσει αξιόπιστες και επιστημονικά τεκμηριωμένες πληροφορίες

(Gunamantha and Sarto, 2012), έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά το οικονομικό μέρος της καθορισμένης διαχείρισης.

3.7.1 Μέθοδος Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής-AKZ (Life Cycle Assessment–LCA) έχει αποδειχθεί ότι είναι μια διεθνώς αποδεκτή μέθοδος, που χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα των αποβλήτων για τη σύγκριση των διάφορων μεθόδων διαχείρισης ΑΣΑ (Gunamantha and Sarto, 2012) και θεωρείται το πιο δημοφιλές εργαλείο αξιολόγησης στην Ε.Ε. μέχρι σήμερα, στηρίζοντας ένα υψηλότερο επίπεδο αξιολόγησης των συστημάτων διαχείρισης ΑΣΑ (Pires et al., 2011). Ουσιαστικά αποτελεί μια κανονικοποιημένη μέθοδο η οποία συνδέεται με τον κανόνα ISO14040 (2006) (Pires et al., 2011) και είναι ένα εργαλείο ανάλυσης, το οποίο προσφέρει δυνατότητες παροχής κριτηρίων και μέτρων που απαιτούνται για τη σύγκριση των πλεονεκτημάτων των εναλλακτικών λύσεων (Gunamantha and Sarto, 2012). Σύμφωνα με το πρότυπο ISO14040, η δυσκολία της μεθόδου AKZ, έγκειται στο ότι είναι αρκετά χρονοβόρα και δαπανηρή μέθοδος ανάλυσης (Gunamantha and Sarto, 2012). Επίσης βάσει του ίδιου προτύπου, η AKZ τυπικά δεν απευθύνεται στις οικονομικές και κοινωνικές πτυχές ενός προϊόντος/έργου (Reich, 2005).

Έτσι, για σκοπούς οικονομικής ανάλυσης και σύγκρισης διαφορετικών επιλογών διαχείρισης του Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, έχει επιλεγεί η εφαρμογή της μεθόδου Ανάλυσης Κόστους Κύκλου Ζωής - AKKZ (Life-cycle cost analysis – LCCA), η οποία είναι ένα παράλληλο εργαλείο για την ανάλυση των οικονομικών επιπτώσεων ενός συστήματος AKZ (Reich, 2005), που μπορεί να εφαρμοστεί για στήριξη αποφάσεων επενδύσεων σε έργα. Η μεθοδολογία της AKKZ, εισήχθη και χρησιμοποιείται από τη δεκαετία του '60 για την αξιολόγηση αποκλειστικά οικονομικών θεμάτων που σχετίζονται με τα προϊόντα και τα συστήματα, με το ενδιαφέρον προς αυτήν να έχει αυξηθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία σχετικά με το συνδυασμό των οικονομικών στοιχείων στην ανάλυση της αειφορίας (Corana et al., 2016). Η διαφορά των δύο μεθόδων AKZ και AKKZ, είναι ότι, αναλύουν το ίδιο πρόβλημα αλλά από διαφορετική προοπτική, ενώ διαθέτουν σημαντικές μεθοδολογικές διαφορές οι οποίες προκύπτουν από το γεγονός ότι η καθεμία έχει σχεδιαστεί για να παρέχει απαντήσεις σε πολύ διαφορετικές ερωτήσεις (Nakamura

and Kondo, 2006). Η AKKZ χρησιμοποιεί το κόστος ως λογιστική μονάδα και δεν περιλαμβάνει περιβαλλοντικές επιπτώσεις, εκτός από αυτές που έχουν οικονομικές επιπτώσεις στο σύστημα που μελετάται (Reich, 2005), καθιστώντας την ως η πλέον κατάλληλη μέθοδος για χρήση ως εργαλείο οικονομικής ανάλυσης, ενώ η AKZ συνήθως χρησιμοποιεί τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις ως λογιστικές μονάδες και μελετά το περιβαλλοντικό αντίκτυπο του συστήματος (Reich, 2005). Για σκοπούς αποσαφήνισης, σημειώνεται ότι, η AKKZ δεν είναι μια οικονομική λογιστική μέθοδος αλλά ένα εργαλείο διαχείρισης του κόστους σχεδιασμένο για να εκτιμήσει και να αναλύσει όλα τα έξοδα που συνδέονται με την ύπαρξη ενός προϊόντος (Rebitzer et al., 2003).

Ο ορισμός της AKKZ όπως αναφέρεται στο πρότυπο AS/NZS (Πρότυπο Αυστραλίας / Νέας Ζηλανδίας, 1999), είναι μια διαδικασία για τον προσδιορισμό του αθροίσματος των συνολικών εξόδων που συνδέονται με ένα προϊόν ή ένα έργο, συμπεριλαμβανομένων της απόκτησης (συνολικό κόστος κεφαλαίου, δηλαδή την απόκτηση γης και το κόστος κατασκευής), της εγκατάστασης, της λειτουργίας, της συντήρησης, της απόρριψης και τα έξοδα τελικής διάθεσης (Laperriere et al., 2014). Εναλλακτικά ο Soares (2013), ορίζει την AKKZ ως μια διαδικασία για τον καθορισμό του αθροίσματος όλου του κόστους που συνδέεται με ένα προϊόν, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ποσοτικοποίηση του συνολικού κόστους ενός συστήματος διαχείρισης αποβλήτων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, με σκοπό να εξασφαλίσει την οικονομική βιωσιμότητα του έργου (Soares et al., 2013), καλύπτοντας τον οικονομικό πυλώνα της αειφορίας (Corana et al., 2016). Συγκρίνει το συνολικό κόστος ανάμεσα σε διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις, εξετάζοντας κατά την εφαρμογή της τα έσοδα και έξοδα που εμπλέκονται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του έργου (Laperriere et al., 2014) συμπεριλαμβάνοντας τα άμεσα κόστη από τις δαπάνες υλοποίησης των εναλλακτικών σεναρίων (κόστος κατασκευής ή συντήρησης) αλλά και τα λειτουργικά κόστη που σχετίζονται με κάθε μια από τις εναλλακτικές (Στεφανίδης, 2009). Τα πρότυπα ISO15663, IEC60300-3-3, και AS/NZS4536 καταγράφουν τις κύριες διαδικασίες της μεθόδου AKKZ (Laperriere et al., 2014).

Σημαντικό πλεονέκτημα από την εφαρμογή της AKKZ είναι ότι μπορεί να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμα οφέλη, δεδομένου ότι οι επενδυτές μπορούν να ωφεληθούν των εσόδων κατά τη διάρκεια της χρήσης και του τέλους ζωής του προϊόντος με τις κατάλληλες αποφάσεις κατά το στάδιο του σχεδιασμού (Laperriere et al., 2014). Από την άλλη, όμως μειονέκτημα της εφαρμογής της AKKZ αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπάρχει ενιαία αντίληψη του όρου AKKZ ούτε υπάρχει τυποποιημένη καθορισμένη μεθοδολογική προσέγγιση στο πλαίσιο χρήσης της από τις επιχειρήσεις. (Nakamura and Kondo, 2006). Επιπρόσθετη δυσκολία εφαρμογής της αποτελεί ο περιορισμός των διαθέσιμων δεδομένων. Εφόσον γίνονται αναφορές σε μελλοντικά κόστη και οφέλη, είναι πολύ δύσκολο να υπάρξουν αξιόπιστα δεδομένα και τις πλείστες φορές δίνεται μια λογική εκτίμηση. Εντούτοις, σημαντικό στοιχείο ενός συστήματος ή λειτουργίας στην AKKZ είναι ο καθορισμός των ορίων του συστήματος (Reich, 2005).

Τα στάδια μεθοδολογίας για την εφαρμογή της AKKZ, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, έχουν προκύψει μέσα από τη μελέτη διάφορων βιβλιογραφικών πηγών (Laperriere et al., 2014; Soares et al., 2013; Corana et al., 2016) και εφαρμογών της παγκοσμίως, τα οποία προσαρμόστηκαν στις ανάγκες και τα δεδομένα της παρούσας διατριβής, ως ακολούθως:

- *Καθορισμός στόχων και πεδίου εφαρμογής:* όπου καθορίζονται τα κριτήρια σχεδιασμού και η μέτρηση της αποδοτικότητας της κάθε εναλλακτικής επένδυσης.
- *Αναγνώριση εναλλακτικών επενδύσεων:* καταγράφονται οι εναλλακτικές λύσεις, με βάση τους στόχους που έχουν τεθεί.
- *Καθορισμός παραμέτρων σχεδιασμού:* εφόσον η ανάλυση AKKZ αναφέρεται στη μελλοντική συμπεριφορά της επένδυσης πρέπει να γίνουν μερικές βασικές υποθέσεις σχετικά με το μέλλον (π.χ. χρόνος ζωής επένδυσης), το οποίο βοηθά στην ανάλυση της δομής του κόστους που έπεται στη συνέχεια.
- *Ανάλυση συστήματος δομής κόστους:* στάδιο κατά το οποίο προσδιορίζονται οι διάφορες επιμέρους δραστηριότητες/ενέργειες του συστήματος με στόχο τον καθορισμό των οδηγών κόστους. Αυτό αποτελεί το πιο σημαντικό βήμα, δεδομένου ότι προσδιορίζει όλα τα συναφή στοιχεία κόστους, θεσπίζοντας το όριο ανάλυσης της AKKZ. Σκοπός του σταδίου είναι η αποτροπή οποιασδήποτε παράλειψης ή διπλών καταμετρήσεων στοιχείων κόστους.

- *Αποτίμηση κόστους:* τα κόστη και τα οφέλη της επένδυσης αναλύονται για κάθε χρόνο στον χρονικό ορίζοντα της επένδυσης.
- *Επιλογή μιας επένδυσης:* η πιο απλοποιημένη περίπτωση είναι η επιλογή του οικονομικότερου σεναρίου, χωρίς όμως να αποκλείεται η ύπαρξη και άλλων κριτηρίων που να επηρεάζουν την τελική επιλογή.

Πριν την εφαρμογή της μεθοδολογίας που περιγράφεται πιο πάνω, τονίζεται ότι η οικονομικότερη λύση που δίδει η ΑΚΚΖ δεν είναι απαραίτητα η λύση που επιλέγεται, καθώς υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν μια τέτοια απόφαση (Στεφανίδης, 2009), οι οποίοι ίσως δεν είναι εύκολα μετρήσιμοι (π.χ. πολιτικοί, περιβαλλοντικοί παράγοντες, ελαχιστοποίηση κινδύνου). Εντούτοις όμως η ΑΚΚΖ, παρέχει σημαντικές πληροφορίες που μπορούν να υποστηρίξουν τη διαδικασία λήψης αποτελεσματικών αποφάσεων (Στεφανίδης, 2009).

3.7.2 Καθορισμός Στόχων

Στόχος της ΑΚΚΖ είναι ο υπολογισμός του οικονομικού κόστους δημιουργίας μιας μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης (waste to energy) ως μέθοδος αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. στην περιοχή Κοτσιάτη της επαρχίας Λευκωσίας, έναντι άλλων εναλλακτικών λύσεων που υφίστανται ή προγραμματίζονται συνήθως ως μέθοδοι αποκατάστασης από την κυπριακή δημοκρατία. Η ανάλυση που πραγματοποιείται βασίζεται στην προοπτική υλοποίησης των εναλλακτικών λύσεων και δεν λαμβάνει υπόψη κοινωνικές και περιβαλλοντικές πτυχές που συνδέονται με αυτές. Μέσα από την επίτευξη του στόχου θα μπορεί να μετρηθεί η οικονομική απόδοση της κάθε εναλλακτικής επένδυσης, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ο οικονομικός παράγοντας και μόνο σηματοδοτεί την επιλογή της οικονομικότερης λύσης.

Από την επίτευξη του πρωταρχικού στόχου που έχει τεθεί, μπορούν να προσδιοριστούν και οι ακόλουθοι επιμέρους στόχοι:

- Πρόβλεψη οικονομικού κόστους στην περίπτωση συνέχειας της λειτουργίας του ΧΑΔΑ Κοτσιάτη (Μηδενική λύση)
- Πρόβλεψη οικονομικού κόστους στην περίπτωση αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α., με τη μέθοδο αποκατάστασης που ακολουθήθηκε από την κυπριακή δημοκρατία στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου.
- Εκτίμηση της οικονομικής απόδοσης μιας μονάδας waste-to-energy με τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά δεδομένα των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας.
- Ποσοτικοποίηση των εσωτερικών και εξωτερικών δαπανών που συνδέονται με τον κύκλο ζωής μιας μονάδας waste-to-energy στην οποία εισρέουν δευτερογενή καύσιμα από ΑΣΑ
- Εξακρίβωση και σύγκριση των οικονομικών ωφελειών από τις εναλλακτικές προτεινόμενες επενδύσεις.

3.7.3 Αναγνώριση εναλλακτικών επενδύσεων

Μέρος της μεθοδολογίας του εργαλείου οικονομικής ανάλυσης ΑΚΚΖ που επιλέχθηκε, είναι η σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων – επενδύσεων μεταξύ τους, όσον αφορά την οικονομική παράμετρο του κόστους αυτών, ως εναλλακτικοί μέθοδοι διαχείρισης – αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. Κατά τη διαμόρφωση των εναλλακτικών σεναρίων δόθηκε βάση στο εύρος των μεθόδων διαχείρισης και εφαρμοσμένης τεχνολογίας επεξεργασίας απορριμμάτων σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Έτσι, η ανάπτυξη των εναλλακτικών σεναρίων, βασίζεται στις υφιστάμενες εθνικές μεθόδους διαχείρισης ΑΣΑ (Σενάριο 1), στην εμπειρία από εφαρμογές αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. (Σενάριο 2) στην κυπριακή δημοκρατία, καθώς και με την κείμενη ευρωπαϊκή και κυπριακή νομοθεσία για τα απόβλητα και τις κατευθύνσεις που προωθούνται από την Ε.Ε. (Σενάριο 3). Βάσει αυτών, τα τρία εναλλακτικά σενάρια που προσδιορίστηκαν προς οικονομική ανάλυση είναι:

- *ΣΕΝΑΡΙΟ 1*: Συνέχεια της λειτουργίας Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, με τα δεδομένα που επικρατούν μέχρι σήμερα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η οικονομική ανάλυση και το κόστος αφορά το κόστος συνέχειας της λειτουργίας του Χ.Α.Δ.Α.

- *ΣΕΝΑΡΙΟ 2*: Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, με τη μέθοδο αποκατάστασης που ακολουθήθηκε στην περίπτωση άλλων αποκατασταθέντων Χ.Α.Δ.Α. στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμόχωστου και Πάφου, με εκτίμηση κόστους βάσει των διαθέσιμων δεδομένων.
- *ΣΕΝΑΡΙΟ 3*: Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη με επιτόπου δημιουργία μονάδας waste-to-energy, με μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας της, βάσει της ποσότητας/ποιότητας των ΑΣΑ, των ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής RDF/SRF και της τεχνολογίας επεξεργασίας που καθορίστηκε σε προηγούμενη Ενότητα της παρούσας διατριβής.

3.7.3.1 Σενάριο 1: Συνέχεια λειτουργίας Χ.Α.Δ.Α. χωρίς έργα αποκατάστασης

Το Σενάριο 1, αποτελεί ουσιαστικά τη μηδενική λύση και εξετάζει τη συνέχεια της λειτουργίας του Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη για την εξυπηρέτηση του συστήματος διαχείρισης των ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας όπως λειτουργεί μέχρι σήμερα. Το υφιστάμενο καθεστώς διαχείρισης ΑΣΑ, στην επαρχία Λευκωσίας, χαρακτηρίζεται από συλλογή και μεταφορά των ΑΣΑ προς διάθεση στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, εκτός από την ποσότητα που συλλέγεται μέσω του συστήματος ΔσΠ, το οποίο οδηγείται προς ανακύκλωση. Ο ΧΑΔΑ, εξυπηρετεί μια μεγάλη περιοχή της επαρχίας Λευκωσίας στην οποία περιλαμβάνεται ο αστικός ιστός της πόλης, προαστιακοί Δήμοι, Κοινότητες και οικισμοί της εγγύτερης περιοχής, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.49.

Πίνακας 3.49: Περιοχές οι οποίες εξυπηρετούνται από το Χ.Α.Δ.Α. στην περιοχή Κοτσιάτη

Δήμοι /Κοινότητες		
Πάνω Δευτερά	Πέρα Χωριό Νήσου	Δήμος Αγίου Δομετίου
Κάτω Δευτερά	Λύμπια	Δήμος Στροβόλου
Δάλι	Αλάμπρα	Συνοικισμός Ανθούπολης
Ποταμιά	Εργάτες	Γέρι
Λυθροδόντας	Επισκοπείο	Τσέρι
Αγία Βαρβάρα	Πολιτικό	Κοτσιάτης
Μαθιάτης	Αναγυιά	
Αναλύνοντας	Καπέδες	
Σιά	Ψιμολόφου	
Μαρκί	Πέρα Ορεινής	

Μαλούντα	Καμπιά	
Κλήρου	Παλαιχώρι	
Καλό Χωριό	Απλίκι	
Γούρι	Δήμος Λευκωσίας	
Καμπί	Δήμος Λακατάμιας	
Φαρμακάς	Δήμος Έγκωμης	
Λαζανιά	Δήμος Λατσιών	
Φικάρδου	Δήμος Αγλαντζιάς	

Σημειώνεται ότι, οι εκτιμήσεις που θα γίνουν στη συνέχεια βασίζονται μόνο στο οικονομικό κομμάτι της συνέχειας της λειτουργίας του εν λόγω Χ.Α.Δ.Α., βάσει των τεχνικών και οικονομικών παραδοχών που γίνονται στη συνέχεια.

3.7.3.2 Σενάριο 2: Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. με δημιουργία δύο μονάδων waste to energy

Το 2^ο Σενάριο, αφορά την αποκατάσταση του Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, βάσει των εφαρμοσμένων τεχνικών που ακολουθήθηκαν για την αποκατάσταση των Χ.Α.Δ.Α. στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου. Η διαχείριση η οποία ακολουθήθηκε, αφορά κυρίως την επιτόπου αποκατάσταση των ΧΑΔΑ, με δύο περιπτώσεις: (α) τους ΧΑΔΑ, όπου εκπονήθηκαν επιτόπου έργα αποκατάστασης και μεταφοράς αποθέσεων σε άλλο ΧΑΔΑ και (β) τους ΧΑΔΑ, όπου εκπονήθηκαν έργα εξυγίανσης και επιτόπου αποκατάστασης.

Τα έργα αποκατάστασης περιλάμβαναν εργασίες διαμόρφωσης ανάγλυφου – χωματουργικές εργασίες, έργα τελικής κάλυψης, έργα διαχείρισης στραγγισμάτων, έργα διαχείρισης βιοαερίου, έργα διαχείρισης όμβριων, έργα πρασίνου, διάφορα έργα υποδομής, έργα περιβαλλοντικού ελέγχου και παρακολούθησης, εργασίες συντήρησης και μετέπειτα φροντίδας καθώς και μέτρα ασφάλειας και υγείας εργαζομένων (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β), όπως αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.50, όπου περιγράφονται το σύνολο των δράσεων οι οποίες λαμβάνονται στους Χ.Α.Δ.Α. χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η κατηγοριοποίηση τους, η εκτίμηση του κινδύνου και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών, τα οποία διαμορφώνουν την τελική επιλογή των δράσεων αποκατάστασης, εξυγίανσης και παρακολούθησης που λήφθηκαν.

Πίνακας 3.50: Συνοπτική περιγραφή έργων αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β)

Εργασίες	Περιγραφή	
	Λάρνακα - Αμμόχωστος	Πάφος
Διαμόρφωση ανάγλυφου	<ul style="list-style-type: none"> • Οριοθέτηση – αποκλεισμός σημείων πρόσβασης στο χώρο • Χωματουργικές εργασίες διαμόρφωσης και εξομάλυνσης ανάγλυφου. • Καθαρισμός αποβλήτων. • Απομάκρυνση στρώσης ρυπασμένου εδάφους πάχους >0,3 μ. και μεταφορά του σε χώρο διάθεσης. • Χωματουργικές εργασίες προμήθειας, φορτοεκφόρτωσης, μεταφοράς και επίχωσης δανείων εδαφικού υλικού με σκοπό την επαναλήρωση των σκαμμάτων που θα προκύψουν από την απομάκρυνση των αποβλήτων και του ρυπασμένου εδάφους και διαμόρφωση εξυγιασμένων ανάγλυφων. 	<ul style="list-style-type: none"> • Οριοθέτηση περιοχής επέμβασης (απορριμματικό ανάγλυφο) • Πρωταρχική εκκαθάριση: περιμετρική καθαριότητα από απόβλητα και υγειονομική αποκατάσταση τους • Διαμόρφωση μορφολογικών χαρακτηριστικών: για αποτροπή διαφυγής επιφανειακών υδάτων. • Εκσκαφές και απόθεση: αφαίρεση ρυπασμένου υλικού και μεταφορά σε χώρο υγειονομικής διάθεσης και επεξεργασίας. • Απομόνωση απορριμμάτων: διαχωρισμός απορριμματικού όγκου από τη γύρω περιοχή με ένα αδιαπέραστο φράγμα.
Τελική κάλυψη	<ul style="list-style-type: none"> • Φυσικός διαχωρισμός απορριμμάτων από το υπόλοιπο περιβάλλον (στρώσεις εξομάλυνσης, συλλογής βιοαερίου και πλευροδιηθούμενων στραγγισμάτων, γεωύφασμα διαχωρισμού – συγκράτησης λεπτόκοκκων, στεγανοποίησης, αποστράγγισης όμβριων και επιφανείας) • Διαμόρφωση εξωτερικής επιφάνειας για χρήση • Ελεγχόμενη διείσδυση επιφανειακών υδάτων • Απομάκρυνση επιφανειακών όμβριων υδάτων • Αποτροπή ανεξέλεγκτης διαφυγής αερίων • Ελαχιστοποίηση δημιουργίας στραγγισμάτων • Φυτεύσεις 	<ul style="list-style-type: none"> • Δημιουργία φράγματος μεταξύ απορριμματικού ανάγλυφου – ρυπαντών και φυσικού - ανθρωπογενούς περιβάλλοντος με πολυσύνθετα συστατικά (αντιδιαβρωτική στρώση και στρώσεις προστασίας, αποστράγγισης, υδραυλικού διαχωρισμού, απαρίωσης και θεμελίωσης) • Ανύψωση επιφάνειας εδάφους, διαμόρφωση ανάγλυφου και πρηνών με κατάλληλες κλίσεις • Διαχωρισμός απορριμματικού όγκου από χλωριδική βλάστηση, πανίδα και ανθρωπογενές δραστηριότητες • Ελαχιστοποίηση διήθησης υδάτων στον απορριμματικό όγκο • Έλεγχος παραγόμενων αερίων εκτός χώρου.
Διαχείριση στραγγισμάτων	<ul style="list-style-type: none"> • Συλλογή μέσω αγωγών και φρεατίων, των πλευροδιηθούμενων στραγγισμάτων. • Προσωρινή αποθήκευση σε τάφρο – δεξαμενή συλλογής. • Απομάκρυνση στραγγισμάτων, μεταφορά από βυτιοφόρο για επεξεργασία (Εγκατάσταση Επεξεργασίας Στραγγισμάτων – ΟΕΔΑ Κόσις ή αποχετευτικό δίκτυο). 	<ul style="list-style-type: none"> • Συλλογή στραγγισμάτων (άντληση ή τάφροι αποστράγγισης) • Προσωρινή αποθήκευση σε δεξαμενή • Μεταφορά από βυτιοφόρο όχημα • Επεξεργασία στραγγισμάτων σε εγκατάσταση επεξεργασίας (βιολογική επεξεργασία ή μεταφορά στο αποχετευτικό δίκτυο).
Διαχείριση βιοαερίου	<ul style="list-style-type: none"> • Κατασκευή δικτύου συλλογής – μεταφοράς και επεξεργασίας βιοαερίου από κάθετο δίκτυο συλλογής βιοαερίου (γεωτρήσεις, δίκτυο μεταφοράς, φρεάτια συλλογής, υποσταθμοί συλλογής, πυρσοί καύσης) – σύστημα εξαναγκασμένης άντλησης μέσω κάθετων αγωγών. • Σε περιπτώσεις δυνατότητας ενεργειακής αξιοποίησης, κατασκευή σχετικής μονάδας. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ελεγχόμενη συγκέντρωση βιοαερίου: εγκατάσταση γεωτρήσεων και τοποθέτηση παθητικών ή ενεργητικών αντλητικών δικτύων υπόγειων ή υπέργειων • Ελαχιστοποίηση διαρροών βιοαερίου: διοχέτευση βιοαερίου σε πυρσούς καύσης για αποφυγή διοχέτευσης στην ατμόσφαιρά • Ανάκτηση σε περιπτώσεις ιδιαίτερης παραγωγής
Διαχείρισης όμβριων	<ul style="list-style-type: none"> • Κατασκευή αυλαίων και τάφρων απαγωγής όμβριων (αντιπλημμυρικές), περιμετρικά του ΧΑΔΑ για αποτροπή της εισόδου των όμβριων στο απορριμματικό ανάγλυφο. 	<ul style="list-style-type: none"> • Αντιπλημμυρική προστασία: κατασκευή περιμετρικών τάφρων και κεντρικού φρεατίου συλλογής για την ασφαλή διοχέτευση της πλημμυρικής παροχής.

Εργασίες	Περιγραφή	
	Λάρνακα - Αμμόχωστος	Πάφος
Πράσινο	<ul style="list-style-type: none"> Φυτεύσεις με βλάστηση ευρύτερης περιοχής, με αυξημένη αντοχή σε όξινες συνθήκες, μικρές απαιτήσεις ύδρευσης, αντοχή στη ξηρασία κ.λ.π. 	<ul style="list-style-type: none"> Έργα πρασίνου με φύτευση ενδημικών ειδών χλωρίδας με προτίμηση στη χαμηλή βλάστηση.
Υποδομή	<ul style="list-style-type: none"> Κατασκευή πύλης εισόδου, τοποθέτηση πληροφοριακής πινακίδας, κατασκευή περίφραξης και αντιτυρικής προστασίας (κατασκευή περιμετρικής αντιτυρικής ζώνης και φωλιές με πυροσβεστήρες) Ηλεκτροδότηση για ηλεκτροφωτισμό χώρων Έργα οδοποιίας (εσωτερικά χωμάτινα δίκτυα, μονοπάτια, εξωτερικά οδικά δίκτυα) Όπου προβλέπονται νέες χρήσεις: περίπτερα αναμνηχής και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, μονοπάτια περιπάτου, καθιστικά, πέργκολες, κεντρικός χώρος πλατείας) 	<ul style="list-style-type: none"> Διαμόρφωση εισόδου, περίφραξη, πινακίδες, δεξαμενή νερού για πυρόσβεση εξοπλισμένη με αντλία και σωλήνα. Εγκατάσταση συστήματος άρδευσης για υποβοήθηση και συντήρηση βλάστησης για κάποιο αρχικό διάστημα. Έργα εσωτερικής οδοποιίας (εξομάλυνση χώρου, επίστρωση ασφαλτικού υλικού, σύνδεση με οδικές προσπελάσεις)
Περιβαλλοντικός έλεγχος και παρακολούθηση	<ul style="list-style-type: none"> Παρακολούθηση μετεωρολογικών στοιχείων Έλεγχος υπόγειων υδάτων Έλεγχος στραγγισμάτων Παρακολούθηση ποιότητας επιφανειακών απορροών των υδάτων Παρακολούθηση των παραγόμενων στραγγισμάτων Παρακολούθηση της ποσότητας του παραγόμενου βιοαερίου Παρακολούθηση διαφυγόντος βιοαερίου Παρακολούθηση και έλεγχος καθιζήσεων χώρου 	<ul style="list-style-type: none"> Παρακολούθηση μετεωρολογικών στοιχείων Έλεγχος υπόγειων υδάτων με δειγματοληψίες Παρακολούθηση ποιότητας και ποσότητας παραγόμενων στραγγισμάτων Παρακολούθηση ποιότητας παραγόμενου βιοαερίου Παρακολούθηση καθιζήσεων Παρακολούθηση διαβρώσεων, Επιθεώρηση δικτύων αποστράγγισης και αντιπλημμυρικών έργων (επιφανειακής απορροής ομβρίων).
Ασφάλεια και υγεία εργαζομένων	<ul style="list-style-type: none"> Χρήση αντιασφυξιογόνου μάσκας για κατάβαση σε φρεάτια ή τάφρους Χρήση σχοινιών για εργασίες σε φρεάτια προς αποφυγή πτώσεων Απαγόρευση καπνίσματος Έλεγχος επιφανειών εργασίας και συγκεντρώσεων μεθανίου και υδρόθειου Εκπαίδευση προσωπικού για κινδύνους βιοαερίου Προληπτική χρήση χημικών σκευασμάτων για την καταπολέμηση ειδών Χρήση Μέτρων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) Παροχή εγκαταστάσεων καθαριότητας και τρεχούμενου ύδατος Ύπαρξη τεχνικών μέσων πυρόσβεσης Χρήση μηχανημάτων με κλειστές, σταθερές και αεριζόμενες καμπίνες οδηγού 	<ul style="list-style-type: none"> Προληπτική χρήση χημικών σκευασμάτων για την καταπολέμηση ειδών π.χ. τρωκτικά, φίδια, σκορπιό κ.α. Χρήση φορητών συσκευών ανίχνευσης βιοαερίου Χρήση Μέτρων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) για αποφυγή επαφής με απόβλητα Συχνή αντικατάσταση των ΜΑΠ Καθάρισμα ιματισμού και υποδημάτων Χρήση μηχανημάτων με κλειστές, σταθερές και αεριζόμενες καμπίνες οδηγού Ύπαρξη τεχνικών μέσων πυρόσβεσης

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η εξειδίκευση εφαρμογής μέτρων αποκατάστασης και μετέπειτα φροντίδας για τον κάθε ΧΑΔΑ, επιλέχθηκε μέσω αξιολόγησης τους, η οποία και στις τρεις επαρχίες ακολούθησε το σύστημα πολυκριτηριακής ανάλυσης. Στην περίπτωση των επαρχιών Λάρνακας – Αμμοχώστου, τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν, τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων, την υδρολογία της περιοχής, τη χρήση των υδάτων της περιοχής/προστατευμένες περιοχές, τα χωροταξικά στοιχεία της περιοχής και τα επιφανειακά ύδατα (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010). Βάσει αυτής επήλθε ιεράρχηση των ΧΑΔΑ των δύο επαρχιών ανάλογα με το δυναμικό κινδύνου σε τρεις κατηγορίες, όπου η κατηγορία Α παρουσιάζει περιορισμένο δυναμικό κινδύνου, η κατηγορία Β ικανό δυναμικό κινδύνου και η κατηγορία Γ σημαντικό δυναμικό κινδύνου (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010).

Βάσει της ίδιας μεθοδολογίας, τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην περίπτωση των ΧΑΔΑ της επαρχίας Πάφου, ήταν (α) η πηγή ρύπανσης, με αξιολόγηση του όγκου και του είδους αποβλήτων στο ΧΑΔΑ, (β) το μονοπάτι διασποράς ρυπαντικού φορτίου, με εξέταση της σχέσης υδροπερατότητας του εδάφους και της απόστασης του υδροφόρου ορίζοντα από το πυθμένα του ΧΑΔΑ και (γ) ο αποδέκτης, με αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ της απόστασης από το ΧΑΔΑ και του αποδέκτη, των χρήσεων γης, των περιοχών υδροληψίας, της οικιστικής περιοχής, της προστατευμένης περιοχής και άλλων ευαίσθητων περιοχών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β). Βάσει αυτών, η πολυκριτηριακή ανάλυση, ανέδειξε τρεις κατηγορίες, όπου στην 1^η κατηγορία εμπίπτουν οι ΧΑΔΑ οι οποίοι απαιτούν άμεση λήψη μέτρων (α' προτεραιότητας), στη 2^η κατηγορία εμπίπτουν οι ΧΑΔΑ οι οποίοι απαιτούν άμεση λήψη μέτρων (β' προτεραιότητας) και στη 3^η κατηγορία εμπίπτουν οι ΧΑΔΑ οι οποίοι απαιτούν λήψη μέτρων (γ' προτεραιότητας) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).

Ακολουθώντας τις επιλογές διαχείρισης που εφαρμόστηκαν σε εθνικό επίπεδο, τα μέτρα αποκατάστασης και μετέπειτα φροντίδας που δύναται να εφαρμοστούν στην περίπτωση του ΧΑΔΑ στην τοποθεσία Κοτσιάτη, για σκοπούς οικονομικής αξιολόγησης, αφορούν μέτρα επιτόπου εξυγίανσης και αποκατάστασης. Η επιλογή, οφείλεται κυρίως στη μεγάλη έκταση που καταλαμβάνει ο ΧΑΔΑ, τη μακροχρόνια λειτουργία του καθώς και του μεγάλου όγκου απορριμματικών αποθέσεων. Όσον αφορά τα επιμέρους γεωλογικά, υδρολογικά, περιβαλλοντικά και χωροταξικά δεδομένα της περιοχής, δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία και η μελέτη αυτών δεν εμπίπτει στην παρούσα διατριβή. Επομένως για τον καθορισμό των εργασιών εξυγίανσης που

ενδείκνυται να ακολουθηθούν, θα ληφθούν υπόψη οι αντίστοιχες εργασίες που ακολουθήθηκαν στις περιπτώσεις των ΧΑΔΑ κατηγορίας Γ' για τις επαρχίες Λάρνακας – Αμμοχώστου (π.χ. ΧΑΔΑ Τερσεφάνου) και 1^{ης} κατηγορίας (α' προτεραιότητας) για τους ΧΑΔΑ στην επαρχία Πάφου (π.χ. ΧΑΔΑ Αγίας Μαρινούδας), ως ακολούθως:

- Οριοθέτηση περιοχής επέμβασης.
- Συλλογή διασκορπισμένων ελαφρών «μικροαπορριμμάτων» και υγειονομική αποκατάσταση τους.
- Αφαίρεση ρυπασμένου υλικού και μεταφορά του σε χώρο υγειονομικής διάθεσης και επεξεργασίας.
- Διευθέτηση του απορριμματικού ανάγλυφου για αποτροπή διαφυγής επιφανειακών υδάτων.
- Κατασκευή επιφανειακής μόνωσης με τις ακόλουθες στρώσεις:
 - Στρώση εξομάλυνσης, πάχους 0,3 μ.
 - Στρώση συλλογής βιοαερίου και πλευροδιηθούμενων στραγγισμάτων πάχους 0,3 μ. ή τοποθέτηση γεωσυνθετικής αποστραγγιστικής στρώσης
 - Γεώφασμα διαχωρισμού ελάχιστου ειδικού βάρους 300g/m²
 - Στρώση προστασίας / στεγάνωσης πάχους 0,5μ. ή τοποθέτηση γεωσυνθετικής αργλικής στρώσης (GCL).
 - Μεμβράνη HDPE.
 - Γεώφασμα προστασίας της μεμβράνης ελάχιστου ειδικού βάρους 300g/m²
 - Στρώση αποστράγγισης όμβριων πάχους 0,5μ. ή τοποθέτηση γεωσυνθετικής αποστραγγιστικής στρώσης
 - Γεώφασμα διαχωρισμού ελάχιστου ειδικού βάρους 300g/m²
 - Στρώση επιφάνειας, ελάχιστου πάχους 1,0μ. αποτελούμενη από εδαφικό υλικό κορυφής (φυτόχωμα ελάχιστου πάχους 0,2μ.) ή/και κατάλληλο εδαφικό υλικό πλήρωσης πάχους 0,8μ.
 - Φυτεύσεις
- Διαχείριση βιοαερίου, με ελεγχόμενη συγκέντρωση και τελική καύση σε πυρσό ή/και ενεργειακή αξιοποίηση του μέσω κατάλληλων έργων.
- Συλλογή στραγγισμάτων μέσω δικτύου συλλογής, προσωρινή μεταφορά σε δεξαμενή, απομάκρυνση με βυτιοφόρο όχημα και τελική απόρριψη για επεξεργασία σε εγκατάσταση επεξεργασίας ή μεταφορά σε δίκτυο αποχέτευσης.

- Διαχείριση όμβριων μέσω κατασκευής περιμετρικής τάφρου για την αντιπλημμυρική προστασία των χώρων.
- Κατασκευή πύλης εισόδου και περίφραξης και τοποθέτηση ενημερωτικής πινακίδας
- Κατασκευή δεξαμενής άρδευσης.
- Τήρηση μέτρων ασφαλείας και υγείας εργαζομένων
- Εκπόνηση εργασιών αποκατάστασης και επανένταξης
- Διάνοιξη γεωτρήσεων για έλεγχο υπογείων υδάτων με δειγματοληψίες.
- Τακτικός έλεγχος ποιότητας βιοαερίου και ατμόσφαιρας
- Κατασκευή περιμετρικών γεωτρήσεων για έλεγχο τυχόν διαρροής βιοαερίου
- Τακτικές δειγματοληψίες και χημικές αναλύσεις υπόγειων υδάτων, στραγγισμάτων και επιφανειακών απορροών
- Κατασκευή μαρτύρων παρακολούθησης καθιζήσεων
- Τακτική παρακολούθηση της τοπογραφίας του ανάγλυφου των χώρων των αποκατεστημένων ΧΑΔΑ με έλεγχο των καθιζήσεων
- Αντιμετώπιση τυχόν αστοχιών (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010; Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β).

3.7.3.3 Σενάριο 3: Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. με δημιουργία μίας μονάδας waste to energy

Το τρίτο σενάριο περιλαμβάνει εργασίες αποκατάστασης του ΧΑΔΑ Κοτσιάτη με δημιουργία επιτόπου μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης (waste-to-energy) η οποία θα περιλαμβάνει μονάδα μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας καθώς και μονάδα θερμικής επεξεργασίας με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο θα τροφοδοτείται στο εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης και θερμότητα για χρήση στην επεξεργασία των ΑΣΑ για δημιουργία RDF/SRF. Επίσης για την ταφή των υπολειμμάτων από την μονάδα επεξεργασίας δύναται να δημιουργηθεί και χώρος υγειονομικής ταφής, ο οποίος θα εξυπηρετεί την επαρχία Λευκωσίας. Η τροφοδότηση της μονάδας επεξεργασίας θα γίνεται από τα υφιστάμενα ΑΣΑ στο ΧΑΔΑ καθώς και τα ΑΣΑ που θα οδηγούνται μελλοντικά σε αυτόν και θα καταλήγουν στη μονάδα για σκοπούς διαχείρισης και επεξεργασίας. Το τρίτο σενάριο ουσιαστικά περιλαμβάνει έξι στάδια: (α) την εξόρυξη των θαμμένων αποβλήτων στο ΧΑΔΑ (β) την αποκατάσταση του ΧΑΔΑ, (γ) τη μηχανική επεξεργασία των αποβλήτων, (δ) τη βιολογική επεξεργασία των αποβλήτων για παραγωγή δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF, (ε) τη θερμική επεξεργασία των παραγόμενων RDF/SRF για

παραγωγή ενέργειας και (στ) τη διαχείριση των υπολειμμάτων από όλα τα προηγούμενα στάδια. Οι επιμέρους εργασίες για το κάθε στάδιο παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.51 και στη συνέχεια θα εξεταστεί η οικονομική παράμετρος του σεναρίου, μέσω της διαδικασίας της ΑΚΚΖ.

Πίνακας 3.51: Εργασίες που εμπίπτουν στα επιμέρους στάδια του 3^{ου} Σεναρίου

Στάδιο	Εργασίες
Εξόρυξη θαμμένων αποβλήτων	<ul style="list-style-type: none"> • Εκσκαφή απορριμματικού ανάγλυφου για εξόρυξη αποβλήτων • Προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους για αποτροπή οποιασδήποτε περιβαλλοντικής επιβάρυνσης
Αποκατάσταση ΧΑΔΑ	<ul style="list-style-type: none"> • Εργασίες διαμόρφωσης ανάγλυφου – χωματουργικές εργασίες • Έργα τελικής κάλυψης • Έργα διαχείρισης στραγγισμάτων • Έργα διαχείρισης βιοαερίου • Έργα διαχείρισης όμβριων • Έργα υποδομής • Έργα περιβαλλοντικού ελέγχου και παρακολούθησης • Εργασίες συντήρησης και μετέπειτα φροντίδας • Μέτρα ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων.
Μηχανική Επεξεργασία	<ul style="list-style-type: none"> • Τεχνολογίες ταξινόμησης και διαχωρισμού (χειροδιαλογή, κοσκίνισμα, αεροδιαχωρισμός, βαλλιστικός διαχωρισμός, διαχωρισμός σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, διαχωρισμός βάσει συστημάτων ανίχνευσης και ταξινόμησης) • Τεχνολογίες μείωσης μεγέθους (τεμαχισμός, θρυμματισμός και άλεσμα)
Βιολογική Επεξεργασία	<ul style="list-style-type: none"> • Βιολογική ξήρανση
Θερμική Επεξεργασία	<ul style="list-style-type: none"> • Αποτέφρωση
Διαχείριση υπολειμμάτων	<ul style="list-style-type: none"> • Υγειονομική ταφή

3.7.4 Παράμετροι σχεδιασμού

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, ο καθορισμός παραμέτρων σχεδιασμού, είναι απαραίτητος κατά την εφαρμογή της ΑΚΚΖ, εφόσον αναφέρεται στη μελλοντική συμπεριφορά της επένδυσης. Έτσι είναι απαραίτητο όπως γίνουν κάποιες βασικές υποθέσεις σχετικά με το μέλλον, το οποίο είναι βοηθητικό στην ανάλυση της δομής του κόστους και της αποτίμηση του κόστους, που ακολουθεί. Επομένως πιο κάτω γίνονται παραδοχές όσον αφορά τις ποσότητες, την ποιότητα των αποβλήτων, τη δυναμικότητα σχεδιασμού εγκαταστάσεων διαχείρισης καθώς και τεχνικές και οικονομικές παραδοχές, οι οποίες θα βοηθήσουν στα περαιτέρω στάδια της οικονομικής ανάλυσης.

3.7.4.1 Εξυπηρετούμενος πληθυσμός

Όσον αφορά την παρούσα διατριβή ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός αφορά τον πληθυσμό που βρίσκεται στην επαρχία Λευκωσίας, ο οποίος αποτελείται από 8 Δήμους και 97 Κοινότητες. Από

τα τελευταία επίσημα στοιχεία της ΣΥΚ, ο πληθυσμός το έτος 2014 ήταν 329.500 κάτοικοι. Για την εκτίμηση του εξυπηρετούμενου πληθυσμού από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης/επεξεργασίας ΑΣΑ οι οποίες μελετώνται, υπήρξε πρόβλεψη της ποσοτικής εξέλιξης του πληθυσμού μέχρι το έτος 2040, στην Ενότητα 3.4.2.2 η οποία παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.52.

Πίνακας 3.52: Διαχρονική εξέλιξη εξυπηρετούμενου πληθυσμού μονάδων διαχείρισης και επεξεργασίας ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας

Έτος	Πρόβλεψη πληθυσμού
2015	331,148
2016	332,803
2017	334,467
2018	336,140
2019	337,820
2020	339,509
2021	340,188
2022	340,869
2023	341,551
2024	342,234
2025	342,918
2026	343,604
2027	344,291
2028	344,980
2029	345,670
2030	346,361
2031	347,054
2032	347,748
2033	348,443
2034	349,140
2035	349,839
2036	350,538
2037	351,239
2038	351,942
2039	352,646
2040	353,351

3.7.4.2 Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά υφιστάμενων αποβλήτων στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη

Για τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του απορριμματικού όγκου που υφίσταται στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, προηγήθηκε στην Ενότητα 3.4.2.3, εκτίμηση η οποία αναφέρει ότι οι αποθέσεις σε απόβλητα ισούνται σε 8.950.186 τόνους. Όσον αφορά την ποιοτική σύνθεση του υφιστάμενου αποθέματος αποβλήτων στο ΧΑΔΑ, έγιναν σχετικές εκτιμήσεις/παραδοχές στην Ενότητα 3.4.3.3, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.53.

Πίνακας 3.53: Εκτίμηση ποιοτικής σύνθεσης υφιστάμενων αποβλήτων ΧΑΔΑ Κοτσιάτη

Συστατικά	ΧΑΔΑ Κοτσιάτη
Χαρτί (%)	14
Πλαστικό (%)	25
Υφάσματα (%)	3,1
Ξύλο (%)	4,1
Αδρανή Υλικά (%)	6,1
Γυαλί (%)	0,5
Μέταλλα (%)	2,2
Έδαφος (%)	45

3.7.4.3 Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά παραγόμενων ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας - διαχρονική εξέλιξη

Για την εκτίμηση των ποσοτικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας, τα οποία θα χρήζουν διαχείρισης για τα επόμενα 25 χρόνια περίπου, χρησιμοποιήθηκαν οι εκτιμήσεις που έγιναν στα πλαίσια της παρούσας διατριβής και περιλαμβάνουν (α) τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας και η εξέλιξη αυτών μέχρι το έτος 2040 (Ενότητα 3.4.2.2) και (β) την εκτίμηση της ποσότητας που εκτρέπεται από το ρεύμα των αποβλήτων προς διάθεση, μέσω των προγραμμάτων ΔσΠ στην επαρχία Λευκωσίας (Ενότητα 3.4.3.2). Το υπόλοιπο που προκύπτει από τις δύο αυτές ποσότητες αποτελεί τα ΑΣΑ προς διάθεση στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.54 και αποτελούν τις ποσότητες που θα χρησιμοποιηθούν στην αποτίμηση του κόστους των εναλλακτικών σεναρίων που καθορίστηκαν.

Βάσει λοιπόν των εκτιμήσεων, που έγιναν αναμένεται ότι μέχρι το έτος 2040 ποσότητα ίση με 218,371 τόνους ΑΣΑ που θα παράγονται από την επαρχία Λευκωσίας, θα οδηγούνται για επεξεργασία στην μονάδα waste-to-energy που θα χωροθετείται στον Κοτσιάτη.

Πίνακας 3.54: Εκτίμηση ποσοτικών χαρακτηριστικών παραγόμενων ΑΣΑ προς διάθεση στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη

Έτος	Εκτίμηση Παραγωγής ΑΣΑ (τόνοι/έτος)	Εκτίμηση Ποσότητας Ανακύκλωσης ΔσΠ (τόνοι/έτος)	Εκτίμηση Ποσότητας ΑΣΑ προς διάθεση (τόνοι/έτος)
2016	257,645	71,831	185,814
2017	261,522	73,697	187,825
2018	265,458	75,629	189,829
2019	269,453	77,576	191,877
2020	273,508	79,563	193,945
2021	275,426	80,314	195,112
2022	277,357	81,071	196,286
2023	279,301	81,863	197,438
2024	281,259	82,634	198,625
2025	283,230	83,411	199,819
2026	285,216	84,196	201,020
2027	287,215	85,016	202,199
2028	289,228	85,814	203,414
2029	291,256	86,649	204,607
2030	293,298	87,461	205,837
2031	295,354	88,281	207,073
2032	297,424	89,138	208,286
2033	299,509	89,973	209,536
2034	301,609	90,845	210,764
2035	303,723	91,694	212,029
2036	305,852	92,581	213,271
2037	307,996	93,446	214,550
2038	310,155	94,349	215,806
2039	312,329	95,229	217,100
2040	314,519	96,148	218,371

Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας, τα οποία θα αποτελούν το εισερχόμενο ρεύμα αποβλήτων στην τοποθεσία Κοτσιάτη για τα επόμενα περίπου 25 χρόνια, έγιναν σχετικές εκτιμήσεις στην Ενότητα 3.4.3.2 της παρούσας διατριβής, βάσει πραγματικών δεδομένων που παρατίθενται σε σχετικές έρευνες του Υπουργείου Εσωτερικών. Βάσει αυτών πιο πάνω παρουσιάζονται στοιχεία στους Πίνακες 3.54 και 3.55 για τα έτη 2016 και 2040, όπου γίνεται εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΑΣΑ που θα καταλήγουν μελλοντικά στην τοποθεσία του Χ.Α.Δ.Α. στον Κοτσιάτη για επεξεργασία.

Πίνακας 3.55: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ προς διάθεση στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη για τα έτη 2016 και 2040

Παραγόμενα ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας	2016	2040
	Εκτίμηση Ποσότητας ΑΣΑ προς διάθεση	
ΣΥΝΟΛΟ (Χ1000 τόνοι/έτος)	185,814	218,371
Γυαλί	2,064	2,519
Χαρτί/χαρτόνι	26,890	24,540
Μέταλλα	990	1,201
Πλαστικά	25,528	30,995
Οργανικά	100,172	122,285
Ξύλο	4,560	5,567
Ύφασμα	15,588	19,028
Λοιπά	10,022	12,235

Επίσης όσον αφορά την ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ προς διάθεση, στον Πίνακα 3.56, παρουσιάζονται τα χημικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ με έτος αναφοράς το 2011 για την επαρχία Λευκωσίας, τα οποία προσδιορίστηκαν μέσω χημικής ανάλυσης στα πλαίσια μελέτης του Υπουργείου Εσωτερικών (2011β). Για σκοπούς περαιτέρω ανάλυσης γίνεται παραδοχή ότι αυτά παραμένουν τα ίδια σε προέκταση χρόνου έως το 2040.

Πίνακας 3.56: Χημικά χαρακτηριστικά των καύσιμων συστατικών των ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας (2011) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β)

	Οργανικά	Χαρτί	Πλαστικά	Ξύλο	Ύφασμά
Προσεγγιστική Ανάλυση					
Υγρασία (% κ.β.)	67.99 ± 8.97	22.57±15.13	3.82 ± 5.59	11.99	5.95
Υγρασία (μετά τη ξήρανση) (% κ.β.)	4.52 ± 2.05	2.31 ± 1.84	0.32 ± 0.30	0.80	0.19
Πτητική καύσιμη ύλη (550°C) (% κ.β.)	75.66 ± 6.48	77.26 ± 6.59	92.10 ± 7.87	82.24	87.38
Τέφρα (900 °C) (% κ.β.)	10.37 ± 7.18	10.14 ± 3.10	3.32 ± 2.69	2.16	1.27
Μόνιμος Άνθρακας (FC) (% κ.β.)	8.72 ± 4.05	9.07 ± 8.73	0.80 ± 0.27	13.70	5.40
Στοιχειακή Ανάλυση					
N (% κ.β.)	2.68 ± 0.97	0.39 ± 0.12	0.49 ± 0.27	1.95	5.41
S (% κ.β.)	0.34 ± 0.11	0.20 ± 0.11	0.32 ± 0.18	0.20	0.15
C (% κ.β.)	43.05 ± 3.49	38.73 ± 3.77	68.14 ± 15.71	47.91	56.42
Hg (% κ.β.)	0.15 ± 0.08	0.10 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.02	0.01
Cd (% κ.β.)	0.65 ± 0.30	0.25 ± 0.24	0.03 ± 0.01	0.13	0.42
C/N	17.36 ± 4.39	109.3± 37.81	171.45± 80.33	24.60	10.42
TKN (% κ.β.)	1.98 ± 1.00	0.16 ± 0.08	0.27 ± 0.21	1.91	2.70
Χλωριούχα (Cl % κ.β.)	0.63 ± 0.35	0.23 ± 0.26	0.03 ± 0.02	0.14	0.40

3.7.4.4 Δυναμικότητα σχεδιασμού εγκαταστάσεων διαχείρισης και επεξεργασίας

Οι παραδοχές δυναμικότητας σχεδιασμού των εγκαταστάσεων διαχείρισης ΑΣΑ, σχετίζονται ουσιαστικά με το 3^ο εναλλακτικό Σενάριο δημιουργίας μονάδας waste-to-energy και αφορούν τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης ή αλλιώς τα ποσοτικά όρια εφαρμογής των τεχνολογιών επεξεργασίας. Ουσιαστικά κάθε τεχνολογία επεξεργασίας και διάθεσης αποβλήτων έχει ορισμένα όρια επεξεργασμένων ποσοτήτων, εντός των οποίων η τεχνολογία είναι αποτελεσματική και οικονομικά βιώσιμη, τα οποία εξαρτώνται από τη τεχνολογία που χρησιμοποιείται και κυρίως από το λειτουργικό κόστος αυτής (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β). Τα όρια αυτά αφορούν όρια ποσοτήτων, κάτω από τα οποία η συγκεκριμένη τεχνολογία εμφανίζει υψηλό λειτουργικό κόστος, δεν υπάρχει εμπορικό σύστημα που να λειτουργεί αποδοτικά και η μονάδα θα πρέπει να υπολειτουργεί (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β). Στην Ενότητα αυτή εξετάζονται διάφορα όρια, σε σχέση με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων πρώτων υλών (ΑΣΑ) που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Η Παγκόσμια Τράπεζα (World Bank) σε μελέτη της το 1999, κάνει ορισμένες παραδοχές όσον αφορά την αποτέφρωση αποβλήτων με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Αρχικά αναφέρει ότι η ανάκτηση της θερμότητας που ελευθερώνεται από την καύση των αποβλήτων, μειώνει το κόστος της αποτέφρωσης και στη συνέχεια δίδει όρια δυναμικότητας της μονάδας, όπου σε περίπτωση ποσοτικής δυναμικότητας μικρότερης των 20.000t/έτος τότε η μονάδα είναι μη αποδοτική, ενώ σε περίπτωση ποσοτικής δυναμικότητας 20.000-60.000t/έτος υπάρχει δυνατότητα για παραγωγή θερμού νερού ή ατμού χαμηλής πίεσης και σε περίπτωση ποσοτικής δυναμικότητας μεγαλύτερης των 60.000t/έτος τότε ενδείκνυται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (World Bank, 1999). Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης η μονάδα waste-to-energy εμπίπτει στην τρίτη κατηγορία όπου ενδείκνυται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε μελέτη του Υπουργείου Εσωτερικών (2012γ), για δημιουργία Ο.Ε.Δ.Α., αναφέρεται ότι η τεχνολογία της θερμικής επεξεργασίας είναι οικονομικά αποδοτική για εγκαταστάσεις με δυναμικότητα μεγαλύτερη από 100.000 t/έτος αποβλήτων και καθαρή θερμογόνο δύναμη των προς αποτέφρωση αποβλήτων μεταξύ 7-13MJ/kg. Η Παγκόσμια Τράπεζα (1999) δε, δίνει ως ελάχιστο κριτήριο για αποτέφρωση των ΑΣΑ την τιμή 6 MJ/kg για τη μέση LCV η οποία πρέπει να ισχύει για όλες τις εποχές με ετήσιο μέσο όρο θερμογόνου δύναμης τουλάχιστον 7 MJ/kg. Ποσοτικά και ποιοτικά όρια τα οποία πληρούνται από την ανάλυση που προηγήθηκε όσον αφορά τα ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας. Ακόμα και στην περίπτωση λειτουργίας (σε αρχικό στάδιο) της μονάδας waste-to-energy με τα απόβλητα που

υφίστανται στην τοποθεσία του Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη, τα όρια αυτά επίσης καλύπτονται σε σχέση με την ανάλυση που προηγήθηκε. Στον Πίνακα 3.57 παρουσιάζονται ελάχιστα ποσοτικά όρια εφαρμογής των τεχνολογιών βιολογικής ξήρανσης και αποτέφρωσης που έχουν επιλεγεί ως μέθοδοι επεξεργασίας των ΑΣΑ στην παρούσα μελέτη για σκοπούς παραγωγής και χρήσης δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF.

Πίνακας 3.57: Ελάχιστα ποσοτικά όρια εφαρμογής τεχνολογιών βιολογικής ξήρανσης και αποτέφρωσης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

Σύστημα	Εφαρμοσμένη ποσότητα ανά έτος	Προϊόντα / Αποτελέσματα	Παρατηρήσεις / Επισημάνσεις
Βιολογική ξήρανση	>25.000 τόνων	Μέταλλα και SRF	Απαιτείται η ύπαρξη χρηστών του SRF
Αποτέφρωση	Minimum 20.000 τόνοι	Ενέργεια ή/και θερμότητα, μέταλλα	Απαιτείται ειδική διαχείριση των στερεών υπολειμμάτων

3.7.4.5 Τεχνικές και οικονομικές παραδοχές

Απαραίτητες για την οικονομική ανάλυση του κόστους των εναλλακτικών σεναρίων είναι οι τεχνικές και οικονομικές παραδοχές για βασικά στοιχεία και παραμέτρους τα οποία επηρεάζουν τη διαχείριση των ΑΣΑ Έτσι ως τεχνικές παραδοχές τίθενται οι ακόλουθες:

- Ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός όσον αφορά τη μελλοντική διαχείριση των παραγόμενων ΑΣΑ εμφανίζεται σε προηγούμενη υποενότητα, όπου υπολογίζεται περίπου στους 350.000 κατοίκους.
- Η ποσότητα των υφιστάμενων αποβλήτων που βρίσκονται στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη έχει εκτιμηθεί στην Ενότητα 3.7.4.2.
- Η ποσότητα των ΑΣΑ η οποία αναμένεται να οδηγείται για διαχείριση και επεξεργασία στην τοποθεσία Κοτσιάτη, την επόμενη 25ετία (2016-2040), εκτιμάται ως μέσος όρος των 203.217 τόνων ετησίως με μέγιστη ποσότητα να παρατηρείται το έτος 2040 η οποία ανέρχεται στους 218.371 τόνους.
- Η διαστολόγηση των εγκαταστάσεων καθώς και τα ισοζύγια μάζας που παρουσιάζονται, αφορούν το μέσο όρο των παραγόμενων ΑΣΑ για την περίοδο αξιολόγησης 2016-2040, τα οποία αντιστοιχούν στη μέση δυναμικότητα της 25ετίας, δηλαδή περίπου 200.000tn/yr.

Έτσι το κόστος επένδυσης και τα έσοδα λειτουργίας αντιστοιχούν στη μέση δυναμικότητα.

- Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τόσο των υφιστάμενων αποβλήτων όσο και των αποβλήτων που θα οδηγούνται προς επεξεργασία από την επαρχία Λευκωσίας στην τοποθεσία Κοτσιάτη έχουν εκτιμηθεί στην Ενότητα 3.7.4.3.
- Το σύνολο της παραγωγής καυσίμων RDF/SRF από τη μονάδα MBE οδηγείται στην προβλεπόμενη μονάδα θερμικής επεξεργασίας η οποία θα χωροθετείται στον ίδιο χώρο.
- Για τη διάθεση των υπολειμμάτων από τις μονάδες επεξεργασίας των ΑΣΑ θα δημιουργηθεί κατάλληλος Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (XYTY) πλησίον του χώρου εγκατάστασης των μονάδων επεξεργασίας, όπου για τη διαστολότητα του γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές: (α) η πυκνότητα του στερεού υπολείμματος τέφρας πυθμένα ισούται με $1,5\text{τόνο}/\text{m}^3$ και (β) λόγω των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του υπολείμματος αυτού η καθημερινή επικάλυψη δεν μπορεί να γίνεται με εδαφικό υλικό, γιατί είναι ελαφρύτερο υλικό, αλλά με ειδικό αφρό επικάλυψης.
- Η μονάδα waste-to-energy θα λειτουργεί 7200 ώρες ανά έτος (Consonni et al., 2005b), ητοι 24 ώρες 6 ημέρες της εβδομάδας, με αποτέφρωση του συνόλου των παραγόμενων δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF, με παραγωγή ενέργειας ίσης με 39MW/έτος ως μέσο όρο καθ' όλη τη διάρκεια της 25ετούς λειτουργίας της, μέχρι το 2040.
- Το σύνολο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης καταλήγει στο εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης.
- Το σύνολο της παραγόμενης θερμικής ενέργειας από τη μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης καταλήγει στη μονάδα επεξεργασίας και συγκεκριμένα στο στάδιο βιολογικής ξήρανσης για παραγωγή SRF.

Ομοίως, καθορίζονται και οικονομικές παραδοχές για την οικονομική ανάλυση του κόστους των εναλλακτικών επενδύσεων, ως ακολούθως:

- Υπάρχουν διαθέσιμες αγορές για την πώληση των ανακυκλώσιμων οι τιμές των οποίων ανά υλικό είναι: χαρτί €90/tn, πλαστικά €200/tn, μέταλλα €200/tn και γυαλί -€30/tn Η αρνητική τιμή για το γυαλί, αφορά την πληρωμή προς το χρήστη για την παραλαβή του (π.χ. τσιμεντοποιείο) (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012).

- Υπάρχει διαθέσιμη αγορά για την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, από την καύση των δευτερογενών καυσίμων η τιμή της οποίας υπολογίζεται σε €0,12/kWh (Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β).
- Η τιμή για τα έξοδα «Επένδυσης + Λειτουργικά Έξοδα + Απρόβλεπτα» που χρησιμοποιείται στην περίπτωση της θερμικής επεξεργασίας λαμβάνεται από το μέσο όρο της μικρής και μεγάλης μονάδας waste-to-energy (250 και 160 €/ kW_{LHV} – έτος) που χρησιμοποιείται στη μελέτη των Consonni et al., 2005b, διότι στην περίπτωση της παρούσας μελέτης η ποσότητα των εισερχόμενων ποσοτήτων δευτερογενών καυσίμων αντιστοιχεί σε μονάδα waste-to-energy μεσαίας κλίμακας.
- Στη τιμή για τα έξοδα «Επένδυσης + Λειτουργικά Έξοδα + Απρόβλεπτα» που χρησιμοποιείται, το κόστος εργασίας που υπολογίστηκε για την εκτίμηση του κόστους λειτουργίας της μονάδας waste-to-energy ανέρχεται στο ποσό των
- Η απόσβεση της επένδυσης υπολογίζεται να γίνει σταδιακά στα 25 επόμενα χρόνια λειτουργίας των μονάδων βάσει της χρονικής περιόδου των υπολογισμών που έχουν γίνει.

3.7.5 Αποτίμηση κόστους

Παρά τη λειτουργία ΧΑΔΑ, την ύπαρξη έργων αποκατάστασης ΧΑΔΑ και υφιστάμενων εγκαταστάσεων διαχείρισης, επεξεργασίας και ενεργειακής αξιοποίησης ΑΣΑ σε όλη την Ευρώπη και τον κόσμο, εντούτοις ο καθορισμός ισοδύναμου κόστους επένδυσης καθώς και λειτουργικών εξόδων για μια συγκεκριμένη λύση στον ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη, ενέχει πολλαπλές δυσκολίες. Οι δυσκολίες αυτές πηγάζουν στο γεγονός ότι τα κόστη επένδυσης μπορεί να ποικίλουν αρκετά ανάμεσα τους, λόγω των διαφορετικών τεχνικών επιλογών, κλίμακας μεγέθους, το εξωτερικό περιβάλλον, τα υφιστάμενα χαρακτηριστικά του ΧΑΔΑ (π.χ. κλιματολογικές συνθήκες, τρόπος διαχείρισης, ποιοτικά χαρακτηριστικά ΑΣΑ, υπόγειος υδροφορέας, γεωλογικά χαρακτηριστικά, σταθερότητα εδάφους, βαθμός ρύπανσης, μορφοποίηση εδάφους), τα τοπικά κόστη κατασκευών και εξοπλισμού κ.ο.κ. Εν τούτοις, παρά τις δυσκολίες, έγινε προσπάθεια αποτίμησης κόστους και για τα τρία Σενάρια ακολουθώντας δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Η πρώτη προσέγγιση αφορά την περίπτωση που η οικονομική αποτίμηση γίνεται βάση πρόβλεψης με τη χρήση ιστορικών ή εμπειρικών δεδομένων τοπικής (εθνικής) κλίμακας και η δεύτερη προσέγγιση γίνεται βάσει της γνώμης εμπειρογνομόνων, μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχουν πραγματικά δεδομένα ή γνωμοδότηση (Laperriere et al., 2014). Και οι δύο περιπτώσεις στηρίζονται σε παραδοχές οι οποίες καταγράφονται στην Ενότητα 3.7.4.5.

3.7.5.1 Σενάριο 1: Συνέχεια λειτουργίας Χ.Α.Δ.Α. χωρίς έργα αποκατάστασης

Η οικονομική αποτίμηση του Σεναρίου 1 (μηδενική λύση), το οποίο αφορά τη συνέχεια της λειτουργίας του ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, χωρίς έργα αποκατάστασης, αφορά ουσιαστικά το λειτουργικό κόστος του ΧΑΔΑ, το οποίο αποτελείται από το κόμιστρο που καταβάλλεται ως κόστος απόρριψης στο ΧΑΔΑ, ανά τόνο αποβλήτων και κυμαίνεται από €3-5 ανά απορριφθέντα τόνο αποβλήτων. Βάσει λοιπόν του ανώτατου κόμιστρου, δηλαδή €5/τόνο, έγιναν εκτιμήσεις για το κόστος λειτουργίας του ΧΑΔΑ σε περίπτωση συνέχειας της λειτουργίας του μέχρι το έτος 2040, με δεδομένα τις εκτιμήσεις της εξέλιξης της ποσότητας των παραγόμενων ΑΣΑ στην επαρχία Λευκωσίας, που ενδέχεται να καταλήγουν για διάθεση στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη. Βάσει αυτών δημιουργήθηκε ο Πίνακας 3.58 στον οποίο παρουσιάζεται η εκτίμηση του κόστους συνέχειας της λειτουργίας του ΧΑΔΑ. Σημειώνεται ότι στο κόστος δεν συμπεριλαμβάνονται το κόστος συλλογής και μεταφοράς των ΑΣΑ στην τοποθεσία Κοτσιάτη, το οποίο χρεώνεται από τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης στα νοικοκυριά και το κόστος από τις κυρώσεις που επιβάλλει η Ε.Ε. από τη συνέχεια της λειτουργίας του Χ.Α.Δ.Α. Από τον Πίνακα 3.58 βλέπουμε ότι το κόστος λειτουργίας του ΧΑΔΑ στην τοποθεσία Κοτσιάτη εξελίσσεται από €743,255, το έτος 2016, σε €873,485, το έτος 2040 με συνολικό κόστος από το 2016 έως το 2040 €20,321,735. Συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη λύση το κόστος που καταγράφεται είναι σχετικά πολύ μικρότερο από την εφαρμογή οποιασδήποτε εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΣΑ, για αυτό εξάλλου και η ανεξέλεγκτη απόρριψη άκμασε αρχικά με όλες τις συνεπακόλουθες επιπτώσεις.

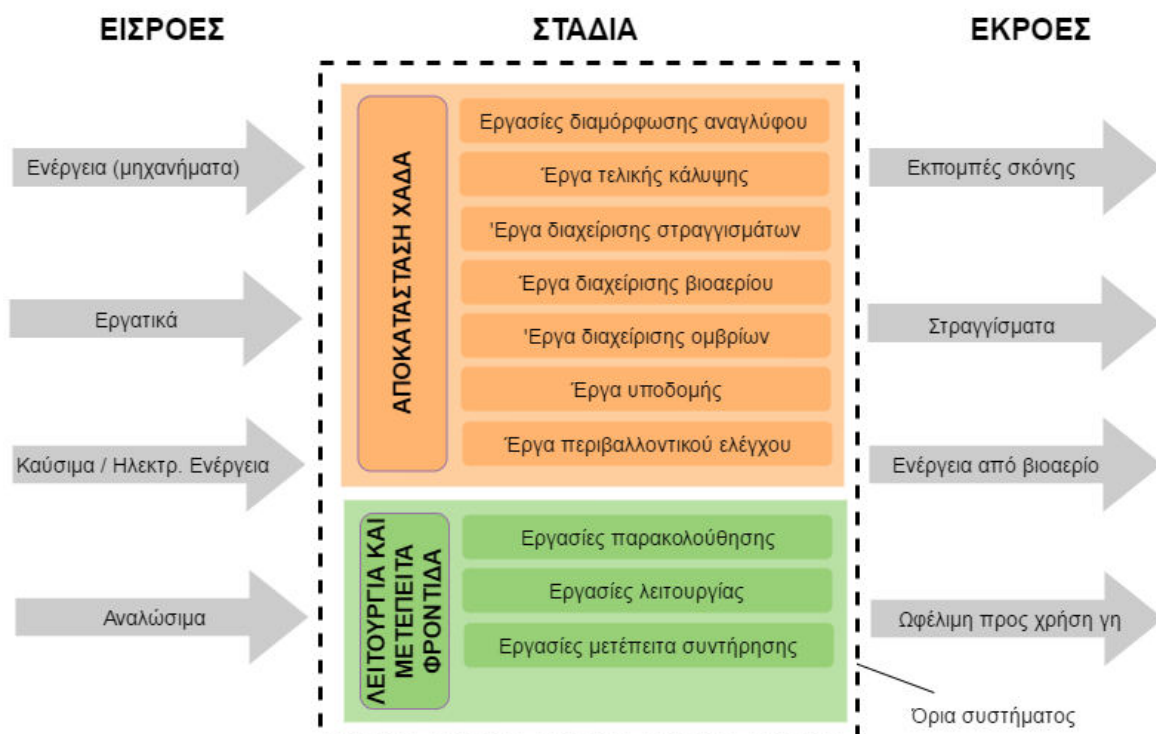
Πίνακας 3.58: Εκτίμηση κόστους απόρριψης ΑΣΑ στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη στην επαρχία Λευκωσίας για τα έτη 2016-2040.

Έτος	Εκτίμηση ποσότητας ΑΣΑ ΧΑΔΑ Κοτσιάτη (80%) (τόνοι/έτος)	Κόστος απόρριψης στο ΧΑΔΑ (€)	Εκτίμηση κόστους απόρριψης στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη (€)
2016	148,651	€5	€ 743,255
2017	150,260	€5	€ 751,300
2018	151,863	€5	€ 759,315
2019	153,502	€5	€ 767,510
2020	155,156	€5	€ 775,780
2021	156,090	€5	€ 780,450
2022	157,029	€5	€ 785,145
2023	157,950	€5	€ 789,750
2024	158,900	€5	€ 794,500
2025	159,855	€5	€ 799,275
2026	160,816	€5	€ 804,080
2027	161,759	€5	€ 808,795
2028	162,731	€5	€ 813,655
2029	163,686	€5	€ 818,430
2030	164,670	€5	€ 823,350
2031	165,658	€5	€ 828,290
2032	166,629	€5	€ 833,145
2033	167,629	€5	€ 838,145
2034	168,611	€5	€ 843,055
2035	169,623	€5	€ 848,115
2036	170,617	€5	€ 853,085
2037	171,640	€5	€ 858,200
2038	172,645	€5	€ 863,225
2039	173,680	€5	€ 868,400
2040	174,697	€5	€ 873,485
		ΣΥΝΟΛΟ:	€20,321,735

3.7.5.2 Σενάριο 2: Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. χωρίς τη δημιουργία μονάδας waste-to-energy

Το δεύτερο Σενάριο, ουσιαστικά αποτελεί την υιοθέτηση της μέχρι τώρα κυβερνητικής τακτικής στην αποκατάσταση του Χ.Α.Δ.Α. στην τοποθεσία Κοτσιάτη. Οι τεχνικοί παράμετροι αποκατάστασης που λαμβάνονται υπόψη είναι οι ίδιοι όσον αφορά τις μεθόδους αποκατάστασης που ήδη υιοθετήθηκαν και περιγράφονται αναλυτικά στην Ενότητα 3.7.3.2. Έτσι για την αποτίμηση του κόστους του εν λόγω εναλλακτικού Σεναρίου, λαμβάνονται υπόψη οι τεχνικές προδιαγραφές αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. με σημαντικό δυναμικό κινδύνου, όπως αυτές περιγράφονται στη σχετική μελέτη του Υπουργείου Εσωτερικών (2010). Για την αποτίμηση του

κόστους της εναλλακτικής αυτής επένδυσης, δύο είναι οι παράμετροι που πρέπει να εκτιμηθούν. Η πρώτη αφορά το κόστος αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. και η δεύτερη το κόστος λειτουργίας και μετέπειτα φροντίδας του Χ.Α.Δ.Α. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 3.10 το οποίο αποτελεί ένα απλοποιημένο διάγραμμα του Κύκλου Ζωής του ερευνώμενου σεναρίου, στο οποίο προσδιορίζονται οι εισροές, εκροές και τα όρια του συστήματος τα οποία λαμβάνονται υπόψη στην οικονομική αποτίμηση.



Διάγραμμα 3.10: Ανάλυση κύκλου ζωής 2ου σεναρίου

Βάσει του Διαγράμματος 3.10 ακολουθεί ανάλυση των επιμέρους εργασιών και η αποτίμηση του κόστους αυτών, στον Πίνακα 3.59, όπου οι τιμές μονάδος που χρησιμοποιήθηκαν είναι από πρόσφατη μελέτη του Υπουργείου Εσωτερικών (2012) και όπου υπήρχαν ελλείψεις λήφθηκαν τιμές μονάδος από εργολάβους που δραστηριοποιούνται στην Κύπρο με κύκλο εργασιών που συμπεριλαμβάνει παρόμοια δημόσια τεχνικά έργα. Τέλος όσον αφορά το κόστος λειτουργίας και μετέπειτα φροντίδας έγιναν αναλογικές εκτιμήσεις κόστους, βάσει της οικονομικής ανάλυσης της μελέτης αποκατάστασης των Χ.Α.Δ.Α. των επαρχιών Λάρνακας – Αμμοχώστου που διεξήχθη από το Υπουργείο Εσωτερικών (2010), ως ακολούθως:

- Κόστος παρακολούθησης 16 Χ.Α.Δ.Α. (12 μήνες) συνολικής έκτασης 752,5 στρεμμάτων: €187.800/752,5 στρέμματα \approx €250/στρέμμα
- Κόστος λειτουργίας – συντήρησης 16 Χ.Α.Δ.Α. (12 μήνες) συνολικής έκτασης 752,5 στρεμμάτων: €144.000/752,5 στρέμματα \approx €190/στρέμμα
- Κόστος παρακολούθησης Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη (12 μήνες) συνολικής έκτασης 765,8 στρεμμάτων: 765,8 στρέμματα * €250/ στρέμμα \approx €191.450
- Κόστος λειτουργίας – συντήρησης Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη (12 μήνες) συνολικής έκτασης 765,8 στρεμμάτων: 765,8 στρέμματα * €190/στρέμμα \approx €145.502

Σημειώνεται ότι η μετέπειτα φροντίδα και συντήρηση του χώρου, επιβάλλεται από την Ε.Ε. (Οδηγία 1999/31/ΕΚ) και την Κυπριακή Νομοθεσία (Ν.215(Ι)/2002) για διάστημα χρονικής περιόδου 30 ετών. Επομένως για σκοπούς αποτίμησης κόστους, προστίθεται μια προσαύξηση της τάξης του 4% ετησίως (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010) για το κόστος λειτουργίας και μετέπειτα φροντίδας του αποκατεστημένου Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη.

Πίνακας 3.59: Αποτίμηση κόστους Σεναρίου 2 - αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Συνέντευξη με εργολάβο**)

Διεργασίες	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)*	Δαπάνη (€)
Εργασίες διαμόρφωσης αναγλύφου				
Χωματουργικές εργασίες διαμόρφωσης	m ³	382.900	3,50*	1.340.150
Έργα τελικής κάλυψης				
Στρώση εξομάλυνσης (0,3μ.)	m ³	226.740	6,00*	1.360.440
Στρώση εκτόνωσης βιοαερίου (0,3μ.)	m ³	226.740	6,00*	1.360.440
Γεώφασμα διαχωρισμού - προστασίας	m ²	765.800	2,10*	1.608.180
Στρώση στεγανοποίησης (0,5μ.)	m ³	382.900	11,00*	4.211.900
Στρώση αποστράγγισης όμβριων (0,5μ.)	m ³	382.900	14,00*	5.360.600
Γεώφασμα διαχωρισμού	m ²	765.800	1,80*	1.378.440
Εδαφικό υλικό (1μ)	m ²	765.800	10,00**	7.658.000
Έργα διαχείρισης στραγγισμάτων				
Δίκτυο συλλογής και μεταφοράς στραγγισμάτων, φρεάτια συλλογής	τεμάχιο	7	290.000*	2.030.000
Εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων και υγρών αποβλήτων	τεμάχιο	7	1.200.000*	8.400.000
Έργα διαχείρισης βιοαερίου				
Δίκτυο συλλογής και φρεάτια	τεμάχιο	7	220.000	1.540.000
Πυρσός καύσης	τεμάχιο	7	80.000	560.000
Έργα διαχείρισης ομβρίων				
Σκυρόδεμα περιμετρικής τάφρου	m ³	1.190	160,00*	190.400
Εκσκαφή περιμετρικής τάφρου	m ³	5.040	5,20*	26.208
Έργα υποδομής				
Φυλάκιο εισόδου	τεμάχιο	1	20.000*	20.000
Πύλη εισόδου	τεμάχιο	1	4.000*	4.000
Πληροφοριακή πινακίδα	τεμάχιο	1	1.000**	1.000
Περίφραξη	Τρέχον μ.	3.600	30,00*	108.000
Πυροπροστασία (φωλέες, πυροσβεστήρες)	τεμάχιο	1	1.000*	1.000
Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις	τεμάχιο	2	120.000*	240.000
Δεξαμενή άρδευσης-ύδρευσης-πυρόσβεσης	τεμάχιο	1	16.000*	16.000
Έργα πρασίνου	τεμάχιο	10	20.000*	200.000
Έργα οδοποιίας	τεμάχιο	1	500.000**	500.000
Έργα περιβαλλοντικού ελέγχου				
Γεωτρήσεις ελέγχου υπογείων υδάτων	τεμάχιο	6	1.500**	9.000
Γεωτρήσεις ελέγχου βιοαερίου	τεμάχιο	16	1.700**	27.200
Μάρτυρες παρακολούθησης καθιζήσεων	τεμάχιο	20	3.500**	70.000
Εργασίες παρακολούθησης	έτη	30		10.737.461
Εργασίες λειτουργίας - συντήρησης	έτη	30		8.160.471
Απρόβλεπτα – Λοιπές εργασίες	%	5	57.118.890	2.855.945
ΣΥΝΟΛΟ:				€59.974.835

Εναλλακτικά, για σκοπούς αποτίμησης κόστους του εν λόγω εναλλακτικού Σεναρίου, θα χρησιμοποιηθούν οι εκτιμήσεις κόστους αποκατάστασης και μετέπειτα φροντίδας – συντήρησης Χ.Α.Δ.Α. οι οποίες έγιναν στα πλαίσια της σχετικής μελέτης αποκατάστασης των ΧΑΔΑ στις επαρχίες Λάρνακας – Αμμοχώστου από το Υπουργείο Εσωτερικών (2010). Συγκεκριμένα βάσει του καθορισμού των έργων εξυγίανσης που ενδεχομένως να απαιτούνται στο ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη, λόγω της μεγάλης έκτασης και της μακροχρόνιας λειτουργίας του που

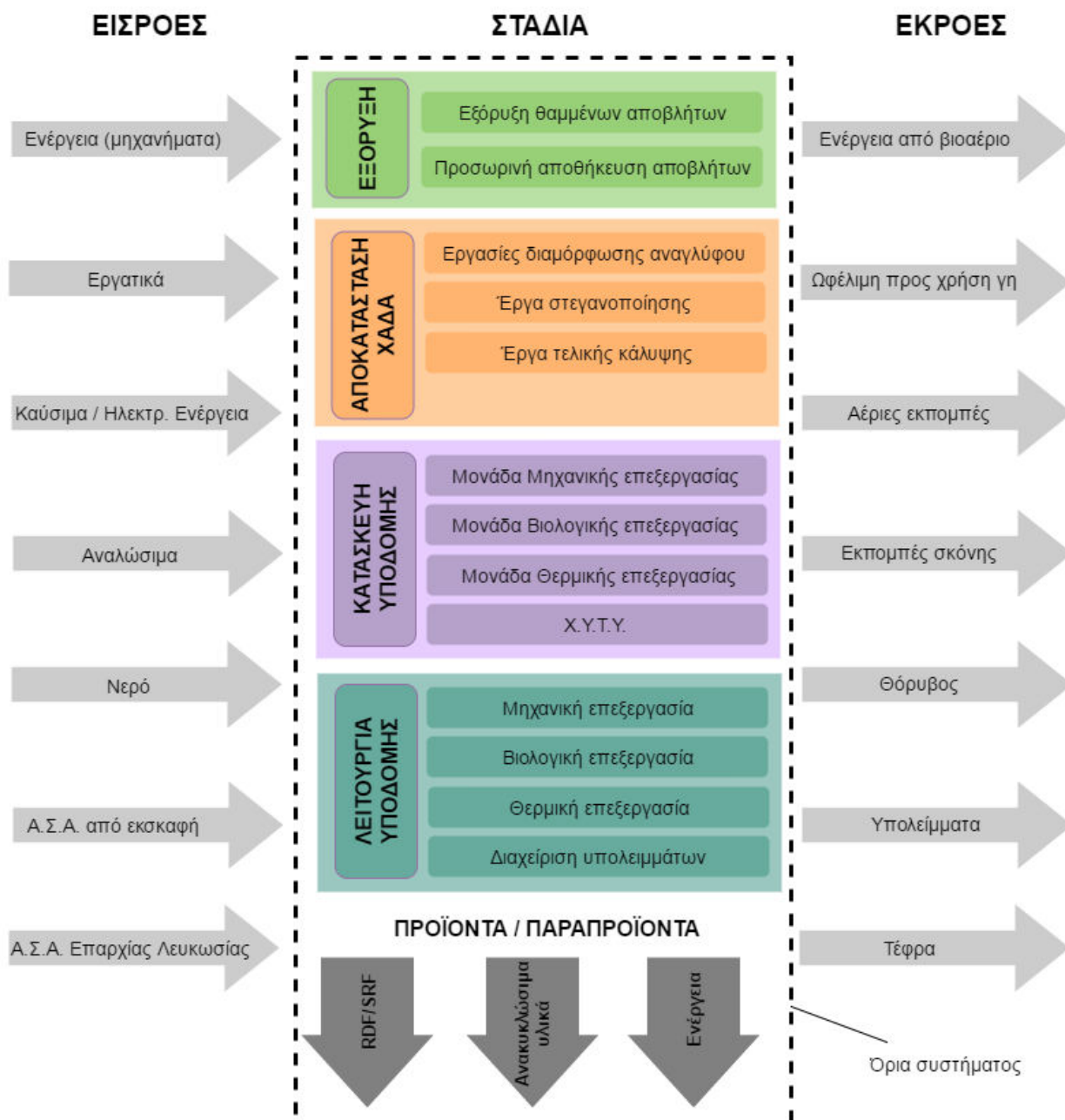
καθορίζονται, θα ληφθεί υπόψη το κόστος αποκατάστασης και μετέπειτα φροντίδας και παρακολούθησης το οποίο υπολογίστηκε για το Χ.Α.Δ.Α. Τερσεφάνου, όπου το κόστος αποκατάστασης ανέρχεται στο ποσό των €59,475.73 ανά στρέμμα (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010) και το κόστος συντήρησης στο ποσό των €33.600 ανά στρέμμα για 12 μήνες χωρίς την προσαύξηση της τάξης του 4% ετησίως (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010), η οποία συνυπολογίστηκε για σκοπούς εκτίμησης, ως ακολούθως:

- Κόστος επένδυσης αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α. Τερσεφάνου συνολικής έκτασης 183 στρεμμάτων: €10.884.058/183 στρέμματα \approx €59.475/στρέμμα
- Κόστος λειτουργίας – συντήρησης Χ.Α.Δ.Α. Τερσεφάνου (12 μήνες) συνολικής έκτασης 183 στρεμμάτων για 30 χρόνια με προσαύξηση της τάξης του 4% ετησίως: €33.600 ετησίως * 30 χρόνια \approx €1.884.454
- Συνολικό κόστος αποκατάστασης και λειτουργίας-συντήρησης Χ.Α.Δ.Α. Τερσεφάνου συνολικής έκτασης 183 στρεμμάτων: €10.884.058 + €1.884.454 = €12.768.512
- Συνολικό κόστος αποκατάστασης και λειτουργίας-συντήρησης Χ.Α.Δ.Α. Τερσεφάνου συνολικής έκτασης 183 στρεμμάτων: €12.768.512 / 183 στρέμματα = €69.773 / στρέμμα
- Κόστος επένδυσης αποκατάστασης και λειτουργίας-συντήρησης Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη συνολικής έκτασης 765,8 στρεμμάτων: €69.773/στρέμμα * 765,8 στρέμματα \approx **€53.432.385**

3.7.5.3 Σενάριο 3: Αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. με δημιουργία μονάδας waste-to-energy

Μέσω της ΑΚΚΖ, προσδοκάται η κάλυψη του οικονομικού πυλώνα της βιωσιμότητας του 3ού σεναρίου, όπου η αποκατάσταση του Χ.Α.Δ.Α Κοτσιάτη συνοδεύεται με την κατασκευή μονάδας waste-to-energy, η οποία δέχεται ετερογενή δευτερογενή καύσιμα από ΑΣΑ που προέρχονται από την αποκατάσταση του Χ.Α.Δ.Α. και στη συνέχεια από τα ΑΣΑ που παράγονται στην επαρχία Λευκωσίας. Για την αποτίμηση του κόστους της εναλλακτικής αυτής επένδυσης, δύο είναι οι παράμετροι που πρέπει να εκτιμηθούν. Η παράμετρος του κόστους εξόρυξης των αποβλήτων και αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. και η παράμετρος του κόστους της μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης η οποία αποτελεί το άθροισμα του κόστους κατασκευής και λειτουργίας της μονάδας. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκε το απλοποιημένο διάγραμμα κύκλου ζωής (Διάγραμμα 3.11), όπου οι δύο παράμετροι, χωρίζονται σε τέσσερα στάδια, προσδιορίζοντας παράλληλα τις εισροές, εκροές, προϊόντα και παραπροϊόντα του συστήματος καθώς και τα όρια αυτού, ως ακολούθως:

- Στάδιο εξόρυξης Χ.Α.Δ.Α (Extraction phase): εξαγωγή πρώτων υλών (αποβλήτων) και προσωρινή αποθήκευση αυτών μέχρι την επεξεργασία τους
- Στάδιο αποκατάστασης ΧΑΔΑ (Restoration phase): αποκατάσταση Χ.Α.Δ.Α. βάσει των διεργασιών που καταγράφηκαν σε προηγούμενη Ενότητα (.....)
- Στάδιο κατασκευής υποδομής (Construction phase): κατασκευή μονάδων επεξεργασίας ΑΣΑ καθώς και Χ.Υ.Τ.Υ. για τη διάθεση των υπολειμμάτων από τη διαδικασία επεξεργασίας
- Στάδιο λειτουργίας υποδομής (Operation phase): κατανάλωση πρώτων υλών, καυσίμων/ ηλεκτρικής ενέργειας, νερού και αναλώσιμων.



Διάγραμμα 3.11: AKKZ 3^{ου} σεναρίου

Για την αποτίμηση του κόστους του κάθε σταδίου καθώς και των προϊόντων και παραπροϊόντων από την όλη διαδικασία, θα χρησιμοποιηθούν στοιχεία από παρόμοιες μελέτες που έχουν εκπονηθεί τα τελευταία έτη στην Κυπριακή δημοκρατία, οι οποίες περιέχουν κόστη εργασιών τα οποία αντικατοπτρίζουν την κυπριακή πραγματικότητα, σε συνδυασμό με τις παραμέτρους σχεδιασμού που έχουν καταγραφεί στην Ενότητα 3.7.4.

Στάδιο εξόρυξης:

Η εξόρυξη αφορά την εκσκαφή του συνολικού όγκου των απορριμμάτων που έχουν ταφεί μέχρι σήμερα στο Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη καθώς και της επίχωσης της περιοχής με κατάλληλο υλικό. Οι εργασίες οι οποίες θα πραγματοποιηθούν περιλαμβάνουν χωματουργικές εργασίες καθαρισμού Χ.Α.Δ.Α. από τα απόβλητα με τη χρήση μηχανικών μέσων (εκσκαφή) καθώς και στρώσεων ρυπασμένου εδάφους (υπόβαθρο απορριμμάτων), συγκέντρωση αποβλήτων υλικών σε χώρο προσωρινής αποθήκευσης και χωματουργικές εργασίες προμήθειας, φορτοεκφόρτωσης, μεταφοράς και επίχωσης δανείων εδαφικού υλικού με σκοπό την επαναπλήρωση των σκαμμάτων που θα προκύψουν μετά την απομάκρυνση των απορριμμάτων και του ρυπασμένου εδάφους. Η αποτίμηση του κόστους αυτών δίνεται αναλυτικά στον Πίνακα 3.60.

Πίνακας 3.60: Αποτίμηση κόστους σταδίου εξόρυξης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Τιμές από εργολάβο**)

Διεργασίες	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)*	Δαπάνη (€)
Εκσκαφές εξόρυξης αποβλήτων	m ³	710.000	3,50*	2.485.000
Μεταφορά εκσκαφέντων αποβλήτων σε χώρο προσωρινής αποθήκευσης	m ³	710.000	1,50**	1.065.000
Επιχώσεις σε στρώσεις με υλικό που προκύπτει από την εκσκαφή (20%)	m ³	142.000	4,00*	568.000
Προμήθεια κατάλληλου υλικού επίχωσης	m ³	568.000	12,00**	6.816.000
Επιχώσεις σε στρώσεις με κατάλληλο υλικό	m ³	568.000	4,00*	2.272.000
ΣΥΝΟΛΟ:				€13.206.000

Στάδιο αποκατάστασης Χ.Α.Δ.Α.

Το στάδιο της αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. διαφέρει από το προηγούμενο σενάριο αποκατάστασης, δια το λόγο ότι ο απορριμματικός όγκος του Χ.Α.Δ.Α. έχει απομακρυνθεί. Επομένως οι δαπάνες αποκατάστασης θα είναι μικρότερες (Πίνακας 3.61), σε σχέση με το ολοκληρωμένο σενάριο αποκατάστασης (Frandegard et al., 2015), το οποίο σημαίνει λιγότερες διεργασίες εξυγίανσης και αποκατάστασης. Επιπρόσθετα με τη χρήση υλικού από την εκσκαφή για την επίχωση του σκάμματος οδηγεί στην αποφυγή ενός επιπλέον κόστους, ακόμα και αν αυτό το κόστος είναι μικρό σε σχέση με τη συνολική επένδυση. Η αποκατάσταση του Χ.Α.Δ.Α. στην περίπτωση εξόρυξης των αποβλήτων, αφορά εργασίες διαμόρφωσης ανάγλυφου, εγκατάστασης κατώτερης επένδυσης διαχωριστικής στρώσης στεγάνωσης και κατασκευή επιφανειακής κάλυψης (Frandegard et al., 2015), τα οποία αναλύονται ως ακολούθως:

- Εργασίες διαμόρφωσης ανάγλυφου: χωματουργικές εργασίες με στόχο τη διαμόρφωση ανάγλυφου, το οποίο θα αποτελεί υπόβαθρο για την τοποθέτηση των στρώσεων τελικής κάλυψης.
- Στρώση στεγανοποίησης: πάχους 0,3 μ. και συντελεστή διαπερατότητας $k \leq 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, η οποία θα αποτελείται από συμπιεσμένο εδαφικό υλικό (αργιλικό χώμα ή ισοδύναμο συνδυασμό) παρέχοντας στεγανότητα ως προς την κατείδυση των υδάτων στα υποκείμενα απορρίμματα και πάνω από την οποία θα τοποθετηθεί μεμβράνη HDPE (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010).
- Στρώση επιφάνειας: εδαφικό υλικό συνολικού ελαχίστου πάχους 1 μ. αποτελούμενο από εδαφικό υλικό κορυφής (φυτόχωμα ελαχίστου πάχους 0,2μ.) ή/και κατάλληλο εδαφικό υλικό πλήρωσης πάχους 0,8μ. (Υπουργείο Εσωτερικών, 2010).
-

Πίνακας 3.61: Αποτίμηση κόστους σταδίου αποκατάστασης (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Τιμές από εργολάβο**))

Διεργασίες	Μονάδα Μέτρησης	Ποσότητα	Τιμή Μονάδος (€)*	Δαπάνη (€)
Χωματουργικές εργασίες διαμόρφωσης	m ³	382.900	3,50*	1.340.150
Στρώση στεγανοποίησης	m ³	226.740	6,00*	1.360.440
Προμήθεια και τοποθέτηση μεμβράνης HDPE	m ²	765.800	7,00*	5.360.600
Στρώση επιφάνειας	m ²	765.800	10,00**	7.658.000
ΣΥΝΟΛΟ:				15.719.190

Κατασκευή Υποδομής

Το στάδιο κατασκευής υποδομής μονάδας waste-to-energy, περιλαμβάνει την κατασκευή τριών μονάδων επεξεργασίας ΑΣΑ και ενός χώρου ταφής των υπολειμμάτων επεξεργασίας (ΧΥΤΥ) από τη μονάδα μηχανικής επεξεργασίας και της θερμικής επεξεργασίας (τέφρα πυθμένα). Ο σχεδιασμός της μονάδας waste-to-energy, βασίστηκε στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ επαρχίας Λευκωσίας, ωστόσο η λειτουργία της μονάδας, χωρίζεται σε δύο φάσεις. Αρχικά η μονάδα θα λειτουργήσει για επεξεργασία των ΑΣΑ που θα έχουν εξορυχτεί από το Χ.Α.Δ.Α. Κοτσιάτη ως μέρος της αποκατάστασης αυτού και στη συνέχεια για επεξεργασία των παραγόμενων ΑΣΑ από την επαρχία Λευκωσίας. Όσον αφορά τα υφιστάμενα απόβλητα του Χ.Α.Δ.Α. δεν υπάρχουν στοιχεία για την ποιοτική τους σύσταση και ο σχεδιασμός μιας αντίστοιχης μονάδας αποκλειστικά για την επεξεργασία τους δεν είναι οικονομικά βιώσιμο.

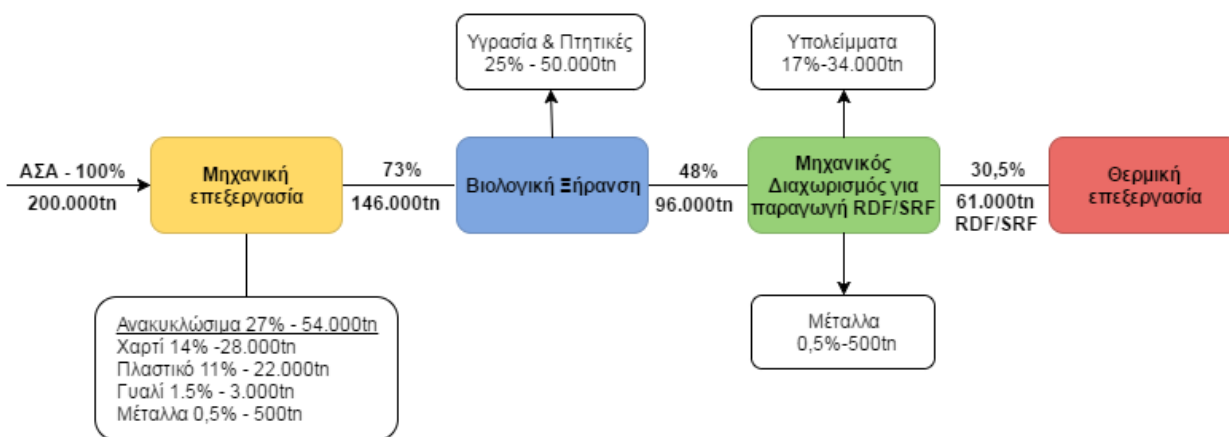
Επομένως η καλύτερη λύση είναι η προσθήκη ενός σταδίου προ-επεξεργασίας των εν λόγω αποβλήτων πριν οδηγηθούν στη μονάδα MBE με στόχο την παραγωγή δευτερογενών καυσίμων.

Η επιλογή του τρόπου προ-επεξεργασίας των αποβλήτων, ακολούθησε το παράδειγμα της μεθόδου που ακολουθήθηκε στην εξόρυξη του X.Y.T.A. Remo στο Βέλγιο, τα απαραίτητα στάδια της οποίας αναφέρονται στη μελέτη των Quaghebeur et al., (2013), δηλαδή κοσκίνισμα για διαχωρισμό υλικών κατά μέγεθος, διαχωρισμός ανά κατηγορίες και βιολογική ξήρανση προς εξάτμιση της υγρασίας. Έτσι αφού από τα εξορυχθέντα απόβλητα αφαιρείται σημαντικό ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας, με τη μέθοδο ξήρανσης (70°C για 48 ώρες), ακολουθεί κοσκίνισμα (18mm), για διαχωρισμό του εδαφικού υλικού το οποίο υπολογίζεται ότι αποτελεί το 20% των εκσκαφέντων υλικών το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ως υλικό επίχωσης κατά την διαδικασία πλήρωσης της εκσκαφής (Frandegard et al., 2015; Zhou et al., 2015), χειροδιαλογή (πλαστικά, υφάσματα, ξύλο, χαρτί/χαρτόνι, γυαλί/κεραμικά, μέταλλα, πέτρες κ.α.) και κοσκίνισμα (50mm) για διαχωρισμό του μεγάλου μεγέθους κλάσματος αποβλήτων (>50mm) το οποίο μπορεί να αποτεφρωθεί άμεσα και του μεσαίου μεγέθους κλάσματος (18-50mm) το οποίο μπορεί να αποτεφρωθεί με την προσθήκη επιπρόσθετου καυσίμου (Hogland et al., 2011).

Από τη διαδικασία προ-επεξεργασίας επιτυγχάνεται: (α) η απομάκρυνση της υγρασίας με στόχο την αύξηση της θερμογόνου δύναμης και τη δυνατή μετέπειτα αφαίρεση του υλικού κάλυψης με το οποίο καλύφθηκαν τα απόβλητα πριν την ανασκαφή (Hogland et al., 2011), (β) η απομάκρυνση του λεπτόκοκκου κλάσματος (<18mm) το οποίο δε μπορεί να αποτεφρωθεί λόγω της χαμηλής θερμογόνου δύναμης αυτού και την πολύ υψηλή περιεκτικότητά του σε τέφρα (Hogland et al., 2011), (γ) ο διαχωρισμός των αποβλήτων από πλαστικά, προσμίξεις, υπερμεγέθη και ξένα σώματα μέσω της χειροδιαλογής και (δ) ο διαχωρισμός του άμεσα καύσιμου κλάσματος με το κλάσμα το οποίο πιθανό να χρήζει προσθήκης καυσίμου για την αποτελεσματική καύση του. Το οικονομικό κόστος της διαδικασίας προ-επεξεργασίας και ο απαραίτητος μηχανολογικός εξοπλισμός αυτής, εντάσσεται στο σχεδιασμό της μονάδας MBE, επομένως δεν προϋποθέτει επιπρόσθετο κόστος κεφαλαίου.

Για την αποτίμηση κόστους της προβλεπόμενης μονάδας waste-to-energy, είναι αναγκαίες οι εκτιμήσεις ροής της μάζας των υλικών ανάμεσα στις διάφορες διεργασίες επεξεργασίας. Για αυτό,

από τα αποτελέσματα των ερευνών των Οικονομόπουλος (2007) και Εconoμοπουλος (2010), δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 3.12 στο οποίο εμφανίζεται το ισοζύγιο μάζας της μονάδας ανά έτος, το οποίο χρησιμοποιεί τη μέση δυναμικότητα της μονάδας για την εκτίμηση των υπολογισμών μάζας.



Διάγραμμα 3.12: Διάγραμμα ροής με ισοζύγια μάζας για την προβλεπόμενη μονάδα waste-to-energy

Η εκτίμηση του κόστους κατασκευής της υποδομής όσον αφορά τις βασικές υποδομές της μονάδας waste-to-energy (Πίνακας 3.62) καθώς και του κόστους της μονάδας MBE (Πίνακας 3.63) και ΧΥΤΥ (Πίνακας 3.64) θα ακολουθήσει το παράδειγμα των μελετών του Υπουργείου Εσωτερικών για κατασκευή Ο.Ε.Δ.Α. στις επαρχίες Λευκωσίας και Λεμεσού, όπου γίνεται αναλογική προσαρμογή στη διαστολότητα των εγκαταστάσεων βάσει των εκτιμήσεων για τα εισερχόμενα ΑΣΑ, όπου στην επαρχία Λευκωσίας υπολογίστηκαν σε 199.802 τόνους/έτος και στην επαρχία Λεμεσού σε 191.569 τόνοι/έτος. Βάσει της παρούσας μελέτης η εκτίμηση εισερχόμενων ΑΣΑ στη μονάδα waste-to-energy υπολογίστηκε σε 200.000 τόνους/έτος ως μέσος όρος.

Πίνακας 3.62: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής μονάδας επεξεργασίας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

Έργα	Επαρχία Λευκωσίας Δαπάνη (€)	Επαρχία Λεμεσού Δαπάνη (€)	Εκτίμηση Δαπάνης (€)
Εκσκαφές διαμόρφωσης επιπέδου	-----	€2.205.000	€500.000
Επιχώσεις διαμόρφωσης επιπέδου	-----	€715.000	-----
Έργα περιβάλλοντος χώρου (ασφαλτοστρώσεις κ.α.)	-----	€40.000	-----
Εξοπλισμός υγιεινής και ασφάλειας	-----	€5.500	-----
Φυλάκιο εισόδου	€20.000	€32.000	€25.000
Κτίριο διοίκησης	€160.000	€360.000	€260.000
Κτίριο συντήρησης οχημάτων - μηχανημάτων	-----	€180.000	-----
Γεφυροπλάστιγγα	€20.000	€50.000	€35.000
Έκπλυση τροχών	€16.000	-----	-----
Συνεργείο - πλυντήριο	€140.000	€240.000	€190.000
Δεξαμενή ύδρευσης	€10.000	€6.000	€8.000
Δεξαμενή άρδευσης - πυρόσβεσης	€10.000	€95.000	€20.000
Αποθήκη καυσίμων	€9.000	€60.000	€30.000
Κτίριο Η/Ζ	€50.000	-----	-----
Πύλη εισόδου - εξόδου	€4.000	€5.000	€4.500
Περίφραξη	€63.000	€165.000	€114.000
Έργα ύδρευσης	€60.000	-----	€60.000
Έργα αποχέτευσης	€40.000	-----	€40.000
Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, Η/Ζ	€120.000	€715.000	€417.500
Έργα πυροπροστασίας	€50.000	-----	€50.000
Έργα αντικεραυνικής προστασίας	€30.000	-----	€30.000
Λοιπά έργα υποδομής	€150.000	-----	-----
Έργα πρασίνου – δίκτυο άρδευσης	-----	€25.000	€25.000
Χώρος αναμονής Α/Φ	-----	€30.000	€30.000
Πληροφοριακές πινακίδες	-----	€10.000	€10.000
Έργα εσωτερικής οδοποιίας	-----	€838.400	€500.000
Τεχνητή λίμνη συγκέντρωσης όμβριων υδάτων	-----	€704.700	-----
ΣΥΝΟΛΟ:	€952.000	€6.521.600	€2.349.000

Πίνακας 3.63: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής μονάδας μηχανικής επεξεργασίας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

Έργα	Επαρχία Λευκωσίας Δαπάνη (€)	Επαρχία Λεμεσού Δαπάνη (€)	Εκτίμηση Δαπάνης (€)
Εργασίες προετοιμασίας χώρου	-----	€3.100.000	€1.000.000
Χωματουργικές εργασίες	-----	€2.142.500	-----
Κτίριο μηχανικής επεξεργασίας	€15.000.000	€12.555.000	€14.000.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας	€20.000.000	€12.262.500	€15.000.000
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός - Αυτοματισμοί	€1.500.000	€1.480.000	€1.500.000
Πυρασφάλεια και συστήματα ελέγχου	€3.000.000	-----	€1.500.000
Έργα αντιρρύπανσης	-----	€900.000	€900.000
Κινητός εξοπλισμός	€1.940.000	€1.035.000	€1.500.000
Σύστημα προσωρινής αποθήκευσης RDF	€400.000	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ:	€41.840.000	€30.375.000	€35.400.000

Πίνακας 3.64: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής μονάδας βιολογικής επεξεργασίας (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

Έργα	Επαρχία Λευκωσίας Δαπάνη (€)	Επαρχία Λεμεσού Δαπάνη (€)	Εκτίμηση Δαπάνης (€)
Χωματουργικές εργασίες	-----	€847.500	-----
Κτίριο βιολογικής επεξεργασίας	-----	€9.800.000	€9.800.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας βιοζήρανσης	€12.000.000	€5.500.000	€8.000.000
Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός - Αυτοματισμοί	€1.500.000	€2.070.000	€1.500.000
Έργα αντιρρύπανσης	-----	€1.500.000	€1.500.000
Σύστημα προσωρινής αποθήκευσης SRF	€400.000	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ:	€13.900.000	€19.717.500	€20.800.000

Όσον αφορά το κόστος της μονάδας θερμικής επεξεργασίας η οποία προβλέφθηκε στην παρούσα μελέτη εκτιμάται σύμφωνα με παρόμοιες μελέτες για έργα παρόμοιας υποδομής και επεξεργασίας ότι το κόστος κατασκευής της θα ανέρχεται στα €300 εκατομμύρια ευρώ. Ακολούθως στον Πίνακα 3.65 γίνεται κοστολόγηση της υποδομής του ΧΥΤΥ, όπου εκτιμάται ότι το 17% της συνολικής ποσότητας ΑΣΑ που θα εισέρχονται στη μονάδα waste-to-energy θα αποτελούν τα ετησία υπολείμματα προς διάθεση της μονάδας, τα οποία ποσοτικοποιούνται στην τιμή των 34.000 τόνων ανά έτος λειτουργίας της μονάδας, με απαίτηση χώρου 1 m³ για κάθε 1,5 τόνο υπολείμματος. Οι τιμές οι οποίες λήφθηκαν καθώς και η ανάλυση των εργασιών ακολουθούν το παράδειγμα των τεχνοοικονομικών μελετών του Υπουργείου Εσωτερικών για την κατασκευή Ο.Ε.Δ.Α. στην επαρχία Λευκωσίας και Λεμεσού, στις οποίες συμπεριλαμβάνεται η κατασκευή

ΧΥΤΥ για 21.708 και 13.778 τόνους υπολειμμάτων αντίστοιχα. Επομένως βάσει των μελετών που έχουν γίνει καθώς και των τεχνικών παραδοχών υπολογίζεται η απαιτούμενη χωρητικότητα του ΧΥΤΥ, με βάση 25 χρόνια λειτουργίας (34.000tn * 25 έτη = 850.000tn) σε:

$$850.000\text{tn} \div 1,5\text{tn/m}^3 = 566.666\text{m}^3 \approx 600.000 \text{ m}^3 \text{ (25 έτη)} \approx 30 \text{ στρέμματα}$$

Με βάση, λοιπόν των τεχνικών παραδοχών της παρούσα μελέτης η ελάχιστη έκταση η οποία απαιτείται για υγειονομική ταφή 600.000 m³ υπολειμμάτων ανέρχεται σε 30 στρέμματα, η οποία αναμένεται ότι θα λαμβάνει χώρο στο αποκατεστημένο πλέον ΧΑΔΑ Κοτσιάτη (765,8 στρέμματα), με βασικά έργα κατασκευής υποδομής τα ακόλουθα:

- (α) Χωματοουργικές εργασίες διαμόρφωσης με εκσκαφές και επιχωματώσεις / καλύψεις υπολειμμάτων
- (β) Έργα στεγανοποίησης για δημιουργία ισχυρού στεγανού υπόβαθρου
- (γ) Έργα διαχείρισης στραγγισμάτων, με κατάλληλο δίκτυο συλλογής και μεταφοράς για διοχέτευση των στραγγισμάτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας
- (δ) Έργα αντιπλημμυρικής προστασίας, με κατασκευή περιμετρικής τάφρου
- (ε) Έργα περιβαλλοντικού ελέγχου με γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων και βιοαερίου και
- (στ) Κινητός εξοπλισμός για μεταφορά, απόθεση και συμπίεση υπολειμμάτων.

Πίνακας 3.65: Εκτίμηση αποτίμησης κόστους έργων υποδομής χώρου υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Υ.) (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

Έργα	Επαρχία Λευκωσίας Δαπάνη (€)	Επαρχία Λεμεσού Δαπάνη (€)	Εκτίμηση Δαπάνης (€)
Χωματοουργικές εργασίες	€2.101.020	€1.097.500	€3.200.000
Έργα στεγανοποίησης	€1.522.970	€1.305.150	€3.000.000
Έργα διαχείρισης στραγγισμάτων	€1.490.000	€900.000	€2.000.000
Έργα αντιπλημμυρικής προστασίας	€982.944	€172.800	€1.500.000
Έργα περιβαλλοντικού ελέγχου	€480.000	€200.000	€750.000
Κινητός εξοπλισμός	€500.000	€600.000	€1.100.000
Δοκιμαστική δμηνή λειτουργία	€150.000	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ:	€7.226.934	€4.275.450	€11.550.000

Βάσει του Πίνακα 3.65 εκτιμάται ότι το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του ΧΥΤΥ για 25 έτη θα αναλογεί σε €13,6/τόνο αποβλήτων το οποίο συγκριτικά με τη μελέτη των Frandegard et al. (2015) η οποία εξελίσσεται στη Σουηδία, η εκτίμηση κόστους κατασκευής ΧΥΤΥ ανέρχεται σε €12/τόνο αποβλήτων. Επίσης στον Πίνακα 3.66 συγκεντρώνεται το συνολικό κόστος του κόστους υποδομής για το 3^ο σενάριο, όπου υπολογίστηκε περίπου στα €400 εκατομμύρια.

Πίνακας 3.66: Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους υποδομής 3^{ου} σεναρίου

A/A	Στάδιο	Κόστος
1	Εξόρυξη	€13.206.000
2	Αποκατάσταση ΧΑΔΑ	€15.719.190
3	Κατασκευή Υποδομής	
3α	Υποδομή κατασκευής	€2.349.000
3β	Μονάδα Μηχανικής Επεξεργασίας	€35.400.000
3γ	Μονάδα Βιολογικής Επεξεργασίας	€20.800.000
3δ	Μονάδα Θερμικής Επεξεργασίας	€300.000.000
3ε	Κατασκευή ΧΥΤΥ	€11.550.000
	ΣΥΝΟΛΟ:	€399.024.1090

Λειτουργία Υποδομής

Για την εκτίμηση του λειτουργικού κόστους των επιμέρους μονάδων επεξεργασίας που αφορούν το 3^ο Σενάριο, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία όσον αφορά το ετήσιο λειτουργικό κόστος των επιμέρους μονάδων, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.67, όπου το μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος εμφανίζεται στη θερμική μονάδα επεξεργασίας και το συνολικό κόστος ανέρχεται περίπου σε €21 εκατομμύρια ανά έτος.

Πίνακας 3.67: Οικονομικό κόστος επιμέρους σταδίων 3^{ου} σεναρίου (Υπουργείο Εσωτερικών, 2012*; Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β)

A/A	Στάδιο	Κόστος
1	Μονάδα Μηχανικής Επεξεργασίας	€5.000.000/έτος
2	Μονάδα Βιολογικής Επεξεργασίας	€2.000.000/έτος
3	Μονάδα Θερμικής Επεξεργασίας	€13.500.000/έτος
4	Κατασκευή ΧΥΤΥ	€600.000/έτος
	ΣΥΝΟΛΟ:	€21.100.000/έτος

3.7.6 Συμπεράσματα

Στόχος της ΑΚΚΖ ήταν ο υπολογισμός του οικονομικού κόστους δημιουργίας μιας μονάδας waste-to-energy ως μέθοδος αποκατάστασης του ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, έναντι άλλων μεθόδων αποκατάστασης. Στα πλαίσια μελέτης δόθηκαν τρία εναλλακτικά σενάρια των οποίων το κόστος διαφέρει σημαντικά. Καταρχήν το Σενάριο 1 το οποίο περιγράφει τη μηδενική λύση έχει και το μικρότερο κόστος με €20.321.735 και αφορά τη συνέχεια της λειτουργίας του ΧΑΔΑ ως σήμερα έως το έτος 2040. Το Σενάριο 2 αφορά την υιοθέτηση του τρόπου αποκατάστασης που μέχρι τώρα ακολουθήθηκε για άλλους ΧΑΔΑ στην Κύπρο του οποίου το κόστος υπολογίστηκε με δύο τρόπους σε €53.432.385 και €59.974.835 και αφορά την αποκατάσταση και συντήρηση του έργου για ορισμένο χρονικό διάστημα. Το Σενάριο 3, αφορά την εξόρυξη των υφιστάμενων αποβλήτων, την αποκατάσταση αυτού με τη μέθοδο που ακολουθήθηκε στο Σενάριο 2 και ακολούθως η δημιουργία μονάδας επεξεργασίας με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων η οποία ενέχει το σημαντικό κόστος εξόρυξης/αποκατάστασης/κατασκευής των €399.024.1090 και συντήρησης €21.100.000/έτος μέχρι ο 2040.

Δεδομένου της επιλογής μιας από τις επενδύσεις, θεωρείται σκόπιμο η εξέταση της οικονομικής βιωσιμότητας του Σεναρίου 3 δεδομένου του υψηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας το οποίο εμπεριέχει. Έτσι δημιουργήθηκε ο Πίνακας 3.68 ο οποίος περιλαμβάνει το κόστος κατασκευής, κόστος λειτουργίας καθώς και τα έσοδα της μονάδας από την ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών και παραγωγή ενέργειας. Από την ανάλυση του Πίνακα 3.68 φαίνεται ότι τα έσοδα της μονάδας θερμικής επεξεργασίας από την παραγωγή ενέργειας €15.360.000/έτος μπορούν να καλύψουν το λειτουργικό κόστος της μονάδας ανά έτος (€9.386.200/έτος) καθώς και το λειτουργικό κόστος του ΧΥΤΥ (€2.720.000/έτος) καθώς και σχεδόν ολόκληρο το κόστος των λειτουργικών εξόδων της μονάδας ΜΒΕ. Επομένως διαφαίνεται ότι η μονάδα waste-to-energy η οποία προτείνεται στο Σενάριο 3 είναι οικονομικά βιώσιμη εφόσον υπάρξει κάλυψη μέρους του κεφαλαίου επένδυσης για την κατασκευή της μονάδας και μειωθεί το κόστος απόσβεσης. Αυτό είναι εφικτό μέσα από τους επιλέξιμους στόχους της ευρωπαϊκής πολιτικής για χρηματοδότηση έργων.

Πίνακας 3.68: Εξέταση οικονομικής βιωσιμότητας Σεναρίου 3

ΜΒΕ επεξεργασία - Παραγωγή SRF/RDF		
Έξοδα	Εισερχόμενο ρεύμα ΑΣΑ	200,000 tn/year
	Απόσβεση επένδυσης	€12 /tn
	Λειτουργικά έξοδα	€35 /tn
Συνολικό κόστος παραγωγής RDF/SRF		€9.400.000/year
Έσοδα	Ανακυκλώσιμα υλικά – χαρτί	14,000 tn/year
	Έσοδα από πώληση ανακυκλώσιμου - χαρτί	€ 90 /tn
	Ανακυκλώσιμα υλικά – πλαστικό	11,500 tn/year
	Έσοδα από πώληση ανακυκλώσιμου - πλαστικό	€ 200 /tn
	Ανακυκλώσιμα υλικά – γυαλί	1,500 tn/year
	Έσοδα από πώληση ανακυκλώσιμου - γυαλί	-€ 30 /tn
	Ανακυκλώσιμα υλικά – μέταλλα	1,000 tn/year
	Έσοδα από πώληση ανακυκλώσιμου - μέταλλα	€ 200 /tn
	Συνολικά έσοδα από πώληση ανακυκλώσιμων	€3.715.000 /year
	Συνολικό κόστος μονάδας ΜΒΕ	€5.685.000 /year
	Συνολικό κόστος μονάδας ΜΒΕ	€28,5/tn treated
Θερμική επεξεργασία RDF/SRF		
Έξοδα	Εισερχόμενο ρεύμα RDF/SRF	61,000 tn/year
	Συνολική ισχύ καύσης	39,04 MW _{LHV}
	Επένδυση + Λειτουργικά έξοδα	€205 / kW _{LHV} – έτος
	Συνολικό κόστος ανά έτος	8.003.200 / year
	Αντιδραστήρια	€3 /tn combusted
	Συνολικό κόστος ανά έτος	€183.000 /year
	Εργατικό δυναμικό	40 Άτομα
	Κόστος εργατικού δυναμικού	30,000 €/άτομο - έτος
	Συνολικό κόστος εργατικού δυναμ. ανά έτος	€1.200.000 /year
Έσοδα	Ηλεκτρική ενέργεια	640 kWh/t combusted
	Παραγωγή	128,000 MWh/year
	Έσοδα από πωλήσεις	12 ¢cent/kWh
	Συνολικά έσοδα από πώληση ηλεκτ. ενέργειας	€15.360.000 /year
Λειτουργία ΧΥΤΥ		
	Κόστος ανά τόνο αποβλήτων	€13,6 /tn
	Συνολικό κόστος ανά έτος	€2.720.000 /year
Συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος μονάδας waste-to-energy		7992,36 M€year
Λειτουργικό κόστος μονάδας waste-to-energy ανά τόνο		144,6 €/ tn combusted

Εν κατακλείδι μέσα από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε μπορούμε να δούμε ότι η επίτευξη του πρωταρχικού στόχου για υπολογισμό του οικονομικού κόστους δημιουργίας μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης (waste-to-energy) ως μέθοδος αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α. στην περιοχή Κοτσιάτη της επαρχίας Λευκωσίας, έναντι άλλων εναλλακτικών λύσεων που υφίστανται

ή προγραμματίζονται συνήθως ως μέθοδοι αποκατάστασης από την κυπριακή δημοκρατία, έχει επιτευχθεί. Επίσης μεταξύ άλλων έχουν επιτευχθεί και οι επιμέρους στόχοι, όπου προσδιορίστηκαν: (α) το οικονομικό κόστος στην περίπτωση συνέχειας της λειτουργίας του ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, εξαιρουμένου των νομοθετικών κυρώσεων που επιβάλλονται σε αυτή την περίπτωση από την Ε.Ε. και (β) το οικονομικό κόστος στην περίπτωση αποκατάστασης του Χ.Α.Δ.Α., με τη μέθοδο αποκατάστασης που ακολουθήθηκε από την κυπριακή δημοκρατία στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Πάφου.

3.8 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων – Επιλογή επένδυσης

Από τα τρία σενάρια που αναπτύχθηκαν, τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης που προηγήθηκε δεικνύουν τα ακόλουθα:

(α) Το κόστος της μηδενικής λύσης που περιγράφει το Σενάριο 1 ανέρχεται στα €20 εκατομμύρια. Η επιλογή του εμφανίζεται ως η πιο οικονομική λύση, εντούτοις οφείλουμε να αναφερθούμε ότι ο κόστος που υπολογίστηκε αφορά μόνο το κόστος λειτουργίας. Στην περίπτωση συνέχειας της λειτουργίας του ΧΑΔΑ, θα υπάρχουν οικονομικές κυρώσεις από την Ε.Ε. λόγω μη συμμόρφωσης της Κυπριακής δημοκρατίας με την ευρωπαϊκή πολιτική.

(β) Το κόστος του Σεναρίου 2, το οποίο ανέρχεται περίπου στα €57 εκατομμύρια (μέσος όρος υπολογισμών) αφορά την αποκατάσταση του ΧΑΔΑ βάση της μέχρι τώρα πολιτικής αποκατάστασης που ακολουθήθηκε σε άλλες επαρχίες. Το Σενάριο αυτό είναι σύμφωνο με τις ευρωπαϊκές πολιτικές, εντούτοις όμως παραδίδει μια έκταση γης η οποία δεν αποφέρει οποιαδήποτε άλλα οφέλη στη δημοκρατία. Το κόστος σε αυτή την περίπτωση είναι σημαντικό για μια επένδυση χωρίς περαιτέρω οφέλη.

(γ) Το Σενάριο 3, η οποία είναι και το ερευνώμενο θέμα της παρούσας διατριβής, αποτελεί την πιο επιβαρυνόμενη οικονομικά λύση με κόστος επένδυσης περίπου €400 εκατομμύρια και λειτουργικό κόστος €21 εκατομμύρια ανά έτος λειτουργίας. Προτείνει μια σειρά έργων που αφορούν την εξόρυξη των υφιστάμενων αποβλήτων, την αποκατάσταση του ΧΑΔΑ και τη δημιουργία μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης των υφιστάμενων ΑΣΑ και των παραγόμενων μελλοντικά από την επαρχία Λευκωσίας, προσφέροντας μια μέθοδο διαχείρισης η οποία είναι σύμφωνη με τις ευρωπαϊκές και εθνικές πολιτικές η οποία δίνει λύση σε πολλαπλά θέματα – προβλήματα διαχείρισης αποβλήτων στην κυπριακή δημοκρατία και είναι οικονομικά βιώσιμη εφόσον υπάρχει

κάλυψη μέρους της επένδυσης από εξωτερικούς πόρους το οποίο είναι εφικτό. Επίσης προσφέρει τα οφέλη μιας οικονομικά αποδοτικής επένδυσης, η οποία μπορεί να προσφέρει σημαντικά έσοδα, εφόσον αποσβεστεί το κόστος επένδυσης. Επίσης μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αποφόρτιση του εθνικού δικτύου ηλεκτροδότησης, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες.

Με μια πρώτη ματιά το Σενάριο 1 είναι το επικρατέστερο από οικονομικής άποψης μεταξύ των τριών εναλλακτικών σεναρίων επένδυσης που αναγνωρίστηκαν στη μεθοδολογία της οικονομικής ανάλυσης που επιλέχθηκε. Συγκρίνοντας όμως και τα τρία σεναρία από οικονομικής απόψεως μπορούμε να δούμε ότι ο 3^ο σενάριο μπορεί να απαιτεί μεγαλύτερους οικονομικούς πόρους εντούτοις όμως είναι το μόνο που μπορεί να αποφέρει έσοδα μακροχρόνια καθώς επίσης και να έχει όλα τα πλεονεκτήματα του Σεναρίου 2 με πιο χαμηλό κόστος αποκατάστασης. Η πιο απλοποιημένη περίπτωση είναι η επιλογή του οικονομικότερου σεναρίου, υπάρχουν όμως και άλλα κριτήρια που επηρεάζουν την τελική επιλογή τα οποία ίσως δεν είναι εύκολα μετρήσιμοι (π.χ. πολιτικοί, περιβαλλοντικοί παράγοντες, ελαχιστοποίηση κινδύνου) και δεν περιλαμβάνονται στους στόχους της παρούσας μελέτης. Παρόλα αυτά η ΑΚΚΖ που πραγματοποιήθηκε παρέχει σημαντικές πληροφορίες που μπορούν να υποστηρίξουν τη διαδικασία λήψης αποτελεσματικών αποφάσεων (Στεφανίδη, 2009).

Για την επιλογή της βέλτιστης λύσης ανάμεσα στα 3 Σενάρια που έχουν δοθεί, λαμβάνεται υπόψη η πολιτική που ακολουθείται στην Ε.Ε. όσον αφορά έργα προς χρηματοδότηση, όπου η οικονομική ανάλυση αξιολογεί κατά πόσον το έργο έχει θετική συμβολή στην κοινωνία και επομένως αξίζει χρηματοδότησης, όπου λαμβάνεται υπόψη στα επιλεγμένα έργα ίσως τα κοινωνικά οφέλη και η αύξηση της κοινωνικής ευημερίας υπερβαίνουν του οικονομικού κόστους ενός έργου. Έτσι με άξονα τις πιο κάτω παραμέτρους γίνεται επιλογή του Σεναρίου 3, για τους λόγους ότι:

- Ικανοποιεί της απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής και εθνικής νομοθεσίας όσον αφορά τη διαχείριση αποβλήτων.
- Συμπεριλαμβάνει εγκαταστάσεις και διεργασίες οι οποίες εξασφαλίζουν την άρτια περιβαλλοντικά, οικονομικά και τεχνολογικά διαχείριση των απορριμμάτων.
- Μεγιστοποιεί την εθνική απόδοση στους δείκτες της ανακύκλωσης και της ανάκτησης υλικών.

- Επιτυγχάνετε εξάλειψη εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και κατ' επέκταση οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ως αποτέλεσμα της παύσης λειτουργίας του ΧΑΔΑ και της διάθεσης υπολειμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής.
- Τα έργα διαχείρισης υγρών αποβλήτων στη νέα μονάδα (εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων από το ΧΥΤΥ)- διασφαλίζουν την προστασία της ανθρώπινης υγείας και περιβάλλοντος.
- Γίνεται εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας μέσω της ανακύκλωσης. Συγκεκριμένα η ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών και η παραγωγή SRF/RDF συμβάλει στην εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας.
- Δημιουργία ενέργειας από καύσιμα τα οποία δεν ενέχουν οικονομικό κόστος απόκτησης
- Αντιμετώπιση αποβλήτων ως πόρο βάσει της ευρωπαϊκής πολιτικής η οποία οραματίζεται ότι μέχρι το 2020 τα απόβλητα θα αντιμετωπίζονται ως πόρος και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα καλύπτουν το 20% του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας

Κεφάλαιο 4

Συζήτηση - Συμπεράσματα - Εισηγήσεις

4.1 Εισαγωγή

Στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης διεξάγεται συζήτηση όσον αφορά τα αποτελέσματα του τρίτου κεφαλαίου, ως προς τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν. Παρατίθενται οι αδυναμίες και οι περιορισμοί στους οποίους υπόκειται η μεθοδολογία, τα δεδομένα και τα αποτελέσματα που διεξήχθησαν. Ακολούθως παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και δίνονται εισηγήσεις και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

4.2 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διατριβής, όπως διατυπώθηκε στην Ενότητα 3.2, ήταν η έκβαση αποτελέσματος ως προς τη δυνατότητα δημιουργίας μονάδας παραγωγής ενέργειας (waste-to-energy) στην Κύπρο, με ανάκτηση «ενεργειακών πόρων» από τους υφιστάμενους Χ.Α.Δ.Α., ως μέθοδος αποκατάστασης τους και κατά πόσο η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμη. Με βάση τα αποτελέσματα και τη συζήτηση η οποία προηγήθηκε, θεωρείται ότι ο σκοπός της μελέτης έχει επιτευχθεί, μέσω της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε και το αποτέλεσμα είναι θετικό ως προς το ερώτημα που τέθηκε.

Με μελέτη περίπτωσης το ΧΑΔΑ στην τοποθεσία Κοτσιάτη στην επαρχία Λευκωσίας, χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών για την εκτίμηση της δυνατότητας δημιουργίας δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF με κατάλληλα ποιοτικά κριτήρια τα οποία τέθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διατριβής. Εφόσον η εκτίμηση έδειξε ότι υπάρχει αυτή η δυνατότητα, τότε καθορίστηκε το πλαίσιο επεξεργασίας των αποβλήτων με συγκεκριμένα βήματα μηχανικής, βιολογικής και θερμικής επεξεργασίας για την κατασκευή μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης (waste-to-energy). Έπειτα με τη χρήση της οικονομικής ανάλυσης AKKZ, και την αναγνώριση εναλλακτικών επενδύσεων οι οποίες μελετήθηκαν ως προς την οικονομική τους παράμετρο, διαφάνηκε ότι η δημιουργία μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη, αποτελεί μια βέλτιστη λύση η οποία λόγω των εσόδων που μπορεί να έχει, μπορεί να υποστηρίξει τόσο το λειτουργικό της κόστος όσο και το κόστος της επένδυσης εφόσον υπάρξει μερική χρηματοδότηση, το οποίο κρίθηκε εφικτό.

Τα αποτελέσματα της διατριβής υποδεικνύουν ότι η υλοποίηση του έργου, συνιστά μια παρέμβαση στην Κύπρο η οποία θα συμβάλει σημαντικά στην ολοκληρωμένη διαχείριση των απορριμμάτων στην επαρχία Λευκωσίας και κατ' επέκταση στην ποιότητα ζωής των κατοίκων. Οι απαιτήσεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το κλείσιμο και αποκατάσταση των ενεργών ΧΑΔΑ θα επιτευχθούν με αποφυγή για επιβολή περαιτέρω οικονομικών κυρώσεων στην κυπριακή δημοκρατία. Σημαντικό μέρος των ευρημάτων της διατριβής είναι επίσης ο προσδιορισμός των βασικών τεχνικών απαιτήσεων επεξεργασίας των αποβλήτων για την επίτευξη των ποιοτικών κριτηρίων παραγωγής δευτερογενών καυσίμων RDF/SRF που τέθηκαν, για τη βιωσιμότητα της ενεργειακής εγκατάστασης, η οποία διαφάνηκε μέσα από την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων.

Η εκπόνηση της παρούσας μελέτης και τα αποτελέσματα αυτής, εφόσον στηρίζονται σε πραγματικά δεδομένα, μπορούν να αποτελέσουν μέρος της διαδικασίας λήψης αποφάσεων για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων στην επαρχία Λευκωσίας καθώς και σε εθνικό επίπεδο εφόσον υπάρξουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις στα δεδομένα των αποβλήτων. Δεδομένου ότι δεν έχει συναντηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία παρόμοια έρευνα καθώς και ο καθορισμός κριτηρίων για την παραγωγή RDF/SRF υπάρχει σε ελάχιστα κράτη σε παγκόσμιο επίπεδο, η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί πρωτοπόρο έρευνα η οποία μπορεί να αποτελέσει κατευθυντήριο

εργαλείο μεθοδολογίας για τη μελέτη της δυνατότητας ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων από ΧΑΔΑ σε άλλες περιοχές.

Τέλος αναφέρεται ότι τα αποτελέσματα της διατριβής επιβεβαιώνουν τις παγκόσμιες βιβλιογραφικές αναφορές για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων. Συγκεκριμένα σε μελέτη της Παγκόσμιας Τράπεζας (World Bank, 1999), γίνεται αναφορά στα εκτενή πλεονεκτήματα της διαδικασίας, τα οποία αντικρούονται εμποδίζοντας την ευρεία εφαρμογή της, παράγοντες όπως το υψηλό επενδυτικό κόστος, η πολυπλοκότητα της τεχνικής διαδικασίας η οποία απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό, τα ειδικά ποσοτικά και ποιοτικά κριτήρια που απαιτούνται (π.χ. θερμογόνος δύναμη) καθώς και η απαίτηση για ένα σταθερό και ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, σταθερές τιμές πώλησης ενέργειας και υλικών ανάκτησης. Όλα όσα αναφέρονται μπορούν να επιβεβαιωθούν από τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, για τα οποία τα αποτελέσματα υποδεικνύουν τη δυνατότητα της κατασκευής μιας μονάδας waste-to-energy στην επαρχία Λευκωσίας.

4.3 Αδυναμίες - Περιορισμοί μελέτης

Στην διεξαγωγή της διατριβής παρουσιάστηκαν αδυναμίες και περιορισμοί κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας που παρουσιάζεται στο 3^ο Κεφάλαιο, οι οποίες αναφέρονται ως ακολούθως:

- Ο υπολογισμός της θερμογόνου δύναμη έγινε μέσω υπολογιστικών μεθόδων, ενώ τα δεδομένα υπολογισμού με εργαστηριακή μέθοδο λήφθηκαν από παρόμοιες μελέτες στην Κύπρο, διότι η εκπόνηση εργαστηριακής μελέτης δεν καλύπτεται στην παρούσα μελέτη.
- Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων λήφθηκαν από παρόμοιες μελέτες του Υπουργείου Εσωτερικών, διότι η λήψη δοκιμίων και εκπόνηση εργαστηριακών αναλύσεων σε αυτά δεν καλύπτεται στην παρούσα μελέτη.
- Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τα διαθέσιμα απόβλητα στο ΧΑΔΑ Κοτσιάτη επομένως έγινε υπόθεση ότι τα χαρακτηριστικά τους μοιάζουν με αυτά των παραγομένων ΑΣΑ βάσει παραδοχών της διεθνούς βιβλιογραφίας
- Η παρούσα διατριβή αξιολογεί το ΧΑΔΑ Κοτσιάτη ως περιοχή μελέτης και όχι όλους τους ενεργούς ΧΑΔΑ στην Κύπρο (εξαιρείται ο ΧΑΔΑ στο Βατί), λόγω περιορισμών στα διαθέσιμα δεδομένα, στο χρόνο και στην έκταση της μεταπτυχιακής διατριβής.

- Για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων που τέθηκαν στα πλαίσια της ΑΚΚΖ που εφαρμόστηκε δεν έγινε η επιλογή του οικονομικότερου σεναρίου, λαμβανομένου περιβαλλοντικών, κοινωνικών και θεσμικών παραγόντων, οι οποίες παρόλο που δεν εξετάστηκαν εκτενέστερα βασίζονται σε λογικές συνθήκες και συλλογιστική.

4.4 Εισηγήσεις – Προτάσεις

Η παρούσα έρευνα διατριβής παρέχει σημαντικό εφόδιο γνώσης για την διαχείριση των αποβλήτων στην Κύπρο, ως ενεργειακό πόρο, μέσω της δημιουργίας μονάδας waste-to-energy ως μέθοδος αποκατάστασης ΧΑΔΑ. Εντούτοις λόγω των περιορισμών χρόνου και κόστους επέκτασης της παρούσας μελέτης, θεωρείται ότι υπάρχει σημαντικό έδαφος για περαιτέρω έρευνα στα ακόλουθα θέματα:

- Διεξαγωγή ποσοτικών εκτιμήσεων και ποιοτικών αναλύσεων στα υφιστάμενα απόβλητα του ΧΑΔΑ της τοποθεσίας Κοτσιάτη
- Επαλήθευση των αποτελεσμάτων ποιοτικής σύστασης και θερμογόνου δύναμης των παραγόμενων ΑΣΑ της επαρχίας Λευκωσίας μέσω εργαστηριακής μεθόδου.
- Διεξαγωγή περαιτέρω ανάλυσης της προτεινόμενης μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης και στους τρεις άξονες της αειφορίας, περιλαμβανομένου κοινωνικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων.
- Έλεγχος βαθμού συμβατότητας και πληρότητας της προτεινόμενης λύσης σε σχέση με τις νομοθετικές υποχρεώσεις της κυπριακής δημοκρατίας που απορρέουν από τις ευρωπαϊκές πολιτικές.
- Εκπόνηση λεπτομερούς μελέτης κόστους – οφέλους για την προτεινόμενη επένδυση καθώς και ανάλυσης ευαισθησίας και κινδύνου.
- Προσδιορισμός και υπολογισμός επιλέξιμου κόστους για συγχρηματοδότηση από τα ευρωπαϊκά ταμεία για την κάλυψη του κόστους επένδυσης της προτεινόμενης μονάδας waste-to-energy.
- Εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας στην περίπτωση αποκατάστασης του ΧΑΔΑ στο Βατί της επαρχίας Λεμεσού, για την έκβαση αποτελεσμάτων.
- Ανατροφοδότηση των ευρημάτων από ειδικούς και αξιοποίηση της κριτικής τους.

Παράρτημα Α

Ευρωπαϊκό Θεσμικό Πλαίσιο για τη Διαχείριση Αποβλήτων

Αριθμός Αναφοράς	Τίτλος / Περιγραφή
67/548/ΕΟΚ	Οδηγία περί προσεγγίσεως των Νομοθετικών, Κανονιστικών και Διοικητικών Διατάξεων που αφορούν την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων ουσιών.
75/439/ΕΟΚ	Οδηγία περί διάθεσης χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων.
75/442/ΕΟΚ	Οδηγία περί των στερεών αποβλήτων.
76/403/ΕΟΚ	Οδηγία περί εξάλειψης των πολυχλωροδифαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων.
76/769/ΕΟΚ	Οδηγία περί προσεγγίσεως των νομοθετικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών-μελών που αφορούν περιορισμούς κυκλοφορίας στην αγορά και χρήσεως μερικών επικίνδυνων ουσιών και παρασκευασμάτων.
78/319/ΕΟΚ	Οδηγία περί τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων.
84/631/ΕΟΚ	Οδηγία περί εποπτείας και ελέγχου της διασυνοριακής μεταφοράς επικίνδυνων αποβλήτων εντός της Ε.Ε.
85/467/ΕΟΚ	Οδηγία περί 6 ^{ης} τροποποίησης της Οδηγίας 76/769/ΕΟΚ.
87/101/ΕΟΚ	Οδηγία τροποποίησης της Οδηγίας 75/439/ΕΟΚ.
89/369/ΕΟΚ	Οδηγία σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις νέες εγκαταστάσεις καύσεις αστικών απορριμμάτων.
90/170/ΕΟΚ	Οδηγία περί αποδοχής από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα της απόφασης του Ο.Ο.Σ.Α. για τον έλεγχο της διασυνοριακής μεταφοράς επικίνδυνων αποβλήτων.
91/156/ΕΟΚ	Οδηγία για την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ.
91/157/ΕΟΚ	Οδηγία περί μπαταριών και συσσωρευτών που περιέχουν συγκεκριμένες επικίνδυνες ουσίες.
91/689/ΕΟΚ	Οδηγία για τα επικίνδυνα απόβλητα.
91/692/ΕΟΚ	Οδηγία για την τυποποίηση και τον εξορθολογισμό των εκθέσεων που αφορούν την εφαρμογή ορισμένων οδηγιών για το περιβάλλον.
93/75/ΕΟΚ	Οδηγία περί ελαχίστων προδιαγραφών, για πλοία τα οποία κατευθύνονται ή αποπλέουν από Κοινοτικούς λιμένες μεταφέροντας επικίνδυνα ή ρυπογόνα εμπορεύματα.
93/86/ΕΟΚ	Οδηγία περί προσαρμογής στην τεχνική πρόοδο της Οδηγίας 91/157/ΕΚ.

Αριθμός Αναφοράς	Τίτλος / Περιγραφή
93/98/ΕΟΚ	Απόφαση περί ελέγχου διασυνοριακών μεταφορών επικίνδυνων αποβλήτων και απόθεσης τους – Σύμβαση Βασιλείας.
259/93	Κανονισμός περί παρακολούθησης και ελέγχου των μεταφορών αποβλήτων στο εσωτερικό της Ε.Κ.
94/3/ΕΚ	Απόφαση για θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ.
94/55/ΕΚ	Οδηγία για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τις οδικές μεταφορές επικίνδυνων αποβλήτων.
94/62/ΕΚ	Οδηγία για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας.
94/741/ΕΚ	Απόφαση σχετικά με τα ερωτηματολόγια των εκθέσεων των κρατών μελών που αφορούν την εφαρμογή ορισμένων οδηγιών στον τομέα των αποβλήτων.
94/774/ΕΚ	Απόφαση σχετικά με το τυποποιημένο έγγραφο παρακολούθησης που αναφέρεται στον Κανονισμό αρ. 259/93(ΕΟΚ).
94/904/ΕΚ	Απόφαση για θέσπιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων.
96/49/ΕΚ	Οδηγία για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών-μελών σχετικά με τις σιδηροδρομικές μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων.
95/50/ΕΚ	Οδηγία σχετικά με την καθιέρωση ενιαίων διαδικασιών στον τομέα του ελέγχου των οδικών μεταφορών επικίνδυνων εμπορευμάτων.
96/59/ΕΚ	Οδηγία περί της διαθέσεως των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων.
96/61/ΕΚ	Οδηγία περί ολοκληρωμένης πρόληψης και ελέγχου της ρύπανσης.
96/82/ΕΚ	Οδηγία περί αντιμετώπισης των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες.
96/86/ΕΚ	Οδηγία περί προσαρμογής στην τεχνική πρόοδο της Οδηγίας 94/55/ΕΚ.
96/350/ΕΚ	Απόφαση για την προσαρμογή των Παραρτημάτων ΠΑ και ΠΒ της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ
98/101/ΕΚ	Οδηγία περί προσαρμογής στην τεχνική πρόοδο της Οδηγίας 91/157/ΕΚ.
1999/31/ΕΚ	Οδηγία περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων.
2000/53/ΕΚ	Οδηγία για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους.
2000/76/ΕΚ	Οδηγία για την αποτέφρωση των αποβλήτων.
2000/532/ΕΚ	Απόφαση για αντικατάσταση των Αποφάσεων 94/3/ΕΚ και 94/904/ΕΚ.
2001/68/ΕΚ	Απόφαση για θέσπιση δύο μεθόδων μέτρησης αναφοράς για τα πολυχλωροδιφαινύλια
2001/118/ΕΚ	Απόφαση για τροποποίηση της απόφασης 200/532/ΕΚ
2002/95/ΕΚ	Οδηγία περί περιορισμού της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.
2002/96/ΕΚ	Οδηγία σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα αυτών και κατάργηση της Οδηγίας 91/157/ΕΟΚ.
2003/35/ΕΚ	Οδηγία περί συμμετοχής κοινού στην κατάρτιση ορισμένων περιβαλλοντικών σχεδίων και προγραμμάτων.
2003/108/ΕΚ	Οδηγία περί τροποποίησης της Οδηγίας 2002/96/ΕΚ.
2004/12/ΕΚ	Οδηγία περί τροποποίησης της Οδηγίας 94/62/ΕΚ.
2006/21/ΕΚ	Οδηγία περί διαχείρισης των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και τροποποίησης της Οδηγίας 2004/35/ΕΚ.
2006/66/ΕΚ	Οδηγία σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών.
2006/1013/ΕΚ	Κανονισμός για τις μεταφορές αποβλήτων.
2008/12/ΕΚ	Οδηγία τροποποίησης Οδηγίας 2006/66/ΕΚ, όσον αφορά τις εκτελεστικές αρμοδιότητες που ανατίθενται στην Επιτροπή.
2008/98/ΕΚ	Οδηγία για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών.

Αριθμός Αναφοράς	Τίτλος / Περιγραφή
2008/103/EK	Οδηγία περί τροποποίησης της Οδηγίας 2006/66/EK, όσον αφορά την τοποθέτηση ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών στην αγορά.
2011/65/EE	Οδηγία για τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό.
2012/19/EE	Οδηγία για τα ΑΗΗΕ (αναδιατύπωση).
2012/50/EE	Οδηγία τροποποίησης παραρτήματος III της Οδηγίας 2011/65/EE.
2014/1/EE	Οδηγία τροποποίησης του παραρτήματος IV της Οδηγίας 2011/65/EE.
2014/69/EE	Οδηγία τροποποίησης του παραρτήματος IV της Οδηγίας 2011/65/EE.

Παράρτημα Β

Πίνακας Εναρμόνισης Κυπριακής Νομοθεσίας με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες

Ευρωπαϊκές Οδηγίες	Νόμοι και Κ.Δ.Π. Κυπριακής Νομοθεσίας
Οδηγία 75/442 του Συμβουλίου περί των Στερεών Αποβλήτων (OJL194 της 15.7.1975, σ. 39)	
Οδηγία 91/156 του Συμβουλίου για τροποποίηση της Οδηγίας 75/442 περί Στερεών Αποβλήτων (OJL078 της 26.3.1991, σ. 32)	
Απόφαση 94/3 της Επιτροπής για Θέσπιση Καταλόγου Αποβλήτων (OJL005 της 20.12.1993, σ. 15)	
Οδηγία 91/689 του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα (OJL377 της 31.12.1991, σ. 20)	
Απόφαση 94/904 του Συμβουλίου για Θέσπιση Καταλόγου Επικίνδυνων Αποβλήτων (OJL356 της 31.12.1994, σ. 14)	
Οδηγία 96/59 του Συμβουλίου για τη Διάθεση των Πολυχλωροδифαινυλίων και Πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT) (OJL243 της 24.9.1996, σ. 31)	
Οδηγία 75/439 του Συμβουλίου για τη διάθεση των Χρησιμοποιημένων Ορυκτελαίων (OJL194 της 25.7.1975, σ. 23) και τροποποιητικές Οδηγίες του Συμβουλίου 87/101 (OJL042 της 12.2.1987, σ. 43) και 91/692 (OJL377 της 31.12.1991, σ. 48)	Ο περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων Νόμος του 2002 (Ν. 215(I)/2002)
Οδηγία 91/157 του Συμβουλίου για Ηλεκτρικές Στήλες και Συσσωρευτές Ενέργειας που περιέχουν Ορισμένες Επικίνδυνες Ουσίες (OJL181 της 4.7.1986, σ. 6) και Οδηγία Εφαρμογής 93/86 της 23.10.1993, σ. 51)	
Οδηγία 96/61 του Συμβουλίου σχετικά με την Ολοκληρωμένη Πρόληψη και Έλεγχο της Ρύπανσης (OJL257 της 10.10.1996, σ. 26)	
Οδηγία του Συμβουλίου 99/31 σχετικά με την Υγειονομική Ταφή των Αποβλήτων (OJL182 της 6.2.1993, σ. 1)	
Κανονισμός 259/93 του Συμβουλίου για την Παρακολούθηση και τον Έλεγχο των Μεταφορών Αποβλήτων στο Εσωτερικό της Ευρωπαϊκής Κοινότητας καθώς και κατά την Είσοδο και Έξοδο τους (OJL030 της 6.2.1993, σ. 1)	Ο περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Τροποποιητικός) Νόμος του 2004 (Ν. 196(I)/2004)
Οδηγία 2003/35/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του	Ο περί Στερεών και Επικίνδυνων

Ευρωπαϊκές Οδηγίες	Νόμοι και Κ.Α.Π. Κυπριακής Νομοθεσίας
Συμβουλίου, της 26.5.2003, σχετικά με τη συμμετοχή κοινού στην κατάρτιση ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων που αφορούν το περιβάλλον	Αποβλήτων (Τροποποιητικός) Νόμος του 2005 (Ν. 162(I)/2005)
Τροποποίηση οδηγιών 85/337/ΕΟΚ και 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου όσον αφορά τη συμμετοχή του κοινού και την πρόσβαση στη δικαιοσύνη	
Κανονισμός (ΕΚ) αρ. 1013/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14.6.2006 για τις μεταφορές αποβλήτων Οδηγία 2006/66/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 6.9.2006, σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών.	Ο περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Τροποποιητικός) Νόμος του 2009 (Ν. 63(I)/2009)
Οδηγία 2008/12/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11.3.2008	
Οδηγία 2008/103/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19.11.2008	
Οδηγία 2006/21/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 15.3.2006, σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και την τροποποίηση της Οδηγίας 2004/35/ΕΚ.	Ο περί Διαχείρισης των Αποβλήτων της Εξορυκτικής Βιομηχανίας Νόμος του 2009 (Ν.82(I)/2009)
Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19.11.2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών	Ο περί Αποβλήτων Νόμος του 2011 (185(I)/2011)
Οδηγία 96/59 του Συμβουλίου για τη Διάθεση των Πολυχλωροδιφαινυλίων και Πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT) (OJL243 της 24.9.1996, σ. 31)	
Οδηγία 99/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26.4.1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων.	
Οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 6.9.2006 σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και την κατάργηση της Οδηγίας 91/157/ΕΟΚ	
Οδηγία 2011/65/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 6.6.2011 για τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό.	
Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1013/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14.6.2011 της Επιτροπής της 11.7.2011 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1013/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τις μεταφορές αποβλήτων, ώστε να συμπεριληφθούν ορισμένα μείγματα αποβλήτων στο παράρτημα ΠΙΑ του εν λόγω κανονισμού.	
Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19.11.2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων Οδηγιών (ΕΕ L 312 της 22.11.2008, σ. 3 έως 30)	Περί Αποβλήτων (Εντυπο Αίτησης για Χορήγηση Άδειας Διαχείρισης Αποβλήτων) Διάταγμα του 2013 (ΚΔΠ 187/2013) Περί Αποβλήτων (Γενικοί όροι Διαχείρισης Αποβλήτων για πρόσωπο που ασχολείται με Συλλογή και Μεταφορά Αποβλήτων) Διάταγμα του 2013 (ΚΔΠ 188/2013)

Ευρωπαϊκές Οδηγίες	Νόμοι και Κ.Δ.Π. Κυπριακής Νομοθεσίας
<p>Οδηγία 2009/31/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23.4.2009 σχετικά με την αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς. Τροποποίηση της Οδηγίας 85/337/ΕΟΚ του Συμβουλίου, των Οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2000/60/ΕΚ, 2001/80/ΕΚ, 2004/35/ΕΚ, 2006/12/ΕΚ, 2008/1/ΕΚ και του Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1013/2006, όπως τροποποιήθηκε από την Οδηγία 2011/92/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13.12.2011 για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημόσιων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον.</p>	<p>Περί Αποβλήτων (Τροποποιητικός) (Αρ.2) Νόμος του 2014 (Ν.55(Ι)/2014)</p>
<p>Οδηγία 96/59/ΕΚ, του Συμβουλίου της 16.9.1996 για τη διάθεση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT) (ΕΕ L 243 της 24.9.1996, σ. 31 έως 35)</p> <p>Απόφαση 2001/68/ΕΚ, της Επιτροπής της 16.1.2001 για τη θέσπιση δύο μεθόδων μέτρησης αναφοράς για τα PCB σύμφωνα με το άρθρο 10 στοιχείο (α) της Οδηγίας 96/59/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με τη διάθεση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT) (ΕΕ L 023 της 25.1.2001, σ. 31)</p>	<p>Οι περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Πολυχλωροδιαφαινύλια και Πολυχλωροτριφαινύλια (PCB/PCT) Κανονισμοί του 2002 (Κ.Δ.Π. 636/2002).</p>
<p>Οδηγία 75/439/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16.6.1975 περί διαθέσεως των χρησιμοποιούμενων ορυκτελαίων (ΕΕ L 194 της 25.7.1975, σ. 23-25)</p> <p>Οδηγία 91/692/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 23.12.1991, για την τυποποίηση και τον εξορθολογισμό των εκθέσεων που αφορούν την εφαρμογή ορισμένων οδηγιών για το περιβάλλον (ΕΕ L 377 της 31.12.1991, σ. 48-54)</p> <p>Οδηγία 2000/76/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 4.12.2000, για την αποτέφρωση των αποβλήτων (ΕΕ L 332 της 28.12.2000, σ. 91-111)</p>	<p>Ο περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Διαχείριση Χρησιμοποιημένων Ορυκτελαίων Κανονισμοί του 2002 (Κ.Δ.Π. 637/2002).</p>
<p>Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15.7.1975 περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 194 της 25.7.1975, σ. 39)</p>	
<p>Οδηγία 91/156/ΕΚ του Συμβουλίου της 18.3.1991 για την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 078 της 26.3.1991, σ. 32)</p>	
<p>Απόφαση 2000/532/ΕΚ της Επιτροπής της 3.5.2000 για αντικατάσταση της Απόφασης 94/3/ΕΚ για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1, στοιχείο (α), της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου και της Απόφασης 94/904/ΕΚ του Συμβουλίου για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατ' εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4 της Οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα (ΕΕ L 226 της 6.9.2000, σ. 0003)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Κατάλογος Αποβλήτων) Διάταγμα του 2003 (Κ.Δ.Π. 157/2003).</p>
<p>Οδηγία 75/442/ΕΚ, του Συμβουλίου περί των στερεών αποβλήτων (ΕΕ L 194 της 15.7.1975, σ. 39) η οποία και αντικαταστάθηκε από την 11013/2006/ΕΚ</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Μητρώο Αποβλήτων) Διάταγμα του 2003 (Κ.Δ.Π. 158/2003)</p>
<p>Οδηγία 91/156/ΕΚ του Συμβουλίου για την τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων (ΕΕ L 078 της 26.3.1991, σ.32)</p>	
<p>Οδηγία 91/689/ΕΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα (ΕΕ L 337 της 12.12.1991, σ. 20)</p>	

Ευρωπαϊκές Οδηγίες	Νόμοι και Κ.Δ.Π. Κυπριακής Νομοθεσίας
<p>Οδηγία 91/689/ΕΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα (ΕΕ L 337 της 12.12.1991)</p> <p>Απόφαση 94/774 της Επιτροπής σχετικά με το τυποποιημένο έγγραφο παρακολούθησης που αναφέρεται στον Κανονισμό (ΕΟΚ) αρ. 259/93 του Συμβουλίου σχετικά με την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μεταφορών αποβλήτων στο εσωτερικό της Κοινότητας καθώς και έξοδο τους (ΕΕ L 310 της 3.12.1994, σ.70)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Εντυπα Αναγνώρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων) Διάταγμα του 2003 (Κ.Δ.Π. 159/2003)</p>
<p>Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15.7.1975 περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 194 της 25.7.1975, σ.39)</p> <p>Οδηγία 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18.3.1991 για την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 078 της 26.3.1991, σ.32)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Αίτηση για Άδεια Διαχείρισης Αποβλήτων) Διάταγμα του 2003 (ΚΔΠ 160/2003).</p>
<p>Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15.7.1975 περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 194 της 25.7.1975, σ.39)</p> <p>Οδηγία 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18.3.1991 για την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 078 της 26.3.1991, σ.32)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Αίτηση για Άδεια Διαχείρισης Αποβλήτων) Διάταγμα του 2003 (ΚΔΠ 161/2003)</p>
<p>Οδηγία 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου, της 26.4.1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων (ΕΕ L 182 της 16.7.1999, σ.01-19)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Χώροι Υγειονομικής Ταφής) Κανονισμοί του 2003</p>
<p>Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15.7.1975 περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 194 της 25.7.1975, σ.39)</p> <p>Οδηγία 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18.3.1991 για την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί Στερεών Αποβλήτων (ΕΕ L 078 της 26.3.1991, σ.32)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Αίτηση για Άδεια Διαχείρισης Αποβλήτων) Διάταγμα του 2003 (ΚΔΠ 688/2003).</p>
<p>Οδηγία 2002/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27.1.2003 σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (L 037 της 13.2.2003, σ.24-39)</p>	
<p>Οδηγία 2002/95/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27.1.2003 σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (L 037 της 13.2.2003, σ.19-23)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού) Κανονισμοί του 2004 (Κ.Δ.Π. 668/2004).</p>
<p>Οδηγία 2003/108/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8.12.2003 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2002/96/ΕΚ σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (L 345 της 31.12.2003, σ.16-17)</p>	
<p>Απόφαση του Συμβουλίου της 19.12.2002 για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16, Παράρτημα II της Οδηγίας 1999/31/ΕΚ (The Landfill Directive) περί των Στερεών Αποβλήτων.</p>	<p>Περί Καθορισμού Κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων υγειονομικής ταφής αποβλήτων Διάταγμα του 2007 (Κ.Δ.Π. 282/2007).</p>
<p>Οδηγία 1999/31/ΕΚ (The Landfill Directive) του Συμβουλίου, της 26.4.1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων (ΕΕ L 182 της 16.7.1999)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Χώροι Υγειονομικής Ταφής) Τροποποιητικοί Κανονισμοί του 2007 (Κ.Δ.Π. 618/2007).</p>
<p>Οδηγία 2006/66/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 6.9.2006, σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών και με την κατάργηση της Οδηγίας 91/157/ΕΟΚ</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Ηλεκτρικές Στήλες ή Συσσωρευτές) Κανονισμοί του 2009 (Κ.Δ.Π. 125/2009).</p>

Ευρωπαϊκές Οδηγίες	Νόμοι και Κ.Δ.Π. Κυπριακής Νομοθεσίας
<p>όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 2008/12/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11.3.2008 και διορθώθηκε</p>	<p>Περί Αποβλήτων (Ηλεκτρικές Στήλες ή Συσσωρευτές) (Τροποποιητικοί) Κανονισμοί του 2012 (Κ.Δ.Π. 79/2012)</p>
<p>Κανονισμός (ΕΚ) αρ. 1013/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 14.6.2006 για τις μεταφορές αποβλήτων (ΕΕ L 190 της 12.7.2006, σ.1)</p>	<p>Περί Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού) (Τροποποιητικοί) Κανονισμοί του 2009 (Κ.Δ.Π. 378/2009).</p>
<p>Οδηγία 2011/65/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8.6.2011 για τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό (αναδιατύπωση) (ΕΕ L 174 της 1.7.2011, σ.88)</p> <p>Κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία 2012/50/ΕΕ της Επιτροπής της 10.10.2012 για την τροποποίηση του παραρτήματος ΙΙΙ της Οδηγίας 2011/65/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ L 348 της 18.12.2012, σ.16-18)</p> <p>Κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία 2014/1/ΕΕ της Επιτροπής της 18.10.2013 για την τροποποίηση του παραρτήματος ΙV της Οδηγίας 2011/65/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ L 4 της 9.1.2014, σ.45-75)</p>	<p>Περί Αποβλήτων (Περιορισμός Χρήσης Ορισμένων Επικίνδυνων Ουσιών σε Ηλεκτρικό και Ηλεκτρονικό Εξοπλισμό) Κανονισμοί του 2014 (Κ.Δ.Π. 203/2014)</p>
<p>Κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία 2014/69/ΕΕ της Επιτροπής της 13.3.2014 για την τροποποίηση με σκοπό την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο του παραρτήματος ΙV της Οδηγίας 2011/65/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ L 148 της 25.5.2014, σ.72-86)</p>	<p>Περί Αποβλήτων (περιορισμός χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό) Κανονισμοί του 2014 – Διάταγμα με βάση τον Κανονισμό 20 – (Κ.Δ.Π. 24/2015).</p>
<p>Οδηγία 2012/19/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 4.7.2012 για τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) (αναδιατύπωση) (ΕΕ L 197 της 24.7.2012, σ.38)</p>	<p>Περί αποβλήτων (απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού) Κανονισμοί του 2015 (Κ.Δ.Π. 73/2015).</p>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bessi, C., Lombardi, L., Meoni, R., Canovai, A. And Corti, A., 2016. Solid recovered fuel: An experiment on classification and potential applications. *Waste Management*, [e-journal] (47), 184-194. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15300805>> [Accessed 27 June 2016].

Caputo, A. C. and Pelagagge, P. M., 2002. RDF production plants: I Design and costs. *Applied Thermal Engineering*, [pdf] 22 (4), 423-437. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431101001004>> [Accessed 03 July 2016].

CEWEP, 2013. Energising Waste. A win-win situation. [pdf] Brussels: Confederation of European Waste-to-Energy Plants. Available at: <http://www.cewep.eu/information/publicationsandstudies/statements/ceweppublications/m_1473> [Accessed 13 April 2016].

Christensen, T.H. ed, 2010. *Solid Waste Technology and Management*, Denmark: John Wiley & Sons, Ltd.

Consonni, S., Giugliano, M. and Grosso, M., 2005a. Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste: Part A: Mass and energy balances. *Waste Management* [e-journal] 25(2), 123-135. Available through Open Athens website <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X0400159X>> [Accessed 01 September 2016].

Consonni, S., Giugliano, M. and Grosso, M., 2005b. Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste: Part B: Emission and cost estimates. *Waste Management* [e-journal] 25(2), 137-148. Available through Open Athens website <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X04001588>> [Accessed 30 August 2016].

Cossu, R., Motzo, G.M. and Laudadio, M., 1995. Preliminary study for a landfill mining project in Sardinia. In: Proceedings, *Sardinia '95, 5th International Landfill Symposium*, Cagliari, vol. III, p. 841-850.

Corana, B., Cerrajero, E., Lopez, D. and San Miguel, G, 2016. Full environmental life cycle cost analysis of concentrating solar power technology: Contribution of externalities to overall energy costs. *Solar Energy*, [pdf] 135, 758-768. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X16302407>> [Accessed 18 July 2016].

Danthurebandara, M, Van Passel, S., Vanderreydt, I. and Van Acker, K., 2015. Assessment of environmental and economic feasibility of Enhanced Landfill Mining. *Waste Management*, [pdf] 45, 434-447. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1500080X>> [Accessed 03 August 2016].

DEFRA, 2013. *Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste*. UK: DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs). Available at: <

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221039/pb13890-treatment-solid-waste.pdf> [Accessed 07 July 2016].

DEFRA, 2013. *Incineration of Municipal Solid Waste*. [pdf] London: Department for Environmental Food and Rural Arrairs. Available at: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221036/pb13889-incineration-municipal-waste.pdf> [Accessed 16 June 2016].

Economopoulos, A.P., 2010. Technoeconomic aspects of alternative municipal solid wastes treatment methods. *Waste Management* [e-journal] 30 (4), 707-715. Available through Open Athens website <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09004760>> [Accessed 01 September 2016].

ERFO, 2004. BREF, *Waste Treatment, Solid Recovered Fuels*. Belgium: ERFO. Available at: <http://erfo.info/fileadmin/user_upload/erfo/documents/reports/IAR_BREF_Waste_Treatment_SRF_final.pdf> [Accessed 05 July 2016].

ERFO, 2005. *Classification of Recovered Fuels*. Brussels: European Recovered Fuel Organization.

ERFO, 2012. *Facts and Figures about SRF*. [word] Belgium: ERFO. Available at: <<http://erfo.info/Facts-and-figures.15.0.html> > [Accessed 05 April 2016].

European Commission, 2005a. Report on Implementation of the landfill directive in the 15 member states of the European Union. [pdf] England: Golder Europe EEIG Available at: <http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill/pdf/report_a2.pdf> [Accessed on 13 March 2016].

European Commission, 2005. EU Waste Policy: The Story Behind the Strategy. [online] Available at: <http://ec.europa.eu/environment/waste/strategy.htm>. [Accessed at: 23 March 2015]

European Commission, DG Environment, 2000. A study of the economic valuation of environmental externalities from landfill disposal and incineration of waste. Final Main Report. [pdf] Brussels: European Commission. Available at: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm> > [Accessed 30 November 2015]

European Commission, 2003. Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives. Final Report. Brussels: European Commission. Available at: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm> > [Accessed 25 November 2015]

European Commission, 2011. Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011)

European Commission, 2012. The story behind the strategy. EU waste policy. [online] Available at: http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/story_book.pdf [Accessed 26 November 2015]

European Parliament, 2015. Environment policy: general principles and basic framework. [online] Available at: <http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/en/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.4.1.html> [Accessed 2 May 2015].

European Union, 2005. Summaries of EU legislation. [online] Available at: <http://europa.eu/index_el.htm> [Accessed 12 February 2015].

European Commission 2011/571/COM of 20 May 2011 communication concerning the Roadmap to a Resource Efficient Europe.

European Commission 2010/COM of 03 March 2010 communication concerning Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth.

European Commission, 2003. Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives. Final Report. Brussels: European Commission – Directorate General Environment. Available at: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>> [Accessed 25 November 2015]

European Commission, 2006. *Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries*. [pdf] Available at: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt_bref_0806.pdf> [Accessed 10 June 2016].

European Commission, 2007. Follow-up study on the implementation of Directive 1999/31/EC on the landfill of waste in EU-25. Final Report – Findings of the study. Brussels: DG Environment

European Commission – Directorate General Environment, 2003. Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives. Final Report. Brussels: European Commission. Available at: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>> [Accessed 25 November 2015]

European Commission, 2000. *A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste*. [pdf] Brussels: European Commission, DG Environment . Available at: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/econ_eva_landfill_annex.pdf> [Accessed 22 March 2016]

EUR-Lex, 2006. Σύνοψη της Νομοθεσίας της Ε.Ε. [online] Available at: <<http://eur-lex.europa.eu/browse/summaries.html>> [Accessed 10 February 2016]

Eurostat, 2015. Treatment of waste. [online] Available at: <<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do>> [Accessed 09 February 2016].

Eurostat, 2015. Municipal waste generation and treatment, by type of treatment method. [Waste Generated > EU (28 countries)] Eurostat [online] Available through: <<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdpc240&language=en>> [Accessed 15 May 2016].

Eurostat, 2012. Reference Metadata in Euro SDMX Metadata Structure (ESMS). [online] Available at: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/EN/env_wasmun_esms.htm> [Accessed 09 February 2016].

EEA, 2012. Material Resources and Waste – 2012 Update. The European Environment. State and Outlook 2010. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

EEA, 2013. Managing municipal solid waste – A review of achievements in 32 European countries. [pdf] Copenhagen: EEA. [online] Available at: <<http://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste>> [Accessed 15 December 2015].

Frandegard, P., Krook, J. and Svensson, N., 2015. Integrating remediation and resource recovery: On the economic conditions of landfill mining. [pdf] *Waste Management*, 42, 137-147. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15002809>> [Accessed 11 August 2016].

Frosch, R.A., 1996. *Toward the end of waste: reflections on a new ecology for industry*. Columbia: Daedalus.

Garces, D., Diaz, E., Sastre, H., Ordonez, S. and Gonzalez-LaFuente, J.M., 2016. Evaluation of the potential of different high calorific waste fractions for the preparation of solid recovered fuels. *Waste Management* (47), 164-173. Available at: <http://ac.els-cdn.com/S0956053X15300969/1-s2.0-S0956053X15300969-main.pdf?_tid=c2dd9a0e-3c8d-11e6-8ac7-00000aab0f6b&acdnat=1467049204_dc47fb475789a5bcc5ec2cc06eb80046> {Accessed 21 June 2016}.

Gunamantha, M. and Sarto, 2012. Life cycle assessment of municipal solid waste treatment to energy options: Case study of KARTAMANTUL region, Yogyakarta. *Renewable Energy*, 41, 277-284. [online] Available at: <<http://www.nature.com/news/environment-waste-production-must-peak-this-century-1.14032>> [Accessed 11 November 2015].

Hogland, W., Jagodzinski, K. and Meijer, J.E., 1995. Landfill Mining Tests in Sweden. In: Proceedings Sardinia '95. *5th International Landfill Symposium*, Cagliari, Italy, 2-6 October 1995. Cagliari: CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre.

Hogland, W., 2002. Remediation of an old landfill site. Soil analysis, leachate quality and gas production. *Environmental Science and Pollution Research*, [e-journal] 9, 49-54. Available through Open Athens website <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF02987426>> [Accessed 12 August 2016].

Hogland, W., Marques, M. and Nimmermark, S., 2004. Landfill mining and waste characterization: a strategy for remediation of contaminated areas [pdf] *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, 6, 119-124. Available at: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10163-003-0110-x>> [Accessed 24 August 2016].

Hogland, W., Hogland, M. and Marques, M., 2011. Enhanced Landfill Mining: Material recovery, energy utilization and economics in the EU (Directive) perspective. [online] Available at: <http://www.elfm.eu/Uploads/ELFM/FILE_79F81D49-34DC-4B5B-9BFC-5E5101CE7520.PDF> [Accessed 22 August 2016].

Hoornweg, D., Bhada-Tata, P. and Kennedy, C., 2013. Environment: Waste production must peak this century. *Nature* 502, p.p. 615-617, [online] Available at:

<<http://www.nature.com/news/environment-waste-production-must-peak-this-century-1.14032>>
[Accessed 11 November 2015].

Hull, R.M., Krogmann, U. and Strom, P.F., 2005. Composition and characteristics of excavated materials from a New Jersey landfill. *Journal of Environmental Engineering* [pdf] 131, 478-490. Available at: <<http://cues.rutgers.edu/bioreactor-landfill/pdfs/14-Hulletal2005.pdf>> [Accessed 29 August 2016].

Ikeda, H., Mizuro, M. and Le Mong, S., 2010. The far East embraces Waste to Energy. *WMW (Waste Management World) – Official Publication of ISWA*, [online] 01 November. Available at: <<https://waste-management-world.com/a/1-the-far-east-embraces-waste-to-energy>> [Accessed on 14 April 2016].

Kaartinen, T., Sormunen, K. and Rintala, J., 2013. Case study on sampling, processing and characterization of landfilled municipal solid waste in the view of landfill mining. *Journal of Cleaner Production*, [e-journal] 55, 56-66. Available through Open Athens website <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613001078>> [Accessed 12 August 2016].

Kathiravale, et al., 2003. Modeling the heating value of Municipal Solid Waste. *Fuel*, [e-journal] 82 (9), 1119–1125. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236103000097>> [Accessed 22 May 2016].

Krook, J., Svensson, N. and Eklund, M., 2012. Landfill mining: a critical review of two decades of research. *Waste Management* 32 (3), 513-520, [online] Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X11004740> [Accessed 21 July 2016].

Laperriere, L., Reinhart, G. and The International Academy for Production Engineering, eds, 2014. *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg. Available at: http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-20617-7_100256 [Accessed 12 July 2016].

LIFE, 2011. *Report on RDF / SRF utilization applications and technical specifications*. [pdf] Greece: LIFE. Available at: < http://www.energywaste.gr/pdf/D1.2_Report%20on%20RDF-SRF%20utilization%20applications%20and%20technical%20specifications.pdf > [Accessed on 13 March 2016].

Lombardi, L., Carnevale, E. and Corti, A., 2015. A review of technologies and performances of the systems for energy recovery from waste. *Waste Management* 37, 26-44, [online] Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14005273>> [Accessed 12 July 2016].

Lorber, K.E., Sarc, R. and Aldrian A., 2012. Design and quality assurance for solid recovered fuel. *Waste Management & Research* 30 (4), 370-380 [online] Available at: <<http://wmr.sagepub.com/content/early/2012/04/13/0734242X12440484.full.pdf+html>> [Accessed 26 July 2016].

- Mbuligwe, S.,E. and Kaseva, M., E., 2005, Assessment of industrial solid waste management and resource recovery practices in Tanzania, *Resources, Conservation and Recycling* 47 (2006) p.p. 260–276, [online] Available at: <www.sciencedirect.com> [Accessed 01 November 2015].
- Meraz, L., Dominguez, A., Kornhauser, I. and Rojas, F., 2003. *A thermochemical concept-based equation to estimate waste combustion enthalpy from elemental composition*. *Fuel* 82 (12), 1499 – 1507.
- Michaels, T., 2014. The 2014 ERC Directory of Waste-To-Energy Facilities. [pdf] US: Energy Recovery Council. Available at: <http://energyrecoverycouncil.org/wp-content/uploads/2016/01/ERC_2014_Directory.pdf> [Accessed 16 April 2016].
- Nakamura, S. and Kondo, Y., 2006. A waste input – output life-cycle cost analysis of the recycling of end-of-life electrical home appliances. *Ecological Economics*, [pdf] 57, 494-506. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800905002454>> [Accessed 12 July 2016].
- Obermeier, T. and Saure, T., 1995. Landfill reconstruction: biological treatment of landfill waste. In: *Proceedings, Sardinia '95, 5th International Landfill Symposium, Cagliari*, vol. III, p. 819-826.
- Ofori-Boateng, C., Lee, K.T. and Mensah, M., 2013. The prospects of electricity generation from municipal solid waste (MSW) in Ghana: A better waste management option, *Fuel Processing Technology* 110 p.p.94 – 102, [online] Available at: <www.elsevier.com/locate/fuproc> [Accessed 19 November 2015].
- Pires, A. et al., 2011. Solid waste management in European countries: A review of system analysis techniques. *Journal of Environmental Management* 92 p.p. 1033 – 1050, [online] Available at: <www.elsevier.com/locate/jenvman> [Accessed 20 February 2015].
- Quaghebeur, M., Laenen, B., Geysen, D., Nielsen, P., Pontikes, Y., Van Gerven, T. and Spooren, J., 2013. Characterization of landfilled materials: screening of the enhanced landfill mining potential. *Journal of Cleaner Production*, [pdf] 55, 72-83. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261200306X>> [Accessed 29 August 2016].
- Rebitzer, G., 2002. Integrating life cycle costing and life cycle assessment for managing costs and environmental impacts in supply chain analysis and LCA. In: Seuring, S., Goldbach, M., eds. 2002. *Cost Management in Supply Chains*. Berlin: Physica-Verlag. pp.128–146.
- Reich, M.C., 2005. Economic assessment of municipal waste management systems – case studies using a combination of life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC). *Cleaner Production* (13), 253-263. [online] Available at: <www.elsevier.com/locate/resconrec> [Accessed 12 June 2016].
- Rettenberger, G., 1995. Results from a landfill mining demonstration project. In: *Proceedings, Sardinia '95, 5th International Landfill Symposium, Cagliari, Italy, 2-6 October 1995*. Cagliari: CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre.

Samolada, M.C. and Zabaniotou, A.A., 2014. Energetic valorization of SRF in dedicated plants and cement kilns and guidelines for application in Greece and Cyprus. *Resources, Conservation and Recycling*, 83, 34-43, [online] Available at: www.elsevier.com/locate/resconrec [Accessed 11 June 2016].

Sarc, R. and Lorber, K.E., 2013. Production, quality and quality assurance of Refuse Derived Fuels (RDFs). *Waste Management*, 33, 1825-1834, [online] Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13002134> [Accessed 05 August 2015].

Savage, G. M., Glaub, J.C and Diaz, L.F., 1984. Models of Unit Operations Used for Solid Waste Processing Final Report. United States: Cal Recovery Systems.

Savva, P.G., Costa, C.N. and Charalambides, A.G., 2013. Environmental, Economical and Marketing Aspects of the Operation of a Waste-to-Energy Plant in the Kotsiatis Landfill in Cyprus. *Waste and Biomass Valorization*, 4(2), 259-269, [online] Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12649-012-9148-0> > [Accessed 03 August 2016].

Schillinger et al., 1994. Summary of landfill reclamation feasibility studies. NYSERDA.

Soares, S.R., Finotti, A.R., Prudencio da Silva, V. and Alvarenga, R.A.F., 2013. Applications of life cycle assessment and cost analysis in health care waste management. *Waste Management*, [pdf] 33, 175-183. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X12004606> > [Accessed 10 July 2016].

Themelis, N.,J. and Mussche, C., 2013. Municipal Solid Waste Management and Waste-to-Energy in the United States, China and Japan. *2nd International Academic Symposium on Enhanced Landfill Mining*. Houthalen-Helchteren, Belgium, 14-16 October 2013. Belgium: Group Machiels.

Theofanous et al., 2014. Energy production from piggery waste using anaerobic digestion: Current status and potential in Cyprus. *Renewable Energy* 71 p.p. 263-270, [online] Available at: www.elsevier.com/locate/jenvman > [Accessed 15 January 2016].

Thome-Kozmiensky, K.J. and Thiel, S., 2012. *Waste Management, Vol.3*. [pdf]. Berlin: Karl J. Thome-Kozmiensky and Stephanie Thiel. Available at: http://www.vivis.de/phocadownload/2012_wm/2012_WM_461_478_Thiel.pdf > [Accessed 09 June 2016].

Tom Jones et al., 2013. Enhanced Landfill Mining in view of multiple resource recovery: a critical review, *Journal of Cleaner Production*, 55, p.p. 45-55 [online] Available at: www.sciencedirect.com > [Accessed 10 April 2015].

UNEP, 2009. Recycling – From E-waste to resources. [pdf] Germany: United Nations Environment Programme & United Nations University: Available at: http://www.unep.org/pdf/Recycling_From_e-waste_to_resources.pdf > [Accessed 03 November 2015].

United Nations Environmental Programme, 2009. Converting waste plastics into resource. Assessment Guide. Osaka/Shiga: International Environmental Technology Centre: Available at: <http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/spc/WastePlasticsEST_AssessmentGuidelines.pdf> [Accessed 24 October 2015].

Van Passel, S., Dubois, M., Eyckmans, J., De Gheldere, S., Ang, F, Tom Jones, P. and Van Acker, K., 2013. The economics of enhanced landfill mining: private and social performance drivers. *Journal of Cleaner Production*, [pdf] 55, 92-102. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612001710>> [Accessed 29 July 2016].

Van Vossen, W.J. and Prent, O.J., 2011. Feasibility study – Sustainable material and energy recovery from landfills in Europe. In: *Proceedings of the Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium*. Sardinia, 2011. Italy: Eurowaste srl.

Velis, C.A., Longhurst, G.H., Drew, G.H., Smith, R. and Pollard, S.J.T., 2009. Biodrying for mechanical – biological treatment of wastes: A review of process science and engineering. *Bioresource Technology*, [pdf] 100 (11), 2747-2761. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852408010912>> [Accessed 09 July 2016].

Velis, C.A., Longhurst, G.H., Drew, G.H., Smith, R. and Pollard, S.J.T., 2011. Production and Quality Assurance of Solid Recovered Fuels Using Mechanical – Biological Treatment (MBT) of Waste: A Comprehensive Assessment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, [pdf] 40 (12). Available at: <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10643380802586980>> [Accessed 07 July 2016].

Vivis, 2012. *Production and Utilisation of Solid Recovered Fuels in Germany*. [pdf] Available at: <http://www.vivis.de/phocadownload/2012_wm/2012_WM_461_478_Thiel.pdf> [Accessed 19 April 2016].

World Energy Council, 2013. *World Energy Resources*. [pdf] England: World Energy Council. Available at: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf> [Accessed 12 April 2016].

Worrel, A.W. and Vesilind, P.A., 2011. *Solid Waste Engineering, Second Edition*, SI. USA: Global Engineering.

Worrel, A.W., Vesilind, P.A. and Ludwig, C., 2015. *Solid Waste Engineering: A Global Perspective*, SI Edition. USA: Global Engineering.

Zhou, C., Gong, Z., Hu, J., Cao A. and Liang, H., 2015. A cost-benefit analysis of landfill mining and material recycling in China. *Waste Management*, [pdf] 35, 191-198. Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14004516>> [Accessed 30 July 2016].

Ανακοίνωση Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων COM(2005)666 της 21^{ης} Δεκεμβρίου 2005 σχετικά με τη θεματική Στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων: ένα βήμα μπροστά για την αειφόρο χρήση των πόρων.

Βουδούρης, Κ., 2006. Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος. Ποιότητα νερών, πηγές και διάδοσης ρύπανσης, χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, εδαφική διάθεση υγρών αποβλήτων, τρωτότητα, προστασία και απορρύπανση υδροφορέων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, αδημοσίευτο.

Ζορπάς, Α. Α., 2011. Ανάλυση Κύκλου Ζωής – Life Cycle Assessment, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. ΔΠΠ60 -Ενέργεια και Ρύπανση. Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, αδημοσίευτο.

Ζορπάς, Α. Α., 2012. Τεχνολογίες Προστασίας του Περιβάλλοντος (Μέρος Β'), Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. ΔΠΠ60 -Ενέργεια και Ρύπανση. Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, αδημοσίευτο.

Ζορπάς, Α., Βουκκαλή, Ε., Λοϊζιά, Π., 2013. Ετοιμασία Εθνικών Προγραμμάτων Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων. *Παραδοτέο Α: Ανάλυση και εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης*

Ζορπάς, Α. Α., 2015. SWOT – PESTEL – Πολύ Κριτηριακή Ανάλυση. Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. ΔΠΠ60 -Ενέργεια και Ρύπανση. Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου, αδημοσίευτο.

Νταράκας, Ε., 2014. Διαχείριση στερεών αστικών αποβλήτων. Θερμική επεξεργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, αδημοσίευτο.

Καββαδάς, Μ. και Πανταζίδου, Μ. 2007. Στοιχεία Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής. Έκδοση ΕΜΠ 2007, Κεφάλαιο 8.

Καραγιαννίδης, Α., 2006. Θερμική επεξεργασία και ενεργειακή αξιοποίηση στερεών αποβλήτων – Μύθοι και πραγματικότητα. Στο: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεματικό Δίκτυο NEUTRA, *Ημερίδα «Ενεργειακή Αξιοποίηση και Θερμική Επεξεργασία Στερεών και Υγρών Αποβλήτων»*. Θεσσαλονίκη, 15 Δεκεμβρίου 2006. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Καραγιαννίδης, Α, Καλογήρου, Ε., Ψωμόπουλος, Κ. και Θεμελής, Ν., 2010. *Ενεργειακή Αξιοποίηση Αποβλήτων στις ΗΠΑ. Ανασκόπηση της παρούσας κατάστασης*, [διαδίκτυο] Διαθέσιμο στο: <> [Πρόσβαση 07 Απριλίου 2016].

Κορωναίος, Χ., 2010. Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη. Στο: Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας, 6^ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του ΕΜΠ: Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών. Μέτσοβο: 16-19 Σεπτεμβρίου 2010. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Ε.Μ.Π.).

Οικονομόπουλος, Α.Π., 2007. Διαχείριση Οικιακού Τύπου Απορριμμάτων. Προβλήματα Εθνικού Σχεδιασμού και Ορθολογικές Λύσεις [ηλεκτρονικό βιβλίο] Κρήτη: Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης. Διαθέσιμο στο: <
http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60264/book_60264.pdf> [Πρόσβαση στις 02 Ιουλίου 2016].

Σκορδίλης, Α., 1997. Η θερμική επεξεργασία απορριμμάτων και RDF. Εκδόσεις: Κόσμος

Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015α. Παραγωγή και Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων, 1993-2014. [online] Available at: <http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/energy_environment_82main_gr/energy_environment_82main_gr?OpenForm&sub=2&sel=2> [Accessed 10 May 2016].

Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2015β. Πληθυσμός Συνοπτικά Στοιχεία, 1995-2014. [online] Available at: <http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/populationcondition_21main_gr/populationcondition_21main_gr?OpenForm&sub=1&sel=2> [Accessed 10 May 2016].

Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, 2016. Εθνικοί Λογαριασμοί, 1995 - 2015. [online] Available at: <http://www.mof.gov.cy/mof/cystat/statistics.nsf/economy_finance_11main_gr/economy_finance_11main_gr?OpenForm&sub=1&sel=2> [Accessed 12 May 2016].

Στεφανίδης, Γ., 2009. Ανάλυση κόστους κύκλου ζωής οδικών έργων. [pdf], Πανεπιστήμιο Πατρών: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Εργαστήριο Συγκοινωνιακών Έργων. Διαθέσιμο στο: <<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php>> [Πρόσβαση 02 Ιουλίου 2016].

ΤΕΕ, 2006. Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα / Η περίπτωση της Αττικής. [online] Διαθέσιμο στο: <http://library.tee.gr/digital/m2183.pdf> [Accessed 08 August 2015].

ΤΕΕ, 2006β. Διαχείριση απορριμμάτων και αστικό περιβάλλον. [online] Διαθέσιμο στο: http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/OMADESERGASIAS/TEE_UrbanWaste_2007.pdf [Accessed 16 March 2016].

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011. Γνωμάτευση με βάση το άρθρο 13 του περί εκτίμησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον από ορισμένα έργα νόμου (Αρ.140(Ι) του 2005) για την αποκατάσταση των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.) στις επαρχίες Λάρνακας και Αμμοχώστου. Λευκωσία: Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2011β. Γνωμάτευση με βάση το άρθρο 13 του περί εκτίμησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον από ορισμένα έργα νόμου (Αρ.140(Ι) του 2005) για την αποκατάσταση των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.) στην επαρχία Πάφου. Λευκωσία: Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012. *Σχέδιο διαχείρισης για τα οικιακά και παρόμοιου τύπου απόβλητα – Μέρος Α: Υφιστάμενη κατάσταση* (03/2011). Λευκωσία: I.A.CO. Environmental and Water Consultants: Διαθέσιμο στο: <[http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/9121ABC492946277C22579F3003FA98F/\\$file/SxedioDiaxirisis.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/9121ABC492946277C22579F3003FA98F/$file/SxedioDiaxirisis.pdf)> [Πρόσβαση 10 Ιανουαρίου 2015].

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2012β. Γνωμάτευση με βάση το άρθρο 17(6) του περί εκτίμησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον από ορισμένα σχέδια ή/και προγράμματα του νόμου Ν. 102(Ι)/2005. Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) για το Σχέδιο Διαχείρισης των

Οικιακών και Παρόμοιου Τύπου Αποβλήτων. Λευκωσία: Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Παπασιώτη, Ν. και Πασπαλιάρης, Ι., 2008. Αποκατάσταση Ρυπασμένων Εδαφών. Έκδοση ΕΜΠ 2008, Κεφάλαιο 9.

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013. Ανάλυση και εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης στην πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων στην Κύπρο. Παραδοτέο Α'. [online] Διαθέσιμο στο: [http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/A8F973F9A5E92EEEC2257C24003AFC1C/\\$file/20130822.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/A8F973F9A5E92EEEC2257C24003AFC1C/$file/20130822.pdf) [Accessed 10 April 2016].

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015. Νομοθεσία – Τομέας διαχείρισης αποβλήτων. [online] Διαθέσιμο στο: <http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/21274605411443E5C22578D300382CEA?OpenDocument> [Accessed 20 July 2015].

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015β. Στρατηγική Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων. [online] Διαθέσιμο στο: [http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/0E1010070CB33A79C2257F06003559BB/\\$file/%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CE%91%CF%80%CF%8C%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%B1%202015.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/0E1010070CB33A79C2257F06003559BB/$file/%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CE%91%CF%80%CF%8C%CE%B2%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%B1%202015.pdf) [Accessed 20 April 2016].

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2015γ. Σχέδιο Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων. [online] Διαθέσιμο στο: [http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/0E1010070CB33A79C2257F06003559BB/\\$file/%CE%A3%CF%87%CE%AD%CE%B4%CE%B9%CE%BF%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82%20%CE%94%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD%20%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CF%84%CF%89%CE%BD%202015.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/0E1010070CB33A79C2257F06003559BB/$file/%CE%A3%CF%87%CE%AD%CE%B4%CE%B9%CE%BF%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82%20%CE%94%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD%20%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CF%84%CF%89%CE%BD%202015.pdf) [Accessed 02 May 2016].

Υπουργείο Εσωτερικών, 2010. Αποκατάσταση και μετέπειτα φροντίδα των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων στην επαρχία Λάρνακας – Αμμοχώστου. Τελική Έκθεση – Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και Τεχνοοικονομική Μελέτη. [online]. Λευκωσία: Υπουργείο Εσωτερικών/Τομέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. Διαθέσιμο στο: [http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/0/2E549D94F0621B67C225790A002D6AE1/\\$file/15-2011.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/0/2E549D94F0621B67C225790A002D6AE1/$file/15-2011.pdf) > [Accessed 01 April 2015].

Υπουργείο Εσωτερικών, 2010β. Αποκατάσταση και μετέπειτα φροντίδα των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων στην επαρχία Πάφου. Τελική Έκθεση – Μελέτη Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον. [online]. Λευκωσία: Υπουργείο Εσωτερικών/Τομέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. Διαθέσιμο στο: [http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/106F34BEEB72CECBC225790A0020084B/\\$file/MP2010_096_01_01.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/106F34BEEB72CECBC225790A0020084B/$file/MP2010_096_01_01.pdf) > [Accessed 20 May 2015].

Υπουργείο Εσωτερικών, 2011. Παροχή υπηρεσιών Συμβούλου για την ετοιμασία όλων των αναγκαίων μελετών και εγγράφων για την κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων ολοκληρωμένης διαχείρισης των οικιακών στερεών απορριμμάτων της επαρχίας Λευκωσίας και την επίβλεψη των κατασκευαστικών εργασιών. [pdf] Λευκωσία: Τομέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Εσωτερικών. Διαθέσιμο στο: <<http://www.moi.gov.cy/moi/moi.nsf/All/8B8CA48E6F9D5324C2257AA0002BD51D>> [Πρόσβαση 15 Μαΐου 2015].

Υπουργείο Εσωτερικών, 2011β. Παροχή υπηρεσιών Συμβούλου για την ετοιμασία όλων των αναγκαίων μελετών και εγγράφων για την κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων ολοκληρωμένης διαχείρισης των οικιακών στερεών απορριμμάτων της επαρχίας Λεμεσού και την επίβλεψη των κατασκευαστικών εργασιών. [pdf] Λευκωσία: Τομέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Εσωτερικών. Διαθέσιμο στο: <<http://www.moi.gov.cy/moi/moi.nsf/All/8B8CA48E6F9D5324C2257AA0002BD51D>> [Πρόσβαση 15 Μαΐου 2015].

Υπουργείο Εσωτερικών, 2011γ. Παροχή Υπηρεσιών Συμβούλου για την ετοιμασία όλων των αναγκαίων μελετών και εγγράφων για την κατασκευή και λειτουργία Εγκαταστάσεων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Οικιακών Στερεών Απορριμμάτων της επαρχίας Λεμεσού και την επίβλεψη των κατασκευαστικών εργασιών. Τελική Μελέτη Ποσοτήτων και σύνθεσης απορριμμάτων. [pdf] Λευκωσία: Τομέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Εσωτερικών. Διαθέσιμο στο: <<http://www.moi.gov.cy/moi/moi.nsf/All/8B8CA48E6F9D5324C2257AA0002BD51D>> [Πρόσβαση 15 Μαΐου 2015].

Υπουργείο Εσωτερικών, 2012. Παροχή Υπηρεσιών Συμβούλου για την ετοιμασία όλων των αναγκαίων μελετών και εγγράφων για την κατασκευή και λειτουργία Εγκαταστάσεων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Οικιακών Στερεών Απορριμμάτων της επαρχίας Λεμεσού και την επίβλεψη των κατασκευαστικών εργασιών. Τελική Τεχνοοικονομική Μελέτη. [pdf] Λευκωσία: Τομέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Εσωτερικών. Διαθέσιμο στο: <<http://www.moi.gov.cy/moi/moi.nsf/All/8B8CA48E6F9D5324C2257AA0002BD51D>> [Πρόσβαση 14 Μαΐου 2015].

Υπουργείο Εσωτερικών, 2012β. Παροχή υπηρεσιών Συμβούλου για την ετοιμασία όλων των αναγκαίων μελετών και εγγράφων για την κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Οικιακών Στερεών Απορριμμάτων της επαρχίας Λευκωσίας και την επίβλεψη των κατασκευαστικών εργασιών. Τεχνοοικονομική Μελέτη [pdf] Λευκωσία: Τομέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Τεχνικές Υπηρεσίες, Υπουργείο Εσωτερικών. Διαθέσιμο στο: <<http://www.moi.gov.cy/moi/moi.nsf/All/8B8CA48E6F9D5324C2257AA0002BD51D>> [Πρόσβαση 15 Μαΐου 2015].

