



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΣΕΡΡΩΝ**

ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ: καθ. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΓΙΔΑΡΑΚΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

καθ. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

λεκ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ

ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Γιδαράκο Ευάγγελο που μου εμπιστεύθηκε το θέμα της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τον κ. Γιαννή Απόστολο για την πραγματικά πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Επίσης όλους τους συνεργάτες από το εργαστήριο τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, για τη στήριξη όλα αυτά τα χρόνια.

Αφιερώνω την εργασία στους:

Βαγγέλη

Βάσια

Γιάννη

Ζήση

Ζώη

Θανάση

Κωνσταντίνο

Νάσο

Ντίνο

Περίληψη

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης εξετάστηκε η ολοκληρωμένη διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στην περιοχή του ΧΥΤΑ Δήμου Σερρών. Για το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ΑΣΑ είναι απαραίτητη η γνώση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΑΣΑ, όπως και διάφορες άλλες παράμετροι. Στο συγκεκριμένο τομέα υπάρχουν σημαντικές ελλείψεις στοιχείων, που δυσχεραίνουν τον σωστό σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έλαβαν χώρα μετρήσεις των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των ΑΣΑ από δεδομένα πεδίου και έγιναν εργαστηριακές αναλύσεις για υγρασία, τέφρα, πτητική ύλη, θερμογόνο δύναμη και στοιχειακό προσδιορισμό. Ακόμη προσδιορίστηκε η προέλευση των ΑΣΑ από ορισμένες περιοχές του δήμου.

Στη συνέχεια ακολουθήθηκαν τα εξής μοντέλα:

1. Καύση για τα απορρίμματα, με ταυτόχρονη ανάκτηση ηλεκτρικής ενέργειας.
 - Καύση RDF και 50 % της ποσότητας ζυμώσιμων με προξήρανση κατά 20 %
 - Καύση RDF και 50 % της ποσότητας ζυμώσιμων με προξήρανση κατά 30 %
 - Καύση RDF και 50 % της ποσότητας ζυμώσιμων με προξήρανση κατά 50 %
2. Σύγκριση Μονάδας Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας και ΧΥΤΥ σε σχέση με την απευθείας διάθεση απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ.

Για την αξιολόγηση αναπτύσσεται ένα γενικευμένο μοντέλο, στο οποίο όταν αλλάζουν οι μεταβλητές εισόδου (ποσότητα και σύνθεση των απορριμμάτων) παρουσιάζονται οι βασικές περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται για δύο σενάρια: το πρώτο προβλέπει διάθεση του συνόλου των αστικών απορριμμάτων (αφού υποστούν Διαλογή στην Πηγή) απευθείας σε ΧΥΤΑ, ενώ το δεύτερο προβλέπει επεξεργασία του συνόλου των αστικών απορριμμάτων (αφού υποστούν Διαλογή στην Πηγή) σε Μονάδα Μηχανικής – Βιολογικής Επεξεργασίας (ΜΒΕ), που περιλαμβάνει Μηχανική Διαλογή & Αερόβια Βιοσταθεροποίηση και διάθεση των προϊόντων σε ΧΥΤΥ. Θεωρείται ότι δεν πραγματοποιείται αξιοποίηση του ευμεγέθους κλάσματος της Μηχανικής Διαλογής (χαρτί, πλαστικό, μέταλλα, ΔΞΥΛ, κλπ), ενώ η Αερόβια Βιοσταθεροποίηση περιλαμβάνει μόνο το πρώτο στάδιο της ταχείας σταθεροποίησης για 6 εβδομάδες.

Abstract

In this study, it was examined an integrated municipal solid waste (MSW) management system in municipality of Serres. The design of an integrated management system of MSW requires the knowledge of quantitative and qualitative characteristics of solid waste, as well as other crucial parameters. In this area, significant data are missing therefore, it was difficult to design such a system.

During this research quantitative and qualitative measurements of MSW were conducted and laboratory analyses measured moisture, ash, volatile matter, calorific value and elemental determination. Furthermore, the source of MSW from some areas of municipality was identified by in-situ determination.

Following were analysed the models:

1. Incineration plant of waste, with energy recovering probability

- Incineration of RDF and 50% of the amount of organic wastes by 20% pre-drying
- Incineration of RDF and 50% of the amount of organic wastes by 30% pre-drying
- Incineration of RDF and 50% of the amount of organic wastes by 50% pre-drying

2. Mechanical & Biological Treatment Plant (MBT) with aerobic biostabilization compared to their direct disposal in landfill

A generalised model is developed for the evaluation, in which basic environmental effects are determined when the income variables are changed (quantity and composition of solid waste). This evaluation takes place for two scenarios. The first forecasts direct disposal of total solid waste in a landfill, while the second one forecasts treatment of total solid waste in MBT Plant, that includes Mechanical Separation and Aerobic Biostabilization, as well as disposal of products in landfill. It is considered that exploitation of sizeable fraction of Mechanical Separation (paper, plastic, metals, leather/wood/cloth/others etc.) doesn't take place, while Aerobic Biostabilization includes only the first stage of rapid stabilisation for 6 weeks.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	Σελ.
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικά	
1.2 Στόχοι	
Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό μέρος: Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων και Νομοθεσία..	3
2.1 Κατηγορίες στερεών αποβλήτων	
2.2 Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση.....	5
2.3 Διαλογή στην πηγή.....	7
2.4 Θερμική επεξεργασία.....	8
2.4.1 Αποτέφρωση – Καύση	
2.4.2 Πυρόλυση.....	11
2.4.3 Αεριοποίηση	
2.4.4 Αεριοποίηση/Υαλοποίηση με την τεχνική του πλάσματος.....	12
2.5 Μηχανική και Βιολογική επεξεργασία.....	13
2.5.1 Μηχανική διαλογή	
2.5.2 Μονάδα λιπασματοποίησης οργανικού κλάσματος	
2.6 Νομοθετικό πλαίσιο και αναγκαιότητα διαχείρισης των ΑΣΑ.....	14
2.6.1 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα	
2.6.2 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης στερεών αποβλήτων στην ΕΕ.....	17
2.6.3 Πλαίσιο Διαχείρισης.....	18
2.6.4 Η αναγκαιότητα για προεπεξεργασία των ΑΣΑ.....	20
Κεφάλαιο 3. Περιοχή Μελέτης.....	21
3.1 Γεωγραφική θέση – Χαρακτηριστικά Νομού	
3.1.1 Γεωγραφική θέση του ΧΥΤΑ Δ. Σερρών.....	22
3.2 Παύση λειτουργίας των ενεργών ΧΑΔΑ και αποκατάσταση ενεργών και ανενεργών.....	23

3.2.1	Ανενεργοί ΧΑΔΑ στα Δ.Δ των δήμων του Ν. Σερρών	
3.2.2	Ενεργοί και αποκατεστημένοι ΧΑΔΑ αν ΟΤΑ.....	26
3.3	Πληθυσμιακά δεδομένα.....	27
3.3.1	Δημογραφική εξέλιξη Ν. Σερρών	
3.3.2	Οικονομικά χαρακτηριστικά.....	30
3.3.3	Εργασιακοί τομείς.....	31
3.3.4	Χρήσεις γης	
3.4	Κλιματολογικά – Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά.....	32
3.5	Εισροές ΑΣΑ.....	36
3.5.1	Ημερήσια εισροή απορριμμάτων	
3.5.2	Μηνιαία εισροή απορριμμάτων.....	37
Κεφάλαιο 4. Πειραματικό Μέρος.....		38
4.1	Τρόπος συλλογής δείγματος ΑΣΑ	
4.2	Προσεγγιστική ανάλυση (υγρασία, τέφρα, πτητική ύλη, θερμογόνος δύναμη).....	41
4.2.1	Προσδιορισμός υγρασίας	
4.2.2	Προσδιορισμός τέφρας.....	42
4.2.3	Προσδιορισμός πτητικής ύλης	
4.2.4	Θερμογόνος δύναμη και στοιχειακή ανάλυση.....	43
Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα πεδίου και εργαστηρίου.....		44
5.1	Ετήσια εισροή απορριμμάτων (2009)	
5.2	Απορριμματοφόρα.....	46
5.3	Αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης απορριμμάτων Δ. Σερρών.....	48
5.4	Εργαστηριακά αποτελέσματα.....	52
5.4.1	Για υγρασία	

5.4.2 Για τέφρα.....	53
5.4.3 Για πτητική ύλη	
5.4.4 Θερμογόνος δύναμη.....	54

Κεφάλαιο 6. Καύση ΑΣΑ για ενεργειακή αξιοποίηση.....56

6.1 Πληθυσμός	
6.2 Ρυθμός παραγωγής απορριμμάτων (ΡΠΑ)	
6.3 Σύνθεση απορριμμάτων.....	58
6.4 Ανακύκλωση	
6.5 Θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων.....	59
6.6 Ωφέλιμη ισχύς.....	60
6.7 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ποσοστό κάλυψης ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση των ΑΣΑ.....	61
6.8 Καύση RDF και ζυμώσιμα.....	62
6.9 Αρχική σύσταση.....	65
6.10 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας..	67
6.10.1 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας κατά 20 %.....	68
6.10.2 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας κατά 30 %.....	69
6.10.3 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας κατά 50 %.....	70
6.11 Συμπεράσματα.....	71
6.12 Ηλεκτρική ενέργεια.....	72

Κεφάλαιο 7. Μοντέλο για την αξιολόγηση της ΜΒΕ και διάθεση σε ΧΥΤΥ σε σχέση με την απευθείας διάθεση σε ΧΥΤΑ.....75

7.1 Μεθοδολογία	
7.2 Μεταβλητές εισερχόμενων ΑΣΑ	
7.3 Περίπτωση Α – Διάθεση των ΑΣΑ απευθείας στον ΧΥΤΑ.....	82
7.3.1 Προσδιορισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	83

7.4 Περίπτωση Β - Ανάπτυξη μοντέλου σχεδιασμού και αξιολόγησης της Μονάδας Μηχανικής Διαλογής & Βιολογικής Διεργασίας.....	84
7.4.1 Ισοζύγια μάζας Μονάδας ΜΒΕ των ΑΣΑ.....	85
7.4.2 Διαστασιολόγηση Μονάδας ΜΒΕ των ΑΣΑ.....	88
7.4.3 Διαστασιολόγηση ΧΥΤΥ.....	92
7.4.4 Προσδιορισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	93
7.5 Συγκριτική αξιολόγηση της ΜΒΕ & Διάθεσης σταθεροποιημένων ΑΣΑ σε ΧΥΤΥ έναντι της διάθεσης σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ.....	96
7.5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συγκριτική αξιολόγηση των υπό εξέταση σεναρίων Α & Β.....	97
7.5.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του μοντέλου σε μεταβαλλόμενη ποσότητα των εισερχόμενων ΑΣΑ.....	101
7.6 Συμπεράσματα.....	107
Κεφάλαιο 8. Συνολικά συμπεράσματα – Προτάσεις	108
Κεφάλαιο 9. Βιβλιογραφία.....	110
Παράρτημα Χαρτών.....	113

Κεφάλαιο 1**Κεφάλαιο 2**

Πίνακας 2.1: Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων σε διάφορες χώρες.....6

Πίνακας 2.2: Σύνθεση των απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου (2004).....6

Κεφάλαιο 3

Πίνακας 3.1: Ανενεργοί ΧΑΔΑ(2005).....23

Πίνακας 3.2: Ενεργοί ΧΥΤΑ – ΧΔΑ (τελευταία απόφαση 2009).....26

Πίνακας 3.3: Εξέλιξη του πληθυσμού στο Ν. Σερρών.....28

Πίνακας 3.4: Απογραφή πληθυσμού Ν. Σερρών.....29

Πίνακας 3.5: Κατανομή κατοίκων ανάλογα με το επάγγελμα.....31

Πίνακας 3.6: Κατανομή γης νομού.....31

Πίνακας 3.7: Κατανομή γης δήμου.....32

Πίνακας 3.8: Στοιχεία μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης (mm)33

Διάγραμμα 3.1: Σύνολο βροχοπτώσεων 6 περιοχών.....33

Πίνακας 3.9: Στοιχεία μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας (°C).....34

Διάγραμμα 3.2: Θερμοκρασιών ανά μήνα και περιοχή.....34

Διάγραμμα 3.3: Ετήσιος μέσος όρος θερμοκρασιών.....35

Πίνακας 3.10: Ημερήσια εισροή ΑΣΑ.....36

Πίνακας 3.11: Μηνιαία εισροή ΑΣΑ.....37

Κεφάλαιο 4

Πίνακας 4.1: Ποσοστά στοιχειακής ανάλυσης.....43

Κεφάλαιο 5

Πίνακας 5.1: Εισροή απορριμμάτων 2009.....45

Διάγραμμα 5.1: Απορριμμάτων – απορριμματοφόρων 9 μηνών του 2009.....45

Διάγραμμα 5.2: Απορ/των ανά κάτοικο ανά ημέρα το 2009.....46

Πίνακας 5.2: Απορριμματοφόρα Δ. Σερρών.....46

Πίνακας 5.3: Ποιοτική ανάλυση (Νοε 2009).....	48
Πίνακας 5.4: Ποιοτική ανάλυση (Φεβ 2010).....	49
Πίνακας 5.5: Μέσων όρων ποιοτικής σύστασης (%).....	49
Πίνακας 5.6: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ (%κ.β.) σε μικρά νησιά και Κρήτη.....	50
Πίνακας 5.7: Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο.....	50
Διάγραμμα 5.3: Επί τοις εκατό % μέσος όρος ποιοτικής σύστασης ΑΣΑ, Δ. Σερρών.....	51
Διάγραμμα 5.4: Ποσοστών ΑΣΑ περιοχών σε σύγκριση με το μ.ο.....	52
Πίνακας 5.8: Αποτελεσμάτων ζύγισης δειγμάτων (υγρασία).....	52
Πίνακας 5.9: Αποτελεσμάτων ζύγισης δειγμάτων (τέφρα).....	53
Πίνακας 5.10: Αποτελεσμάτων ζύγισης δειγμάτων (πτητική ύλη).....	53
Πίνακας 5.11: (%)ποσοστά υγρασίας, τέφρας και πτητικής ύλης.....	54
Πίνακας 5.12: Αποτελέσματα θερμογόνου δύναμης.....	55

Κεφάλαιο 6

Πίνακας 6.1: Εξυπηρετούμενος πληθυσμός και ΜΠΑ.....	57
Πίνακας 6.2: Συνολικές και επί τοις εκατό ποσότητες κλασμάτων.....	62
Πίνακας 6.3: Ημερήσιες ποσότητες κλασμάτων προς καύση.....	63
Πίνακας 6.4: Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη απορριμμάτων μετά τις εργαστηριακές μετρήσεις.....	64
Πίνακας 6.5: Σύσταση πριν την προξήρανση των ζυμώσιμων.....	65
Πίνακας 6.6: Αποτελέσματα Q με αρχικές συνθήκες.....	66
Πίνακας 6.7: Κ.Θ.Δ.φ με προξήρανση 20%, 30%, 50% των ζυμώσιμων.....	67
Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα Q με προξήρανση 20% των ζυμώσιμων.....	68
Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα Q με προξήρανση 30% των ζυμώσιμων.....	69
Πίνακας 6.10: Αποτελέσματα Q με προξήρανση 50% των ζυμώσιμων.....	70
Πίνακας 6.11: Καταναλώσεων ενέργειας.....	72
Πίνακας 6.12: Σύγκριση παραγωγής – κατανάλωσης.....	73
Διάγραμμα 6.1: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ΦΟΠ.....	74

Διάγραμμα 6.2: Ποσοστό κάλυψης από την ενέργεια της καύσης των ΑΣΑ.....	74
---	----

Κεφάλαιο 7

Πίνακας 7.1: Τα ποσοστά των ΑΣΑ πριν την διαλογή στη πηγή, μεταξύ δέκα ετών.....	76
Πίνακας 7.2: Έλεγχος εκτροπής ανακυκλώσιμων υλικών/συσκευασιών με ΔσΠ (2009)....	77
Πίνακας 7.3: Έλεγχος εκτροπής ανακυκλώσιμων υλικών/συσκευασιών με ΔσΠ (2010).....	78
Πίνακας 7.4: Καθορισμός μεταβλητών εισόδου μοντέλου (ποσοτικά & ποιοτικά χαρακτηριστικά εισερχομένων ΑΣΑ στη ΜΒΕ), διάστημα 2009-10	79
Διάγραμμα 7.1: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ μοντέλου (default τιμές), έτος 2009-10.....	80
Πίνακας 7.5: Καθορισμός μεταβλητών εισόδου μοντέλου (ποσοτικά & ποιοτικά χαρακτηριστικά εισερχομένων ΑΣΑ στη ΜΒΕ), έτος 2020	80
Διάγραμμα 7.2: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ μοντέλου (default τιμές), έτος 2020.....	81
Πίνακας 7.6: Ανάλυση μετρήσεων στο ΧΥΤΑ.....	81
Πίνακας 7.7: Απαίτηση σε έκταση για ΧΥΤΑ που δέχεται σύμμεικτα ΑΣΑ, δυναμικότητας 50.000 t/yr.....	82
Πίνακας 7.8: Υπολογισμός εκπομπών CO ₂ ,CH ₄ και BOD από τη διάθεση σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ δυναμικότητας 50.000 t/yr.....	84
Πίνακας 7.9: Παράμετροι βιοσταθεροποίησης.....	87
Πίνακες 7.10: Παράμετροι μοντέλου.....	89
Πίνακας 7.11: Τιμές σε ΑΣΑ για ΧΥΤΥ.....	93
Πίνακας 7.12: Τελικές εκπομπές CO ₂ ,CH ₄ και BOD, για τα εισερχόμενα ΑΣΑ, για ΜΒΕ και ΧΥΤΥ δυναμικότητας 50.000 t/yr.....	95
Πίνακας 7.13: Ποσοστά ΑΣΑ σεναρίου 1.....	96
Πίνακας 7.14: Σύγκριση σεναρίων Α και Β.....	98
Διάγραμμα 7.3: Διάθεση σύμμεικτων (σενάριο Α) και επεξεργασμένων (σενάριο Β) ΑΣΑ σε ΧΥΤ δυναμικότητας 50.000 t/yr.....	99
Διάγραμμα 7.4: Εκπομπές CO ₂ από ΧΥΤΑ και ΜΒΕ & ΧΥΤΥ, δυναμικότητας 50.000 t/yr...	100
Διάγραμμα 7.5: Εκπομπές CH ₄ από ΧΥΤΑ και ΜΒΕ & ΧΥΤΥ, δυναμικότητας 50.000 t/yr...	100
Διάγραμμα 7.6: Εκπομπές BOD από ΧΥΤΑ και ΜΒΕ & ΧΥΤΥ, δυναμικότητας 50.000 t/yr....	101
Πίνακας 7.15: Περιβαλλοντικές τιμές σεναρίου 1.....	102
Διάγραμμα 7.7: Απαιτούμενη έκταση σε ΧΥΤ για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ.....	103
Διάγραμμα 7.8: Απαιτούμενη έκταση σε γη για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ.....	104
Διάγραμμα 7.9: Παραγωγή υγρών αποβλήτων για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας	

εισερχόμενων ΑΣΑ.....	105
Διάγραμμα 7.10: Εκπομπές CO ₂ για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ.....	105
Διάγραμμα 7.11: Εκπομπές CH ₄ για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ.....	106
Διάγραμμα 7.12: Εκπομπές BOD για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ.....	106

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Σ.Α. → Στερεά Απόβλητα

Α.Σ.Α. → Αστικά Στερεά Απόβλητα

ΔΞΥΛ → Δέρμα, Ξύλο, Υφασμα, Λάστιχο

ΟΣΔΑ → Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Απορριμμάτων

ΔσΠ → Διαλογή στην Πηγή

ΜΒΕ → Μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας

ΘΕ → Θερμική Επεξεργασία

ΥΤ → Υγειονομική Ταφή

ΥΑ → Υπουργική Απόφαση

ΟΤΑ → Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης

ΕΚΑ → Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων

ΧΥΤΑ → Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΧΥΤΥ → Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

ΧΑΔΑ → Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων

ΒΑΑ → Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα

υ.β. , ξ.β. → υγρό/ξηρό βάρος

RDF → Refused Derived Fuel

MSW → Municipal Solid Waste

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Οι επιλογές και οι προτεραιότητες που σχετίζονται με τις μεθόδους διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) είναι απαραίτητες για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής προστασίας, της ποιότητας ζωής καθώς και για την εύρεση ολοκληρωμένων λύσεων.

Οι πραγματικοί στόχοι μιας τεχνολογίας μηχανικής επεξεργασίας και αξιοποίησης των ΑΣΑ είναι η δυνατότητα κάλυψης των απαιτήσεων της κείμενης νομοθεσίας και η αξιοποίηση των προϊόντων της. Αυτά αποτελούν κομβικές παράμετροι για την εφαρμογή ενός Συστήματος Ολοκληρωμένης Διαχείρισης ΑΣΑ, βασική συνιστώσα του οποίου θα είναι μία μονάδα επεξεργασίας και αξιοποίησης των ΑΣΑ.

Αξίζει να επισημανθεί ότι το θέμα της επιλογής της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας και αξιοποίησης των ΑΣΑ, είναι ένα σύνθετο και περίπλοκο ζήτημα ή πρόβλημα, στο οποίο απαιτείται να συμμετέχουν μια σειρά από τεχνικοοικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές παραμέτρους.

Γενικότερα όμως, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η επεξεργασία των στερεών αποβλήτων δεν είναι η λύση στο μείζον πρόβλημα, η οποία μάλιστα ελάχιστα επηρεάζει τις ρίζες του, δηλαδή το καταναλωτικό μοντέλο και τις παραγωγικές δομές που ωθούν συστηματικά σε διαρκή αύξηση της παραγωγής αποβλήτων [Μαυρόπουλος, 2007].

1.2 Στόχοι

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιαστούν και να αξιολογηθούν τα δύο μοντέλα **α. καύσης** και

β. Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας.

α. Το μοντέλο της καύσης θα ασχοληθεί με την ηλεκτρική ενέργεια η οποία θα παραχθεί από αυτήν. Θα χρησιμοποιηθούν δηλαδή τα κλάσματα και θα βρεθούν οι κατάλληλες αναλογίες σε τιμές, όπως η υγρασία, η τέφρα, η πτητική ύλη και η θερμογόνο δύναμη, ώστε να υπάρξουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

β. Στη ΜΒΕ θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από την επεξεργασία με αυτή τη διαδικασία και στη συνέχεια θα συγκριθούν με την απευθείας εναπόθεση των απορριμμάτων στον ΧΥΤΑ. Έτσι θα έχουμε:

- την προεπεξεργασία των σύμμεικτων ΑΣΑ πριν την υγειονομική τους ταφή,
- την επεξεργασία και εκτροπή των βιοαποδομήσιμων αστικών απορριμμάτων (ΒΑΑ) από τη ταφή,
- τη μείωση του όγκου και της "βλαπτικότητας" από τη διάθεση των επεξεργασμένων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ/Υ,

- τη βιώσιμη ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης των ΑΣΑ, χωρίς να απαιτούνται υπερβολικά κόστη επένδυσης και έχοντας μια λειτουργία η οποία θα είναι συγκρατημένη και ανταποδοτική στην κοινωνία και τους χρήστες (πολίτες).

Τέλος θα προκύψουν κάποια συμπεράσματα, ξεχωριστά για κάθε περίπτωση, αλλά και συνολικά, τα οποία θα δείχνουν τα προτερήματα και μειονεκτήματα των επεξεργασιών, καθώς και τα μονοπάτια που πρέπει να ακολουθηθούν στα επόμενα χρόνια.

2. Θεωρητικό Μέρος: Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων και Νομοθεσία

2.1 Κατηγορίες στερεών αποβλήτων

Στερεά Απόβλητα (ΣΑ) είναι στερεά υλικά ή υλικά με ελάχιστο υγρό περιεχόμενο τα οποία δεν έχουν κάποια χρησιμότητα και ορισμένες φορές είναι και επικίνδυνα. Περιλαμβάνουν απόβλητα των νοικοκυριών, των βιομηχανικών και εμπορικών εγκαταστάσεων, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Επίσης, περιλαμβάνουν τα στερεά απόβλητα από τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, την επεξεργασία του πόσιμου νερού και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αέριων εκπομπών. Είναι αντικείμενα ή υλικά από τα οποία ο κάτοχός τους απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει. Ο χαρακτηρισμός μιας ουσίας ως «απόβλητο» δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητές της αλλά και από:

- Τις ισχύουσες οικονομικές συνθήκες (η αξία των υλικών μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά).
- Το κόστος της απόρριψης (μπορεί να αυξηθεί με την επιβολή τελών).
- Την ισχύουσα νομοθεσία (πρόστιμο πλημμελούς ή παράνομης απόρριψης) [Ντζαμίλης & Χάβας, 2004].

Ουσιαστικά, το τι είναι και τι δεν είναι ΣΑ είναι θέμα ορισμού ή σύμβασης. Άλλωστε ο ευρωπαϊκός κατάλογος αποβλήτων (Απόφαση 94/3/ΕΚ, 2000/532/ΕΚ, 2001/118/ΕΚ) με τον οποίο εναρμονίστηκε και η εθνική νομοθεσία διαμορφώθηκε μόλις το 1993. Συγκεκριμένα, στην κατηγορία των ΣΑ περιλαμβάνονται όλα τα απόβλητα με εξαίρεση:

- Απόβλητα σε υγρή φάση χωρίς αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ρύπων (υγρά απόβλητα).
- Αέριους ρύπους

Τα ΣΑ ομαδοποιούνται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Αστικά απόβλητα (απορρίμματα)

2. Ειδικά απόβλητα: (α) Επικίνδυνα απόβλητα.

(β) Μη επικίνδυνα ειδικά.

(γ) Ιατρικά απόβλητα.

Αναλυτικότερα τα ΣΑ περιλαμβάνουν:

- Αστικά απορρίμματα (οικιακά, βιοτεχνικά, εμπορικά, οδοκαθαρισμού κλπ.)
- Στερεά ή υδαρή (με αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ουσιών) απόβλητα που δε μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά (ορισμένα βιομηχανικά, τοξικά ή αδρανή και απόβλητα της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας).
- Πετρελαιοειδή απόβλητα (προέρχονται από την επεξεργασία του πετρελαίου, διωλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ναυπηγεία, κλπ.).
- Απόβλητα γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων.
- Απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων.
- Απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα).
- Απόβλητα οικοδομικών κατεδαφίσεων.
- Ιλεις από την επεξεργασία αστικών λυμάτων και τη βιομηχανία.
- Απόβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων.
- Ιατρικά απόβλητα.
- Ελαστικά.
- Σκράπ (π.χ. αποσυρθέντων αυτοκινήτων, παλαιών ηλεκτρονικών υπολογιστών, κ.λπ.).

[πηγή: Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ: Παναγιωτακόπουλος Δ.Χ.,2002, Γιδαράκος Ε.,2006]

Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ)

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα ΣΑ που παράγονται από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών (οικιακά ΣΑ), των εμπορικών δραστηριοτήτων (εμπορικά ΣΑ), του οδοκαθαρισμού καθώς και άλλα ΣΑ (ιδρύματα, επιχειρήσεις) τα οποία μπορούν από τη φύση τους ή τη σύνθεσή τους να εξομαλυνθούν με τα οικιακά ΣΑ . Σύμφωνα με την απόφαση 29407/3508 ΦΕΚ 1572/ 16-12-2002 «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή αποβλήτων» ως αστικά απόβλητα νοούνται «...τα οικιακά απόβλητα καθώς και άλλα απόβλητα που λόγω φύσης ή σύνθεσης είναι παρόμοια με τα οικιακά τα οποία διέπονται από τις διατάξεις της ΚΥΑ 69728/824/1996».

Εξαιρέση αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα. Τα ΑΣΑ αποτελούν ένα ιδιαιτέρως ανομοιογενές μίγμα υλικών. Η ποιοτική ανάλυση των ΑΣΑ αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιορισθεί πληροφορία απαραίτητη για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους (ανακύκλωση, ανάκτηση ενέργειας, κ.λπ.). Η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των ΑΣΑ, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες (κλάσματα) υλικών:

- **Ζυμώσιμα:** Περιλαμβάνονται τα τροφικά υπολείμματα και τα απόβλητα κήπου.
- **Χαρτί:** Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων.
- **Μέταλλα:** Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Συνηθίζεται ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κυριότερο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Σε ορισμένες αναλύσεις έχουν εξετασθεί ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους.
- **Γυαλί:** Η διαχείριση αποβλήτου γυαλιού στη χώρα μας πάσχει κυρίως από την έλλειψη υαλουργιών, κυρίως σε περιοχές μακριά από την Αττική. Απαντάται ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.
- **Πλαστικό:** Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα προϊόντα, κ.λ.π.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).
- **Δέρμα – Ξύλο – Ύφασμα – Λάστιχο (ΔΞΥΛ):** Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα.
- **Αδρανή:** Εδώ περιλαμβάνονται χημικώς ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (π.χ. χρώματα, πέτρες, κ.λ.π.).
- **Λοιπά:** Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δε μπορούν να ταξινομηθούν σε καμιά από τις άλλες κατηγορίες [Ντζαμίλης & Χάβας, 2004].

2.2 Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση

Ορισμός

Καθοριστικό ρόλο στην επιλογή ή στο σχεδιασμό του Συστήματος Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΣΔΑ) παίζουν οι ποσότητες και η σύνθεση αυτών. Οι ποσότητες μπορεί να αναφέρονται είτε στο βάρος των απορριμμάτων που παράγει ένα άτομο την ημέρα (kg/άτομο/ημέρα), είτε στο βάρος των απορριμμάτων που παράγει μία οικογένεια την ημέρα (kg/οικογένεια/ημέρα), είτε στο βάρος των απορριμμάτων που παράγει σε καθημερινή βάση ένας δήμος. Βέβαια, θα μπορούσε κανείς να εκφράσει τις ποσότητες των απορριμμάτων σε συνάρτηση με τον όγκο τους και όχι με το βάρος τους. Κάτι τέτοιο όμως δεν συνιστάται, πρώτον διότι ο παράγοντας "όγκος" είναι πολύ σχετικός και αστάθμητος, και δεύτερον διότι το βάρος χρησιμοποιείται διεθνώς για την περιγραφή των ποσοτήτων των απορριμμάτων [Ντζαμίλης & Χάβας, 2004].

Στον Πίνακα δίνονται κάποιες ενδεικτικές τιμές παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου.

Πίνακας 2.1: Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων σε διάφορες χώρες

Μεταβολή ΜΠΑ ανάλογα την ανάπτυξη των χωρών.

Περιοχή	ΜΠΑ (kg/cap.day)
Χώρες με πολύ χαμηλό εισόδημα (π.χ. Αιθιοπία)	0,5
Αναπτυσσόμενα κράτη (π.χ. Αίγυπτος, Βραζιλία)	0,9-1,1
Βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη	1,3
Πλούσια κράτη (π.χ. Καναδάς, Ελβετία)	έως 2,5
Ελλάδα	1,2-1,5

πηγή: aix.meng.auth.gr/lhtee/education/swm1.pdf (2006)

Η σύνθεση των απορριμμάτων αποτελεί τη βάση κάθε σχεδιασμού διαχείρισής τους και παίζει πρωταρχικό ρόλο τόσο για την επιλογή μεθόδων ή συστημάτων διάθεσης, όσο και για τον έλεγχο της λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Ο όρος σύνθεση αναφέρεται στη φυσική σύνθεση των απορριμμάτων (όχι στη χημική), δηλαδή στο ποσοστό κατά βάρος των διάφορων υλικών που συνθέτουν τα σκουπίδια (π.χ. πλαστικά, μέταλλα, ζυμώσιμα, χαρτί, ξύλα, κ.λ.π.). Ενδεικτική εικόνα της σύνθεσης των απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου δίνεται στη συνέχεια.

Πίνακας 2.2: Σύνθεση των απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου (2004), [πηγή Ντζαμίλης – Χάβας, 2004]

Υλικό	Ποσοστό (%) κατά βάρος				
	Ρώμη	Μιλάνο	Σαν Πάολο	Όσλο	Καλιφόρνια
Χαρτιά	25.0	20.0	21.0	38.2	40.5
Πλαστικά λεπτά	3.5	5.0	2.6	4.7	2.0
Πλαστικά σκληρά	3.0	5.0	1.7	1.8	5.4
Μέταλλα σιδηρούχα	2.5	4.0	4.1	2.0	5.0
Υφάσματα/ Δέρματα/ Ξύλα	3.0	5.0	7.0	9.4	18.1
Ζυμώσιμα υλικά	53.0	41.0	57.0	30.4	19.5
Μη καύσιμα υλικά	10.0	10.0	6.6	13.5	9.4

Όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες οι ποσότητες και η σύνθεση των απορριμμάτων διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Γενικά, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι: οι οικονομικές δραστηριότητες, ο τύπος της κατοικίας, η εποχή, η χρήση οικιακών σκουπιδιοφάγων, οι καταναλωτικές συνήθειες, το βιοτικό και μορφωτικό επίπεδο, η ύπαρξη ανακύκλωσης, η νομοθεσία, οι κλιματολογικές

συνθήκες, κ.λ.π.. Παράδειγμα της επίδρασης π.χ. του τύπου κατοικίας στις ποσότητες και στη σύνθεση των σκουπιδιών είναι το εξής: κάποιος που μένει σε μονοκατοικία και διαθέτει αυλή με κατοικίδια ζώα, αναμένεται να έχει στα σκουπίδια του λιγότερα ζυμώσιμα από ότι ένας που μένει σε πολυκατοικία, επειδή μέρος των ζυμώσιμων προορίζεται για τη διατροφή των ζώων.

Για παράδειγμα στο νομό Αττικής η παραγωγή απορριμμάτων ανά κάτοικο ανά ημέρα σε μια υποβαθμισμένη περιοχή όπως είναι ο Δήμος Ζεφυρίου είναι 0,54 Kg ενώ στο Δήμο της Εκάλης όπου τα κοινωνικοοικονομικά και καταναλωτικά χαρακτηριστικά των πολιτών της περιοχής είναι υψηλά, ανέρχεται σε 1,6 Kg. Από τα παραπάνω απλά παραδείγματα, διαφαίνεται η ανάγκη να ληφθούν σοβαρά υπ' όψη οι προαναφερθέντες παράγοντες στην εκτίμηση των ποσοτήτων και της σύνθεσης των οικιακών στερεών απορριμμάτων, όταν αυτή γίνεται με βάση δειγματοληπτικές έρευνες.

2.3 Διαλογή στην Πηγή

Πριν τα οικιακά ή εμπορικά στερεά απόβλητα μεταφερθούν στο χώρο ταφής, είναι δυνατόν να υπόκεινται σε επεξεργασία που επηρεάζει τις επόμενες φάσεις διαχείρισης. Τα στερεά απόβλητα διαχωρίζονται σε αυτά που θα πάνε για ανάκτηση (ανακυκλώσιμα) και τα υπόλοιπα τα οποία θα υποστούν την καταλληλότερη επεξεργασία μέσα στο χώρο του Χ.Υ.Τ.Υ..

Διαλογή στην Πηγή στα Ανακυκλώσιμα

Το πρόγραμμα για τη διαλογή των ανακυκλώσιμων αφορά τα εξής υλικά:

- Χαρτί
- Γυαλί
- Μέταλλα (αλουμίνιο κ σιδηρούχα)
- Πλαστικά
- Διαλογή των ηλεκτρικών συσκευών για τη μεταφορά τους σε κατάλληλους χώρους αποσυναρμολόγησης.

Για την ανάκτηση υλικών με χωριστή συλλογή κλασμάτων των στερεών αποβλήτων στην πηγή ακολουθούνται διάφορες πρακτικές και συστήματα. Με κριτήριο τον αριθμό των υλικών που ανακτώνται, υφίστανται οι πρακτικές διαλογής ενός υλικού και ομάδας υλικών. Με κριτήριο τον τρόπο συλλογής από τις πηγές παραγωγής, υφίστανται τα συστήματα:

- κέντρα συλλογής – είναι η δημιουργία ειδικών χώρων οι οποίοι θα δέχονται τα ανακυκλώσιμα υλικά από όλους και θα βρίσκονται σε καίρια σημεία στην πόλη.
- κέντρα αγοράς – τα οποία θα ανταμείβουν τον κάθε ένα που θα ανακυκλώνει τα προϊόντα του, με χρηματικό αντίτιμο.
- συλλογής πόρτα- πόρτα – θα είναι κυρίως εθελοντική και θα ενημερώνει τους κατοίκους για την ανακύκλωση, με τη συμμετοχή κυρίως νέων ατόμων με γνώσεις πάνω σε αυτά τα θέματα.

- συλλογής σε ειδικούς κάδους – οι οποίοι θα βρίσκονται σε κάθε γειτονιά και θα παρέχουν στους κατοίκους άμεση πρόσβαση.
- συνδυασμού όλων των παραπάνω συστημάτων

2.4 Θερμική Επεξεργασία

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

- αποτέφρωση – καύση (incineration - combustion)
- αεριοποίηση (gasification)
- τεχνική του πλάσματος (plasma technology)
- πυρόλυση (pyrolysis)

2.4.1 Αποτέφρωση - Καύση

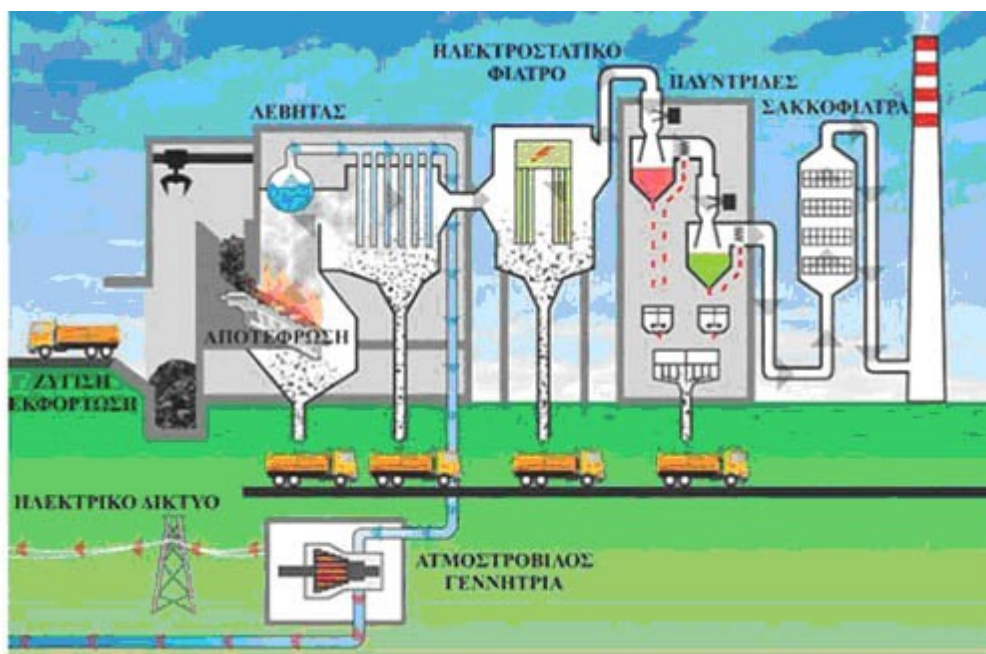
Η αποτέφρωση ή πιο κοινά η καύση των στερεών απορριμμάτων ουσιαστικά εκπροσωπεί μια αρκετά παλαιά και διαδεδομένη διεργασία, η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, παρουσία φλόγας, για την οξείδωση των επιμέρους στοιχείων, δηλαδή την ένωσή τους με το οξυγόνο. Στόχος της εν λόγω διεργασίας είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση και/ή η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων, παρουσία οξυγόνου (είτε σε στοιχειομετρική αναλογία, είτε σε περίσσεια), καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους. Αυτό πραγματοποιείται με χρήση είτε της απαιτούμενης στοιχειομετρικά ποσότητας αέρα (stoichiometric combustion) είτε με περίσσεια αέρα (excess - air combustion). Οι προϋποθέσεις για την επίτευξη πλήρους καύσης των αποβλήτων είναι:

- επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O₂) στην εστία καύσης
- επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης
- σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης - οξυγόνου)
- συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση
- συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης

Κατά την καύση εκτός των τυπικών προϊόντων καύσης (διοξείδιο του άνθρακα, ατμός, μονοξείδιο του άνθρακα) παράγεται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων και μια σειρά άλλων ουσιών όπως διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, υδροχλώριο, υδροφθόριο, πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ. Επίσης, κατά την καύση των στερεών αποβλήτων παραμένουν στερεά υπολείμματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 25-40% του βάρους των εισερχομένων αποβλήτων. Η ποσότητα των υπολειμμάτων εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Διακρίνονται σε τέφρα που παράγεται στο χώρο της καύσης (απομακρύνονται μετά την εσχάρα), τέφρα από τους λέβητες (υπολείμματα τα οποία δημιουργούνται στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων και συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα), ιπτάμενη τέφρα και σκόνη που κατακρατείται στα φίλτρα (συγκεντρώνεται στις χοάνες κάτω από τα ηλεκτρόφιλτρα ή

σακκόφιλτρα) και υπολείμματα τα οποία παράγονται από τα συστήματα καθαρισμού των αερίων.

Οι μονάδες αποτέφρωσης σχεδιάζονται ώστε να επεξεργάζονται είτε σύμμεικτα απόβλητα (mass-burned incineration) είτε εναλλακτικά καύσιμα που προέρχονται από την επεξεργασία των αποβλήτων (SRF-RDF). Διαφοροποιούνται τόσο σε σχέση με τον τύπο του συστήματος καύσης (κινούμενων εσχαρών, περιστρεφόμενου κλιβάνου, ρευστοποιημένης κλίνης) όσο και σε σχέση με το σύστημα ελέγχου της ρύπανσης. (υγρή /ξηρή επεξεργασία απαερίων, σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα, πλυντρίδες κ.α.).



Εικόνα 2.1: Τυπική μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων [πηγή: ΕΕΔΣΑ, 2006]

Η θερμική επεξεργασία (στοιχειομετρική καύση), αποτελεί ώριμη μέθοδο επεξεργασίας στερεών αποβλήτων με πλήθος εργοστασίων να λειτουργούν στα κράτη μέλη της Ε.Ε. και λόγω των παραγόμενων αέριων εκπομπών, διέπεται από πολύ αυστηρό πλαίσιο ελέγχου, το οποίο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ειδικά τα συστήματα αντιρρύπανσης, χρησιμοποιούν τεχνολογία αιχμής και έχουν καταφέρει να περιορίσουν σημαντικά τις παραγόμενες αέριες εκπομπές τα τελευταία χρόνια. Θα πρέπει να σημειωθεί πως λειτουργούν περίπου 600 εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων παγκοσμίως και περρισότερες από 400 απο αυτές βρίσκονται στην Ε.Ε.

Όλες οι κατηγορίες υπολείμματος από τη θερμική επεξεργασία απαιτούν προσεκτική διαχείριση. Η διάθεση σε χώρο ταφής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την εκπλυσιμότητα των διαφόρων συστατικών που περιέχουν τα υπολείμματα αυτά. Η υπτάμενη τέφρα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διαλυτών αλάτων, οργανικών και την υψηλότερη περιεκτικότητα από όλα τα κατάλοιπα σε χλωριωμένες οργανικές ενώσεις. Θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο και αν δεν εφαρμοστεί κάποια μέθοδος αδρανοποίησής της θα πρέπει να διατεθεί σε χώρο διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων. Η τέφρα βάσης μπορεί να διατεθεί μετά την ψύξη της σε ΧΥΤΑ αλλά συνήθως

αξιοποιείται στην οδοποιία, καθώς στα κράτη μέλη της Ε.Ε. έχουν αναπτυχθεί εθνικές προδιαγραφές για την αξιοποίησή της, σε αντίθεση με την ελληνική πραγματικότητα.



α.



β.



γ.

Εικόνα 2.2: Μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ (α.Amsterdam, β.Breccia, γ.Vienna)

2.4.2 Πυρόλυση

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

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

Κατά την πυρόλυση των στερεών αποβλήτων, τα προϊόντα που παράγονται είναι:

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

Σε γενικές γραμμές, η πυρόλυση ενδείκνυται για την επεξεργασία επεξεργασμένων ΑΣΑ (δευτερογενή καύσιμα) και λιγότερο για σύμμεικτα ΑΣΑ, καθώς η εφαρμογή της στην επεξεργασία ετερογενών μειγμάτων δεν έχει ακόμα ωριμάσει στην Ε.Ε. αν και υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνητικών και πιλοτικών προγραμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.

2.4.3 Αεριοποίηση

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

Η αεριοποίηση έχει ομοιότητες με την πυρόλυση, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζει και βασική διαφορά κατά την εφαρμογή της, αφού η μεν πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων, σε

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

2.4.4 Αεριοποίηση/Υαλοποίηση με την τεχνική πλάσματος

Ο όρος πλάσμα (plasma) περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι μερικά ή ολικά ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας αποβλήτων με την τεχνική του πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος συνήθως με τη βοήθεια της θερμότητας που δημιουργείται από ηλεκτρική αντίσταση τόξου στήλης πλάσματος. Το τόξο αυτό βρίσκεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (άνοδος και κάθοδος) και αποτελείται από ένα ηλεκτρικά αγώγιμο αέριο, μετατρέποντας έτσι τον ηλεκτρισμό σε θερμότητα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του αερίου μπορεί να υπερβεί τους 6.000 °C. Το αέριο σε κατάσταση πλάσματος, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη χημική δραστηριότητα συγκριτικά με τα περισσότερα αέρια σε μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε μια ποικιλία χημικών διαδικασιών.

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

Η τεχνολογία πλάσματος δεν έχει εφαρμοστεί σε εμπορική κλίμακα στην Ε.Ε. αλλά υπάρχουν παγκοσμίως εγκαταστάσεις που την εφαρμόζουν για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων, ενώ στην Ιαπωνία κοντά στις πόλεις Mihama and Mikata, λειτουργεί μονάδα πλάσματος για την επεξεργασία 20 tn/d αστικών στερεών αποβλήτων και 4 tn/d αστικής υλύος. Πιλοτικά προγράμματα εφαρμόζονται παγκοσμίως, αλλά η πολυπλοκότητα της σύστασης των σύμμεικτων ΑΣΑ δεν έχει προς το παρόν επιτρέψει την εμπορική εφαρμογή της για την επεξεργασία αυτού του ρεύματος. Τα πιλοτικά προγράμματα αφορούν στην αξιοποίηση επεξεργασμένων ΑΣΑ (π.χ. RDF) και η κατασκευή και λειτουργία αντίστοιχων μονάδων σχεδιάζεται σε διάφορες περιοχές (Swindon, Wiltshire, St. Lucie County, Florida κ.α.) .

2.5 Μηχανική και Βιολογική επεξεργασία

2.5.1 Μηχανική διαλογή

Το εργοστάσιο μηχανικής διαλογής θα περιλαμβάνει μονάδα υποδοχής απορριμμάτων, προσωρινής αποθήκευσης και προδιαλογής υλικών καθώς και μονάδα παραγωγής καυσίμων υλικών (RDF και d-RDF). Το σύστημα μηχανικής διαλογής χαρακτηρίζεται από απαίτηση καλού διαχωρισμού των εισερχόμενων υλικών και καθαρότητας των ανακτώμενων κλασμάτων.

Ειδικότερα, θα γίνεται διαχωρισμός των σύμμεικτων αστικών απορριμμάτων στα εξής κλάσματα:

1. κλάσμα οργανικού υλικού το οποίο θα οδηγείται στη μονάδα λιπασματοποίησης (αερόβια χώνευση) και στη συνέχεια προς ωρίμανση και ραφινάρισμα για την παραγωγή compost.
2. κλάσμα καυσίμων υλικών (κυρίως χαρτί και πλαστικό) το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για παραγωγή RDF και d-RDF.
3. Σιδηρούχα μέταλλα, σε κατάσταση εμπορεύσιμη.
4. Αλουμίνιο, εμπορεύσιμο, υψηλής καθαρότητας.

Εκτός από την παραγωγή των παραπάνω κλασμάτων, ο μηχανικός διαχωρισμός στοχεύει στην αφαίρεση υλικών που η παρουσία τους σε κάποιο από τα προαναφερθέντα κλάσματα δημιουργεί προβλήματα περαιτέρω επεξεργασίας ή ποιότητας των προϊόντων.

2.5.2 Μονάδα λιπασματοποίησης οργανικού κλάσματος

Λιπασματοποίηση ονομάζεται η αερόβια θερμοφιλική αποδόμηση των συστατικών της, το προϊόν της οποίας είναι ένα σχετικά σταθερό υλικό, το χούμους. Η ταχύτητα με την οποία λαμβάνει χώρα η λιπασματοποίηση εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος οι οποίες επηρεάζουν τη δραστηριότητα των βακτηριδίων, των μυκήτων και των ακτινομυκήτων που λαμβάνουν μέρος σε αυτή τη διαδικασία αερόβιας αποδόμησης. Παρ' ότι δεν είναι ακόμη αρκετά γνωστός ο τρόπος δράσης και αλληλεπίδρασης αυτών των μικροοργανισμών φαίνεται ότι τα βακτηρίδια είναι υπεύθυνα για την αποδόμηση των πρωτεϊνών και των λιπιδίων στο θερμοφιλικό στάδιο καθώς και για το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας. Οι μύκητες, που εμφανίζονται τόσο στο μεσοφιλικό όσο και στο θερμοφιλικό στάδιο, είναι κυρίως υπεύθυνοι για την αποδόμηση και διάσπαση πολύπλοκων οργανικών ενώσεων αλλά και της κυτταρίνης, που προέρχεται από τα υλικά που προστίθενται στα ΑΣΑ για να διευκολύνουν τη διαδικασία της λιπασματοποίησης (άχυρα, πριονίδια κλπ).

Η Μονάδα Κομποστοποίησης περιλαμβάνει» κατ' ελάχιστο τις παρακάτω επιμέρους μονάδες επεξεργασίας:

- Μονάδα αερόβιας χώνευσης του οργανικού κλάσματος

- Μονάδα ωρίμανσης
- Μονάδα ραφινάρισματος του compost
- Μονάδα τυποποίησης - συσκευασίας του 10% παραγόμενου compost

[πηγή:EUROTECH A.E., Μάιος 2006]

2.6 Νομοθετικό πλαίσιο και αναγκαιότητα διαχείρισης των ΑΣΑ



2.6.1 Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα

Η παραγωγή αποβλήτων είναι στοιχείο της καθημερινής ζωής όλων των πολιτών. Από το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων προκύπτουν απόβλητα, δηλαδή συμπυκνωμένη εργασία, ενέργεια και φυσικοί πόροι υπό τη μορφή προϊόντων που εξάντλησαν τον κύκλο ζωής τους. Όμως, η εξάντληση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος σημαίνει ότι απώλεσε την αξία του στη συγκεκριμένη μορφή – οι φυσικοί πόροι, η ενέργεια και η εργασία που απαιτήθηκαν για να κατασκευαστεί το συγκεκριμένο προϊόν εξακολουθούν να είναι συμπυκνωμένα εντός του αποβλήτου.

Στις λεγόμενες αναπτυγμένες χώρες, οι ερευνητές γρήγορα διαπίστωσαν ότι η δημιουργία εκατομμυρίων νέων προϊόντων κάθε χρόνο και η άνοδος της κατανάλωσης δημιουργούν δύο παράλληλες τάσεις. Από τη μια αυξάνουν εκθετικά τις ποσότητες στερεών αποβλήτων και από την άλλη πολλαπλασιάζουν, επίσης εκθετικά, την ποικιλία και διαφοροποίησή τους.

Τη δεκαετία 1991-2001, στην Ελλάδα υπήρξε μια αύξηση των οικιακών αποβλήτων (επομένως και των βιοαποδομήσιμων) που κυμαινόταν από 2% έως 4% ανά έτος. Αν συνεχιστούν τέτοιοι ρυθμοί, τότε θα είναι πολύ δύσκολο και πάρα πολύ ακριβό να εξασφαλιστεί, έστω περιβαλλοντικά, ασφαλής διαχείριση των οικιακών αποβλήτων [Παναγιωτακόπουλος, 2002].

Για το λόγο αυτό, η επιστήμη της διαχείρισης αποβλήτων προσεγγίζει όλο και περισσότερο την διαχείριση των πόρων και στοχεύει στην όσο γίνεται μεγαλύτερη αξιοποίηση των πόρων που βρίσκονται συμπυκνωμένοι στα απόβλητα. Στον πυρήνα της στρατηγικής για τα απόβλητα βρίσκεται η απαίτηση:

- Μείωσης της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων.
- Αύξησης της επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών ή/και ενέργειας.
- Δραστικής μείωσης των βιοαποδομήσιμων που οδηγούνται προς ταφή.

Ωστόσο, αναγνωρίζεται ότι οι δυνατότητες μείωσης των αποβλήτων ειδικά στα αστικά κέντρα, είναι πρακτικά περιορισμένες, λόγω του ότι η παραγωγή τους σχετίζεται άμεσα με τις καταναλωτικές και διατροφικές συνήθειες, η αλλαγή των οποίων δεν μπορεί να οριοθετηθεί αποκλειστικά στα ζητήματα της παραγωγής αποβλήτων.

Αυτό σημαίνει ότι προσπαθώντας να επιτευχθούν συνθήκες μείωσης του όγκου των αποβλήτων, οποιαδήποτε λύση βασίζεται στην απλή διάθεση των αποβλήτων χωρίς επεξεργασία, μείωση όγκου και επικινδυνότητας δεν μπορεί να είναι μόνιμη, ούτε και αποτελεσματική.

Ο παράγοντας αυτός είναι που δημιουργεί όλο και νέα αδιέξοδα στη διαχείριση των αποβλήτων στα μεγάλα αστικά κέντρα, τα οποία παράγουν πολύ μεγάλες ποσότητες σε πολύ μικρό χώρο. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο, η αναζήτηση καινούριων και ολοένα πιο αποτελεσματικών μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων που να υπερβαίνουν τους χώρους ταφής, αποτελεί μόνιμο στοιχείο των ερευνητικών και επιστημονικών αναζητήσεων τα τελευταία χρόνια. [www.eedsa.gr, 2006]

Το παραπάνω πλαίσιο έχει φέρει στο προσκήνιο την αναγκαιότητα Ολοκληρωμένων Συστημάτων Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΟΣΔΑ). Η βασική αρχή πίσω από την παραπάνω έννοια, είναι η εκτροπή (diversion) όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας απορριμμάτων από την τελική, αναπόφευκτη διάθεση στο έδαφος, σύμφωνα με μία ποικιλία οικονομικών, περιβαλλοντικών, τεχνολογικών, πολιτικών και κοινωνικών κριτηρίων. Για το σκοπό αυτό, αναπτύσσεται μία ολόκληρη ιεραρχία διαχείρισης. Κάθε ΟΣΔΑ είναι εκ φύσεως σύνθετο, καθώς εμπεριέχει διαφορετικά αλληλοσυνδεόμενα προβλήματα, ενώ καλείται να ανταποκριθεί σε συχνά αντικρουόμενους αντικειμενικούς σκοπούς και στόχους.

Οι περιλαμβανόμενες σε ένα ΟΣΔΑ ενέργειες ακολουθούν μία ιεραρχική δομή, η οποία χαρακτηρίζεται αρχικά ως διαδοχικά αποκλειστική, καθώς:

- Στο *επίπεδο 1* (μεταφόρτωση) τα απορρίμματα συμπιέζονται για μείωση του όγκου τους.
- Στο *επίπεδο 2* (επεξεργασία, μετασχηματισμός και ανάκτηση όρων σε Μονάδες Ανάκτησης Υλικών ή/και Κομποστοποίησης και Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας) τα απορρίμματα υπόκεινται σε διεργασίες που αποσκοπούν στην εκτροπή τους από το επίπεδο 3.
- Στο *επίπεδο 3* (Τελική Διάθεση σε ΧΥΤΑ) αποτίθεται στη γη οτιδήποτε δεν κατέστη δυνατόν να ανακτηθεί στο επίπεδο 2.

Το σύνολο των δυνητικών ενεργειών ανάκτησης πόρων από τα απορρίμματα απαρτίζεται από [ΑΠΘ, www.aix.meng.auth.gr]:

(α) Διαλογή στην Πηγή (ΔσΠ),

(β) Μηχανική - Βιολογική Επεξεργασία (ΜΒΕ),

(γ) Θερμική Επεξεργασία (ΘΕ) και

(δ) Υγειονομική Ταφή (ΥΤ).

Η Θερμική Επεξεργασία, λαμβάνει χώρα σε αντίστοιχες Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας, μπορεί περαιτέρω να διαχωριστεί στην «συμβατική» καύση ή αποτέφρωση (πλέον μόνον - σύμφωνα με Κοινοτικές Οδηγίες - με ανάκτηση ενέργειας) και σε ορισμένες υπό εξέλιξη ή μεταβατικές τεχνολογίες. Η Μηχανική – Βιολογική Επεξεργασία, διεξαγόμενη σε Μονάδες Ανάκτησης Υλικών ή/και Κομποστοποίησης, μπορεί περαιτέρω να διαχωριστεί ανάλογα με τα ανακτώμενα υλικά: βελτιωτικό εδάφους ή «κομπόστ», καύσιμο από σκουπίδια ή RDF, δευτερογενείς πρώτες ύλες. Η Υγειονομική Ταφή μπορεί και αυτή να διαχωριστεί ανάλογα με ορισμένα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της (ύπαρξη στεγάνωσης πυθμένα, πρόβλεψη αξιοποίησης βιοαερίου, δυνατότητα επεξεργασίας διασταλαζόντων, κλπ.). Η Διαλογή στην Πηγή περιλαμβάνει, επίσης, διάφορους συνδυασμούς ανάλογα με το είδος των προδιαλεγόμενων υλικών και το εφαρμοζόμενο σύστημα συλλογής.

Οι παραπάνω δυνητικές δράσεις δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες, δηλαδή μπορούν (και στα πλαίσια ενός ΟΣΔΑ συχνά ενδείκνυται) να συνδυασθούν μεταξύ τους. Η υπολανθάνουσα ιδέα είναι ότι μία ικανοποιητική λύση ενός προβλήματος διαχείρισης απορριμμάτων θα περιλαμβάνει κανονικά περισσότερες από μία εκ των παραπάνω δυνητικών ενεργειών, υπό την έννοια ότι κάθε μέθοδος εμφανίζει ταυτόχρονα ισχυρά και ασθενή σημεία [ΕΠΕΜ Α.Ε., 2005]:

⇒ Η Υγειονομική Ταφή εξακολουθεί να αποτελεί σήμερα (παγκοσμίως, σχεδόν ολοκληρωτικά) την οικονομικότερη μέθοδο διάθεσης, αλλά συνεπάγεται σπατάλη πόρων (με μοναδική δυνατότητα ανάκτησης αυτή της ενεργειακής μέσω της αξιοποίησης του βιοαερίου), ενώ συναντώνται διαρκώς αυξανόμενα προβλήματα εξεύρεσης νέων ΧΥΤΑ, λόγω μη διαθεσιμότητας γης αλλά και κοινωνικών αντιδράσεων.

⇒ Οι Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας εκπέμπουν επικίνδυνους ρύπους και συνοδεύονται από υψηλά κόστη επένδυσης, αλλά η λειτουργία τους αποδεικνύεται συχνά οικονομικά αποδοτική (μικρές ανάγκες σε γη, χαμηλό κόστος συλλογής απορριμμάτων, ενεργειακή ανάκτηση) και διαχειριστικά επικερδής στο βαθμό που μπορεί να καλύψει τα κόστη διαχείρισης άλλων εγκαταστάσεων διαχείρισης απορριμμάτων.

⇒ Οι Μονάδες Ανάκτησης Υλικών ή/και Κομποστοποίησης διακρίνονται από μέτρια κόστη επένδυσης, τα οποία ελαττώνονται - λόγω του προδιαγραφόμενου μικρού μεγέθους της εγκατάστασης - ακόμη περισσότερο στην περίπτωση που δίνεται έμφαση στην παραγωγή βελτιωτικού εδάφους, εξαιτίας της δυσκολίας απορρόφησης του προϊόντος.

⇒ Τόσο οι Μονάδες Θερμικής Επεξεργασίας, όσο και οι Μονάδες Ανάκτησης Υλικών ή/και Κομποστοποίησης δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς την παρουσία ΧΥΤΑ, στον οποίο θα οδηγούνται τα (ποσοτικά δραστικά ελαττωμένα) στερεά τους κατάλοιπα.

2.6.2 Νομοθετικό Πλαίσιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων στην Ε.Ε.



Τα βασικότερα σημεία της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι τα εξής:

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

Ολόκληρη η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. βασίζεται στην αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει". Οι πληρωμές μπορεί να πραγματοποιηθούν με τη μορφή επενδύσεων για να επιτευχθεί συμμόρφωση προς αυστηρότερα πρότυπα ή με τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).

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. Ειδικότερα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, αυτή με βάση τις κοινοτικές Οδηγίες θα πρέπει να βασίζεται στις εξής αρχές:

1) Αρχή της πρόληψης ή και μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων

Βασικό ζήτημα στην πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από το στάδιο της εξαγωγής παρθένων πρώτων υλών, της επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν – σε αρκετά παγιωμένη μορφή – μέθοδοι αναλύσεων κύκλου ζωής για τα κάθε είδους προϊόντα, κατασκευές κ.λπ. Ήδη όμως έχουν ληφθεί αποφάσεις που υλοποιούνται είτε μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων (π.χ. LIFE), είτε μέσω θεσμοθέτησης τεχνικών προτύπων, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN). Σε ειδικές περιπτώσεις η πρόληψη μπορεί να γίνεται μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων), ώστε να προλαμβάνεται σε μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων. Άλλοι τρόποι συνεισφοράς στην πρόληψη, είναι τα προγράμματα οικολογικών ελέγχων, με παράλληλη θέσπιση κινήτρων ή και αντικινήτρων σε οικονομικούς φορείς του Δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα (οικολογικό σήμα) και η ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν προϊόντα που ρυπαίνουν λιγότερο.

2) Αρχή επαναχρησιμοποίησης των υλικών

Με βάση και την ευθύνη του παραγωγού, ο κατασκευαστής οφείλει να εξασφαλίζει τα μέσα, όχι μόνο για να περιορίσει τη δημιουργία αποβλήτων, (με συνετή χρήση των φυσικών πόρων, ανανεώσιμων πρώτων υλών ή μη επικίνδυνων υλικών) αλλά και για τη

δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται επαναχρησιμοποίηση και ανάκτησή τους.

3)Αρχή ανακύκλωσης και αξιοποίησης των υλικών

Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτικής διαχείρισής τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δεν μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε διαδικασίες ανάκτησης υλικών. Βασική διαδικασία για την ανάκτηση των υλικών, είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή. Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των καταναλωτών και των τελικών χρηστών στην αλυσίδα διαχείρισης και τους καθιστά περισσότερο ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων. Σημαντική επίσης προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

4)Αρχή ανάκτησης ενέργειας

Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση υλικών λόγω τεχνικών περιορισμών, θα πρέπει να οδηγούνται τα απόβλητα με σημαντικό θερμικό περιεχόμενο σε μονάδες καύσης με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, ώστε να διατεθεί τελικώς μόνο το κλάσμα που δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

5)Αρχή της ασφαλούς διάθεσης

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

Το Δεκέμβριο του 2005 ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η νέα θεματική στρατηγική για τη πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την ανακύκλωση. Στόχος της στρατηγικής είναι να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή μέχρι την τελική διάθεσή τους, μέσω της ανακύκλωσης.[www.eedsa.gr,2006]

2.6.3 Πλαίσιο Διαχείρισης

Η νέα Οδηγία πλαίσιο 2008/98/ΕΚ αντικαθιστά την Οδηγία 2006/12/ΕΚ και θα πρέπει να ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο των κρατών μελών ως το Δεκέμβριο του 2010. Η αναθεώρηση της Οδηγίας έγινε στα πλαίσια υλοποίησης της Στρατηγικής για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την ανακύκλωση με στόχο να αποσαφηνίσει έννοιες όπως απόβλητο, διάθεση, αξιοποίηση, να ενισχύσει και να προωθήσει την πρόληψη της παραγωγής των απορριμμάτων, να εισάγει την έννοια της ανάλυσης κύκλου ζωής στη λήψη αποφάσεων για την διαχείρισή τους και να προωθήσει την ανάκτηση υλικών και ενέργειας.

Η Οδηγία θεσπίζει την ακόλουθη ιεράρχηση ως προτεραιότητα στη νομοθεσία και την πολιτική για τη διαχείριση των απορριμμάτων: α)πρόληψη, β)ανακύκλωση, γ)άλλου είδους, ανάκτηση, δ)διάθεση.

Η νέα Οδηγία προβλέπει την δημοσίευση κατευθύνσεων για τα κριτήρια ταξινόμησης ενός αποβλήτου ως προϊόντος ή όχι, καθώς και τη θέσπιση ποσοτικών στόχων πρόληψης της παραγωγής των απορριμμάτων από τα κράτη μέλη. Θέτει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους για την αξιοποίηση των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις (70% ως το 2020), ελάχιστο ποσοτικό στόχο ανακύκλωσης των οικιακών αποβλήτων (50% ως το 2020) και προϋποθέτει την ξεχωριστή συλλογή τουλάχιστον του χαρτιού, μετάλλου, πλαστικού και γυαλιού μέχρι το 2015.

Ταξινόμηση αποβλήτων

Με βάση την προσπάθεια για κοινή στρατηγική στο θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τον **Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (Ε.Κ.Α.)** με την Απόφαση 94/3/ΕΚ. Ο Ε.Κ.Α. είναι ένας εναρμονισμένος, μη εξαντλητικός κατάλογος αποβλήτων, ο οποίος πρόκειται ανά τακτά διαστήματα να αναθεωρείται και εφόσον είναι απαραίτητο, να ανασκευάζεται σύμφωνα με την διαδικασία της Επιτροπής. Ο Ε.Κ.Α. αποτελεί σήμερα ονοματολογία αναφοράς, παρέχοντας κοινή για όλη την Κοινότητα ορολογία, με σκοπό την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων. Τα απόβλητα του Ε.Κ.Α. που θεωρούνται επικίνδυνα σημειώνονται με αστερίσκο όπως ορίζει η Απόφαση 2000/532/ΕΚ. Θα πρέπει τέλος να τονιστεί, ότι ένα υλικό που περιλαμβάνεται στον Ε.Κ.Α. δεν είναι απόβλητο υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Ο όρος είναι δόκιμος μόνο όταν ικανοποιείται ο ορισμός του με βάση το άρθρο 1 της Οδηγίας 2006/12/ΕΚ.

Διασυνοριακή Μεταφορά

Όσον αφορά στη μεταφορά των αποβλήτων, αυτή καθορίζεται από τον Κανονισμό 1013/2006 ο οποίος και αντικατέστησε τον παλαιότερο κανονισμό (ΕΟΚ) 259/93 τον Ιούλιο του 2007.

Υγειονομική ταφή

Όσον αφορά στη διάθεση των αποβλήτων, έχει θεσπιστεί η Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, η οποία στοχεύει στην πρόληψη ή στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον, και ειδικότερα στις επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην υγεία του ανθρώπου. Η Οδηγία ταξινομεί τους χώρους ταφής σε τρεις κατηγορίες:

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

Για την επιλογή του κατάλληλου χώρου διάθεσης των αποβλήτων, έχει δημοσιευτεί η Απόφαση 2003/33/ΕΚ, η οποία και καθορίζει τα κριτήρια και τις διαδικασίες διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/ΕΚ. Η Οδηγία περί υγειονομικής ταφής στοχεύοντας στη διασφάλιση της ελεγχόμενης διάθεσης των αποβλήτων, απαγορεύει τη διάθεση των ελαστικών, των νοσοκομειακών και άλλων τύπων αποβλήτων και καθορίζει τη διαδικασία για τη χορήγηση αδειών εκμετάλλευσης χώρων ταφής. Τέλος θεσπίζει συγκεκριμένους ποσοτικούς στόχους για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που

οδηγούνται προς ταφή και επιβάλει τη διαμόρφωση εθνικής στρατηγικής από τα κράτη μέλη, για την προσέγγιση των παραπάνω στόχων.

Αποτέφρωση

Αναφορικά με την αποτέφρωση των στερεών αποβλήτων, αυτή καλύπτεται από την Οδηγία 2000/76/ΕΚ. Στόχος της Οδηγίας είναι η πρόληψη και ο περιορισμός των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την αποτέφρωση και τη συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων, καθώς και των κινδύνων που απορρέουν για την ανθρώπινη υγεία. Η Οδηγία αφορά όχι μόνο τις προοριζόμενες για την αποτέφρωση αποβλήτων εγκαταστάσεις («ειδικευμένες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης»), αλλά και τις εγκαταστάσεις “συνδυασμένης αποτέφρωσης”. Οι τελευταίες είναι εγκαταστάσεις των οποίων βασικός σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας ή υλικών προϊόντων και οι οποίες χρησιμοποιούν ως κύριο ή βοηθητικό καύσιμο τα απόβλητα, αφού αυτά υποβληθούν σε θερμική επεξεργασία για την τελική διάθεσή τους.

2.6.4 Η αναγκαιότητα για προεπεξεργασία των ΑΣΑ

Το Δεκέμβριο του 2005, ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η νέα θεματική στρατηγική για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (COM/2005/666/ΕΚ: Θεματική Στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων). Στόχος της στρατηγικής είναι να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων καθ’ όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή μέχρι την τελική διάθεσή τους, μέσω της ανακύκλωσης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει να αντιμετωπίζεται κάθε είδος αποβλήτων όχι μόνο ως πηγή ρύπανσης που επιβάλλεται να μειωθεί, αλλά και ως ενδεχόμενος πόρος που προσφέρεται για εκμετάλλευση. Η νέα στρατηγική προβλέπει την απλοποίηση της κείμενης νομοθεσίας, αποσκοπώντας στην συγχώνευση της οδηγίας για τα επικίνδυνα απόβλητα και της οδηγίας για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια, αλλά και στην εξάλειψη των αλληλεπικαλύψεων μεταξύ της οδηγίας πλαισίου για τα απόβλητα και της οδηγίας για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης. Επιπροσθέτως, προβλέπει την ενθάρρυνση του τομέα της ανακύκλωσης, με στόχο την επανένταξη με ελάχιστο περιβαλλοντικό αντίκτυπο των αποβλήτων στον οικονομικό κύκλο με τη μορφή προϊόντων ποιότητας. Η νέα στρατηγική προβλέπει και άλλα μέτρα, όπως η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τη φορολογία της οριστικής εναπόθεσης των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο καθώς και, μακροπρόθεσμα, τη λήψη μέτρων βάσει της φύσης των υλικών και ενδεχομένως μέτρων συμπλήρωσης των μηχανισμών της αγοράς, σε περίπτωση που δεν επαρκέσουν για την εξασφάλιση της ανάπτυξης της ανακύκλωσης.

3. Περιοχή Μελέτης

Για την καλύτερη γνώση όλων των παραμέτρων, που θα χρειαστούν στην διπλωματική εργασία πρέπει να μελετηθεί η συγκεκριμένη περιοχή και να επισημανθούν κάποια στοιχεία γι' αυτή. Η περιοχή που ενδιαφέρει εμάς και για την οποία δίνονται όλα τα δυνατά στοιχεία και μετρήσεις είναι αυτή του Δ. Σερρών, κάποιων κοινοτήτων που ανήκουν στο δήμο και ορισμένων περιοχών του νομού που εναποθέτουν περιοδικά τα απορρίμματά τους στο Χ.Υ.Τ.Α. του δήμου.



Εικόνα 3.1: Πανοραμική άποψη Χ.Υ.Τ.Α. – Χ.Δ.Α. Δ. Σερρών

3.1 Γεωγραφική θέση – Χαρακτηριστικά Νομού

Ο Ν. Σερρών ανήκει στην Περιφέρεια κεντρικής Μακεδονίας. Είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση και ο δεύτερος μεγαλύτερος σε πληθυσμό μετά τον Ν. Θεσσαλονίκης.

Όσον αφορά τις περιοχές που συνορεύει είναι οι εξής: νότια βρέχεται από τον κόλπο του ορφανού ενώ ανατολικά συνορεύει με τους νομούς Δράμας και Καβάλας και δυτικά με τους νομούς Κιλκίς και Θεσσαλονίκης. Στα βόρεια σύνορα ο νομός Σερρών επικοινωνεί με τη Βουλγαρία και την Π.Γ.Δ.Μ.. Η έκταση του Νομού (ΕΣΥΕ, 2001) ανέρχεται σε 4050 km². Ο νομός έχει μορφή λεκανοπεδίου με φυσικά όρια τα όρη Κερκίνη, Άγκιστρο, Βροντού, Μενοίκιο και Παγγαίο βορειοανατολικά, τα όρη Μαυροβούνι και Κερδύλλιο

ανατολικά και τον Στρυμονικό κόλπο στα νότια. Το κεντρικό πεδινό του τμήμα διασχίζει ο ποταμός Στρυμόνας, με τον παραπόταμό του Αγγίτη. Στο βόρειο τμήμα του νομού βρίσκεται η τεχνητή λίμνη της Κερκίνης με τον ομώνυμο υδροβιότοπο.

Ο Νομός Σερρών διαιρείται διοικητικά σε 22 Δήμους και 5 Κοινότητες. Πρωτεύουσα του νομού είναι η πόλη των Σερρών η οποία αποτελεί σημαντικό συγκοινωνιακό κόμβο και κέντρο των περισσότερων δραστηριοτήτων της περιοχής.

3.1.1 Γεωγραφική θέση του ΧΥΤΑ Δ. Σερρών

Ο εν ενεργεία ΧΥΤΑ βρίσκεται στα όρια του Δ. Σερρών. Ο δήμος έχει έκταση 252,973 km² και βρίσκεται σε υψόμετρο 50m. Η θέση του τοποθετείται κοντά στα όρια με τον Δ. Λευκώνα, στο δρόμο προς Θεσσαλονίκη και μερικά χιλιόμετρα νότια της περιοχής Κάτω Μετόχι. Ο ΧΥΤΑ απέχει 2,30 χμ. σε ευθεία και 3,54 χμ. οδικά από την πόλη των Σερρών (εικόνα 3.2). Επίσης, βρίσκεται βόρεια της πόλης σε υψόμετρο 133 μ.. Όπως φαίνεται δηλαδή η απόσταση είναι σχετικά μικρή από την πόλη. Διοικητικά υπάγεται στο Δ. Σερρών. Όλη η έκταση του ΧΥΤΑ καταλαμβάνει 250.000 m².

Το έργο εξυπηρετεί κυρίως τα απορρίμματα του Δ. Σερρών και κάποιων παρακείμενων περιοχών όπως είναι οι: Χρυσοπηγή, Ξηρότοπος, Ελαιώνας, Μετόχι, Αη Γιάννης, Επτάμυλοι, Οινούσσα που ανήκουν στον δήμο καθώς και μια ποσότητα απορριμμάτων από τους δήμους Λευκώνα και Νιγρίτας. Ο συνολικός πληθυσμός που καλύπτεται από τον ΧΥΤΑ είναι περίπου 75.000 κάτοικοι.[EUROTECH A.E., 2006]



Εικόνα 3.2: Επισήμανση απόστασης ΧΥΤΑ από την πόλη

3.2 Παύση λειτουργίας των ενεργών ΧΑΔΑ και αποκατάσταση ενεργών και ανενεργών.

Έχοντας υπ' όψη:

1. Το Ν. 1650/86, όπως τροποποιήθηκε από το Ν. 3010/2002
2. Την ΚΥΑ 50910/2727/2003 (ΦΕΚ Β' 1909/22-12-2003)
3. Την εγκύκλιο 103731/1278/5-5-2004 (ορθή επανάληψη 13-5-2004) του ΥΠΕΧΩΔΕ
4. Την εγκύκλιο 109974/3106/22-10-2004 (ορθή επανάληψη 4-11-2004) του ΥΠΕΧΩΔΕ
5. Τις αποφάσεις των Δημοτικών και Κοινοτικών Συμβουλίων για παύση ΧΑΔΑ

παρουσιάζονται οι ληφθείσες από το Δ. Σερρών αποφάσεις, οι οποίες θα βοηθήσουν στην εξέλιξη των ΧΑΔΑ στο Νομό Σερρών.

Η ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών αποβλήτων στο φυσικό περιβάλλον και όχι σε οργανωμένο Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης που προκαλεί σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα και κινδύνους για τη δημόσια υγεία.

Η παύση λειτουργίας και η αποκατάσταση των Χώρων Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (ΧΑΔΑ), αποτελεί αναγκαιότητα τόσο για την αντιμετώπιση καταγγελιών και αποφυγής προστίμων σε τοπικό και εθνικό επίπεδο όσο και για την εφαρμογή της υφιστάμενης εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας.

3.2.1 Ανενεργοί ΧΑΔΑ στα Δ.Δ. των δήμων του Ν. Σερρών

Πίνακας 3.1: Ανενεργοί ΧΑΔΑ [Νομαρχία Σερρών, 2005]

A/A	Αρ. Απόφασης Δημ. Κ Κοιν. Συμβουλίων	Νομός	ΟΤΑ	Δημοτικό/Κοινοτικό Διαμέρισμα	Τοπωνύμιο ΧΑΔΑ	Αρ. ΧΑΔΑ
1	56/1-6-2005	Σερρών	Αλιστράτης	Αλιστράτη-Αγιοχώρι	Καλνίκα-Κουριτσάι	2
2	110/26-5-2005	>>	Αμφίπολης	Παλαιοκώμης, Μεσολακιάς, Αμφίπολης	Μαυρόλακας, Νταλακλή, Μύλος, Μαζαράδικα	4
3	75/19-4-2005	>>	Βισαλτίας	Δηλητριτσίου, Τριανταφυλλιάς, Βέργης, Νικόκλειας, Αγίας Παρασκευής, Σησαμιάς, Λυγαριάς	Καϊλίκ, Αερόμυλος, Μύλος, Νάσσσιου, Λάκκος, Παλιός Στρυμώννας,	7

			-24-		Σέττι, Μέρας	
4	131/23-5-2005	>>	Εμμ. Παππά	Δαφνουδίου, Αγ. Πνεύματος, Εμμ. Παππά, Τούμπας	Κόσσα, Ξερόλακας, Λαμώματα, Κατώλακας	4
5	200/24-5-2005	>>	Ηράκλειας	Βαλτερού, Δασοχωρίου, Κοίμησης, Λιθότοπου, Ποντισμένου, Καρπερής, Ηράκλειας, Λιμνοχωρίου	Μπέλιτσα, Καραγάτση, Καψίδες, Λιθότοπος, Ποντισμένο, Καρπερή, Ηράκλεια, Λιμνοχώρι	8
6	65/22-6-2005	>>	Κ. Μητρούση	Άνω καμήλας, Μητρουσίου, Μονοκλησιάς, Βαμβακιάς Προβατά	Διώρυγα 5, Ισκόπι, Παλιά νεκροταφεία, Δυο, Προβατάς	5
7	84α/16-2-2005	>>	Κερκίνης	Άνω κ Κάτω Ποροΐων, Καστανούσας, Πλατανακίων, Νεοχωρίου, Λιβαδιάς, Κερκίνης	Αγίου Δημητρίου, Τσαλί, Καστανούσας, Πλατανακίων, Νεοχωρίου, Λιβαδιάς, Κερκίνης, Σταυροδρομίου	8
8	45/13-5-2005	>>	Κορμίστας	Κορμίστας, Ηλιοκώμης, Συμβολής	Τούμπες, Γαλαρία, Τοσλίκια	3
9	179/29-6-2005	>>	Λευκώνας	Λευκώνας, Χριστός, Καλά Δένδρα	Δυτικός Χείμαρρος και Άγιος Γεώργιος, Ανατολικός Χείμαρρος, Γκερέν	4
10	86/26-5-2005	>>	Ν. Ζίχνη	Ν. Ζίχνης, Γαζώρου, Θολού, Μαυρόλοφου	Μπαζότοποι	4
11	95/6-6-2005	>>	Πετριτσίου	Πετρίτσι, Βυρώνεια, Ακριτοχώρι,	Αντάς, Φαρίντα, Καράν Ντερέ,	5

			-25-	Μανδράκι, Μεγαλοχώρι	ρέμα Σει-Σού, Παρούσκα	
12	60/30-3- 2005	>>	Πρώτης	Αγγίστας, Κρηνίδας	Αιλιάς, Προφ. Ηλίας	2
13	624/23-6- 2005	>>	Σερρών	Ελαιώνας, Οινούσα	Ελαιώνας, Οινούσα	2
14	113/26-5- 2005	>>	Σιδηροκάστρου	Σιδ/στρου, Βαμβακόφυτου, Χορτερού, Αμπέλας, Καμ/τού	Χείμαρρος, Κρουσοβίτη, Ρεύματα Χορτερού και οικισμός Αμπέλας	5
15	54/20-4- 2005	>>	Σκοτούσσας	Σκοτούσσας, Γεφυρουδίου, Ν. Τυρολόης, Μελενικίτσι, Παλαιόκαστρο	Αγροκτήματα των δίπλα περιοχών	5
16	114/15-6- 2005	>>	Σκουτάρεως	Σκουτάρεως, Αγ. Ελένης, Κ. Καμήλας, Αδελφικού, Κων/νάτου	Δίπλα περιοχές	5
17	100/7-4- 2005	>>	Στρυμόνα	Ν. Σκοπού, Βαλτοτοπίου, Νεοχωρίου, Μονόβρυσης, Ψυχικού, Παραλιμνίου, Πεθελινού	Μπαίρι, Τρίγωνο Τζιβιτζίκι, Νότια και Ανατολικά οικισμού, ΠΑτσαβάς	7
18	101/5-6- 2005	>>	Στρυμονικού	Στρυμονικού, Τριάδος, Ζευγολατιού, Καλοκάστρου, Λειβαδοχωρίου	Χείμαρρος	5
19	95/13-6- 2005	>>	Τραγίλου	Μαυροθάλασσα, Ιβήρων, Τραγίλου, Ευκαρπίας, Αγ. Δημητρίου, Αηδονοχωρίου,	Μαυροθάλασ σα, Βράχος, Ίβηρα, Τράγγιλος, Ευκαρπία, Αγ.	7

			-26-	Καστανοχωρίου	Δημήτριος, Αηδονοχώρι, Καστανοχώρι	
20	26/29-6-2005	>>	Κοιν. Αχλαδοχωρίου	Αχλαδοχώρι	Γήπεδο	1
21	29/17-6-2005	>>	Κοιν. Άνω Βροντούς	Άνω Βροντού	Παναγιά	1
22	32/4-7-2005	>>	Κοιν. Ορεινής	Ορεινή	Μπίγλιτσα	1
Σύνολο						75

Οι παραπάνω αποφάσεις ελήφθησαν μέσα στο έτος 2005.

3.2.2 Ενεργοί και αποκατεστημένοι ΧΑΔΑ ανά ΟΤΑ

Οι τελευταίες αποφάσεις για τους ΧΑΔΑ του Ν. Σερρών ελήφθησαν το έτος 2009 και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 3.2: Ενεργοί ΧΥΤΑ – ΧΔΑ (Νομαρχία Σερρών, τελευταία απόφαση 2009)

A/A	ΔΗΜΟΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΤΟΠΩΝΥΜΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	Αλιστράτης	Αλιστράτης	Καλόγηρος	ΕΝΕΡΓΟΣ	Εξυπηρετεί τον Δ. Κορμίστας
2	Αμφίπολης	Κερδυλίων	Ρέμα Αχλαδιάς	>>	
3	Αχινός	Λευκότοπος	Λατομείο	>>	
4	Βισαλτία	Σησαμιά	Σέττι	>>	
5	Εμ. Παππάς	Άγιο Πνεύμα	Ξερόλακκος	>>	
6	Ηράκλεια	Ποντισμένο		>>	
7	Καπετάν Μητρούσι	Προβατάς	Ποταμός Στρυμόνας	>>	
8	Κερκίνη	Κάτω Ποροΐα	Τσαλί	>>	
9	Ν. Ζίχνη	Νέα Ζίχνη	Ισκίντιλα	>>	Με προοπτική να κλείσει
10	Πετρίτσι	Γόνιμο	Γόνιμο	>>	
11	Πρώτη	Αγγίστα	Αϊλιάς	>>	

12	Ροδολίβος	-27- Ροδολίβος	Τούπολος	>>	
13	Σερρών	Σέρρες	ΧΥΤΑ	>>	Εξυπηρετεί ακόμη μέρος των Δ. Λευκώνα, Στρυμονικού, Στρυμόνα, Νιγρίτας
14	Σιδηρόκαστρο	Σιδ/στρο	Άνω Αμπέλα	>>	
15	Σκοτούσσα	Σκοτούσσα	Αγρόκτημα	>>	
16	Σκούταρι	Κωνσταντινάτο	Στένωμα Αραμπατζή	>>	
17	Τράγιλος	Μαυροθάλασσα	Αμπελιά 1	>>	
18	Κοιν. Βροντούς	Άνω Βροντού	Παναγιά	Μη Ενεργός	Πηγαίνει στο Δ. Σερρών
19	Κοιν. Αγγίστρου	Αγγίστρου	Πρώτο Ρέμα	Ενεργός	Λειτουργία παλιού ΧΑΔΑ
20	Κοιν. Αχλαδοχωρίου	Αχλαδοχωρίου	Αγ. Αντώνιος	>>	Λειτουργία παλιού ΧΑΔΑ
21	Κοιν. Προμαχώνα	Προμαχώνα		>>	Λειτουργία παλιού ΧΑΔΑ
22	Δ. Κορμίστας	Πρώτη, Αλιστράτη, Ροδολίβος		>>	Προσωρινή διάθεση
23	Δ. Νιγρίτας			>>	Σύμβαση με Δ. Σερρών μέχρι 31-12-2009
24	Κοιν. Ορεινής			>>	ΧΥΤΑ Σερρών

[πηγή: Νομαρχία Σερρών– τμήμα Περιβάλλοντος, 2009]

Οι παραπάνω πίνακες καταγράφονται με σκοπό τη γνωστοποίηση των ΧΑΔΑ που υπήρχαν μέχρι το 2005 και για να γίνει εμφανής η μείωση σταδιακά από το 2006 και μετά, μέχρι το 2009.

3.3 Πληθυσμιακά δεδομένα

3.3.1 Δημογραφική εξέλιξη Ν. Σερρών

Με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία (ΕΣΥΕ, 2001) η εξέλιξη και διάρθρωση του πληθυσμού στο νομό αποκαλύπτει μια συνεχιζόμενη πληθυσμιακή συρρίκνωση από το

1951 μέχρι το 1981 σε σχέση με την αντίστοιχη του ευρύτερου χωρικού πλαισίου, ενώ παρατηρείται πληθυσμιακή αύξηση κατά την τελευταία απογραφή.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη του αριθμού των κατοίκων του νομού από το 1951 έως το 2001(τελευταία απογραφή):

Πίνακας 3.3: Εξέλιξη του πληθυσμού στο Ν. Σερρών [ΕΣΥΕ, 2001]

Έτος	Πληθυσμός
1951	222.500
1961	248.041
1971	202.898
1981	192.247
1991	192.828
2001	200.916

Ο Ν. Σερρών είναι ο δεύτερος (μετά τον Ν. Δράμας) νομός της Μακεδονίας με την μεγαλύτερη απώλεια πληθυσμού λόγω μεταναστευτικής κίνησης την δεκαετία '60-'70. Την επόμενη δεκαετία που οι περισσότεροι νομοί της κεντροανατολικής Μακεδονίας φαίνεται να ανακάμπτουν δημογραφικά, για το Ν. Σερρών η εποχή του δημογραφικού μαρασμού επεκτείνεται και σ' αυτή τη χρονική περίοδο. Η επαρχία των Σερρών είναι η μόνη από τις 4 επαρχίες του νομού στην οποία ανατρέπεται η τάση μείωσης του πληθυσμού μετά το 1971 και εμφανίζει θετικό ισοζύγιο κάτι που οφείλεται στην έλξη του πληθυσμού από τις υπόλοιπες επαρχίες. Την δεκαετία 1991-2001 ο πληθυσμός του νομού φαίνεται να ανακάμπτει και να παρουσιάζει σημαντική αύξηση της τάξεως του 4,2 % σε σχέση με την απογραφή του 2001.

Το σύνολο της αύξησης της τελευταίας δεκαετίας απορροφάται από την πόλη των Σερρών που μεταβάλλει θετικά το πληθυσμιακό δυναμικό έως 25%, αποψιλώνοντας την ημιαστική και αγροτική ενδοχώρια επιρροή της. Στην τροχιά της παρατεταμένης κρίσης βρίσκεται όλος ο υπόλοιπος νομός με αρνητικό ισοζύγιο μεταβολής.

Η πληθυσμιακή κατανομή μεταξύ του αγροτικού χώρου και του υπόλοιπου νομού ακολουθεί την ίδια γενική τάση που επικράτησε στην χώρα. Την δεκαετία '50-'60 όλες οι επαρχίες και συνολικά ο αγροτικός χώρος αυξάνει τον πληθυσμό του. Στη συνέχεια η ανάκαμψη των οικονομικών δραστηριοτήτων και η οργάνωση του αστικού εξοπλισμού είχαν σαν αποτέλεσμα να καταστήσουν περισσότερο δελεαστικό τον αστικό χώρο με κριτήρια τις ευκαιρίες απασχόλησης και τις συνθήκες ζωής. Ο πληθυσμός μετακινείται από τον αγροτικό χώρο στα αστικά κέντρα του εσωτερικού ή στο εξωτερικό. Σήμερα το ρεύμα μετανάστευσης έχει ανακοπεί σε μεγάλο βαθμό, όμως η εσωτερική μετανάστευση από τις αγροτικές περιοχές προς τα αστικά κέντρα συνεχίζεται.

Στη συνέχεια παρατίθεται μια πληθυσμιακή κατανομή της τελευταίας απογραφής, στην οποία φαίνονται οι μεγαλύτεροι δήμοι, όπως διαμορφώνεται μέχρι και σήμερα.

Απογραφή 2001 στον Ν. Σερρών: 200.916 κάτοικοι

Πίνακας 3.4: Απογραφή πληθυσμού Ν. Σερρών

α/α	ΔΗΜΟΣ	ΕΔΡΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
1	ΑΓΚΙΣΤΡΟ	ΑΓΚΙΣΤΡΟ	410
2	ΑΛΙΣΤΡΑΤΗ	ΑΛΙΣΤΡΑΤΗ	4121
3	ΑΜΦΙΠΟΛΗ	ΠΑΛΑΙΟΚΟΜΗ	3623
4	ΑΝΩ ΒΡΟΝΤΟΥ	ΑΝΩ ΒΡΟΝΤΟΥ	452
5	ΑΧΙΝΟΣ	ΣΙΤΟΧΩΡΙ	3008
6	ΑΧΛΑΔΟΧΩΡΙ	ΑΧΛΑΔΟΧΩΡΙ	1208
7	ΒΙΣΑΛΤΙΑ	ΔΙΜΙΤΡΙΤΣΙ	8563
8	ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΠΑΠΑ	ΧΡΥΣΟ	11789
9	ΗΡΑΚΛΕΙΑ	ΗΡΑΚΛΕΙΑ	13173
10	ΚΕΡΚΙΝΗ	ΡΟΔΟΠΟΛΗ	10037
11	ΚΟΡΜΙΣΤΑ	ΝΕΑ ΜΠΡΑΦΑ	3034
12	ΛΕΥΚΩΝΑΣ	ΛΕΥΚΗ	3897
13	ΜΗΤΡΟΥΣΙ	ΠΡΟΒΑΤΑΣ	6402
14	ΝΕΑ ΖΙΧΝΗ	ΝΕΑ ΖΙΧΝΗ	10952
15	ΝΙΓΡΙΤΑ	ΝΙΓΡΙΤΑ	9783
16	ΟΡΕΙΝΗ	ΟΡΕΙΝΗ	820
17	ΠΕΤΡΙΤΣΙ	ΝΕΟ ΠΕΤΡΙΤΣΙ	5877
18	ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ	ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ	252
19	ΠΡΩΤΗ	ΠΡΩΤΗ	2999
20	ΡΟΔΟΛΙΒΟΣ	ΡΟΔΟΛΙΒΟΣ	3284
21	ΣΕΡΡΕΣ	ΣΕΡΡΕΣ	56145
22	ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟ	ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟ	10598
23	ΣΚΟΤΟΥΣΑ	ΣΚΟΤΟΥΣΑ	5389
24	ΣΚΟΥΤΑΡΙ	ΣΚΟΥΤΑΡΙ	7517
25	ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ	ΝΕΟΣ ΣΚΟΠΟΣ	8055
26	ΣΤΡΥΜΟΝΙΚΟ	ΣΤΡΥΜΟΝΙΚΟ	4755
27	ΤΡΑΓΙΛΟΣ	ΜΑΥΡΟΘΑΛΑΣΣΑ	4773

[πηγή: Δήμος Σερρών]

Σύνολο:

200916



Εικόνα 3.3: Διαχωρισμός των δήμων του Ν. Σερρών

3.3.2 Οικονομικά χαρακτηριστικά

Σχετικά με το νομό το σύνολο της γεωργικής γης εξασφαλίζει προϋποθέσεις επιβίωσης για 100.980 κατοίκους. Αντίθετα, αν επικεντρωθούμε στο δήμο, η γεωργία λαμβάνει μικρότερο μερίδιο αφού οι κάτοικοι ασχολούνται σε μεγαλύτερο ποσοστό με τη βιομηχανία, τη βιοτεχνία, το εμπόριο και τις υπηρεσίες.

Η εξέλιξη του γεωργικού πληθυσμού και το μέλλον της γεωργίας στο νομό σε συνδυασμό με την βελτίωση της υποδομής και των καλλιεργειών οδηγεί το νομό Σερρών σε ανάπτυξη. Αυτό κατ' επέκταση βοηθάει και την ανάπτυξη των άλλων επαγγελματιών που υπάρχουν σε πλειονότητα στο δήμο. Παρ' όλα αυτά ενώ στις ορεινές περιοχές υπάρχει πλήρης απασχόληση, αν και με χαμηλό εισόδημα, στην πεδιάδα η υποαπασχόληση είναι μεγαλύτερη αλλά σίγουρα τα εισοδήματα αυξημένα.

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, ο ΧΥΤΑ του δήμου εξυπηρετεί **75.000 κατοίκους** εκ των οποίων όσοι εργάζονται ασχολούνται κυρίως με το εμπόριο και τις διάφορες υπηρεσίες, κάποιοι με τη βιοτεχνία – βιομηχανία και λιγότεροι με την γεωργία.

Πίνακας 3.5: Κατανομή κατοίκων ανάλογα με το επάγγελμα

	Εμπόριο	Βιοτεχνία-βιομηχανία	Υπηρεσίες	Γεωργία
Κάτοικοι	5.237	10.256	7.988	7.862
Ποσοστά %	6,98%	13,67%	10,65%	10,48%

3.3.3 Εργασιακοί τομείς

Οι κλάδοι που απασχολούν κυρίως τους κατοίκους του δήμου είναι το εμπόριο, με 46,3% να ασχολείται σε εμπορικά καταστήματα όπως ένδυσης, υπόδησης, τροφίμων, ποτών, καπνού κλπ. Αυτοί οι κλάδοι έχουν και την κυριότερη αύξηση. Επίσης, έχουμε τον κλάδο της ελληνικής βιομηχανίας που παρουσιάζει κάποια κάμψη αλλά και των διαφόρων υπηρεσιών.

3.3.4 Χρήσεις γης

Στο Ν. Σερρών η γεωργία αποτελεί την κυρίαρχη οικονομική δραστηριότητα. Αυτό οφείλεται κυρίως στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του νομού, δηλαδή στις μεγάλες πεδινές εκτάσεις και την αφθονία υδάτινων πόρων.

Η κατανομή της γης, σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, στο Ν. και Δ. Σερρών έχει ως εξής:

Πίνακας 3.6: Κατανομή γης νομού

Γεωργική γη	Βοσκότοποι	Δάση	Οικισμοί, δρόμοι κλπ.	Λίμνες, ποτάμια
1696,8 km ²	1040,1 km ²	822,1 km ²	128,2 km ²	118 km ²
42,3%	27,7%	20,8%	5,5%	3,7%

Στις γεωργικές περιοχές καλλιεργούνται σιτηρά, δημητριακά, κηπευτικά και αμπέλια για την παραγωγή σταφυλιών και κρασιού. Στις δενδρώδεις καλλιέργειες του νομού αναφέρονται ελιές, κερασιές, μηλιές, αχλαδιές, ροδακινιές, αμυγδαλιές, λεπτοκαρυές, καρυδιές, δαμασκηνιές.

Όσον αφορά το δήμο είναι φυσικό ότι η κατανομή της γης είναι τελείως διαφορετική, αφού η κάλυψη της γης από δρόμους και οικισμούς είναι σε ποσοστό πολύ μεγαλύτερη, αναλογικά με το νομό.

Πίνακας 3.7: Κατανομή γης δήμου Σερρών

Γεωργική γη	Βοσκότοποι	Δάση	Οικισμοί, δρόμοι κλπ.	Λίμνες, ποτάμια
25,6%	6,0%	10,1%	57,3%	1,2%

[πηγή: Εμπορικό και Βιομηχανικό Επιμελητήριο Σερρών, 2005]

3.4 Κλιματολογικά – Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά

Γενικά

Για τον προσδιορισμό του κλίματος της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία βροχόπτωσης από μετεωρολογικούς σταθμούς σε Άνω Βροντού, Ηράκλεια, Προβατά, Σιδηρόκαστρο, Σέρρες και Χρυσοπηγή. Πρόκειται για έγκυρους σταθμούς από τους οποίους πάρθηκαν και στοιχεία θερμοκρασίας από τα οποία προήλθαν μέσες μηνιαίες τιμές.

Ανάλυση μετεωρολογικών στοιχείων

Από την ανάλυση των στοιχείων προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία αναλύονται στα διαγράμματα(3.1). Η μέση βροχόπτωση στην περιοχή είναι περίπου 508mm. Ο μεγαλύτερος όγκος των βροχοπτώσεων πέφτει κατά τους μήνες Νοέμβριο και Μάιο, ενώ οι χαμηλότερες βροχοπτώσεις σημειώνονται κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Λόγω της μη ύπαρξης παρατηρήσεων για το πάχος του χιονιού δεν είναι απόλυτα σωστές οι μετρήσεις από την τήξη του χιονιού.

Οι ελάχιστες θερμοκρασίες καταγράφονται το μήνα Ιανουάριο (<4 °C) και οι μέγιστες τον μήνα Ιούλιο (>23°C).

Το κλίμα στην περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Ξηρό – Θερμό Μεσογειακό» ενώ ο χειμώνας ως Ψυχρός και Υγρός. Η ξηρασία περιλαμβάνει τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο – Σεπτέμβριο και το κλίμα χαρακτηρίζεται Έντονα Μεσογειακό. Η θερμοκρασία ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή στο νομό. Στην ψυχρή περίοδο η θερμοκρασία πέφτει από τα ορεινά μέρη και η πτώση καταλήγει σιγά σιγά προς το κέντρο της πόλης ενώ κατά τη θερμή περίοδο, η θερμοκρασία αυξάνεται από τα οροπέδια της Ροδόπης προς τα ανατολικά και της Σερβομακεδονικής μάζας στα δυτικά.

Τον Ιανουάριο οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 1-5°C ενώ τον θερμότερο μήνα του έτους Ιούλιο από 21-27°C και συναντώνται κυρίως στην περιοχή του Στρυμόνα.

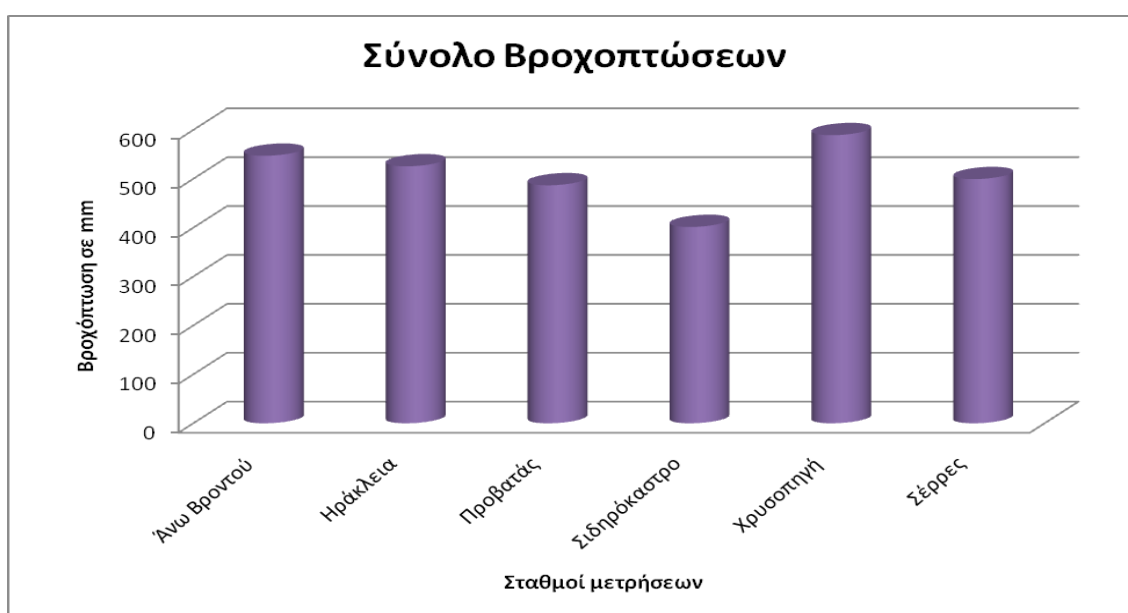
Επίσης στην περιοχή μελέτης μας υπάρχει μια σπάνια περίπτωση να εμφανιστεί ολικός παγετός (<0°C για 24 ώρες) ή μερικός παγετός (<0°C για λιγότερες από 24 ώρες) τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Παρακάτω παρατίθενται οι παγετοί σε μέρες ενός μήνα. [EUROTECH A.E., 2006]

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες με τα μετεωρολογικά δεδομένα που σχολιάστηκαν παραπάνω και συμπερασματικά συνοδεύονται από τα αντίστοιχα διαγράμματα.

Πίνακας 3.8: Στοιχεία μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης (mm)

Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ
Άνω Βροντού	1053	37,6	51,5	40,7	45,5	59,1	54,3	37,6	31,0
Ηράκλεια	35	47,9	36,4	39,5	36,8	64,4	54,3	28,8	19,1
Προβατάς	20	53	40,6	42,5	33,9	42,6	50,1	30,1	18,4
Σιδηρόκαστρο	95	22,4	24,1	29,3	41,6	50,4	40,3	31,5	22,4
Χρυσοπηγή	605	40,6	45,5	39,9	49,1	65,8	55,2	46,4	33,8
Σέρρες	32	39,62	44,24	42,42	39,8	49,79	49,47	29,14	25,71

Σταθμός	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Άνω Βροντού	22,5	27,8	74,4	65,3	547,3
Ηράκλεια	23,2	55	69,3	51	525,7
Προβατάς	25,9	45,2	58,6	46	486,9
Σιδηρόκαστρο	20,9	29,1	49,5	40,1	401,6
Χρυσοπηγή	30,1	50,2	75	57,8	589,4
Σέρρες	25,46	39,24	56,63	57,95	499,5

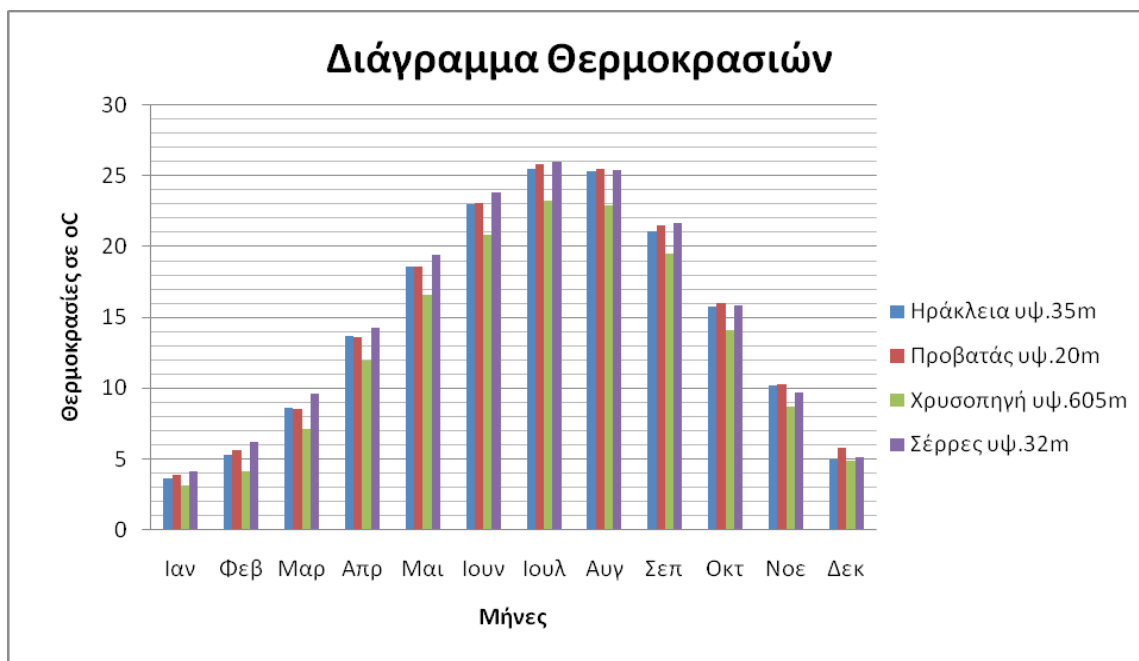


Διάγραμμα 3.1: Σύνολο βροχοπτώσεων 6 περιοχών

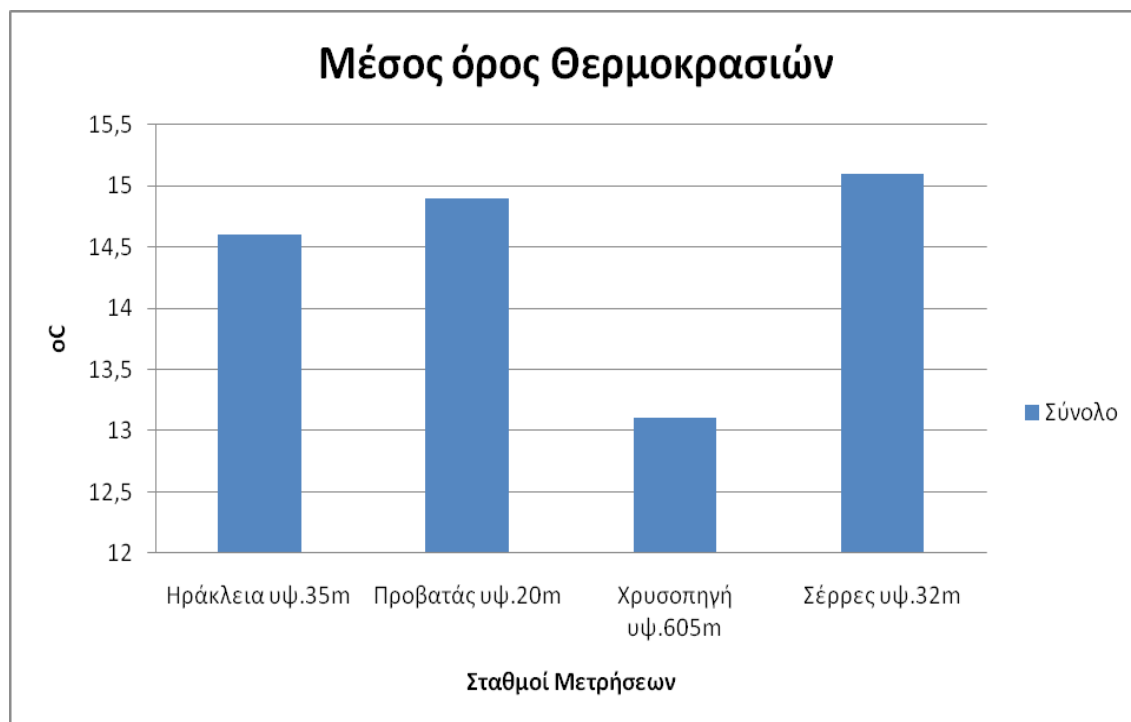
Πίνακας 3.9: Στοιχεία μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας (°C)

Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ
Ηράκλεια	35	3,6	5,3	8,6	13,7	18,6	23	25,5	25,3
Προβατάς	20	3,9	5,6	8,5	13,6	18,6	23,1	25,8	25,5
Χρυσοπηγή	605	3,1	4,1	7,1	11,9	16,6	20,8	23,2	22,9
Σέρρες	32	4,11	6,23	9,64	14,29	19,42	23,84	26,01	25,37

Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
21,1	15,8	10,2	5	14,6
21,5	16	10,3	5,8	14,9
19,5	14,1	8,7	4,9	13,1
21,65	15,86	9,73	5,1	15,1



Διάγραμμα 3.2: Θερμοκρασιών ανά μήνα και περιοχή



Διάγραμμα 3.3: Ετήσιος μέσος όρος θερμοκρασιών

3.5 Εισροές ΑΣΑ

Παρατίθενται οι εισροές των απορριμμάτων σε διάφορες χρονικές περιόδους και μετά από μετρήσεις οι οποίες διεξήχθησαν για το συγκεκριμένο λόγο.

3.5.1 Ημερήσια Εισροή Απορριμμάτων

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η αποκομιδή και μεταφορά των απορριμμάτων, για τον τελευταίο μήνα για τον οποίο υπάρχουν μετρήσεις. Επίσης εύκολα γίνονται αντιληπτές οι μέρες με το μεγαλύτερο όγκο απορριμμάτων και τα περισσότερα δρομολόγια καθώς και ο συνολικός όγκος κάλυψης στο ΧΥΤΑ.

Πίνακας 3.10: Ημερήσια εισροή ΑΣΑ [Δ. Σερρών – Αμαξοστάσιο Δήμου, 2009]

ΗΜΕΡΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΡ/ΦΟΡΩΝ	ΒΑΡΟΣ ΑΠΟΡ/ΤΩΝ (tn)	ΟΓΚΟΣ Κ.Μ. (m ³)	ΣΕ	ΟΓΚΟΣ ΧΩΜΑΤΟΣ (m ³)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ (m ³)
ΣΑΒ	01-Αυγ-09	6	39,44	49,30	0	49,300	
ΚΥΡ	02-Αυγ-09	4	26,45	33,06	0	33,063	
ΔΕΥ	03-Αυγ-09	36	231,40	289,25	40	329,250	
ΤΡΙ	04-Αυγ-09	24	163,30	204,13	20	224,125	
ΤΕΤ	05-Αυγ-09	19	131,15	163,94	20	183,938	
ΠΕΜ	06-Αυγ-09	19	123,82	154,78	20	174,775	
ΠΑΡ	07-Αυγ-09	33	222,53	278,16	30	308,163	
ΣΑΒ	08-Αυγ-09	6	37,67	47,09	0	47,088	
ΚΥΡ	09-Αυγ-09	4	24,90	31,13	0	31,125	
ΔΕΥ	10-Αυγ-09	36	259,74	324,68	40	364,675	
ΤΡΙ	11-Αυγ-09	26	167,37	209,21	30	239,213	
ΤΕΤ	12-Αυγ-09	21	148,10	185,13	20	205,125	
ΠΕΜ	13-Αυγ-09	20	125,84	157,30	20	177,300	
ΠΑΡ	14-Αυγ-09	29	135,00	243,75	30	273,750	
ΣΑΒ	15-Αυγ-09	0	0,00	0,00	0	0,000	
ΚΥΡ	16-Αυγ-09	0	0,00	0,00	0	0,000	
ΔΕΥ	17-Αυγ-09	32	201,77	252,21	30	282,213	
ΤΡΙ	18-Αυγ-09	26	166,33	207,91	30	237,913	
ΤΕΤ	19-Αυγ-09	21	131,89	164,86	20	184,863	
ΠΕΜ	20-Αυγ-09	20	138,47	173,09	20	193,088	
ΠΑΡ	21-Αυγ-09	21	203,08	253,85	30	283,850	
ΣΑΒ	22-Αυγ-09	6	43,16	53,95	0	53,950	
ΚΥΡ	23-Αυγ-09	4	31,68	39,60	0	39,600	
ΔΕΥ	24-Αυγ-09	38	255,96	319,95	40	359,950	
ΤΡΙ	25-Αυγ-09	21	134,35	167,94	20	187,938	
ΤΕΤ	26-Αυγ-09	26	188,33	235,41	30	265,413	
ΠΕΜ	27-Αυγ-09	22	157,39	196,74	20	216,738	
ΠΑΡ	28-Αυγ-09	28	191,35	239,19	30	269,188	
ΣΑΒ	29-Αυγ-09	6	42,27	52,84	0	52,838	
ΚΥΡ	30-Αυγ-09	4	27,64	34,55	0	34,550	
ΔΕΥ	31-Αυγ-09	40	264,01	330,01	30	360,013	
ΣΥΝΟΛΟ		598	4.074,39	5.092,99	570	5.662,99	

3.5.2 Μηνιαία Εισροή Απορριμμάτων (2001-2009)

Ο παρακάτω πίνακας είναι πολύ σημαντικός καθώς δείχνει την εξέλιξη του ΧΥΤΑ, στη μορφή που είναι σήμερα, από το 2001 και ύστερα. Είναι πολύ χρήσιμη λοιπόν η παρατήρηση του αριθμού απορριμματοφόρων και της ποσότητας – όγκου απορριμμάτων στην διάρκεια των ετών. Η πιο σημαντική παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι, η μείωση του όγκου των απορριμμάτων μετά το 2004 κάτι που μειώνει και το συνολικό όγκο τους.

Πίνακας 3.11 Μηνιαία εισροή ΑΣΑ [Δ. Σερρών – Αμαξοστάσιο Δήμου, 2009]

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΡ/ΦΟΡΩΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡ/ΤΩΝ (tn)	ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡ/ΤΩΝ (m3)	ΟΓΚΟΣ ΧΩΜΑΤΟΣ ΚΑΛΥΨΗΣ (m3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ (m3)
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ (2001)		2940	15620	19525.00	4950	24475.00
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ (2002)		5652	30871	38588.75	15520	54108.75
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ (2003)		6502	37786	43482.50	14840	58322.50
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ (2004)		6676	37165	46456.25	14680	61136.25
ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ 2001 - 2004		21770	121442	148052.50	49990	198042.50
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ (2005)		6395	36839.79	46050.70	15900	61950.70
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ 2006		5592	37510.18	40912.55	11520	52432.55
ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ 2001 - 2006		33757	195791.97	235015.75	77410	312425.75
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ 2007		5878	38306.15	42106.05	8350	50456.05
ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ 2001 - 2007		39635	234098.12	277121.80	85760	362881.80
2008	1/1-31/1	480	3233.31	3455.26	650	4105.26
2008	1/2-29/2	447	3003.59	3249.20	610	3859.20
2008	1/3-31/3	413	2747.61	3220.42	400	3620.42
2008	1/4-30/4	497	3371.54	4017.44	500	4517.44
2008	1/5-31/5	526	3512.56	4390.70	510	4900.70
2008	1/6-30//6	523	3541.65	4427.06	540	4967.06
2008	1/7-31/7	532	3650.09	4562.61	540	5102.61
2008	1/8-31/8	472	3188.62	3985.78	480	4465.78
2008	1/9-30/9	548	3734.29	4667.86	540	5207.86
2008	1/10-31/10	526	3555.10	4443.88	520	4963.88
2008	1/11 -30/11	481	3224.41	4030.51	490	4520.51
2008	1/12-31/12	522	3526.13	4407.66	530	4937.66
ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ 2008		5967	40288.90	44467.68	6310	50777.68
ΜΕΡΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ 2001 - 2008		45602	274387.02	321589.48	92070	413659.48
2009	1/1-31/1	494	3288.19	4110.24	560	4670.24
2009	1/2-28/2	533	3395.40	4244.25	540	4784.25
2009	1/3-31/3	591	3802.62	4753.28	520	5273.28
2009	1/4-30/4	597	3.920,59	4.900,74	560	5460.74
2009	1/5-31/5	583	3786.67	4733.33	480	5213.33
2009	1/6-30//6	607	3893.97	4867.46	560	5427.46
2009	1/7-31/7	631	4194.87	5243.59	630	5873.59
2009	1/8 - 31/8	598	4074.39	5092.99	570	5662.99
2009	1/9-30/9	-	-	-	-	-
2009	1/10-31/10	-	-	-	-	-
2009	1/11 -30/11	-	-	-	-	-
2009	1/12-31/12	-	-	-	-	-
ΣΥΝΟΛΟ 2009 ΜΕΧΡΙ 31-8		4634	30356.70	37945.88	4420	42365.88
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΜΕΧΡΙ 31-8-2009		50236	304743.72	359535.36	96490	456025.36

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Τρόπος συλλογής δείγματος ΑΣΑ

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στο ΧΥΤΑ Δ. Σερρών με τυχαία δείγματα που πάρθηκαν επί τόπου και πληρούσε τις προδιαγραφές και τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς.

Οι κατηγορίες των υλικών, στις οποίες διαχωρίστηκαν τα απόβλητα είναι οι εξής:

Οργανικά:

- Ζυμώσιμα (τροφικά υπολείμματα, φύλλα κλπ)

Μη οργανικά:

- Χαρτί κάθε είδους
- Πλαστικά κάθε είδους
- Δ.Ξ.Υ.Λ. (δέρμα, ξύλο, ύφασμα, λάστιχα)

Ανόργανα:

- Γυαλί κάθε είδους
- Μέταλλα και Αλουμίνιο

Αδρανή υλικά (πέτρες, χώματα)

Κατά τη διαδικασία της δειγματοληψίας ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

⇒ Το άδειασμα του απορριμματοφόρου γινόταν στο επάνω μέρος της πλαγιάς του ΧΥΤΑ και από εκεί συλλέχθηκαν τα δείγματα, μεταφέρθηκαν σε εσωτερική αποθήκη με σακούλες σκουπιδιών και εκεί ζυγίστηκαν (εικόνα 4.4 κ 4.5).



Εικόνα 4.1: Χώρος εναπόθεσης απορριμμάτων



Εικόνα 4.2: Άδειασμα απορριμμάτων

- ⇒ Διαχωρισμός του δείγματος, του οποίου έγινε εναπόθεση σε αποθήκη πάνω σε ειδικό κάλυμμα και επιλογή ενός μέρους του για ζύγιση. Αρχικά ξεχωρίσαμε τα περισσότερα ογκώδη αντικείμενα για να γίνει ευκολότερη η τοποθέτησή τους στο ζυγό.
- ⇒ Λήψη των δειγμάτων με το χέρι. Η ποσότητα του 1 m^3 είναι η ιδανική για να προκύψει το τελικό ημερήσιο δείγμα.



Εικόνα 4.3: Υλικά και όργανα μετρήσεων

⇒ Μέτρηση της τελικής ποσότητας που επιλέξαμε και ξεχωρίσαμε σε κλάσματα, οπτικός έλεγχος και καταγραφή αποτελεσμάτων. Η καταγραφή έγινε μέσα στις σακούλες που τοποθετήθηκαν τα είδη των ΑΣΑ, ενώ υλικά που αποτελούσαν μια ξεχωριστή κατηγορία σε σχέση με τις συνήθειες, τοποθετήθηκαν ξεχωριστά στο ζυγό.

⇒ Η καταγραφή της μάζας έγινε με προσοχή για κάθε κλάσμα. Στη συνέχεια, οι σακούλες τοποθετήθηκαν σε ασφαλές μέρος ώστε να είναι εύκολη η επιστροφή τους στο βασικό χώρο του ΧΥΤΑ. Το σημείο καθαρίστηκε και τα όργανα μέτρησης (εικόνα 4.3) τοποθετήθηκαν με προσοχή στις θήκες τους για την επόμενη μέτρηση.



Εικόνα 4.4: Μέρος του δείγματος



Εικόνα 4.5: Ζύγιση δείγματος

4.2 Προσεγγιστική ανάλυση (υγρασία, τέφρα, πτητική ύλη, θερμογόνος δύναμη)

Στην συνέχεια έλαβε χώρα η ανάλυση των δειγμάτων στο εργαστήριο, αφού τεμαχιστούν (εικόνα 4.6) και έρθουν σε συνθήκες κατάλληλες για επεξεργασία. Τα δείγματα συλλέχθηκαν από το πεδίο (ΧΥΤΑ Δ. Σερρών) και μέρος τους μεταφέρθηκε στο εργαστήριο. Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνονται τα κλάσματα (πλαστικά, ζυμώσιμα, χαρτί) μετά τον τεμαχισμό τους και τοποθετημένα σε δοχεία.



Εικόνα 4.6: Ομογενοποιημένα δείγματα προς μέτρηση

4.2.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Αντιπροσωπευτικό δείγμα ζυγίζεται σε αναλυτικό ζυγό με ακρίβεια 0,1 mg και θερμαίνεται για 24 ώρες στους 105 ± 3 °C. Στη συνέχεια φυλάσσεται σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας έως ότου έρθει σε θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου και κατόπιν ζυγίζεται ξανά. Η υγρασία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Υγρασία \%} = \left[\frac{(W - B)}{W} \right] \times 100$$

όπου: W = το αρχικό βάρος του δείγματος σε g.

B = το τελικό βάρος του δείγματος μετά ξήρανση σε g.

4.2.2 Προσδιορισμός τέφρας

Ο προσδιορισμός της τέφρας πραγματοποιήθηκε κατά το πρότυπο ASTM E830 σύμφωνα με το οποίο τα δείγματα καίγονται σε θερμοκρασία 575 ± 25 °C για 1h. Μετά την καύση, τα δείγματα μεταφέρονται σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας, για την εξισορρόπηση των θερμοκρασιών μεταξύ του χωνευτηρίου και της ατμόσφαιρας. Κατόπιν ζυγίζονται στον αναλυτικό ζυγό και ο προσδιορισμός της τέφρας παράγεται από τη σχέση:

$$\text{Τέφρα \%} = \left[\frac{(F - G)}{W} \right] \times 100$$

όπου:

F	=	βάρος χωνευτηρίου και τέφρας σε g
G	=	βάρος χωνευτηρίου σε g
W	=	αρχικό βάρος δείγματος σε g

4.2.3 Προσδιορισμός πτητικής ύλης

Ο υπολογισμός της γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ASTM E897. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό 1 g καλά ομογενοποιημένου και ξηραμένου δείγματος τοποθετείται σε προζυγισμένο χωνευτήριο το οποίο διαθέτει και καπάκι (closed crucible). Το χωνευτήριο στη συνέχεια τοποθετείται στον κλίβανο σε θερμοκρασία 950 ± 20 °C για 7 min. Έπειτα αφήνεται να έρθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέσα σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας. Η πτητική ύλη υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Πτητική Ύλη επί Ξηρού(\%)} = \left[\frac{(A - B)}{A} \right] \times 100$$

όπου: A = Βάρος δείγματος που αναλύεται σε g

B = Βάρος δείγματος μετά την καύση σε g = (N-M)

4.2.4 Θερμογόνος δύναμη και στοιχειακή ανάλυση

Η θερμογόνος δύναμη των δειγμάτων προσδιορίστηκε στο εργαστήριο με τη βοήθεια αυτόματου θερμιδόμετρου AC300 της LECO. Μία ποσότητα δείγματος τοποθετείται σε ειδικό υποδοχέα, μέσα από τον οποίο περνά ένα λεπτό σύρμα, που χρησιμοποιείται για την ανάφλεξή του. Η όλη συσκευασία τοποθετείται σε μία οβίδα υψηλής ανθεκτικότητας σε πίεση 440 psi και σε ατμόσφαιρα καθαρού O_2 . Η οβίδα περιβάλλεται από νερό, του οποίου η θερμοκρασία μετράται με ένα ηλεκτρονικό θερμόμετρο ακριβείας 1/20.000 του ενός βαθμού Κελσίου. Σε ένα ισοθερμικό σύστημα υπάρχει δυνατότητα ανταλλαγής μερικής ενέργειας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του νερού που περιβάλλει την οβίδα. Αυτό μπορεί να υπολογισθεί μετρώντας την αλλαγή θερμοκρασίας του νερού, όταν η οβίδα περιβάλλεται από νερό και πριν το δείγμα καεί.

Η θερμική ανταλλαγή λόγω συνθηκών περιβάλλοντος υπολογίζεται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης. Ένας μικροεπεξεργαστής διαβάζει τη θερμοκρασία του νερού κάθε έξι λεπτά. Η επίδραση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπολογίζεται και τα αποτελέσματα διορθώνονται σύμφωνα με αυτή και με το μήκος του καμένου σύρματος. Επιπρόσθετα γίνεται διόρθωση βάσει της περιεκτικότητας N_2 , S και υγρασίας του δείγματος και εκτυπώνονται τα αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα της στοιχειακής ανάλυσης τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω αναφέρονται στα ποσοστά αζώτου(N), άνθρακα(C) και υδρογόνου(H), κατά ξηρό βάρος, τα οποία υπάρχουν στα απόβλητα και θα μας βοηθήσουν στην εύρεση της θερμογόνου δύναμης.

Το ποσοστό σε ΔΞΥΛ δε χρησιμοποιήθηκε γιατί η περιεκτικότητά του σε λάστιχο ήταν αυξημένη και θα δημιουργούσε πρόβλημα στις μετρήσεις, αφού το λάστιχο περιέχει επιβλαβή στοιχεία εφόσον καίγεται.

Αποτελέσματα εργαστηριακών μετρήσεων στοιχειακής ανάλυσης%

Πίνακας 4.1: Ποσοστά στοιχειακής ανάλυσης

Ποσοστό χημικού στοιχείου (κατά 'ξηρό' βάρος)	Ζυμώσιμα	Χαρτί	Πλαστικά	Δ.Ξ.Υ.Λ.	Σύνολο
N	2,43	0,73	0,63	0,53	1,59
C	44,52	39,18	76,19	48,13	47,61
H	5,97	6,32	11,08	6,23	6,78

5. Αποτελέσματα πεδίου και εργαστηρίου

5.1 Ετήσια εισροή απορριμμάτων (έτος 2009)

Η εισροή απορριμμάτων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη ενός ΧΥΤΑ. Για το λόγο αυτό τα στοιχεία που παρουσιάζονται, παρέχουν την βοήθεια που είναι απαραίτητη για την λήψη αποφάσεων και την άντληση κάποιων συμπερασμάτων.

Η λήψη των δειγμάτων έγινε από απορρίμματα, με μορφή όπως της παρακάτω φωτογραφίας και όγκου 1 m^3 .

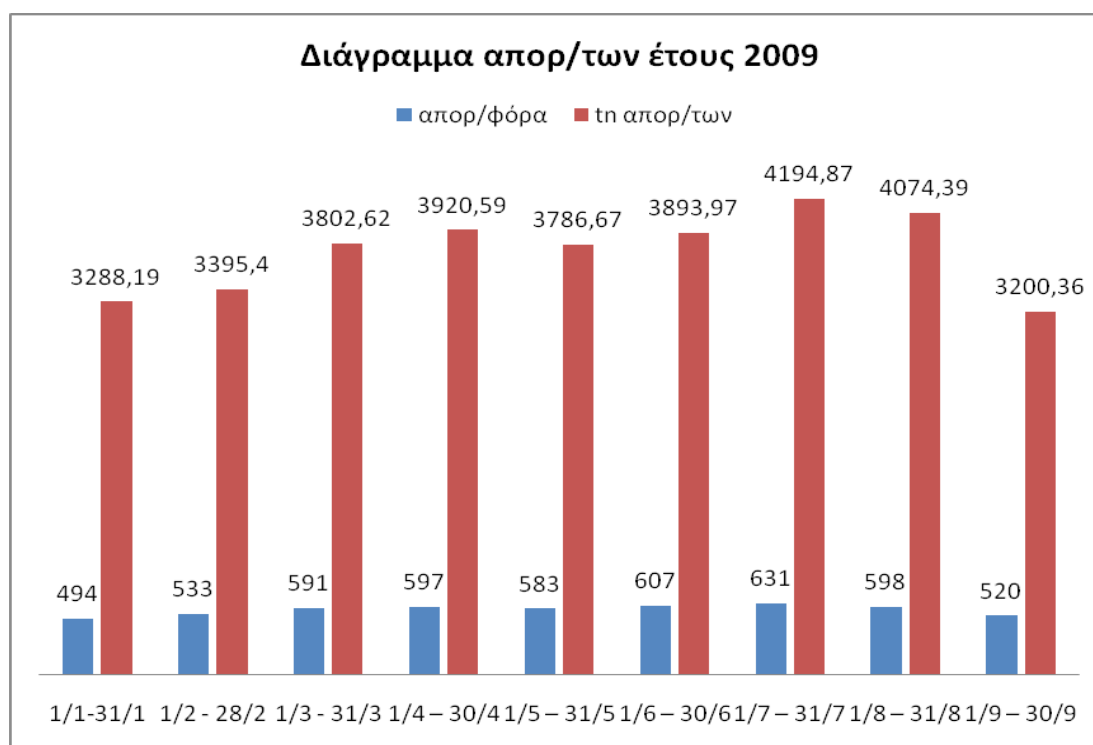


Εικόνα 5.1: Δείγματα 1 m^3

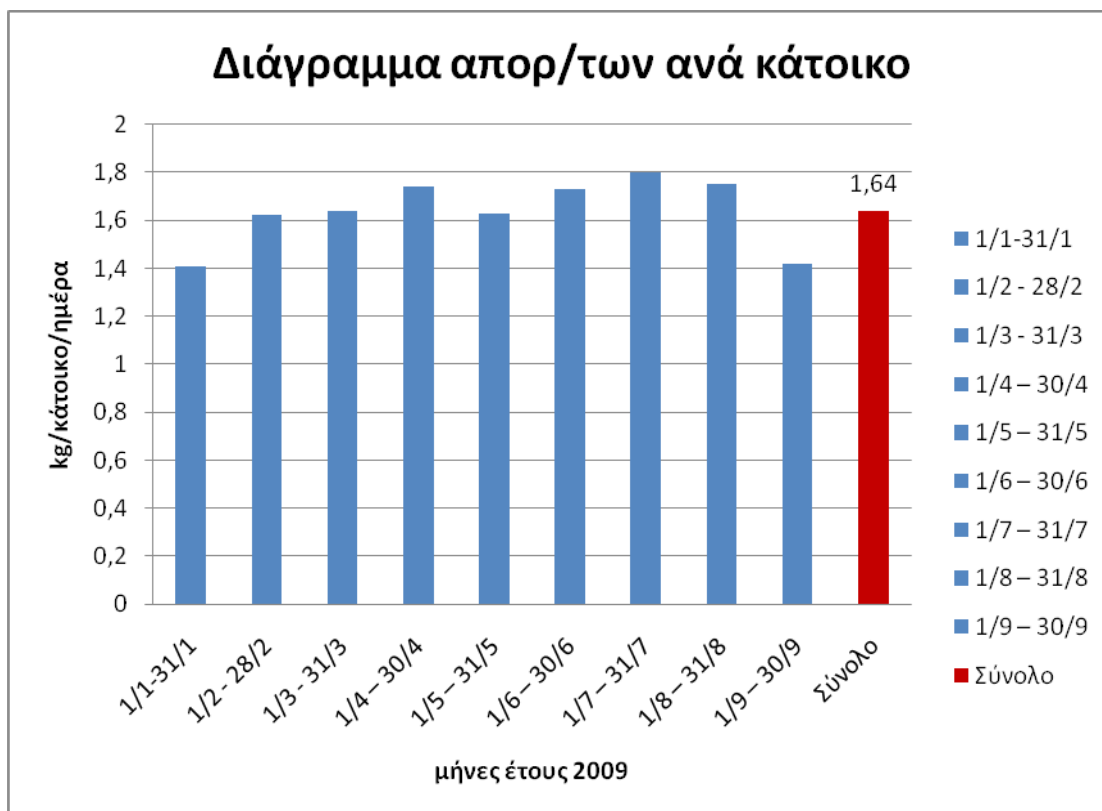
Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την κατάσταση των απορριμμάτων για το 2009 και θα χρησιμοποιηθεί για την εύρεση των απορριμμάτων ανά κάτοικο στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και την κατασκευή των διαγραμμάτων που ακολουθούν.

Πίνακας 5.1: Εισροή απορ/των 2009

Ημερομηνία (2009)	Απορριμματοφόρα	Ποσότητα Απορ/των (tn)	Όγκος Απορ/των (m ³)	Όγκος Χωμ/ψης (m ³)	Συνολικός Όγκος (m ³)
1/1-31/1	494	3288,19	4110,24	560	4670,24
1/2 - 28/2	533	3395,40	4244,25	540	4784,25
1/3 - 31/3	591	3802,62	4753,28	520	5273,28
1/4 – 30/4	597	3920,59	4900,74	560	5460,74
1/5 – 31/5	583	3786,67	4733,33	480	5213,33
1/6 – 30/6	607	3893,97	4867,46	560	5427,46
1/7 – 31/7	631	4194,87	5243,59	630	5873,59
1/8 – 31/8	598	4074,39	5092,99	570	5662,99
1/9 – 30/9	520	3200,36	4232,55	540	4772,55
Σύνολο	5154	33557,06	42178,43	4960	47138,43



Διάγραμμα 5.1: Απορρίμματα – απορριμματοφόρα 9 μηνών του 2009



Διάγραμμα 5.2: Απορ/τα ανά κάτοικο ανά ημέρα το 2009

5.2 Απορριμματοφόρα

Ο Δήμος Σερρών διαθέτει συνολικά 16 απορριμματοφόρα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τις ανάγκες της αποκομιδής των απορριμμάτων σε όλο το δήμο αλλά και σε προάστια γύρω από αυτόν. Ο διαχωρισμός τους γίνεται σε μεγάλα και μικρά, δηλαδή υπάρχουν 13 απορ/φόρα των 16 m³ και 3 απορ/φόρα των 8 m³, τα οποία είναι όλα τύπου πρέσας. Κάθε απορ/φόρο διαθέτει κάδο 300 kg/m³ και ζυγίζει περίπου 10-11 tn.

Πίνακας 5.2: Απορριμματοφόρα Δ. Σερρών

Τύπος απορ/φόρου	Χειριστές	Μάρκα οχήματος	Ηλικία οχήματος
Μεγάλα 16 m ³ , Τύπου πρέσας	1 οδηγός και 2 εργάτες	1 Iveco, 2 Man, 10 Mercedes	3 – 10 έτη
Μικρά 8 m ³ , Τύπου πρέσας	1 οδηγός και 2 εργάτες	1 Iveco 2 Mercedes	1 – 5 έτη



Εικόνα 5.2: Απορριμματοφόρο Mercedes



Εικόνα 5.3: φορτηγά χωματοκάλυψης

Στις φωτογραφίες αυτές διακρίνονται τα απορριμματοφόρα καθώς και τα φορτηγά χωματοκάλυψης, σε ώρα εργασίας μέσα στο χώρο του ΧΥΤΑ Δ. Σερρών.

Τα συγκεκριμένα απορριμματοφόρα καλύπτουν τις ανάγκες 75.000 κατοίκων και έχουν συγκεκριμένα ωράρια λειτουργίας. Οι βάρδιες ξεκινούν από 5.00 – 6.00 τα ξημερώματα και καταλήγουν στον ΧΥΤΑ 11.00 – 12.00 το μεσημέρι.

Η κατανάλωσή τους σε πετρέλαιο ανέρχεται σε 60 -70 lt ανά συνολική διαδρομή. Τέλος υπάρχουν και κάποια απορριμματοφόρα τα οποία μεταφέρουν απορρίμματα από περιοχές εκτός δήμου, όταν αυτό είναι απαραίτητο. Ειδικές διαδρομές εκτελούνται σε ημέρες λαϊκών αγορών ή σε κάποια έκτακτη ανάγκη. [πηγή: Δήμος Σερρών, Αμαξοστάσιο δήμου – τμήμα διαχείρισης απορριμμάτων]

5.3 Αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης απορριμμάτων Δ. Σερρών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μετρήσεις οι οποίες διεξήχθησαν στο πεδίο, σε δύο διαφορετικές εποχές.

Οι μετρήσεις όσον αφορά τη ποσοστιαία σύσταση των απορριμμάτων, ήταν ένα σημαντικό μέρος της διπλωματικής, βοηθώντας στην περεταίρω πορεία της όσον αφορά τις τεχνολογίες εξυγίανσης.

Οι πίνακες 5.3 και 5.4 παρουσιάζουν την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των απορριμμάτων.

Πίνακας 5.3: Ποιοτική σύσταση (Νοέμβριος 2009)

2009 % ποσοστά	Παρασκευή 20/11 Κιουπλιά	Σάββατο 21/11 Κέντρο	Κυριακή 22/11 Χρυσοπηγή- Ξηρότοπος	Τρίτη 24/11 Πλατεία Νίκης- λαϊκή αγορά
Μέταλλα- αλουμίνιο	3,96	2,50	—	3,33
Γυαλί	—	5,00	—	10,00
ΔΞΥΛ	2,25	1,24	15,53	23,33
Χαρτί	4,67	17,60	15,20	13,34
Ζυμώσιμα	59,03	53,04	37,02	33,33
Πλαστικά	30,09	20,62	12,98	16,67
Αδρανή υλικά	—	—	19,27	—
Όχημα	Mercedes	Man	Iveco	Mercedes
Kg ανά όχημα	2150	3050	1530	2850

Πίνακας 5.4: Ποιοτική σύσταση (Φεβρουάριος 2010)

2010 % ποσοστά	Πέμπτη 11/2 Κέντρο	Παρασκευή 12/2 Κέντρο	Σάββατο 13/2 Γενικά	Κυριακή 14/2 Γενικά
Μέταλλα-αλουμίνιο	3,17	6,67	10	10,33
Γυαλί	8,33	6,67	10	14,67
ΔΞΥΛ	13,33	9,67	6,67	7,33
Χαρτί	23,33	20	23,33	10
Ζυμώσιμα	36,67	40	30	33,33
Πλαστικά	15,17	17	20	16,67
Αδρανή υλικά	-	-	-	7,67
Όχημα	Mercedes	Mercedes	Iveco	Mercedes
Kg ανά όχημα	2850	2850	1650	1360

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των ποσοστών των ΑΣΑ πίνακας(5.5). Οι παρακάτω μέσοι όροι θα συγκριθούν στη συνέχεια με άλλων πόλεων στην Ελλάδα και σε άλλες περιοχές του κόσμου.

Πίνακας 5.5: Μέσων όρων ποιοτικής σύστασης (%)

%Μέσος όρος κλασμάτων	Νοέμβριος 2009	Φεβρουάριος 2010	Συνολικός Μ.Ο.
Μέταλλα-αλουμίνιο	2,45	7,54	4,99
Γυαλί	3,75	9,91	6,84
ΔΞΥΛ	10,59	9,25	9,92
Χαρτί	12,70	19,16	15,93
Ζυμώσιμα	45,60	35	40,3
Πλαστικά	20,09	17,214	18,65
Αδρανή υλικά	4,82	1,926	3,37

- Συγκρίνοντας τους παραπάνω πίνακες και κατ' επέκταση τις τιμές των κλασμάτων διαπιστώνονται σημαντικές διαφοροποιήσεις αλλά και ομοιότητες. Ξεκινώντας από τα ζυμώσιμα παρατηρείται η ομοιότητα που υφίσταται στην Ελλάδα, αφού οι τιμές τόσο στα μικρά νησιά όσο και στην Σέρρες και στην Κρήτη είναι παρόμοιες. Συνολικά, παρατηρείται ότι οι τιμές Σερρών και Κρήτης δεν έχουν σημαντικές διαφορές και κινούνται στα ίδια επίπεδα. Αντίθετα, το γυαλί παρουσιάζει ποσοστιαία αύξηση στα νησιά του Αιγαίου, με ανάλογη μείωση των πλαστικών σε σχέση με Σέρρες και Κρήτη.

Πίνακας 5.6: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ (%κ.β.) σε μικρά νησιά και Κρήτη [πηγή: Gidarakos et al. (2005), Πράσιнос Ζ.,2009]

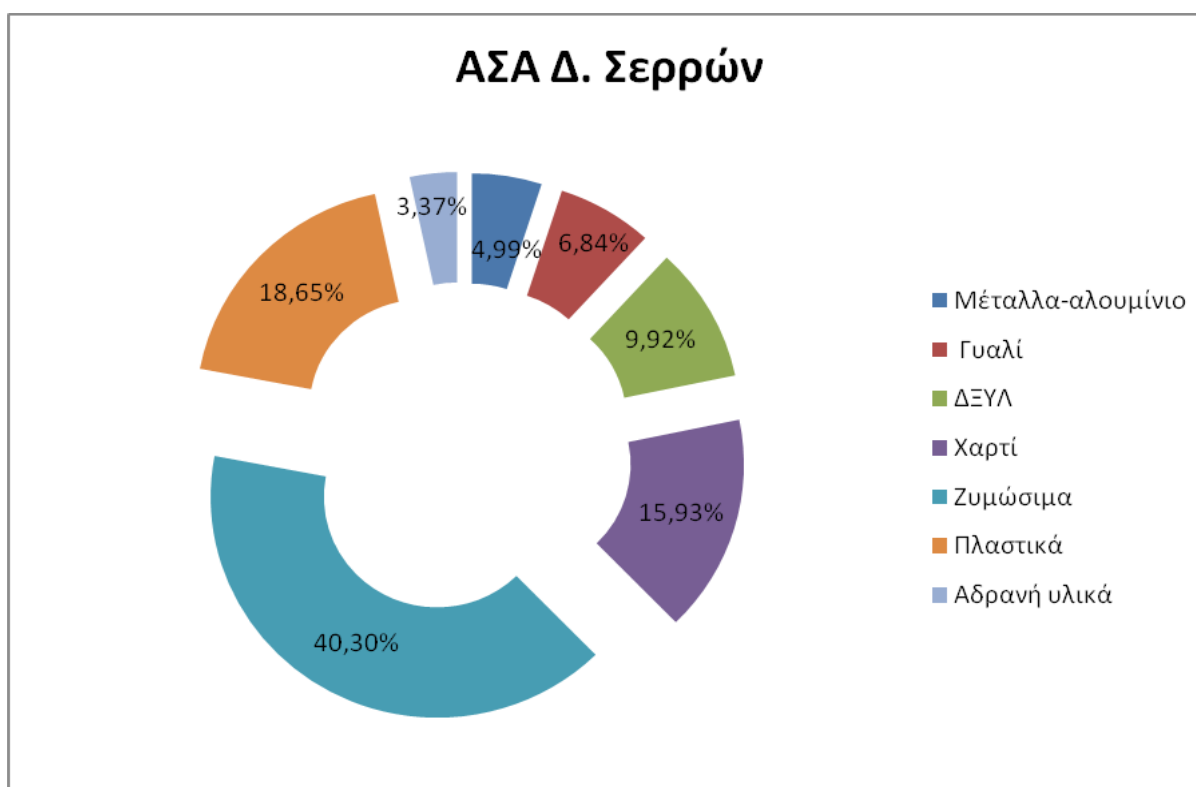
	Μ.Ο. μικρών νησιών	Κρήτη
Περίοδος	2009	2004-2005
Μέταλλα %	6,80	4,95
Γυαλί %	12,40	5,33
Δ.Ξ.Υ.Λ. %	5,40	5,24
Χαρτί %	20,70	19,94
Ζυμώσιμα %	39,60	39,15
Πλαστικά %	10,30	16,85
Αδρανή %	5,00	8,54

Πίνακας 5.7: Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων στο διεθνή χώρο [πηγή: ΤΕΙ Χαλκίδας, Μάιος 2004]

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

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με εκείνα της δυτικής Ευρώπης και των ΗΠΑ, αλλά και με τις ανατολικές μη ανεπτυγμένες χώρες διαπιστώνονται τα εξής συμπεράσματα:

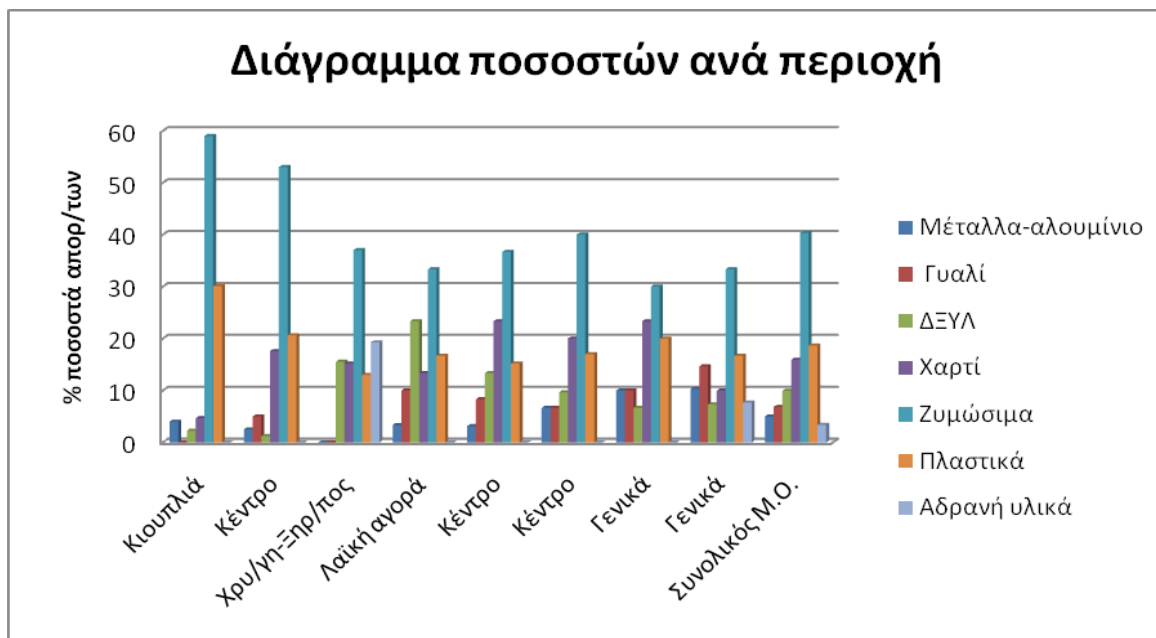
- Η διαφορά των πλαστικών είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με αυτή της χώρας μας. Το μικρότερο ποσοστό όμως στις χώρες του εξωτερικού έχει διαφορετικές εξηγήσεις. Στη δυτική Ευρώπη και τις ΗΠΑ αυτό οφείλεται στα μεγάλα επίπεδα ανακύκλωσης των πλαστικών, σε αντίθεση με τις χώρες της Μέσης Ανατολής όπου το χαμηλό ποσοστό οφείλεται στα μη ανεπτυγμένα επίπεδα ζωής.
- Αντίστοιχα, μεγάλη εντύπωση προκαλεί το πολύ χαμηλό ποσοστό σε ζυμώσιμα, το οποίο ανεβάζει την τιμή του χαρτιού στις ανεπτυγμένες χώρες. Αυτό μπορεί να οφείλεται και στην ολοένα και περισσότερη χρήση του χαρτιού. Αντίθετα, στις χώρες της Μέσης Ανατολής τα ζυμώσιμα κατέχουν συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τα άλλα κλάσματα.
- Ένα βασικό συμπέρασμα αποτελούν τα χαμηλά ποσοστά ανακύκλωσης που υπάρχουν στην Ελλάδα σε σχέση με χώρες της δυτικής Ευρώπης και τις ΗΠΑ, καθώς και τα υψηλά επίπεδα αδρανών υλικών στη δυτική Ευρώπη.



Διάγραμμα 5.3: Μέσος όρος ποιοτικής σύστασης ΑΣΑ του Δ. Σερρών

Στο διάγραμμα 5.3 παρουσιάζεται ο μέσος όρος της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ του Δ. Σερρών. Παρατηρείται κάποια αύξηση των πλαστικών σε σύγκριση με τις τιμές που υπάρχουν στον υπόλοιπο ελληνικό χώρο.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι τιμές επιλεγμένων περιοχών του Δ. Σερρών και ο μέσος όρος τους. Εξαιρώντας τα δύο πρώτα γραφήματα προκύπτει ότι τα ποσοστά κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα.



Διάγραμμα 5.4: Ποσοστά ΑΣΑ περιοχών σε σύγκριση με το μέσο όρο.

5.4 Εργαστηριακά αποτελέσματα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων.

Όλα τα δείγματα ζυγίστηκαν σε θερμοκρασία δωματίου.

5.4.1 Υγρασία: Τα απορρίμματα κόπηκαν με το χέρι και ζυγίστηκαν. Αυτή η διαδικασία, μας έδωσε το βάρος των δειγμάτων.

Πίνακας 5.8: Αποτελεσμάτων ζύγισης δειγμάτων

	Ζυμώσιμα Βάρος σε gr	Πλαστικά Βάρος σε gr	Χαρτί Βάρος σε gr
Πριν από τον φούρνο(W)			
1 ^ο δείγμα(Νοε 2009)	283,4600	44,0958	36,1410
2 ^ο δείγμα(Φεβ 2010)	102,805	32,6200	31,5500
Μετά από τον φούρνο (105 °C) (B)			
1 ^ο δείγμα(Νοε 2009)	88,3406	43,1190	26,2050
2 ^ο δείγμα(Φεβ 2010)	26,4170	29,1711	25,0055

5.4.2 Τέφρα: Μετά τον τεμαχισμό που υπέστησαν τα δείγματα από ειδικό μηχάνημα κοπής, τοποθετήθηκαν σε αποτεφρωτήρες και έγινε μέτρηση του βάρους τους. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε φούρνο 550°C για την εύρεση της τέφρας.

Πίνακας 5.9: Αποτελεσμάτων ζύγισης δειγμάτων

T:550 °C Είσοδος: 14.15 Έξοδος: 15.15	Ζυμώσιμα Βάρος σε gr	Πλαστικά Βάρος σε gr	Χαρτί Βάρος σε gr
Μάζα αποτεφρωτήρα (G) 1° δείγμα(Νοε 2009) 2° δείγμα(Φεβ 2010)	50,9347 51,8756	53,6438 53,6430	46,9136 52,9352
Αρχική μάζα δείγματος (W) 1° δείγμα(Νοε 2009) 2° δείγμα(Φεβ 2010)	1,3010 1,5541	0,7378 1,0892	1,1423 1,0648
Μάζα τέφρας και αποτεφρωτήρα (F) 1° δείγμα(Νοε 2009) 2° δείγμα(Φεβ 2010)	51,0305 52,3788	53,6703 53,7147	47,1272 53,0840

5.4.3 Πτητική ύλη: Με δείγμα που πάρθηκε με τον ίδιο τρόπο τεμαχισμού, όπως στην εύρεση τέφρας, ζυγίστηκαν τα δείγματα στους αποτεφρωτήρες και κάηκαν στους 950°C για την πτητική ύλη.

Πίνακας 5.10: Αποτελεσμάτων ζύγισης δειγμάτων

Tα: 950 °C Είσοδος: 16.00 Έξοδος: 16.07	Ζυμώσιμα Βάρος σε gr	Πλαστικά Βάρος σε gr	Χαρτί Βάρος σε gr
Μάζα αποτεφρωτήρα (M) 1° δείγμα(Νοε 2009) 2° δείγμα(Φεβ 2010)	13,1862 13,1879	12,1712 13,5181	14,3119 12,9825
Μάζα δείγματος (A) 1° δείγμα(Νοε 2009) 2° δείγμα(Φεβ 2010)	1,3219 0,9005	0,7235 0,8213	0,9728 0,8415
Μάζα πτητικής ύλης και αποτεφρωτήρα (N) 1° δείγμα(Νοε 2009) 2° δείγμα(Φεβ 2010)	13,4717 13,4569	12,2398 13,5693	14,5253 13,1396

Στον Πίνακα 5.11 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα, για τις παραμέτρους υγρασία, τέφρα και πτητική ύλη

Πίνακας 5.11: Υγρασία, τέφρα και πτητική ύλη(%)

	% υγρασία	%τέφρα	%πτητική ύλη
Ζυμώσιμα	71,56%	19,87%	74,26%
Πλαστικά	6,39%	5,085%	92,14%
Χαρτί	24,12%	16,53%	79,69%

5.4.4 Θερμογόνος Δύναμη: Με βάση την ανώτερη θερμογόνο δύναμη επί ξηρού, το ποσοστό υγρασίας επί του φυσικού δείγματος W_{Φ} και το ποσοστό τέφρας επί του φυσικού δείγματος A_{Φ} , μπορούν να υπολογιστούν οι εξής παράμετροι:

Ανώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος $(A.Θ.Δ.)_{\Phi}$

Κατώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος $(K.Θ.Δ.)_{\Phi}$

Οι σχέσεις που προσδιορίζουν τις παραπάνω τιμές έχουν ως εξής :

$$(A.Θ.Δ.)_{\Phi} = (A.Θ.Δ.)_{\xi} * (1 - W_{\Phi})$$

$$(K.Θ.Δ.)_{\Phi} = (A.Θ.Δ.)_{\Phi} - A'$$

όπου:

$$\Rightarrow A' = [9Y + W_{\Phi}] \times 2509 \text{ με μονάδες kJ/kg}$$

$$\Rightarrow Y: \% \text{ κ.β. περιεκτικότητα του δείγματος σε υδρογόνο (στοιχειακή ανάλυση).}$$

$$\Rightarrow 2509: \text{θερμότητα εξαέρωσης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση.}$$

Στον Πίνακα 5.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κατώτερης θερμογόνου δύναμης $(K.Θ.Δ.)_{\Phi}$. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της καύσης, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 5.12: Αποτελέσματα θερμογόνου δύναμης

Δείγματα 2009-2010	Ζυμώσιμα 0,7597 gr	Πλαστικά 0,4468 gr	Χαρτί 0,6137 gr
Θερμογόνος Δύναμη επί ξηρού δείγματος cal/gr(*)	3889,45 cal/gr ή 16296,79 kJ/kg	8233 cal/gr ή 34496,27 kJ/kg	3746,6 cal/gr ή 15698,25 kJ/kg
(Α.Θ.Δ.) _φ kJ/kg	4634,8 kJ/kg	32291,95 kJ/kg	11911,83 kJ/kg
(Κ.Θ.Δ.) _φ kJ/kg	1491,27 kJ/kg	29629,66 kJ/kg	9879,54 kJ/kg

(*)Για την μετατροπή των μονάδων έχω $1 \text{ cal} = 4,19 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}$

$$1 \text{ kg} = 10^3 \text{ gr}$$

Οι μετρήσεις για τη θερμογόνο δύναμη των ΑΣΑ στη χώρα μας είναι περιορισμένες και οι τιμές που αναφέρονται δεν είναι πάντα αξιόπιστες. Έχουν αναφερθεί τιμές που κυμαίνονται από 1.000 έως 2.500 kcal/ kg, ή περίπου από 4.200 μέχρι 10.000 kJ/kg. Στα αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται για την περίπτωση μας, παρατηρείται μια λογική διακύμανση της θερμογόνου δύναμης, η οποία είναι αρκετά όμοια με τα στοιχεία.

6. Καύση αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) για ενεργειακή αξιοποίηση

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο εξετάζει τη δυναμική της μεθόδου ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΣΑ. Αυτό απαιτεί να ληφθούν υπόψη πολλές παράμετροι οικονομικές και κοινωνικές, αλλά και οι διαθέσιμες τεχνολογίες που υπάρχουν στη χώρα. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε έγινε σύμφωνα με τη μελέτη του τμήματος ΗΜΜΥ του Πολυτεχνείου Κρήτης [Παναγιωτίδου, 2008] και υπολογίζει την ανάκτηση της ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση των ΑΣΑ.

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί βασίζεται στους εξής παράγοντες:

1. Πληθυσμός
2. Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ)
3. Σύνθεση Απορριμμάτων
4. Ανακύκλωση
5. Θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων
6. Ωφέλιμη ισχύς
7. Κατανάλωση και ποσοστό κάλυψης ηλεκτρικής ενέργειας ΑΣΑ

6.1 Πληθυσμός

Σύμφωνα με το μοντέλο η μεταβολή του πληθυσμού ακολουθεί μία εκθετική αύξηση που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$P_{i+k} = P_i(1 + r/100)^k$$

όπου P_i ο πληθυσμός βάσης και r η ανά περίοδο ποσοστιαία αύξηση, k ο αριθμός των περιόδων, και P_{i+k} ο πληθυσμός μετά από k περιόδους.

6.2 Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ)

Ένα συνηθισμένο μέγεθος, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού παραγωγής, είναι η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) που εκφράζεται ως μάζα απορριμμάτων ανά ημέρα ανά άτομο. Ο ρυθμός παραγωγής (ΡΠΑ) εκτιμάται για μια περιοχή πολλαπλασιάζοντας την ΜΠΑ επί τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό (Π): $ΡΠΑ = Π * ΜΠΑ$. Σε παγκόσμια κλίμακα, και για τις τρεις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται αύξηση του ΡΠΑ και της ΜΠΑ.

Στον παρακάτω Πίνακα 6.1, αφού υπολογίσθηκε ο ΡΠΑ για το 2009, ακολουθήθηκε το σκεπτικό της αύξησης της κατανάλωσης και άρα των απορριμμάτων το οποίο αναφέρει η Ε.Ε.

Πίνακας 6.1: Υπολογισμός εξυπηρετούμενου πληθυσμού και ΜΠΑ

Έτος	Εξυπηρετούμενος πληθυσμός	ΜΠΑ μόνιμου πληθυσμού (kg/κάτοικο/ημέρα)	ΑΣΑ μόνιμου πληθυσμού (τη/έτος)
2009	75000	1,67	45090
2010	75255	1,68	45514
2011	75511	1,69	45941
2012	75768	1,7	46370
2013	76025	1,71	46801
2014	76284	1,72	47235
2015	76543	1,73	47671
2016	76803	1,74	48110
2017	77064	1,75	48551
2018	77326	1,76	48994
2019	77589	1,77	49440
2020	77853	1,78	49888
2021	78118	1,79	50339
2022	78383	1,8	50792
2023	78650	1,81	51248
2024	78917	1,82	51707
2025	79186	1,83	52168
2026	79455	1,84	52631
2027	79725	1,85	53097
2028	79996	1,86	53565
2029	80268	1,87	54037
2030	80541	1,88	54510

6.3 Σύνθεση απορριμμάτων

Η σύνθεση των απορριμμάτων που παράγονται ανά κάτοικο ποικίλλει ανάλογα με τη χώρα και την περιοχή και εξαρτάται από το βιοτικό επίπεδο, τις καταναλωτικές συνήθειες και τον τρόπο ζωής των κατοίκων. Έτσι π.χ. στις αναπτυσσόμενες χώρες τα ζυμώσιμα είναι περισσότερα, ενώ στις πιο αναπτυγμένες υπάρχει πολύ χαρτί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, ειδικά στις βιομηχανικά προηγμένες χώρες, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερα χάρτινα υλικά συσκευασίας τα οποία τελικά απορρίπτονται. Αν στο μέλλον η Ελλάδα ακολουθήσει τις Ευρωπαϊκές χώρες, όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων απορριμμάτων, θα επέλθει μείωση στην χρήση των πλαστικών συσκευασιών και στην παραγωγή ζυμώσιμων, ενώ παράλληλα θα αυξηθεί αρκετά η χρήση των χάρτινων συσκευασιών.

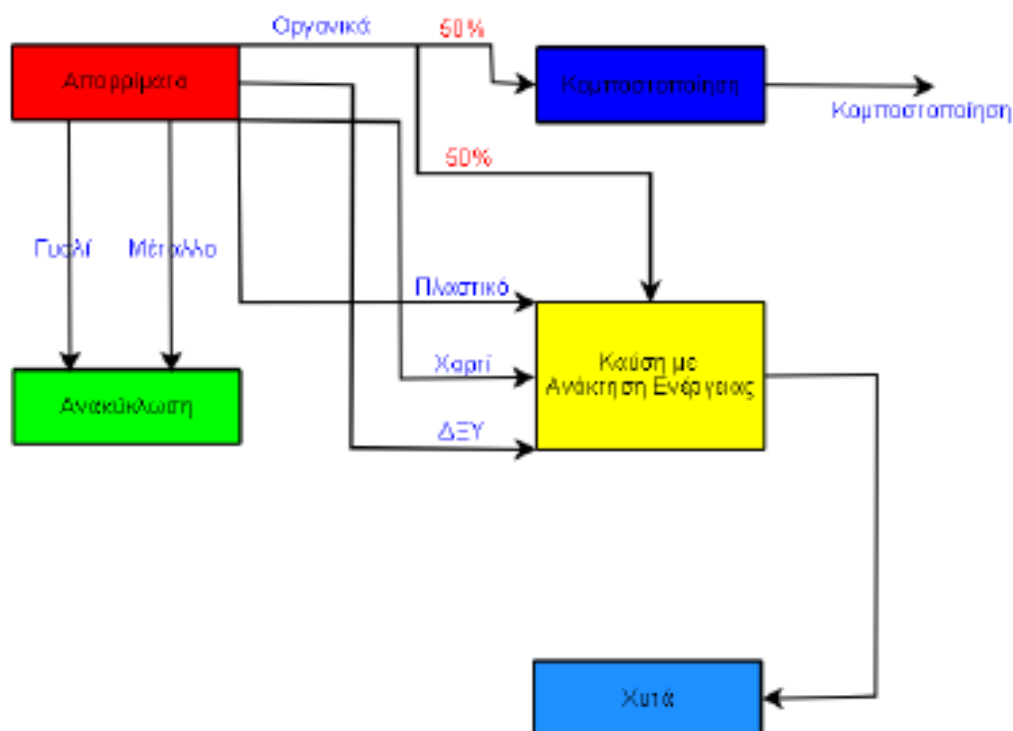
6.4 Ανακύκλωση

Τα υλικά συσκευασίας που μπορούν να ανακυκλωθούν είναι τα εξής:

- Χαρτί
- Πλαστικό
- Μέταλλα
- Γυαλί

Για να μεγιστοποιήσουμε την ανάκτηση ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση απορριμμάτων επιλέγουμε το χαρτί και το πλαστικό να καίγονται μαζί με το υπόλοιπο μέρος των απορριμμάτων αντί να ανακυκλώνονται, λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμής τους. Για τον ίδιο λόγο επιλέγουμε να καίγεται μόνο το 1/2 του οργανικού κλάσματος που χαρακτηρίζεται από μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία και το υπόλοιπο να χρησιμοποιηθεί για κομποστοποίηση. Επιπλέον, το γυαλί και το μέταλλο προτείνεται να ανακυκλώνονται για το λόγο ότι αν καίγονται μένουν ως υπόλειμμα κατά την καύση.

Επιπλέον το λάστιχο που ανήκει στην κατηγορία ΔΞΥΛ απαιτεί ιδιαίτερη μεταχείριση καθώς απαγορεύεται η καύση του λόγω εκπομπής επικίνδυνων ουσιών, ενώ παράλληλα δεν μπορεί να ανακυκλωθεί καθώς δεν είναι βιοδιασπάσιμο υλικό. Ένα ενδεικτικό διάγραμμα ροής της προαναφερθείσας διαδικασίας δίνεται στην εικόνα 6.1.



Εικόνα 6.1: Διάγραμμα ροής πριν τον ΧΥΤΑ

Στο δυναμικό σύστημα που εξετάζεται έχουν ληφθεί υπόψη τα ποσοστά ανακύκλωσης που έχουν επιτευχθεί μέχρι τώρα, καθώς επίσης και τα θεσπισμένα ποσοστά ανάκτησης υλικών μέχρι το 2011 για την Ελλάδα, όπως αυτά προβλέπονται από την Οδηγία 2004/12/ΕΚ και είναι τα εξής:

- 60%κ.β. του χαρτιού
- 60%κ.β. του γυαλιού
- 50%κ.β. των μετάλλων
- 22,5%κ.β. των πλαστικών
- 15%κ.β. των ξύλων

6.5 Θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων

Η καύση και γενικότερα η ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων συνδέεται με το ποσό της θερμότητας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση τους. Ως θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων ορίζεται το ποσό της θερμότητας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση μιας μονάδας μάζας των απορριμμάτων. Ανάλογα με την φυσική κατάσταση των υδρατμών που παράγονται κατά την καύση, η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται ως ανώτερη (Α.Θ.Δ.φ) ή κατώτερη (Κ.Θ.Δ.φ). Έτσι όταν οι υδρατμοί βρίσκονται σε υγρή φάση αναφερόμαστε σε κατώτερη θερμογόνος δύναμη, καθώς η απαιτούμενη ενέργεια ατμοποίησης δεν συνυπολογίζεται ως θερμότητα. Αντίθετα, όταν οι υδρατμοί είναι σε αέρια φάση αναφερόμαστε σε ανώτερη θερμογόνος δύναμη στην οποία συνυπολογίζεται η απαιτούμενη ενέργεια ατμοποίησης.

Η (Κ.Θ.Δ.Φ) υπολογίζεται με βάση τη τυπική σύσταση των Ελληνικών ΑΣΑ. Επιπλέον, θεωρούμε ότι τα απορρίμματα μπορούν να καούν εφόσον η περιεκτικότητά τους σε υγρασία δεν ξεπερνά το 50%, η περιεκτικότητα σε τέφρα το 30% και η καύσιμη ύλη να είναι τουλάχιστον 25%. Αυτό συνεπάγεται ότι η κατώτερη θερμογόνος δύναμη πρέπει να είναι τουλάχιστον 3350 kJ/kg. Επειδή στην περίπτωση των ελληνικών απορριμμάτων το ποσοστό της υγρασίας είναι αυξημένο, απαιτείται η προξήρανσή τους πριν την καύση. Με αυτόν τον τρόπο, το ποσοστό της υγρασίας μπορεί να μειωθεί κατά 20-60 %.

6.6 Ωφέλιμη ισχύς

Για να υπολογίσουμε την ωφέλιμη ισχύ πρέπει να εξεταστεί πώς διαμορφώνεται το ενεργειακό ισοζύγιο κατά την διάρκεια της καύσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ροή της ενέργειας είναι οι εξής:

- Η θερμογόνος δύναμη απορριμμάτων, η (Κ.Θ.Δ.Φ)αρχική και η (Α.Θ.Δ.Φ) με βάση την αρχική υγρασία απορριμμάτων.
- Η προξήρανση των απορριμμάτων για την μείωση της υγρασίας. Επομένως, η (Κ.Θ.Δ.Φ) των απορριμμάτων πριν την καύση τους αλλάζει. Η καινούρια (Κ.Θ.Δ.Φ) ((Κ.Θ.Δ.Φ)τελική) καθορίζει την $Q_{\text{απορριμμάτων}}$ και μπορεί να υπολογιστεί με τον εξής τρόπο:

$$(Α.Θ.Δ.Φ) = (Α.Θ.Δ.)ξ * (1 - [0,3, 0,5, 0,6] * WΦ)$$

$$(Κ.Θ.Δ.Φ) = (Α.Θ.Δ.Φ) - A'$$

$$(Κ.Θ.Δ.Φ)_{\text{τελ.}} = (Κ.Θ.Δ.Φ)_{\text{αρχ.}} + (W_{\text{αρχ.}} - [0,2, 0,3, 0,5] * W_{\text{αρχ.}}) * 2509$$

όπου:

- $A' = (9Y + [0,2, 0,3, 0,5] * WΦ) \times 2.509$ με μονάδες kJ/kg
- Y: % κ.β. περιεκτικότητα του δείγματος σε υδρογόνο (στοιχειακή ανάλυση).
- 2.509: θερμότητα εξαέρωσης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση.

Ο πολλαπλασιασμός με τα ποσοστά 0,2, 0,3 και 0,5 γίνεται για να μας δώσει την υγρασία που θα παραμείνει τελικά στα καύσιμα ΑΣΑ μετά την προξήρανση.

$$Q_{\text{απορριμμάτων}} = mf * (Κ.Θ.Δ.Φ)_{\text{τελική}}$$

Σε αυτό το σημείο μπορούμε να προσδιορίσουμε την απαιτούμενη ενέργεια για την προξήρανση $Q_{\text{προξήρανσης}}$, η οποία χωρίζεται σε λανθάνουσα $Q_{\text{λανθάνουσα}}$ και αισθητή $Q_{\text{αισθητή}}$. Η λανθάνουσα θερμότητα, σύμφωνα με τις θερμοδυναμικές ιδιότητες του νερού, είναι η ενέργεια που απαιτείται για μετάβαση του νερού από υγρή σε αέρια φάση.

$$Q_{\text{λανθάνουσα}} = mf * ((Κ.Θ.Δ.Φ)_{\text{τελική}} - (Κ.Θ.Δ.Φ)_{\text{αρχική}}) \text{ και}$$

$$Q_{\text{αισθητή}} = mf * C_p * \Delta T,$$

όπου:

- mf είναι η παροχή καυσίμου, δηλαδή απορριμμάτων (tn/day), η C_p ειδική θερμότητα απορριμμάτων, η οποία ισούται με 2,1 KJ/Kg°C και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα σε ατμοσφαιρικό και θερμαινόμενο αέρα από τα καυσαέρια που παρέχεται

για την προξήρανση. Αν θεωρήσουμε ότι η αρχική θερμοκρασία απορριμμάτων είναι 30°C και η θερμοκρασία των καυσαερίων 80°C (η ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία για την προξήρανση), τότε $\Delta T = 80^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$.

- Η προθέρμανση του εισερχόμενου στον καυστήρα αέρα για λόγους πληρέστερης καύσης. Ένα μέρος της θερμογόνου δύναμης των καυσαερίων και του ατμού που παράγονται κατά την καύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προθέρμανση του εισερχόμενου στον αποτεφρωτή αέρα και υπολογίζεται με τον εξής τρόπο:

$$Q_{\text{προθέρμανσηςαέρα}} = (1 + a)C_{\text{ραέρα}} \cdot \Delta T = m_f \cdot a \cdot \Delta T,$$

όπου:

ο συντελεστής $a = 20$ εκφράζει την αναλογία μάζας απορριμμάτων-αέρα, δηλαδή ο απαιτούμενος αέρας για την καύση πρέπει να είναι 20πλάσιος της μάζας των ΑΣΑ, $C_{\text{ραέρα}} = 1 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$ και

ΔT η διαφορά θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού με

τον θερμαινόμενο από τα καυσαέρια αέρα που παρέχεται στον καυστήρα, δηλαδή $\Delta T = 80^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$.

- Απώλειες που μπορούν να φτάσουν στο 10% της συνολικής ενέργειας απορριμμάτων και περιλαμβάνουν τις απώλειες λόγω ακτινοβολίας, οι οποίες αποτελούν συνήθως 4-5% της εισερχόμενης θερμογόνου δύναμης, συν τις απώλειες λόγω της δημιουργίας της τέφρας κατά την καύση. Η εξίσωση που περιγράφει την ενεργειακή ροή κατά την καύση είναι η εξής:

$$Q_{\text{συνολική}} = Q_{\text{απορριμμάτων}} - Q_{\text{προθέρμανσηςαέρα}} = Q_{\text{προξήρανσης}} + Q_{\text{ωφέλιμη}} + \text{Απώλειες}$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω, επειδή για την προθέρμανση του αέρα χρησιμοποιούμε ένα μέρος της θερμογόνου δύναμης των καυσαερίων και του ατμού που παράγονται κατά την καύση, η παραπάνω εξίσωση διαμορφώνεται ως εξής:

$$Q_{\text{συνολική}} = Q_{\text{απορριμμάτων}} = Q_{\text{προθέρμανσηςαέρα}} + Q_{\text{προξήρανσης}} + Q_{\text{ωφέλιμη}} + \text{Απώλειες}$$

Ως ωφέλιμη ενέργεια θεωρείται το άθροισμα της αξιοποιήσιμης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Παρόλο που θεωρητικά η γεννήτρια έχει την δυνατότητα να αξιοποιήσει το 31-32% της θερμογόνου δύναμης των ατμών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περιοριζόμαστε στο 29%, που είναι συντηρητικό σενάριο ανάκτησης ενέργειας, ενώ η αξιοποιήσιμη θερμική ενέργεια μπορεί να φτάσει στο 53-54% στο σύνολο της ωφέλιμης ενέργειας [Παναγιωτίδου, 2008]. Το υπόλοιπο αποτελούν οι απώλειες που οφείλονται στην γεννήτρια:

$$-Q_{\text{ωφέλιμη}} = Q_{\text{θερμική}} + Q_{\text{ηλεκτρική}} + \text{Απώλειες Γεννήτριας, όπου}$$

$$-Q_{\text{ηλεκτρική}} = 0,29 \cdot Q_{\text{ωφέλιμη}}$$

$$-Q_{\text{θερμική}} = [0,53, 0,54] \cdot Q_{\text{ωφέλιμη}}$$

6.7 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ποσοστό κάλυψης ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση των ΑΣΑ

Στην Ελλάδα η παραγωγή ενέργειας στηρίζεται κυρίως στην καύση ορυκτών πόρων, όπως ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, και σε μικρό βαθμό σε ΑΠΕ. Τα προβλήματα που δημιουργούνται από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας διογκώνονται και είναι εμφανές ότι η Ελλάδα, όπως και οι υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε., πρέπει να στραφεί σε εναλλακτικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας.

Η παραγωγή ενέργειας από την καύση των ΑΣΑ όχι μόνο συνεισφέρει στην απεξάρτηση της Ελλάδας από το πετρέλαιο αλλά μειώνει και την συνολική ποσότητα

των ΑΣΑ που οδηγούνται σε υγειονομική ταφή. Συνεπώς, η αξιοποίηση των ΑΣΑ ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας κρίνεται ως ιδιαίτερης σημασίας και μπορεί να βοηθήσει, σε συνδυασμό και με άλλες ΑΠΕ, στην ενεργειακή αυτονομία.

6.8 Καύση RDF και Ζυμώσιμα

Ακολουθώντας την μεθοδολογία που αναλύθηκε προηγουμένως και έχοντας πρώτα υπολογίσει την ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ, καταλήγουμε στα κλάσματα προς καύση. Η αυξομείωση των ποσοστών στα κλάσματα βασίζεται σε στοιχεία σχετικά με την διαφοροποίηση τους στη διάρκεια των ετών.

Πίνακας 6.2: Συνολικές και επί τοις εκατό ποσότητες κλασμάτων

Έτος	ΑΣΑ μόνιμου πληθυσμού (tn/έτος)	Ποσότητα παραγόμενων ΑΣΑ (tn/ημέρα)	Ζυμώσιμα %	Πλαστικό %	Χαρτί %	ΔΞΥΛ %
2009	45090	123,5342	40,3	18,65	15,93	9,92
2010	45514	124,6959	39,8	18,6	16,43	10,02
2011	45941	125,8658	39,3	18,55	16,93	10,12
2012	46370	127,0411	38,8	18,5	17,43	10,22
2013	46801	128,2219	38,3	18,45	17,93	10,32
2014	47235	129,411	37,8	18,4	18,43	10,42
2015	47671	130,6055	37,3	18,35	18,93	10,52
2016	48110	131,8082	36,8	18,3	19,43	10,62
2017	48551	133,0164	36,3	18,25	19,93	10,72
2018	48994	134,2301	35,8	18,2	20,43	10,82
2019	49440	135,4521	35,3	18,15	20,93	10,92
2020	49888	136,6795	34,8	18,1	21,43	11,02
2021	50339	137,9151	34,3	18,05	21,93	11,12
2022	50792	139,1562	33,8	18	22,43	11,22
2023	51248	140,4055	33,3	17,95	22,93	11,32
2024	51707	141,663	32,8	17,9	23,43	11,42
2025	52168	142,926	32,3	17,85	23,93	11,52
2026	52631	144,1945	31,8	17,8	24,43	11,62
2027	53097	145,4712	31,3	17,75	24,93	11,72
2028	53565	146,7534	30,8	17,7	25,43	11,82
2029	54037	148,0466	30,3	17,65	25,93	11,92

2030	54510	149,3425	29,8	17,6	26,43	12,02
------	-------	----------	------	------	-------	-------

-63-

Από τις παρακάτω ποσότητες σε τόνους προς καύση, δεν έγινε χρησιμοποίηση του ΔΞΥΛ για τους λόγους που εξηγήθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και έχουν να κάνουν με τα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω της καύσης των λάστιχων.

Πίνακας 6.3: Ημερήσιες ποσότητες κλασμάτων προς καύση

Έτος	Ζυμώσιμα προς καύση (tn/ημέρα)	Πλαστικό προς καύση (tn/ημέρα)	Χαρτί προς καύση (tn/ημέρα)	ΔΞΥΛ προς καύση (tn/ημέρα)
2009	49,7843	23,03914	19,67901	12,2546
2010	49,62896	23,19344	20,48753	12,49453
2011	49,46524	23,3481	21,30907	12,73761
2012	49,29195	23,5026	22,14326	12,9836
2013	49,10899	23,65694	22,99019	13,2325
2014	48,91734	23,81162	23,85044	13,48462
2015	48,71584	23,96611	24,72362	13,7397
2016	48,50542	24,1209	25,61034	13,99803
2017	48,28497	24,2755	26,51018	14,25936
2018	48,05439	24,42988	27,42322	14,5237
2019	47,81458	24,58455	28,35012	14,79136
2020	47,56445	24,73898	29,29041	15,06
2021	47,30487	24,89367	30,24477	15,33616
2022	47,03478	25,04811	31,21273	15,61332
2023	46,75502	25,20278	32,19498	15,8939
2024	46,46547	25,35768	33,19164	16,17792
2025	46,16511	25,5123	34,2022	16,46508
2026	45,85386	25,66662	35,22672	16,7554
2027	45,5325	25,82114	36,26598	17,04923
2028	45,20005	25,97536	37,3194	17,34625
2029	44,85811	26,13022	38,38848	17,64715
2030	44,50405	26,28427	39,47121	17,95096

Σημαντικό στοιχείο για την παραπέρα διαδικασία της καύσης αποτελεί η Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη των απορριμμάτων που καταγράφεται παρακάτω.

Πίνακας 6.4: Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη απορριμμάτων μετά τις εργαστηριακές μετρήσεις

(Κ.Θ.Δ.)φ ανά έτος	Ζυμώσιμα (KJ/Kg)	Πλαστικό (KJ/Kg)	Χαρτί (KJ/Kg)	RDF (KJ/Kg)
2009	1491,27	29629,66	9879,54	7099,742
2010	1491,27	29629,66	9879,54	7134,325
2011	1491,27	29629,66	9879,54	7168,908
2012	1491,27	29629,66	9879,54	7203,491
2013	1491,27	29629,66	9879,54	7238,074
2014	1491,27	29629,66	9879,54	7272,657
2015	1491,27	29629,66	9879,54	7307,24
2016	1491,27	29629,66	9879,54	7341,822
2017	1491,27	29629,66	9879,54	7376,405
2018	1491,27	29629,66	9879,54	7410,988
2019	1491,27	29629,66	9879,54	7445,571
2020	1491,27	29629,66	9879,54	7480,154
2021	1491,27	29629,66	9879,54	7514,737
2022	1491,27	29629,66	9879,54	7549,32
2023	1491,27	29629,66	9879,54	7583,902
2024	1491,27	29629,66	9879,54	7618,485
2025	1491,27	29629,66	9879,54	7653,068
2026	1491,27	29629,66	9879,54	7687,651
2027	1491,27	29629,66	9879,54	7722,234
2028	1491,27	29629,66	9879,54	7756,817
2029	1491,27	29629,66	9879,54	7791,4
2030	1491,27	29629,66	9879,54	7825,983

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι ποσότητες Qαπορριμμάτων, Qλανθάνουσα, Qαισθητή, Qπροξήρανσης, Qπροθέρμανσης αέρα, Qωφέλιμη και Qηλεκτρική ανά έτος, σύμφωνα με τους τύπους που παραθέσαμε στο θεωρητικό κομμάτι του κεφαλαίου.

6.9 Αρχική σύσταση

Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρουσιάζονται οι τιμές (Κ.Θ.Δ.)φ σε σχέση με τα ποσοστά των κλασμάτων(ζυμώσιμα,RDF[χαρτί – πλαστικό]) στη διάρκεια των ετών, πριν την ξήρανση.

Πίνακας 6.5: Σύσταση πριν την ξήρανση των ζυμώσιμων

(Κ.Θ.Δ.)φ ανά έτος	Ζυμώσιμα(KJ/Kg)	RDF(KJ/Kg)	Καύσιμα ΑΣΑ(KJ/Kg)
2009	600,9818	7099,742	7700,724122
2010	593,5255	7134,325	7727,850642
2011	586,0691	7168,908	7754,977162
2012	578,6128	7203,491	7782,103682
2013	571,1564	7238,074	7809,230202
2014	563,7001	7272,657	7836,356722
2015	556,2437	7307,24	7863,483242
2016	548,7874	7341,822	7890,609762
2017	541,331	7376,405	7917,736282
2018	533,8747	7410,988	7944,862802
2019	526,4183	7445,571	7971,989322
2020	518,962	7480,154	7999,115842
2021	511,5056	7514,737	8026,242362
2022	504,0493	7549,32	8053,368882
2023	496,5929	7583,902	8080,495402
2024	489,1366	7618,485	8107,621922
2025	481,6802	7653,068	8134,748442
2026	474,2239	7687,651	8161,874962
2027	466,7675	7722,234	8189,001482
2028	459,3112	7756,817	8216,128002
2029	451,8548	7791,4	8243,254522
2030	444,3985	7825,983	8270,381042

Εδώ παρουσιάζεται η ενέργεια που παράγεται με τις συνθήκες που έχουν τεθεί παραπάνω και εμφανίζεται στον πίνακα 6.6 για να γίνει αντιληπτή η διαδικασία που θα ακολουθήσει παρακάτω, στην καύση με προξήρανση και μέρος των ζυμώσιμων.

Πίνακας 6.6: Αποτελέσματα Q με αρχικές συνθήκες

Αρχική σύσταση [MJ/day]

Έτος	Qαπορριμμάτων	Qαισθητή	Qπροθέρμανσης αέρα
2009	951303,1525	12971,1	123534,2
2010	963631,2168	13093,07	124695,9
2011	976086,0433	13215,9	125865,8
2012	988646,9801	13339,32	127041,1
2013	1001314,473	13463,3	128221,9
2014	1014110,438	13588,15	129411
2015	1027013,999	13713,58	130605,5
2016	1040047,221	13839,86	131808,2
2017	1053189,08	13966,73	133016,4
2018	1066440,022	14094,16	134230,1
2019	1079822,334	14222,47	135452,1
2020	1093314,77	14351,34	136679,5
2021	1106939,765	14481,08	137915,1
2022	1120675,924	14611,4	139156,2
2023	1134545,831	14742,58	140405,5
2024	1148550,155	14874,62	141663
2025	1162667,279	15007,23	142926
2026	1176897,647	15140,42	144194,5
2027	1191264,142	15274,48	145471,2
2028	1205744,922	15409,11	146753,4
2029	1220385,602	15544,89	148046,6
2030	1235119,098	15680,96	149342,5

Οι διαδικασίες που θα ακολουθήσουν έγιναν με σκοπό την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής ενέργειας με το μικρότερο κόστος και στο μικρότερο χρόνο.

6.10 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας

Για την δημιουργία του παρακάτω πίνακα χρησιμοποιήθηκαν τα ανάλογα ποσοστά για κάθε κλάσμα (ζυμώσιμα-50%, χαρτί, πλαστικό) και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι πίνακες για τις διάφορες μορφές ενέργειας που παράχθηκαν σε σχέση με την μείωση στις τιμές της υγρασίας.

Πίνακας 6.7: Κ.Θ.Δ.φ με προξήρανση 20%, 30%, 50% των ζυμώσιμων

(Κ.Θ.Δ.)φ έτος	ανά (20%) ΑΣΑ(KJ/Kg) Καύσιμα	(30%) ΑΣΑ(KJ/Kg) Καύσιμα	(50%) ΑΣΑ(KJ/Kg) Καύσιμα
2009	9131,974122	8952,974122	8595,224122
2010	9159,100642	8980,100642	8622,350642
2011	9186,227162	9007,227162	8649,477162
2012	9213,353682	9034,353682	8676,603682
2013	9240,480202	9061,480202	8703,730202
2014	9267,606722	9088,606722	8730,856722
2015	9294,733242	9115,733242	8757,983242
2016	9321,859762	9142,859762	8785,109762
2017	9348,986282	9169,986282	8812,236282
2018	9376,112802	9197,112802	8839,362802
2019	9403,239322	9224,239322	8866,489322
2020	9430,365842	9251,365842	8893,615842
2021	9457,492362	9278,492362	8920,742362
2022	9484,618882	9305,618882	8947,868882
2023	9511,745402	9332,745402	8974,995402
2024	9538,871922	9359,871922	9002,121922
2025	9565,998442	9386,998442	9029,248442
2026	9593,124962	9414,124962	9056,374962
2027	9620,251482	9441,251482	9083,501482
2028	9647,378002	9468,378002	9110,628002
2029	9674,504522	9495,504522	9137,754522
2030	9701,631042	9522,631042	9164,881042

6.10.1 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας κατά 20 %

Η μείωση της υγρασίας κατά 20 % στο κλάσμα των ζυμώσιμων θα επιφέρει αλλαγές στην συνολική (Κ.Θ.Δ.Φ) και στην παραγόμενη Qηλεκτρική. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους πίνακες.

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα Q με προξήρανση 20% των ζυμώσιμων

[MJ/day]

Έτος	Qαπορριμμάτων	Qλανθάνουσα	Qαισθητή	Qπροξήρανσης	Qπροθέρμανσης αέρα	Qωφέλιμη	Qηλεκτρική	Qθερμική
2009	617415,4	96767,23	12971,1	109738,3	67610,29	378325,3	109714,3	202404
2010	627356,7	98034,12	13093,07	111127,2	68495,45	384998,4	111649,5	205974,2
2011	637430,4	99314,14	13215,9	112530	69389,79	391767,5	113612,6	209595,6
2012	647623,6	100605,2	13339,32	113944,5	70291,84	398624,9	115601,2	213264,3
2013	657937,3	101907,3	13463,3	115370,6	71201,63	405571,3	117615,7	216980,6
2014	668386,5	103222,8	13588,15	116810,9	72120,73	412616,2	119658,7	220749,7
2015	678958,4	104549,4	13713,58	118263	73047,64	419751,9	121728	224567,3
2016	689668	105889,5	13839,86	119729,4	73983,95	426987,9	123826,5	228438,5
2017	700502,3	107240,9	13966,73	121207,7	74928,16	434316,3	125951,7	232359,2
2018	711462,2	108603,7	14094,16	122697,8	75880,3	441737,9	128104	236329,8
2019	722563,3	109980	14222,47	124202,5	76841,95	449262,5	130286,1	240355,4
2020	733792	111367,9	14351,34	125719,2	77811,61	456881,9	132495,8	244431,8
2021	745164,1	112769,4	14481,08	127250,5	78790,88	464606,3	134735,8	248564,4
2022	756666,1	114182,6	14611,4	128794	79778,23	472427,3	137003,9	252748,6
2023	768313,8	115609,6	14742,58	130352,2	80775,27	480355	139302,9	256989,9
2024	780108,6	117050,6	14874,62	131925,2	81782,06	488390,5	141633,2	261288,9
2025	792036,4	118503,3	15007,23	133510,5	82797,05	496525,2	143992,3	265641
2026	804098,4	119967,8	15140,42	135108,2	83820,27	504760,1	146380,4	270046,6
2027	816310,8	121446,4	15274,48	136720,9	84853,37	513105,4	148800,6	274511,4
2028	828659,4	122936,9	15409,11	138346	85894,78	521552,7	151250,3	279030,7
2029	841176,4	124444	15544,89	139988,9	86947,75	530122,2	153735,4	283615,4
2030	853816,4	125960,8	15680,96	141641,7	88007,52	538785,6	156247,8	288250,3

6.10.2 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας κατά 30 %

Η περαιτέρω μείωση της υγρασίας κατά 30 % θα αλλάξει την συνολική (Κ.Θ.Δ.φ) και την παραγόμενη Qηλεκτρική, τα αποτελέσματα των οποίων παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα Q με προξήρανση 30% των ζυμώσιμων

[MJ/day]

Έτος	Qαπορριμμάτων	Qλανθάνουσα	Qαισθητή	Qπροξήρανσης	Qπροθέρμανσης αέρα	Qωφέλιμη	Qηλεκτρική	Qθερμική
2009	605313,2	84664,99	12971,1	97636,09	67610,293	379535,5	110065,3	203051,5
2010	615096,1	85773,43	13093,07	98866,5	68495,453	386224,5	112005,1	206630,1
2011	625009,6	86893,36	13215,9	100109,3	69389,79	393009,6	113972,8	210260,1
2012	635041,3	88022,95	13339,32	101362,3	70291,838	399883,1	115966,1	213937,5
2013	645192,2	89162,24	13463,3	102625,5	71201,631	406845,8	117985,3	217662,5
2014	655476,9	90313,18	13588,15	103901,3	72120,727	413907,2	120033,1	221440,3
2015	665882,8	91473,91	13713,58	105187,5	73047,645	421059,4	122107,2	225266,8
2016	676424,9	92646,41	13839,86	106486,3	73983,953	428312,2	124210,5	229147
2017	687090,2	93828,79	13966,73	107795,5	74928,16	435657,5	126340,7	233076,8
2018	697879,6	95021,1	14094,16	109115,3	75880,296	443096,1	128497,9	237056,4
2019	708808,5	96225,33	14222,47	110447,8	76841,951	450637,9	130685	241091,3
2020	719863,7	97439,59	14351,34	111790,9	77811,612	458274,8	132899,7	245177
2021	731060,6	98665,88	14481,08	113147	78790,879	466016,7	135144,8	249318,9
2022	742385,8	99902,29	14611,4	114513,7	79778,229	473855,3	137418	253512,6
2023	753855,1	101150,8	14742,58	115893,4	80775,272	481800,9	139722,3	257763,5
2024	765469,6	102411,6	14874,62	117286,2	81782,058	489854,4	142057,8	262072,1
2025	777215,8	103682,6	15007,23	118689,8	82797,048	498007,3	144422,1	266433,9
2026	789094,5	104963,9	15140,42	120104,4	83820,275	506260,4	146815,5	270849,3
2027	801122	106257,6	15274,48	121532,1	84853,37	514624,3	149241,1	275324
2028	813284,2	107561,7	15409,11	122970,8	85894,779	523090,2	151696,2	279853,3
2029	825612,8	108880,3	15544,89	124425,2	86947,754	531678,5	154186,8	284448
2030	838063,1	110207,4	15680,96	125888,4	88007,515	540360,9	156704,7	289093,1

6.10.3 Καύση RDF και 50 % ζυμώσιμα με προξήρανση για μείωση της υγρασίας κατά 50 %

Στο συγκεκριμένο σενάριο μελετάται η καύση του RDF και 50 % του κλάσματος των ζυμώσιμων με μείωση της υγρασίας κατά 50 %. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στους πίνακες.

Πίνακας 6.10: Αποτελέσματα Q με προξήρανση 50% των ζυμώσιμων

[MJ/day]

Έτος	Qαπορριμμάτων	Qλανθάνουσα	Qαισθητή	Qπροξήρανσης	Qπροθέρμανσης αέρα	Qωφέλιμη	Qηλεκτρική	Qθερμική
2009	581125,6	60477,41	12971,1	73448,5	67610,29	381954,3	110766,7	204345,5
2010	590591,8	61269,18	13093,07	74362,25	68495,45	388674,9	112715,7	207941,1
2011	600185,4	62069,17	13215,9	75285,07	69389,79	395492	114692,7	211588,2
2012	609894,4	62876,05	13339,32	76215,36	70291,84	402397,8	116695,4	215282,8
2013	619719,8	63689,86	13463,3	77153,16	71201,63	409393	118724	219025,3
2014	629675,7	64511,99	13588,15	78100,14	72120,73	416487,3	120781,3	222820,7
2015	639750	65341,12	13713,58	79054,69	73047,64	423672,7	122865,1	226664,9
2016	649957,2	66178,65	13839,86	80018,51	73983,95	430959	124978,1	230563,1
2017	660284,6	67023,24	13966,73	80989,96	74928,16	438338,1	127118	234510,9
2018	670733,5	67874,93	14094,16	81969,09	75880,3	445810,7	129285,1	238508,7
2019	681318,3	68735,12	14222,47	82957,59	76841,95	453387	131482,2	242562
2020	692026,6	69602,49	14351,34	83953,83	77811,61	461058,5	133707	246666,3
2021	702873,1	70478,44	14481,08	84959,52	78790,88	468835,4	135962,3	250826,9
2022	713845,1	71361,63	14611,4	85973,02	79778,23	476709,4	138245,7	255039,5
2023	724957,7	72253,48	14742,58	86996,06	80775,27	484690,6	140560,3	259309,5
2024	736212,1	73154,05	14874,62	88028,67	81782,06	492780,1	142906,2	263637,4
2025	747595,1	74061,96	15007,23	89069,19	82797,05	500969,4	145281,1	268018,6
2026	759107,8	74977,24	15140,42	90117,66	83820,27	509259,1	147685,1	272453,6
2027	770765,7	75901,34	15274,48	91175,82	84853,37	517660	150121,4	276948,1
2028	782555,4	76832,88	15409,11	92241,99	85894,78	526163,1	152587,3	281497,2
2029	794507,2	77774,77	15544,89	93319,66	86947,75	534789,1	155088,8	286112,2
2030	806578,4	78722,72	15680,96	94403,68	88007,52	543509,4	157617,7	290777,5

6.11 Συμπεράσματα

Από τα στοιχεία που έχουν προκύψει αλλά και από την διαδικασία που ακολουθήθηκε στην διαπίστωση των αποτελεσμάτων παρατηρούνται κάποια σημαντικά συμπεράσματα για κάθε διαφορετική περίπτωση προξήρανσης των υλικών. Οι επαναλήψεις που έγιναν λόγω της αλλαγής της υγρασίας δεν εξαντλήθηκαν μόνο στα ποσοστά 20%, 30% και 50%. Εξετάστηκαν επίσης και οι περιπτώσεις λίγο κάτω και λίγο πάνω από τα συγκεκριμένα ποσοστά, οι οποίες όμως δεν ωφελούν είτε λόγω υπέρμετρου κόστους, είτε λόγω μικρής απόδοσης σε ενέργεια.

Στη συνέχεια αναλύονται οι περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκαν.

Συγκρίνοντας τις διαφορετικές περιπτώσεις της διαδικασίας καύσης γίνονται αντιληπτά τα αποτελέσματα που βρέθηκαν για καθμία. Αρχικά χρησιμοποιώντας τα κλάσματα αυτούσια, παρουσιάζονται οι τιμές (Κ.Θ.Δ.)φ (πιν.6.5) και οι αντίστοιχες τιμές Qαπορ/των (πιν 6.6). Εξαιτίας όμως του ότι δεν γίνεται χρήση του συνόλου των ζυμώσιμων, επιλέχθηκε ένα συγκεκριμένο μοντέλο, προξήρανσης και μείωσής τους κατά 50%. Έτσι, οι πίνακες(6.8, 6.9, 6.10) αναλύονται παρακάτω ως εξής:

⇒ Η Qηλεκ φαίνεται να κινείται στα ίδια επίπεδα και στις τρεις περιπτώσεις με μια μικρή αύξηση στην ξήρανση κατά 50%. Σε αντίστοιχα επίπεδα βρίσκονται και η Qθερ αλλά και η Qωφελ..

⇒ Παρόλα αυτά οι απώλειες ενέργειας στις περιπτώσεις της ξήρανσης κατά 20% και 30% είναι μεγαλύτερες σε ποσοστό 6% και 4%, αντίστοιχα, σε σχέση με αυτές στην κατά 50% ξήρανση.

⇒ Μεγαλύτερες διαφορές φαίνονται να υπάρχουν στην Qπροξ όπου η ενέργεια που είναι απαραίτητη για την 20% και 30% ξήρανση είναι μεγαλύτερη σε ποσοστό 33% και 24%, αντίστοιχα, συγκρινόμενη με εκείνη για 50% ξήρανση. Η Qπροξ οφείλεται σε λανθάνουσα και αισθητή ενέργεια.

⇒ Η Qπροθ καταλήγει κοινή και για τις τρεις περιπτώσεις.

⇒ Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης οι τιμές της (Κ.Θ.Δ.)φ, οι οποίες οδηγούν σε διαφορετικά Q για κάθε περίπτωση.

Προκύπτει λοιπόν ότι η περίπτωση 50% ξήρανση για 50% των ζυμώσιμων είναι η ευνοϊκότερη για χρήση.

Στη συνέχεια, παρουσιάζοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για **φωτισμό οδών – πλατειών(ΦΟΠ)** στο Δ. Σερρών θα κάνουμε τις συγκρίσεις με τις δικές μας τιμές Qηλεκ..

6.12 Ηλεκτρική ενέργεια

Πίνακας 6.11: Καταναλώσεων ενέργειας ΦΟΠ(ΔΕΗ Σερρών)

Έτος	Καταναλώσεις	MWh	MJ
2009		13061	47019600
2010		13561	48819600
2011		14061	50619600
2012		14561	52419600
2013		15061	54219600
2014		15561	56019600
2015		16061	57819600
2016		16561	59619600
2017		17061	61419600
2018		17561	63219600
2019		18061	65019600
2020		18561	66819600

[πηγή: άντληση στοιχείων από το σύστημα “ΕΡΜΗΣ”]

Οι παραπάνω καταναλώσεις έως το 2020, δείχνουν την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια που καθίσταται ένα σε σημαντικό βαθμό πρόβλημα στις μέρες μας.

Πίνακας 6.12: Σύγκριση παραγωγής - κατανάλωσης

Έτος	MJ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΧΥΤ(MJ)	Σύγκριση παραγωγής - κατανάλωσης %
2009	47019600	110766,7	0,235576
2010	48819600	112715,7	0,230882
2011	50619600	114692,7	0,226578
2012	52419600	116695,4	0,222618
2013	54219600	118724	0,218969
2014	56019600	120781,3	0,215605
2015	57819600	122865,1	0,212497
2016	59619600	124978,1	0,209626
2017	61419600	127118	0,206967
2018	63219600	129285,1	0,204502
2019	65019600	131482,2	0,202219
2020	66819600	133707	0,200101

Συγκρίνοντας την ενέργεια που παράγεται από την επεξεργασία των ΑΣΑ στον ΧΥΤ, με την κατανάλωση ενέργειας για ΦΟΠ, προκύπτει η μεγάλη διαφορά ανάμεσά τους. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη περίπτωσή μας είναι μικρή για να καλύψει τις ανάγκες της πόλης σε φωτισμό. Ίσως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ηλεκτροδότηση κάποιων συγκεκριμένων δημόσιων κτηρίων. Εκτός των άλλων η συνολική κάλυψη γίνεται συνεχώς μικρότερη αφού η αύξηση της κατανάλωσης υπερκαλύπτει αυτή της παραγωγής σε Qηλεκ..

Ακολουθούν τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν, από τα αποτελέσματα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και την σύγκρισή της με την καταναλισκόμενη, για το φωτισμό των δρόμων και των πλατειών.



Διάγραμμα 6.1: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ΦΟΠ (ΔΕΗ Σερρών)



Διάγραμμα 6.2: Ποσοστό κάλυψης από την ενέργεια της καύσης των ΑΣΑ

7. Μοντέλο για την αξιολόγηση της ΜΒΕ και διάθεση σε ΧΥΤΥ σε σχέση με την απευθείας διάθεση σε ΧΥΤΑ

7.1 Μεθοδολογία

Στο παρών κεφάλαιο εξετάζεται το μοντέλο που αναπτύχθηκε από τη ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε. (2008), για να αξιολογηθούν και να συγκριθούν οι επιπτώσεις από την επεξεργασία των σύμμεικτων ΑΣΑ σε χαμηλού κόστους ΜΒΕ και διάθεσή τους σε ΧΥΤΥ, έναντι της απλής μεθόδου με την απευθείας διάθεση των σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ. Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις που διεξήχθησαν στο ΧΥΤΑ Σερρών και βοήθησε στην εύρεση των κατάλληλων αποτελεσμάτων.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε έχει ως εξής:

1. Καθορισμός τυπικών παραμέτρων των εισερχόμενων ΑΣΑ
2. Ανάπτυξη μοντέλου σχεδιασμού και προσδιορισμού περιβαλλοντικών παραμέτρων (για ΧΥΤΑ)
 - Διαστασιολόγηση ΧΥΤΑ
 - Προσδιορισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ΧΥΤΑ
3. Ανάπτυξη μοντέλου σχεδιασμού και προσδιορισμού περιβαλλοντικών παραμέτρων (για ΧΥΤΥ)
 - Ανάπτυξη ισοζυγίων μάζας της Μονάδας Μηχανικής Διαλογής και Βιολογικής επεξεργασίας των ΑΣΑ
 - Διαστασιολόγηση Μονάδας Μηχανικής Διαλογής και Βιολογικής επεξεργασίας των ΑΣΑ
 - Διαστασιολόγηση ΧΥΤΥ
 - Έλεγχος εναρμόνισης με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας για εκτροπή των απορριμμάτων από την ταφή
 - Προσδιορισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη Μονάδα Μηχανικής Διαλογής και Βιολογικής επεξεργασίας και τον ΧΥΤΥ
4. Συγκριτική αξιολόγηση αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του μοντέλου για ΧΥΤΑ και ΧΥΤΥ, αντίστοιχα.

7.2 Μεταβλητές εισερχόμενων ΑΣΑ

Αρχικά στο μοντέλο που αναπτύχθηκε γίνεται έλεγχος της σύστασης των ΑΣΑ που τελικώς καταλήγουν στην είσοδο της Μονάδας Μηχανικής – Βιολογικής Επεξεργασίας. Ειδικότερα το μοντέλο σχεδιάζεται για δύο διαφορετικές περιπτώσεις σε διάστημα έντεκα ετών 2009-2020 όσον αφορά τη σύσταση των ΑΣΑ στην πηγή παραγωγής τους (πριν δηλαδή υποστούν διαδικασίες Διαλογής στην Πηγή).

Πίνακας 7.1: Ποσοστά των ΑΣΑ πριν την διαλογή στη πηγή για διάστημα δέκα ετών

Σύσταση ΑΣΑ	Στην Πηγή	
	Σενάριο 1(2009-10)	Σενάριο 2(2020)
ΖΥΜΩΣΙΜΑ	40,3%	34,8%
Χαρτί Συσκευασίας	9,7%	13,0%
Έντυπο Χαρτί	6,8%	9,1%
Λοιπό Χαρτί	3,0%	4,0%
ΧΑΡΤΙΑ	15,9%	21,4%
Πλαστικό Συσκευασίας	8,0%	7,8%
Λοιπό Πλαστικό	6,5%	6,3%
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	18,7%	18,1%
Μεταλλική συσκευασία	1,5%	0,8%
Λοιπά μέταλλα	1,0%	0,5%
ΜΕΤΑΛΛΑ	5,0%	2,5%
Γυάλινη συσκευασία	1,5%	1,3%
Λοιπά γυαλιά	0,5%	0,4%
ΓΥΑΛΙΑ	6,8%	6,0%
ΔΞΥΛ	9,9%	11,0%
ΛΟΙΠΑ	3,4%	6,1%
Ανακυκλώσιμα	27,5%	32,0%
Συσκευασίες	20,7%	22,9%
Σύνολο ΑΣΑ	100,0%	100,0%

Η παραπάνω κατάσταση των ΑΣΑ περιγράφει τη σύστασή τους στο ΧΥΤΑ Σερρών πριν την διαλογή στη πηγή. Η σύσταση των ΑΣΑ με τα κεφαλαία αναφέρεται σε μετρήσεις μας στο πεδίο, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι υπόλοιπες τιμές αφορούν πραγματικές μετρήσεις και στατιστική ανάλυση από την εταιρία ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε.(ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας, 2008).

Η σύσταση αυτή ουσιαστικά περιγράφει τις τάσεις που διαμορφώνονται διεθνώς και αναφέρουν ότι η ποσότητα των υπολειμμάτων τροφής και κήπου μειώνεται, ενώ αντίθετα αυξάνονται οι ποσότητες χαρτιού και πλαστικών στο κλάσμα των ΑΣΑ ως αποτέλεσμα των σύγχρονων καταναλωτικών κοινωνιών.

Στη συνέχεια και προκειμένου να υπολογιστεί η σύσταση των ΑΣΑ που τελικώς θα εισέρχονται στην ΜΒΕ, υπολογίζεται η εκτροπή των ανακυκλώσιμων υλικών που δύναται να πραγματοποιηθεί με την εφαρμογή της ΔσΠ. Θεωρείται δηλαδή ότι η επεξεργασία των ΑΣΑ στη χαμηλού κόστους ΜΒΕ θα πρέπει υποχρεωτικά να συνδυαστεί με ΔσΠ με την εφαρμογή προγραμμάτων ΔσΠ, προκειμένου να αναπτυχθεί ένα Σύστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των ΑΣΑ (ΟΣΔΑ).

Αναλυτικά, βάσει της 2004/12/ΕΚ, θεωρείται ότι επιτυγχάνεται ανακύκλωση συσκευασιών ίση με το 55% κ.β. των περιεχομένων στα ΑΣΑ υλικών συσκευασίας και επιμέρους 60% κ.β. για τις χάρτινες και γυάλινες συσκευασίες, 50% για τις μεταλλικές συσκευασίες και 22,5% για τις πλαστικές συσκευασίες. Επιπλέον, όμως για τις ποσότητες που εκτρέπονται με ΔσΠ από τα ΑΣΑ, στο βασικό σενάριο του μοντέλου, συνυπολογίζεται ανάκτηση 50% κ.β. των πλαστικών συσκευασιών και επιπλέον 50% κ.β. των περιεχομένων έντυπων χαρτιών (βιβλίων, περιοδικών, εφημερίδων κλπ), καθώς αφενός ο στόχος του 22,5% για τις πλαστικές συσκευασίες είναι μικρός και θεωρείται ρεαλιστικότερος, ο στόχος

του 50% και αφετέρου όλα τα προγράμματα ΔσΠ περιλαμβάνουν ανακύκλωση χαρτιού συνολικά (χωρίς διαχωρισμό σε έντυπο ή συσκευασίας), οπότε υπολογίζεται και εκτροπή έντυπων χαρτιών ίση με το 50% της κ.β. ποσότητάς τους (ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ποσότητες ανακυκλώσιμων με την διαδικασία της διαλογής στην πηγή, καθώς και η τελική σύσταση των ΑΣΑ που καταλήγουν σε ΜΒΕ.

Πίνακας 7.2: Έλεγχος εκτροπής ανακυκλώσιμων υλικών/συσκευασιών με ΔσΠ για την επίτευξη των απαιτήσεων της νομοθεσίας και υπολογισμός σύστασης σύμμεικτων ΑΣΑ στην είσοδο της ΜΒΕ επί του βασικού σεναρίου σύστασης ΑΣΑ (σενάριο 1)

Σύσταση ΑΣΑ : Σεν. 1(2009)	Στην Πηγή	Στόχος 2011 για τα ΥΣ	% Επίτευξης στόχου για ΥΣ	Εκτροπή με ΔσΠ	Προς ΜΒΕ	Σύσταση στην είσοδο ΜΒΕ
ΖΥΜΩΣΙΜΑ	40,3%	-	-	0,0%	40,3%	47,3%
Χαρτί Συσκευασίας	9,7%	60,0%	100,0%	5,8%	3,9%	4,6%
Έντυπο Χαρτί	6,8%	50,0%	100,0%	3,4%	3,4%	4,0%
Λοιπό Χαρτί	3,0%	-	-	0,0%	3,0%	3,5%
ΧΑΡΤΙΑ	15,9%	-	-	9,2%	6,7%	7,9%
Πλαστικό Συσκευασίας	8,0%	22,5%	217,0%	3,9%	4,1%	4,8%
Λοιπό Πλαστικό	6,5%	-	-	0,0%	6,5%	7,6%
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	18,7%	-	-	3,9%	14,7%	17,3%
Μεταλλική συσκευασία	1,5%	50,0%	100,0%	0,8%	0,8%	0,9%
Λοιπά μέταλλα	1,0%	-	-	0,0%	1,0%	1,2%
ΜΕΤΑΛΛΑ	5,0%	-	-	0,8%	4,2%	5,0%
Γυάλινη συσκευασία	1,5%	60,0%	100,0%	0,9%	0,6%	0,7%
Λοιπά γυαλιά	0,5%	-	-	0,0%	0,5%	0,6%
ΓΥΑΛΙΑ	6,8%	-	-	0,9%	5,9%	7,0%
ΔΞΥΛ	9,9%	-	-	0,0%	9,9%	11,6%
ΛΟΙΠΑ	3,4%	-	-	0,0%	3,4%	4,0%
Ανακυκλώσιμα	27,5%	-	-	14,8%	12,7%	14,9%
Συσκευασίες	20,7%	-	-	11,4%	9,3%	10,9%
Σύνολο ΑΣΑ	100,0%	-	-	14,8%	85,2%	100,0%

Για τον σχολιασμό του παραπάνω πίνακα είναι σημαντικό να τονιστεί η μειωμένη ποσότητα των περισσότερων υλικών που θα υποστούν διαλογή στην πηγή.

Αντίστοιχα, για το επόμενο σενάριο μετά από μία δεκαετία ισχύουν διαφορετικές απαιτήσεις αλλά και άλλη επίδραση της εκτροπής ανακύκλωσης ΑΣΑ. Ειδικά στα ζυμώσιμα η είσοδος στη ΜΒΕ είναι φανερά μειωμένη. Έτσι ο πίνακας 7.3 για το σενάριο 2 λαμβάνει τη μορφή:

Πίνακας 7.3.: Έλεγχος εκτροπής ανακυκλώσιμων υλικών/συσκευασιών με ΔσΠ για την επίτευξη των απαιτήσεων της νομοθεσίας και υπολογισμός σύστασης σύμμεικτων ΑΣΑ στην είσοδο της ΜΒΕ επί του σεναρίου για τη σύσταση ΑΣΑ

Σύσταση ΑΣΑ : Σεν. 2(2020)	Στην Πηγή	Στόχος 2011 για τα ΥΣ	% Επίτευξης στόχου για ΥΣ	Εκτροπή με ΔσΠ	Προς ΜΒΕ	Σύσταση στην είσοδο ΜΒΕ
ΣΥΜΩΣΙΜΑ	34,8%	-	-	0,0%	34,8%	42,1%
Χαρτί Συσκευασίας	13,0%	60,0%	100,0%	7,8%	5,2%	6,3%
Έντυπο Χαρτί	9,1%	50,0%	100,0%	4,6%	4,6%	5,5%
Λοιπό Χαρτί	4,0%	-	-	0,0%	4,0%	4,9%
ΧΑΡΤΙΑ	21,4%	-	-	12,4%	9,0%	10,9%
Πλαστικό Συσκευασίας	7,8%	22,5%	217,0%	3,8%	4,0%	4,8%
Λοιπό Πλαστικό	6,3%	-	-	0,0%	6,3%	7,6%
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	18,1%	-	-	3,8%	14,3%	17,3%
Μεταλλική συσκευασία	0,8%	50,0%	100,0%	0,4%	0,4%	0,5%
Λοιπά μέταλλα	0,5%	-	-	0,0%	0,5%	0,6%
ΜΕΤΑΛΛΑ	2,5%	-	-	0,4%	2,1%	2,6%
Γυάλινη συσκευασία	1,3%	60,0%	100,0%	0,8%	0,5%	0,6%
Λοιπά γυαλιά	0,4%	-	-	0,0%	0,4%	0,5%
ΓΥΑΛΙΑ	6,0%	-	-	0,8%	5,2%	6,3%
ΔΞΥΛ	11,0%	-	-	0,0%	11,0%	13,3%
ΛΟΙΠΑ	6,1%	-	-	0,0%	6,1%	7,4%
Ανακυκλώσιμα	32,0%	-	-	17,4%	14,7%	17,8%
Συσκευασίες	22,9%	-	-	12,8%	10,1%	12,2%
Σύνολο ΑΣΑ	100,0%	-	-	17,4%	82,6%	100,0%

Κατόπιν ορίζονται τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των εισερχόμενων απορριμμάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι κοινά για τα 2 σενάρια, καθώς στόχος είναι να συγκριθούν τα αποτελέσματα των δυο σεναρίων από την εφαρμογή του μοντέλου στις ίδιες συνθήκες εισερχόμενων ΑΣΑ. Οι παράμετροι των εισερχόμενων ΑΣΑ που ορίζονται αυτόματα από το μοντέλο, είναι οι εξής:

- Η ετήσια ποσότητα των ΑΣΑ (t/yr) που είτε θα καταλήγει απευθείας στο ΧΥΤΑ, είτε θα εισέρχεται στη Μονάδα Μηχανικής Διαλογής & Βιολογικής επεξεργασίας. Το μοντέλο κατασκευάστηκε ώστε να εφαρμόζεται για αρχική σύσταση 50.000 t/έτος και τελική εφαρμογή μέχρι τις 100.000 t/έτος. Το βασικό σενάριο αναπτύσσεται για την εισερχόμενη ποσότητα στη ΜΒΕ ίση με 50.000 t/έτος.
- Η ποσοστιαία σύνθεση των εισερχόμενων ΑΣΑ (κατά υγρό βάρος) στα παρακάτω κλάσματα, είναι:
 - % Υπολείμματος τροφίμων, πρασίνων, αποβλήτων κήπου, κλπ.
 - % Χαρτιού (όλες τις κατηγορίες αυτού, π.χ. έντυπο, χαρτόνι, κλπ.)
 - % Πλαστικού (όλες τις κατηγορίες αυτού, π.χ. PE, PET, PVC, PS, φιλμ, κλπ.)
 - % Μετάλλων (όλες τις κατηγορίες αυτών, π.χ. σιδηρούχα, αλουμίνια)
 - % Γυαλιού (όλες τις κατηγορίες αυτού, ανεξαρτήτως χρώματος)

- % Δέρματος – Ξύλου – Υφασμάτων – Λάστιχα (ΔΞΥΛ)
- % Λοιπά (περιλαμβάνονται όσα δεν εμπίπτουν σαφώς σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες και τα αδρανή όπως πέτρες, χώματα, κλπ.).

Το μοντέλο βασίζεται στις εξής παραμέτρους:

- Υγρασία των εισερχόμενων απορριμμάτων ανά κατηγορία συστατικού τους.
- Ειδικό βάρος των εισερχόμενων απορριμμάτων (σχετίζεται κυρίως με το εάν χρησιμοποιείται ή όχι σύστημα μεταφόρτωσης των ΑΣΑ, οπότε τα απορρίμματα υφίστανται μια περαιτέρω συμπίεση από αυτή που υφίστανται με τη χρήση των τυπικών απορριμματοφόρων πρέσας ή μύλου).
- Περίοδος σε έτη για την οποία θα γίνει η ανάλυση.

Το μοντέλο έχει τη δυνατότητα απευθείας να εξάγει τα αποτελέσματα (τεχνικά και περιβαλλοντικά) και για τα δύο σενάρια, ορίζοντας από το χρήστη τις τιμές στις παραπάνω παραμέτρους. Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την ανάπτυξη του μοντέλου χρησιμοποιούνται πολλές παράμετροι σχεδιασμού, επιπτώσεων κλπ., στις οποίες ο κάθε χρήστης μπορεί να μεταβάλλει τις χαρακτηριστικές/default τους τιμές, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες εφαρμογής.

Οι παρακάτω τιμές εισόδου αναφέρονται ως ικανοποιητικές για το μοντέλο μας, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία για την κατασκευή ενός ΧΥΤΑ.

Ακολουθούν οι πίνακες εισαγωγής των μεταβλητών των ΑΣΑ, που θα μας βοηθήσουν να συγκρίνουμε τις δύο περιπτώσεις (2009 και 2020).

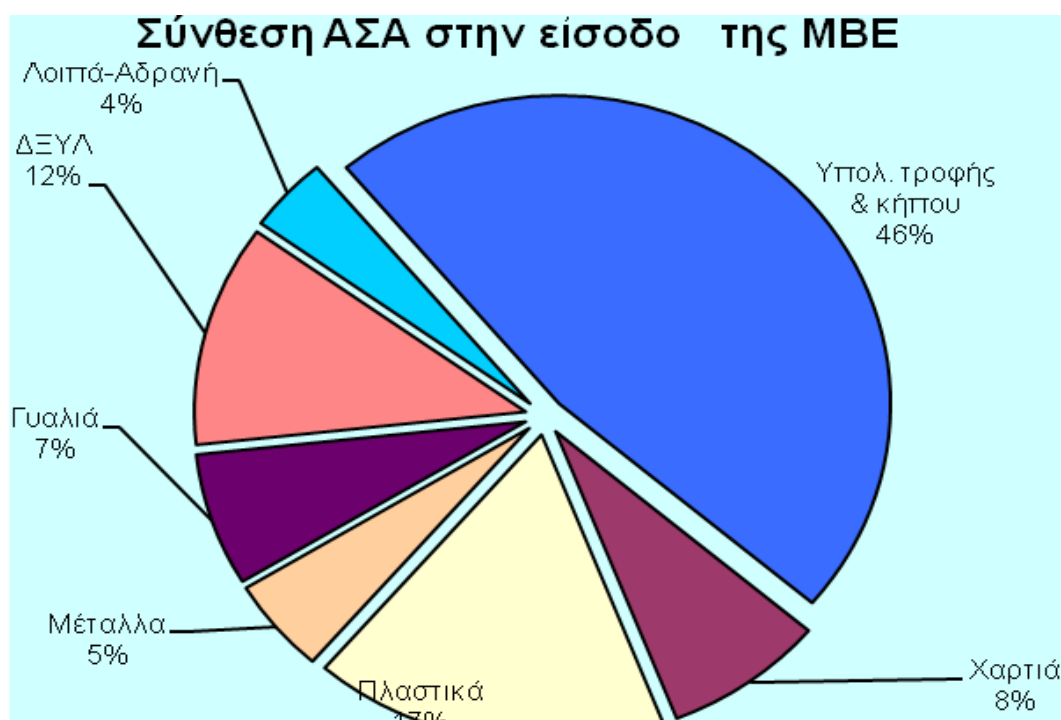
Πίνακας 7.4.: Καθορισμός μεταβλητών εισόδου μοντέλου (ποσοτικά & ποιοτικά χαρακτηριστικά εισερχομένων ΑΣΑ στη ΜΒΕ), διάστημα **2009-10**

ΕΙΣΟΔΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ					
Ποσότητα ΑΣΑ :		50.000	t/yr		
Σύσταση ΑΣΑ :		σενάριο	1		
ΑΣΑ	Σύσταση	Υγρασία	Ειδικό Βάρος		
Συστατικά	% στην είσοδο	% ανά συστατικό ⁽¹⁾	t/m3 (στην πηγή παραγωγής) ⁽²⁾	t/m3 (στην είσοδο μονάδας) ⁽³⁾	
Υπολ.τροφής κήπου &	47,3	71,6	0,25	0,38	
Χαρτιά	7,9	24,1	0,08	0,26	
Πλαστικά	17,3	6,4	0,06	0,30	
Μέταλλα	5,0	1,0	0,22	0,44	
Γυαλιά	7,0	1,0	0,20	0,25	
ΔΞΥΛ	11,6	21,4	0,12	0,24	
Λοιπά-Αδρανή	4,0	18,7	0,48	0,48	
ΣΥΝΟΛΟ	100,0	40,2	0,19	0,34	
Περίοδος Ανάλυσης		10	yrs		

(1) Gidarakos et.al., 2006, (Waste Management 26/2006, p. 668-679, table 4)

(2) Tchobanoglous et.al., 1993 (p. 70)

(3) Παναγιωτακοπουλος, 2002 (Εκδόσεις Ζυγός)



Διάγραμμα 7.1: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ μοντέλου (default τιμές), διάστημα **2009-10**

Πίνακας 7.5.: Καθορισμός μεταβλητών εισόδου μοντέλου (ποσοτικά & ποιοτικά χαρακτηριστικά εισερχομένων ΑΣΑ στη ΜΒΕ), έτος **2020**

ΕΙΣΟΔΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ποσότητα ΑΣΑ : **60.000** t/yr

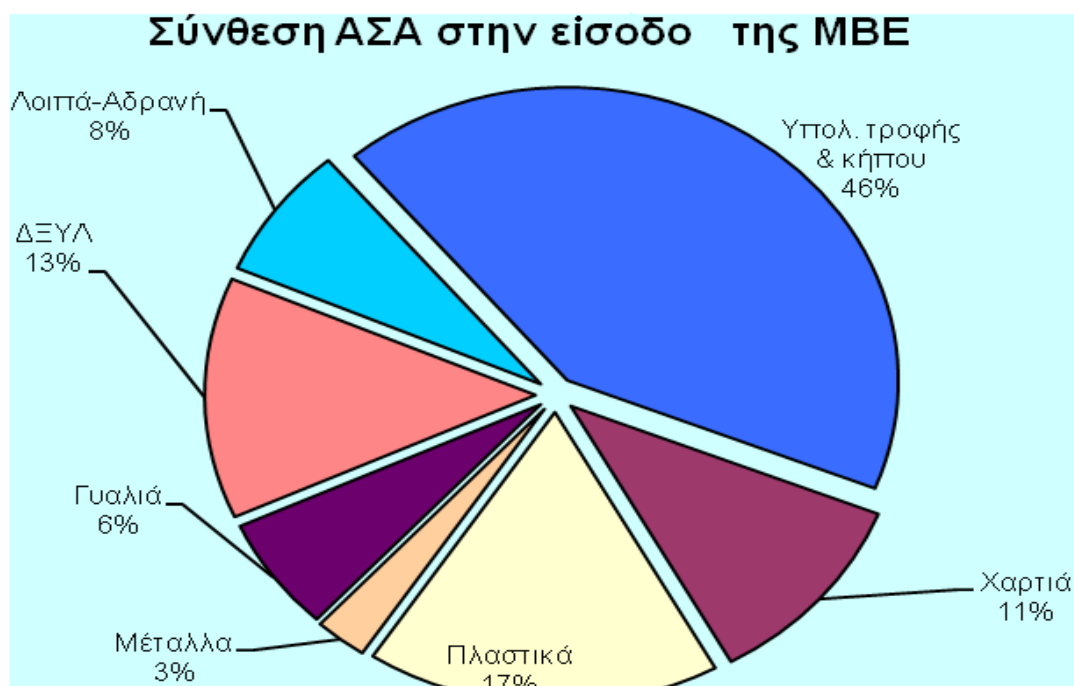
Σύσταση ΑΣΑ : σενάριο **2**

ΑΣΑ	Σύσταση	Υγρασία	Ειδικό Βάρος	
Συστατικά	% στην είσοδο	% συστατικό ⁽¹⁾ ανά	t/m ³ (στην πηγή παραγωγής) ⁽²⁾	t/m ³ (στην είσοδο μονάδας) ⁽³⁾
Υπολ. τροφής κήπου	42,1	71,6	0,25	0,38
Χαρτιά	10,9	24,1	0,08	0,26
Πλαστικά	17,3	6,4	0,06	0,30
Μέταλλα	2,6	1,0	0,22	0,44
Γυαλιά	6,3	1,0	0,20	0,25
ΔΕΥΛ	13,3	21,4	0,12	0,24
Λοιπά-Αδρανή	7,4	18,7	0,48	0,48
ΣΥΝΟΛΟ	100,0	38,2	0,19	0,33
Περίοδος Ανάλυσης		10	yrs	

⁽¹⁾ Gidarakos et.al., 2006, (Waste Management 26/2006, p. 668-679, table 4)

⁽²⁾ Tchobanoglous et.al., 1993 (p. 70)

⁽³⁾ Παναγιωτακοπουλος, 2002 (Εκδόσεις Ζυγός)



Διάγραμμα 7.2: Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ μοντέλου (default τιμές), έτος **2020**

Η σύνθεση και τα χαρακτηριστικά των ΑΣΑ που προήλθαν μετά από δικές μας μετρήσεις και αναλύσεις δεν έχουν ιδιαίτερες εποχιακές διακυμάνσεις. Οι αναλύσεις παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7.6: Ανάλυση στο ΧΥΤΑ

Περίοδος ανάλυσης	Ημερομηνίες αναλύσεων	Ημέρες αναλύσεων	Αριθμός δειγμάτων/ανά ημέρα**	Μέση ποσότητα δείγματος (kg)* /ανά ημέρα
1 ^η	20-21-22-24/11 2009	4	20	100-120
2 ^η	11-12-13-14/2 2010	4	17	100-120

*τα δείγματα συλλέχθηκαν από μπάλες απορριμμάτων του 1 m³.

**τα δείγματα συλλέχθηκαν σε σακούλες απορριμμάτων

7.3 Περίπτωση Α – Διάθεση των ΑΣΑ απευθείας στον ΧΥΤΑ

Αρχικά παρουσιάζεται η ανάπτυξη του μοντέλου για το σενάριο Α. Θεωρείται λοιπόν ότι τα εισερχόμενα σύμμεικτα ΑΣΑ, διατίθενται στο σύνολό τους σε ΧΥΤΑ.

Το πρώτο βήμα είναι να διαστασιολογηθεί ο ΧΥΤΑ που θα απαιτηθεί για τη διάθεση των ΑΣΑ, για την περίοδο ανάλυσης (10 έτη).

Πίνακας 7.7: Απαίτηση σε έκταση για ΧΥΤΑ που δέχεται σύμμεικτα ΑΣΑ, δυναμικότητας 50.000 t/yr [ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008]

Σενάριο Α: Απαίτηση σε ΧΥΤΑ για διάθεση σύμμεικτων ΑΣΑ		
Ποσότητα ΑΣΑ προς ΧΥΤΑ	50.000	t/yr
Συντελεστής συμπίεσης ΑΣΑ στο ΧΥΤΑ	0,85	t/m ³
Όγκος ΑΣΑ στο ΧΥΤΑ	58.824	m ³ /yr
Συντελεστής υλικού επικάλυψης ΑΣΑ	25	% κ.ο. ΑΣΑ
Απαιτούμενο υλικό επικάλυψης	14.706	m ³ /yr
Όγκος ΑΣΑ και υλ. επικάλυψης	73.529	m ³ /yr
Περίοδος ανάλυσης	10	yr
Απαιτούμενος όγκος ΧΥΤΑ	735.294	m ³
Απαιτούμενη έκταση ΧΥΤΑ	36.765	m ²
ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., "Απολογιστική έκθεση λειτουργίας Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης Απορριμμάτων Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας 2007", 2008		

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω Πίνακα 7.7, κατά τη διαστασιολόγηση του ΧΥΤΑ χρησιμοποιούνται οι εξής παραδοχές:

- Ο συντελεστής συμπίεσης των ΑΣΑ στο ΧΥΤΑ είναι ίσος με 0,85 t/m³. Η τιμή αυτή έχει μετρηθεί για την περίπτωση του ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας, όπου τα ΑΣΑ που διατίθενται σε αυτόν υφίστανται καθημερινή συμπίεση. Βιβλιογραφικά αναφέρονται σαν μέσες επιτυγχανόμενες τιμές συμπίεσης μεταξύ 600-700 t/m³ (Tchobanoglous et. al., 1993).
- Το ποσοστό του υλικού επικάλυψης που χρησιμοποιείται κατ' όγκο για τα ΑΣΑ, λαμβάνεται ίσο με 25%.
- Θεωρείται ότι η ετήσια ποσότητα (αλλά και σύσταση) των ΑΣΑ που καταλήγει στο ΧΥΤΑ είναι σταθερή για όλη την περίοδο της ανάλυσης.
- Τέλος, κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου όγκου σε ΧΥΤΑ, δεν συνυπολογίζονται οι καθιζήσεις της απορριμματικής μάζας.

7.3.1 Προσδιορισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Στη συνέχεια, το μοντέλο πραγματοποιεί ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διάθεση των ΑΣΑ στο ΧΥΤΑ. Θεωρείται ότι οι βασικές εκπομπές στο περιβάλλον είναι οι εξής:

Στην ατμόσφαιρα: το βιοαέριο ως εκπομπές $\text{CO}_2(\beta)$ & CH_4 και το $\text{CO}_2(\alpha\kappa)$ από τη λειτουργία των μηχανημάτων και οχημάτων του ΧΥΤΑ, σε t/yr

όπου **$\text{CO}_2(\beta)$** το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τις βιολογικές διεργασίες των μικροοργανισμών και

$\text{CO}_2(\alpha\kappa)$ το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας.

Στα υγρά: ο όγκος των παραγόμενων εκχυλισμάτων και οι ποσότητες του BOD που εμπεριέχεται σε αυτόν από τον ΧΥΤΑ, σε m^3/yr και t/yr, αντίστοιχα.

Όσον αφορά τις εκπομπές CH_4 , θεωρείται τυπικά ότι το παραγόμενο μεθάνιο συλλέγεται από το δίκτυο συλλογής βιοαερίου και καίγεται στον πυρσό καύσης προς CO_2 . Στην πράξη, η μέγιστη δυνατή ανάκτηση του βιοαερίου από το δίκτυο συλλογής που εγκαθίσταται σε ΧΥΤΑ είναι ίση με το 40% της παραγωγής (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Παράμετροι που ορίζονται από το μοντέλο για τον υπολογισμό των εκπομπών, είναι οι εξής:

- ⇒ Η σύσταση του βιοαερίου είναι 50% CO_2 & 50% CH_4 (Tchobanoglous et.al., 2003)
- ⇒ Ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου είναι 307 lt βιοαερίου/kg ξ.β. βιοαποδομήσιμων ΑΣΑ (Παναγιωτακόπουλος, 2002) ,δηλαδή 153,5 lt CO_2/kg ξ.β. βιοπ. & 153,5 lt CH_4/kg ξ.β. βιοαπ.
- ⇒ Ο ρυθμός παραγωγής CO_2 από την μερική καύση του CH_4 προκύπτει με αναγωγή από τη στοιχειώδη καύση: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Θεωρείται ότι συλλέγεται και καίγεται προς CO_2 , το 40% του παραγόμενου CH_4 (Παναγιωτακόπουλος, 2002), ενώ το υπόλοιπο 60% διαφεύγει στην ατμόσφαιρα σαν ρύπος.
- ⇒ Ο ρυθμός παραγωγής CO_2 από τα μηχανήματα έργου του ΧΥΤΑ υπολογίζεται ως 2,8 kg/lt diesel (Komilis and Ham, 2004).
- ⇒ Ο ρυθμός παραγωγής εκχυλισμάτων στον ΧΥΤΑ είναι 0,35 m^3/t ΑΣΑ (Σκορδίλης και Κορνίτσας, 2004).
- ⇒ Η συγκέντρωση του BOD στα εκχυλίσματα λαμβάνεται ίση με 10.000 mg/l (Tchobanoglous et.al., 1993).

Ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει κάποια από τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων, ελέγχοντας την επίπτωση στο τελικό αποτέλεσμα.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τελικές εκπομπές CO_2 , CH_4 και BOD, για τα εισερχόμενα ΑΣΑ, για δυναμικότητα δηλαδή του ΧΥΤΑ ίση με 50.000 t/yr.

Πίνακας 7.8: Υπολογισμός εκπομπών CO₂,CH₄ και BOD από τη διάθεση σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ δυναμικότητας 50.000 t/yr [ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008]

Σενάριο Α: Ποσοτικοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη διάθεση σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ						
Αέριες εκπομπές						
Παράμετρος ελέγχου	Ρυθμός παραγωγής		Ειδ.Βάρος		Εκπομπές	
CO ₂ (από ΧΥΤΑ)	154	lt/kg ξ.β. βιοαποδ. ⁽¹⁾	1,98	kg/m ³	2.041	t/yr
CH ₄ (από ΧΥΤΑ)	154	lt/kg ξ.β. βιοαποδ. ⁽¹⁾	0,72	kg/m ³	742	t/yr
CO ₂ (από καύση 40% CH ₄) ⁽¹¹⁾	422	lt/kg CH ₄ ⁽²⁾	1,98	kg/m ³	248	t/yr
CO ₂ (από μηχανήματα έργου)	2,8	kg/lt diesel ⁽³⁾	-	-	210	t/yr
Σύνολο CO₂	-	-	-	-	2.500	t/yr
Σύνολο CH₄ (60% αρχ. παραγωγής CH ₄)	-	-	-	-	445	t/yr
CO ₂ ΧΥΤΑ					2.500	t/yr
Υγρά απόβλητα						
Παράμετρος ελέγχου	Ρυθμός παραγωγής		Συγκέντρωση		Φορτίο	
BOD (από ΧΥΤΑ)	0,35	m ³ /t ΑΣΑ ⁽⁷⁾	10.000	mg/l ⁽⁸⁾	175	t/yr
Σύνολο BOD					175	t/yr

(1) Παναγιωτακόπουλος, 2002 (σελ 393)	(2) Προκύπτει με αναγωγή από τη στοιχειώδη καύση: CH ₄ + 2O ₂ → CO ₂ + 2H ₂ O	(3) Komilis and Ham, 2004 (Journal of Env.Eng./Vol.130/No.11/2004, p. 1390-1400)
(8)		
(7) Σκορδίλης και Κομνίτσας, 2004 (σελ 27)	Tchobanoglous et.al., 1993	(11) Παναγιωτακόπουλος, 2002

7.4 Περίπτωση Β - Ανάπτυξη μοντέλου σχεδιασμού και αξιολόγησης της Μονάδας Μηχανικής Διαλογής & Βιολογικής Διεργασίας

Το σενάριο Β εξετάζει την περίπτωση κατά την οποία τα εισερχόμενα ΑΣΑ καταλήγουν σε ΜΒΕ και κατόπιν τα υπολείμματα αυτής (το κλάσμα από τη Μηχανική Διαλογή που αποτελείται από χαρτί, πλαστικό, ΔΞΥΛ, μέταλλα & λοιπά, όσο και τα σταθεροποιημένα υπολ. τροφής & κήπου από την Αερόβια Σταθεροποίηση) διατίθενται στο σύνολό τους σε ΧΥΤΥ. Η μονάδα αυτή κατά σειρά περιλαμβάνει:

- Υποδοχή & Τροφοδοσία Μηχανικής Διαλογής
- Τεμαχισμό ΑΣΑ (< 150 - 200 mm)
- Κοσκίνιση ΑΣΑ (< ή > 70 mm)
- Ευμεγέθες κλάσμα (> 70 mm) κυρίως χαρτί, πλαστικό, ΔΞΥΛ, μέταλλο,

λουπά/αδρανή προς ΧΥΤΥ

- Κλάσμα < 70 mm κυρίως υπολείμματα τροφής & κήπου προς την Αερόβια Σταθεροποίηση
- Ταχεία Αερόβια Βιοσταθεροποίηση (κλάσματος < 70 mm)
- Σταθεροποιημένο προϊόν στο ΧΥΤΥ

7.4.1 Ισοζύγια μάζας Μονάδας ΜΒΕ των ΑΣΑ

Έχοντας ορίσει τις παραμέτρους εισόδου, το μοντέλο αυτόματα δημιουργεί τα ισοζύγια μάζας στα παραπάνω τμήματα της εγκατάστασης. [ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008 και EUROTCH A.E., 2006]

Υποδοχή

Αρχικά, με βάση την ποσότητα και το ειδικό βάρος, υπολογίζει τον όγκο των εισερχόμενων (m^3/yr) ΑΣΑ, συνολικά και ανά συστατικό. Η παράμετρος αυτή θεωρείται απαραίτητη για να γίνει η διαστασιολόγηση του χώρου υποδοχής στη συνέχεια. Επιπλέον, θεωρείται ότι στο χώρο υποδοχής δεν λαμβάνει χώρα απώλεια μάζας υγρασίας.

Τεμαχισμός

Τα σύμμεικτα ΑΣΑ κατόπιν οδηγούνται σε τεμαχιστή, όπου τεμαχίζονται στα 200 mm. Θεωρείται ότι κατά το στάδιο αυτό δεν λαμβάνει χώρα απώλεια μάζας και υγρασίας.

Κοσκίνιση

Στη συνέχεια, το μοντέλο χρησιμοποιεί τους συντελεστές εκτροπής των υλικών από το κόσκινο των 70 mm, προκειμένου να υπολογιστεί η μάζα που οδηγείται απευθείας στο ΧΥΤΥ (ευμεγέθους κλάσμα >70 mm), καθώς και η μάζα των ΑΣΑ που οδηγείται προς την Αερόβια Σταθεροποίηση (μη ευμεγέθους κλάσμα <70 mm).

Ευμεγέθους κλάσμα (> 70 mm) προς ΧΥΤΥ

Τα ευμεγέθους υλικό (> 70 mm) καταλήγει απευθείας στο ΧΥΤΥ, χωρίς να λαμβάνουν χώρα σε αυτό περαιτέρω εργασίες διαλογής προς αξιοποίησή του. Ο τελικός όγκος του κλάσματος αυτού στο ΧΥΤΥ υπολογίζεται θεωρώντας ότι το τελικό ειδικό βάρος του, μετά τη συμπίεση που θα υποστούν από τα μηχανήματα του ΧΥΤΑ, θα είναι ίσο με $0,90 \text{ t/m}^3$ (Παναγιωτακόπουλος, 2002). Υπολογίζεται ότι το ποσοστό των ευμεγεθών ΑΣΑ που θα οδηγηθεί απευθείας στο ΧΥΤΥ είναι ίσο με 52,05% των εισερχόμενων ΑΣΑ.

Κλάσμα βιοαποδομήσιμων (< 70 mm) προς Αερόβια Σταθεροποίηση

Το μοντέλο, στη συνέχεια, υπολογίζει την ποσότητα των ΑΣΑ που οδηγείται προς την Αερόβια Σταθεροποίηση.

Κατά το στάδιο της Αερόβιας Σταθεροποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ, λαμβάνει χώρα μερική απώλεια υγρασίας, αλλά και απώλεια μάζας από τα πτητικά (βιοαποδόμηση υπολειμμάτων τροφής & κήπου και χαρτιών).

Αρχικά, υπολογίζεται το βάρος του νερού που εμπεριέχεται στην απορριμματική μάζα. Κατά παραδοχή, θεωρείται ότι δεν υπάρχει απώλεια νερού καθ' όλες τις προηγούμενες φάσεις και τμήματα της εγκατάστασης (υποδοχή εισερχόμενων ΑΣΑ, τεμαχισμός). Έχοντας υπολογίσει το βάρος του νερού, προκύπτει το ξηρό βάρος ανά συστατικό των απορριμμάτων.

Κατά τη διεργασία της βιοσταθεροποίησης, η οποία πραγματοποιείται σε διάστημα 6 εβδομάδων (default τιμή στο μοντέλο), θεωρείται ότι υπάρχει μερική απώλεια υγρασίας. Η αρχική υγρασία των σύμμεικτων ΑΣΑ είναι 40,20%. Μετά το διαχωρισμό κατά τη Μηχανική Διαλογή του ευμεγέθους κλάσματος, το μη ευμεγές κλάσμα (που αποτελείται κατά 99% από τα υπολ. τροφής & κήπου) που οδηγείται στην Αερόβια Σταθεροποίηση έχει υγρασία 70,04%. Με το πέρας της ταχείας σταθεροποίησης (6wks) η τελική υγρασία λαμβάνεται ίση με 50%. Στο ποσοστό αυτό υγρασίας (50-60%) θεωρείται ότι είναι η απαιτούμενη υγρασία για την πραγματοποίηση των βιολογικών διεργασιών. Συνεπώς, η υγρασία στην Μονάδα Αερόβιας Σταθεροποίησης θα ρυθμίζεται (με προσθήκη νερού) ώστε να διατηρείται τουλάχιστον στο επίπεδο του 50% κ.β. Η απώλεια υγρασίας κατά την Αερόβια Σταθεροποίηση είναι περίπου 20% (από 70,04% στα 50%). Η τελικώς απολεσθείσα μάζα νερού κατά την Αερόβια Σταθεροποίηση, ως προς την αρχική εισερχόμενη μάζα ΑΣΑ (δηλ. τους 50.000 t/yr), είναι ίση με 4,8% (χάνονται δηλαδή 4806 t/yr νερού).

Παράλληλα με την απώλεια υγρασίας, κατά τη διάρκεια της αερόβιας βιοσταθεροποίησης πραγματοποιείται και αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ. Τα οργανικά, τα οποία μπορούν υπό κατάλληλες συνθήκες να αποδομηθούν, είναι: **τα υπολείμματα τροφής & κήπου, τα χαρτιά.**

Τα πλαστικά και το κλάσμα ΔΞΥΛ, παρόλο που τυπικά εντάσσονται στα οργανικά μέρη των ΑΣΑ, λόγω της αμελητέας τους σταθεροποίησης στο χρόνο της αερόβιας σταθεροποίησης, θεωρείται ότι δεν έχουν απώλεια μάζας. Τα υλικά αυτά είναι μη έως αργά βιοαποδομήσιμα και συνεπώς στο χρόνο της ταχείας αερόβιας βιοσταθεροποίησης δεν αποδομούνται.

Η βιοσταθεροποίηση είναι αερόβια βιολογική επεξεργασία κατά την οποία πραγματοποιείται ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών με τη βοήθεια ετερότροφων μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες), οι οποίοι βιοαποδομούν τα οργανικά συστατικά παρουσία οξυγόνου O_2 . Το προϊόν που παράγεται είναι CO_2 και νερό, ενώ παράλληλα αυξάνεται η κυτταρική μάζα των μικροοργανισμών (βιοσταθεροποιημένο οργανικό προϊόν). Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν την εφαρμογή και αποτελεσματικότητα της μεθόδου, είναι η σύσταση του υποστρώματος, το μέγεθος των συστατικών του, η καθαρότητα (ύπαρξη προσμίξεων), η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N) στα απορρίμματα, η υγρασία, το pH, η θερμοκρασία και ο αερισμός.

Για τον υπολογισμό του ποσοστού βιοσταθεροποίησης του οργανικού κλάσματος των εισερχόμενων ΑΣΑ, χρησιμοποιούνται βιβλιογραφικά δεδομένα. Ειδικότερα, αναφέρεται ότι η αρχική συγκέντρωση των πτητικών στερεών επί του ξηρού βάρους του μίγματος των συστατικών υπολειμμάτων τροφής & κήπου είναι 77%, ενώ των χαρτιών είναι 84% (Gidarakos et. al., 2006). Επιπλέον, το ποσοστό του βιοαποδομήσιμου κλάσματος επί των πτητικών στερεών είναι ίσο με 80% για τα υπολείμματα τροφής & κήπου και 50% για τα χαρτιά (Tchobanoglous et. al., 1993), ενώ η τελικά επιτυγχανόμενη εκτροπή μάζας (σαν απώλειες πτητικών) είναι ίση με 55% για τα υπολείμματα τροφής & κήπου και 35% για τα χαρτιά (Fricke et. al., 2005).

Έτσι λοιπόν, σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές, η επιτυγχανόμενη εκτροπή (απώλειες μάζας σαν πτητικά) από την βιοσταθεροποίηση των υλικών αυτών θα είναι ίση με 34% (δηλαδή το 55% του 80% των βιοαποδομήσιμων του 77% του ξ.β. των πτητικών στερεών) για τα υπολείμματα τροφής & κήπου και 15% (δηλαδή το 35% του 50% των βιοαποδομήσιμων του 84% του ξ.β. των πτητικών στερεών) για τα χαρτιά, αντίστοιχα. Αναλυτικά, οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στους πίνακες στη συνέχεια.

Πρέπει να τονιστεί ωστόσο, ότι το ποσοστό απώλειας μάζας από λοιπές εκπομπές όπως NH₃, VOC, κλπ. που πραγματοποιούνται κατά την αερόβια σταθεροποίηση των υπολειμμάτων τροφής & κήπου και των χαρτιών δεν συνυπολογίζονται, καθώς θεωρούνται αμελητέες σαν απόλυτα μεγέθη έναντι των εκπομπών CO₂.

Πίνακας 7.9: Παράμετροι βιοσταθεροποίησης [ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008]

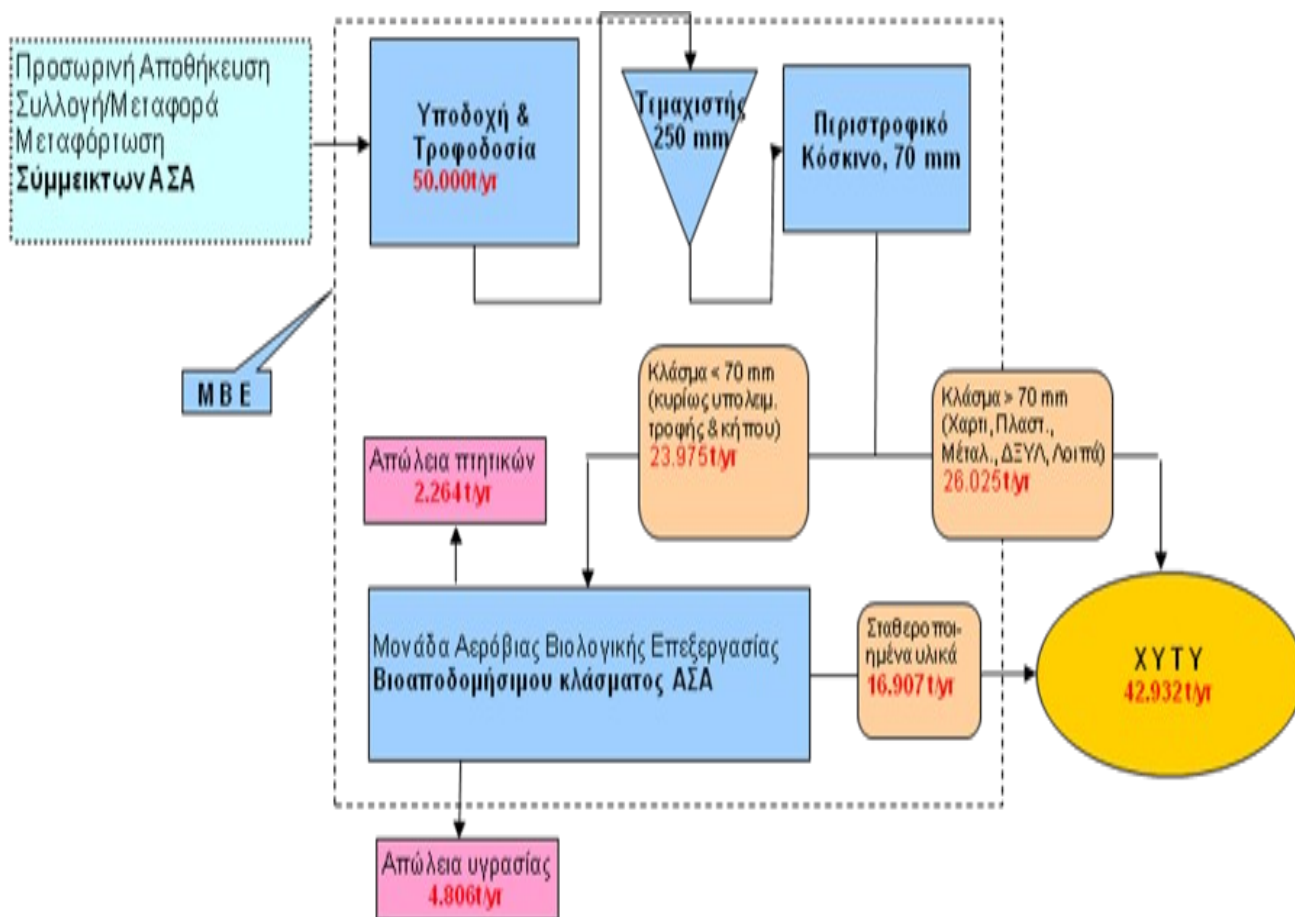
ΣΤ1. Απώλειες πτητικών από τα υπολ. τροφ & κήπου	Ξηρό βάρος υπολ.τροφ.&κήπ. (TS ολικά στερεά) στην είσοδο της Β.Ε.	t/d (για 7d/wk)	18
	Ποσοστό πτητικών στερεών (VS) στα ολικά στερεά των υπολ.τροφ.&κήπ. στην είσοδο της Β.Ε.	%	77
	Ποσοστό βιοαποδομήσιμων πτητικών στερεών (BVS) στα πτητικά στερεά των υπολ.τροφ.&κήπ. στην είσοδο της Β.Ε.	%	80
	Ποσότητα βιοαποδομήσιμων BVS	t/d (για 7d/wk)	11
	Ποσοστό εκτροπής BVS από τη βιοσταθεροποίηση των υπολ.τροφ.&κήπ. (σε διάστημα 42 ημερών ή 6 εβδομάδων)	%	55
	Βιοαποδομήσιμα πτητικά BVS που εκτρέπονται λόγω μερικής βιοσταθ/σης των υπολ.τροφ.&κήπ.	t/d (για 7d/wk)	6
	Επιτυγχανόμενη εκτροπή πτητικών (BVS & VS) από τα υπολ.τροφ.&κήπ.	%	34%
ΣΤ2. Απώλειες πτητικών από τα χαρτιά	Ξηρό βάρος χαρτιών (TS ολικά στερεά) στην είσοδο της Β.Ε.	t/d (για 7d/wk)	0,2
	Ποσοστό πτητικών στερεών (VS) στα ολικά στερεά των χαρτιών στην είσοδο της Β.Ε.	%	84
	Ποσοστό βιοαποδομήσιμων πτητικών στερεών (BVS) στα πτητικά στερεά των χαρτιών στην είσοδο της Β.Ε.	%	50
	Ποσότητα βιοαποδομήσιμων BVS	t/d (για 7d/wk)	0,1
	Ποσοστό εκτροπής BVS από τη βιοσταθεροποίηση των χαρτιών (σε διάστημα 42 ημερών ή 6 εβδομάδων)	%	35
	Βιοαποδομήσιμα πτητικά BVS που εκτρέπονται λόγω μερικής βιοσταθεροποίησης των χαρτιών	t/d (για 7d/wk)	0,0
	Επιτυγχανόμενη εκτροπή πτητικών (BVS ή VS) από τα χαρτιά	%	15%

Συνολικά, υπολογίζεται ότι από τη διαδικασία της αερόβιας σταθεροποίησης χάνονται: 9,61 (νερό) + 4,53 (πτητικά) = 14,14% κ.β. της μάζας των εισερχόμενων ΑΣΑ, ενώ το υπόλοιπο 85,86% κ.β. της μάζας των ΑΣΑ οδηγείται στο ΧΥΤΥ. Από το ποσοστό των 85,86% που οδηγείται στο ΧΥΤΥ, το 52,05% είναι τα ευμεγέθη (> 70 mm), ενώ το υπόλοιπο 33,81% είναι το σταθεροποιημένο προϊόν της αερόβιας σταθεροποίησης.

Το σταθεροποιημένο προϊόν της αερόβιας σταθεροποίησης οδηγείται -όπως προαναφέρθηκε- επίσης στο ΧΥΤΥ, όπου διατίθεται σαν υλικό επικάλυψης των ευμεγεθών ΑΣΑ. Το ειδικό βάρος του σταθεροποιημένου προϊόντος λαμβάνεται ίσο με 0,6 t/m³ (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται σχηματικά το ισοζύγιο μάζας ΜΒΕ δυναμικότητας 50.000 t/yr, ενώ στο πίνακα της επόμενης σελίδας παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί των ισοζυγίων σε κάθε τμήμα της εγκατάστασης.

Στην Εικόνα 7.1 παρουσιάζεται το ισοζύγιο μάζας Μονάδας Μηχανικής Διαλογής και Αερόβιας Σταθεροποίησης δυναμικότητας 50.000 t/yr



Εικόνα 7.1: Διάγραμμα ροής για ΧΥΤΥ [ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008]

7.4.2 Διαστασιολόγηση Μονάδας ΜΒΕ των ΑΣΑ

Το επόμενο βήμα του μοντέλου είναι η τυπική διαστασιολόγηση της ΜΒΕ. Η διαστασιολόγηση αυτή πραγματοποιείται με σκοπό να προσεγγιστούν, κατά το δυνατό καλύτερα, οι απαιτούμενες επενδύσεις (σε έργα Περιβαλλοντικής Μελέτης & Ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού) και το κόστος λειτουργίας.

Καθορισμός γενικών παραμέτρων λειτουργίας της μονάδας

Στην ενότητα αυτή, ο χρήστης καθορίζει μια σειρά από λειτουργικές παραμέτρους της μονάδας, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 7.10.

Οι τιμές που παρουσιάζονται στον **Πίνακα 7.10**, σχετίζονται με τις χαρακτηριστικές παραμέτρους εισόδου των εισερχόμενων ΑΣΑ. Κατά παραδοχή, θεωρείται ότι η μονάδα λειτουργεί 5 ημέρες εβδομαδιαίως σε 8ωρη βάση, ενώ η ημερήσια ποσότητα των ΑΣΑ στην αιχμή θεωρείται ίση με 75% μεγαλύτερη της μέσης ημερήσιας (ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008).

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει οποιαδήποτε από τις παραμέτρους λειτουργίας που ορίζεται ως default και να εξετάσει τις επιπτώσεις σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας. **Σε έντονο φόντο είναι οι τιμές που ο χρήστης του μοντέλου μπορεί να μεταβάλλει, ενώ η τιμή που χρησιμοποιείται θεωρείται από το μοντέλο σαν default.**

Πίνακας 7.10: Παράμετροι μοντέλου [ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008]

A. Γενικά στοιχεία Μονάδας	Ημέρες λειτουργίας Μονάδας	d/wk	5
	Ημέρες λειτουργίας Μονάδας	d/yr	261
	Εβδομάδες λειτουργίας	wks/yr	52
	Ώρες λειτουργίας Υποδοχής ΑΣΑ	hr/d	8
	Ποσότητα ΑΣΑ	t/yr	50.000
	Μέση ημερήσια ποσότητα ΑΣΑ	t/d	192
	Συντελεστής μέρας αιχμής ⁽¹⁾	-	1,75
	Μέγιστη ημερήσια ποσότητα ΑΣΑ	t/d	336
	Ειδικό βάρος εισερχομενων ΑΣΑ	t/m3	0,34
	Όγκος μέσης ημερ. ποσότητας ΑΣΑ	m ³ /d	571
	Όγκος μέγιστης ημερ. ποσότη. ΑΣΑ	m ³ /d	999

Χώρος υποδοχής εισερχόμενων ΑΣΑ

Στην ενότητα αυτή ορίζονται οι παράμετροι που απαιτούνται για τη διαστασιολόγηση του χώρου υποδοχής των εισερχόμενων ΑΣΑ.

Σε default τιμές:

- θεωρείται ότι το βάθος του υποδοχέα θα είναι 6 m και
- λαμβάνεται συντελεστής πλήρωσης 85% και συντελεστής ασφάλειας χώρου 30%.

Οι τιμές αυτές μπορούν να μεταβάλλονται από τον χρήστη.

Β.Χώρος Υποδοχής εισερχόμενων ΑΣΑ	Μέσο βάθος χώρους υποδοχής	m	6
	Βαθμός πλήρωσης υποδοχέων	%	85
	Αποθηκευτική ικανότητα - Επιπλέον ασφάλεια	%	30
	Απαιτ. όγκος υποδοχής	m ³	1.449
	Απαιτ. έκταση υποδοχής	m ²	241

Τεμαχιστής

Στη συνέχεια, το μοντέλο καθορίζει τη δυναμικότητα του τεμαχιστή, δηλαδή τους τόνους ΑΣΑ που πρέπει να τεμαχίζει ανά ώρα. Απαιτούμενη παράμετρος αποτελεί ο χρόνος λειτουργίας του τεμαχιστή ανά ημέρα εργασίας της μονάδας.

Γ.Τεμαχιστής 150-200 mm	Ημέρες λειτουργίας τεμαχιστή	d/wk	5
	Ώρες λειτουργίας τεμαχιστή	hr/d	6,5
	Ποσότητα ΑΣΑ προς τεμαχισμό ανά ημέρα λειτουργίας του	t/d	192
	Ποσότητα ΑΣΑ προς τεμαχισμό ανά ώρα και ημέρα λειτουργίας του	t/hr	30

Περιστροφικό κόσκινο

Κατόπιν, το μοντέλο, με βάση τις ώρες λειτουργίας της μονάδας Μηχανικής Διαλογής και την προς κοσκίνιση ποσότητα των ΑΣΑ, υπολογίζει τις ποσότητες του ευμεγέθους

κλάσματος (> 70 mm), αλλά και του κλάσματος (< 70 mm) που οδηγείται στη βιοσταθεροποίηση.

Δ. Περιστροφικό κόσκινο 70 mm	Ημέρες λειτουργίας περιστροφικού κοσκίνου	d/wk	5
	Ώρες λειτουργίας περιστροφικού κοσκίνου	hr/d	6,5
	Ποσότητα ΑΣΑ προς κοσκίνιση ανά ημέρα λειτουργίας	t/d	192
	Ποσότητα ΑΣΑ προς κοσκίνιση ανά ώρα και ημέρα λειτουργίας	t/hr	30
	Συντελεστής εκτροπής από τη Μ.Δ., το οποίο οδηγείται απευθείας στο ΧΥΤΥ (κλάσμα >70mm)	%	52,05
	Ευμεγέθες κλάσμα προς ΧΥΤΥ	t/yr	26.024
	Συντελεστής εκτροπής από τη Μ.Δ. προς το χώρο της Β.Ε. (κλάσμα <70 mm)	%	47,95
	Κλάσμα ΑΣΑ <70 mm προς Β.Ε.	t/yr	23.976
	Κλάσμα ΑΣΑ <70 mm προς Β.Ε.	t/d εργασίας	92
	Κλάσμα ΑΣΑ <70 mm προς Β.Ε.	t/hr εργασίας	14

Χώρος αερόβιας βιοσταθεροποίησης

Για τη διαστασιολόγηση του χώρου της ταχείας Αερόβιας Βιοσταθεροποίησης, ο χρήστης πρέπει να καθορίσει: α) τις εβδομάδες που θα παραμένουν τα ΑΣΑ στα σειράδια (default τιμή) και β) τον όγκο ενός τυπικού σειραδίου.

Σε default τιμές, τα ΑΣΑ παραμένουν 6 εβδομάδες στα σειράδια (Tchobanoglous et. al., 1993), ενώ ο τυπικός όγκος των σειραδίων - στον οποίο δύναται να πραγματοποιείται και ευχερής αερισμός του - είναι 235 m³. Για λειτουργικούς λόγους, θεωρείται ότι απαιτείται προσαύξηση του απαιτούμενου χώρου κατά 10% για τα κενά μεταξύ των σειραδίων.

Ε.Μονάδα Βιολογικής Επεξεργασίας	Απαιτούμενος χρόνος ταχείας σταθεροποίησης ⁽²⁾	wks	6
	Περίοδοι σταθεροποίησης	μονάδες	8,69
	Ποσότητα προς σταθ. ανά ημέρα εργασίας	t	92
	Όγκος προς σταθ. ανά ημέρα εργασίας	m ³	128
	Όγκος προς σταθ. ανά εβδομάδα	m ³	638
	Όγκος σειραδίου	m ³	235
	Βάρος σειραδίου	t	169
	Απαιτούμενα σειράδια ανά εβδομάδα	τεμ./wk	3
	Απαιτούμενα σειράδια ανά περίοδο σταθερ.	τεμ./περίοδο	24
	Εμβαδό σειραδίου	m ²	128
	Απαιτ. έκταση ανά περίοδο (+10% διάκενα)	m ²	3.323

7.4.3 Διαστασιολόγηση ΧΥΤΥ

Στο ΧΥΤΥ, κατά την ανάπτυξη του σεναρίου Β, θεωρείται ότι καταλήγουν:

- τα ευμεγέθη υλικά (> 70 mm) της Μηχανικής Διαλογής
- το σταθεροποιημένο προϊόν της Αερόβιας Βιοσταθεροποίησης

Το σταθεροποιημένο προϊόν θεωρείται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό επικάλυψης των υπολοίπων ΑΣΑ, οπότε δεν γίνεται στο κύτταρο προσθήκη υλικού επικάλυψης (κυρίως αμμοχάλικο) από εξωτερικές πηγές.

Πίνακας 7.11: Τιμές σε ΑΣΑ για ΧΥΤΥ [ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2008]

Σενάριο Β: Απαίτηση σε ΧΥΤΥ για διάθεση σταθεροποιημένων ΑΣΑ		
Ποσότητα ΑΣΑ προς Μονάδα	50.000	t/yr
Ποσότητα προϊόντων Μ.Δ. (κλάσμα>70mm) προς ΧΥΤΥ	26.024	t/yr
Ειδικό βάρος συμπιεσμένων προϊόντων Μ.Δ.	0,85	t/m ³
Όγκος προϊόντων Μ.Δ. στο ΧΥΤΥ	30.636	m ³ /yr
Συντελεστής υλικού επικάλυψης προϊόντων Μ.Δ.	25	% κ.ο.
Απαιτούμενο υλικό επικάλυψης	7.659	m ³ /yr
Ποσότητα προϊόντων Β.Ε. (κλάσμα<70mm) προς ΧΥΤΥ	16.907	t/yr
Ειδικό βάρος σταθεροποιημένου προϊόντος	0,61	t/m ³
Όγκος σταθεροποιημένου προϊόντος στο ΧΥΤΥ	27.898	m ³ /yr
Υπάρχει επάρκεια του σταθ. προϊόντος για υ.ε.	Ναι	
Συνολικός όγκος προϊόντων στο ΧΥΤΥ	58.534	m ³ /yr
Περίοδος ανάλυσης	10	yr
Απαιτούμενος όγκος ΧΥΤΥ	585.344	m ³
Απαιτούμενη έκταση ΧΥΤΥ	29.267	m ²

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω Πίνακα 7.11, κατά τη διαστασιολόγηση του ΧΥΤΑ χρησιμοποιούνται οι παραδοχές ότι το ειδικό βάρος των συμπιεσμένων ευμεγεθών υλικών στο ΧΥΤΥ είναι 0,85 t/m³, ενώ του σταθεροποιημένου προϊόντος ανέρχεται σε 0,61 t/m³ (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Επιπλέον, θεωρείται ότι η ετήσια ποσότητα (αλλά και σύσταση) των ΑΣΑ που καταλήγει αρχικά στη Μονάδα και τα υπολείμματά της στο ΧΥΤΥ, είναι σταθερή για όλη την περίοδο της ανάλυσης.

Τέλος, κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου όγκου σε ΧΥΤΑ, δεν συνυπολογίζονται οι καθιζήσεις της απορριμματικής μάζας.

Με βάση λοιπόν τις παραμέτρους αυτές, υπολογίζεται αρχικά ο απαιτούμενος όγκος του ΧΥΤΑ για τη διάθεση των ΑΣΑ της περιόδου ανάλυσης μαζί με το απαιτούμενο υλικό επικάλυψης και στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τον ίδιο με το σενάριο Α τύπο αναγωγής, υπολογίζεται η απαιτούμενη επιφάνεια του ΧΥΤΑ.

7.4.4 Προσδιορισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Στη συνέχεια, το μοντέλο πραγματοποιεί ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία της Μονάδας και τη διάθεση των ΑΣΑ στο ΧΥΤΥ. Θεωρείται

ότι οι βασικές εκπομπές στο περιβάλλον, όπως και στην περίπτωση του σεναρίου Α, είναι οι εξής:

Στην ατμόσφαιρα: το CO₂(β) από τη διαδικασία της Αερόβιας Σταθεροποίησης και το CO₂ (οκ) από τα μηχανήματα της ΜΒΕ, το βιοαέριο ως εκπομπές CO₂(β) & CH₄ και το CO₂ (οκ) από τη λειτουργία των μηχανημάτων και οχημάτων του ΧΥΤΥ, σε t/yr.

Όπου: **CO₂(β)** το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τις βιολογικές διεργασίες των μικροοργανισμών και **CO₂(οκ)** το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας.

Στα υγρά: ο όγκος των παραγόμενων εκχυλισμάτων και η ποσότητα του BOD που εμπεριέχεται σε αυτόν από την ΜΒΕ και το ΧΥΤΥ, σε m³/yr και t/yr, αντίστοιχα.

Όσον αφορά τις εκπομπές CH₄, θεωρείται τυπικά ότι το παραγόμενο μεθάνιο συλλέγεται από το δίκτυο συλλογής βιοαερίου και καίγεται στον πυρσό καύσης προς CO₂. Στην πράξη, η μέγιστη δυνατή ανάκτηση του βιοαερίου από το δίκτυο συλλογής που εγκαθίσταται σε ΧΥΤΑ είναι ίση με το 40% της παραγωγής (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Παράμετροι που ορίζονται από το μοντέλο για τον υπολογισμό των εκπομπών, είναι οι εξής:

⇒ Η σύσταση του βιοαερίου ανέρχεται σε 50% CO₂ & 50% CH₄ (Tchobanoglous et.al., 2003).

⇒ Ο ρυθμός παραγωγής CO₂ κατά το στάδιο της ταχείας Αερόβιας Σταθεροποίησης θεωρείται ότι είναι ίσος με 200 grCO₂-C/kg ξ.β. βιοαπ/σιμων (Komilis and Ham, 2006). Επομένως, ο ρυθμός παραγωγής CO₂ είναι ίσος με 200*(44/12) = 733 gr CO₂/kg ξ.β. βιοαπ/μων.

⇒ Η παραγωγή βιοαερίου (CO₂ & CH₄) από τη χώνευση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ στο ΧΥΤΥ, θεωρείται ότι είναι ίσος με 40 lt/kg ξ.β. βιοαποδομήσιμων (Tchobanoglous et.al., 1993), δηλαδή 20 lt CO₂ και 20 lt CH₄ ανά kg ξ.β. βιοαπ/μων.

⇒ Ο ρυθμός παραγωγής CO₂ από την μερική καύση του CH₄ προκύπτει με αναγωγή από τη στοιχειώδη καύση: CH₄ + 2 O₂ → CO₂ + 2 H₂O. Θεωρείται ότι συλλέγεται και καίγεται προς CO₂, το 40% του παραγόμενου CH₄ (Παναγιωτακόπουλος, 2002), ενώ το υπόλοιπο 60% διαφεύγει στην ατμόσφαιρα σαν ρύπος.

⇒ Ο ρυθμός παραγωγής CO₂ από τα συστήματα της ΜΒΕ υπολογίζεται ως 1,3 kg/t diesel (Komilis et. al., 2004, table 6).

⇒ Η παραγωγή CO₂ από τα μηχανήματα έργου του ΧΥΤΥ θεωρείται ότι είναι ίση με το 80% της κατανάλωσης στο ΧΥΤΑ, όπως υπολογίστηκε στο σενάριο Α (2,8 kg/lt diesel, Komilis and Ham, 2004, table 4).

⇒ Η παραγωγή υγρών αποβλήτων της Αερόβιας Σταθεροποίησης υπολογίζεται από το μοντέλο (βλ. ενότητα 6.4.2). Θεωρείται παραγωγή 120 m³/t προς βιοσταθεροποίηση (Σκορδίλης και Κομνίτσας, 2004).

⇒ Ο ρυθμός παραγωγής εκχυλισμάτων στο ΧΥΤΥ είναι 0,35 m³/t ΑΣΑ (Σκορδίλης και Κομνίτσας, 2004).

⇒ Η συγκέντρωση του BOD στα εκχυλίσματα του ΧΥΤΥ λαμβάνεται ίση με 2.000 mg/l (Boni et.al., 2006), ενώ στα υγρά απόβλητα της Αερόβιας Σταθεροποίησης λαμβάνεται ίση με 800 mg/l (ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., 2005).

Ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει κάποια από τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων, ελέγχοντας την επίπτωση στο τελικό αποτέλεσμα.

Στον **Πίνακα 7.12** που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τελικές εκπομπές CO₂, CH₄ και BOD, για τα εισερχόμενα ΑΣΑ, για ΜΒΕ και ΧΥΤΥ δυναμικότητας 50.000 t/yr.

Σενάριο Β: Ποσοτικοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την επεξεργασία των σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΜΒΕ (Μηχ.Διαλογή & Αερόβια Βιοσταθεροποίηση) και διάθεση των σταθεροποιημένων ΑΣΑ σε ΧΥΤΥ						
Αέριες εκπομπές						
Παράμετρος ελέγχου	Ρυθμός παραγωγής		Ειδ.Βάρος		Εκπομπές	
CO ₂ (από Β.Ε.)	733	grCO ₂ /dry kg βιοαπ. ⁽⁴⁾	-	-	1.660	t/yr
CO ₂ (από μηχανήματα Β.Ε.)	1,3	kg/t ⁽³⁾	-	-	31	t/yr
CO ₂ (από ΧΥΤΥ)	20	lt/kg ξ.β. βιοαποδ. ⁽⁵⁾	1,98	kg/m ³	266	t/yr
CH ₄ (από ΧΥΤΥ)	20	lt/kg ξ.β. βιοαποδ. ⁽⁵⁾	0,72	kg/m ³	59	t/yr
CO ₂ (από καύση 40% CH ₄) ⁽¹¹⁾	55	lt/kg CH ₄ ⁽²⁾	1,98	kg/m ³	3	t/yr
CO ₂ (από μηχανήματα ΧΥΤΥ) ⁽⁶⁾	2,8	kg/lt diesel	-	-	168	t/yr
Σύνολο CO₂	-	-	-	-	2.128	t/yr
CO ₂ ΧΥΤΥ					437	t/yr
CO ₂ Β.Ε.					1.692	t/yr
Σύνολο CH₄ (60% αρχ. παραγωγής CH ₄)	-	-	-	-	35	t/yr
Υγρά απόβλητα						
Παράμετρος ελέγχου	Ρυθμός παραγωγής		Συγκέντρωση		Φορτίο	
BOD (από Β.Ε.)	2.809	m ³ /yr	800	mg/l ⁽⁹⁾	2	t/yr
BOD (από ΧΥΤΥ)	0,35	m ³ /t ΑΣΑ	2.000	mg/l ⁽¹⁰⁾	30	t/yr
Σύνολο BOD					32	t/yr

⁽¹⁾ Παναγιωτακόπουλος, 2002 (σελ 393)

⁽²⁾ Προκύπτει με αναγωγή από τη στοιχειώδη καύση: CH₄ + 2O₂ → CO₂ + 2H₂O

⁽³⁾ Komilis and Ham, 2004 (Journal of Env.Eng./Vol.130/No.11/2004, p. 1390-1400)

⁽⁴⁾ Komilis and Ham, 2006 (Waste Management 26/2006, p. 62-70, table 4) (Fig. 1b, Y CO₂-C = 200 grCO₂-C/kg d.w. Μίγματος υπολ τροφ. & κήπ. και χαρτ. Ȳ CO₂ = 200*44/12 = 733 gr CO₂/kg d.w. Μίγματος υπολ τροφ. & κήπ. και χαρτ.)

⁽⁵⁾ Tchobanoglous et.al., 1993 (Εκπομπή αερίων από ΧΥΤΑ των οποίων τα ευκολοβιοδιασπάσιμα στερεά έχουν σταθεροποιηθεί)

⁽⁶⁾ Θεωρείται ότι η κατανάλωση καυσίμων στο ΧΥΤΥ θα μειωθεί κατά 20% σε σχέση με την κατανάλωση στο ΧΥΤΑ.

⁽⁷⁾ Σκορδίλης και Κομνίτσας, 2004 (σελ 27)

⁽⁸⁾ Tchobanoglous et.al., 1993

⁽⁹⁾ ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., "Μελέτη Μονάδας Μηχανικής Επεξεργασίας & Αξιοποίησης των ΑΣΑ στη Δυτική Μακεδονία: Σενάριο Μηχανικής-Βιολογικής Επεξεργασίας με παραγωγή RDF & Compost", 2005

⁽¹⁰⁾ Boni et.al., 2006

⁽¹¹⁾ Παναγιωτακόπουλος, 2002

7.5 Συγκριτική αξιολόγηση της ΜΒΕ & Διάθεσης σταθεροποιημένων ΑΣΑ σε ΧΥΤΥ έναντι της διάθεσης σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ

Στην παρούσα ενότητα γίνεται αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του μοντέλου στα υπό εξέταση δύο σενάρια Α(ΧΥΤΑ) και Β(ΜΒΕ & ΧΥΤΥ).

Αρχικά, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου στα δυο σενάρια (Α & Β), για δυναμικότητα εισερχόμενης ποσότητας ΑΣΑ ίση με 50.000 t/yr και σύσταση στην πηγή αυτή του σεναρίου 1.

Πίνακας 7.13: Ποσοστά ΑΣΑ σεναρίου 1

Σύσταση ΑΣΑ	Σενάριο 1
ΖΥΜΩΣΙΜΑ	40,3%
Χαρτί Συσκευασίας	9,7%
Έντυπο Χαρτί	6,8%
Λοιπό Χαρτί	3,0%
ΧΑΡΤΙΑ	15,9%
Πλαστικό Συσκευασίας	8,0%
Λοιπό Πλαστικό	6,5%
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	18,7%
Μεταλλική συσκευασία	1,5%
Λοιπά μέταλλα	1,0%
ΜΕΤΑΛΛΑ	5,0%
Γυάλινη συσκευασία	1,5%
Λοιπά γυαλιά	0,5%
ΓΥΑΛΙΑ	6,8%
ΔΞΥΛ	9,9%
ΛΟΙΠΑ	3,40%
Ανακυκλώσιμα	27,50%

	-97-
Συσκευασίες	20,7%
Σύνολο ΑΣΑ	100,0%

Οι παράμετροι για τις οποίες γίνεται η σύγκριση των δύο σεναρίων, είναι οι εξής:

- Το ποσοστό εκτροπής των ΑΣΑ από την ταφή
- Το ποσοστό εκτροπής των Βιοαποδομήσιμων Αστικών Αποβλήτων (ΒΑΑ) από την ταφή και ο έλεγχος επίτευξης των στόχων της νομοθεσίας (Οδηγίας 99/31/ΕΚ)
- Η απαιτούμενη έκταση σε ΧΥΤ
- Η συνολικά απαιτούμενη έκταση σε γη
- Η παραγωγή υγρών αποβλήτων
- Το κόστος επένδυσης και λειτουργίας
- Οι εκπομπές CO₂, CH₄ και BOD

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου στα δύο σενάρια (Α & Β), σε μεταβαλλόμενες δυναμικότητες σε σχέση με την εισερχόμενη ποσότητα ΑΣΑ, για την τυπική σύσταση του σεναρίου 1 των ΑΣΑ.

Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου στα δύο σενάρια (Α & Β), για δυναμικότητα εισερχόμενης ποσότητας ΑΣΑ ίσης με 50.000 t/yr και μεταβαλλόμενη σύσταση των ΑΣΑ.

7.5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συγκριτική αξιολόγηση των υπό εξέταση σεναρίων Α & Β

Στην παρούσα ενότητα, όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάζονται τα βασικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου στα δυο υπό εξέταση σενάρια. Το σενάριο Α αναφέρεται στην απευθείας διάθεση σε ΧΥΤΑ 50.000 t ΑΣΑ, ενώ το σενάριο Β προβλέπει την επεξεργασία των ΑΣΑ με τα ίδια ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά σε χαμηλού κόστους Μονάδα Μηχανικής Διαλογής & Αερόβιας Σταθεροποίησης και διάθεση των υπολειμμάτων της επεξεργασίας σε ΧΥΤΥ. Για τα δύο σενάρια Α και Β συνυπολογίζεται η επίπτωση τις εκτροπής ανακυκλώσιμων υλικών με ΔσΠ, πριν την διαμόρφωση της σύστασης των ΑΣΑ που είτε θα διατεθούν απευθείας στο ΧΥΤΑ (σεν. Α), είτε θα επεξεργαστούν στη ΜΒΕ (σεν. Β).

Στον Πίνακα 7.14 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου στα δυο σενάρια, για ορισμένες χαρακτηριστικές τεχνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους.

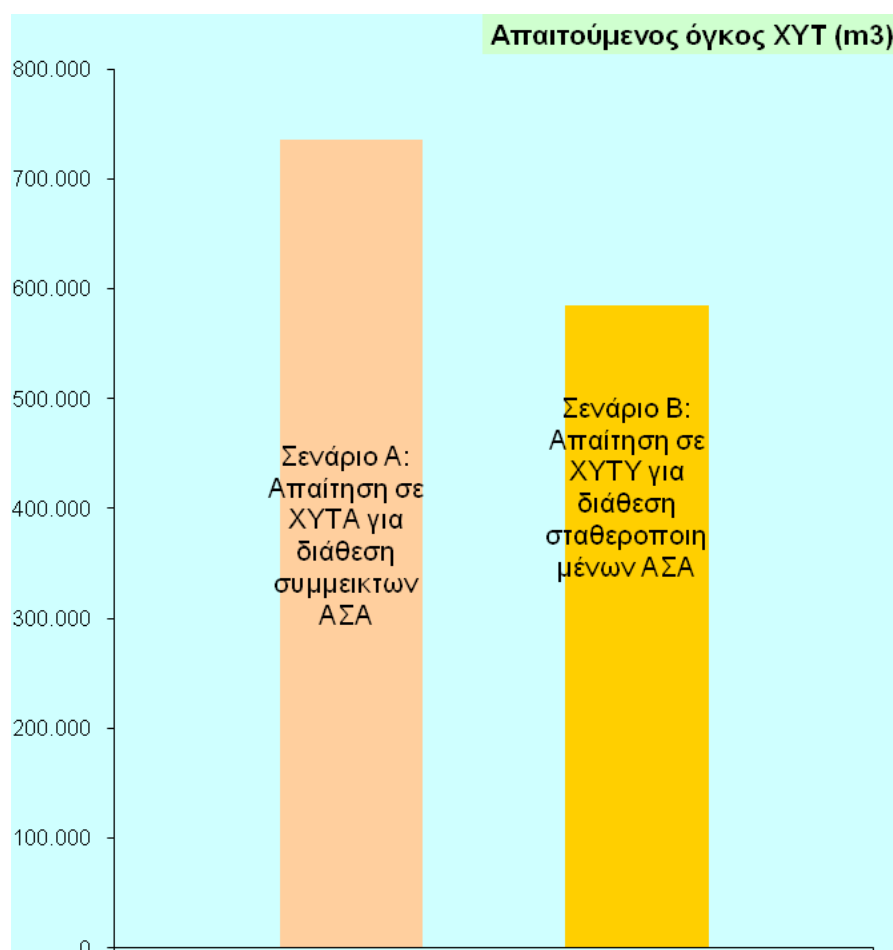
Πίνακας 7.14: Σύγκριση σεναρίων Α και Β

Ποσότητα ΑΣΑ 50.000 t/yr (με την Ποιοτική Σύσταση 1)	Σεν.Α	Σεν.Β	Σεν.Α/Σεν.Β
	ΧΥΤΑ	ΜΒΕ+ΧΥΤΥ	Ποσοστό Διακύμανσης
Ποσοστό % εκτροπής των ΑΣΑ από τον ΧΥΤ (δεν συνυπολογίζεται η εκτροπή υλικών με ΔσΠ, που είναι ίδια για τα σεν. Α και σεν. Β)	0%	15%	-
Ποσοστό % εκτροπής των ΒΑΑ από την ταφή (συνυπολογίζεται η εκτροπή μόνο των χαρτιών -είναι ΒΑΑ- με ΔσΠ, που είναι ίδια για τα σεν. Α και σεν. Β)	9% (από ΔσΠ)	35% (από τη ΔσΠ και τη ΜΒΕ)	-
Απαιτούμενη έκταση ΧΥΤ (στρ.)	37	30	19% μείωση
Απαιτούμενη έκταση (στρ.)	37	34	14% μείωση
Εκπομπές CO ₂ (t/yr)	2500	2128	15% μείωση
Εκπομπές CH ₄ (t/yr)	445	35	92% μείωση
Παραγόμενα υγρά απόβλητα (t/wk)	38	40	5% αύξηση
Εκπομπές BOD (t/yr)	175	32	82% μείωση

Από την εφαρμογή του μοντέλου στα δυο σενάρια Α & Β (αναλυτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα) και τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι:

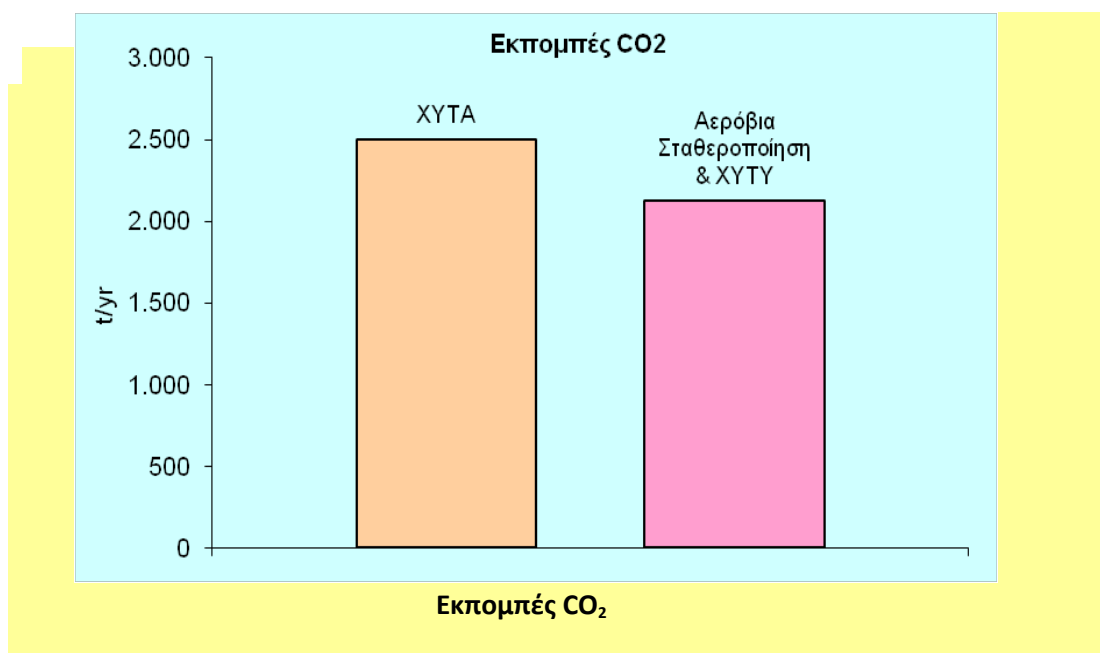
- Η εκτροπή μάζας από την επεξεργασία στην ΜΒΕ είναι ίση με 14,14% κ.β. και οφείλεται κατά 9,61% σε απώλεια υγρασίας και κατά 4,53% σε απώλεια πτητικών. Η απώλεια πτητικών κατά βάρος σε σχέση με την ποσότητα των υλικών (κλάσμα <70 mm) που οδηγείται στην Αερόβια Σταθεροποίηση είναι ίση με 9,84%.
- Η εκτροπή των ΒΑΑ στην περίπτωση του σεν. Α είναι ίση με 9% και οφείλεται στην εκτροπή χαρτιών με ΔσΠ, ενώ στην περίπτωση του σεν. Β είναι ίση με 35% και οφείλεται στην εκτροπή χαρτιών με ΔσΠ (9%) και την βιοαποδόμηση (απώλεια πτητικών & υγρασίας) των ζυμώσιμων (υπολειμμάτων τροφής & κήπου και χαρτιών) κατά την Βιολογική Επεξεργασία στη ΜΒΕ (26%).

Η εκτροπή μάζας από το ΧΥΤ είναι περίπου ίση με 20% κ.ο. Θεωρείται ότι το σύνολο του ευμεγέθους (μεγαλύτερο από 70 mm, αποτελείται κυρίως από χαρτί, πλαστικό, μέταλλο, ΔΞΥΛ, λοιπά) κλάσματος των ΑΣΑ που διαχωρίζεται στη Μονάδα Μηχανικής Διαλογής καταλήγει εξολοκλήρου στο ΧΥΤΥ, χωρίς να υπόκειται σε καμία περαιτέρω διαδικασία αξιοποίησής του. Επιπλέον, θεωρείται ότι το σταθεροποιημένο προϊόν (κλάσμα μικρότερο από 70 mm, αποτελείται κυρίως από υπολείμματα τροφής & κήπου) της Μονάδας Αερόβιας Σταθεροποίησης διατίθεται εξολοκλήρου στο ΧΥΤΥ και χρησιμοποιείται σαν υλικό επικάλυψης. Η απαιτούμενη έκταση σε ΧΥΤΥ είναι 20% μικρότερη αυτής του ΧΥΤΑ (30 στρ. έναντι 37 στρ., αντίστοιχα). Να σημειωθεί ότι η έκταση αυτή αποτελεί την ενεργή επιφάνεια των κυττάρων του ΧΥΤ, χωρίς τις συμπληρωματικές/βοηθητικές υποδομές.



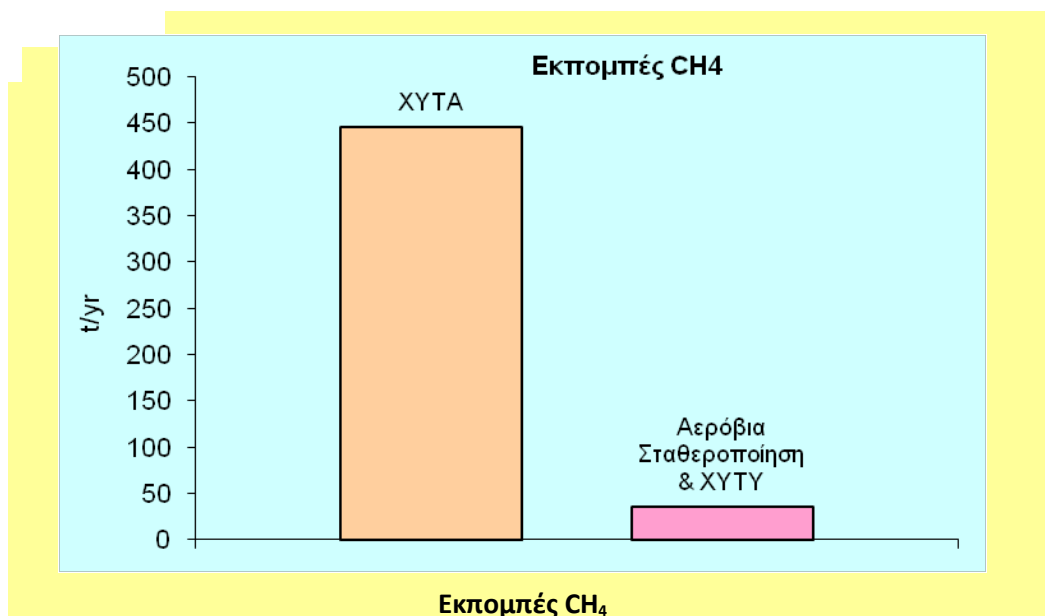
Διάγραμμα 7.3: Διάθεση σύμμεικτων (σενάριο Α) και επεξεργασμένων (σενάριο Β) ΑΣΑ σε ΧΥΤ δυναμικότητας 50.000 t/yr

- Όσον αφορά τη συνολική απαίτηση σε γη, η απαιτούμενη έκταση για την εγκατάσταση της ΜΒΕ μαζί με το ΧΥΤΥ, είναι 14% μικρότερη αυτής του ΧΥΤΑ (34 στρ. έναντι 37 στρ. αντίστοιχα). Πρέπει να επισημανθεί ότι η σύγκριση των δύο σεναρίων γίνεται για κοινή χρονική περίοδο αναφοράς, που στην συγκεκριμένη εφαρμογή του μοντέλου ανέρχεται σε 10 έτη.
- Σχετικά με τις συνολικές εκπομπές CO₂, προκύπτει μια μείωση της τάξης του 15% από το σενάριο Α στο σενάριο Β. Ειδικότερα, από 2500 t/yr που είναι οι εκπομπές CO₂ από το ΧΥΤΑ (θεωρείται ότι το σύνολο του παραγόμενου CH₄ μετατρέπεται σε CO₂ μέσω του δικτύου απαγωγής βιοαερίου και του πυρσού καύσης) και τα μηχανήματά του, αυτές μειώνονται σε 2128 t/yr και περιλαμβάνουν τις εκπομπές της Μονάδας Αερόβιας Σταθεροποίησης και των συστημάτων της, καθώς και του ΧΥΤΥ (αντίστοιχα θεωρείται μετατροπή του CH₄ σε CO₂) και των συστημάτων του.
- Σε καθαρή σύγκριση των τελικών εκπομπών CO₂ από το ΧΥΤ, προκύπτει μια μείωση της τάξης του 82,5% από το σενάριο Α (διάθεση σε ΧΥΤΑ σύμμεικτων ΑΣΑ, παραγωγή CO₂ 2500/yr) στο σενάριο Β (διάθεση σταθεροποιημένων ΑΣΑ σε ΧΥΤΥ, παραγωγή CO₂ 437 t/yr).



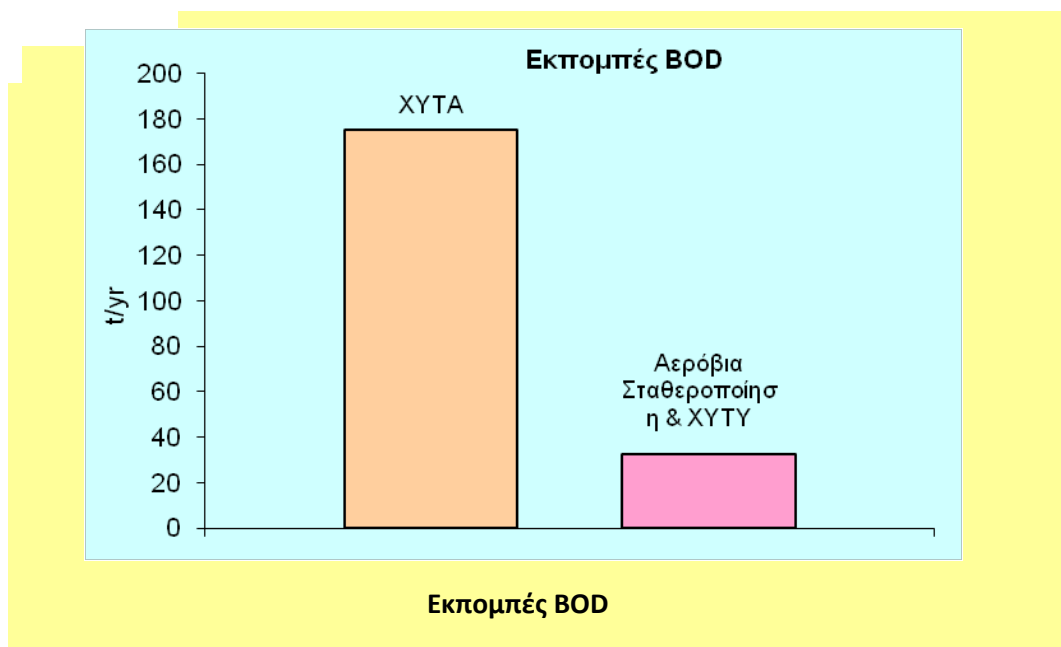
Διάγραμμα 7.4: Εκπομπές CO₂ από ΧΥΤΑ και ΜΒΕ & ΧΥΤΥ, δυναμικότητας 50.000 t/yr

Σχετικά με τις εκπομπές CH₄ από τον ΧΥΤΑ (σενάριο Α) και τον ΧΥΤΥ (σενάριο Β), θεωρείται ότι εκλύεται στην ατμόσφαιρα το 60% της παραγόμενης ποσότητας (το υπόλοιπο 40% συλλέγεται και καίγεται προς CO₂), προκύπτει μια μείωση της τάξης του 92% από το σενάριο Α στο σενάριο Β. Ειδικότερα, από 445 t/yr που είναι οι εκπομπές CH₄ από το ΧΥΤΑ, αυτές μειώνονται σε 35 t/yr από το ΧΥΤΥ.



Διάγραμμα 7.5: Εκπομπές CH₄ από ΧΥΤΑ και ΜΒΕ & ΧΥΤΥ, δυναμικότητας 50.000 t/yr

- Αντίθετα, το ρυπαντικό φορτίο σε BOD των υγρών αποβλήτων στα δυο αυτά σενάρια μειώνεται κατά 82% (από 175 σε 32 t/yr), γεγονός το οποίο βασικά οφείλεται στη χαμηλή επιφόρτιση των εκχυλισμάτων του ΧΥΤΥ, δεδομένου ότι σε αυτόν διατίθενται σταθεροποιημένα ΑΣΑ.



Διάγραμμα 7.6: Εκπομπές BOD από ΧΥΤΑ και ΜΒΕ & ΧΥΤΥ, δυναμικότητας 50.000 t/yr

Τέλος, όσον αφορά τα παραγόμενα υγρά απόβλητα από 38t/week στην περίπτωση του σεναρίου Α, αυξάνονται σε 40t/week στο σενάριο Β (περιλαμβάνεται η παραγωγή τόσο της Μονάδας Αερόβιας Σταθεροποίησης, όσο και του ΧΥΤΥ). Αυτή η μικρή αύξηση οφείλεται στον υψηλό συντελεστή παραγωγής υγρών αποβλήτων κατά την Αερόβια Σταθεροποίηση.

7.5.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του μοντέλου σε μεταβαλλόμενη ποσότητα των εισερχόμενων ΑΣΑ

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου σε 6 διαφορετικές δυναμικότητες σε σχέση με την εισερχόμενη ποσότητα ΑΣΑ ετησίως, μεταξύ 50.000 – 100.000 t/yr και για ποιοτική σύσταση αναφοράς των ΑΣΑ αυτή του σεναρίου 1. Από τα Διαγράμματα προκύπτουν οι επιπτώσεις στις τεχνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, από την αύξηση της ποσότητας συγκριτικά μεταξύ των σεναρίων Α & Β.

Στον **Πίνακα 7.15** που ακολουθεί παρουσιάζονται συνολικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου στα δυο σενάρια, για δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες σε σχέση με την εισερχόμενη ποσότητα ΑΣΑ.

Πίνακας 7.15: Περιβαλλοντικές τιμές σεναρίου 1

Σύσταση ΑΣΑ:		Ποσοστό % εκτροπής των ΑΣΑ από τον ΧΥΤ			Σύσταση ΑΣΑ		Ποσοστό % εκτροπής των ΒΑΑ από τον ΧΥΤ		
Μονάδες	tn/yr	α	β		Μονάδες	tn/yr	α	β	
		ΧΥΤΑ	ΜΒΕ+ΧΥΤΥ				ΔσΠ+ΧΥΤΑ	ΔσΠ+ΜΒΕ+ΧΥΤΥ	
Ποσότητα ΑΣΑ	50.000	0%	15%	-	Ποσότητα ΑΣΑ	50.000	9%	35%	-
	60.000	0%	15%	-		60.000	9%	35%	-
	70.000	0%	15%	-		70.000	9%	35%	-
	80.000	0%	15%	-		80.000	9%	35%	-
	90.000	0%	15%	-		90.000	9%	35%	-
	100.000	0%	15%	-		100.000	9%	35%	-

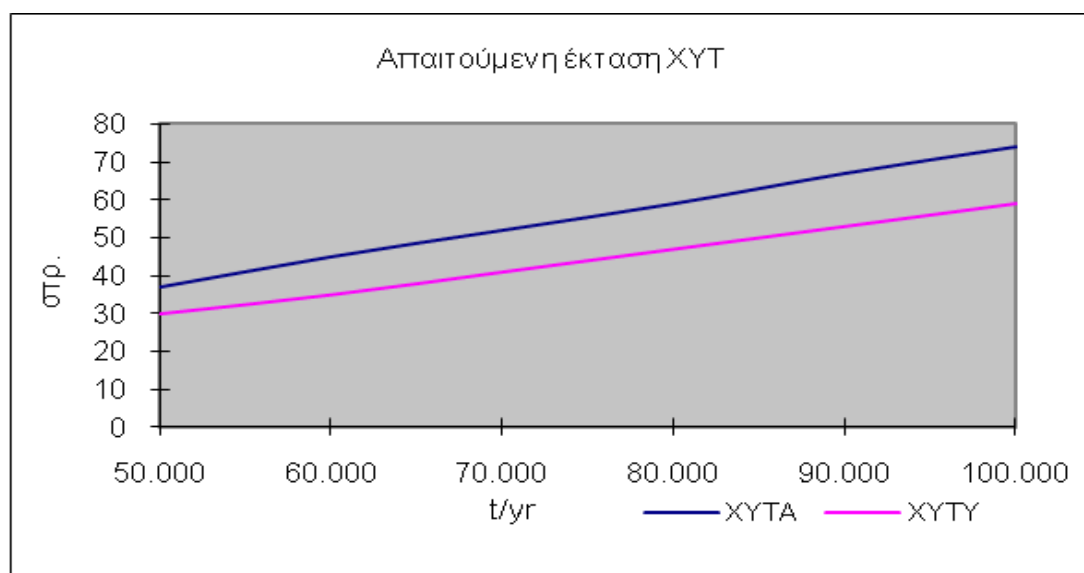
Απαιτούμενη έκταση ΧΥΤ (στρ.)			Απαιτούμενη έκταση (στρ.)			Παραγόμενα υγρά απόβλητα (m3/yr)		
α	β	% [(α-β)/α]	α	β	% [(α-β)/α]	α	β	% [(α-β)/α]
ΧΥΤΑ	ΧΥΤΥ		ΧΥΤΑ	ΜΒΕ+ΧΥΤΥ		ΧΥΤΑ	ΜΒΕ+ΧΥΤΥ	
37	30	19%	37	34	14%	38	40	-5%
45	35	22%	45	40	14%	42	45	-7%
52	41	21%	52	47	14%	50	55	-10%
59	47	21%	59	53	14%	53	60	-13%
67	53	21%	67	60	14%	62	70	13%
74	59	20%	74	67	14%	65	75	-15%

Εκπομπές CO ₂ (t/yr)			Εκπομπές BOD (t/yr)			Εκπομπές CH ₄ (t/yr)		
α	β	% [(α-β)/α]	α	β	% [(α-β)/α]	α	β	% [(α-β)/α]
ΧΥΤΑ	ΜΒΕ+ΧΥΤΥ		ΧΥΤΑ	ΜΒΕ+ΧΥΤΥ		ΧΥΤΑ	ΜΒΕ+ΧΥΤΥ	
2.500	2.128	15%	175	32	82%	445	35	92%
3.000	2.554	15%	210	39	81%	534	43	92%
3.499	2.979	15%	245	45	82%	624	50	92%
3.999	3.405	15%	280	52	81%	713	57	92%
4.499	3.831	15%	315	58	82%	802	64	92%
4.943	4.211	15%	350	65	81%	891	71	92%

Από τους παραπάνω πίνακες δημιουργήθηκαν κάποια συγκριτικά διαγράμματα, τα οποία βοηθούν στην κατανόηση των διαφορών μεταξύ των δύο σεναρίων. Άρα από τα στοιχεία αυτά προκύπτουν τα ακόλουθα:

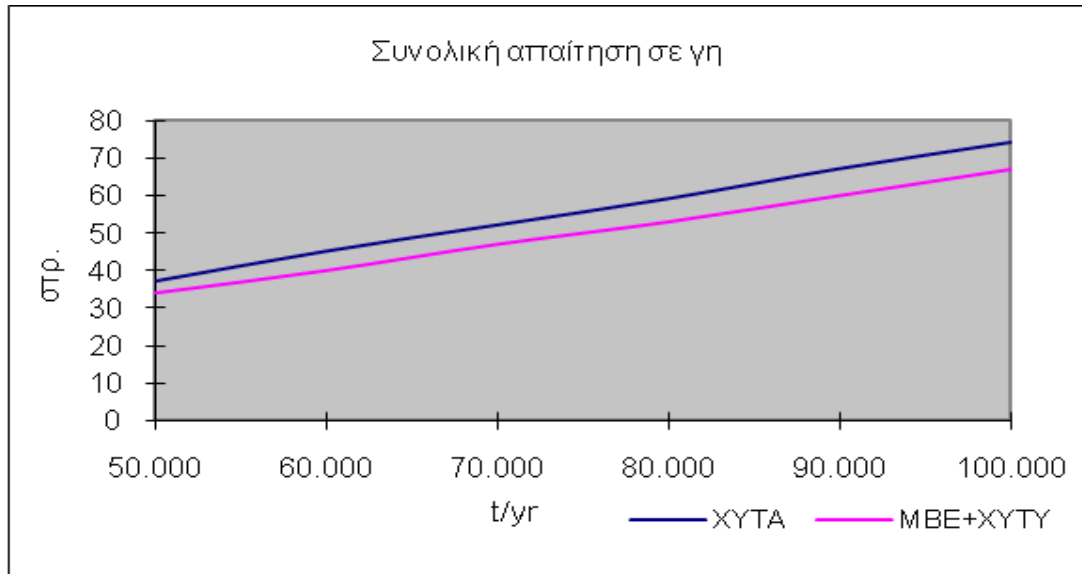
1. Απαιτούμενη έκταση ΧΥΤ
2. Συνολική απαιτούμενη έκταση
3. Παραγόμενα υγρά απόβλητα
4. Εκπομπές CO₂
5. Εκπομπές CH₄
6. Εκπομπές BOD

1. (ψ: έκταση σε στρέμματα, χ: τόνοι των ΑΣΑ)



Διάγραμμα 7.7: Απαιτούμενη έκταση σε ΧΥΤ για τα δύο σεσάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ

2. (ψ: έκταση σε στρέμματα, χ: τόνοι των ΑΣΑ)



Διάγραμμα 7.8: Απαιτούμενη έκταση σε γη για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ

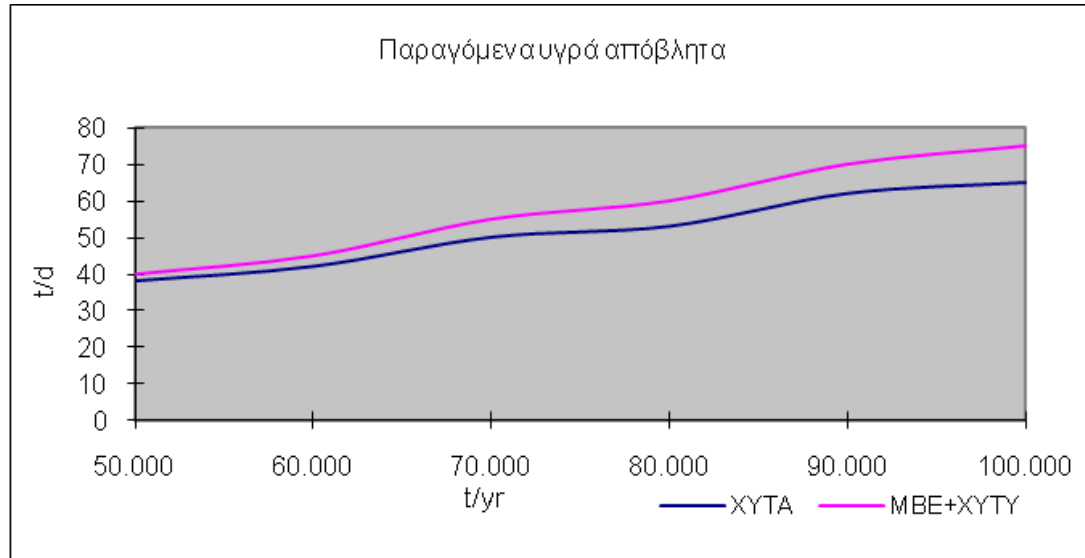
Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι:

Το βάθος των υποδοχέων θεωρείται σταθερό (όπως το ορίσει ο χρήστης), καθώς δεν έχει παραμετροποιηθεί το μοντέλο, έτσι ώστε όταν αυξάνει η εισερχόμενη ποσότητα ΑΣΑ να αυξάνει το βάθος των υποδοχέων και συνεπώς να αυξάνει με φθίνοντα ρυθμό η απαίτηση σε επιφάνεια υποδοχής.

Αντίστοιχα, θα μπορούσε να παραμετροποιηθεί το ύψος των σειραδίων. Όσο δηλαδή θα αυξάνει η εισερχόμενη ποσότητα, θα αυξάνει και το ενεργό ύψος των σειραδίων (εφόσον δεν εξασφαλίζεται επαρκώς ο αερισμός σε όλη τη μάζα των σειραδίων) και συνεπώς θα μπορούσε να αυξάνει με φθίνοντα ρυθμό η απαίτηση σε χώρο βιοσταθεροποίησης.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη τους απαιτούμενους υπαίθριους χώρους (είσοδος, ζυγιστήριο, οδοποιία κλπ.) στον υπολογισμό της έκτασης. Οι εκτάσεις αυτές σαφώς και θα αυξάνονται με φθίνοντα ρυθμό όσο αυξάνεται η εισερχόμενη ποσότητα των ΑΣΑ, καθώς ενδεικτικά πρέπει να αναφερθεί ότι η διπλάσια εισερχόμενη ποσότητα ΑΣΑ δεν συνεπάγεται και διπλάσιο χώρο ζυγιστηρίου.

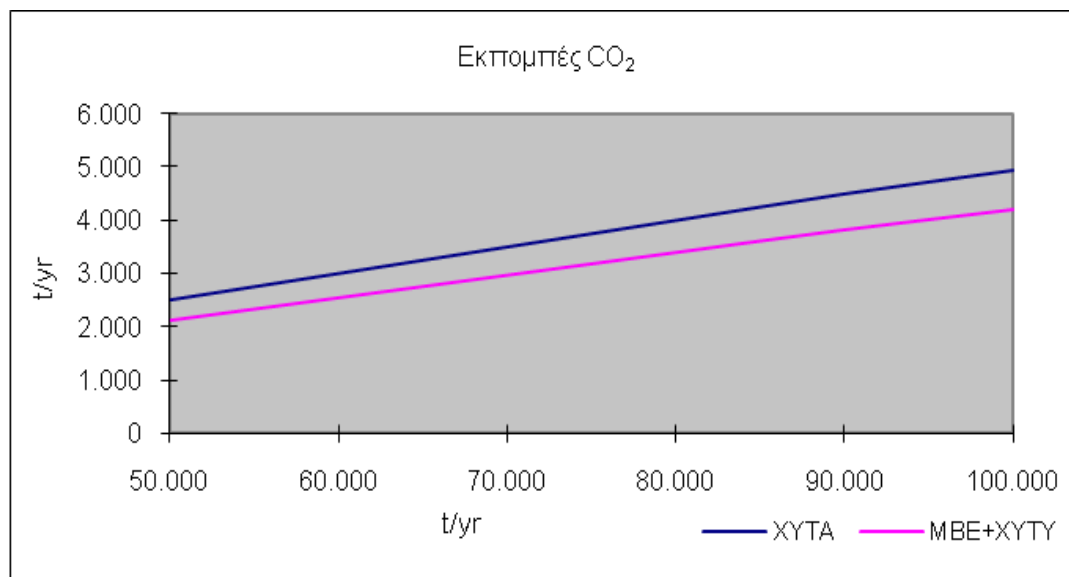
3. Η παραγωγή υγρών αποβλήτων, ως ανεξάρτητη από την εισερχόμενη ποσότητα των ΑΣΑ, παραμένει σταθερή τόσο ανά σενάριο όσο και συγκριτικά μεταξύ τους, ενώ και σαν απόλυτες τιμές είναι σχεδόν ίση μεταξύ των δύο σεναρίων για κάθε δυναμικότητα που εξετάζεται. (**ψ: τόνοι υγρών αποβλήτων, χ: τόνοι των ΑΣΑ**)



Διάγραμμα 7.9: Παραγωγή υγρών αποβλήτων για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ

4. Όσον αφορά τις συνολικές εκπομπές CO₂ και για τα δυο σενάρια, παρατηρείται γραμμική μεταβολή τους σε σχέση με την αύξηση του όγκου των εισερχόμενων ΑΣΑ, ενώ και συγκριτικά μεταξύ των δυο σεναρίων η διαφορά παραμένει σταθερή.

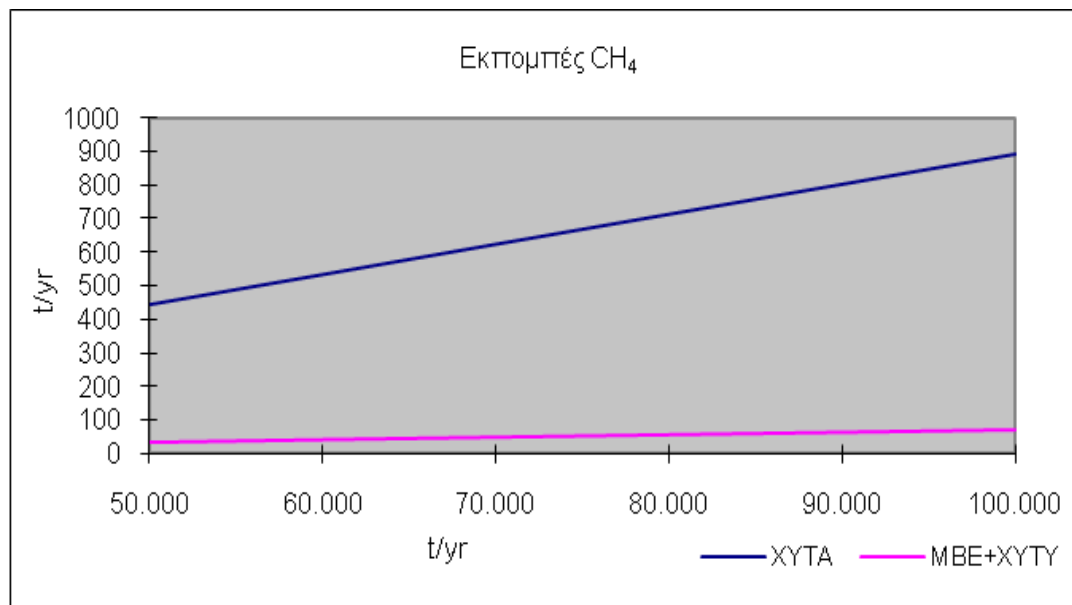
(**ψ: τόνοι CO₂ , χ: τόνοι των ΑΣΑ**)



Διάγραμμα 7.10: Εκπομπές CO₂ για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ

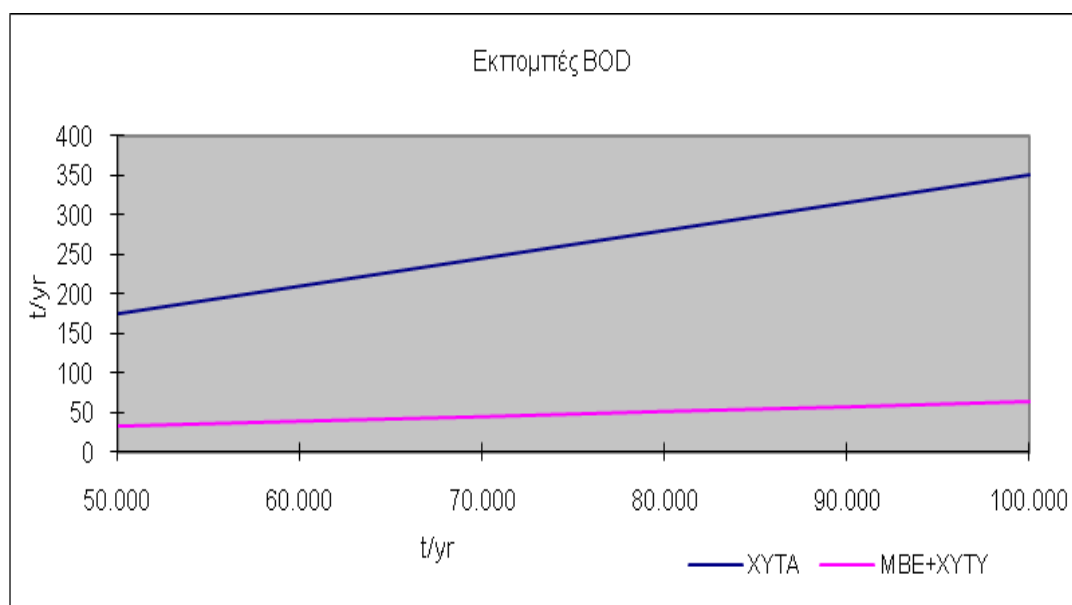
5. Όσον αφορά τις συνολικές εκπομπές CH₄ και για τα δυο σενάρια, παρατηρείται γραμμική μεταβολή τους σε σχέση με την αύξηση του όγκου των εισερχόμενων ΑΣΑ, ενώ και συγκριτικά μεταξύ των δυο σεναρίων η διαφορά παραμένει ουσιαστικά σταθερή.

(ψ: τόνοι CH₄ , χ: τόνοι των ΑΣΑ)



Διάγραμμα 7.11: Εκπομπές CH₄ για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ

6. Η συνολική ετήσια ποσότητα του BOD που εμπεριέχεται στα παραγόμενα υγρά απόβλητα δεν μεταβάλλεται με την αύξηση του όγκου, τόσο ανά σενάριο όσο και συγκριτικά μεταξύ τους (διαφορά που παραμένει ίση με 82%, σταθερά για κάθε δυναμικότητα). (ψ: τόνοι BOD , χ: τόνοι των ΑΣΑ)



Διάγραμμα 7.12: Εκπομπές BOD για τα δύο σενάρια σε εύρος δυναμικότητας εισερχόμενων ΑΣΑ

7.6 Συμπεράσματα εφαρμογής μοντέλου

Από την εφαρμογή του μοντέλου προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Εκτροπή της μάζας των ΑΣΑ από την ταφή μέχρι και 15%, με την εφαρμογή της Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας .
 - Εκτροπή της μάζας των ΑΣΑ με παράλληλη εκτροπή των ΒΑΑ και συνυπολογίζοντας και τη ΔσΠ. Αυτή η μέθοδος καταφέρνει να έχει αποτελέσματα τόσο στην απευθείας εναπόθεση στον ΧΥΤΑ (9% εκτροπή), όσο και στην ΜΒΕ (35% εκτροπή).
 - Εξοικονόμηση χώρου ταφής κατά 19% στην περίπτωση του ΧΥΤΥ σε σχέση με αυτή του ΧΥΤΑ.
 - Επίσης, εξοικονόμηση στη συνολική έκταση του χώρου, αφού προκύπτει μείωση 14% σε περίπτωση ΜΒΕ έναντι της ταφής.
 - Συνολική μείωση των εκπομπών CO₂ από τη διάθεση ΑΣΑ σε ΧΥΤΥ έναντι του ΧΥΤΑ σε ποσοστό που ανέρχεται σε 15%. Παρατηρείται δηλαδή σημαντική μείωση στον ΧΥΤΥ παρά το γεγονός ότι συμπεριλαμβάνονται και οι εκπομπές από την αερόβια σταθεροποίηση.
 - Οι εκπομπές CH₄ από τη διάθεση σύμμεικτων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ έναντι της διάθεσης σταθεροποιημένων ΑΣΑ σε ΧΥΤΥ, μειώνονται κατά 92%.
 - Οι συνολικές εκπομπές σε BOD στα υγρά απόβλητα μειώνονται στην περίπτωση της ΜΒΕ σε σχέση με την απευθείας εναπόθεση σε ΧΥΤΑ κατά 82%.
 - Το μόνο μειονέκτημα της ΜΒΕ οφείλεται στην αύξηση των υγρών αποβλήτων σε ποσοστό 5%.
- Μέσα στα υπόλοιπα πρέπει να σημειώσουμε και την μείωση του κόστους μελλοντικά για τον ΧΥΤΥ και καθώς η μάζα των εισερχόμενων ΑΣΑ θα αυξάνεται. Η διακύμανση της σύστασης των εισερχομένων προς επεξεργασία ΑΣΑ στη ΜΒΕ με Αερόβια Σταθεροποίηση, με εφαρμογή σεναρίων που αντικατοπτρίζουν τις σύγχρονες τάσεις εξέλιξης στα αναπτυγμένα και αναπτυσσόμενα κράτη, το οποία προβλέπουν μείωση του κλάσματος των υπολ. τροφής & κήπου έναντι αύξησης του ποσοστού του χαρτιού και του πλαστικού, έχει ως αποτέλεσμα κυρίως να μεταβάλλονται τεχνικές παράμετροι (όπως η μικρότερη τελικώς επιτυγχανόμενη εκτροπή, η αύξηση σε χώρο ταφής κλπ.).
 - Η εφαρμογή Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας με Αερόβια Σταθεροποίηση των ΑΣΑ σε χαμηλού κόστους Μονάδα, σαφώς παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα έναντι της διάθεσης των σύμμεικτων και ανεπεξέργαστων ΑΣΑ σε ΧΥΤΑ, ικανοποιώντας πλήρως τις απαιτήσεις και τους όρους που τίθενται στην κείμενη νομοθεσία (τουλάχιστον με προοπτική 10ετίας). Η σταθεροποίηση των ΑΣΑ, όπως αποδεικνύεται, μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ελεγχόμενη κατά τα άλλα υγειονομική ταφή των ΑΣΑ και αυξάνει τη διάρκεια ζωής των ΧΥΤ.
 - Το απαιτούμενο κόστος επένδυσης ωστόσο, είναι σχετικά υψηλό (πάντα σε σύγκριση με την περίπτωση των ΧΥΤΑ) και δεδομένου ότι οι Μονάδες επεξεργασίας των ΑΣΑ για την κάλυψη των απαιτήσεων της περιβαλλοντικής προστασίας αποτελούν έργα ανταποδοτικού χαρακτήρα για την κοινωνία, θα πρέπει σαφώς να συνχρηματοδοτούνται

από δημόσιους και κοινοτικούς πόρους.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί η συνεισφορά που θα έχει η δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας, ειδικά από περιβαλλοντικής άποψης. Ικανοποιώντας λοιπόν την νομοθεσία και κάτω από την ωρίμανση των συνθηκών στη χώρα μας, είναι σε θέση να δημιουργηθεί μια μονάδα που θα αξιοποιεί σε μεγάλο βαθμό τα Αστικά Στερεά Απόβλητα.

8. Συνολικά συμπεράσματα – Προτάσεις

Συνοψίζοντας όλη τη διπλωματική εργασία προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα – προτάσεις:

Συμπεράσματα

- Πρώτα απ' όλα, όσον αφορά το μοντέλο της καύσης παρατηρείται πολύ μικρή ενεργειακή κάλυψη της τάξης του 0,2 – 0,23%, η οποία μάλιστα μειώνεται στη διάρκεια των ετών. Παρόλα αυτά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί έστω και σε μικρό επίπεδο το μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, για χρήση σε ορισμένες ανάγκες του δήμου σε ηλεκτρισμό (π.χ. κάλυψη κτιρίων δήμου).
- Επίσης εξετάζοντας τις τιμές στη ΜΒΕ προκύπτει η μεγάλη διαφορά σε σχέση με την απευθείας διάθεση σε ΧΥΤΑ. Τόσο τα βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα, όσο και τα μακροπρόθεσμα από τη συνεχή και σωστή λειτουργία του ΧΥΤΥ, είναι πολύ σημαντικά για την εξάλειψη των προβλημάτων σε σχέση με τα ΑΣΑ.

Προτάσεις

- Οι προτάσεις οι οποίες πρέπει να αξιολογηθούν πρέπει να αποτελούν ολοκληρωμένες, απλές και βιώσιμες λύσεις για την περιοχή. Σίγουρα χρειάζεται η κατάλληλη περιοχή όπου θα εγκατασταθεί ο ΧΥΤΥ, καθώς οι εκτάσεις που θα καταλαμβάνουν οι διάφορες λειτουργίες του, π.χ. ΜΒΕ θα είναι μεγάλες. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στα απόβλητα και πώς αυτά θα οδηγούνται σε ειδικούς χώρους ταφής, κατασκευασμένους γι' αυτό το λόγο. Το σημαντικότερο όμως, το οποίο πρέπει να επιτευχθεί στην επόμενη πενταετία είναι το κλείσιμο και η αποκατάσταση των εναπομεινάντων ΧΑΔΑ, κάτι που έχει αρχίσει από το 2005. Ως τελικές και άμεσα εκτελέσιμες προτάσεις, παρουσιάζονται οι ακόλουθες:
- I. Κατάλληλος χώρος κατασκευής του ΧΥΤ που να βοηθάει τόσο την μεταφορά των ΑΣΑ, όσο και το περιβάλλον της περιοχής.
 - II. Σταδιακή μείωση των ανακυκλώσιμων, τα οποία οδηγούνται στο ΧΥΤΑ ώστε να μειωθεί και η υπερφόρτωση των κυττάρων. Αυτό φυσικά θα γίνει μόνο αν δημιουργηθεί και υπάρξει ένας σωστός χώρος και τρόπος διαχείρισής τους.
 - III. Η ΜΒΕ μπορεί να δημιουργηθεί αρχικά με χαμηλά στάνταρ κυρίως οικονομικά και στη συνέχεια να εξελίσσεται τεχνολογικά, με την πάροδο του χρόνου και την απόκτηση εμπειρίας και χρημάτων.

Όσον αφορά τα οικονομικά μεγέθη, αν και δεν έγινε κάποια αναλυτική μελέτη, μπορεί να γίνει μια γενική εκτίμηση όσον αφορά την κατασκευή αλλά και το κόστος λειτουργίας.

Έτσι για την κατασκευή απλού ΧΥΤΑ θα πρέπει να επενδυσθούν 650.000 € για κινητό εξοπλισμό (π.χ. φορτηγά κλπ.), καθώς και για έξοδα χωματουργικών εργασιών, διαχείρισης ΑΣΑ και στραγγισμάτων. Από την άλλη μεριά στη ΜΒΕ και ΧΥΤΥ, πρέπει να προστεθούν τα έξοδα για τα διάφορα συστήματα όπως π.χ. αερισμού. Ως συνέπεια, το κόστος ανέρχεται σε 2.500.000 € περίπου. Για να γίνει αναφορά στο κόστος λειτουργίας θα πρέπει να είναι γνωστό το πλήθος ατόμων, σε διοίκηση και προσωπικό, καθώς και η διαδικασία συντήρησης του Περιβαλλοντικού και Ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Επίσης, έξοδα μεταφροντίδας και ασφάλισης είναι πάντα απαραίτητα. Πρέπει να αναφερθεί ότι τα νούμερα σίγουρα θα έχουν αυξομειώσεις ανάλογα με την κάθε περίπτωση και περιοχή. Επίσης αναφέρεται ότι είναι μέσοι όροι από τον ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας. [πηγή: Διαρθρωτικά Ταμεία – ΕΤΠΑ, Ταμείο Συνοχής και ISPA, 2003]

Τέλος, από την επίτευξη όλων των ενεργειών που παρουσιάστηκαν θα προκύψουν θετικές επιπτώσεις τόσο στο φυσικό, όσο και στο ανθρωπογενές και κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον. Θα περιοριστούν οι οσμές από την αποσύνθεση απορριμμάτων, η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων καθώς και η αισθητική ρύπανση. Ακόμη, θα υπάρξουν οικονομικά οφέλη από την απασχόληση προσωπικού. Η περιοχή στην οποία θα λάβει χώρα όλη αυτή η διαδικασία θα έχει αντισταθμιστικά οφέλη, καθώς θα δημιουργούνται συνεχώς μεγαλύτερες ανάγκες για έργα και για διάφορες μορφές ανάπτυξης μέσω επιχορηγήσεων.

9. Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

1. Ντζαμίλης Π.-Χάβας Γ., « Ποιοτική και Ποσοτική Ανάλυση Αστικών Απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Μάρτιος 2004.
2. Παναγιωτακόπουλος Δ.Χ., «Βιώσιμη διαχείριση στερεών αποβλήτων», Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ, Θεσσαλονίκη 2002.
3. Γιδαράκος Ε., «Επικίνδυνα απόβλητα», Διαχείριση – Επεξεργασία – Διάθεση, Εκδόσεις ΖΥΓΟΣ, Θεσσαλονίκη 2006.
4. Παναγιωτίδου Ναταλία, «Μοντελοποίηση και προσομοίωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από καύση αστικών στερεών απορριμμάτων: Η περίπτωση του νομού Χανίων», Πολυτεχνείο Κρήτης, Οκτώβριος 2008.
5. ΕΕΔΣΑ: «Το νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα» www.eedsa.gr, 2006.
6. Πράσιнос Ζ., διπλωματική εργασία «ολοκληρωμένη διαχείριση αστικών αποβλήτων σε νησιά άγονης γραμμής», Πολυτεχνείο Κρήτης, 2009
7. EUROTECH Α.Ε., Συμπληρωματική Μελέτη Περιβαλλοντικών επιπτώσεων Χ.Υ.Τ.Α. Ν. Σερρών, Θεσσαλονίκη – Μάιος 2006.
8. Eurostat, «Energy, transport and environment indicators», 2008 edition.
9. ΕΠΕΜ Α.Ε., “Ζητήματα Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων”, 2005.
10. Νομαρχία Σερρών, Πολεοδομία – τμήμα Περιβάλλοντος, 2009.
11. Δήμος Σερρών, Αμαξοστάσιο δήμου – τμήμα διαχείρισης απορριμμάτων, 2009.

12. Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Λάλας Δ., Γεωργοπούλου Ε., Γιδαράκος Ε., Γκέκας Ρ., Λαζαρίδη Α., Μαυρόπουλος Α., Μοιρασγεντής Σ., Σέλλας Ν., ΙΤΑ – 2007.

13. ΔΙΑΔΥΜΑ Α.Ε., “Μελέτη εφαρμογής ΧΥΤΑ Δυτικής Μακεδονίας”. Η επικοινωνία με την εταιρία μας βοήθησε στην λήψη πληροφοριών για την εργασία και τον τρόπο δουλειάς, (2003-2008).

14. Καφάσης Περικλής, «Αξιολόγηση της προεπεξεργασίας των Αστικών Στερεών Αποβλήτων σε Μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής επεξεργασίας πριν την υγειονομική ταφή», Οκτώβριος 2008.

15. Εμπορικό και Βιομηχανικό Επιμελητήριο Σερρών, 2009

16. Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, κατάσταση Δ. Σερρών, 2009

17. <http://el.wikipedia.org/>

<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>

ΑΠΘ, www.aix.meng.auth.gr

18. Γιδαράκος Ε., Σημειώσεις, «στερεά απόβλητα – διαχείριση και επεξεργασία»

19. Σύγχρονες τεχνολογίες ανακύκλωσης απορριμμάτων, διαχείριση και ενεργειακή αξιοποίηση, ΤΕΙ Χαλκίδας, Μάιος 2004]

20. Οδηγός ανάλυσης κόστους-οφέλους των επενδυτικών σχεδίων για τα Διαρθρωτικά Ταμεία – ΕΤΠΑ, Ταμείο Συνοχής και ISPA, 2003

21. Σκορδίλης και Κομνίτσας, “Οικιακά και άλλα μη επικίνδυνα Απόβλητα” 2004 (σελ 27)

Ξένη βιβλιογραφία

22. Komilis and Ham, “Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard wastes and food waste” 2006 (Waste Management 26/2006, p. 62-70, table 4) (Fig. 1b)

23. Tchobanoglous et.al., 1993 (Εκπομπή αερίων από ΧΥΤΑ των οποίων τα ευκολοβιοδιασπάσιμα στερεά έχουν σταθεροποιηθεί)
24. Komilis and Ham, *"Life-Cycle Inventory of Municipal Solid Waste and Yard Waste Windrow Composting in the United States"* 2004 (Journal of Env.Eng./Vol.130/No.11/2004, p. 1390-1400)
25. Boni M.R., Chiavola A. and Sbaffoni S., "Pretreated waste landfilling: Relation between leachate characteristics and mechanical behaviour", Waste Management 26, 2006
26. Gidakos E., Havas G., Ntzamilis P., *"Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete"*, Waste Management 26, 2006
27. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., *"Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues"*, 1993
28. Fricke C., Santen H. and Wallman R., *"Comparison of selected aerobic and anaerobic procedures for MSW treatment"*, Waste Management 25, 2005
29. Municipal Solid Waste System in Macedonia: A case study solid waste stream characterization of the municipality of Veles, Kiril Hristovski, Larry Olson, Nicholas Hild, Danny Peterson and Scott Burge, 2008.

Παράρτημα Χαρτών

Χάρτης με τους ενεργούς ΧΥΤΑ – ΧΑΔΑ στο νομό