

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (ΔΠΜΣ) ΤΟΥ ΕΜΠ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»



**Διερεύνηση της εκτροπής λιγνοκυτταρινούχου μάζας από το ΕΜΑΚ
Άνω Λιοσίων για παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς**

Ερευνητική Εργασία Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

Αναστασία Κοτσεκίδου – Κουτσούκου
Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ

ΑΘΗΝΑ 2016

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΛΟΪΖΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ, Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία μου ανατέθηκε στο ακαδημαϊκό έτος 2015-2016 και υλοποιήθηκε στην Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας της σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με επιβλέπουσα καθηγήτρια την κ. Λοϊζίδου Μαρία. Ειδικότερα έγινε διερεύνηση εκτροπής του ρεύματος χαρτιού από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων για την παραγωγή αιθανόλης 2^{ης} γενιάς.

Ευχαριστίες

Με αφορμή την παρούσα μελέτη θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια ΕΜΠ κ. Λοϊζίδου Μαρία για την ευκαιρία διερεύνησης ενός θέματος που αφορά στην αξιοποίηση του ρεύματος χαρτιού από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων, αφού το εν λόγω εργοστάσιο αποτελεί το μοναδικό στο είδος του, οπότε οποιαδήποτε πρόταση βελτίωσης της απόδοσής του θεωρείται εξαιρετικά εκτιμητέα. Επίσης μέσα από αυτήν την ανάθεση πρέπει να αναφέρω την παρεχόμενη δυνατότητα αναλύσεων σε ένα από τα καλύτερα και πληρέστερα εργαστήρια, γεγονός που διευκόλυνε κατά πολύ την εκμάθηση των μεθόδων που χρησιμοποίησα.

Επιπλέον, ευχαριστώ τον κ. Άγγελο Σωτηρόπουλο, Φυσικό PhD, για τον προσδιορισμό ενός τόσο σημαντικού θέματος και για την υποστήριξη του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της μελέτης.

Ιδιαίτερα θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Δουφεξή Μαρία, Χημικό Μηχανικό, και την υπεύθυνη του εργαστηρίου κ. Γιέλitsa Νοβάκοβιτς για την καθοδήγηση και την συνεργασία τους, κατά την διαδικασία του πειραματικού μέρους και των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Τέλος, αφιερώνω την παρούσα στην οικογένεια μου, που πάντα με παροτρύνει να βελτιώνομαι και να γίνομαι καλύτερη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη η οποία έχει τίτλο «Διερεύνηση της εκτροπής λιγνοκυτταρινούχου μάζας από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων για παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς», διερευνά την αξιοποίηση του ρεύματος χαρτιού από το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης (ΕΜΑΚ) Άνω Λιοσίων για την παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς. Η ανάγκη αυτή έχει προκύψει, καθώς σύμφωνα με τις ποσότητες των απορριμμάτων που δέχεται ο ΧΥΤΑ Φυλής, εμφανίζεται ότι από την λειτουργία του ΕΜΑΚ, μεγάλο τμήμα του εισερχομένου φορτίου μετά την μηχανική του επεξεργασία, επιστρέφει στο μέτωπο διάθεσης απορριμμάτων. Ως εκ τούτου, απαιτείται εξεύρεση λύσεων για την αποφυγή του ανωτέρω φαινομένου.

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής, πραγματοποιείται εισαγωγή στις βασικές έννοιες των στερεών αποβλήτων, ενώ παράλληλα γίνεται καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης στερεών αποβλήτων και των πολιτικών που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) και η Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εξετάζεται το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) και δίνεται μια συνοπτική περιγραφή της λειτουργίας του. Επιπλέον, αποτυπώνονται αναλυτικά στοιχεία που απαιτούνται για την ποσότητα και ποιότητα των απορριμμάτων που εισέρχονται στο ΕΜΑΚ. Όταν λειτουργεί σε πλήρη δυναμικότητα 1200t απορριμμάτων/ημέρα, η ποσότητα του χαρτιού κυμαίνεται σε ποσοστό 372t/ημέρα νωπής μάζας χαρτιού, η οποία δύναται να αξιοποιηθεί.

Ακολούθως, στο τρίτο μέρος της παρούσης, υλοποιούνται οι αναλύσεις για την ποιότητα του χαρτιού της δειγματοληψίας που εξετάζουμε και μετά τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων καταλήγουμε στην τελική πρόταση με την χρήση οπτικών διαχωριστών για να ξεχωρίσουμε το χαρτί από τα λοιπά σύμμεικτα απορρίμματα, προκειμένου να τροφοδοτήσουμε με πρώτη ύλη μια μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης.

Τέλος, καταλήγουμε ότι τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έγιναν αναδεικνύουν ότι η λιγνοκυτταρινούχα μάζα που περιέχεται στο ρεύμα του χαρτιού από τα σύμμεικτα απορρίμματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Ειδικότερα το ποσοστό του λιγνοκυτταρινούχου υλικού που περιέχεται εκτιμάται σε 59%.

Η ροή που δύναται να αξιοποιηθεί για την παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς έχει θεωρητική απόδοση περί τα 29.321m³ /έτος.

ABSTRACT

This thesis which is entitled "Investigation of the diversion of lignocellulosic biomass for the production of second generation ethanol" attempts to utilize the paper waste from the EMAK Ano-Liosia for second generation ethanol production. This need has arisen because, according to the quantity of waste received by the landfill, indicate that large part of the incoming charge after mechanical processing during the function of EMAK, returns to waste disposal front. Therefore requires finding solutions to avoid the above phenomenon.

The first chapter the environmental problem targeted is been described, while the current management situation in solid waste management and the policies that the European Commission (EU) has established among its members and particularly in Greece are recorded.

The second chapter examines the EMAK and a brief description of its operation is given. Furthermore, described in detail elements required for the quantity and quality of waste entering the EMAK. When operating at full capacity 1200t waste / day, the amount of paper in an amount ranging 372t / day of fresh paper mass, which may be exploited.

Following, in the third part of this thesis, the results of the analyses of the quality of the sample paper are presented. At the last stage of this thesis, a proposal using optical separators (splitters) to separate paper from other mixed waste, in order to feed raw material to a bioethanol plant is made.

Finally, we conclude that the results of the analyzes performed demonstrate that the lignocellulosic mass contained in the stream of paper from mixed waste can be used to produce bioethanol. In particular the proportion of lignocellulosic material contained estimated at 59%.

The flow, used for second generation ethanol production, has a theoretical yield of approximately 29.321m³/ year.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (ΑΣΑ) - ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	10
1.1 Εισαγωγή	10
1.2 Υφιστάμενη Κατάσταση Διαχείρισης & Πολιτικών των Στερεών Αποβλήτων στην Ε.Ε ...	11
1.2.1 Ορισμοί – Κατηγορίες αποβλήτων	11
1.2.1.1 Είδη παλαιόχαρτου.....	13
1.2.1.2 Είδη ανακυκλώσιμου χαρτιού	14
1.2.1.3 Κατηγορίες ανακυκλωμένων προϊόντων χάρτου	15
1.2.2 Αρχές διαχείρισης στερεών αποβλήτων	15
1.2.3 Στρατηγική της ΕΕ	17
1.2.5 Ισχύουσα νομοθεσία για την Ελλάδα.....	22
1.2.6 Υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης στην Περιφέρεια Αττικής	24
1.2.7 Συστήματα ανακύκλωσης του χαρτιού	25
1.3 Παραγωγή Βιοαιθανόλης	26
1.3.1 Πρώτες ύλες παραγωγής βιοαιθανόλης	29
1.3.2 Σύσταση λιγνοκυτταρινούχου βιομάζας	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	33
2.1. Εισαγωγή.....	33
2.2 Λεπτομερής Περιγραφή Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Απορριμμάτων (ΕΜΑΚ).....	33
2.2.1 Διάγραμμα ροής της μονάδας.....	34
2.2.2 Συνοπτική περιγραφή κτιριοδομικής υποδομής.....	35
2.2.3 Συνοπτική περιγραφή παραγωγικών διαδικασιών	37
2.2.4 Συνοπτική περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και εξοπλισμού	47
2.2.5 Ποσότητες απορριμμάτων στο ΕΜΑΚ	61
2.2.6 Σύνθεση των εισερχόμενων απορριμμάτων	63
2.2.7 Παραγόμενα προϊόντα ανά μήνα.....	66
2.2.8 Παραγωγή αχρήστων από την λειτουργία της εγκατάστασης ανά μήνα	69
2.2.9 Καταναλώσεις σε ενέργεια για την λειτουργία του ΕΜΑΚ	70
2.2.10 Προϊόντα σε τρίτους	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	75
3.1 Εισαγωγή	75
3.2 Συλλογή και ανάλυση δειγμάτων	76
3.3 Σύστημα Αποκεντρωμένης Ξήρανσης (Τεχνική Περιγραφή).....	76
3.4 Μεθοδολογία Αναλύσεων.....	78

3.4.1 Προσδιορισμός της υγρασίας.....	79
3.4.2 Προσδιορισμός pH/ Αγωγιμότητας	79
3.4.3 Προσδιορισμός Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC).....	81
3.4.4 Προσδιορισμός Πτητικών Στερεών (VS)	83
3.4.5 Εκχύλιση Υδατοδιαλυτών Σακχάρων.....	84
3.4.5.1.Προσδιορισμός Αναγωγικών Σακχάρων(TRS)	86
3.4.6 Προσδιορισμός Ελεύθερης Γλυκόζης	88
3.4.7 Προσδιορισμός Αμύλου	89
3.4.8 Προσδιορισμός Κυτταρίνης.....	91
3.4.9 Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου(T)	94
3.5 Αποτελέσματα αναλύσεων.....	98
3.6 Θεωρητική Αποτύπωση Απόδοσης Διεργασίας SSF (Simultaneous Saccharification Fermentation).....	104
3.7 Κριτήρια επιλογής εγκατάστασης – Παράδειγμα πιλοτικής μονάδα του project FibreEtOH.....	106
3.8 Πρόταση διαχωρισμού του ρεύματος χαρτιού	108
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ / ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	112
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	114

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Κατηγορίες ποιοτήτων προϊόντων χάρτου [10]	15
Πίνακας 2 :Υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο [59]	22
Πίνακας 3: Ποσότητες επεξεργασίας του ΕΜΑΚ σε σύμμεικτα απορρίμματα και κλαδιά χόρτα	61
Πίνακας 4: Ποσότητες επεξεργασίας του ΕΜΑΚ σε σύμμεικτα απορρίμματα και κλαδιά-χόρτα	62
Πίνακας 5: Ποσότητες επεξεργασίας του ΕΜΑ σε σύμμεικτα απορρίμματα και κλαδιά-χόρτα	62
Πίνακας 6: Ποιοτική σύνθεση απορριμμάτων που εισέρχονται στο ΕΜΑΚ (Έτος 2013) [22]	64
Πίνακας 7: Ποιοτική σύνθεση απορριμμάτων που εισέρχονται στο ΕΜΑΚ (Έτος 2014) [22]	65
Πίνακας 8: Ποσότητες παραγωγής προϊόντων και ποσοστά ανάκτησης με βάση την Μειωμένη Δυναμ. Φ και των κλαδιών (Έτος 2013, 2014) [22]	67
Πίνακας 9: Ποσότητες αχρήστων και ποσοστά ανάκτησης	69
Πίνακας 10: Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε επιμέρους τμήματα	70
Πίνακας 11: Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε επιμέρους τμήματα	71
Πίνακας 12: Κατανάλωση πετρελαίου [22]	72
Πίνακας 13: Ποσότητες πωληθέντων προϊόντων (έτη 2013) [22]	73
Πίνακας 14: Ποσότητες πωληθέντων προϊόντων (έτη 2014) [22]	73
Πίνακας 15: Αποτελέσματα υγρασίας (%κ.β.)	98
Πίνακας 16: Μέσος όρος αποτελεσμάτων μετρήσεων και τυπική απόκλιση για τα πτητικά στερεά	98
Πίνακας 17: Μέσος όρος pH και τυπική απόκλιση	99
Πίνακας 18: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση αγωγιμότητας	99
Πίνακας 19: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση για TOC	100
Πίνακας 20: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση ολικού αζώτου	100
Πίνακας 21: Μέσος όρος αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση για ολικά διαλυτά σάκχαρα	101
Πίνακας 22: Μέσος όρος αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση γλυκόζης	101
Πίνακας 23: Μέσος όρος αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση	102
Πίνακας 24: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για το άμυλο	102
Πίνακας 25 : Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και η τυπική απόκλιση αυτών για την κυτταρίνη.	103
Πίνακας 26. Παράδειγμα θεωρητικών αποδόσεων αιθανόλης	104

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής της παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες [59]	27
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα διαδικασίας παραγωγής βιοαιθανόλης από απορρίμματα [75]	28

Διάγραμμα 3: Παραγωγικών διεργασιών εργοστασίου μηχανικής ανακύκλωσης απορριμμάτων και επισήμανση των σημείων έκλυσης θορύβου, σκόνης και οσμών*	35
Διάγραμμα 4: Αλληλουχία ενζυμικών αντιδράσεων που οδηγούν στην ποσοτικοποίηση της γλυκόζης [45]	89
Διάγραμμα 5: Διεργασία βιομετατροπής των περιεχόμενων υδατανθράκων [67].....	105

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Κατηγορίες στερεών αποβλήτων [57]	13
Εικόνα 2: Διεργασίες Ανακύκλωσης Προϊόντων χάρτου [77]	15
Εικόνα 3: Ιεράρχηση επιλογών για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων [56]	16
Εικόνα 4: Άποψη του εργοστασίου παραγωγής βιοαιθανόλης στην πόλη Crescentino της Ιταλίας [74].....	28
Εικόνα 6: Δομή κυτταρικού τοιχώματος [11]	30
Εικόνα 7: Γενική Άποψη του εργοστασίου ΕΜΑΚ	34
Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση διαγράμματος προέλευσης βιοκαυσίμων [31]	75
Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση διεργασιών παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχα [30],[31]	76
Εικόνα 10: Το εμπορικό σύστημα ξήρανσης βιομάζας δυνατότητας επεξεργασίας 100 Kgr υλικού/ημέρα	77
Εικόνα 11: Φούρνος ξήρανσης με αέρα στους 80 ⁰ C.....	79
Εικόνα 12: Ζύγιση 2gr ξηρού υλικού	80
Εικόνα 13: Δείγματα αραιωμένα με 40ml νερού	80
Εικόνα 14: Συσκευή ανάδευσης	80
Εικόνα 15: Μέτρηση pH και αγωγιμότητας.....	81
Εικόνα 16: Συσκευή μέτρησης TOC	81
Εικόνα 17: Πορσελάνινη κάψα	82
Εικόνα 18: Φούρνος (Solid Sample Module SSM 5000A)	82
Εικόνα 19: Κεντρική μονάδα TOCVCSH	82
Εικόνα 20: Ζύγιση ξηρού υλικού σε κάψες πορσελάνης	83
Εικόνα 21: Φούρνος μέτρησης πτητικών στερεών.....	83
Εικόνα 22: Διάλυμα 100ml νερού με 2,5gr ξηρού υλικού.....	84
Εικόνα 23: Συλλογή υγρού στον ογκομετρικό κύλινδρο (αριστερά) και συγκράτηση στερεού εκχυλίσματος στο διηθητικό χαρτί (δεξιά).....	85
Εικόνα 24: Στερεό ίζημα μετά τη διήθηση	85

Εικόνα 25: Αναγωγή του 3,5-δινιτροσαλικυλικού οξέος προς 3-άμινο-5-νιτρο-σαλικυλοκό οξύ παρουσία γλυκόζης	87
Εικόνα 26: Επώαση μίγματος	87
Εικόνα 27: Συσκευή φωτομέτρου.....	88
Εικόνα 28: Τοποθέτηση δείγματος σε παγόλουτρο για 20min.....	90
Εικόνα 29: Εισαγωγή των δειγμάτων στο υδατόλουτρο	90
Εικόνα 30:Συσκευή φυγοκέντρισης.....	90
Εικόνα 31: Κύρια συστατικά φυτικού κυτταρικού τοιχώματος [66]	91
Εικόνα 32: Επώαση στους 30°C.....	92
Εικόνα 33: Συσκευή αποστείρωσης (αριστερά) και κωνικές φιάλες στο εσωτερικό της για αποστείρωση στους 121°C (δεξιά)	92
Εικόνα 34: Αρχή της εξουδετέρωσης του δείγματος με CaCO ₃ (αριστερά) και εξουδετερωμένο δείγμα σε pH=5-5,5 (δεξιά).....	93
Εικόνα 35: Διάλυμα ξηρού υλικού και θειικού οξέος σε ηρεμία	94
Εικόνα 36: Συσκευή χώνευσης Gerhardt.....	95
Εικόνα 37: Συσκευή απόσταξης Vapodest.....	95
Εικόνα 38: Προετοιμασία δείγματος βορικού και δείκτη	96
Εικόνα 39: Μετά την απόσταξη και πριν την τιτλοδότηση (αριστερά) και μετά την τιτλοδότηση (δεξιά)	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (ΑΣΑ) - ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

1.1 Εισαγωγή

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η σύγχρονη κοινωνία είναι η διαχείριση των αποβλήτων της. Λόγω εξωγενών παραγόντων όπως του καταναλωτισμού, έχει αυξηθεί η παραγωγή των αποβλήτων, με αποτέλεσμα να απαιτείται η ανάγκη συνεχούς αναπροσαρμογής των τεχνολογιών διαχείρισης με βάση τα νέα δεδομένα που προκύπτουν [1].

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει κάνει μεγάλα άλματα στον τομέα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, δίνοντας ώθηση σε ό,τι νέο, καινοτόμο και πρωτοποριακό μπορεί να παρουσιαστεί, επενδύοντας σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει τις αρχές που έχουν υιοθετηθεί, ήτοι της πρόληψης, της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης κλπ. [2], [6],[30].

Η περιβαλλοντική πρόκληση σε διεθνές επίπεδο καθιστά πλέον αναγκαία την αλλαγή της σχέσης μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης, κατανάλωσης φυσικών πόρων και δημιουργίας αποβλήτων. Ο μακροπρόθεσμος στόχος είναι να μειώνονται οι ποσότητες των παραγόμενων αποβλήτων και εφόσον η παραγωγή αποβλήτων είναι αναπόφευκτη, να προωθούνται αυτά ως διαθέσιμοι πόροι και να επιτυγχάνονται υψηλότερα επίπεδα ανακύκλωσης και ασφαλής διάθεση των αποβλήτων. Το ανωτέρω συζητήθηκε στον 6^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον (ΠΔΠ) «Περιβάλλον 2010: Το μέλλον μας, η επιλογή μας» (απόφαση 1600/2002/ΕΚ), που αποτέλεσε το στρατηγικό πλαίσιο για την περιβαλλοντική πολιτική της ΕΕ για την περίοδο 2002–2012.

Στην συνέχεια και περί του τέλους του έτους 2013 συζητήθηκε το 7^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον με τίτλο «Ευημερία εντός των ορίων του πλανήτη μας» (Ζούμε καλά εντός των ορίων του πλανήτη μας). Το πρόγραμμα προσδιορίζει τρεις τομείς προτεραιότητας, στους οποίους απαιτείται περισσότερη δράση για την προστασία της φύσης και την ενίσχυση της οικολογικής ανθεκτικότητας, την ενδυνάμωση της ανάπτυξης χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών και αποδοτικής χρήσης των πόρων, και τη μείωση των απειλών προς την ανθρώπινη υγεία και ευημερία που συνδέονται με τη ρύπανση, τις χημικές ουσίες και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής [49].

Παράλληλα με το 7^ο Πρόγραμμα Δράσης και της αποδοτικής χρήσης των πόρων ως τομέα προτεραιότητας, συζητείται έντονα η υπερβολική κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και η ανάγκη εξεύρεσης εναλλακτικών πηγών καυσίμου [70]. Ειδικότερα, έχει επισημανθεί το γεγονός ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ορυκτά καύσιμα για τις ανάγκες των μεταφορών της εντός της ΕΕ και έχει διαπιστωθεί ότι είναι ένας καθαρός εισαγωγέας αργού πετρελαίου. Ταυτόχρονα, οι ανησυχίες αυξάνουν σχετικά με την κλιματική αλλαγή που υπάρχει καθώς και την πιθανή οικονομική και πολιτική επίδραση από την ολοένα αυξανόμενη κατανάλωση πετρελαίου παγκοσμίως. Επιπλέον, υπάρχει μια γεωπολιτική απειλή για τον ενεργειακό

εφοδιασμό και τη σταθερότητα των τιμών των καυσίμων λόγω των συγκρούσεων στις πετρελαιοπαραγωγές χώρες, και πιο πρόσφατα στα ανατολικά σύνορα της Ευρώπης. Προκειμένου να μειωθεί η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και κατ'επέκταση των απαιτούμενων εισαγωγών, καθώς και να επιτευχθούν οι στόχοι του 2020 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις μεταφορές με ουσιαστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η ΕΕ έχει λάβει μέτρα για την ενθάρρυνση της παραγωγής και της χρήσης των βιώσιμων βιοκαυσίμων [72].

Η τελική ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Στρατηγική Ασφάλειας COM (2014) 330, η οποία δημοσιεύθηκε το Μάιο του 2014, υπογράμμισε την ανάγκη να μειωθεί η εξάρτηση από τις εισαγωγές καυσίμων στην ΕΕ¹. Στην ανακοίνωση τονίζεται ότι η ΕΕ χρειάζεται ρεαλιστική στρατηγική για την ενεργειακή ασφάλεια, η οποία, βραχυπρόθεσμα, θα προωθεί την ανθεκτικότητα στις εν λόγω κρίσεις και διαταραχές του ενεργειακού εφοδιασμού και, μακροπρόθεσμα, θα μειώνει την εξάρτηση από συγκεκριμένα καύσιμα, προμηθευτές και εφοδιασμού μέσω συγκεκριμένων οδύσεων με ενέργεια.

1.2 Υφιστάμενη Κατάσταση Διαχείρισης & Πολιτικών των Στερεών Αποβλήτων στην Ε.Ε

1.2.1 Ορισμοί – Κατηγορίες αποβλήτων

Σύμφωνα με την Οδηγία της ΕΚ περί αποβλήτων², υπάρχουν οι εξής ορισμοί:

«... 1) “απόβλητα”: κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει...» και

«...9) “διαχείριση αποβλήτων”: η συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της επίβλεψης των χώρων απόρριψης και των ενεργειών στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες...»

Ειδικότερα, όσον αφορά τα διάφορα είδη αποβλήτων, ομαδοποιούνται σε τέσσερες βασικές κατηγορίες κατά προέλευση και συναφή σύσταση, οι οποίες περιγράφονται ως ακολούθως:

I. Απόβλητα Αστικού Τύπου

Βάσει της μελέτης Αναθεώρησης του Περιφερειακού Σχεδιασμού³, η κατηγοριοποίηση για τα απόβλητα αστικού τύπου είναι τα αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) και οι ιλύες αστικού τύπου.

Στα ΑΣΑ έχουμε τις κάτωθι κατηγορίες :

¹ Η ΕΕ εισάγει επί του παρόντος το 53% της ενέργειας που καταναλώνει. Η ενεργειακή εξάρτηση αφορά το αργό πετρέλαιο (σχεδόν 90%), το φυσικό αέριο (66%) και, σε μικρότερο βαθμό, τα στερεά καύσιμα (42%), καθώς και τα πυρηνικά καύσιμα (40%)

² 2008/98/ΕΚ, Άρθρο 3, παράγραφος α, β

³ Ασημακοπούλου Γ., Σύψας Κ., Αρβανίτης Γ., Κοτσεκίδου Α., Ζαρμπούτης Θ. κλπ, Αναθεώρηση του Περιφερειακού Σχέδιου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Αττικής, ΕΔΣΝΑ, 2015

(α) τα οικιακά απόβλητα, τα οποία μεταξύ άλλων περιέχουν ποσότητα παλαιόχαρτου προς αξιοποίηση

(β) τα απόβλητα του κεφαλαίου 20 του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (ΕΚΑ) που παράγονται από τις εμπορικές επιχειρήσεις, τους κοινωφελείς οργανισμούς (π.χ. λιμάνια, αεροδρόμια, σιδηροδρομικοί σταθμοί), τις βιομηχανίες, τις υγειονομικές μονάδες και τις μονάδες των ενόπλων δυνάμεων.

Επιπλέον συγκαταλέγονται:

- τα απόβλητα συσκευασιών,
- τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) οικιακής προέλευσης, καθώς και
- οι μικρές ποσότητες επικίνδυνων αποβλήτων (ΜΠΕΑ) στις οποίες συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων τα απόβλητα φορητών ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών (ΗΣ&Σ), οι λαμπτήρες φθορισμού, τα αποσυρόμενα φάρμακα, τα μελανοδοχεία και διάφορα απορρυπαντικά προϊόντα (μαζί με τη συσκευασία τους) που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό, την απολύμανση και τη συντήρηση των νοικοκυριών.

Οι ιλύες αστικού τύπου περιλαμβάνουν τις ιλύες που παράγονται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

II. Βιομηχανικά απόβλητα - απόβλητα λοιπών δραστηριοτήτων

Στην εν λόγω κατηγορία περιλαμβάνονται τα απόβλητα βιομηχανικής και συναφούς με αυτήν προέλευσης, τα οποία είναι αποτέλεσμα της μεταποίησης και της παραγωγής ενέργειας, καθώς και τα απόβλητα λοιπών δραστηριοτήτων, συγκεκριμένα τα απόβλητα των υγειονομικών μονάδων και τα απόβλητα από τις εγκαταστάσεις κοινής ωφέλειας, εξυπηρέτησης κοινού κ.λπ.

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται τα ρεύματα εναλλακτικής διαχείρισης:

- απόβλητα ελαίων (ΑΕ),
- απόβλητα συσσωρευτών οχημάτων και βιομηχανίας (ΑΣΟΒ),
- οχήματα τέλους κύκλου ζωής (ΟΤΚΖ),
- μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων (ΜΕΟ),
- απόβλητα ηλεκτρικού ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) βιομηχανικής προέλευσης.

III. Απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων

Η κατηγορία των αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) περιλαμβάνει το σύνολο των αποβλήτων που κατατάσσονται στο κεφάλαιο 17 του ΕΚΑ, και ειδικότερα:

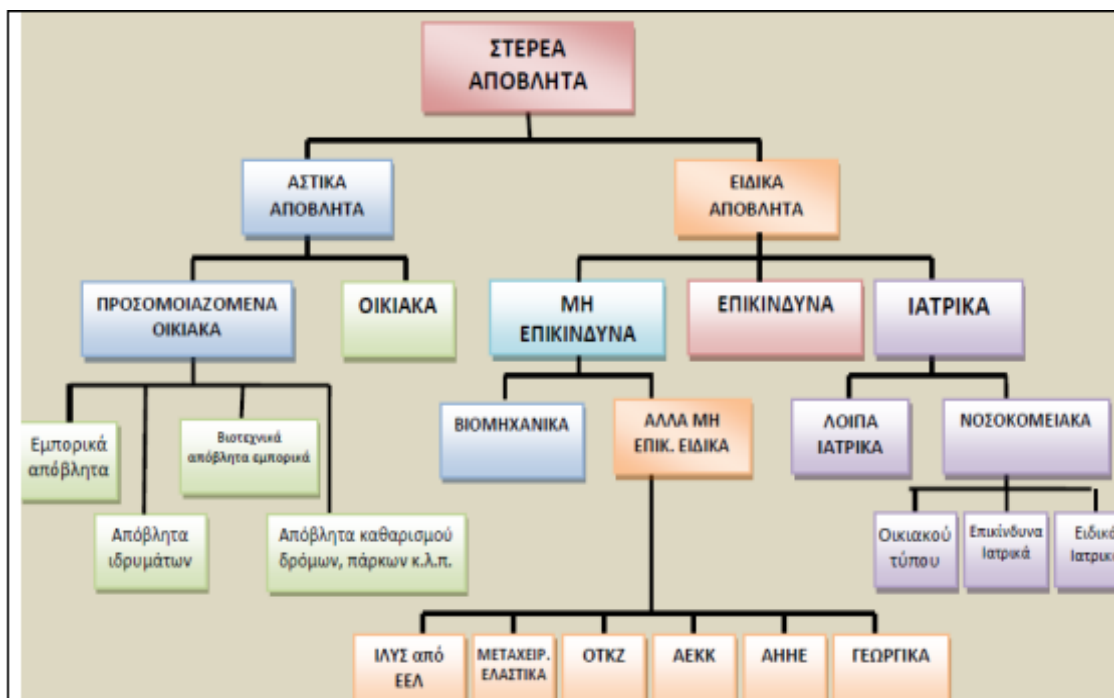
- απόβλητα από την οικοδομική δραστηριότητα (ανεγέρσεις, κατεδαφίσεις, ανακαινίσεις, επισκευές κ.λπ.),

- απόβλητα από τεχνικά έργα (συμπεριλαμβανομένων των έργων κατασκευής, συντήρησης, ανακαίνισης ή αποξήλωσης οδικών αρτηριών, κ.λπ.),
- απόβλητα που προκύπτουν από φυσικές καταστροφές (σεισμοί, πλημμύρες),
- ρυπασμένα από επικίνδυνες ουσίες ΑΕΚΚ που προκύπτουν από βιομηχανικές περιοχές,
- βυθοκορήματα (υποθαλάσσιες εκσκαφές),
- κατασκευαστικά στοιχεία και μονωτικά υλικά που περιέχουν αμίαντο.

IV. Γεωργοκτηνοτροφικά απόβλητα

Στην κατηγορία περιλαμβάνονται, σύμφωνα με την μελέτη Αναθεώρησης του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ):

- απόβλητα κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης,
- υπολείμματα καλλιεργειών,
- αποσυρόμενα φρούτα και λαχανικά,
- πλαστικά κάλυψης θερμοκηπίων,
- απόβλητα συσκευασιών λιπασμάτων, αγροχημικών και φαρμακευτικών ουσιών, καθώς και
- αποσυρόμενα υλικά άρδευσης και τμήματα γεωργικών μηχανημάτων.



Εικόνα 1: Κατηγορίες στερεών αποβλήτων [57]

1.2.1.1 Είδη παλαιόχαρτου

Τα είδη του χαρτιού που ανακτώνται μέσω των διαφόρων προγραμμάτων ανακύκλωσης είναι εφημερίδες, χαρτοσακούλες, χαρτόνι και χαρτί γραφείου. Το χαρτί των απορριμμάτων χωρίζεται σε κατηγορίες ανάλογα με την ποιότητα των ινών και το βαθμό των ξένων προσμίξεων. Γενικά

θεωρείται ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ίνες τόσο καθαρότερο και καλύτερης ποιότητας είναι το χαρτί και κατά συνέπεια υψηλότερη η τιμή αγοράς του. Με την ανακύκλωση υποβαθμίζονται οι ίνες του χαρτιού (π.χ. η ανάμειξη και επεξεργασία του με νερό θραύει και μικραίνει τις ίνες) Κατά συνέπεια δεν μπορεί να ανακυκλώνεται απεριόριστα λόγω της φθοράς που οι ίνες αυτές υφίστανται. Συνήθως ο χαρτοπολτός αναμιγνύεται και με καινούργιες ίνες για την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντος [78].

Η διεργασία περιλαμβάνει την υδροπολτοποίηση όπου διαχωρίζονται οι ίνες του χαρτιού και την απομάκρυνση ξένων προσμίξεων. Οι προσμίξεις που συνήθως απαντώνται στο χαρτί που ανακτάται είναι πλαστικά, μεταλλικά αντικείμενα (συνδετήρες, συρραφείς), πλαστική ή κέρινη επικάλυψη και υπολείμματα τροφών. Η ανάκτηση του χαρτιού γίνεται με πολλούς τρόπους, όπως συλλογή στο σπίτι ή από τις επιχειρήσεις και από τη συλλογή σε κάδους ανάλογα με την ποιότητα του.

1.2.1.2 Είδη ανακυκλώσιμου χαρτιού

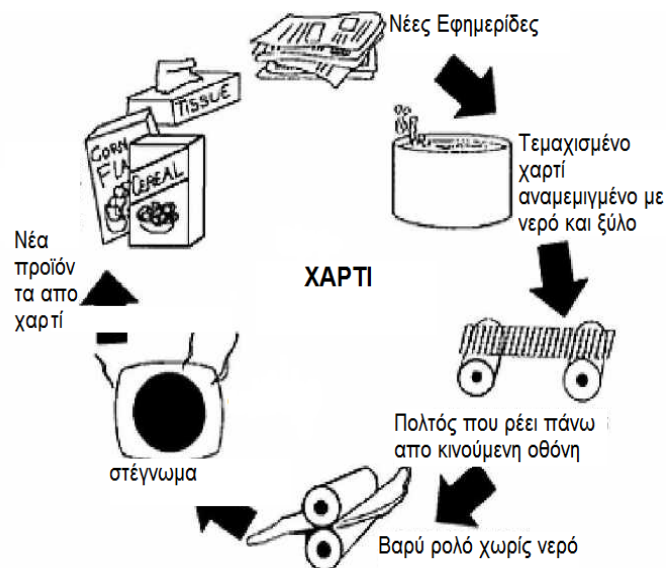
Τα είδη του ανακυκλώσιμου χαρτιού είναι [76], [77]:

α. Εφημερίδες: Η ανακύκλωση εφημερίδων αποτελεί βασική συνιστώσα των περισσότερων προγραμμάτων ανακύκλωσης και ιδιαίτερα της Διαλογής στην Πηγή. Στο σπίτι οι εφημερίδες δένονται ή τοποθετούνται σε σακούλες, ώστε να είναι έτοιμες για συλλογή και μεταφορά στο κέντρο ανακύκλωσης. Εκεί το χαρτί συνήθως δεματοποιείται για να μεταφερθεί ευκολότερα και οικονομικότερα στον τελικό αγοραστή-χρήστη.

β. Χαρτί υψηλής ποιότητας: Είναι το χαρτί γραφείου (φωτοτυπικό, εκτύπωσης κλπ) που περιέχει ίνες υψηλής ποιότητας. Το παραγόμενο νέο προϊόν μπορεί να είναι χαρτί γραφής ή tissue (χαρτομάντιλα, χαρτοπετσέτες κλπ.

γ. Χαρτόνι: Συνήθως το χαρτόνι αποτελεί τη συσκευασία για μεταφορά άλλων προϊόντων. Πηγές παραγωγής απορριμμάτων χαρτονιού είναι τα super-markets, οι αποθήκες χοντρικής, τα εργοστάσια κλπ Η ανάκτηση και ανακύκλωση για το χαρτόνι είναι διαφορετική από αυτήν για τις εφημερίδες. Τα κουτιά γίνονται επίπεδα και δένονται για μεταφορά σε χαρτοβιομηχανίες με στόχο την κατασκευή χαρτονιού και κουτιών.

δ. Μικτό χαρτί: Περιλαμβάνει περιοδικά, βιβλία, εφημερίδες που αποτελούν τη χαμηλότερη ποιότητα χαρτιού που περιέχεται στα οικιακά απορρίμματα. Μετά τη συλλογή, το χαρτί μεταφέρεται στον τελικό χρήστη ως έχει ή μετά από επιλογή, ανάλογα με τις ποσότητες και το κόστος της πρόσθετης διαλογής του. Τα προϊόντα που παράγονται από ανακυκλωμένο χαρτί είναι πισσόχαρτο, χαρτί μόνωσης, χαρτί γραφής, tissue και χάρτινα κουτιά (εικόνα 3).



Εικόνα 2: Διεργασίες Ανακύκλωσης Προϊόντων χάρτου [77]

1.2.1.3 Κατηγορίες ανακυκλωμένων προϊόντων χάρτου

Με στόχο ένα ολοκληρωμένο και αποτελεσματικό σύστημα ανακύκλωσης χρησιμοποιημένων προϊόντων χάρτου, απαιτείται μία συστηματική κατηγοριοποίηση των διαφορετικών προϊόντων χάρτου και ένα άρτια οργανωμένο σύστημα συλλογής.

Για το σκοπό αυτό, το 2001 διαρθρώθηκε το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 643 ("The European List of Standard Grades of Recovered Paper and Board"), το οποίο αποτελεί μία βελτιωμένη έκδοση του EN 643 που δημοσιεύθηκε το 1994. Σε αυτό, ομαδοποιούνται τα προϊόντα χάρτου σε ένα μεγάλο αριθμό κατηγοριών, βάσει των κοινών ιδιοτήτων τους αλλά και της ποιότητας αυτών ως πρώτων υλών για τη βιομηχανία ανακύκλωσης. [10]

Ακολούθως παρατίθενται οι κατηγορίες των ποιοτήτων των προϊόντων χάρτου:

Πίνακας 1: Κατηγορίες ποιοτήτων προϊόντων χάρτου [10]

ΤΑΞΗ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΧΑΡΤΟΥ
1	Συνήθεις ποιότητες (Ordinary grades)
2	Μέσες ποιότητες (Medium grades)
3	Υψηλές ποιότητες (High grades)
4	Kraft ποιότητες (Kraft grades)
5	Ειδικές ποιότητες (Special grades)

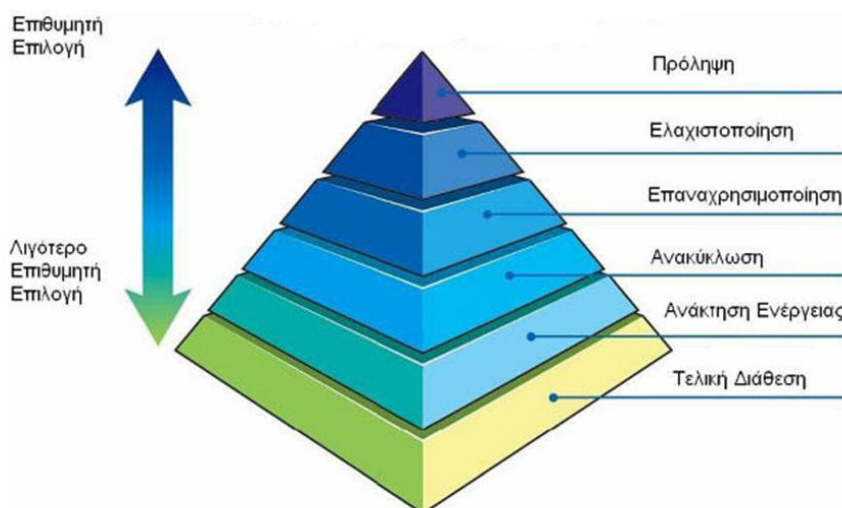
Κάθε μία από τις τάξεις αυτές περιέχει αρκετές υποκατηγορίες. Σημειώνεται, πως το συγκεκριμένο Πρότυπο δεν έχει μεταφρασθεί στην ελληνική γλώσσα. [77]

1.2.2 Αρχές διαχείρισης στερεών αποβλήτων

Οι αρχές διαχείρισης των στερεών αποβλήτων είναι οι εξής:

- *Ιεράρχηση διαχείρισης αποβλήτων.* Η στρατηγική της ΕΕ για τα απόβλητα, κατατάσσει τις επιλογές διαχείρισης σε πέντε επίπεδα (άρθρο 4 νέας Οδηγίας Πλαίσιο), όπως φαίνεται κατωτέρω (εικόνα 3):

Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων



Εικόνα 3: Ιεράρχηση επιλογών για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων [56]

Η ιεράρχηση των αποβλήτων δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απόλυτος κανόνας, δεδομένου ότι διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων μπορεί να έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αν κάποια εναλλακτική επιλογή διαχείρισης αποβλήτων, που βρίσκεται κανονικά σε χαμηλότερη θέση της ιεράρχησης, προκαλεί λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε κάποια συγκεκριμένη περίπτωση, είναι δυνατή η εφαρμογή της.

- *Οι αρχές της προφύλαξης και προληπτικής δράσης.* Αναφέρονται στην πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος με την αποφυγή των προσβολών του περιβάλλοντος και όχι η εκ των υστέρων αντιμετώπιση των επιπτώσεων τους. Με την αρχή της πρόληψης προλαμβάνεται ο κίνδυνος που είναι βέβαιος και προβλέψιμος, ενώ με την αρχή της προφύλαξης τα μέτρα για τον κίνδυνο που είναι αβέβαιος και άγνωστος αλλά όμως πιθανός.
- *Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».* Το κόστος διαχείρισης των αποβλήτων βαρύνει τον αρχικό παραγωγό αποβλήτων, τον τωρινό ή τους προηγούμενους κατόχους αποβλήτων.
- *Η αρχή της «ευθύνης του παραγωγού».* Η ευθύνη του παραγωγού υπήρξε μία από τις σημαντικότερες πρωτοβουλίες στην πολιτική της ΕΕ για τα απόβλητα. Στη νέα Οδηγία

Πλαίσιο ενισχύεται ο ρόλος του παραγωγού στην πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων. Με την εφαρμογή της διεύρυνσης της ευθύνης του παραγωγού, επιδιώκεται η κάλυψη ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος.

- Οι αρχές της «αυτάρκειας και της εγγύτητας». Η διαχείριση των αποβλήτων πραγματοποιείται εντός των ορίων της περιοχής στην οποία παράγονται.
- Η αρχή της «επανόρθωσης των προσβολών περιβάλλοντος κατά προτεραιότητα στην πηγή τους». Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος με την λήψη άμεσων μέτρων.

1.2.3 Στρατηγική της ΕΕ

Το 7^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον αποτελεί το πλαίσιο άσκησης περιβαλλοντικής πολιτικής έως το 2020, εντοπίζοντας εννέα στόχους προτεραιότητας που πρέπει να επιτύχουν η ΕΕ και τα κράτη μέλη, με προοπτική το 2050.

Ειδικότερα οι στόχοι αυτοί προσδιορίζονται ως εξής:

1. Προστασία, διατήρηση και ενίσχυση του φυσικού κεφαλαίου της ΕΕ.
2. Μετατροπή της ΕΕ σε μια πράσινη και ανταγωνιστική οικονομία χαμηλών επιπέδων ανθρακούχων εκπομπών και αποδοτικής χρήσης των πόρων.
3. Προστασία των πολιτών της ΕΕ από περιβαλλοντικές πιέσεις και κινδύνους για την υγεία και την ευημερία.
4. Μεγιστοποίηση των οφελών της περιβαλλοντικής νομοθεσίας της ΕΕ.
5. Βελτίωση της βάσης τεκμηρίωσης για την περιβαλλοντική πολιτική.
6. Εξασφάλιση επενδύσεων στην περιβαλλοντική και την κλιματική πολιτική και διαμόρφωση σωστών τιμών.
7. Βελτίωση της ενσωμάτωσης της περιβαλλοντικής διάστασης και της συνοχής των πολιτικών κατευθύνσεων.
8. Ενίσχυση της αειφορίας των πόλεων της ΕΕ.
9. Αύξηση της αποτελεσματικότητας της ΕΕ όσον αφορά την αντιμετώπιση των περιφερειακών και παγκοσμίων περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Με βάση τα ανωτέρω η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει δρομολογήσει μια ευρύτερη επανεξέταση της πολιτικής και της νομοθεσίας για τα απόβλητα [52]. Η επανεξέταση αυτή περιλαμβάνει τρεις επιμέρους δράσεις:

1. Επανεξέταση των βασικών στόχων της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τα απόβλητα, στη βάση της απαίτησης επανεξέτασης λόγω των οδηγιών (οδηγία πλαίσιο, οδηγία περί υγειονομικής ταφής και οδηγία για συσκευασίες και απόβλητα συσκευασίας), καθώς και της εναρμόνισης με τις επιδιώξεις

της Επιτροπής για την προώθηση της αποδοτικότητας των πόρων και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

2. Αξιολόγηση εκ των υστέρων («έλεγχος καταλληλότητας») των πέντε οδηγιών για τα χωριστά ρεύματα αποβλήτων: ιλύες, PCBs, συσκευασίες / απόβλητα συσκευασιών, ΟΚΤΖ και συσσωρευτές.

3. Εκτίμηση του τρόπου με τον οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των πλαστικών αποβλήτων, η οποία βασίζεται στην Πράσινη Βίβλο “μια ευρωπαϊκή στρατηγική για τα πλαστικά απόβλητα”, που δημοσιεύθηκε το Μάρτιο του 2013 και τέθηκε σε δημόσια διαβούλευση.

Στα συμπεράσματα του εν λόγω Προγράμματος Δράσης σημειώνεται ότι οι ΟΤΑ πρέπει να αναλάβουν πιο εξέχοντα ρόλο κατά τη διαμόρφωση της περιβαλλοντικής πολιτικής της ΕΕ.

1.2.4 Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο για στερεά απόβλητα και βιοκαύσιμα

➤ Οδηγία 2008/98/ΕΚ περί των Στερεών Αποβλήτων

Η Οδηγία Πλαίσιο έχει στόχο την βελτιστοποίηση των διατάξεων της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ, την απλοποίηση του υπάρχοντος νομικού πλαισίου, και την αποσαφήνιση των ορισμών. Επιπλέον, στον τομέα της αδειοδότησης εγκαταστάσεων αποβλήτων, η οδηγία-πλαίσιο για τα απόβλητα ενεργεί σε συνδυασμό με την οδηγία 96/61/ΕΚ σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης (οδηγία IPPC). Όσον αφορά την τάξη προτεραιότητας που ισχύει με την νέα Οδηγία σχετικά με την ιεράρχηση των δραστηριοτήτων διαχείρισης των αποβλήτων αυτή ακολουθεί την εξής σειρά:

Οι στόχοι που τίθενται από την Οδηγία, με χρονικό όριο εφαρμογής, αφορούν Θέματα Πρόληψης, Επαναχρησιμοποίησης και Ανακύκλωσης, και Θέματα Ανάκτησης.

Ορισμένα προσδιορισμένα απόβλητα παύουν να αποτελούν απόβλητα, εάν έχουν υποστεί εργασία ανάκτησης, περιλαμβανομένης της ανακύκλωσης, και πληρούν ειδικά κριτήρια που καθορίζονται σύμφωνα με όρους που τίθενται από την Οδηγία [57].

➤ Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί των Στερεών Αποβλήτων

Στόχος της Οδηγίας 1999/31/ΕΚ είναι ο καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την πρόληψη ή μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων. Για το σκοπό αυτό, η Οδηγία θέτει αυστηρές λειτουργικές και τεχνικές απαιτήσεις για τα απόβλητα και τους χώρους υγειονομικής ταφής.

➤ Οδηγία 2000/76/ΕΚ για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων

Η αποτέφρωση επικίνδυνων και μη επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει εκπομπές ουσιών που ρυπαίνουν τον αέρα, το νερό και το έδαφος και οι οποίες έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Για τον περιορισμό των κινδύνων αυτών, η Ευρωπαϊκή

Ένωση (ΕΕ) επιβάλλει αυστηρές συνθήκες λειτουργίας και τεχνικές απαιτήσεις για τις μονάδες που αποτεφρώνουν ή συναποτεφρώνουν απόβλητα.

Η παρούσα οδηγία εφαρμόζεται όχι μόνο στις μονάδες αποτέφρωσης των στερεών ή υγρών απόβλητων, αλλά και στις μονάδες συναποτέφρωσης.

➤ **Οδηγία 2008/1/ΕΚ – Ολοκληρωμένη Πρόληψη και Έλεγχος της Ρύπανσης**

Η οδηγία 2008/1/ΕΚ αποτελεί κωδικοποίηση της προγενέστερης οδηγίας 96/61/ΕΚ, την οποία και αντικαθιστά. Σκοπός της παρούσας οδηγίας είναι η ενσωμάτωση των τροποποιήσεων της προγενέστερης οδηγίας σε αυτήν, ώστε να είναι πιο ολοκληρωμένη νομικά, χωρίς να σημειώνονται αλλαγές στις διατάξεις της.

Πιο συγκεκριμένα, η οδηγία 2008/1/ΕΚ αφορά την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης και καθορίζει τις υποχρεώσεις που πρέπει να τηρούνται από τις βιομηχανίες με υψηλό δυναμικό ρύπανσης. Κύριος στόχος της είναι να ελαχιστοποιηθούν οι ρύποι στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος, όπως και η ελαχιστοποίηση των παραγόμενων από βιομηχανίες αποβλήτων, ώστε να επιτευχθεί σε μέγιστο βαθμό η προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό επιτυγχάνεται με τη θέσπιση έκδοσης αδείας για τις προαναφερθείσες δραστηριότητες, οι οποίες πρέπει να πληρούν κατ' ελάχιστον ορισμένες προϋποθέσεις όσον αφορά την παραγωγή και τις εκπομπές ρύπων. Βασική προϋπόθεση της έκδοσης άδειας είναι οι αδειοδοτημένες επιχειρήσεις να δρουν ανάλογα ώστε να μεριμνούν οι ίδιες για την πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης που δύναται να προκαλέσουν [57].

➤ **Οδηγία 2004/12/ΕΚ που τροποποιεί την Οδηγία 94/62/ΕΚ για τις Συσκευασίες και τα Απορρίμματα Συσκευασίας**

Η οδηγία 2004/12/ΕΚ, τροποποιεί την οδηγία 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας, προσπαθεί να εναρμονίσει τα εθνικά μέτρα για τη διαχείριση συσκευασιών και απορριμμάτων συσκευασίας, ώστε να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος και να διασφαλιστεί η λειτουργία της εσωτερικής αγοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και κάθε κράτους μέλους ξεχωριστά. Το πεδίο εφαρμογής της καλύπτει όλες τις συσκευασίες και αντίστοιχα όλα τα απορρίμματα συσκευασίας που διατίθενται εντός της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, είτε έχουν χρησιμοποιηθεί είτε προέρχονται από τις βιομηχανίες, το εμπόριο, τα γραφεία, τα καταστήματα, τις υπηρεσίες, τα νοικοκυριά ή οποιαδήποτε άλλη πηγή, ανεξάρτητα από τα υλικά εκ των οποίων αποτελούνται.

Σύμφωνα με αυτή, τα κράτη μέλη οφείλουν να θεσπίσουν μέτρα με στόχο την πρόληψη της δημιουργίας απορριμμάτων συσκευασίας και την ανάπτυξη συστημάτων επαναχρησιμοποίησης των συσκευασιών, μειώνοντας τις δυσμενείς επιπτώσεις τους στο περιβάλλον [57].

- **Απόφαση 2003/33/ΕΚ, για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/ΕΚ**

Η κατάρτιση κριτηρίων τα οποία πρέπει να πληρούνται για την τελική διάθεση των αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής είναι απαραίτητη. Στα κριτήρια αυτά θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη συμπεριφορά των αποβλήτων.

- **Απόφαση 2003/30/ΕΚ, προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές**

Η ως άνω οδηγία θέτει τα θεμέλια για την προώθηση των εναλλακτικών καυσίμων στην Ε.Ε. Διευκρινίζει συγκεκριμένα ότι τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίσουν ότι ένα συγκεκριμένο μερίδιο της αγοράς καυσίμων θα καλυφθεί από βιοκαύσιμα και άλλα ανανεώσιμα καύσιμα και να θέσουν εθνικούς ενδεικτικούς στόχους για την επίτευξη αυτού του σκοπού [58].

Οι τιμές αναφοράς αυτών των στόχων ήταν:

- Αντικατάσταση του 2% της βενζίνης και του πετρελαίου που καταναλώνονται στον τομέα των μεταφορών μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2005,
- Αντικατάσταση του 5,75% της βενζίνης και του πετρελαίου που καταναλώνονται στον τομέα των μεταφορών μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2010.

Η οδηγία στόχευε στην αύξηση του μεριδίου της ανανεώσιμης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών και τη μείωση των εκπομπών του CO₂, του CO, των NO_x, των VOC και άλλων μορίων επιβλαβών στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Σύμφωνα με την Οδηγία, τα κυριότερα βιοκαύσιμα είναι: η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ, το βιοαέριο, η βιομεθανόλη, ο βιοδιμεθυλικός-αιθέρας, το βιο-ETBE, το βιο-MTBE, τα συνθετικά βιοκαύσιμα (συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή μίγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που παράγονται από βιομάζα), το βιο-υδρογόνο.

Τα βιοκαύσιμα είναι διαθέσιμα σε οποιοσδήποτε από τις ακόλουθες μορφές [69]:

- ως καθαρά βιοκαύσιμα ή σε υψηλή συγκέντρωση σε παράγωγα του πετρελαίου, σύμφωνα με τα σχετικά ποιοτικά πρότυπα,
- ως βιοκαύσιμα αναμειγμένα σε παράγωγα του ορυκτού πετρελαίου, σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανόνες που περιγράφουν τις τεχνικές προδιαγραφές για τα καύσιμα μεταφορών (το EN 228 και το EN 590),
- ως υγρά που προέρχονται από βιοκαύσιμα, όπως ETBE (αντίστοιχα MTBE) όπου το ποσοστό των βιοκαυσίμων είναι 47% κατ' όγκο (αντίστοιχα 36% v/v) [31].

➤ **Απόφαση 2003/96/ΕΚ, προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές**

Η Απόφαση αυτή εστιάζει κυρίως στην φορολογία που εφαρμόζεται στα βιοκαύσιμα και τροποποιεί τον Κοινοτικό φόρο στην ενέργεια και τα ενεργειακά προϊόντα. Σε αυτήν την οδηγία επίσης εισήχθησαν οι ακόλουθες διατάξεις:

- άρθρο 16.1: τα κράτη μέλη μπορούν να εφαρμόσουν φορολογική απαλλαγή ή μειωμένο φόρο στα βιοκαύσιμα.
- άρθρο 16.3 : η απαλλαγή ή η μείωση του φόρου μπορεί να διαμορφωθεί σύμφωνα με την εξέλιξη της τιμής των πρώτων υλών.
- άρθρο 16.5: η περίοδος εφαρμογής είναι έξι έτη, αν και αυτή η περίοδος μπορεί να διευρυνθεί έως τις 31/12/2012.

Η οδηγία αυτή επιτρέπει την απαλλαγή ή τη μείωση του φόρου από την 1η Ιανουαρίου 2003 [32].

➤ **Απόφαση 2009/28/ΕΚ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)**

Εισάγεται ένας νέος στόχος για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των μεταφορών:

- 10% της τελικής κατανάλωσης πρέπει να καλυφθεί από ΑΠΕ ως το 2020.

Επιπλέον για πρώτη φορά καταρτίζεται στόχος μείωσης για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα καύσιμα:

- η μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου λόγω της χρήσης των βιοκαυσίμων θα είναι τουλάχιστον 35%,
- από την 1η Ιανουαρίου 2017, η μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου από τη χρήση των βιοκαυσίμων θα είναι τουλάχιστον 50%,
- από την 1η Ιανουαρίου 2018, η μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 60% για βιοκαύσιμα παραχθέντα σε εγκαταστάσεις στις οποίες η παραγωγή θα αρχίσει στις, ή μετά από την 1η Ιανουαρίου 2017 [31].

➤ **Απόφαση 2009/30/ΕΚ, προδιαγραφές για τη βενζίνη, το ντίζελ και το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης και την καθιέρωση μηχανισμού για την παρακολούθηση και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου**

Στοχεύει στη βελτίωση της ατμοσφαιρικής ποιότητας και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μέσω περιβαλλοντικών προτύπων για τα καύσιμα. Διευκολύνει επίσης τον συνδυασμό βιοκαυσίμων στη βενζίνη και το πετρέλαιο και για να αποφύγει τις αρνητικές συνέπειες, θέτει κριτήρια για τα βιοκαύσιμα. Η αναθεωρημένη οδηγία δείχνει ότι ως το 2020 οι προμηθευτές καυσίμων πρέπει να μειώσουν κατά 6% τις βλαβερές για το κλίμα εκπομπές, κατά τη

διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής των προϊόντων τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί συγκεκριμένα με την πρόσμιξη των βιοκαυσίμων στη βενζίνη και το πετρέλαιο καθώς επίσης και με τη βελτίωση της τεχνολογίας παραγωγής στις εγκαταστάσεις διυλιστηρίων.

Για να γίνουν εφικτές αυτές οι περικοπές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η βενζίνη πρέπει να έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε βιοκαύσιμα. Ειδικότερα, η βενζίνη θα μπορεί να περιέχει αιθανόλη έως και 10% (v/v). Προκειμένου όμως να αποφευχθεί η ζημία στα παλαιά αυτοκίνητα, καύσιμα με περιεκτικότητα σε αιθανόλη 5% (v/v) θα συνεχίσουν να είναι διαθέσιμα μέχρι το 2013, με τη δυνατότητα τα κράτη μέλη να επεκτείνουν αυτή την περίοδο.

Η οδηγία ενσωματώνει επίσης τα ίδια κριτήρια σχετικά με το περιβάλλον και την βιώσιμη ανάπτυξη, που αφορούν τα βιοκαύσιμα όπως αυτά θεσπίστηκαν στην οδηγία 2009/28/ΕΚ, επιβάλλει όρια στο περιεχόμενο του θείου και των μεταλλικών πρόσθετων ουσιών στα καύσιμα μηχανών και τέλος, ορίζεται αυστηρά η μέγιστη πίεση ατμού των καυσίμων, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές πτητικών ατμοσφαιρικών ρύπων. Τα αναθεωρημένα περιβαλλοντικά ποιοτικά πρότυπα καθώς επίσης και τα κριτήρια βιώσιμης ανάπτυξης για τα βιοκαύσιμα ισχύουν από το 2011 [8].

1.2.5 Ισχύουσα νομοθεσία για την Ελλάδα

Η νομοθεσία διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα έχει καταγραφεί πλήρως στην τελευταία Αναθεώρηση του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ, ΥΠΕΚΑ 2015), προκειμένου να καθοριστεί το πλαίσιο γύρω από το οποίο θα υλοποιηθούν οι Περιφερειακοί Σχεδιασμοί της χώρας, εκσυγχρονίζοντας ταυτόχρονα όπου απαιτούνταν το ισχύον νομικό πλαίσιο [59].

Ενδεικτικά θα αναφερθούν τα κάτωθι:

Πίνακας 2 :Υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο [59]

ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	
N.4042/12	Πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων –ενσωμάτωση Οδηγίας 2008/98/ΕΚ Προδιαγραφές για κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης και προγραμμάτων πρόληψης Ποσοτικοί στόχοι για ΑΣΑ και ΑΕΚΚ
N. 2939/2001	Γενικό πλαίσιο εναλλακτικής διαχείρισης ειδικών ρευμάτων αποβλήτων (συσκευασιών, συσσωρευτών, κλπ.) και

	ενσωμάτωση οδηγίας 94/62/ΕΚ Τροποποιήθηκε από Ν. 3854/10 και ΥΑ 9268/469/07
Κ.Υ.Α. 8668/2007	Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΣΔΕΑ) κατ' εφαρμογή άρθρου 7 Οδηγίας 91/156/ΕΟΚ Τροποποιήθηκε από Ν. 4042/2012
Κ.Υ.Α. ΗΠ 13588/725/2006	Πλαίσιο για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων – ενσωμάτωση Οδηγίας 91/689/ΕΟΚ Συμπληρωματικές διατάξεις σχετικά με τη διασυνοριακή μεταφορά. Καθορισμός φορέων διαχείρισης και των υποχρεώσεων τους Τροποποιήθηκε από ΚΥΑ 8668/2007 και Ν. 4042/2012
Κ.Υ.Α. ΗΠ 50910/2727/2003	Πλαίσιο για τη διαχείριση μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων – εναρμόνιση με Οδηγία 91/156/ΕΟΚ Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης (μη επικίνδυνων) στερεών Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), Καθορισμός φορέων διαχείρισης και των υποχρεώσεων τους Τροποποιήθηκε από Ν. 4042/2012

Όσον αφορά την νομοθεσία που διέπει την παραγωγή και την χρήση των βιοκαυσίμων στην Ελλάδα καθώς και την εναρμόνιση με την ευρωπαϊκή νομοθεσία ισχύουν τα κάτωθι:

ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ/ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ	
Ν. 4062/2012	Ενότητα Γ' (Μέτρα Αειφορίας Βιοκαυσίμων – Εναρμόνιση με Οδηγίες RED και FQD)
Υ.Α. Δ3/Α'/οικ.5225/2013	Τεχνικός Κανονισμός με τίτλο «Τεχνικές οδηγίες για την αποθήκευση και διακίνηση βιοκαυσίμων στις εγκαταστάσεις διυλιστηρίων και στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και διακίνησης πετρελαιοειδών προϊόντων»
Υ. Α. Δ2/Α/22285/2012	«Συμπλήρωση της υπουργικής απόφασης υπ' αριθ. Δ2/16570/7.9.2005 «Κανονισμός Αδειών» (ΦΕΚ 1306/Β/16.9.2005) όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει» (ΦΕΚ Β' 2998/12.12.2012), σχετικά με την Άδεια Διάθεσης Βιοκαυσίμων
Ν. 3423/2005	Εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην Ελληνική αγορά (Ο νόμος αυτός, είχε σκοπό την τροποποίηση αλλά και την συμπλήρωση του νόμου 3054/2002)

1.2.6 Υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης στην Περιφέρεια Αττικής

Η Περιφέρεια Αττικής χωρίζεται σε δύο διαχειριστικές ενότητες (Δ.Ε.) μέχρι σήμερα⁴:

- Την 1^η Δ.Ε. η οποία αποτελείται από το σύνολο της Περιφέρειας Αττικής, και την
- Την 2^η Δ.Ε. η οποία αποτελείται από τα νησιά Κύθηρα και Αντικύθηρα.

Ειδικότερα τα έργα που προβλέπονταν σε κάθε ΟΕΔΑ όπως αναφέρονται στην εγκριτική απόφαση, παρατίθενται ακολούθως:

1^η Διαχειριστική Ενότητα Αττικής

Η ΟΕΔΑ Δυτικής Αττικής περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Τον Χ.Υ.Τ.Α. Άνω Λιοσίων (έχει ολοκληρωθεί η λειτουργία του, βρίσκεται σε φάση μεταφροντίδας)
- Το Χ.Υ.Τ.Α. στη θέση «Σκαλιστήρι», του Δήμου Φυλής, (ενεργός χώρος διάθεσης απορριμμάτων χωρισμένος σε δύο φάσεις Α και Β)
- Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) Δυτικής Αττικής (Σήμερα λειτουργεί μόνο μία από τις τρεις Μονάδες στην Δυτική Αττική, αφού τόσο η μία στον Ασπρόπυργο όσο και η εγκατεστημένη Μονάδα στην ΟΕΔΑ Φυλής, λόγω φωτιάς έχουν καταστραφεί ολοσχερώς. Για την Μονάδα στην ΟΕΔΑ Φυλής, γίνεται προσπάθεια από την εταιρεία, αξιοποίησης του χώρου σε συνεργασία με το ΕΜΠ, την εταιρεία ΠΑΚΟ και τον Δήμο Φυλής για την δημιουργία εγκατάστασης «μηδενικού υπολείμματος»)
- 1η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας Σύμμεικτων Α.Σ.Α. Πρόκειται για το υφιστάμενο Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης - Κομποστοποίησης.
- 2^η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασία Σύμμεικτων Α.Σ.Α. (δεν έχει κατασκευαστεί)
- Μονάδα Κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών Υλικών ή/και «πράσινων» αποβλήτων. (δεν έχει κατασκευαστεί)

Η ΟΕΔΑ ΒΑ Αττικής περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Χ.Υ.Τ.Α.: Έχει ήδη αδειοδοτηθεί η κατασκευή του Χ.Υ.Τ.Α. στη θέση «Μαύρο Βουνό», Γραμματικού, και έχει ήδη χρηματοδοτηθεί η Α' Φάση κατασκευής του από το Ταμείο Συνοχής
- 1 ΚΔΑΥ (είναι εν ενεργεία και λειτουργεί από ιδιώτες)
- Μονάδα Κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών Υλικών ή/και «πράσινων» αποβλήτων. (δεν έχει κατασκευαστεί)

⁴ Είναι υπό εξέλιξη η μελέτη Αναθεώρησης του ΠΕΣΔΑ Αττικής, και εξετάζεται η σκοπιμότητα δημιουργίας περισσότερων ενότητων βάσει πολυκριτηριακής μεθόδου

- Κεντρική Μονάδα επεξεργασίας σύμμεικτων Α.Σ.Α. .(δεν έχει κατασκευαστεί)

Η ΟΕΔΑ ΝΑ Αττικής περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Χ.Υ.Τ.Α: έχει γίνει διάλυση της Σύμβασης Κατασκευής του έργου με την ανάδοχο Κ/ξια βάσει του Ν.3669/2008
- 1 ΚΔΑΥ (είναι εν ενεργεία και λειτουργεί από ιδιώτες)
- Μονάδα Κομποστοποίησης προδιαλεγμένων οργανικών Υλικών ή/και «πράσινων» αποβλήτων. (δεν έχει κατασκευαστεί)
- Κεντρική Μονάδα επεξεργασίας σύμμεικτων Α.Σ.Α. .(δεν έχει κατασκευαστεί)

Εξαιτίας του γεγονότος ότι η μέχρι σήμερα υλοποίηση του ΠΕΣΔΑ του 2006 στον οποίο περιλαμβάνονται τα ανωτέρω, βρίσκεται σε χαμηλό ποσοστό, ενώ τα αποτελέσματα της ανακύκλωσης και ανάκτησης δεν εξελίσσονται όπως θα έπρεπε, με την μελέτη Αναθεώρησης του ΠΕΣΔΑ Αττικής γίνεται προσπάθεια να τεθούν ρεαλιστικοί στόχοι, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες της Περιφέρειας Αττικής και την προηγούμενη κατάσταση στην διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Ειδικότερα στο ως άνω Σχέδιο Αναθεώρησης που βρίσκεται σε εξέλιξη προβλέπεται η συνεργασία μεταξύ των υπαρχουσών δομών, των υπό ανάπτυξη δικτύων διαλογής στην πηγή, των Πράσινων Σημείων και των ΚΔΑΥ. Επιπλέον, η αναβάθμιση του ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων με την αύξηση της δυναμικότητας του ταυτόχρονα με την επεξεργασία προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων και η κατασκευή νέων εργοστασίων επεξεργασίας είναι θέματα υπό διερεύνηση (προβλήματα χωροθέτησης, κοινωνικής αποδοχής κλπ).

1.2.7 Συστήματα ανακύκλωσης του χαρτιού

Στα συστήματα ανακύκλωσης χαρτιού περιλαμβάνονται τα κάτωθι:

- Συλλογή παλαιοχάρτου: Η συλλογή εξαρτάται από την πηγή του. Οι μεγάλες βιομηχανικές και εμπορικές πηγές έχουν δικό τους συλλεκτικό εξοπλισμό. Στα νοικοκυριά το χαρτί που προορίζεται για ανακύκλωση, συλλέγεται ξεχωριστά από τα υπόλοιπα απορρίμματα, καθώς μολυσμένο χαρτί δεν είναι κατάλληλο για ανακύκλωση.
- Πολτοποίηση: Επιτυγχάνεται απελευθέρωση των ινών, έως ένα βαθμό (ο οποίος εξαρτάται από την προσθήκη των κατάλληλων χημικών αντιδραστηρίων, την παροχή μηχανικής ενέργειας και τη θερμοκρασία) αποκόλληση των μελανιών και των επικαλυπτικών υλικών από τις ίνες και διασπορά τους σε σωματίδια διαφόρων μεγεθών στο υδατικό αιώρημα της χαρτόμαζας. Έτσι, η πρώτη ύλη μετατρέπεται σε αιώρημα απελευθερωμένων ινών, το οποίο

φέρει (ανάλογα με τη σύσταση του παλαιόχαρτου) ένα ποσοστό ακαθαρσιών (μελανιών και διάφορων άλλων ανεπιθύμητων προσμίξεων),

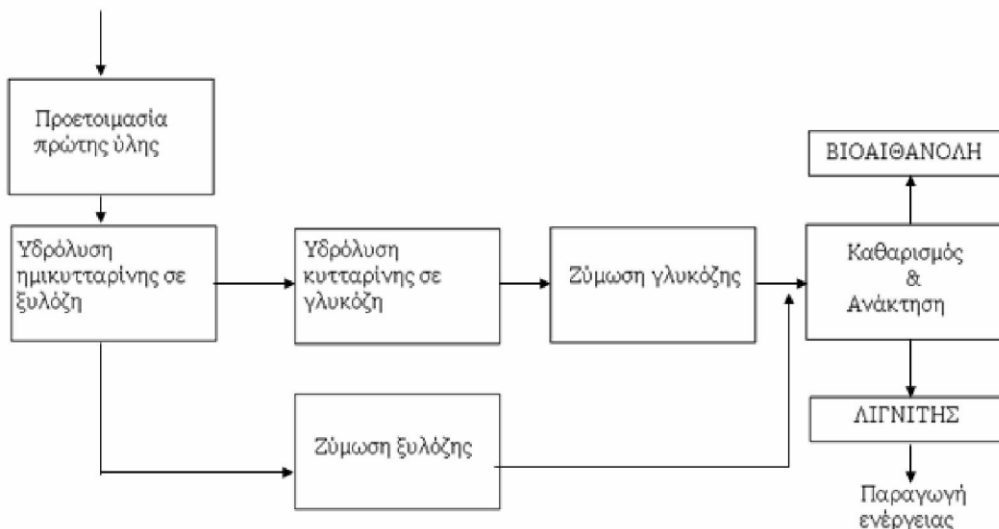
- Καθαρισμός: Με τη χρήση συνδυασμού κοσκίνων και υδροκυκλώνων απομακρύνεται σημαντικό ποσοστό των ανεπιθύμητων προσμίξεων και των πολύ μεγάλων σωματιδίων του μελανιού, υλικά που δημιουργούν προβλήματα κατά τη χαρτοποίηση και υποβαθμίζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος,
- Απομελάνωση: Είναι μια διαδικασία διαχωρισμού και άρσης των μελανιών και άλλων μη ινώδων προσμίξεων από τα παλαιόχαρτα. Η απομελάνωση είναι μια διαδικασία δύο σταδίων που περιλαμβάνει πρώτον την απόσπαση των μελανιών και των μη ινώδων συστατικών από την επιφάνεια της ίνας και δεύτερον την κατάργησή τους από το πλύσιμο τον καθαρισμό και τον έλεγχο. Οι κοινές προσμίξεις περιλαμβάνουν μελάνι, συνδετήρες, πλαστικά, άμμο και αυτοκόλλητα,
- Διασπορά: Με την διαδικασία αυτή συνεχίζεται η διεργασία απομάκρυνσης των μελανιών και των ακαθαρσιών που παρέμειναν στη χαρτομάζα, ώστε να επιτευχθεί κατάτμηση των σωματιδίων τους σε μεγέθη μη ορατά από τον ανθρώπινο οφθαλμό και ομοιόμορφη κατανομή τους στη χαρτομάζα,
- Λεύκανση: Το καθαρό πλέον αιώρημα των ινών, όντας απαλλαγμένο από ακαθαρσίες και μελάνια και έχοντας ικανοποιητική λευκότητα, επαναχρησιμοποιείται στην παραγωγή δευτερογενούς χαρτιού [78].

1.3 Παραγωγή Βιοαιθανόλης

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη δραστηριοποίηση για την παραγωγή βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς στον ερευνητικό τομέα, αλλά σε βιομηχανική κλίμακα δεν έχει ενσωματωθεί. Πιστεύεται ότι η απόδειξη της παρασκευής βιοαιθανόλης με οικονομικό τρόπο από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες (το οποίο είναι θέμα χρόνου να επιτευχθεί), θα μετατρέψει την παραγωγή της σε μια σχετικά χαμηλού κόστους διαδικασία είτε μέσω των συμμείκτων απορριμμάτων και των προϊόντων χαρτιού, είτε μέσω των γεωργικών υπολειμμάτων (πχ. από γλυκό σόργο, τεύτλα κλπ.) [23], [24].

Η μέθοδος για την παραγωγή της βιοαιθανόλης βασίζεται στην αξιοποίηση του λιγνοκυτταρινούχου περιεχομένου της βιομάζας. Το πρώτο στάδιο της παραγωγής περιλαμβάνει την υδρόλυση με την χρήση οξέος ή ενζύμων και παραγωγή μίγματος γλυκόζης και ξυλόζης. Στην συνέχεια τα σάκχαρα ζυμώνονται με χρήση ζυμομύκητα προκειμένου να παραχθεί βιοαιθανόλη και CO₂. Το ενεργειακό περιεχόμενο της ανέρχεται από 23,4 έως 26,8 MJ/kg [53].

Διάγραμμα ροής της παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής της παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες

[59]

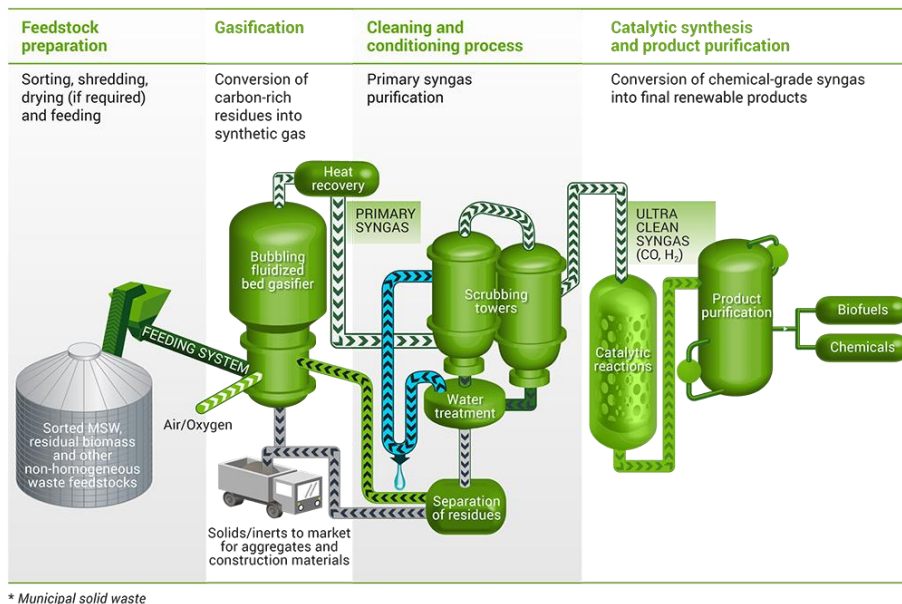
Ενδεικτικές μονάδες παραγωγής βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς σήμερα εντοπίζονται:

- στην πόλη Crescentino στην Ιταλία, όπου πρόσφατα ξεκίνησε η παραγωγή σε εμπορική κλίμακα λιγνοκυτταρινούχας αιθανόλης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οποία εγκαινιάστηκε τον Οκτώβρη 2013 (εικόνα 3). Είναι σήμερα το μεγαλύτερο προηγμένο διυλιστήριο βιοκαυσίμων του κόσμου με παραγωγική ικανότητα 75 εκατομμυρίων λίτρων σε ετήσια βάση. Το εργοστάσιο βασίζεται στην πατενταρισμένη διαδικασία Proesa και χρησιμοποιεί την τεχνολογία του ενζύμου Novozymes για την μετατροπή των πρώτων υλών από άχυρο σίτου, άχυρο από ρύζι και *Arundo donax* για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η λιγνίνη που εξάγεται κατά τη διαδικασία παραγωγής, βοηθά στην παραγωγή ενέργειας, με την οποία καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης, ενώ το πλεόνασμα της πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στο τοπικό δίκτυο [74].



Εικόνα 4: Άποψη του εργοστασίου παραγωγής βιοαιθανόλης στην πόλη Crescentino της Ιταλίας [74]

- στη Σουηδία μονάδα η οποία κατασκευάστηκε και λειτουργεί από την εταιρεία Etek Etanol Teknik. Η μονάδα αυτή χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης υπολείμματα του ξύλου των κωνοφόρων δέντρων [33],
- στην πόλη Edmonton, Καναδά, όπου τον Ιούνιο του 2014, η εταιρεία Enerkem εγκαινίασε εμπορική εγκατάσταση στερεών αποβλήτων μετατροπής τους σε αιθανόλη (διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα διαδικασίας παραγωγής βιοαιθανόλης από απορρίμματα [75]

Η εταιρεία υπέγραψε συμφωνία 25 ετών με την πόλη του Έντμοντον για την κατασκευή και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων που θα παράγουν και θα πωλούν τα βιοκαύσιμα επόμενης γενιάς από μη ανακυκλώσιμα και μη λιπασματοποιήσιμα αστικά στερεά

απόβλητα (ΑΣΑ). Η διαδικασία τους βασίζεται στην διαλογή των ΑΣΑ, στον τεμαχισμό τους και στη συνέχεια τροφοδοσία τους σε έναν εξατμιστή όπου με θερμότητα και πίεση δημιουργείται αέριο σύνθεσης, το οποίο στη συνέχεια καθαρίζεται, και στην συνέχεια μετατρέπεται σε μεθανόλη και αιθανόλη. Με δυναμικότητα παραγωγής 38 εκατομμύρια λίτρα ετησίως, η εγκατάσταση είναι η πρώτη σημαντική συνεργασία στον κόσμο στο είδος της, δηλαδή μεταξύ ενός μητροπολιτικού κέντρου παραγωγής αποβλήτων και ενός παραγωγού βιοκαυσίμων.

- στην πόλη Γκόλντεν Κολοράντο στις ΗΠΑ, μονάδα στην οποία παράγεται βιοαιθανόλη από πρώτη ύλη λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας [34], και
- τέλος στην πιλοτική μονάδα INEOSBIO η οποία παράγει βιοαιθανόλη και ανανεώσιμη ενέργεια από βιομάζα, στα οποία περιέχονται και οικιακά απόβλητα (εικόνα 4). Το σύστημα παραγωγής περιλαμβάνει αεριοποίηση, ζύμωση και απόσταξη με ανανεώσιμη παραγωγή ενέργειας [35].



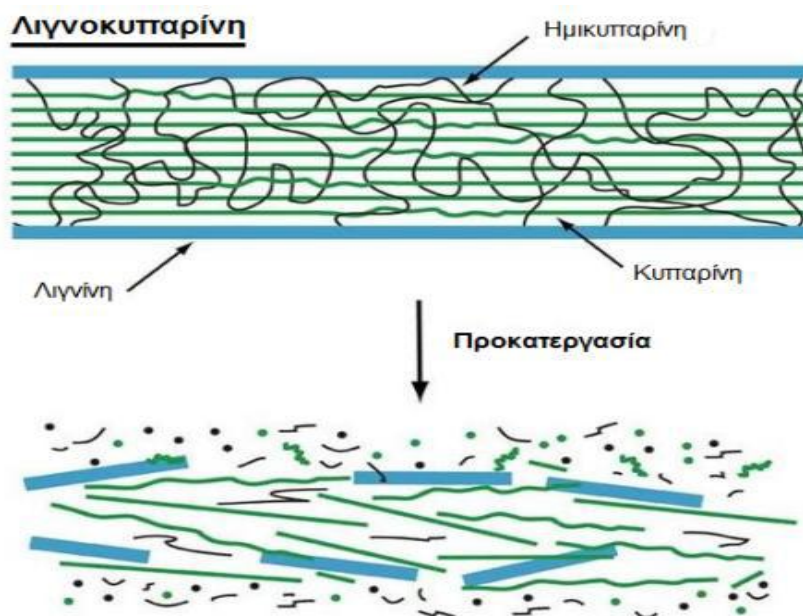
Εικόνα 5: Άποψη του εργοστασίου INEOSBIO [35]

1.3.1 Πρώτες ύλες παραγωγής βιοαιθανόλης

Η βιοαιθανόλη παράγεται συνήθως από τις γεωργικές πρώτες ύλες που περιέχουν σάκχαρα. Οι πρώτες ύλες αυτές μπορούν να ταξινομηθούν σε πρώτης γενιάς (σακχαρούχες και αμυλούχες) και δεύτερης γενιάς (λιγνινοκυτταρινούχες). Τα σάκχαρα (π.χ. από σακχαροκάλαμα, μελάσα, σακχαρότευτλα, και φρούτα) μπορούν να υποστούν απευθείας ζύμωση με χρήση ζύμης για παραγωγή αιθανόλης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι εάν χρησιμοποιούνται σακχαρούχες πρώτες ύλες, όπως οι χυμοί της μελάσας και του σακχαροκάλαμου για τη ζύμωση, τότε διεργασίες όπως η άλεση, η προεπεξεργασία, η υδρόλυση και η αποτοξίνωση δεν είναι απαραίτητες. Για την παραγωγή των ζυμώσιμων σακχάρων από αμυλούχα υλικά, μπορεί να χρησιμοποιηθούν διεργασίες όπως η άλεση, η υγροποίηση και η σακχαροποίηση. Στην περίπτωση λιγνινοκυτταρινούχων πρώτων υλών, οι διεργασίες αυτές είναι απαραίτητες. Το βήμα που προηγείται της διεργασίας ζύμωσης, είναι η κύρια διαφορά μεταξύ των διαδικασιών παραγωγής αιθανόλης από τις διάφορες πρώτες ύλες [8] [42].

1.3.2 Σύσταση λιγνοκυτταρινούχου βιομάζας

Η λιγνοκυτταρινούχος βιομάζα συνίσταται κυρίως από υδατανθρακικά πολυμερή (άμυλο, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη), λιγνίνη, οργανικές ενώσεις (πρωτεΐνες, λιπίδια, λιπαρά, κ.λπ.) και ένα υπολειπόμενο μικρότερο ανόργανο μέρος (τέφρα) [9]. Η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη συγκροτούν τα κυτταρικά τοιχώματα των φυτικών ιστών (εικόνα 6).



Εικόνα 6: Δομή κυτταρικού τοιχώματος [11]

Κυτταρίνη

Η κυτταρίνη αποτελεί το σημαντικότερο συστατικό των πολυσακχαριτών των κυτταρικών τοιχωμάτων και αποτελείται από ένα γραμμικό πολυμερές μονάδων D-γλυκόζης, συνδεδεμένων μεταξύ τους με β -1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Λόγω των δεσμών αυτών, ο δισακχαρίτης κελλοβιόζη αποτελεί την επαναλαμβανόμενη δομική μονάδα της αλυσίδας της κυτταρίνης. Ο βαθμός πολυμερισμού της κυτταρίνης έχει ένα εύρος από 7.000 έως 15.000 μονάδες γλυκόζης. Τα πολυμερή κυτταρίνης παρουσιάζονται ως διατεταγμένες δομές (μικροϊνίδια) και η κύρια λειτουργία τους είναι να εξασφαλίσουν την ακαμψία του κυτταρικού τοιχώματος των φυτών. Η κυτταρίνη είναι ένας αδιάλυτος πολυσακχαρίτης που σχηματίζει κρυσταλλικές περιοχές λόγω του σχηματισμού υδρογονικών δεσμών μεταξύ των μορίων γλυκόζης της ίδιας αλυσίδας καθώς και μεταξύ μορίων γλυκόζης που ανήκουν σε διαφορετικές αλυσίδες [35].

Οι υδρογονικοί δεσμοί διευθετούν τις αλυσίδες της κυτταρίνης σε παράλληλη επίπεδη διάταξη προκαλώντας ταυτόχρονα και το σχηματισμό υδρογονικών δεσμών μεταξύ των παράλληλων επιπέδων κυτταρίνης. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία συμπαγών και δύσκολα αποικοδομήσιμων κρυσταλλικών περιοχών. Παρ' όλα αυτά, μεταξύ των κρυσταλλικών περιοχών παρεμβάλλονται και

κάποιες άμορφες περιοχές, οι οποίες είναι πολύ υγροσκοπικές. Τέλος, η κυτταρίνη διογκώνεται απερίοριστα και διαλύεται πλήρως από θειικό, υδροχλωρικό και φωσφορικό οξύ [13].

Ημικυτταρίνη

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ημικυτταρινών και μπορούμε να τις ορίσουμε σαν το μίγμα συμπολυμερών ουσιών. Είναι άμορφες, έχουν χαμηλό βαθμό πολυμερισμού (150-300), είναι έντονα υγροσκοπικές και παρουσιάζουν υψηλή χημική δραστικότητα. Πιο αναλυτικά, η ημικυτταρίνη είναι ένα πλέγμαδιασταυρωμένων φυτικών μη-κυτταρινικών πολυσακχαριτών, οι οποίοι αποτελούνται από πεντόζες όπως D-ξυλόζη, L-αραβινόζη, L-ραμνόζη και L-φουκόζη, από εξόζες όπως D-μαννόζη, D-γλυκόζη, D-γαλακτόζη και από ουρονικά οξέα όπως D-γλυκουρονικό οξύ, D-4-O-μεθυλ-γλυκουρονικό οξύ και D-γαλακτουρονικό οξύ. Η κατηγοριοποίηση των ημικυτταρινών συνήθως γίνεται με βάση το κυριότερο μονομερές σάκχαρο. Έτσι, οι ημικυτταρίνες διακρίνονται σε γλυκάνες, μαννάνες, αραβινάνες, γαλακτάνες και ξυλάνες. Στη φύση, οι ημικυτταρίνες σπάνια αποτελούνται από ένα, μόνο, τύπο μονοσακχαρίτη. Συνήθως έχουν μία πολύπλοκη δομή που περιλαμβάνει πάνω από έναν τύπο πολυσακχαριτών, όπως η γλυκουρονοξυλάνη (ξυλόζη και ουρονικό οξύ), η αραβινογλυκουρονοξυλάνη (αραβινόζη, ξυλόζη και ουρονικό οξύ), η αραβινογαλακτάνη (ετεροπολυμερες αραβινόζης και γαλακτόζης) κ.ά. [12]. Σε αντίθεση με την κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη έχει τυχαία, άμορφη και διακλαδισμένη δομή, και έτσι υδρολύεται πιο εύκολα προς τα μονομερή συστατικά της από οξέα [13].

Λιγνίνη

Η λιγνίνη είναι ένα από τα σπουδαιότερα και πιο άφθονα συστατικά της φυτικής βιομάζας. Είναι άμορφη και έχει πολύ υψηλό βαθμό πολυμερισμού (100.000 - 300.000). Πρόκειται για ένα πολύπλοκο τρισδιάστατο πολυμερές με βασική δομική μονάδα το φαινυλοπροπάνιο και είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αποικοδομηθεί. Στη λιγνίνη υπάρχουν τρία διαφορετικά φαινυλοπροπάνια. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι έντονα υδρόφοβη ουσία, αδιάλυτη στο νερό. Οι δεσμοί στη λιγνίνη είναι αιθερικοί καθώς και δεσμοί άνθρακα – άνθρακα. Ενώνεται με χημικούς δεσμούς τόσο με τις ημικυτταρίνες όσο και με την κυτταρίνη. Η διόγκωσή της είναι χαμηλή και υδρολύεται δύσκολα κυρίως με αλκαλικά διαλύματα σε υψηλές θερμοκρασίες (150° –180°C). Τέλος, η λιγνίνη προσδίδει υψηλή αντοχή σε κάμψη, θλίψη και κρούση [12]. Αποτελεί ένα από τα μειονεκτήματα της χρήσης λιγνινοκυτταρινούχων πρώτων υλών για ζύμωση, αφού καθιστά τη λιγνινοκυτταρίνη ανθεκτική στη χημική και βιολογική αποικοδόμηση [13].

Άμυλο

Το άμυλο είναι ομοπολυσακχαρίτης γλυκόζης. Αποτελείται από δύο πολυμερή, ένα γραμμικό που ονομάζεται αμυλόζη και ένα διακλαδισμένο, την αμυλοπηκτίνη . Η αμυλόζη θεωρείται γραμμικό πολυμερές στο οποίο μόρια γλυκόζης συνδέονται με α -D-(1-4) γλυκοζιτικό δεσμό. Αποτελεί το εσωτερικό των αμυλοκόκκων (περίπου 15- 30% της μάζας του αμύλου). Ο α -D- (1-4) δεσμός επιτρέπει στο μόριο μια ποικιλία διαμορφώσεων. Η κανονική της διαμόρφωση είναι αυτή της τυχαίας σπείρας. Παρουσία παραγόντων συμπλοκοποίησης, η αμυλόζη παίρνει τη μορφή έλικας με περίπου 6 μονάδες γλυκόζης ανά στροφή . Από την άλλη η αμυλοπηκτίνη αποτελεί το περίβλημα των αμυλοκόκκων (75-85% της μάζας του αμύλου). Είναι ένας διακλαδισμένος πολυσακχαρίτης και αποτελείται από μια αλυσίδα με α -D-(1-4) δεσμούς στην οποία ενυπάρχουν πλευρικές διακλαδώσεις με α -D- (1-6) δεσμό (οι α -D-(1-6) δεσμοί αποτελούν το 4 με 5% του συνόλου των γλυκοζιτικών δεσμών), με αλυσίδες των 25 περίπου μορίων γλυκόζης. Σε αντίθεση με την αμυλόζη ο βαθμός πολυμερισμού της δεν εμφανίζει μεγάλες διαφορές σε σχέση με τη φυσική πηγή. Η διευθέτηση των διακλαδώσεων της αμυλοπηκτίνης μπορεί να γίνει ποικιλόμορφα. Επιπροσθέτως, η αμυλοπηκτίνη είναι διαλυτή στο νερό σε αντίθεση με την αμυλόζη [14].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1. Εισαγωγή

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιείται διερεύνηση της ενδεχόμενης αξιοποίησης του χαρτιού από τα εισερχόμενα απορρίμματα του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Απορριμμάτων (ΕΜΑΚ) για την παραγωγή αιθανόλης 2^{ης} γενιάς. Η ανάγκη αυτή έχει προκύψει, αφού σύμφωνα με τις ποσότητες των απορριμμάτων που δέχεται ο ΧΥΤΑ Φυλής, εμφανίζεται ότι από την λειτουργία του ΕΜΑΚ μεγάλο τμήμα του εισερχομένου φορτίου μετά την μηχανική του επεξεργασία, επιστρέφει στο μέτωπο διάθεσης απορριμμάτων. Ως εκ τούτου, απαιτείται εξεύρεση λύσεων για την αποφυγή του ανωτέρω φαινομένου και την ενδεχόμενη αξιοποίησή του.

Προκειμένου να υλοποιηθεί η εν λόγω δράση, αρχικά καταγράφηκε λεπτομερώς η λειτουργία του ΕΜΑΚ άνω Λιοσίων ενώ στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ποσότητας διερχόμενου από τον ταινιόδρομο με την μέθοδο της χειροδιαλογής από το ΕΜΑΚ. Στην συνέχεια οδηγήθηκε το δείγμα στα πιστοποιημένα εργαστήρια του ΕΜΠ, όπου και με την μέθοδο της ξήρανσης, έγινε αφαίρεση της υγρασίας του με χρήση εμπορικού συστήματος ξήρανσης ενώ ακολούθησε προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων που αφορούν στα βασικά του χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται με την παραγωγή αιθανόλης.

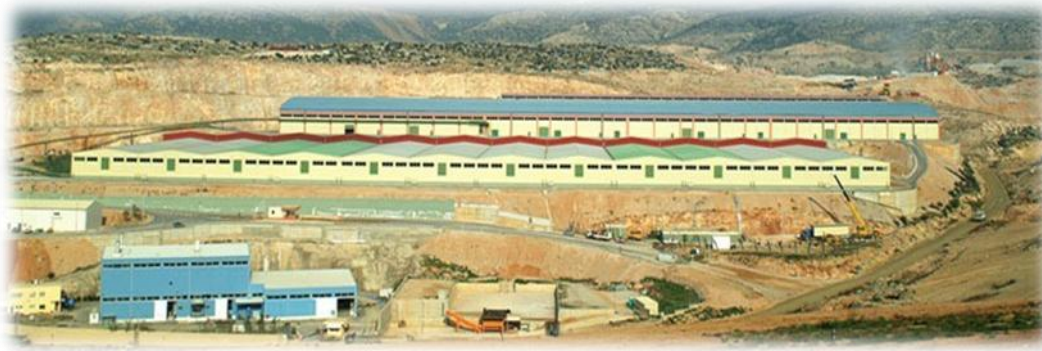
Τέλος, πραγματοποιήθηκε θεωρητική αποτύπωση του ποσοστού αξιοποίησης του υλικού αυτού σε ετήσια βάση με βάση τις θεωρητικές αποδόσεις της διεργασίας βιομετατροπής που ακολουθείται στο Ε.Μ.Π με βάση αντίστοιχες αποδόσεις οι οποίες έχουν καταγραφεί σε αντίστοιχα δείγματα βιολογικών αποβλήτων.

2.2 Λεπτομερής Περιγραφή Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Απορριμμάτων (ΕΜΑΚ)

Το ΕΜΑΚ βρίσκεται στην Ολοκληρωμένη Εγκατάσταση Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΟΕΔΑ) Δυτ. Αττικής, πλησίον του ΧΥΤΑ (τμήμα Ι και ΙΙ).

Οι άδειες που έχουν εκδοθεί αφορούν σε:

1. έγκριση περιβαλλοντικών όρων, για την οποία έχει κινηθεί η διαδικασία ανανέωσης τους,
2. άδεια διάθεσης υγρών αποβλήτων, και
3. πιστοποιητικό πυροπροστασίας από την Πυροσβεστική Υπηρεσία.



Εικόνα 7: Γενική Άποψη του εργοστασίου EMAK

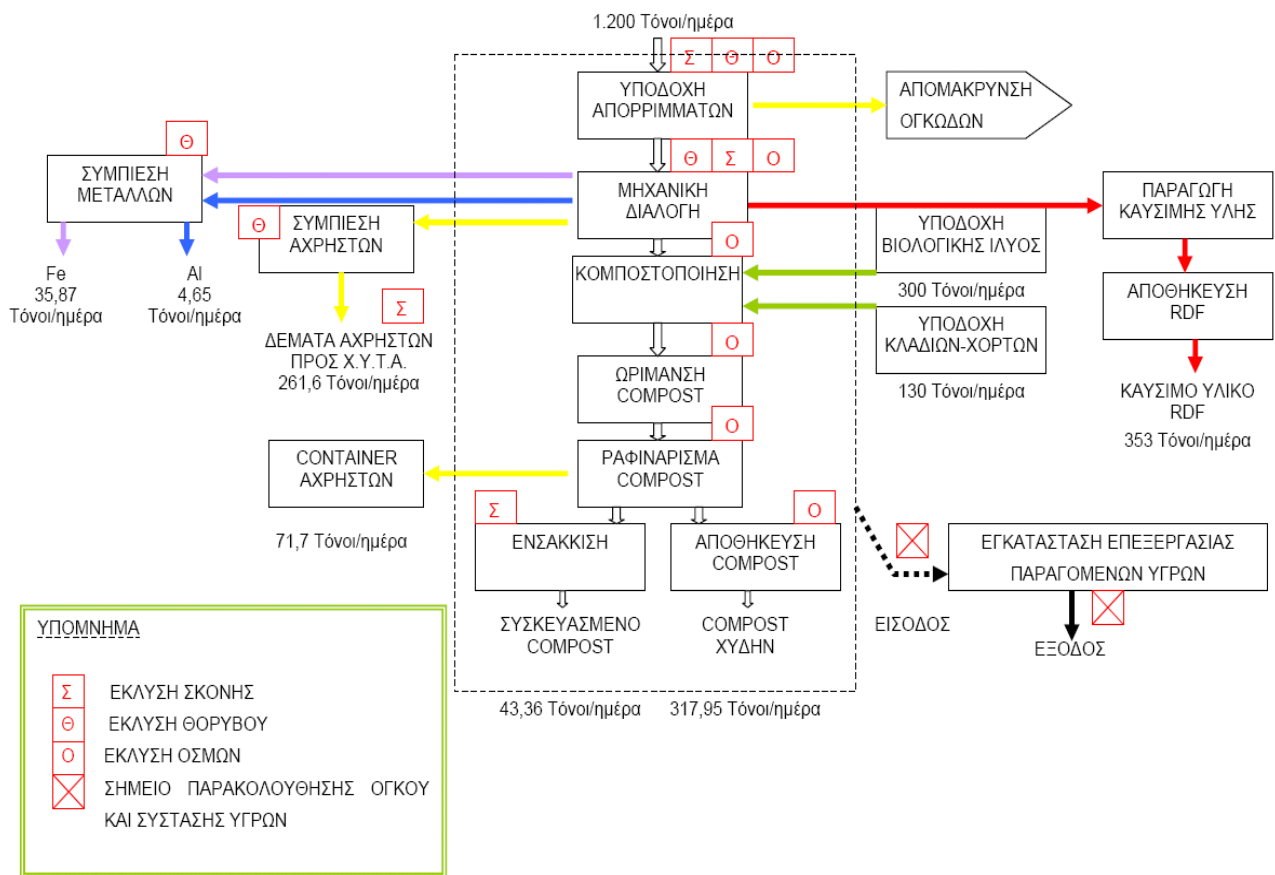
Το EMAK κατασκευάστηκε με δυναμικότητα 1200 t/ημέρα και θεωρητικά λειτουργεί σε πενθήμερη βάση και για 10 ώρες ημερησίως. Τα εισερχόμενα στερεά απορρίμματα στο EMAK πρέπει να έχουν μικρό βαθμό συμπίεσης για την αποδοτικότερη λειτουργία του.

Εκτός των σύμμεικτων απορριμμάτων, στη μονάδα κομποστοποίησης εισέρχονται 20-30t κλαδιών ημερησίως για 10ώρο λειτουργίας. Η ποσότητα κλαδιών που απαιτείται για την ομαλή λειτουργία του EMAK ανέρχεται στην περίπτωση ξηρών κλαδιών με ποσοστό υγρασίας 25 %κ.β. σε $4,50/0,75=6$ t/ώρα ήτοι 2t/module. Στην περίπτωση φρέσκων κλαδιών-χόρτων, η απαιτούμενη ωριαία τροφοδοσία είναι $4,50/0,90=9$ t/ώρα ήτοι 3 t/module. Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε τροφοδοσία 120 t/ώρα δηλαδή αντιστοιχούν στο $6/120=5\%$ της αρχικής τροφοδοσίας σε περίπτωση ξηρών κλαδιών και στο $9/120=7.5\%$ σε περίπτωση φρέσκων κλαδιών ήτοι **60-70t** ημερησίως [21].

2.2.1 Διάγραμμα ροής της μονάδας

Το Διάγραμμα Ροής (Δ.Ρ.) του EMAK εμφανίζεται κατά τα λειτουργικά τμήματα αυτού, ακολούθως [15][16]:

Διάγραμμα 3: Παραγωγικών διεργασιών εργοστασίου μηχανικής ανακύκλωσης απορριμμάτων και επισήμανση των σημείων έκλυσης θορύβου, σκόνης και οσμών*



*Επισημαίνεται πως το διάγραμμα ροής απεικονίζει το θεωρητικό ισοζύγιο εισερχόμενων – εξερχόμενων υλικών με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και όχι το πραγματικό

2.2.2 Συνοπτική περιγραφή κτιριοδομικής υποδομής

Τα κτίρια που στεγάζουν τις λειτουργίες της παραγωγικής διαδικασίας είναι βιομηχανικού τύπου και έχουν φέροντα οργανισμό είτε από υποστυλώματα οπλισμένου σκυροδέματος και μεταλλικό φορέα στη στέγη, είτε ο φέρων οργανισμός είναι εξ' ολοκλήρου μεταλλικός (πλαίσια) εδραζόμενος σε πέδιλα οπλισμένου σκυροδέματος. Τα δάπεδα κατά κανόνα είναι βιομηχανικά πλην των χώρων γραφείων και υγιεινής και αποθηκών στις οποίες τοποθετείται οπλισμένο σκυρόδεμα. Το συγκρότημα αποτελείται από τα παρακάτω κτίρια:

❖ Κτίρια

1. Κτίριο Διοίκησης- Κεντρικού Ελέγχου- Εξυπηρέτησης προσωπικού

Είναι χωροθετημένο δυτικά των εγκαταστάσεων. Είναι διώροφο, συνολικής επιφάνειας 735 m². Στο ισόγειο, επιφάνειας 415 m², βρίσκονται ο χώρος υποδοχής, το εργαστήριο και το γραφείο των στελεχών του (80,00 m²), το λογιστήριο, τα γραφεία επόπτου και το τηλεφωνικό κέντρο, τραπεζαρία και αποθήκη κουζίνας κλπ. δραστηριότητες.

II. Συνεργείο- Αποθήκη

Πρόκειται για κτίριο βιομηχανικού τύπου, επιφάνειας 530 m² και ύψους 8,70 m. Περιλαμβάνει όλους τους απαραίτητους χώρους για τη λειτουργία της επισκευαστικής μονάδας: Συνεργείο κατασκευών, Αποθήκη υλικών και ανταλλακτικών, Γραφεία, Ηλεκτρολογείο και χώρους Υγιεινής. Είναι κατασκευασμένο όπως και τα λοιπά βιομηχανικά κτίρια του συγκροτήματος.

III. Φυλάκιο Ζυγιστήριο

IV. Υποδοχή απορριμμάτων - Βιομηχανικό Κτίριο Μηχανικού Διαχωρισμού (Μ.Μ.Δ)

Το κτίριο, συνολικής επιφάνειας 10.500 m², είναι χωροθετημένο στη βόρεια πλευρά του οικοπέδου και αποτελείται από τέσσερα τμήματα: τα τρία προς βορρά είναι υποδοχείς του συγκροτήματος, ενώ το τέταρτο είναι το κυρίως βιομηχανοστάσιο.

Τα τρία τμήματα υποδοχής, συνολικής επιφάνειας 2.130 m² έχουν λειτουργική ανεξαρτησία, ώστε στην περίπτωση συντήρησης του ενός χώρου υποδοχής οι άλλοι δύο να λειτουργούν απρόσκοπτα. Ταυτόχρονα, όμως, υφίσταται δυνατότητα πρόσβασης της κάθε Γ/Φ σε κάθε μία τάφρο. Η πλατεία προσέγγισης των απορριμματοφόρων είναι μεγάλη, με ευελιξία στις θέσεις εκκένωσης και την κυκλοφορία, ακόμα και για τους συρμούς του ΣΜΑ.

Εντός του βιομηχανοστασίου υπάρχουν τέσσερις χώροι ελέγχου, διαμορφωμένοι σε τρεις στάθμες με πλήρη ορατότητα του χώρου υποδοχής - μηχανικού διαχωρισμού.

Το εν λόγω κτίριο, πέραν της υποδοχής και τροφοδοσίας των απορριμμάτων, στεγάζει τις εξής παραγωγικές λειτουργίες: Μηχανικός Διαχωρισμός ο οποίος εκτελείται σε τρεις ανεξάρτητες μονάδες (module A,B,C), Επεξεργασία ξηρού κλάσματος. Στο χώρο του ξηρού κλάσματος πραγματοποιείται η Διαχείριση προϊόντων σιδήρου, αλουμινίου, RDF (Refused Derived Fuel) και Διαχείριση αχρήστων

V. Βιομηχανικό Κτίριο Ταχείας Κομποστοποίησης – Ωρίμανσης Compost

Πρόκειται για ενιαίο μεταλλικό κτίριο εμβαδού 16.200 m².

VI. Βιομηχανικό Κτίριο Ραφιναρίας

Αποτελεί μια αυτοτελή μονάδα επεξεργασίας, επιφάνειας 1116,30 m² και ύψους 13,65m συμπεριλαμβανόμενης και της στέγης.

VII. Βιομηχανικό κτίριο Συσκευασίας και Τυποποίησης Compost

Διαρθρώνεται σε δύο τμήματα. Το ένα περιέχει τον Η/Μ εξοπλισμό του συσκευαστηρίου. Το δεύτερο τμήμα είναι υπόστεγο εμβαδού 614,25 m² και χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση του υλικού [19].

❖ Δεξαμενές

Πρόκειται για βοηθητικές δεξαμενές για:

- Πυρόσβεση, όγκου V= 122,5 m³
- Ύδρευσης, όγκου V= 500m³
- Καυσίμων (πετρελαίου), όγκου V= 10 m³

Παρόμοιας κατασκευής είναι και οι δεξαμενές της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων του ΕΜΑ (Εξισορρόπησης, απονιτροποίησης, αερισμού, καθίζησης, διασταλαζόντων κομποστοποίησης προς ανακυκλοφορία, αποθήκευσης ιλύος και καθαρών).

❖ Οδοποιία – Έργα διαμόρφωσης Χώρου

Η κτιριοδομική υποδομή συμπληρώνεται με τα έργα οδοποιίας της όλης εγκατάστασης, καθώς και τα έργα διαμόρφωσης εξωτερικών χώρων. Σημειώνεται ότι η περιφραγμένη έκταση της όλης εγκατάστασης ανέρχεται σε 70.000 m².

2.2.3 Συνοπτική περιγραφή παραγωγικών διαδικασιών

- Είσοδος Εργοστασίου – Ζυγιστήριο

Το ΕΜΑΚ της περιοχής Άνω Λιοσίων δέχεται μέρος των απορριμμάτων των Δήμων και Κοινοτήτων του Ν. Αττικής, μέσω απορριμματοφόρων οχημάτων ωφέλιμης χωρητικότητας 4,5 τόνων περίπου, καθώς και επίσης και οχήματα σταθμών μεταφόρτωσης (i) με σταθερά containers όγκου 50 m³ και ωφέλιμου φορτίου 18-22 t και (ii) με μεταθετά containers όγκου 30m³ και ωφέλιμου φορτίου 16 t. Τα οχήματα εισέρχονται εντός του περιφραγμένου χώρου του εργοστασίου διερχόμενα από την Κεντρική Πύλη Εισόδου. Σε μικρή απόσταση συναντούν την Πλατεία Εισόδου – Ζυγιστηρίων, σε κεντρική νησίδα της οποίας βρίσκεται το Κτίριο Ζυγιστηρίου.

Όλα τα οχήματα ζυγίζονται μία φορά, είτε στην είσοδο αν πρόκειται για απορριμματοφόρα και φορτηγά προσαγωγής ιλύος και κλαδιών, είτε στην έξοδο κατά την παραλαβή των προϊόντων ή την απομάκρυνση των ακρήστων. Η ζύγιση των εισερχομένων οχημάτων γίνεται μέσω των δύο γεφυροπλαστιγγών εισόδου, ενώ των εξερχόμενων μέσω της γεφυροπλάστιγγας εξόδου.

Για την γρήγορη εξυπηρέτηση των οχημάτων, όλη η διαδικασία ελέγχου, ζύγισης, καταγραφής και καθοδήγησης των απορριμματοφόρων οχημάτων είναι πλήρως αυτοματοποιημένη, χωρίς να

απαιτείται η έξοδος του οδηγού του οχήματος ή η πληκτρολόγηση πληροφοριών από τον Χειριστή στην Κονσόλα Η/Υ. Για το σκοπό αυτό όλα τα οχήματα εφοδιάζονται με μαγνητική κάρτα, η οποία περιέχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία, ήτοι τον αριθμό κυκλοφορίας του οχήματος, τον Δήμο προέλευσής του, τον τύπο των μεταφερόμενων υλικών και το απόβάρό του (που επιβεβαιώνεται περιοδικά) κλπ.

Ο έλεγχος του ζυγιστηρίου γίνεται μέσω κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης.

- **Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού (Μ.Μ.Δ.)**

Η Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού αποτελείται από τις μονάδες υποδοχής και τροφοδοσίας, μηχανικού διαχωρισμού, επεξεργασίας ξηρού κλάσματος και διαχείρισης προϊόντων ακρήστων.

• **Μονάδα υποδοχής-τροφοδοσίας απορριμμάτων**

Η Μονάδα Υποδοχής και Τροφοδοσίας των Απορριμμάτων εξυπηρετεί την παραλαβή των σύμμεικτων απορριμμάτων που προσέρχονται με την εκκένωση των απορριμματοφόρων. Επιπλέον, παρέχει αποθηκευτική ικανότητα για την παραλαβή της μέγιστης ποσότητας απορριμμάτων τη Δευτέρα. Από τη Μονάδα Υποδοχής, τα απορρίμματα, μετά την απομάκρυνση των ογκωδών, δοσομετρούνται ομαλά προς το κυρίως έργο.

Τα απορριμματοφόρα οχήματα, μετά τη ζύγισή τους οδεύουν μέσω της εσωτερικής οδοποιίας προς τη Μονάδα Υποδοχής και ειδικότερα υποχρεωτικά προς την υποδειχθείσα (αυτόματα κατά την είσοδο) θέση εκκένωσης. Με την θύρα εκκένωσης να έχει ήδη ανοίξει μέσω του συστήματος απομάκρυνσης η προσέγγιση της θέσης εκκένωσης γίνεται με την όπισθεν. Στη συνέχεια, το όχημα λαμβάνει θέση εκκένωσης πλευρικά του χείλους απορριμμάτων, όπου και εκκενώνει τα απορρίμματα. Μετά την εκκένωση και την απομάκρυνση του οχήματος, η θύρα εκκένωσης κλείνει αυτόματα μέσω αυτοματισμού που περιλαμβάνει φωτοκύτταρο υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Τα απορρίμματα που συλλέγονται στην τάφρο υποδοχής, παραλαμβάνονται στη συνέχεια από σύστημα Γερανογέφυρας – Πολύποδης Αρπάγης και απορρίπτονται σε Χοάνη Παραλαβής – Τροφοδοσίας του Εργοστασίου. Η λειτουργία της Γερανογέφυρας είναι αυτοματοποιημένη, ώστε ο χειριστής να εκτελεί με τον ευχερέστερο τρόπο την παραλαβή και εκφόρτωση των απορριμμάτων προς την Χοάνη Παραλαβής και τις λοιπές εργασίες (διάστρωση απορριμμάτων στην δεξαμενή, απομάκρυνση ογκωδών, κ.λπ.).

Η Χοάνη Παραλαβής περιλαμβάνει ενσωματωμένη πλακοταινία για την παραλαβή των απορριμμάτων και τη δοσομέτρησή τους προς τις κατάντη μονάδες. Επιπλέον, πριν την τροφοδοσία των απορριμμάτων προς το τμήμα Μηχανικής Διαλογής γίνεται το σχίσμο των σάκων απορριμμάτων. Για τον έλεγχο της λειτουργίας της Μονάδας Υποδοχής και της Μονάδας Μηχανικής Διαλογής έχουν εγκατασταθεί τρία συστήματα (ένα ανά γραμμή

επεξεργασίας) κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης, έκαστο των οποίων περιλαμβάνει οθόνη και επτά κάμερες με δυνατότητα ρυθμιζόμενης εστίασης για καλύτερη επίβλεψη.

- **Μονάδα μηχανικού διαχωρισμού (μ.μ.δ)**

Στόχος της μονάδας μηχανικού διαχωρισμού είναι ο διαχωρισμός των εισερχομένων σύμμεικτων απορριμμάτων προς παραγωγή τεσσάρων κλασμάτων:

- α) Του κλάσματος προς κομποστοποίηση, για την παραγωγή εμπορεύσιμου compost κατόπιν ελεγχόμενης βιοαποδόμησης των οργανικών.
- β) Του κλάσματος προς παραγωγή καύσιμης ύλης RDF από μίγμα χαρτιού, πλαστικού και άλλων ελαφρών καύσιμων υλικών, σε τελική μορφή δεμάτων.
- γ) Σιδηρούχα (μαγνητιζόμενα) μέταλλα.
- δ) Αλουμίνιο

Πέραν του διαχωρισμού των ως άνω κλασμάτων, ο όλος σχεδιασμός στοχεύει επίσης στο διαχωρισμό υλικών που η παρουσία τους είναι ανεπιθύμητη, είτε κατά την περαιτέρω επεξεργασία των παραπάνω κλασμάτων, είτε στα τελικά προϊόντα:

- *πλαστικές φιάλες αναψυκτικών, νερού* κλπ. Οι φιάλες αυτές κατασκευάζονται από σκληρό πλαστικό (PET, PE, PVC), που αφενός είναι ανεπιθύμητο σαν συστατικό του παραγόμενου RDF (PVC), αφετέρου είναι σκόπιμο να διαχωρίζεται, προς μελλοντική ανάκτηση των συσκευασιών,
- *τυχόν ογκώδη απορρίμματα*, π.χ. λάστιχα αυτοκινήτων, καρέκλες, ποδήλατα κλπ., που πιθανά δεν απομακρύνθηκαν στη Μονάδα Υποδοχής.

Η Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω κύρια στάδια:

- α) Πρωτοβάθμια Επεξεργασία των απορριμμάτων

Τα απορρίμματα εισέρχονται στο πρωτοβάθμιο περιστρεφόμενο κόσκινο (Α' κόσκινο), το οποίο φέρει οπές των 175 mm X 250 mm.

Από το Α' κόσκινο προκύπτουν δύο κλάσματα: το διερχόμενο των οπών κλάσμα <175 mm X 250 mm που οδηγείται στην δευτεροβάθμια επεξεργασία και το εξερχόμενο ευμεγέθους (>175mm X 250 mm), το οποίο αφού υποστεί ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων, οδηγείται σε τεμαχιστή για μείωση μεγέθους και ακολούθως συναθροίζεται με το κύριο ρεύμα προς RDF.

- β) Δευτεροβάθμια Επεξεργασία

Το Β' κόσκινο είναι διβάθμιο (με οπές Φ80 και Φ100) και επιτυγχάνει το διαχωρισμό των απορριμμάτων για την παραγωγή τριών βασικών κλασμάτων:

Ενός κλάσματος μεγέθους 80 έως 100 mm, που εν συνεχεία υπόκειται περαιτέρω επεξεργασία προτού τροφοδοτηθεί στη γραμμή κομποστοποίησης.

Ενός κλάσματος μεγάλου μεγέθους (100 έως 250 mm), για την τροφοδοσία της γραμμής παραγωγής καυσίμου RDF.

Ενός κλάσματος μεγέθους <80 mm που εν συνεχεία υπόκειται περαιτέρω επεξεργασία προτού τροφοδοτηθεί στη γραμμή κομποστοποίησης.

Στο πρώτο κλάσμα (μεταξύ 80 και 100 mm) γίνεται ανάκτηση κυρίως των οργανικών υλικών. Περιλαμβάνονται επίσης και ανακτώνται μικρές ποσότητες μετάλλων.

Στο δεύτερο κλάσμα (> 100 mm) περιλαμβάνεται το χαρτί και τα πλαστικά, που αποτελούν τη βάση για την παραγωγή του RDF. Επιπλέον, παραλαμβάνονται ορισμένα υλικά απευθείας ανακυκλούμενα (π.χ. μέταλλα και κουτιά αλουμινίου). Ένα ποσοστό, επίσης, αποτελούν διάφορα απορρίμματα που στη συνέχεια απομακρύνονται ως άχρηστα.

Στο τρίτο κλάσμα (<80 mm) περιέχονται κυρίως οργανικά, μικρού σχετικά μεγέθους, κατάλληλα για κομποστοποίηση.

γ) Επεξεργασία οργανικών υλικών προς κομποστοποίηση – Βιοαντιδραστήρας

Τα κλάσματα που προκύπτουν από τη δευτεροβάθμια επεξεργασία, οδηγούνται σε μαγνητικούς διαχωριστές σιδηρούχων μετάλλων και ακολούθως καταλήγουν σε κυλινδρικό περιστρεφόμενο βιοαντιδραστήρα αποτελούμενο από έναν χαλύβδινο κύλινδρο, που περιστρέφεται συνεχώς με μεταβλητή ταχύτητα. Διαθέτει επαρκή χωρητικότητα για την παραμονή των απορριμμάτων εντός αυτού επί 24 ώρες. Κατ'αντιρροή με την όδευση του υλικού, εμφυσάται από φυσητήρες αέρας. Ο βιοαντιδραστήρας:

- Επιτυγχάνει την ελάττωση του μεγέθους των οργανικών λόγω ανάπτυξης τριβών κατά την περιστροφή του και λόγω κοπής επί των εσωτερικών λαμών που φέρει.
- Επιτυγχάνει την έναρξη των βιολογικών διεργασιών κομποστοποίησης, που επειδή συντελούνται σε κλειστό χώρο, υπό πλήρη ανάδευση και ελεγχόμενες συνθήκες αερισμού και υγρασίας, προάγονται ταχύτατα, ώστε να προκομποστοποιείται το υλικό και να καθίσταται ευχερέστερος ο τεμαχισμός του.
- Διασφαλίζει ότι τα μη ζυμώσιμα υλικά διέρχονται άθικτα στην έξοδο (π.χ. δεν θραύονται τα γυάλινα σκεύη) και δύνανται να διαχωριστούν με κοσκίνηση.

Με τη χρήση του βιοαντιδραστήρα ελαττώνεται η υγρασία του κλάσματος. Το γεγονός αυτό βοηθά σημαντικά τη διαδικασία της κοσκίνησης και αυξάνει το βαθμό ανάκτησης οργανικού κλάσματος, με υψηλή καθαρότητα.

Μετά τον βιοαντιδραστήρα, εγκαθίσταται Γ' κόσκινο, με οπές διέλευσης 25mm. Τα εξερχόμενα του κόσκινου (Φ>25) οδηγούνται στα άχρηστα. Από τη λειτουργία του βιοαντιδραστήρα παράγονται, επομένως, δύο κλάσματα:

Οργανικό κλάσμα προς κομποστοποίηση (μεγέθους <25 mm)

Ετερογενή υλικά προς απόρριψη (μεγέθους από 25 έως 100 mm).

Το οργανικό κλάσμα, πριν την τροφοδοσία του προς τη Μονάδα Κομποστοποίησης οδηγείται προς αναμίκτη για την ομογενοποίηση του με τα εξής υπόλοιπα κλάσματα, στο βαθμό που αυτά διατίθενται:

α) Ποσότητα κλαδιών - χόρτων (πρασίνων), τα οποία, αφού προηγούμενα τεμαχιστούν, δοσομετρούνται σε ταινιόδρομο προς τον αναμίκτη.

β) Το κλάσμα των οργανικών προερχόμενο εκ του βαλλιστικού διαχωρισμού (βλ. Μονάδα επεξεργασίας ξηρού κλάσματος).

γ) Το ατελώς κομποστοποιημένο αδρομερές υλικό που επανατρέπεται από τη Μονάδα Εξευγενισμού (Ραφιναρία).

δ. Διαχωρισμός Σιδηρούχων και Αλουμινίου

Η απομάκρυνση των σιδηρών (μαγνητιζόμενων) υλικών λαμβάνει χώρα σε πολλές θέσεις εντός της μ.μ.δ., όπως περιγράφηκε ανωτέρω, με χρήση κατάλληλων μαγνητικών διαχωριστών. Οι μαγνητικοί διαχωριστές είναι ειδικού τύπου πολλαπλών πόλων, που προκαλούν την κύλιση των σιδηρούχων υλικών επ'αυτών. Σαν αποτέλεσμα, τυχόν προσκολλημένα ή εγκλωβισμένα υλικά διαχωρίζονται και επιστρέφουν στο κυρίως ρεύμα, αυξάνοντας έτσι την καθαρότητα των μετάλλων.

Το ρεύμα βαρέων υλικών που διαχωρίζονται στο βαλλιστικό κόσκινο, περιέχει τη μεγαλύτερη ποσότητα μη μαγνητιζόμενων μετάλλων και κυρίως αλουμινίου. Για το λόγο αυτό το υπόψη ρεύμα αρχικά διέρχεται από μαγνήτη, για το διαχωρισμό των σιδηρών και στη συνέχεια μέσω κατάλληλης διάταξης επαγωγικό πεδίο (Eddy current) για το διαχωρισμό του αλουμινίου προς ανακύκλωση.

Τελικά τα ανακτώμενα σιδηρούχα και το αλουμίνιο οδηγείται χωριστά προς συμπίεση σε διαφορετικές πρέσες, όπου δεματοποιούνται και οδηγούνται προς προσωρινή αποθήκευση και στη συνέχεια προς εμπορευματοποίηση.

- **Μονάδα επεξεργασίας ξηρού κλάσματος**

Τα ευμεγέθη απορρίμματα (>100 mm και <175mmX250mm) που προκύπτουν από τη δευτεροβάθμια κοσκίνιση, καθώς και αυτά με μέγεθος >175 mm X250 mm που προκύπτουν από την πρωτοβάθμια κοσκίνιση (αφού τεμαχιστούν), διέρχονται από μαγνητικό διαχωριστή μετάλλων, και τροφοδοτούνται προς το βαλλιστικό διαχωριστή – κόσκινο.

Στη διάταξη αυτή, τα απορρίμματα διαστρώνονται ομοιόμορφα στην επιφάνεια μιας διάτρητης τράπεζας, τοποθετημένης με κλίση ως προς την οριζόντια. Η επιφάνεια της

τράπεζας δονείται συνεχώς, εκτελώντας κυκλική προς τα ανωτέρω κατακόρυφη κίνηση (τινακτική), που έχει σαν αποτέλεσμα τη διαφορετική μετακίνηση των υλικών ανάλογα με το σχήμα τους και τις ιδιότητές τους:

Ακαμπτα αντικείμενα

Τα σκληρά, άκαμπτα στερεά (π.χ. φιάλες πλαστικού, σκληρό πλαστικό, αδρανή, γυαλί, αλουμίνιο, μέταλλα, ξύλα κλπ.) μετά την πρόσπτωσή τους στη δονούμενη επιφάνεια αναπηδούν εκ νέου, τείνοντας να οδηγηθούν στην χαμηλότερη πλευρά, όπου και συλλέγονται στην κατηγορία των άκαμπτων.

Τα υλικά αυτά, μεταφέρονται μέσω ταινιοδρόμου προς διάταξη διαχωρισμού μη μαγνητιζόμενων μετάλλων (κυρίως αλουμινίου). Μετά την ανάκτηση των μετάλλων, τα υπολειπόμενα απορρίμματα απορρίπτονται ως άχρηστα.

Εύκαμπτα υλικά

Τα ελαφρά, επίπεδα και εύκαμπτα υλικά αντίθετα, λόγω και τη αυξημένης πρόσφυσής τους με την «τινασσομένη» διάτρητη τράπεζα, μεταφέρονται σταδιακά προς τα ανωμερή, όπου εξέρχονται από την υψηλότερη ακμή της κεκλιμένης τράπεζας. Αποτελούνται κυρίως από χαρτί και πλαστικό, κατάλληλα για τη τροφοδοσία της γραμμής παραγωγής RDF.

Λεπτόκοκκα υλικά

Κατά τη διάρκεια της παραμονής των απορριμμάτων επί του βαλλιστικού διαχωριστή και λόγω της συνεχούς ανατάραξης, τυχόν εγκλωβισμένα ή προσκολλημένα οργανικά υλικά διαχωρίζονται, με αποτέλεσμα ένα σημαντικό μέρος αυτών να διέρχονται από τις οπές της επιφάνειας του κοσκίνου, μεγέθους 50 mm. Το ρεύμα των παραλαμβανόμενων με αυτό τον τρόπο οργανικών αποστέλλεται προς μείξη με το εξερχόμενο ρεύμα του τριτοβάθμιου κοσκίνου, μετά τον βιοαντιδραστήρα και με τα τεμαχισμένα σε «τσιπς» κλαδιά.

Τα εύκαμπτα ελαφρά υλικά (RDF) που διαχωρίζονται στο βαλλιστικό διαχωριστή υφίστανται στη συνέχεια ελάττωση του μεγέθους τους με τη διέλευσή τους από κατάλληλους τεμαχιστές (ένα ανά βαλλιστικό διαχωριστή). Το τεμαχισμένο RDF συλλέγεται σε ενιαίο ταινιόδρομο και οδηγείται στο χώρο συμπίεσης, προς τελική δεματοποίηση και εμπορευματοποίησή του.

- **Μονάδα διαχείρισης αχρήστων**

Τα άχρηστα υλικά από τις επιμέρους γραμμές του μηχανικού διαχωρισμού συλλέγονται σε ειδικό ενιαίο ταινιόδρομο και τροφοδοτούνται προς χώρο συμπίεσης και δεματοποίησής τους.

Βελτιώσεις στη μονάδα επεξεργασίας ξηρού κλάσματος

Για την βελτιστοποίηση της παραγωγής στη μονάδα επεξεργασίας ξηρού κλάσματος έχουν πραγματοποιηθεί οι παρακάτω βελτιώσεις:

- ***Ανεξάρτητη δεματοποίηση τεμαχισμένου και μη-τεμαχισμένου RDF.***

Σύμφωνα με την αρχική μελέτη του έργου οι ταινίες τροφοδοσίας / εκτροπής των τεμαχιστών RDF παραλάμβαναν το μη τεμαχισμένο RDF με αντίστροφη όδευση (είτε σε στιγμές υπερφόρτωσης των τεμαχιστών είτε σε περιόδους συντήρησης ή εκούσιας μη λειτουργίας αυτών) το απορρίπτανε σε ταινίες. Ακολούθως το μη-τεμαχισμένο υλικό από κοινού με το τεμαχισμένο οδηγούνταν στην διάταξη σιλό – πρέσα δεματοποίησης του RDF. Δεδομένης της υπερφόρτωσης της πρέσας RDF και της επιβάρυνσης της διαδικασίας δεματοποίησης με μη τεμαχισμένο RDF αλλά και της υποβάθμισης του τεμαχισμένου RDF με μη τεμαχισμένα, η ροή του μη τεμαχισμένου RDF έχει ανεξαρτητοποιηθεί από την ροή του τεμαχισμένου. Το μη τεμαχισμένο RDF οδηγείται στην υφιστάμενη διάταξη σιλό – πρέσα δεματοποίησης αχρήστων μέσω σειράς ταινιών οι οποίες τροφοδοτούν μία αμφίδρομη ταινία.

Η ταινία αυτή κινούμενη προς την μία κατεύθυνση τροφοδοτεί το υλικό στο υφιστάμενο σιλό αχρήστων, οπότε δεματοποιείται το μη - τεμαχισμένο RDF, ενώ στην άλλη κατεύθυνση τροφοδοτεί την διάταξη πλήρωσης απορριμματοκιβωτίων διάθεσης στο ΧΥΤΑ. Η όδευση αυτή ενεργοποιείται μόνον όταν έχει ήδη ενεργοποιηθεί η ταινία σύζευξης των δεματοποιητών, οπότε η πρέσα αχρήστων (κατά προτεραιότητα) χρησιμοποιείται για δεματοποίηση τεμαχισμένου RDF. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η αδιάλειπτη παραγωγή RDF, σε καιρούς συντήρησης ή επισκευής του δεματοποιητή RDF.

- ***Διαχείριση αχρήστων μηχανικής διαλογής***

Κατά την επεξεργασία των απορριμμάτων από τις τρεις γραμμές μηχανικής διαλογής τα παραγόμενα άχρηστα υλικά προκύπτουν κατά την τριτοβάθμια κοσκίνιση.

Τα τριτοβάθμια περιστροφικά κόσκινα διαχωρίζουν το λεπτόκοκκο οργανικό υλικό, όπως αυτό έχει απομειωθεί σε μέγεθος από τον βιοαντιδραστήρα, από τα μη οργανικά υλικά (όπως γυαλιά, φύλλο πλαστικού, κλπ) και τα οποία παραμένουν άφθαρτα και θεωρούνται άχρηστα.

Τα άχρηστα των τριτοβαθμίων κόσκινων από τις τρεις (3) γραμμές μηχανικής διαλογής παραλαμβάνονται από τις αντίστοιχες μεταφορικές ταινίες και μεταφέρονται καθ' όλο το μήκος του κτιρίου από την μεταφορική ταινία συλλογής. Ακολούθως τα άχρηστα των τριτοβαθμίων παραλαμβάνονται από την τελική ταινία.

Η τελική ταινία απορρίπτει σε εγκάρσιας όδευσης ταινία, η οποία τροφοδοτεί διάταξη παλινδρομικής κίνησης για πλήρωση απορριμματοκιβωτίων (containers). Τα δύο containers

(διαστάσεων έκαστο μήκους 6.7m, πλάτους 2,3m και ύψους 2,1m, ολικής χωρητικότητας 32m³) βρίσκονται σταθμευμένα στο ανατολικό άκρο (αδιέξοδο) του δρόμου που βρίσκεται κατά μήκος του δρόμου της νότιας πλευράς του κτιρίου μηχανικής διαλογής. Η κίνηση του φορείου και η αυτόνομη πλήρωση των containers επιτυγχάνεται μέσω αισθητήρα στάθμης υπερήχων (sonar level sensor).

- **Διαχείριση ακρήστων μονάδος ξηρού κλάσματος**

Στο βαρύ κλάσμα των βαλλιστικών διαχωριστών έχει παρατηρηθεί ότι περιέχεται σχεδόν το σύνολο πλαστικών φιαλών υγρών συσκευασιών (νερό, αναψυκτικά, απορρυπαντικά, καθαριστικά, κλπ). Από άποψη κατηγορίας υλικών κυριαρχεί το PET και σε μικρότερο βαθμό το PE και τέλος τα PVC και PP. Για την ανάκτηση των υλικών από PET, PE έχει εγκατασταθεί διάταξη χειροδιαλογής.

Η ταινία χειροδιαλογής έχει δυνατότητα εξυπηρέτησης έως 12 χειροδιαλογέων οι οποίοι εργάζονται σε υπερυψωμένη μεταλλική πλατφόρμα. Ανά δύο οι χειροδιαλογείς απορρίπτουν τις πλαστικές φιάλες σε κοινή χοάνη. Κάτω από την πλατφόρμα, οι χοάνες απορρίπτουν τις φιάλες σε σύστημα μεταφορικών ταινιών τροφοδοτούνται σε δεματοποιητή που παράγει δεμάτια διαστάσεων πλάτους 720mm, ύψους 800mm και μήκους μεταβλητού από 800mm έως 1200mm.

- **Μονάδα Κομποστοποίησης και Ωρίμανσης**

Η τεχνολογία Κομποστοποίησης του οργανικού κλάσματος είναι αυτή των καναλιών κομποστοποίησης. Διατίθεται μεγάλος αριθμός παράλληλων επιμήκων καναλιών μικρού πλάτους, στην είσοδο των οποίων το υλικό φορτώνεται μηχανικά, παραμένει εντός των καναλιών για συνολικό χρονικό διάστημα 58 περίπου ημερών υπό διαρκή αερισμό και περιοδική μηχανική ανάδευση ανά δύο ημέρες (στάδιο κομποστοποίησης).

Συγκεκριμένα, η μονάδα Κομποστοποίησης - Ωρίμανσης περιλαμβάνει 48 αεριζόμενα κανάλια πλάτους 5 m, βάθους 2,8 m και μήκους 84 m. Το ύψος του σωρού του κομποστοποιούμενου υλικού σε κάθε κανάλι κυμαίνεται περί τα 2,3 m. Σε κάθε κανάλι, το πρώτο τμήμα μήκους 58 m είναι διαθέσιμο για την διεργασία της κομποστοποίησης, ενώ το δεύτερο τμήμα μήκους 26 m είναι διαθέσιμο για τη διεργασία της ωρίμανσης.

Τα 48 κανάλια της μονάδας κατανέμονται σε τρία τμήματα, τα οποία αντιστοιχούν στα τρία modules του τμήματος Μηχανικού Διαχωρισμού. Κάθε τμήμα αποτελείται από τέσσερις γραμμές επεξεργασίας (τετράδες καναλιών), οι οποίες τροφοδοτούνται από το αντίστοιχο module με ανεξάρτητο σύστημα ταινιοδρόμων. Κάθε τετράδα διαθέτει αυτόνομο σύστημα διανομής υλικού. Καθημερινά τροφοδοτούνται συνολικά 24 κανάλια, δηλαδή 8 κανάλια ανά

module. Καθημερινά, σε ισάριθμα κανάλια, πραγματοποιείται ανάδευση και προώθηση του υλικού.

Για την ανάδευση και προώθηση του υλικού χρησιμοποιούνται συνολικά έξι μηχανήματα ανάδευσης- αερισμού – ύγρυνσης (MAAY). Αντιστοιχούν δύο MAAY ανά module. Κάθε MAAY αναδεύει και προωθεί το υλικό σε τέσσερα κανάλια ανά ημέρα, τα οποία τροφοδοτούνται με υλικό την επόμενη μέρα. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της έναρξης δύο διαδοχικών αναδεύσεων του ίδιου καναλιού, όπως προαναφέρθηκε, είναι 2 εργάσιμες ημέρες.

Για τον αερισμό του υλικού που βρίσκεται στο τμήμα κομποστοποίησης, κάθε κανάλι διαθέτει ψευτοδάπεδο, το οποίο επιτρέπει τη διέλευση του αέρα. Το ψευτοδάπεδο επιτρέπει επίσης τη διέλευση των στραγγιδίων προς το βιολογικό καθαρισμό του Εργοστασίου. Το μήκος του καναλιού που αντιστοιχεί στο τμήμα κομποστοποίησης διαιρείται σε τέσσερις ζώνες αερισμού. Στις τρεις πρώτες ζώνες εφαρμόζεται αερισμός με τη μέθοδο της αναρρόφησης, ενώ στην τελευταία εφαρμόζεται η μέθοδος της εμφύσησης.

Η μονάδα κομποστοποίησης-ωρίμανσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα συστήματα:

- α) Σύστημα ταινιόδρομων τροφοδοσίας, διατάξεις διανομής υλικού, ταινιόδρομο απομάκρυνσης κομποστοποιημένου υλικού.
- β) Σύστημα ανάδευσης, ύγρυνσης και προώθησης του υλικού και φορείο μετάθεσης αυτού.
- γ) Σύστημα αερισμού.

- Βελτιώσεις στην παραγωγή του compost

Η βελτίωση της λειτουργία της μονάδας κομποστοποίησης πραγματοποιείται με την προσαρμογή στα δίκτυα αναρρόφησης διάταξης εμφύσησης με ταυτόχρονη εφαρμογή και διατάξεων μέτρησης υγρασίας καθώς και την προσαρμογή λοιπών αυτοματισμών για την πρόληψη εμφράξεων στις σπές των ψευδοδαπέδων και την εξασφάλιση της ποιότητας του παραγόμενου compost. Συγκεκριμένα η μεταβολή αυτή πραγματοποιείται στην πρώτη ζώνη αερισμού.

- Μονάδα Εξευγενισμού Κόμποστ (Ραφιναρία)

Το παραγόμενο compost, οδηγείται προς ραφινάρισμα, που συνίσταται στο διαχωρισμό του από ξένες προσμίξεις (κυρίως γυαλί, σκληρά πλαστικά, χαλικάκι, film πλαστικών), καθώς και από τα μη πλήρως κομποστοποιημένα οργανικά στερεά.

Η λειτουργία της μονάδας ραφινάρισματος εξασφαλίζει την παραγωγή compost υψηλής καθαρότητας και επομένως εμπορευσιμότητας του τελικού προϊόντος.

Τα παραγωγικά στάδια της Μονάδας Ραφιναρίας έχουν συνοπτικά ως εξής:

- α) Τροφοδοσία και Δοσομέτρηση της Μονάδας

Το compost τροφοδοτείται μέσω ταινιόδρομου στη Μονάδα Ραφιναρίας, όπου δοσομετρείται προς τον κατάντη εξοπλισμό της Μονάδας.

β) Αρχική κοσκίνιση με δύο όμοια διβάθμια κόσκινα σπών 10 mm και 20 mm

Μέσω της κοσκίνισης σε περιστροφικό κόσκινο δύο βαθμίδων, παραλαμβάνονται τρία κλάσματα:

- *Υλικά λεπτόκοκκα μεγέθους <10 mm*: Αποτελούν το κύριο compost το οποίο περιλαμβάνει μικρού μεγέθους ξένες προσμίξεις. Το κλάσμα αυτό οδηγείται προς περαιτέρω εξευγενισμό σε βαρυμετρική τράπεζα.
- *Υλικά αδρομερή μεγέθους < 20 mm*: Αφορούν κυρίως τα μη πλήρως κομποστοποιημένα οργανικά υλικά, αλλά και σημαντική ποσότητα λεπτόκοκκου παρασυρόμενου κόμποστ, που διαχωρίζονται με περαιτέρω επεξεργασία σε βαρυμετρική τράπεζα και δονητικό κόσκινο.
- *Υλικά μεγέθους > 20 mm*: Πρόκειται για άχρηστα υλικά που απορρίπτονται ως άχρηστα.

γ) Καθαρισμός κλάσματος compost (<10 mm) με σύστημα που συνδυάζει αεροδιαχωρισμό με βαλλιστικό διαχωριστικό (βαρυμετρική τράπεζα).

Με χρήση συστήματος που συνδυάζει αεροδιαχωρισμό με βαλλιστικό διαχωρισμό (βαρυμετρική τράπεζα), διαχωρίζεται και συλλέγεται το οργανικό κλάσμα compost (<10 mm) από τα βαρέα αδρανή υλικά. Το compost οδηγείται κατόπιν προς προσωρινή αποθήκευση και στη συνέχεια προς διάθεση ή προς περαιτέρω επεξεργασία και τυποποίηση σε συσκευαστήριο.

δ) Εξευγενισμός και αξιοποίηση κλάσματος μεγέθους <20 mm

Τα οργανικά υλικά με μέγεθος <20 mm που προέρχονται από το διαχωρισμό στο περιστροφικό κόσκινο υφίστανται μια σειρά σταδίων επεξεργασίας:

- Εξευγενισμός μέσω βαρυμετρικής τράπεζας για την απομάκρυνση βαρέων και πολύ ελαφρών υλικών.
- Τελικό διαχωρισμό, μέσω δονητικού κοσκίνου, σε παρασυρόμενο compost (μεγέθους <10 mm) και σε μη πλήρως κομποστοποιημένο υλικό (μεγέθους <20 mm).

Το τελικό κλάσμα compost μεγέθους <10 mm, που αποτελεί ώριμο compost, συναθροίζεται με το υπόλοιπο compost. Το κλάσμα μεγέθους μεταξύ 10 mm και 20 mm είναι ατελώς κομποστοποιημένο υλικό και επανατρέπεται προς τον αναμίκτη της μονάδας μηχανικού διαχωρισμού, όπου αναμειγνύεται με τα υπόλοιπα οργανικά κλάσματα που τροφοδοτούν την Μονάδα Κομποστοποίησης και Ωρίμανσης. Η τελική ωρίμανση του compost

ολοκληρώνεται στην πλατεία χουμποποίησης όπου το υλικό διαστρώνεται σε σειράδια, σε ελεγχόμενες παρτίδες, για 1-2 μήνες.

- **Συσκευαστήριο Κόμποστ**

Το compost που εξέρχεται από τη μονάδα ραφιναρίας καταλήγει, μέσω μεταφορικής ταινίας, σε υπαίθρια πλατεία από σκυρόδεμα.

Το μέρος αυτού που προορίζεται για τυποποίηση αποθηκεύεται με φορτωτές σε κλειστό κτίριο, όπου παραμένει επί περίπου 8 εβδομάδες για την ολοκλήρωση των διαδικασιών χουμποποίησης. Στη συνέχεια λειοτριβείται σε μέγεθος <2 mm, ζυγίζεται, ενσακκίζεται και παλετάρεται.

Το υπόλοιπο του παραγόμενου compost αποθηκεύεται σε σωρούς στην υπαίθρια πλατεία από σκυρόδεμα, όπου παραμένει επί 8 περίπου βδομάδες για την ολοκλήρωση των διεργασιών χουμποποίησης. Στη συνέχεια φορτώνεται ασυσκευαστο σε ανοιχτά φορτηγά για διάφορες χρήσεις (υλικό αποκατάστασης ΧΥΤΑ και παλαιών ΧΔΑ, χρήση σε άλεση, εμπλουτισμός ορεινών όγκων για αναδασώσεις και ενίσχυση της φυτικής ανάπτυξης, διάφορες δενδροκαλλιέργειες κ.α.). Η πλατεία διαθέτει κανάλι, περιμετρικά, για την απορροή των ομβρίων.

Σημειώνεται ότι μέχρι την εξασφάλιση της εμπορευσιμότητας του ως άνω συσκευασμένου compost, ελάχιστη μόνο ποσότητα αυτού συσκευάζεται, κυρίως για λόγους επίδειξης και ετοιμότητας της μονάδας, αλλά εφόσον του ζητηθεί έχει την υποχρέωση να υποστηρίξει την λειτουργία του σε κατάσταση πλήρους δυναμικότητας. Συγκεκριμένα λειτουργίας σε κατάσταση πλήρους δυναμικότητας θα ενσακίζεται το 15% της συνολικά παραγόμενης ποσότητας compost

2.2.4 Συνοπτική περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και εξοπλισμού

➤ **Υποδοχή- Τροφοδοσία Απορριμμάτων**

α. Για τη **ζύγιση** των απορριμμάτων υπάρχουν τρεις ηλεκτρονικές γεφυροπλάστιγγες διαστάσεων 18 X 3m, με 4 δυναμοκυψέλες έκαστη, με δυναμικότητα 60 τόνων για κάθε δυναμοκυψέλη και ικανότητα φόρτωσης της γεφυροπλάστιγγας 70t, η οποία συνδέεται με Η/Υ για αυτοματοποίηση της ζύγισης.

β. Για την **παραλαβή** των απορριμμάτων υπάρχουν τρεις γερανογέφυρες με αρπάγη, ανυψωτικής ικανότητας 6t, που εξυπηρετούν τα τρία modules της ΜΜΔ. Η κάθε γερανογέφυρα έχει ταχύτητα σταθερής πορείας 0,60 m/min και δυνατότητα αντιστροφής της κίνησης. Η αρπάγη είναι ηλεκτροϋδραυλική, με 8 πόδες, χωρητικότητας 5m³.

γ. Η τροφοδοσία των απορριμμάτων γίνεται με τρεις ερπυστριοφόρες πλακοταινίες με χράνη, μια για κάθε module. Οι πλακοταινίες είναι μεταλλικές πλάτους 2,08 m και ογκομετρικής παροχής 212 m³/h έκαστη.

- Εξοπλισμός Μ.Μ.Δ

Όπως προαναφέρθηκε, στη Μονάδα Μηχανικού Διαχωρισμού, πλην της υποδοχής και τροφοδοσίας των απορριμμάτων, λαμβάνει χώρα ο μηχανικός διαχωρισμός, η επεξεργασία του ξηρού κλάσματος και η διαχείριση των αχρήστων.

Ειδικότερα:

α. Για την απομάκρυνση των ογκωδών και τη διάνοιξη των σάκων υπάρχει ο εξής εξοπλισμός:

α1. Τα εμφανώς ογκώδη και οχλούντα αντικείμενα απομακρύνονται από την τάφρο υποδοχής με τη βοήθεια της αρπάγης, ύστερα από οπτική παρατήρηση και εκτίμηση του χειριστή της Γ/Φ.

α2. Στη συνέχεια, σε κάθε module υπάρχει σχιστήρας σάκων αναρτημένος με αλυσίδες επάνω σε κάθε πλακοταινία στο σημείο εξόδου από αυτήν των απορριμμάτων. Πρόκειται για μια μεταλλική ταινία εφοδιασμένη με οδόντες, που αναρτάται με αλυσίδες σε μεταλλικό πλαίσιο, σε σχεδόν οριζόντια θέση πάνω από το σημείο απόρριψης της πλακοταινίας και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Ο σχιστήρας κινείται στην ίδια φορά με την πλακοταινία αλλά με διπλάσια ταχύτητα (20m/min).

β. Για το διαχωρισμό των υλικών βάσει μεγέθους, έχουν τοποθετηθεί ανά module:

β1. Πρωτοβάθμιο περιστρεφόμενο κόσκινο, με εσωτερική διάμετρο τυμπάνου 3,6 m, μήκους 10 m, με οπές διαμέτρου 175 mm X 250 mm. Η ταχύτητα περιστροφής είναι μεταβαλλόμενη από 5-14 rpm, όπως και η κλίση 1-5°.

β2. Δευτεροβάθμιο διβάθμιο περιστρεφόμενο κόσκινο, με οπές Φ80 στο πρώτο τμήμα και Φ100 στο δεύτερο, εσωτερικής διαμέτρου τυμπάνου 3m και μήκους 12 m. Η ταχύτητα περιστροφής είναι μεταβαλλόμενη 3-11 rpm, όπως και η κλίση 1-5°.

β3. Τριτοβάθμιο κόσκινο διαμέτρου 3 m και μήκους 8 m, με οπές διαμέτρου 25 mm, που υποδέχεται το προκομποστοποιημένο υλικό του βιοκυλίνδρου.

Τα κόσκινα αποτελούνται από το πλαίσιο στήριξης, το ενιαία στιβαρό κυλινδρικό τύμπανο όπου προσαρμόζονται τα διάτρητα χαλύβδινα φύλλα που μπορούν να αφαιρεθούν και να εναλλαχθούν, χαλύβδινες στεφάνες περιστροφής πάχους 20mm που εδράζονται σε 4 τροχούς με επένδυση από ειδικό ελαστικό. Τα διάτρητα μέρη είναι ανεξάρτητα και αφαιρετά ώστε να μπορούν να εναλλάσσονται.

γ. Στο ρεύμα των ευμεγεθών (εξερχομένων) του πρωτοβάθμιου κοσκίνου (υλικά > 175 mm X 250 mm) έχει προβλεφθεί τεμαχιστής ευμεγεθών δυναμικότητας 6 t/h, αφού προηγηθεί αφαίρεση των σιδηρούχων με μαγνήτη. Πρόκειται για υδραυλικά περιστρεφόμενο τεμαχιστή χαμηλής ταχύτητας κοπής με διάτμηση (shredder). Ο τεμαχιστής αποτελείται από δύο περιστρεφόμενους άξονες που φέρουν περιστρεφόμενους δίσκους, διαμέτρου 365mm, πλάτους 38mm σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Κάθε δίσκος φέρει ενισχυμένες εξοχές σχήματος γάντζου. Οι δύο άξονες περιστρέφονται με αντίθετη φορά και διαφορετική ταχύτητα περιστροφής. Τα τεμαχισμένα υλικά παραλαμβάνονται με διαστάσεις 38x200mm από το κάτω μέρος του τεμαχιστή. Ο τεμαχιστής κινείται με υδραυλικό κινητήρα βαρέος τύπου που είναι απ' ευθείας συνδεδεμένος με τον κινητήριο άξονα. Περιβάλλεται από στιβαρό πλαίσιο με ανοιγόμενες θύρες.

δ. Για την απομάκρυνση των μαγνητιζόμενων μετάλλων, έχουν τοποθετηθεί 4 διαχωριστές ανά module (A,B,C), (δηλ. 12 διαχωριστές συνολικά στη μονάδα μηχανικού διαχωρισμού) και 9 διαχωριστές στη γραμμή επεξεργασίας του ξηρού κλάσματος (δύο για καθένα από τους 4 βαλλιστικούς διαχωριστές και ένας κοινός για τα συναθροιζόμενα κοσκινίσματά τους). Συγκεκριμένα:

- Μαγνητικός διαχωριστής Α' (συνολικά 3) από αδρομερή κοσκινίσματα β' βάρθμιου κόσκινου (υλικά διαμέτρου 80 mm<d<100mm)
- Μαγνητικός διαχωριστής Β' (συνολικά 3) από ευμεγέθη β' βάρθμιου κόσκινου (υλικά > 100mm)
- Μαγνητικός διαχωριστής Γ' (συνολικά 3) από λεπτόκοκκα β' βάρθμιου κόσκινου (υλικά <80 mm)
- Μαγνητικός διαχωριστής Δ' (συνολικά 3) από ευμεγέθη α' βάρθμιου κόσκινου (υλικά >175 mm X250 mm)
- Μαγνητικός διαχωριστής Ε' (συνολικά 4) από το ελαφρό κλάσμα (εύκαμπτα) βαλλιστικού διαχωρισμού, για λόγους προστασίας των τεμαχιστών.
- Μαγνητικός διαχωριστής ΣΤ' (συνολικά 4) από το βαρύ (άκαμπτο ή σκληρό) κλάσμα του βαλλιστικού διαχωρισμού.
- Μαγνητικός διαχωριστής Ζ' (ένας) από το σύνολο (συνάθροιση) των κοσκινισμάτων (λεπτόκοκκο) και των 4 βαλλιστικών διαχωριστών.

ε. Για το διαχωρισμό του ρεύματος των υλικών που οδηγούνται προς παραγωγή **RDF**, υπάρχουν τέσσερις βαλλιστικοί διαχωριστές με δονητικό τροφοδότη. Πρόκειται για μία κεκλιμένη τράπεζα διαιρούμενη σε 12 δονούμενες διάτρητες πλάκες, με διαστάσεις οπών 30x100mm. Οι πλάκες εκτελούν έκκεντρη περιστροφική κίνηση και κάθε πλάκα εδράζεται σε περιστρεφόμενα έκκεντρα. Η δυναμικότητα κάθε διαχωριστή είναι 18 t/h και

τροφοδοτείται από ανεξάρτητο δονητικό τροφοδότη. Τα τρία ρεύματα του κάθε διαχωριστή (κοσκίνισμα, εύκαμπτα/ελαφρά (RDF), άκαμπτα / σκληρά (άχρηστα)) τροφοδοτούν αντίστοιχες μεταφορικές ταινίες.

στ. Για τον **τεμαχισμό των ελαφρών** (εύκαμπτων) που διαχωρίστηκαν στο βαλλιστικό διαχωριστή υπάρχουν τέσσερις τεμαχιστές, ένας για κάθε βαλλιστικό διαχωριστή. Οι τεμαχιστές είναι τύπου οριζόντιου άξονα με διατάξεις κοπτήρων και μέση ταχύτητα περιστροφής. Αποτελούνται από κέλυφος εντός του οποίου περιστρέφεται κυλινδρικό τύμπανο. Το τύμπανο περιστρέφεται γύρω από τον οριζόντιο άξονα και η εξωτερική επιφάνειά του φέρει τις διατάξεις κοπτήρων. Η εσωτερική πλευρά του κελύφους του τεμαχιστή, προς την αντίθετη πλευρά από αυτήν της εισόδου, διαθέτει κυλινδρική κατασκευή από διάτρητο έλασμα με κοπτήρες που σε συνδυασμό με τις περιστρεφόμενες κοπτικές διατάξεις του τυμπάνου επιτυγχάνουν τον τεμαχισμό και την εξαγωγή του υλικού. Το τεμαχισμένο υλικό εξέρχεται από τις οπές του διάτρητου ελάσματος. Η μέγιστη δυναμικότητα του τεμαχιστή είναι 12 t/h. Η τροφοδοσία και διανομή της ροής στους 4 τεμαχιστές γίνεται μέσω ισάριθμων κατακόρυφων σταθερών χοανών.

ζ. Το κλάσμα των τεμαχισμένων ελαφρών του ξηρού κλάσματος (RDF) οδηγείται σε **δεματοποιητή** δυναμικότητας 40 t/h. Το σύστημα συμπίεσης είναι εφοδιασμένο με όλα τα παρελκόμενα συστήματα τροφοδοσίας του fluff υλικού και αποκομιδής του τεμαχισμένου RDF, καθώς και με τράπεζα οδήγησης του δεματοποιημένου fluff προϊόντος προς το όχημα μεταφοράς του.

η. Για τη **μείωση του μεγέθους, εμπλουτισμό - καθαρισμό** και την **ταχεία έναρξη των διεργασιών κομποστοποίησης** του βιοαποδομήσιμου οργανικού κλάσματος που οδηγείται από τη ΜΜΔ προς κομποστοποίηση, υπάρχουν 3 βιοαντιδραστήρες, ένας για κάθε module, εσωτερικής διαμέτρου 3,88 m και μήκους 42,5 m.

Διαθέτει εσωτερικές λεπίδες που τοποθετούνται σε τροχιά ασυνεχούς έλικα με σκοπό την προώθηση του υλικού προς την έξοδο του βιοκυλίνδρου, όπως και διαμήκειες λάμες για την ανακίνηση του υλικού. Ταυτόχρονα οι λεπίδες και οι λάμες λειτουργούν και για την ελάττωση του μεγέθους του βιοαποδομήσιμου οργανικού κλάσματος. Ο αερισμός γίνεται από φυγοκεντρικούς αεριστήρες.

θ. Υπάρχουν τέσσερις **διαχωριστές αλουμινίου**, ένας σε κάθε γραμμή, της μονάδας επεξεργασίας ξηρού κλάσματος, τύπου επαγωγικού μαγνητικού πεδίου (eddy current), δυναμικότητας 6t/h. Αποτελείται από περιστρεφόμενο ρότορα κατασκευασμένο από φυσικό μόνιμο μαγνήτη, που περιστρέφεται μέσα σε μεταλλικό τύμπανο. Η φορά περιστροφής ρότορα και τυμπάνου είναι κοινή. Το τύμπανο λειτουργεί και ως τερματική τροχαλία κίνησης της ταινίας που μεταφέρει τα υλικά προς διαχωρισμό. Η μετάδοση της

κίνησης γίνεται μέσω τροχαλιών και ιμάντα. Ο διαχωριστής είναι εξοπλισμένος με δονητικό τροφοδότη.

ι. Για τη **μέτρηση της παροχής των ΑΣΑ** και για τη μέτρηση του βιοαποδομήσιμου οργανικού υλικού που εξέρχεται από το μηχανικό διαχωρισμό, έχουν προβλεφθεί αντίστοιχοι ταινιοζυγοί (δύο ανά module), ηλεκτρονικού τύπου. Ο πρώτος εγκαθίσταται επί μεταφορικής ταινίας η οποία παραλαμβάνει το υλικό από την πλακοταινία τροφοδοσίας και το οδηγεί στο πρωτοβάθμιο κόσκινο (Α' Κόσκινο) και ο δεύτερος επί της μεταφορικής ταινίας η οποία τροφοδοτεί το υλικό που εξέρχεται από τον ομογενοποιητή. Η α' ζυγιστική διάταξη αποτελείται από μεταλλικό πλαίσιο, από μία δυναμοκυψέλη τύπου έλξεως και μια χωριστή ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Η β' ζυγιστική διάταξη αποτελείται από μεταλλικό πλαίσιο, από μία δυναμοκυψέλη τύπου έλξεως με ημιαγωγό αισθητήριο πίεσης και μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

➤ **Μονάδα Ιλύος- Ομογενοποίηση των Υλικών**

α. Παρόλο που δεν προβλέπεται η υποδοχή ιλύος στο EMA, περιγράφεται κατωτέρω συνοπτικά το εν λόγω τμήμα του EMA:

Η αποθήκευση της ιλύος γίνεται σε μεταλλική χοάνη με αντίστροφη κλίση τοιχωμάτων (κόλουρη πυραμίδα) και πυθμένα τύπου ολισθαίνοντος πλαισίου επί του δαπέδου για την προώθηση αλλά και τη δοσομέτρηση της παραλαμβανόμενης ιλύος. Υπάρχουν τρεις διατάξεις, μία ανά module, αποτελούμενη η κάθε μία από 2 σιλό υποδοχής και δοσομέτρησης. Ο όγκος του κάθε σιλό είναι 80 m^3 , με δυνατότητα τροφοδοσίας 5,5 t/h. Στην έξοδο κάθε κινούμενου δαπέδου υπάρχουν δύο εν σειρά μεταφορικοί κοχλίες. Μέσω των πιο πάνω διατάξεων γίνεται και η **δοσομέτρηση της ιλύος**.

β. Ο **τεμαχισμός κλαδιών-χόρτων** γίνεται με ένα κοινό για όλα τα modules τεμαχιστή, με τα κάτωθι χαρακτηριστικά:

- Σύστημα τροφοδοσίας με μεταλλική πλακοταινία (argon), υδραυλική κίνησης και μεταβλητής ταχύτητας
- Σύστημα παραλαβής, προσυμπίεσης και οδήγησης των ογκωδών φυτικών μορφωμάτων εντός του θαλάμου τεμαχισμού
- Τεμαχιστή οριζόντιου τροφοδοσίας, τύπου περιστρεφόμενου ρότορα, με σφύρες (flail rotor)
- Σύστημα εξαγωγής και δοσομέτρησης τεμαχιδίων, αποτελούμενο από αλυσσομεταφορέα με αποξεστήρες (trough scrapper) υδραυλικής κίνησης, μεταβλητής κλίσης και ταχύτητας.

γ. Η **ομογενοποίηση** των υλικών γίνεται με έναν αναμείκτη-ομογενοποιητή ανά module, τύπου περιστροφικού τυμπάνου (ήπιας ανάμειξης).

δ. Η **διακίνηση των τεμαχισμένων κλαδιών** γίνεται με μεταφορική ταινία.

➤ **Μονάδα Κομποστοποίησης - Ωρίμανσης**

α. Η διανομή του υλικού από τη γραμμή ομογενοποίησης (μία ανά module) προς τη μονάδα **κομποστοποίησης ωρίμανσης** γίνεται με σύστημα διανομής και τροφοδοσίας. Στο κάθε module αντιστοιχούν τέσσερις γραμμές επεξεργασίας (**Γ.Ε.**), οι οποίες εξυπηρετούνται, ανά δύο, με ένα Μηχάνημα Ανάδευσης – αερισμού – Υγρανσης (**MAAY**), δηλαδή σε κάθε module αντιστοιχούν δύο MAAY. Η κάθε Γ.Ε. αποτελείται από 4 κανάλια. Συνεπώς, σε καθένα από τα τρία module αντιστοιχούν 4 Γ.Ε. * 4 κανάλια = 16 κανάλια (3*16 = 48 κανάλια σε όλη τη μονάδα κομποστοποίησης) και σε κάθε MAAY αντιστοιχούν 8 κανάλια. Το σύστημα διανομής και τροφοδοσίας αποτελείται από τρεις εν σειρά διανεμητές ροής, που κατανέμουν το υλικό που εξέρχεται από τους ομογενοποιητές προς τις τέσσερις γραμμές επεξεργασίας (κομποστοποίησης-ωρίμανσης) με τη βοήθεια ταινιοδρόμων μεταφοράς του υλικού. Οι πιο πάνω ταινιόδρομοι οδηγούν το υλικό προς τους ταινιοδρόμους τροφοδοσίας εντός του κτιρίου κομποστοποίησης-ωρίμανσης.

β. Η **ανάδευση-αερισμός-ύγρανση και προώθηση** του υλικού γίνεται με έξι κινούμενα μηχανήματα (MAAY), δύο για κάθε module, δηλ. ένα μηχανήμα για 8 κανάλια. Το μηχανήμα είναι τύπου περιστρεφόμενου ρότορα με μαχαίρια (για την ανάδευση του υλικού) και με μεταλλική ταινία για την προώθηση και μετατόπιση του υλικού. Το μηχανήμα περιλαμβάνει ένα μεταλλικό πλαίσιο με τέσσερις τροχούς το οποίο κυλάει στη στέψη των καναλιών, ενώ φέρει επίσης και τα συστήματα μέτρησης της θερμοκρασίας και διαβροχής του υλικού.

γ. Το **σύστημα αερισμού** του παραγόμενου compost γίνεται με αναρρόφηση στις τρεις πρώτες ζώνες αερισμού και εμφύσηση στην τελευταία ζώνη. Το σύστημα αναρρόφησης αποτελείται από δώδεκα πλαστικούς (για αντοχή στη διάβρωση) ανεμιστήρες κατάλληλης δυναμικότητας, αεραγωγούς από πολυπροπυλένιο, όργανα μέτρησης θερμοκρασίας και αντίστοιχες ρυθμιστικές δικλείδες ελέγχου της διεργασίας και το σύστημα εμφύσησης από δώδεκα πλαστικούς για αντοχή στην διάβρωση ανεμιστήρες κατάλληλης δυναμικότητας, αεραγωγούς από πολυπροπυλένιο και δικλείδες χειροκίνητου ελέγχου.

δ. Η **προσθήκη υγρασίας** στο compost γίνεται αυτόματα από διάταξη που είναι εγκατεστημένη στο MAAY και περιλαμβάνει τύμπανο περιτύλιξης του ελαστικού αγωγού με αυτόματη τάνυση, ηλεκτροβάνια για αυτόματη λειτουργία, φίλτρο κατακράτησης σωματιδίων και βαλβίδα ρύθμισης παροχής. Για την προσθήκη υγρασίας χρησιμοποιείται νερό από την ΕΥΔΑΠ ή ανακυκλωμένο νερό των εγκαταστάσεων υπό την προϋπόθεση ότι ο

λειτουργός αποδεικνύει ότι η ποιότητα του προστιθέμενου νερού δεν αλλοιώνει καθ' οιονδήποτε τρόπο την ποιότητα των διεργασιών κομποστοποίησης και τις προδιαγραφές (микροβιολογικό προφίλ κλπ) του παραγόμενου κόμποστ.

ε. Η αποκομιδή του κόμποστ μετά την ωρίμανση προς τη ραφιναρία γίνεται αυτόματα, με χρήση ταινιοδρόμων αποκομιδής του υλικού.

➤ **Ραφιναρία**

α. Η τροφοδοσία και δοσομέτρηση του compost γίνεται με χοάνη τροφοδοσίας, στον πυθμένα της οποίας λειτουργούν αλυσσοταινίες μεταφοράς. Η χοάνη έχει σχήμα κόλουρης πυραμίδας και αρνητική κλίση για να μην επικολλάται το υλικό στα τοιχώματα.

β. Ο διαχωρισμός των υλικών βάσει μεγέθους γίνεται:

β1. Με δύο όμοια διβάθμια περιστρεφόμενα κόσκινα, κυκλικής διατομής, με εσωτερική διάμετρο τυμπάνου 3,0 m, μήκος διάτρητου τμήματος 12 m και διάμετρο οπών 10 mm και 20 mm. Η ταχύτητα περιστροφής είναι μεταβαλλόμενη 5-14rpm όπως και η κλίση μεταξύ 1-5°. Τα κόσκινα αποτελούνται από το πλαίσιο στήριξης, το ενιαίο στιβαρό κυλινδρικό τύμπανο όπου προσαρμόζονται τα διάτρητα χαλύβδινα φύλλα, που είναι αφαιρετά και εναλλασσόμενα, χαλύβδινες στεφάνες από ειδικό ελαστικό. Το ένα ζεύγος των τροχών είναι κινητήριοι και συνδέονται με άξονα για μετάδοση της κίνησης.

β2. Με τρεις βαρυμετρικές τράπεζες δυναμικότητας 18 t/h έκαστη: Δύο όμοιες, που χρησιμοποιούνται «εν παραλλήλω» για την **επεξεργασία** του κλάσματος που διέρχεται από τις μικρές οπές του διαβάθμιου κοσκίνου ($\Phi < 10\text{mm}$) και μία για το υλικό με $10\text{ mm} < \Phi < 20\text{ mm}$, προς ανάκτηση του οργανικού που δεν έχει ακόμη κομποστοποιηθεί και ανακτάται προς ανακυκλοφορία στον ομογενοποιητή. Η βαρυμετρική τράπεζα είναι συνδυασμός βαλλιστικού διαχωρισμού και αεροδιαχωρισμού και είναι τύπου δονούμενης τράπεζας ρευστοποίησης. Η ρευστοποίηση του υλικού γίνεται μέσω κεκλιμένης δονούμενης τράπεζας και ταυτόχρονης εμφύσησης αέρα και συνδυάζεται με κυκλώνα όπου γίνεται ο διαχωρισμός ελαφρών και σκόνης καθώς και των πολύ λεπτόκοκκων βαρέων. Κάθε σύστημα περιλαμβάνει : Δονούμενη τράπεζα, μεταλλική διάταξη στήριξης, μηχανισμό παλινδρομικής κίνησης, ανεμιστήρα ρευστοποίησης, κυκλώνα και ανεμιστήρα αναρρόφησης, κοχλία απαγωγής των πολύ λεπτοκόκκων βαρέων.

γ. Δονούμενο κόσκινο, τύπου flip-flor, δυναμικότητας 16 t/h, με κλίση 20° που περιλαμβάνει τη διάταξη κοσκίνισης που εδράζεται σε ελατήρια και αποτελείται από πλαίσιο όπου προσαρμόζονται τα διάτρητα ελάσματα κοσκίνισης, δηλαδή δύο επιφάνειες

κοσκίνισης η μία πάνω στην άλλη. Η κατώτερη επιφάνεια φέρει οπές διαστάσεων 10mmx10mm, ενώ η ανώτερη φέρει οπές άλλων διαστάσεων.

δ. Η μεταφορά του μη πλήρως κομποστοποιημένου υλικού προς το σιλό αποθήκευσης των τεμαχισμένων κλαδιών γίνεται με χρήση αυλωτού μεταφορέα ελαστικού ιμάντα. Η δυναμικότητα του συστήματος ανέρχεται σε 12 t/h.

ε. Η διαδικασία ωρίμανσης του compost, μετά τη ραφίναρία, ολοκληρώνεται στη πλατεία χουμποποίησης, όπου το compost σε σειράδια παραμένει για διάστημα 1-2 μηνών.

➤ **Συσκευαστήριο Κόμποστ**

Για την ενσάκιση του compost χρησιμοποιείται:

α. Τεμαχιστής λειοτριβήσης τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου με σφυριά (σφυρόμυλος) με ενσωματωμένη διάταξη κοσκίνισης, δυναμικότητας 6 t/h. Στο θάλαμο θραύσης περιστρέφονται δύο οριζόντιοι ρότορες (με αρθρωτά σφυριά), που παίρνουν κίνηση από ισάριθμους κινητήρες. Τα σφυριά είναι διατεταγμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστη κάλυψη της επιφάνειας του θαλάμου. Η συνολική επιφάνεια λειοτριβήσης είναι 2 m². Πριν την έξοδο του από το θάλαμο το υλικό διέρχεται από διάταξη κοσκίνισης με κλίση 45° για την παρακράτηση τυχόν ευμεγεθών και επαναφέρονται στην είσοδό του λειοτριβητή για επαναθρυμματισμό. Το λειοτριβημένο compost απορρίπτεται επί μεταφορικής ταινίας που τροφοδοτεί τη συσκευαστική διάταξη. Ο λειοτριβητής είναι εφοδιασμένος με δοσομετρικό αλυσσομεταφορέα με αποξεστήρες και με διάταξη αποκονίωσης.

β. Αυτόματο σύστημα ζύγισης που περιλαμβάνει i) χοάνη τροφοδοσίας, με αισθητήριο στάθμης, ii) μεταφορική διάταξη (ταινία με λάμες) για την δοσομετρική τροφοδοσία του υλικού προς ζύγιση, καδόμυλο και χοάνη εκφόρτωσης.

γ. Σύστημα πλήρωσης που διαθέτει αυτόματο σύστημα ενσάκισης του compost, αποτελούμενο από τη μηχανή ενσάκισης, σύστημα πλήρωσης των σάκων με υλικό, σύστημα σφραγίσματος των σάκων και εξαγωγής τους προς τα περαιτέρω τμήματα της Μονάδας. Το σύστημα είναι δυναμικότητας 500 σάκων/ώρα και 20-40 λίτρων περίπου (10-20 kg) και διαθέτει σύστημα εξομάλυνσης της διάστρωσης του υλικού εντός των σάκων. Το σύστημα χρησιμοποιεί σάκο πολυαιθυλενίου από συνεχές ρολό, με δύο διατάξεις θερμοκόλλησης του σάκου (άνω και κάτω). Η διαδικασία τροφοδοσίας του φύλλου σάκου, προώθησης, συγκράτησης και πλήρωσης των σάκων είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Όλα τα μέρη του εξοπλισμού που έρχονται σε επαφή με το compost κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα.

δ. Αυτόματο **σύστημα παλλεταρίσματος** περιστρεφόμενου τύπου, με γερανό αναρροφητήρα κενού, για την ανύψωση και εναπόθεση των σάκων. Για την περιτύλιξη των παλετών χρησιμοποιείται ημιαυτόματη διάταξη με περιστρεφόμενο δάπεδο και κατακόρυφο ορθοστάτη. Υπάρχει αυτόματο σύστημα τροφοδοσίας των κενών παλετών και αυτόματο σύστημα φόρτωση των παλετών με τους σάκους. Το όλο σύστημα είναι εφοδιασμένο με ραουλόδρομους και ταινιόδρομους μεταφοράς σάκων και παλετών.

ε. Τέλος για την εξυπηρέτηση των αναγκών σε αέρα των διατάξεων τυποποίησης, προσφέρεται αεροσυμπιεστής με αεροφυλάκιο. Η δυνατότητά του είναι 440 λίτρα/λεπτό στα 10 bar και η χωρητικότητα του αεροφυλακίου 100 λίτρα.

➤ **Συστήματα Τυποποίησης Παραπροϊόντων και Μετάλλων**

1.Συστήματα τροφοδοσίας παραπροϊόντων (άχρηστων) Μηχανικού Διαχωρισμού.

Τα άχρηστα του Μηχανικού Διαχωρισμού οδηγούνται με ταινιοδρόμους προς το σιλό προσωρινής αποθήκευσης, όγκου 30 m³. Στη βάση του εξοπλίζεται με δονούμενο τροφοδότη που απορρίπτει στη μεταφορική ταινία τροφοδοσίας του αντίστοιχου συμπιεστή. Η δυναμικότητα του συστήματος δεματοποίησης είναι 59 t/h.

2. Συστήματα τυποποίησης μετάλλων (Fe και Al)

i. Τα **σιδηρούχα μέταλλα** από το Μηχανικό Διαχωρισμό οδηγούνται με ταινιοδρόμους σε σιλό αποθήκευσης. Στη βάση τους, τα σιλό είναι εξοπλισμένα με δονούμενο τροφοδότη που «εκβάλλει» στην κοινή μεταφορική ταινία τροφοδοσίας του κοινού συμπιεστή, δυναμικότητας 7,2 t/h, ο οποίος επιτυγχάνει συμπίεση σε τρεις κατευθύνσεις, με τη βοήθεια αντίστοιχων υδραυλικών εμβόλων: αξονική, πλάγια και κάθετη.

Τα δεμάτια των μετάλλων, στην έξοδο του συμπιεστή, παραλαμβάνονται από μεταλλική μεταφορική ταινία και οδηγούνται στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης.

ii. Τα **αλουμινούχα μέταλλα** τυποποιούνται κατά τρόπο ανάλογο με τα σιδηρούχα. Ο δεματοποιητής έχει δυναμικότητα παραγωγής δεματίων 0,95 t/h, και είναι εξοπλισμένος με ταινιόδρομους τροφοδοσίας, με σιλό και με ταινιόδρομους αποκομιδής των δεματίων.

➤ **Συστήματα Προστασίας Περιβάλλοντος**

▪ Διατάξεις απαγωγών-απόσμησης υποδοχής απορριμμάτων

Κάθε κτίριο υποδοχής των απορριμμάτων διαθέτει δίκτυο απαγωγής αέρα που αποτελείται από κεντρικό οριζόντιο αγωγό και κατακόρυφες διακλαδώσεις πλευρικά από όλες τις αυτόματες πόρτες για αναρρόφηση του αέρα από χαμηλό ύψος. Για την αναρρόφηση του αέρα υπάρχει ένας φυγοκεντρικός ανεμιστήρας σε κάθε κτίριο.

Επίσης, έχουν εγκατασταθεί 3 βιόφιλτρα, ένα ανά κτήριο, κάθε ένα επιφάνειας 300 m² και ύψους κλίνης 1,2 m.

▪ Διατάξεις απαγωγών-απόσμησης αέρα κτηρίου μηχανικού διαχωρισμού

Οι διατάξεις απαγωγή του αέρα από το κτήριο μηχανικού διαχωρισμού περιλαμβάνουν ανά γραμμή επεξεργασίας: σύστημα αεραγωγών απαγωγής του αέρα (ένας κεντρικός αγωγός, με διακλαδώσεις σε διάφορες θέσεις), ανεμιστήρα αναρρόφησης παροχής 50.000 m³/ώρα και ισχύος 95 kw, διάταξη αποκονίωσης, με σακκόφιλτρο επιφάνειας φίλτρανης 333 m² και διάταξη απόσμησης, με βιόφιλτρο επιφάνειας 300 m² και ύψους κλίνης 1,2 m.

▪ Διατάξεις απαγωγών-απόσμησης αέρα χώρου RDF

Στο χώρο παραγωγής του RDF υπάρχει σύστημα απαγωγής του αέρα και αποκονίωσης στα τμήματα του εξοπλισμού όπου παράγεται σκόνη.

▪ Διατάξεις απαγωγών-απόσμησης αέρα μονάδας κομποστοποίησης

Κάθε γραμμή κομποστοποίησης περιλαμβάνει κεντρικό αεραγωγό. Για το σκοπό αυτό, έχουν εγκατασταθεί φυγοκεντρικοί ανεμιστήρες (ένας ανά γραμμή), παροχής 50.000 m³/ώρα και ισχύος 55 kW. Για την απόσμηση του αέρα, λειτουργεί ειδική προς τούτο εγκατάσταση (scrubbers), η οποία περιγράφεται συνοπτικά στην παρ. 5.13 της παρούσας.

▪ Διατάξεις απαγωγών-απόσμησης αέρα μονάδας ραφιναρίας

Στο κτήριο ραφιναρίας υπάρχει αντίστοιχο σύστημα απαγωγής (με δίκτυο αεραγωγών), αναρρόφησης (με φυγοκεντρικό ανεμιστήρα), αποκονίωσης (με σακκόφιλτρο) του αέρα. Στο συσκευαστήριο του compost διατίθεται σύστημα απαγωγής και αποκονίωσης του αέρα, που περιλαμβάνει κυκλώνα.

Σε όλες τις παραπάνω διατάξεις, οι αγωγοί κατασκευάζονται από κυλινδρarisμένα χαλυβδόφυλλα που συγκολλούνται με ευθεία ραφή κατά τη γραμμή ροής.

▪ Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του ΕΜΑΚ

Η Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του ΕΜΑΚ, παραλαμβάνει τα στραγγίσματα της Μονάδας Υποδοχής, τα όμβρια από την ανοιχτή αποθήκη του compost, τα νερά πλύσης των δαπέδων όλων των μονάδων, καθώς και τα ανθρώπινα λύματα και υγρά απόβλητα που συλλέγονται από τα δίκτυα ακαθάρτων όλου του εργοστασίου. Τα διασταλλάζοντα της μονάδας κομποστοποίησης διέρχεται μέσω εγκατάστασης περιστροφικού κοσκίνου, από ανοξείδωτο χάλυβα διαμέτρου 0,63 m, μήκους 0,60 m και με άνοιγμα οπών 1 mm. Η ταχύτητα περιστροφής είναι 9 στρ./λεπτό. Τα εξερχόμενα υγρά ακολουθούν την γραμμή επεξεργασίας της μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του ΕΜΑ ή χρησιμοποιούνται με ανακυκλοφορία για τη ρύθμιση υγρασίας του κομποστοποιούμενου υλικού.

Η μέθοδος επεξεργασίας των λοιπών υγρών αποβλήτων βασίζεται σε βιολογικές διεργασίες και ειδικότερα: βιολογική διάσπαση του οργανικού φορτίου, βιολογική απομάκρυνση του

αζώτου (νιτροποίηση - απονιτροποίηση) και πλήρη σταθεροποίηση της ιλύος (παρατεταμένος αερισμός).

Μέσω του δικτύου αποχέτευσης, τα υγρά απόβλητα οδηγούνται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας που περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Εξισορρόπηση της ποσότητας και ποιότητας, μέσω αεριζόμενης και αναδευόμενης δεξαμενής εξισορρόπησης ωφέλιμου όγκου 100 m³.
- Βιολογική επεξεργασία, με συνδυασμό δεξαμενών αερισμού (ωφέλιμου όγκου 600 m³) και καθίζησης.
- Απολύμανση
- Πάχυνση ιλύος σε δεξαμενή ωφέλιμου όγκου 9 m³, με αντλιοστάσιο επανατροπής της παχυμένης ιλύος προς το Εργοστάσιο, για κομποστοποίηση της.

➤ **Μεταφορικές Ταινίες Καλυμμένες**

Οι μεταφορικές ταινίες (με ιμάντα), είναι σκαφοειδούς μορφής, με τρία ράουλα σε διάταξη 30° – 0° – 30°. Τα ράουλα επιστροφής είναι σε επίπεδη διάταξη. Το πλάτος των ταινιοδρόμων κυμαίνεται μεταξύ 500 mm και 1800 mm. Η ταχύτητα μεταφοράς των ταινιοδρόμων είναι εν γένει 1 m/sec, με εξαίρεση τον ταινιοδρομο των αχρήστων, ο οποίος έχει ταχύτητα 1,5 m/sec και τους ταινιοδρόμους διανομής και απόληψης της κομποστοποίησης με ταχύτητα 2 m/sec. Οι περισσότεροι ταινιοδρόμοι είναι οριζόντιοι, ενώ όπου απαιτείται κεκλιμένος ταινιοδρόμος, η μέγιστη κλίση είναι 18°.

Όλοι οι ταινιοδρόμοι διαθέτουν επαρκή αριθμό συστημάτων ασφάλειας και διευκόλυνσης του προσωπικού:

- i. Χαλινδιακόπτες ασφαλείας κατά μήκος των ταινιοδρόμων
- ii. Τοπικό χειριστήριο για σταμάτημα/ξεκίνημα
- iii. Σειρήνα κινδύνου κατά την εκκίνηση (για τους ταινιοδρόμους μεγάλου μήκους)
- iv. Προστατευτικά καλύμματα σε όλα τα περιστρεφόμενα μέρη.

➤ **Ηλεκτρολογικός και Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός**

1. Υποσταθμοί μέσης τάσης

Η παροχή Μεσαίας Τάσης (Μ.Τ.) της ΔΕΗ τροφοδοτεί την κυψέλη άφιξης του υποσταθμού ST-0, του οποίου ο πίνακας Μ.Τ. αποτελείται από 4 κυψέλες (1 άφιξης και 3 αναχώρησης).

2. Κινητός Εξοπλισμός μεταφοράς παραπροϊόντων (αχρήστων)

Επίσης διατίθενται:

A) Εξοπλισμός μεταφοράς container, με μηχανισμό ανύψωσης, για τη μεταφορά στο ΧΥΤΑ των containers με τα άχρηστα της μονάδα ραφιναρίας, καθώς και των containers με τα

ογκώδη υλικά που απομακρύνονται από τις αρπάγες στην υποδοχή και από την τράπεζα χειραφαίρεσης.

Β) Εξοπλισμός για την απευθείας φόρτωση και μεταφορά στον ΧΥΤΑ των δεματοποιημένων αχρήστων που εκφορτώνονται από το συμπιεστή αχρήστων και το συμπιεστή RDF.

➤ **Εγκατάσταση Απόσμησης και Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων**

▪ **Μονάδα Απόσμησης**

Η μονάδα αποσκοπεί στην αφαίρεση των οσμών από τον αέρα που αναρροφάται δια μέσου των καναλιών κομποστοποίησης του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης Απορριμμάτων (EMA).

Τη μονάδα του συστήματος απόσμησης συγκροτούν δώδεκα (12) όμοια συστήματα. Κάθε σύστημα αποτελείται από τρία (3) ανεξάρτητα διαδοχικά και διακεκριμένα στάδια επεξεργασίας, που πραγματοποιούνται σε δύο (2) κατακόρυφους κυλινδρικούς πύργους πλύσεως. Ανά δύο συστήματα, ο αποσμημένος αέρας συγκεντρώνεται μέσω αεραγωγών εξόδου σε μία καμινάδα.

Η δέσμευση των αερίων ρύπων πραγματοποιείται με διέλευση του προς απόσμηση αερίου ρεύματος από τους πύργους, κατ' αντιρροή με υδατικά χημικά διαλύματα, που είναι:

- 1.) Διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) 40% κ.β.2.) Διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 40% κ.β.
- 2.) Διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (NaOCl) 12% κ.β. σε ενεργό χλώριο, 12,6% κ.β. NaOCl, 0.76 % κ.β. NaOH, 9,89 % κ.β. σε NaCl

Τα υδατικά χημικά διαλύματα πλύσης κάθε συστήματος, ρυθμίζονται μέσω δοσομετρικών αντλιών, οι οποίες τροφοδοτούνται από τις δεξαμενές αποθήκευσης χημικών που βρίσκονται στη Μονάδα Αποθήκευση Χημικών και από έξι δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης NaOCl που βρίσκονται στη Μονάδα Απόσμησης.

Κάθε σύστημα είναι σχεδιασμένο για την απόσμηση μεταβλητής παροχής από 25.000 m^3/h (min) έως 40.000 m^3/h (max) στους 20°C. Στην μονάδα απόσμησης οι συγκεντρώσεις των δύο οσμών συστατικών του προς επεξεργασία αερίου μίγματος, στην μέγιστη παροχή λαμβάνονται ως εξής:

- Αμμωνία: 50 ppmv
- Υδροθείο και οργανικά σουλφίδια: 10 ppmv

Οι κυριότερες δύο οσμές ενώσεις που θα οδηγούνται με τα απαέρια στο β στάδιο πλύσης περιλαμβάνουν:

- Σε σημαντικές ενώσεις σουλφίδια και ειδικότερα διμεθυσουλφίδια $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ με σ. βρασμού 38°C και διμεθυλδισουλφίδια $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$ με σ. βρασμού 110°C ,
- Σε σημαντικές ποσότητες μερκαπτάνες και ιδιαίτερα Μεθυλική με σ. βρασμού 6°C και αιθυλική με σ. βρασμού 37°C ,
- Σε μικρότερες ποσότητες υδρόθειο.

Η συνολική απόδοση απομάκρυνσης (α) της αμμωνίας και (β) του υδροθείου και των οργανικών σουλφιδίων θα είναι τουλάχιστον 99 % για καθένα από τους παραπάνω αερίους ρύπους.

▪ Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Σε ότι αφορά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που προκύπτουν από την έκπλυση του αερίου ρεύματος, σημειώνεται:

- Κύριος ρύπος στα απόβλητα είναι τα αμμωνιακά ιόντα από την πλύση της αμμωνίας. Για την εξουδετέρωσή τους και την απελευθέρωση αζώτου, εφαρμόζεται η διάσπασή τους με τη χρήση NaClO σε $\text{pH}\approx 7$.
- Οι λοιποί ρύποι είναι αιωρούμενα στερεά (σκόνες και ανόργανο θείο) και COD (λόγω των προϊόντων οξειδωσης των οργανικών σουλφιδίων).

Τα εκπλύματα και των τριών κλινών των πύργων πλύσεως, συγκεντρώνονται σε προβλεπόμενη για το κάθε σύστημα δεξαμενή, απ' όπου μέσω ειδικής προς τούτο αντλίας, καταθλίβονται σε ενιαία για τα εκπλύματα όλων των συστημάτων δεξαμενή εξισορρόπησης εκπλυμάτων, χωρητικότητας 80 m^3 , που βρίσκεται στην περιοχή της μονάδας βιολογικού καθαρισμού του εργοστασίου.

Στην δεξαμενή εξισορρόπησης, τα εκπλύματα εξουδετερώνονται – οξειδώνονται (απομάκρυνση NH_3), με χορήγηση NaOCl σε πρώτη φάση και ακολούθως οδηγούνται με βαρύτητα σε δεξαμενή εξουδετέρωσης, χωρητικότητας 4 m^3 , όπου και τροφοδοτείται NaOH ώστε να αποκτήσουν ποιότητα αποδεκτή από την ΕΥΔΑΠ και να διατεθούν στο δίκτυο αποχέτευσης. Πιο συγκεκριμένα, η τελική εκροή πληρεί τα κάτωθι ποιοτικά χαρακτηριστικά:

- $\text{Ph}=6.5-7.5$
- $\text{TDS}<3000\text{ mg/l}$
- $\text{COD}<1000\text{ mg/l}$
- $\text{SS}< 500\text{ mg/l}$
- Αμμωνία ως $\text{N}_2<25\text{ mg/l}$
- Ελεύθερο $\text{Cl}_2 < 5\text{ mg/l}$
- Θειικά $< 1500\text{ mg/l}$

Στη δεξαμενή εξουδετέρωσης μπορεί να συνεχίζεται η οξείδωση των αποβλήτων, ανάλογα με μετρήσεις REDOX.

▪ **Μονάδα Αποθήκευσης Χημικών (Tank Farm)**

Στη μονάδα αποθήκευσης χημικών είναι εγκατεστημένες οι δεξαμενές αποθήκευσης χημικών (NaOCl, H₂SO₄, NaOH), οι οποίες τροφοδοτούν με βαρύτητα τα συγκροτήματα των δοσομετρικών αντλιών της μονάδας απόσμησης.

Στη μονάδα αποθήκευσης χημικών βρίσκονται οι εξής δεξαμενές:

- Τρεις δεξαμενές των 75 m³ έκαστη για NaOCl,
- Μία δεξαμενή των 75 m³ έκαστη για H₂SO₄,
- Μία δεξαμενή των 50 m³ έκαστη για NaOH,

▪ **Καταναλώσεις Χημικών**

Η εκτίμηση για τις καταναλώσεις των χημικών ανέρχεται σε:

Περιγραφή	Ποσότητα (L/day)
H ₂ SO ₄	2.300
NaOCl	23.000
NaOH	2.000

2.2.5 Ποσότητες απορριμμάτων στο ΕΜΑΚ

Για την ορθή αποτύπωση των ποσοτήτων που υποδέχεται το ΕΜΑΚ κατά την φάση λειτουργίας του, γίνεται αναφορά στο ωράριο υποδοχής των απορριμμάτων σε εβδομαδιαία βάση. (Η μέση ημερήσια ποσότητα που δέχεται ο Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) ανέρχεται σε 5.200t/ ημέρα).

Έτσι το Τμήμα της Μηχανικής Διαλογής λειτουργεί σε δύο (2) βάρδιες από Δευτέρα έως Παρασκευή από ώρα 06:00 έως 20:30 υπό τάση για τα Modules, και σε τρεις (3) βάρδιες ημερησίως εκτός Σαββάτου και Κυριακής. Επιπλέον, σημειώνεται ότι το ΕΜΑΚ, λόγω απόφασης της Εκτελεστικής Επιτροπής του ΕΔΣΝΑ σχετική με την δυναμικότητα του και των οικονομικών μεγεθών της σχετικής Σύμβασης Υπηρεσιών με την Ανάδοχο εταιρεία, από το 2013 λειτουργεί στα 2/3 της δυναμικότητας του, ως εκ τούτου το μέγεθος που αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, να διαμορφώνεται ως ακολούθως:

$$\text{Μειωμένη Δυναμικότητα } \Phi = 92\text{τον} \times (2/3) = 61,33 \text{ τον/ώρα}$$

Έτσι οι ποσότητες των απορριμμάτων που υποδέχτηκε το ΕΜΑΚ προς επεξεργασία ανέρχονται σε:

Πίνακας 3: Ποσότητες επεξεργασίας του ΕΜΑΚ σε σύμμεικτα απορρίμματα και κλαδιά χόρτα ανά μήνα παραγωγικής λειτουργίας, Έτους 2013 [22]

ΜΗΝΑΣ	Σύμμεικτα Απορρίμματα (t)	Κλαδιά και χόρτα (t)	Συνολικά (t)
ΕΤΟΣ 2013			
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	15.042,57	69,2	15.111,77
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	15.378,08	106,01	15.484,09
ΜΑΡΤΙΟΣ	15.342,51	169,38	15.511,99
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15.535,40	377,89	15.873,29
ΜΑΙΟΣ	15472,63	141,42	15.614,05
ΙΟΥΝΙΟΣ	15360,89	177,93	15.538,82
ΙΟΥΛΙΟΣ	15297,38	92,76	15.390,14
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7.899,31	17,48	7.916,79
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15.290,71	0	15.290,71
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	15.246,42	13,56	15.259,98
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	15.220,63	0	15.220,63
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	15.320,19	91	15.411,19
ΣΥΝΟΛΟ 2013	176.406,72	1.256,63	177.623,45

Πίνακας 4: Ποσότητες επεξεργασίας του ΕΜΑΚ σε σύμμεικτα απορρίμματα και κλαδιά-χόρτα ανά μήνα παραγωγικής λειτουργίας, Έτους 2014 [22]

ΜΗΝΑΣ	Σύμμεικτα Απορρίμματα (t)	Κλαδιά και χόρτα (t)	Συνολικά (t)
ΕΤΟΣ 2014			
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	15.364,07	166,25	15.530,32
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	15.397,15	191,45	15.588,60
ΜΑΡΤΙΟΣ	15.291,16	179,2	15.470,36
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	15.171,33	45,1	15.216,43
ΜΑΙΟΣ	15.022,09	182,24	15.204,33
ΙΟΥΝΙΟΣ	13.590,89	150,81	13.741,70
ΙΟΥΛΙΟΣ	15.169,78	169,41	15.339,19
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	15.083,71	139,65	15.223,36
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15.111,36	195,43	15.306,79
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	14.938,52	330,67	15.269,19
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	14.588,32	266,3	14.854,62
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	14.482,64	529,18	15.011,82
ΣΥΝΟΛΟ 2014	179.211,02	2.545,69	181.756,71

(Για το έτος 2015 θα αναφερθούν μόνο τα αποτελέσματα του πρώτου εξαμήνου 2015, καθώς από τον Ιούλιο 2015 και μέχρι σήμερα, η δυναμικότητα του ΕΜΑΚ έχει περιοριστεί κατά πολύ (λειτουργία ενός module), καθόσον υπάρχει απόφαση διακοπής λειτουργίας εξαιτίας της μη έκδοσης πιστοποιητικού πυροπροστασίας. Για το εν λόγω θέμα, η αρμόδια Δ/ση του ΕΔΣΝΑ έχει προβεί στις απαιτούμενες ενέργειες για την έκδοση του πιστοποιητικού με προσθήκη ενεργητικών μέσων πυροπροστασίας).

Πίνακας 5: Ποσότητες επεξεργασίας του ΕΜΑ σε σύμμεικτα απορρίμματα και κλαδιά-χόρτα ανά μήνα παραγωγικής λειτουργίας, Έτους 2015 [22]

ΜΗΝΑΣ	Σύμμεικτα Απορρίμματα (t)	Κλαδιά και χόρτα (t)
ΕΤΟΣ 2015		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	14.611,01	595,65
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	12.689,02	534,00
ΜΑΡΤΙΟΣ	14.357,87	924,05
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13.185,93	459,20
ΜΑΙΟΣ	14.995,37	70,00
ΙΟΥΝΙΟΣ	14.364,39	150,81
ΣΥΝΟΛΟ	84.203,59	2.733,71

2.2.6 Σύνθεση των εισερχόμενων απορριμμάτων

Η σύνθεση των εισερχόμενων απορριμμάτων αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα για τον ορθό σχεδιασμό μιας εγκατάστασης. Ειδικά για την εγκατάσταση του ΕΜΑΚ, η σύνθεση των απορριμμάτων είναι σημαντικό ζήτημα, αφού καθορίζει την λειτουργία του σήμερα (έτος σχεδιασμού της μονάδας 1997) ενώ απαιτείται πλέον και για ενδεχόμενο ανασχεδιασμό των διαδικασιών του, ώστε να γίνει η μονάδα περισσότερο αποδοτική.

Στους επόμενους πίνακες καταγράφεται η σύσταση των απορριμμάτων, όπως μετρείται από δειγματοληψία που πραγματοποιείται κάθε μήνα, δύο (2) τυπικές ημέρες, κατά τις οποίες συλλέγονται με χειροδιαλογή και τα δείγματα οδηγούνται στο εργαστήριο του ΕΜΑΚ για ανάλυση.

Επιπλέον δίνεται έμφαση στο εξεταζόμενο ρεύμα του χαρτιού, και αποτυπώνεται το ποσοστό ανά μήνα, προκειμένου να πραγματοποιηθούν περαιτέρω αναλύσεις.

Σημειώνουμε, δε, ότι, σύμφωνα με μελέτη του ΕΚΠΑ το έτος 2008, η υγρασία του “χαρτιού συσκευασίας” ήταν ίση με 29% [18], [20]. Αντίστοιχα η μέση τιμή της υγρασίας των δειγμάτων του “έντυπου χαρτιού” ήταν ίση με 33%, η μέση τιμή της υγρασίας των δειγμάτων του χαρτιού “λοιπά” ήταν ίση με 47,29%, και η μέση τιμή των δειγμάτων του “χαρτονιού” ήταν ίση με 34,07% [18], [20]. Αυτό συνέβαινε διότι η δειγματοληψία στο ΕΜΑΚ γινόταν μετά από την τάφρο υποδοχής, αφού τα απορριμματοφόρα αδειάζουν τα απορρίμματα και πραγματοποιείται σχετική ανάμιξη των απορριμμάτων με αποτέλεσμα το χαρτί να αναμιγνύεται με τα οργανικά. Το χαρτί στην τάφρο αποκτούσε μεγάλο ποσοστό υγρασίας λόγω της επαφής με το οργανικό κλάσμα.

Κατά τα έτη 2013 – 2014 η μέση τιμή της υγρασίας κυμάνθηκε στο 35% κ.β., βάσει των σχετικών μετρήσεων που διεξήχθησαν στο εργαστήριο του ΕΜΑΚ.

Πίνακας 6: Ποιοτική σύνθεση απορριμμάτων που εισέρχονται στο ΕΜΑΚ (Έτος 2013) [22]

	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΜΑΡΤΙΟΣ (%κ.β.)	ΑΠΡΙΛΙΟΣ (%κ.β.)	ΜΑΙΟΣ (%κ.β.)	ΙΟΥΝΙΟΣ (%κ.β.)	ΙΟΥΛΙΟΣ (%κ.β.)	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ (%κ.β.)	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ (%κ.β.)
ΟΡΓΑΝΙΚΟ	32,10	36,30	27,80	27,00	29,80	25,70	27,70	32,10	32,70	26,60	29,80	29,40
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ	9,40	8,10	9,20	12,10	11,00	6,80	7,20	9,00	6,90	8,40	9,20	7,80
ΛΟΙΠΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	6,80	7,00	7,90	7,10	6,20	7,10	6,20	6,20	5,20	5,70	6,20	6,30
ΡΕ	0,60	0,60	0,90	0,70	0,60	1,00	0,80	0,80	1,50	0,90	0,40	0,90
ΡΡ	1,60	0,01	1,00	2,00	1,80	2,00	2,30	1,80	2,00	2,60	2,30	2,30
ΣΑΚΟΥΛΕΣ SUPERMARKET	2,80	2,90	3,40	3,10	3,00	2,80	2,50	2,80	3,00	2,60	2,60	2,50
ΡΕΤ	2,80	1,80	1,70	1,91	2,30	2,90	3,00	2,01	3,10	3,40	1,70	2,00
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	0,45	0,40	0,61	0,33	0,40	0,80	0,70	0,48	0,80	1,10	0,30	0,38
ΑΝΟΞΕΙΩΤΑ- ΧΑΛΚΟΣ	0,00	0,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,00
ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ	1,30	1,20	2,20	1,50	1,10	1,50	1,60	1,20	2,10	1,50	1,30	1,80
FILM ΜΑΥΡΟ	0,20	0,30	0,70	0,50	0,10	0,50	0,20	0,10	0,40	0,90	0,20	0,30
FILM ΛΕΥΚΟ	0,30	0,10	1,40	0,30	0,50	1,90	0,70	0,80	0,60	0,50	0,60	0,40
ΓΥΑΛΙ	0,04	3,50	2,40	3,50	2,40	3,10	2,90	3,30	2,80	3,90	1,80	2,70
ΠΕΤΡΑ - ΑΔΡΑΝΗ	1,00	1,10	0,80	2,20	1,70	1,70	0,70	1,70	1,70	3,50	5,50	0,90
ΥΦΑΣΜΑΤΑ	3,70	3,00	2,30	4,60	5,00	4,00	3,30	6,90	50,40	3,80	3,50	3,50
ΔΕΡΜΑΤΑ ΞΥΛΑ ΛΟΙΠΑ	2,60	1,70	1,60	2,50	1,90	1,80	3,80	2,70	1,60	4,20	3,60	1,50
ΧΑΡΤΟΝΙ ΛΕΠΤΟ	6,20	6,20	6,70	6,40	6,40	6,80	7,50	6,60	7,10	7,30	6,90	6,80
ΧΑΡΤΟΝΙ ΧΟΝΤΡΟ	4,70	3,70	5,80	3,40	3,70	5,60	4,80	3,60	4,00	4,70	3,60	5,10
ΕΝΤΥΠΟ ΧΑΡΤΙ	5,70	6,30	6,80	4,80	7,90	6,30	7,50	4,90	7,70	5,70	6,20	9,40
ΛΟΙΠΟ ΧΑΡΤΙ	13,50	14,50	17,50	15,20	13,20	15,30	16,50	13,10	13,10	12,40	14,20	15,90
Ποσοστό συνολικού ρεύματος χαρτιού	30,10	30,70	36,80	29,80	31,20	34,00	36,30	28,20	31,90	30,10	30,90	37,20

Πίνακας 7: Ποιοτική σύνθεση απορριμμάτων που εισέρχονται στο ΕΜΑΚ (Έτος 2014) [22]

	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΜΑΡΤΙΟΣ (%κ.β.)	ΑΠΡΙΛΙΟΣ (%κ.β.)	ΜΑΙΟΣ (%κ.β.)	ΙΟΥΝΙΟΣ (%κ.β.)	ΙΟΥΛΙΟΣ (%κ.β.)	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ (%κ.β.)	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ (%κ.β.)	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ (%κ.β.)
ΟΡΓΑΝΙΚΟ	33,2	33,2	36,4	37,7	30,4	26,6	31,4	34,9	33,6	31,5	35,1	32,9
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ	7,5	6,8	11,5	6,9	8	7,4	14	7,2	6,8	7,9	7,6	6,8
ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΡΕΤ	7,3	2,2	1,62	2,3	2,8	2,7	3	3,7	2,6	2,4	2,1	1,9
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	3,6	0,47	0,33	0,6	0,3	0,7	0,7	0,7	0,9	0,6	0,4	0,5
ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΡΡ	5,8	3	2,3	1,7	2	2	1,6	3	3	2,8	1,9	2,1
ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΡΕ	0,7	0,9	0,9	2,4	0,9	0,7	1,2	1,5	1,1	0,7	0,9	0,6
ΛΟΙΠΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ	2,6	9,7	7,6	8,7	8,3	14,1	10,4	10,4	10,4	8,3	9,7	8,1
ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ	2,5	2,3	1,5	1,9	1,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,7	1,5	1,5
ΔΕΡΜΑΤΑ ΞΥΛΑ	1,77	0,7	0,9	2,7	2,5	1,1	2,4	1,4	2,7	2,5	2,9	1,5
ΠΕΤΡΕΣ ΑΔΡΑΝΗ	0,3	0,4	4,9	1	0,5	3,1	1,2	1,6	2,1	1,4	1,2	0,8
ΓΥΑΛΙ	0	3,1	1,7	3,1	5,3	3,4	4,6	2	3,7	5,1	2,5	3
ΥΦΑΣΜΑΤΑ	1,1	3,3	3,6	4,7	5,7	2,9	3,5	5,1	4,6	4,8	4,7	4
ΧΑΡΤΟΝΙ	10,9	4,5	1,6	4,5	6,2	4,1	3,1	3,5	4,4	6	5	3
ΛΟΙΠΟ ΧΑΡΤΙ	23,5	29,4	25,1	21,7	25,2	30,2	21,8	23,5	22	22	24	22,4
<i>Ποσοστό συνολικού ρεύματος χαρτιού</i>	34,4	33,9	26,7	26,2	31,4	34,3	24,9	27	26,4	28	29	25,4

2.2.7 Παραγόμενα προϊόντα ανά μήνα

Για τα έτη που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, τα παραγόμενα προϊόντα του ΕΜΑΚ τα οποία είναι το RDF, Fe, Al, Χαρτόνι και εδαφοβελτιωτικό compost που ζυγίσθηκαν είτε στο ζυγιστήριο του ΕΜΑΚ (RDF, Al, Fe) είτε στους ταινιοζυγούς της Μονάδας έχουν ως ακολούθως.

Το χαρτί που περιέχεται στο RDF εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι ενσωματωμένο με τα πλαστικά δεν είναι εύκολο να διαχωριστεί και να αφαιρεθεί από την μάζα του RDF (τεμαχισμένο και μη τεμαχισμένο), ενώ και το χαρτί που περιέχεται στο compost είναι πλήρως ενσωματωμένο και ομογενοποιημένο και άρα είναι αδύνατη περαιτέρω διεργασία ενώ συμμετέχει και στην διαδικασία της κομποστοποίησης.

Πίνακας 8: Ποσότητες παραγωγής προϊόντων και ποσοστά ανάκτησης με βάση την Μειωμένη Δυναμ. Φ και των κλαδιών (Έτος 2013, 2014) [22]

ΜΗΝΑΣ	RDF		Fe		Al		Compost		PET		PE		Ογκώδη Πλαστικά		FILM		ΧΑΡΤΟΝΙ	
	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2013	6.912,4	45,74	194,81	1,28	13,10	0,09	2.333,50	15,47	34,17	0,22	13,15	0,08						
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013	6.704,9	43,60	178,25	1,16	9,27	0,06	1.931,10	12,47	33,92	0,22	13,67	0,09						
ΜΑΡΤΙΟΣ 2013	7.429,5	47,01	188,64	1,23	9,53	0,07	2.258,10	14,56	38,81	0,25	14,24	0,09						
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2013	6.782,6	43,66	175,28	1,13	15,49	0,10	2.619,70	16,54	47,06	0,30	16,65	0,11						
ΜΑΪΟΣ 2013	6.938,8	44,85	164,03	1,06	21,69	0,14	2483,00	19,83	134,71	0,87	52,93	0,34	25,66	0,17	10,88	0,07	51,56	0,33
ΙΟΥΝΙΟΣ 2013	7.438,3	48,42	198,87	1,29	26,09	0,17	2030,13	13,21	155,79	1,01	58,98	0,38	25,39	0,17	15,26	0,10	57,04	0,37
ΙΟΥΛΙΟΣ 2013	6.970,3	45,57	215,15	1,41	22,57	0,15	1892,2	12,29	142,51	0,93	59,71	0,39	40,95	0,27	3,08	0,02	44,56	0,29
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2013	3.675,9	46,54	103,27	1,31	15,69	0,20	1110,2	14,02	87,2	1,10	31,08	0,39	20,87	0,26	6,6	0,08	25,69	0,33
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013	7.128,1	46,62	268,96	1,76	29,23	0,19	2462,5	16,10	156,12	1,02	66	0,43	32,31	0,21	14,32	0,09	69,59	0,46
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2013	7.426,0	48,71	196,15	1,29	19,73	0,13	2329,72	15,50	146,32	0,96	53,39	0,35	26,77	0,18	12,41	0,08	97,85	0,64
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2013	7.299,5	47,96	188,99	1,24	17,57	0,12	2533	16,77	131,12	0,86	36,89	0,25	64,87	0,83	14,5	0,10	100,82	0,66
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013	7.194,3	46,96	199,82	1,30	14,41	0,09	2030,1	13,17	126,94	0,83	38,15	0,25	43,78	0,29	44,98	0,29	106,0	0,69
ΣΥΝΟΛΑ	81.901	46,44	2272,2	1,29	214,37	0,13	26.013,2	16,57	1234,6	0,71	454,8	0,26	280,6	0,30	122,0	0,10	553,1	0,47

ΜΗΝΑΣ	RDF		Fe		Al		Compost		PET		PE		Ογκώδη Πλαστικά		FILM		ΧΑΡΤΟΝΙ	
	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ	t	% του Φ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014	7.395,4	48,13	192,93	1,26	16,8	0,11	1.834,20	11,81	141,94	0,92	45,54	0,30	40,96	0,27	39,19	0,26	84,5	0,55
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014	7.498,4	48,70	203,75	1,32	16,71	0,11	1.561,90	10,02	137,63	0,89	43,68	0,28	53,23	0,35	15,07	0,10	99,08	0,64
ΜΑΡΤΙΟΣ 2014	6.876,0	44,97	202,12	1,37	16,89	0,11	1.445,10	9,47	133,22	0,87	39,86	0,26	79,88	0,52	14,31	0,09	99,57	0,65
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2014	7.372,7	48,6	205,27	1,35	18,41	0,12	2.481,40	16,31	81,74	0,54	28	0,18	55,5	0,37	7,71	0,05	83,09	0,55
ΜΑΪΟΣ 2014	7735	51,49	184,95	1,23	19,49	0,13	2314,6	15,24										
ΙΟΥΝΙΟΣ 2014	7.208,6	53,64	179,82	1,34	26,62	0,20	2180	16,60										
ΙΟΥΛΙΟΣ 2014	8.204,1	54,08	196,22	1,29	34,02	0,23	2195,6	14,62										
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2014	8.133,0	53,92	202,12	1,34	38,13	0,25	2085	13,98										
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014	7.864,3	52,03	201,37	1,33	34,51	0,23	2174,3	14,20										
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014	8.165,1	54,66	211,12	1,41	25,26	0,17	2258,83	14,77										
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014	8.169,1	56,00	198,63	1,36	21,66	0,15	2347,5	15,78										
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2014	7.904,7	54,58	235,34	1,62	20,76	0,15	2421,9	16,13										
ΣΥΝΟΛΑ	92.526	51,63	2.413	1,35	289,2	0,16	25.300,3	14,12	494,53	0,28	157,0	0,09	229,5	0,13	76,2	0,04	366,2	0,20

2.2.8 Παραγωγή αχρήστων από την λειτουργία της εγκατάστασης ανά μήνα

Στον Πίνακα που ακολουθεί εμφανίζεται η ποσότητα των αχρήστων προερχόμενων από τους μηχανικούς διαχωρισμούς της Μηχανικής Διαλογής (άχρηστα ογκώδη απομακρυνόμενα από τους Υποδοχείς της Μονάδας, άχρηστα ανεπιθύμητα απομακρυνόμενα με χειροδιαλογή επί των ταινιόδρομων, λεπτόκοκκα άχρηστα Γ' βαθμίων κοσκίνων και άχρηστα ξηρού κλάσματος).

Πίνακας 9: Ποσότητες αχρήστων και ποσοστά ανάκτησης
(έτος 2013, έτος 2014) [22]

	Άχρηστα Μηχανικής Διαλογής	Άχρηστα Ραφιναρίας	ΣΥΝΟΛΟ ΑΧΡΗΣΤΩΝ	
ΜΗΝΑΣ	(t)	(t)	(t)	% του Συνόλου των εισερχομένων
ΕΤΟΣ 2013				
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2.871,91	1.348,45	4.220,36	27,93%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2.691,60	947,54	3.639,14	23,50%
ΜΑΡΤΙΟΣ	2.731,74	983,34	3.715,08	23,95%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.650,01	1.063,42	2.713,43	17,09%
ΜΑΙΟΣ	2.646,15	1.188,46	3.834,61	24,56%
ΙΟΥΝΙΟΣ	2.136,54	1.067,87	3.204,41	20,62%
ΙΟΥΛΙΟΣ	2.191,95	968,81	3.160,76	20,54%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1.286,39	519,67	1.806,06	22,81%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2.106,16	1.190,31	3.296,47	21,56%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.910,78	1.275,00	3.185,78	20,88%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1.988,62	1.244,57	3.233,19	21,24%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.988,62	1.354,16	3.342,78	21,69%
ΣΥΝΟΛΟ 2013	26.200,47	13.151,60	39.352,07	22,15%
ΕΤΟΣ 2014				
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1.903,71	1.716,39	3.620,10	23,31%
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1.958,85	1205,9	3.164,75	20,30%
ΜΑΡΤΙΟΣ	2.007,00	948,48	2.955,48	19,10%
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.679,80	1.271,83	2.951,63	19,40%
ΜΑΙΟΣ	1.714,43	1.214,60	2.929,03	19,26%
ΙΟΥΝΙΟΣ	1.417,87	989,9	2.407,77	17,52%
ΙΟΥΛΙΟΣ	1.458,80	1260,07	2.718,87	17,72%
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1.759,70	1152,33	2.912,03	19,13%
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1.912,87	1.096,36	3.009,23	19,66%
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.871,40	1.140,68	3.012,08	19,73%
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1.985,20	1.045,68	3.030,88	20,40%
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1.766,97	1.347,90	3.114,87	20,75%
ΣΥΝΟΛΟ 2014	21.436,60	14.390,12	35.826,72	19,71%

Ολόκληρο το ποσοστό των αχρήστων κατέληξε στο ΧΥΤΑ Φυλής.

(Για το έτος 2015 δεν υπάρχουν ακόμα διαθέσιμα στοιχεία)

2.2.9 Καταναλώσεις σε ενέργεια για την λειτουργία του ΕΜΑΚ

➤ Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας

Τα έτη 2013-2014 η κατανάλωση ενέργειας στα επιμέρους τμήματα του ΕΜΑΚ ήταν σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 10: Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε επιμέρους τμήματα της εγκατάστασης (έτος 2013) [22]

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)					
ΜΗΝΑΣ	(MODULE A)	(MODULE B)	(MODULE C)	ΞΗΡΟ ΚΛΑΣΜΑ	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
					ΡΑΦΙΝΑΡΙΑ
ΕΤΟΣ 2013					
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	83.582	45.796	80.524	103.666	100.586
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	84.044	127.926	77.015	74.569	91.025
ΜΑΡΤΙΟΣ	110.467	34.801	106.168	75.435	98.844
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	90.559	43.117	78.821	90.757	96.744
ΜΑΪΟΣ	94.024	87.709	94.608	85.904	100.521
ΙΟΥΝΙΟΣ	98.156	124.475	60.427	77.858	105.476
ΙΟΥΛΙΟΣ	124.619	153.829	68.089	85.156	120.484
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	88.919	112.102	32.695	47.892	79.444
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	104.746	148.634	86.502	90.677	110.437
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	83.116	153.933	118.023	104.281	116.636
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	119.096	146.107	87.576	101.321	112.573
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	135.482	150.369	95.263	98.451	99.236
ΣΥΝΟΛΟ	1.216.810	1.328.798	985.711	1.035.967	1.232.006
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΤΟΥΣ 2013					5.799.292

Για το έτος 2013, το κόστος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την λειτουργία του ΕΜΑΚ ανήλθε στο ποσό των 1.064.236,22€, σύμφωνα με στοιχεία ΕΔΣΝΑ⁵.

Αντίστοιχα για το έτος 2014, το κόστος για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την λειτουργία του ΕΜΑΚ ανήλθε στο ποσό των 1.200.000€

⁵ Απολογισμός εσόδων – εξόδων ΕΔΣΝΑ για το έτος 2013 και 2014

Πίνακας 11: Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε επιμέρους τμήματα της εγκατάστασης (έτος 2014) [22]

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWh)					
ΜΗΝΑΣ	(MODULE A)	(MODULE B)	(MODULE C)	ΞΗΡΟ ΚΛΑΣΜΑ	ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
					ΡΑΦΙΝΑΡΙΑ
ΕΤΟΣ 2014					
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	118.275	164.316	93.316	106.875	114.527
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	121.762	155.438	73.280	101.199	102.751
ΜΑΡΤΙΟΣ	82.799	180.721	120.384	94.571	105.103
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.212.828	126.229	95.616	86.018	94.422
ΜΑΪΟΣ	89.210	185.428	106.788	82.534	111.323
ΙΟΥΝΙΟΣ	97.784	149.581	130.942	64.435	96.191
ΙΟΥΛΙΟΣ	101.115	141.271	158.110	71.019	125.171
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	103.057	132.829	141.568	66.015	116.198
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	164.416	136.489	121.015	79.880	117.137
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	139.190	130.642	143.235	82.550	114.214
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	139.180	125.327	149.321	72.538	96.545
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	187.802	185.501	156.340	84.303	114.320
ΣΥΝΟΛΟ	2.557.418	1.813.772	1.489.915	991.937	1.307.902
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΤΟΥΣ 2014					8.160.944

➤ Καταναλώσεις πετρελαίου

Τα έτη 2013-2014 στην εγκατάσταση καταναλώθηκαν οι ποσότητες πετρελαίου κίνησης που παρουσιάζονται στον πίνακα:

Πίνακας 12: Κατανάλωση πετρελαίου [22]

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	
ΜΗΝΑΣ	L
ΕΤΟΣ 2013	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	12612
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	11344
ΜΑΡΤΙΟΣ	12063
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	12944
ΜΑΙΟΣ	12075
ΙΟΥΝΙΟΣ	13016
ΙΟΥΛΙΟΣ	12945
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7285
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	13031
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	14409
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13902
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	12444
ΣΥΝΟΛΟ 2013	135626
ΕΤΟΣ 2014	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11134
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	10291
ΜΑΡΤΙΟΣ	11105
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	10508
ΜΑΙΟΣ	10325
ΙΟΥΝΙΟΣ	10325
ΙΟΥΛΙΟΣ	10345
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	10200
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	9589
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9888
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	9211
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	8043
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	9673
ΣΥΝΟΛΟ 2014	130637

2.2.10 Προϊόντα σε τρίτους

Τα συγκεντρωτικά στοιχεία ανά μήνα λειτουργίας των ανακτηθέντων υλικών του ΕΜΑΚ εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 13: Ποσότητες πωληθέντων προϊόντων (έτη 2013) [22]

ΜΗΝΑΣ	Πωλήσεις Fe (t)	Πωλήσεις Al (t)	Πωλήσεις Compost (t)
ΕΤΟΣ 2013			
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	175,66	5,46	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	187,94	13,53	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	222,67	8,39	46,26
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	205,27	14,4	232,15
ΜΑΪΟΣ	164,7	17,27	234,46
ΙΟΥΝΙΟΣ	226,87	26,09	182,85
ΙΟΥΛΙΟΣ	215,15	22,57	2365,02
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	86,26	13,06	3471,41
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	258,25	29,23	3090,83
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	240,36	19,61	2487,69
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	198,88	11,71	327,42
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	216,97	16,98	0
ΣΥΝΟΛΟ 2013	2.398,98	198,3	12438,09

Από τα συγκεντρωτικά στοιχεία του έτους 2013 διαπιστώνεται ότι από την παραχθείσα ποσότητα compost 26.000t τελικά επωλήθησαν 12.438,09t, και η υπόλοιπη ποσότητα οδηγήθηκε προς τον ΧΥΤΑ Φυλής.

Όσον αφορά τα στοιχεία του έτους 2014 για την πώληση των προϊόντων του ΕΜΑΚ ισχύουν τα κάτωθι:

Πίνακας 14: Ποσότητες πωληθέντων προϊόντων (έτη 2014) [22]

ΜΗΝΑΣ	Πωλήσεις Fe (t)	Πωλήσεις Al (t)
ΕΤΟΣ 2014		
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	224,05	17,27
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	206,57	15,75
ΜΑΡΤΙΟΣ	242,22	16,08
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	203,66	9,95
ΜΑΪΟΣ	221,99	27,62

ΙΟΥΝΙΟΣ	184,99	26,81
ΙΟΥΛΙΟΣ	224,57	27,88
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	234,32	28,31
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	231,65	36,29
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	244,82	5,57
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	215,93	36,37
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	215,05	5,47
ΣΥΝΟΛΟ 2014	2.649,82	253,37

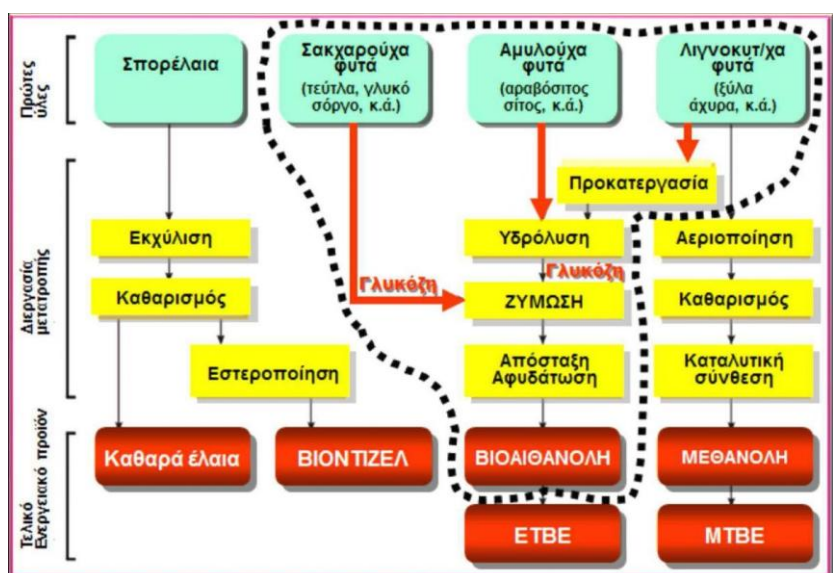
Από τα ανωτέρω στοιχεία για το έτος 2014 διαπιστώνεται ότι το compost, παρόλο που παράχθηκε, δεν επωλήθη τελικά σε τρίτους, και οδηγήθηκε προς το ΧΥΤΑ Φυλής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1 Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας έρευνας, είναι η διερεύνηση της πιθανής αξιοποίησης του υπολείμματος του χαρτιού από το ΕΜΑΚ Άνω Λιοσίων για την παραγωγή αιθανόλης 2^{ης} γενιάς (βιοαιθανόλης) [10].

Είναι γνωστό ότι η βιοαιθανόλη είναι το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο της βενζίνης για οχήματα, ονομάζεται δε έτσι γιατί προέρχεται από βιομάζα [29]. Παράγεται κυρίως από πηγές ζάχαρης, όπως το ξύλο, το καλαμπόκι κλπ. με την μέθοδο της αλκοολικής ζύμωσης [50]. Ειδικότερα, περιλαμβάνονται η βιοαιθανόλη 1^{ης} γενιάς, η οποία παράγεται από σακχαρούχα και αμυλούχα προϊόντα, και η βιοαιθανόλη 2^{ης} γενιάς η οποία παράγεται κυρίως από λιγνοκυτταρινούχα υποπροϊόντα ή/και υπολείμματα τμήματος στερεών αποβλήτων (όπως το κλάσμα του χαρτιού που προαναφέρθηκε) (εικόνα 8) [53].



Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση διαγράμματος προέλευσης βιοκαυσίμων [31]

Αυτή τη στιγμή η βιοαιθανόλη 2^{ης} γενιάς δεν παράγεται σε εμπορική κλίμακα, εξ αιτίας του υψηλού κόστους παραγωγής [30] [31]. Αναμένεται όμως, καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς, να εισέλθει στην αγορά καυσίμων δυναμικά και να δημιουργηθούν έτσι οι προϋποθέσεις σοβαρού ανταγωνισμού της βιοαιθανόλης με τα ορυκτά καύσιμα, ξεπερνώντας τα δύο βασικά μειονεκτήματα που την συνοδεύουν, το κόστος παραγωγής (όπως επισημάνθηκε) και το ενεργειακό περιεχόμενο της βιοαιθανόλης που υπολείπεται της βενζίνης, άρα απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα κατά την χρήση (εικόνα 9) [44], [50].

⁶ ETBE: Αιθυλο -τριτοταγής βουτυλο -αιθέρας
MTBE: Μεθυλο-τριτοταγής βουτυλο- αιθέρας



Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση διεργασιών παραγωγής βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχα [30],[31]

Η εν λόγω πρόταση εξετάζεται αφενός λόγω της φθηνής πρώτης ύλης (χαρτί από στερεά απόβλητα) αφετέρου για την μείωση των ποσοτήτων που τελικά οδηγούνται στον Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), αφού σήμερα το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων που παράγονται στο ΕΜΑΚ καταλήγουν στο ΧΥΤΑ Φυλής.

3.2 Συλλογή και ανάλυση δειγμάτων

Τα δείγματα πάρθηκαν μέσω χειροδιαλογής από τον ταινιόδρομο που οδηγεί τα απορρίμματα από την μονάδα υποδοχής στην μονάδα διαχωρισμού. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό εμπορικού συστήματος ξήρανσης βιομάζας όπου ξηραίνονταν και μετατρέπονταν σε σκόνη διαμέτρου $\approx 1-5$ mm. Το ξηρό υλικό αποθηκεύτηκε σε κοινές σακούλες απορριμμάτων προκειμένου να επεξεργαστεί περαιτέρω.

3.3 Σύστημα Αποκεντρωμένης Ξήρανσης (Τεχνική Περιγραφή)

Το σύστημα αποκεντρωμένης ξήρανσης αποτελεί σύστημα μείωσης της μάζας και όγκου διαφόρων τύπων βιομάζας. Είναι αυτόματο σύστημα που στηρίζεται στη θέρμανση και τη μηχανική ανάδευση. Συγκεκριμένα, το υλικό τοποθετείται εντός κυλινδρικού θαλάμου ο οποίος θερμαίνεται από ειδικές αντιστάσεις και μέσα στον οποίο το υλικό περιστρέφεται συνεχόμενα μέχρις ότου να του αφαιρεθεί πλήρως η περιεχόμενη υγρασία. Επειδή το ποσοστό της υγρασίας είναι μεγάλο στα σύμμεικτα απορρίμματα, η μείωση του όγκου και της μάζας επιτυγχάνεται με την αφαίρεση του νερού μέσω της ξήρανσης, αφήνοντας ως προϊόν ξερή άοσμη και αποστειρωμένη βιομάζα η οποία μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα δίχως να βιοαποδομηθεί λόγω της μειωμένης μικροβιακής δραστηριότητας εντός του υλικού (εικόνα 10).



Εικόνα 10: Το εμπορικό σύστημα ξήρανσης βιομάζας δυνατότητας επεξεργασίας 100 Kgr υλικού/ημέρα

Τα εν λόγω διαφοροποιούνται από άλλες τεχνολογίες ξήρανσης λόγω του συστήματος closed loop. Οι υδρατμοί που παράγονται από την θέρμανση αφού περάσουν από σύστημα δυο φίλτρων ενεργού άνθρακα οδηγούνται προς υγροποίηση μέσω συμπύκνωσης υδρατμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν εκπομπές και οσμές παρά μόνο νερό το οποίο και απομακρύνεται στο αποχετευτικό σύστημα.

Το σύστημα τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια ενώ η θέρμανση είναι δυνατόν να προέρχεται από φυσικό αέριο, πετρέλαιο, ηλεκτρικό ρεύμα ή ακόμα και από ατμό. Οι χρόνοι κατεργασίας όπως επίσης και το κόστος χρήσης ποικίλουν και εξαρτώνται από τον τύπο των απορριμμάτων και την περιεκτικότητα αυτών σε υγρασία. Οι συνήθεις χρόνοι κατεργασίας κυμαίνονται από 7 έως 9 ώρες, και η κατανάλωση από 0,28 έως 0,9 kW/kg.

Επιπλέον λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος αναφέρονται ακολούθως:

- 1) Ο χρόνος λειτουργίας του ξηραντήρα ισούται με το άθροισμα του χρόνου ξήρανσης ή του χρόνου που έχει αντιληφθεί ο αρμόδιος αισθητήρας και του χρόνου που απαιτείται για τον τερματισμό της λειτουργίας.
- 2) Ο χρόνος λειτουργίας ποικίλει ανάλογα με το είδος των διαφορετικών ειδών διατροφικών αποβλήτων και με τη θερμοκρασία στην οποία επιτελείται η ξήρανση.
- 3) Ο χρόνος λειτουργίας αυξάνεται αν:
 - Η αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία είναι υψηλή.
 - Τα διατροφικά απόβλητα που εισέρχονται είναι κολλώδη.
 - Η θερμοκρασία λειτουργίας του ξηραντήρα ρυθμίζεται χαμηλότερα της προτεινόμενης.

Στην συνέχεια παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος ξήρανσης.

Χαρακτηριστικά Εμπορικού Μοντέλου Ξήρανσης Βιομάζας

- ❖ Χωρητικότητα: 50kg/κύκλο, 2κύκλοι/ημέρα
- ❖ Χρόνος ξήρανσης: 6-9 ώρες ανά κύκλο
- ❖ Κινητήρας: 0,4kW, 150:1, 380V, 50Hz
- ❖ Διαστάσεις: 1400X950X1291 mm
- ❖ Ανεμιστήρας:
πίεση: Max. 700mmAq
ροή: Max. 1m³/min
- ❖ Κύλινδρος λαδιού: 6 kW
- ❖ Συμπυκνωτής: 0,112kw
- ❖ Πετρέλαιο θέρμανσης: 24L
- ❖ Απαιτούμενη ισχύς: 6,7kW
- ❖ Ρεύμα: 10,2 Amp
- ❖ Βάρος: 600Kg

3.4 Μεθοδολογία Αναλύσεων

Καθ' όλη την διάρκεια των αναλύσεων λαμβάνονταν αντιπροσωπευτικά δείγματα ξηρού υλικού. Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα δείγματα λαμβάνονταν τυχαία, οι κόκκοι του υλικού είχαν διαφορετικό μέγεθος. Ως εκ τούτου πραγματοποιούνταν ομογενοποίηση του δείγματος ώστε όλοι οι κόκκοι να έχουν διάμετρο 1mm προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι χημικές αναλύσεις προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του υλικού. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια κόσκινου ως εξής: Αρχικά, το δείγμα εισαγόταν σε συσκευή άλεσης για να μειωθεί το μέγεθος των μεγαλύτερων κόκκων και να πραγματοποιηθεί η ομογενοποίηση.

Στη συνέχεια το ομογενοποιημένο δείγμα τοποθετήθηκε σε κόσκινο διαμέτρου οπής 1mm. Σε αυτό εισήλθαν οι κόκκοι διαμέτρου 1mm ενώ κατακρατήθηκαν οι κόκκοι μεγαλύτερου μεγέθους οι οποίοι μεταφέρονταν στη συσκευή άλεσης ώστε να ομογενοποιηθούν περισσότερο στο 1mm.

Μετά την ομογενοποίηση, πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός των ακόλουθων φυσικοχημικών παραμέτρων του υλικού: pH, αγωγιμότητα, υγρασία, πτητικά στερεά(Vs), ολικός οργανικός άνθρακας(TOC), ολικό άζωτο (T), κυτταρίνη, άμυλο, αναγωγικά σάκχαρα(TRS), ελεύθερη γλυκόζη και ολικά διαλυτά σάκχαρα. Στην συνέχεια περιγράφεται η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση των ανωτέρω.

3.4.1 Προσδιορισμός της υγρασίας

Ο προσδιορισμός της υγρασίας πραγματοποιήθηκε σε φούρνο με ρεύμα αέρα που λειτουργεί στους 80°C. Πραγματοποιήθηκαν 2 επαναλήψεις ώστε να προσδιοριστεί η υγρασία με ακρίβεια. Η διαδικασία για τον προσδιορισμό της υγρασίας ακολουθεί την παρακάτω μεθοδολογία:

Τα δείγματα ζυγίστηκαν αρχικά με χρήση ζυγού ακριβείας(περίπου 5gr από το κάθε δείγμα). Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν σε δοχεία ζέσεως και εισήχθησαν σε φούρνο ξήρανσης με αέρα στους 80°C για χρονικό διάστημα περίπου 16 ώρες (εικόνα 11).



Εικόνα 11: Φούρνος ξήρανσης με αέρα στους 80°C

Μετά από 16hr εξήχθησαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα για περίπου 20min μέχρι να έρθουν σε θερμοκρασία δωματίου χωρίς να επαναπροσλάβουν υγρασία. Μετά το πέρας των 20min πραγματοποιήθηκε ζύγιση των δειγμάτων και από τη διαφορά μάζας υπολογίζεται η υγρασία. Η % υγρασία υπολογίστηκε από τη διαφορά μάζας πριν και μετά την ξήρανση στους 80°C:

$$\% \text{ κ.β υγρασία} = ((m_i - m_f) / m_i) * 100$$

Όπου m_i =αρχική μάζα του υλικού και m_f =τελική μάζα του υλικού.

3.4.2 Προσδιορισμός pH/ Αγωγιμότητας

Το pH ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των οξωνίων (H_3O^+) κατά τη διάλυση μιας ουσίας στο νερό σύμφωνα με τη σχέση:

$$pH = -\log ([H_3O^+])$$

Το pH των στερεών αποβλήτων αποτελεί μια από της βασικότερες μετρήσεις χαρακτηρισμού τους. Επειδή, το pH μετράει την συγκέντρωση των υδρογονοκατιόντων σε ένα διάλυμα (θα πρέπει να μετράται σε υδατικό διάλυμα, που προκύπτει μετά την επαφή του υδατικού διαλύματος με το στερεό απόβλητο).

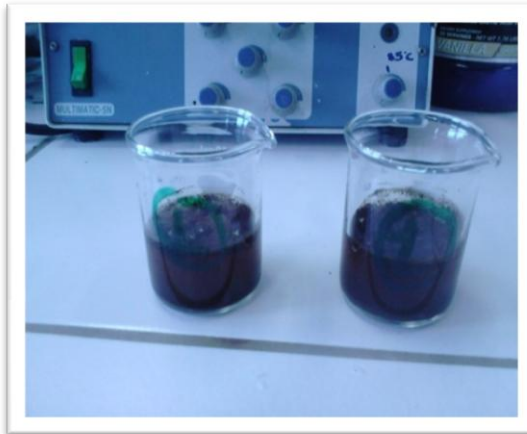
Η διαδικασία που ακολουθείται για τον προσδιορισμό του pH αλλά και της αγωγιμότητας ακολουθεί την παρακάτω μεθοδολογία:

Αρχικά ζυγίστηκαν 2gr ξηραμένου υλικού το οποίο είχε υποστεί άλεση προκειμένου να γίνει σκόνη (διαμέτρου 1mm) και τοποθετήθηκαν σε δοχεία ζέσεως (εικόνα 12).



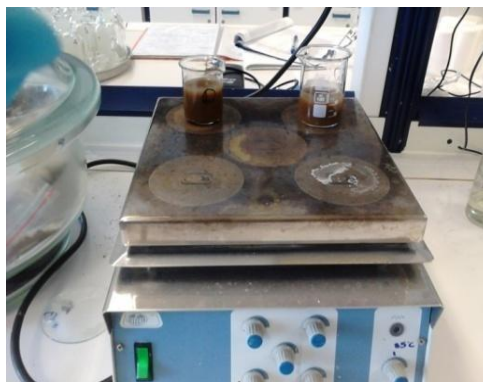
Εικόνα 12: Ζύγιση 2gr ξηρού υλικού

Στη συνέχεια, με τον ογκομετρικό κύλινδρο των 80ml προστέθηκαν στα 2gr του υλικού 40ml απιονισμένο νερό ώστε να γίνει αραιώση (εικόνα 13).



Εικόνα 13: Δείγματα αραιωμένα με 40ml νερού

Επιπλέον, τα δείγματα τοποθετήθηκαν στη συσκευή ανάδευσης, υπό ανάδευση για 30min περίπου στις ίδιες στροφές (εικόνα 14).



Εικόνα 14: Συσκευή ανάδευσης

Τέλος, μετά από 30min η ανάδευση σταμάτησε και τα δείγματα αφέθηκαν σε ηρεμία για άλλα 30min ώστε οι αδιάλυτες στερεές ουσίες να κατακαθίσουν στον πάτο του δοχείου και ακολούθησε μέτρηση pH και αγωγιμότητας στο αιώρημα με χρήση του πεχάμετρου METTLER TOLEDO MPC227 που φαίνεται στην εικόνα (εικόνα 15).



Εικόνα 15: Μέτρηση pH και αγωγιμότητας

Συγκεκριμένα, τοποθετήθηκε το ηλεκτρόδιο του pH και του αγωγιμόμετρου στο υγρό μίγμα προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μέτρηση.

3.4.3 Προσδιορισμός Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC)

Για τον προσδιορισμό της επί της εκατό κατά βάρος περιεκτικότητας ολικού οργανικού άνθρακα TOC χρησιμοποιήθηκε η συσκευή TOC της εταιρείας Shimadzu (εικόνα 16).



Εικόνα 16: Συσκευή μέτρησης TOC

Η πειραματική διαδικασία προσδιορισμού TOC ξεκίνησε αρχικά με ζύγιση 40mgr δείγματος, το οποίο είχε υποστεί λειοτρίβηση σε μέγεθος 1mm και ξήρανση στους 80°C. Τα 40mgr που ζυγίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε κάψες πορσελάνης (Εικόνα 17).



Εικόνα 17: Πορσελάνινη κάψα

Στη συνέχεια, οι κάψες τοποθετήθηκαν στον ειδικό φούρνο του οργάνου όπου το δείγμα θερμάνθηκε στους 900°C (Εικόνα 18).



Εικόνα 18: Φούρνος (Solid Sample Module SSM 5000A)

Στη θερμοκρασία αυτή έγινε καύση του οργανικού άνθρακα και τα καυσαέρια αυτής οδηγήθηκαν στην κεντρική μονάδα TOCVCSH (Εικόνα 19).



Εικόνα 19: Κεντρική μονάδα TOCVCSH

Στη μονάδα αυτή υπολογίστηκε η μάζα του οργανικού άνθρακα (mgr) από το CO₂ που παράχθηκε κατά την καύση. Το (%) ποσοστό του οργανικού άνθρακα δίνεται από τον εξής τύπο:

$$\text{TOC(\%)} = \left(\frac{m_1 + m_2}{\frac{M_1 + M_2}{2}} \right) * 100$$

Όπου:

m1: η μετρούμενη μάζα του οργανικού άνθρακα του πρώτου δείγματος (mgr)

m2: η μετρούμενη μάζα του οργανικού άνθρακα του δεύτερου δείγματος (mgr)

M1: η αρχική μάζα του πρώτου δείγματος (mgr)

M2: η αρχική μάζα του δεύτερου δείγματος (mgr)

3.4.4 Προσδιορισμός Πτητικών Στερεών (VS)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του περιεχόμενου οργανικού φορτίου ενός στερεού δείγματος μέσω της καύσης του σε υψηλή θερμοκρασία για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η πειραματική διαδικασία που πραγματοποιείται αναλύεται παρακάτω ως εξής:

Αρχικά, ρυθμίστηκε ο φούρνος στους 250°C. Στη συνέχεια, ζυγίστηκαν 2gr ξηρού δείγματος, το οποίο βγήκε από το φούρνο των 80°C και τοποθετήθηκαν σε 2 κάψες πορσελάνης, οι οποίες είχαν ζυγιστεί αρχικά χωρίς το δείγμα (Εικόνα 20).



Εικόνα 20: Ζύγιση ξηρού υλικού σε κάψες πορσελάνης

Αμέσως μετά και αφού ο φούρνος είχε πιάσει τη θερμοκρασία των 250°C οι 2 κάψες εισήχθησαν στο φούρνο για 4hr και ο φούρνος ρυθμίστηκε στους 550°C (Εικόνα 21).



Εικόνα 21: Φούρνος μέτρησης πτητικών στερεών

Αμέσως μετά το πέρας των 4hr παρελήφθησαν οι κάψες από το φούρνο και εισήχθησαν στο ξηραντήρα για 40min έτσι ώστε να πιάσουν θερμοκρασία δωματίου. Τέλος, οι 2 κάψες ζυγίστηκαν ξανά μαζί με το υλικό και καταγράφηκε η τελική μάζα.

Η εκτίμηση του περιεχόμενου οργανικού φορτίου έγινε με τον υπολογισμό της απώλειας βάρους πριν και μετά την εισαγωγή του δείγματος στο φούρνο. Κατά την καύση πραγματοποιείται οξείδωση των οργανικών ουσιών για αυτό και η απώλεια βάρους που υπολογίζεται αποτελεί στην ουσία μέτρο των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα στερεά, παρόλο που κατά την καύση απομακρύνονται μερικές φορές και ορισμένα ανόργανα πτητικά συστατικά του δείγματος.

Ο υπολογισμός των πτητικών στερεών προκύπτει με βάση την αρχική και την τελική μάζα του ξηρού δείγματος και υπολογίζεται για όλα τα δείγματα όπως ακριβώς και με την υγρασία με βάση τη σχέση:

$$VS (\% \text{κ.β.}) = (m_2 - m_3) / (m_2 - m_1) * 100$$

Όπου,

m1: η μάζα της κάψας

m2: η μάζα της κάψας και του περιεχόμενου του δείγματος πριν την εισαγωγή της στον κλίβανο

m3: η μάζα της κάψας και του περιεχόμενου υπολείμματος μετά την έξοδό της από τον κλίβανο και τον ξηραντήρα.

3.4.5 Εκχύλιση Υδατοδιαλυτών Σακχάρων

Ο προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών σακχάρων ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν 2 κωνικές φιάλες των 100ml στις οποίες προστέθηκαν 2,5gr ξηρού υλικού και 100ml απιονισμένου νερού. Στη συνέχεια, οι 2 κωνικές σκεπάστηκαν με αλουμινοχαρτο (έτσι ώστε να μη χαθούν υδρατμοί λόγω εξάτμισης) και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο στους 50°C για 60min με ανάδευση κάθε 8min για να διαλυθούν όλα σχεδόν τα σάκχαρα (Εικόνα 22).



Εικόνα 22: Διάλυμα 100ml νερού με 2,5gr ξηρού υλικού

Μετά το πέρας των 60min πραγματοποιήθηκε το βήμα της διήθησης υπό κενό. Αρχικά, ζυγίστηκε ένα ξηραμένο διηθητικό χαρτί και μια ύαλος για κάθε δείγμα αντίστοιχα και καταγράφηκε η τιμή τους και στη συνέχεια συνδέθηκε το σύστημα κενού. Σημειώνεται ότι, στο σύστημα κενού στην κωνική φιάλη

όπου τοποθετήθηκε το χωνί διήθησης εισήχθη ένας κομμένος ογκομετρικός κύλινδρος για να συλλέξει το διήθημα και το έκπλυμα πάνω στα οποία θα πραγματοποιηθεί ο προσδιορισμός αναγωγικών σακχάρων και ελεύθερης γλυκόζης. Επίσης, κατά τη διήθηση το ξηρό υλικό θα έπρεπε να πέφτει προς το κέντρο ώστε να απομακρυνθεί πιο εύκολα το ξηρό υλικό στο οποίο θα γινόταν ο προσδιορισμός της κυτταρίνης, της ημικυτταρίνης και του αμύλου. Αφού πέρασε το διάλυμα από το διηθητικό χαρτί καταγράφηκε ο όγκος και συλλέχθηκε το διήθημα. Έπειτα, προστέθηκαν στην κωνική επιπλέον 100ml απιονισμένου νερού και πραγματοποιήθηκε ξέπλυμα, οπότε συλλέχθηκε το έκπλυμα του οποίου επίσης καταγράφηκε ο όγκος αφού πέρασε από το διηθητικό χαρτί (Εικόνα 23).



Εικόνα 23: Συλλογή υγρού στον ογκομετρικό κύλινδρο (αριστερά) και συγκράτηση στερεού εκχυλίσματος στο διηθητικό χαρτί (δεξιά)

Αφού ολοκληρώθηκε η διήθηση πραγματοποιήθηκε φωτομέτρηση των διηθημάτων και των εκπλυμάτων ώστε να προσδιοριστούν αναγωγικά σάκχαρα και ελεύθερη γλυκόζη. Τα 2 ιζήματα τοποθετήθηκαν στις υάλους ωρολογίου και εισήχθησαν στο φούρνο στους 80°C για 20hr περίπου για να απομακρυνθεί η υγρασία και στη συνέχεια να υπολογιστεί η συγκέντρωση αμύλου και κυτταρίνης (Εικόνα 24).



Εικόνα 24: Στερεό ίζημα μετά τη διήθηση

Μετά το πέρας των 20hr αφαιρέθηκαν από το φούρνο, τοποθετήθηκαν για 20min περίπου στον ξηραντήρα ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια ζυγίστηκαν οπότε από τη καινούρια μάζα υπολογίστηκε η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών σακχάρων δηλαδή το ποσοστό απώλειας βάρους λόγω εκχύλισης. Για τον υπολογισμό του ποσοστού (%) απώλειας βάρους λόγω εκχύλισης χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση.

$$(\%)\text{διαλυτά}=(m_{\text{δειγμ.αρχική}}-m_{\text{δειγμ.τελική}})/m_{\text{δειγμ.αρχική}}*100$$

Όπου:

$m_{\text{δειγμ.αρχική}}$ = η αρχική μάζα του δείγματος

$m_{\text{δειγμ.τελική}}$ = η τελική μάζα του δείγματος

Το ξηρό υλικό στη συνέχεια καθώς και το διήθημα με το έκπλυμα χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό κυτταρίνης, ημικυτταρίνης, αναγωγικών σακχάρων (TRS), ελεύθερης γλυκόζης και διαλυτού αμύλου. Οι μέθοδοι ανάλυσης αυτών των παραμέτρων περιγράφονται παρακάτω.

3.4.5.1. Προσδιορισμός Αναγωγικών Σακχάρων (TRS)

Η μέτρηση αναγωγικών υδατανθράκων γίνεται με τη φωτομετρική μέθοδο του 3,5 δινιτροσαλικυλικού οξέος (DNS ή 2-υδρόξυ-3,5-δινιτροβενζοϊκό οξύ).

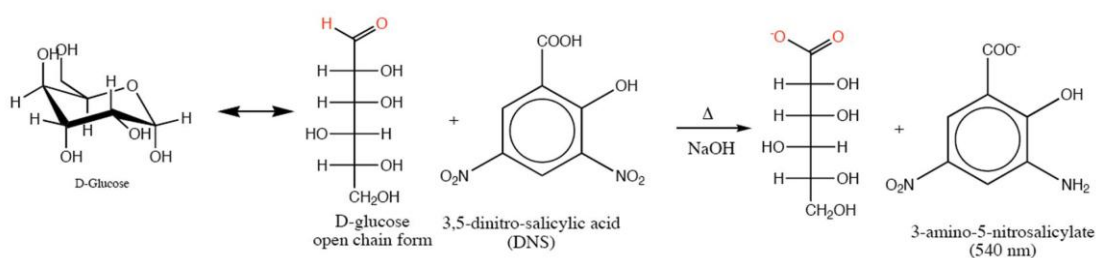
Οι υδατάνθρακες ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες, που αναλύονται παρακάτω:

- 1) Μονοσακχαρίτες: Είναι οι υδατάνθρακες που δεν μπορούν να υδρολυθούν περαιτέρω προκειμένου να δώσουν μια απλούστερη μονάδα πολύ-υδρόξυ αλδεΐδης ή κετόνης. Οι μονοσακχαρίτες μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων άνθρακα και τη δραστική ομάδα του μορίου τους σε τριόζες (με 3 άτομα άνθρακα), τετρόζες (με 4 άτομα άνθρακα), πεντόζες (με 5 άτομα άνθρακα), εξόζες (με 6 άτομα άνθρακα) κλπ. Επίσης, αν ο μονοσακχαρίτης έχει αλδεΐδομάδα στο μόριο ανήκει στην κατηγορία των αλδοζών και αν έχει κετονομάδα ανήκει στην ομάδα των κετοζών. Περίπου 20 μονοσακχαρίτες υπάρχουν στην φύση και οι πλέον κοινοί περιέχουν 5 (πεντόζες) ή 6 (εξόζες) άτομα άνθρακα: γλυκόζη, φρουκτόζη, ριβόζη, αραβονόζη, ξυλόζη κλπ.
- 2) Ολιγοσακχαρίτες : είναι οι υδατάνθρακες που κατά την υδρόλυσή τους μπορούν να αποδώσουν 2 έως 10 μονάδες μονοσακχαριτών. Ανάλογα με τον αριθμό των μονοσακχαριτών που αποδίδουν κατά την υδρόλυση διακρίνονται σε δι-σακχαρίτες, τρι-σακχαρίτες, τετρα-σακχαρίτες κλπ. Παράδειγματα δισακχαριτών είναι η σακχαρόζη η οποία υδρολυόμενη δίνει ένα ισομοριακό μίγμα γλυκόζης και φρουκτόζης και η μαλτόζη η οποία υδρολυόμενη δίνει 2 μόρια γλυκόζης.

3) Πολυσακχαρίτες: είναι οι υδατάνθρακες που κατά την υδρόλυσή τους παράγουν μεγάλο αριθμό μονοσακχαριτών. Παραδείγματα πολυσακχαριτών είναι το άμυλο, η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, το γλυκογόνο κλπ.

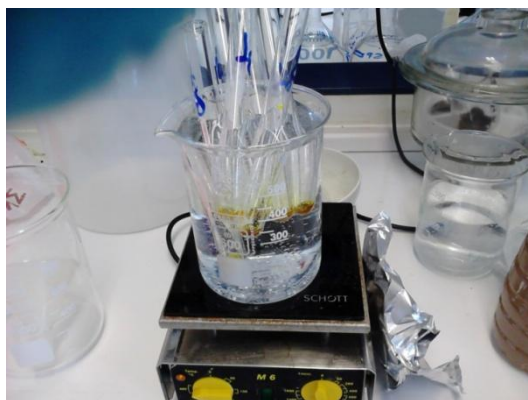
Επιπλέον οι υδατάνθρακες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως αναγωγικοί ή μη-αναγωγικοί. Αναγωγικοί υδατάνθρακες είναι αυτοί που μπορούν να λειτουργήσουν ως αναγωγικοί παράγοντες γεγονός που οφείλεται στην παρουσία ελεύθερης αλδεϋδομάδας ή κετονομάδας στο μόριό τους.

Την συγκεκριμένη ιδιότητα χρησιμοποιεί η μέθοδος DNS για την ποσοτικοποίηση των σακχάρων σε κάποιο διάλυμα. Η αναγωγή του 3,5-δινιτροσαλικυλικού οξέος (κίτρινο χρώμα) οδηγεί στη δημιουργία ενός προϊόντος του 3-άμινο-5-νιτρο-σαλικυλικού οξέος (πορτοκαλί-κίτρινο) το οποίο εμφανίζει μέγιστο απορρόφησης σε μήκος κύματος 540 nm .



Εικόνα 25: Αναγωγή του 3,5-δινιτροσαλικυλικού οξέος προς 3-άμινο-5-νιτρο-σαλικυλικό οξύ παρουσία γλυκόζης

Κατά τον προσδιορισμό των αναγωγικών σακχάρων χρησιμοποιήθηκαν τα εκπλύματα και τα διηθήματα που ελήφθησαν από την εκχύλιση. Τα εκπλύματα χρησιμοποιήθηκαν αναραιωτά ενώ τα εκχυλίσματα αραιώθηκαν με αραιώση 1:5 (800ml νερού και 200ml εκχυλίσματος). Σε δοκιμαστικούς σωλήνες προστέθηκαν 250μL του εκάστοτε διαλύματος(διήθημα ή έκπλυμα) και 250μL DNS. Οι δοκιμαστικοί τοποθετήθηκαν για βρασμό για 15min ώστε να γίνει επώαση και να καταστραφούν τυχόν μικροοργανισμοί που αναπτύχθηκαν και κατανάλωσαν ορισμένη ποσότητα σακχάρων (εικόνα 26).



Εικόνα 26:Επώαση μίγματος

Αμέσως μετά τη θέρμανση οι δοκιμαστικοί αφαιρέθηκαν από το υδατόλουτρο και στη συνέχεια προστέθηκαν σε αυτούς 2ml νερού. Τέλος, πραγματοποιήθηκε φωτομέτρηση σε μήκος κύματος 540nm και καταγράφηκαν οι απορροφήσεις από τις οποίες μέσω της καμπύλης αναφοράς υπολογίστηκε η συγκέντρωση αναγωγικών σακχάρων (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Συσκευή φωτομέτρου

Αμέσως μετά τη θέρμανση οι δοκιμαστικοί αφαιρέθηκαν από το υδατόλουτρο και στη συνέχεια προστέθηκαν σε αυτούς 2ml νερού. Τέλος, πραγματοποιήθηκε φωτομέτρηση σε μήκος κύματος 540nm και καταγράφηκαν οι απορροφήσεις από τις οποίες μέσω της καμπύλης αναφοράς υπολογίστηκε η συγκέντρωση αναγωγικών σακχάρων.

Οι μετρούμενες απορροφήσεις εισάγονται σε συγκεκριμένες καμπύλες προσδιορισμού συγκέντρωσης αναγωγικών σακχάρων. Πιο συγκεκριμένα:

$$C_{\text{σακχάρων}}(\text{mg})=1,6058 \cdot \text{ABS}_{\text{mean}} \cdot D$$

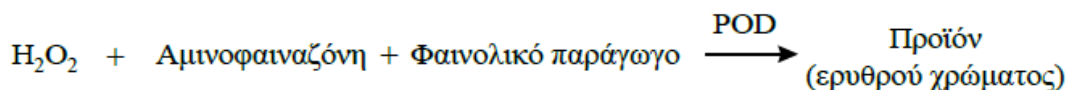
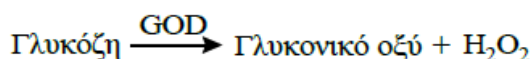
Όπου:

ABS_{mean} : ο μέσος όρος απορρόφησης(μετρούμενος σε ειδικό φωτόμετρο).

D: Η αραίωση που έχει πραγματοποιηθεί στο διάλυμα(D=1 όταν το διάλυμα παραμένει αναραίωτο, D=5 όταν η αραίωση είναι 1:5 και D=10 όταν η αραίωση είναι 1:10)

3.4.6 Προσδιορισμός Ελεύθερης Γλυκόζης

Η μέθοδος προσδιορισμού της γλυκόζης βασίζεται στη μετατροπή της γλυκόζης σε ένα προϊόν ερυθρού χρώματος, που είναι αποτέλεσμα της διαδοχικής δράσης των ενζύμων οξειδάση και υπεροξειδάση της γλυκόζης. Αρχικά, η γλυκόζη με τη δράση της οξειδάσης μετατρέπεται σε γλυκονικό οξύ με ταυτόχρονη παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου. Στη συνέχεια, το υπεροξείδιο του υδρογόνου παρουσία αμινοφαιναζόνης και κάποιου φαινολικού παραγωγού με τη δράση της υπεροξειδάσης μετατρέπεται σε κάποιο προϊόν ερυθρού χρώματος το οποίο παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση στα 510nm. Οι 2 αντιδράσεις που αναφέρθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω (GOD=οξειδάση, POD=υπεροξειδάση).



Διάγραμμα 4:Αλληλουχία ενζυμικών αντιδράσεων που οδηγούν στην ποσοτικοποίηση της γλυκόζης [45]

Η πειραματική διαδικασία που πραγματοποιείται για την παραπάνω μέθοδο περιγράφεται ακολούθως. Χρησιμοποιήθηκε και πάλι το διήθημα και το έκπλυμα με αραίωση διηθήματος 1:5 (ή 1:10 ανάλογα αν η απορρόφηση που μετρήθηκε στο φωτόμετρο είναι εκτός ορίων της καμπύλης αναφοράς). Στη περίπτωση αυτή όμως αναμιχθηκαν 2ml διαλύματος σακχάρου, το οποίο θα αντιδράσει με τη γλυκόζη που υπάρχει στο δείγμα, με 0,1ml δείγματος διηθήματος και εκπλύματος. Στη συνέχεια, το μίγμα θερμάνθηκε για 15min στο υδατόλουτρο στους 37°C και αμέσως μετά υπέστη φωτομέτρηση στα 510nm.

Σημειώνεται ότι η παρουσία γλυκόζης στο δείγμα φαίνεται στον χρωματισμό του σακχάρου κατά την προσθήκη δείγματος από άχρωμο σε ελαφρύ ροζ. Αν δεν χρωματιζόταν, αυτό θα σήμαινε ή ότι το δείγμα δεν περιείχε γλυκόζη ή ότι η γλυκόζη έχει καταναλωθεί από μικροοργανισμούς αν τυχόν το διήθημα έχει μείνει αρκετή ώρα εκτός κατάψυξης.

Οι μετρούμενες απορροφήσεις εισάγονται σε συγκεκριμένες καμπύλες αναφοράς προσδιορισμού συγκέντρωσης γλυκόζης. Ειδικότερα:

$$C_{\text{glucose}}(\text{mg}) = (0,9909 * \text{ABS}_{\text{mean}} - 0,0466) * D$$

Όπου:

ABS_{mean} : ο μέσος όρος απορρόφησης(μετρούμενος σε ειδικό φωτόμετρο).

D: Η αραίωση που έχει πραγματοποιηθεί στο διάλυμα (D=1 όταν το διάλυμα παραμένει αναραίωτο, D=5 όταν η αραίωση είναι 1:5 και D=10 όταν η αραίωση είναι 1:10)

3.4.7 Προσδιορισμός Αμύλου

Ο προσδιορισμός του αμύλου ακολουθεί την παρακάτω μεθοδολογία.

Αρχικά ελήφθησαν 100mg εκχυλισμένου ξηρού υλικού και τοποθετήθηκαν σε γυάλινα φιαλίδια. Μέσα σε αυτά προστέθηκαν 0,2ml αιθανόλης (CH₃CH₂OH) υπό ανάδευση. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 2ml υδροξειδίου καλίου (KOH) 2M (χωρίς ανάδευση γιατί μπορεί να σχηματιστεί γαλάκτωμα). Το μίγμα τοποθετήθηκε σε παγόλουτρο για 20min (Εικόνα 28).



Εικόνα 28: Τοποθέτηση δείγματος σε παγόλουτρο για 20min

Στην συνέχεια, προστέθηκαν στα φιαλίδια 8ml buffer (sodium acetate) με $\text{pH}=3,8$ ώστε να πέσει το pH , καθώς είναι υψηλό λόγω της παρουσίας KOH . Στη συνέχεια, προστέθηκαν τα ένζυμα, 0,1ml αμυλάση και 0,1ml αμυλογλυκοζιδάση (AMG) και εισήχθησαν σε υδατόλουτρο στους 50°C για 30min με ανάδευση κάθε 10min ώστε να διαλυθεί το άμυλο (Εικόνα 29).



Εικόνα 29: Εισαγωγή των δειγμάτων στο υδατόλουτρο

Αμέσως μετά τα 30min έγινε μεταφορά του υγρού από τα γυάλινα φιαλίδια σε falcontube και πραγματοποιήθηκε φυγοκέντριση για 15min ώστε να κατακαθίσουν τα στερεά (Εικόνα 30).



Εικόνα 30: Συσσκευή φυγοκέντρισης

Τέλος, συλλέχθηκε 1,5ml από το υπερκείμενο, αραιώθηκε με 1:5 αραιώση και μετρήθηκε στο φωτόμετρο σε μήκος κύματος 510nm η γλυκόζη με την παραπάνω μεθοδολογία που αναφέρθηκε για

τον προσδιορισμό ελεύθερης γλυκόζης. Από τη γλυκόζη που μετρήθηκε προκύπτει η συγκέντρωση του αμύλου.

Οι μετρούμενες απορροφήσεις εισάγονται σε συγκεκριμένες καμπύλες προσδιορισμού συγκέντρωσης γλυκόζης και στη συνέχεια η συγκέντρωση του αμύλου.

$$C_{\text{glucose}}(\text{mg}) = (0,9909 * \text{ABS}_{\text{mean}} - 0,0466) * D$$

$$\text{Starch}/100\text{grdry} = \text{total}_{\text{glucose}}(\text{mg}) * 0,9 * 100 / \text{initial dry solid}$$

Όπου:

ABS_{mean} : ο μέσος όρος απορρόφησης (μετρούμενος σε ειδικό φωτόμετρο).

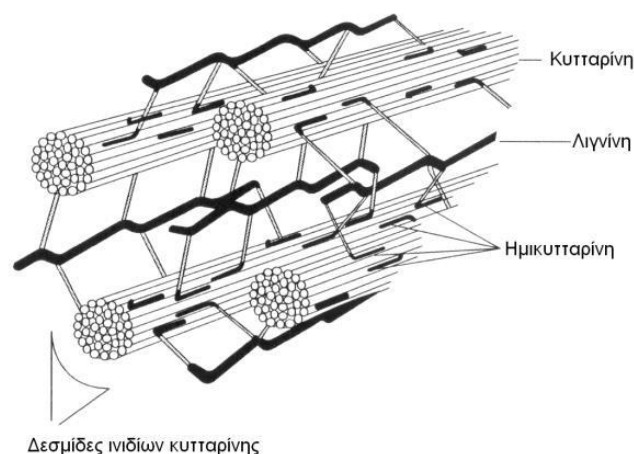
D: Η αραίωση που έχει πραγματοποιηθεί στο διάλυμα (D=1 όταν το διάλυμα παραμένει αναραίωτο, D=5 όταν η αραίωση είναι 1:5 και D=10 όταν η αραίωση είναι 1:10)

Initialdrysolid: αρχική μάζα δείγματος

$$0,9: \text{Mr}_{\text{glucose}} / \text{Mr}_{\text{starch}}$$

3.4.8 Προσδιορισμός Κυτταρίνης

Οι υδατάνθρακες (κυτταρίνη και ημικυτταρίνη) που βρίσκονται στα λιγνοκυτταρινούχα υλικά μπορούν να μετατραπούν σε βιοαιθανόλη. Τα κύρια συστατικά της λιγνινοκυτταρινούχου βιομάζας είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη. Η κυτταρίνη είναι ένα γραμμικό ομοπολυμερές από μονάδες β-D-γλυκο-πυρανόζης, συνδεδεμένων με β-(1 4)- γλυκοζιτικούς δεσμούς και σχηματίζει ινίδια που προσδίνουν αντοχή στο φυτό (εικόνα 31).



Εικόνα 31: Κύρια συστατικά φυτικού κυτταρικού τοιχώματος [66]

Το στάδιο της ενζυμικής επεξεργασίας της κυτταρίνης για την παραγωγή σακχάρων αποτελεί το σπουδαιότερο στάδιο της παραγωγής βιοαιθανόλης. Αυτά τα σάκχαρα μπορούν στη συνέχεια να

υποστούν ζύμωση για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η καταλληλότητα του είδους της βιομάζας για την παραγωγή βιοαιθανόλης εξαρτάται από την ικανότητά της να μετατρέπεται σε σάκχαρα.

Για τον προσδιορισμό της κυτταρίνης χρησιμοποιήθηκαν 300mgr από το ξηραμένο υλικό που προήλθε από την εκχύλιση. Αυτή η ποσότητα του υλικού τοποθετήθηκε σε κωνικές φιάλες των 100ml μαζί με 3ml H_2SO_4 (72%v/v). Οι κωνικές φιάλες τοποθετήθηκαν στη συσκευή επώασης στους 30°C για 1hr (Εικόνα 32).



Εικόνα 32: Επώαση στους 30°C

Μετά το τέλος της επώασης προστέθηκαν στην κάθε κωνική 84ml νερό και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στη συσκευή αποστείρωσης στους 121°C για 1hr (Εικόνα 33).



Εικόνα 33: Συσκευή αποστείρωσης (αριστερά) και κωνικές φιάλες στο εσωτερικό της για αποστείρωση στους 121°C (δεξιά)

Μετά την αποστείρωση οι κωνικές φιάλες εισήχθησαν σε κατάψυξη για περίπου μισή ώρα μέχρι να κρυσώσουν. Έπειτα, ακολούθησε εξουδετέρωση του διαλύματος που περιέχεται σε κάθε κωνική με χρήση ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) υπό ανάδευση σε ποσότητα τέτοια ώστε το pH του διαλύματος να φτάσει στο 5 ή 5,5 (Εικόνα 34).



Εικόνα 34: Αρχή της εξουδετέρωσης του δείγματος με CaCO_3 (αριστερά) και εξουδετερωμένο δείγμα σε $\text{pH}=5-5,5$ (δεξιά)

Στο τέλος της ανάδευσης το διάλυμα αφέθηκε να ηρεμήσει και στη συνέχεια, συλλέχθηκε σε μικρά φιαλίδια 1,5ml από το υπερκείμενο υγρό που είχε σχηματιστεί. Στο υπερκείμενο που συλλέχθηκε εφαρμόστηκε η μέθοδος προσδιορισμού της γλυκόζης. Δηλαδή, αφού αραιώθηκε το δείγμα με αραιώση 1:5, τοποθετήθηκαν σε 2000ml σακχάρου, 100ml αραιωμένου και πραγματοποιήθηκε μέτρηση της απορρόφησης στο φωτόμετρο. Η γλυκόζη που προέκυψε από την απορρόφηση, που μετρήθηκε, μετατράπηκε σε κυτταρίνη μέσω κατάλληλων σχέσεων, που αναφέρονται παρακάτω.

Οι μετρούμενες απορροφήσεις εισάγονται σε συγκεκριμένες καμπύλες προσδιορισμού συγκέντρωσης γλυκόζης και στη συνέχεια, με τη βοήθεια επιπρόσθετων καμπυλών προσδιορίζονται οι συγκεντρώσεις κυτταρίνης-ημικυτταρίνης στο διάλυμα. Συγκεκριμένα:

$$C_{\text{glucose}}(\text{mg/ml})=(0,9909 \cdot \text{ABS}_{\text{mean}}-0,0466) \cdot D$$

$$\text{Total}_{\text{glucose}}(\text{mg})=C_{\text{glucose}}(\text{mg/ml}) \cdot \text{final volume}(\text{ml})$$

$$\text{gr}_{\text{glucose}}/100\text{grsolid}=\text{Total}_{\text{glucose}}(\text{mg})/\text{initial solid weight}$$

$$\text{gr glucose}/100\text{grdry}=[\text{gr}/100\text{grsolid}] \cdot (100-\% \text{διαλυτά})/100/0,897$$

Στη συνέχεια αφαιρείται από την ποσότητα της υπολογιζόμενης γλυκόζης η ποσότητα της γλυκόζης του αμύλου:

$$\text{Gluc}(\text{net})/100\text{gr dry}=(\text{total gluc} - \text{starch gluc}) / 100 \text{ g dry}$$

Η ποσότητα κυτταρίνης στην ξηρή ποσότητα του δείγματος υπολογίζεται αντίστοιχα από τη σχέση:

$$\text{grcellulose}/100\text{gr dry}=\text{Gluc}(\text{net})/100\text{gr dry} \cdot 0,9$$

όπου:

final volume=86,73ml(προκαθορισμένη τιμή)

initial solid weight= αρχική μάζα του δείγματος

0,9=162/180= $\text{MB}_{\text{γλυκόζης}}/\text{MB}_{\text{αμύλου}}$

0,897=συντελεστής διόρθωσης γλυκόζης

3.4.9 Προσδιορισμός Ολικού Αζώτου(T)

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού αζώτου χωρίζεται σε 3 μέρη: την χώνευση, την απόσταξη και την τιτλοδότηση. Η συγκεκριμένη μέθοδος που εφαρμόστηκε βασίζεται στην τροποποιημένη κατά Kjeldahl μέθοδο προσδιορισμού αζώτου. Αρχικά πραγματοποιείται μετατροπή του οργανικού αζώτου και ελεύθερου αμμωνίου σε άλας θειικού αμμωνίου (χώνευση) παρουσία θειικού οξέος και καταλυτών (διοξειδίου του τιτανίου). Τα νιτρικά και νιτρώδη ανάγονται σε αμμωνιακά με τη χρήση σαλικυλικού οξέος και θειοθειικού νατρίου. Έπειτα, η αμμωνία αποστάζει και προσδιορίζεται ογκομετρικά με τιτλοδότηση. Ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή της μεθόδου με τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν και αναφορές στις ποσότητες και τα είδη αυτών.

Χώνευση

Αρχικά, κατά τη χώνευση, ελήφθησαν 0,50gr ξηρού δείγματος και τοποθετήθηκαν σε μια φιάλη χώνευσης των 400ml (φιάλη Gerhardt). Στη συνέχεια, προστέθηκαν 20ml H_2SO_4 με 25g/l σαλικυλικό οξύ, έγινε ανάδευση και αφέθηκε το μίγμα για 1 μέρα σε ηρεμία ώστε να πραγματοποιηθεί η χώνευση (Εικόνα 35).



Εικόνα 35: Διάλυμα ξηρού υλικού και θειικού οξέος σε ηρεμία

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Η συσκευή έχει οκτώ θέσεις για τα δείγματα, η μια από τις οποίες θα αποτελεί το τυφλό δείγμα. Επομένως, αυτή η θέση συμπληρώθηκε μόνο με τα 20ml θειικού και σαλικυλικού οξέος χωρίς προσθήκη των 0,5gr δείγματος.

Την επόμενη μέρα εισήχθησαν στη φιάλη 2,5gr θειοθειικό νάτριο ($Na_2S_2O_3 \cdot 2H_2O$) το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως καταλύτης. Αφού τοποθετήθηκε ο καταλύτης και έγινε ανάδευση το μίγμα εισήχθη στον χωνευτήρα στον οποίο άνοιξε πρώτα το νερό ώστε να απορροφηθούν οι ατμοί που βγαίνουν από το δείγμα κατά τη θέρμανση και οφείλονται κυρίως στη παρουσία H_2SO_4 . Ρυθμίστηκε ο χωνευτήρας στο PROGRAM 5 για μισή ώρα και ψύξη 15min και στη συνέχεια προστέθηκαν 5,5gr

μίγματος καταλυτών. Μετά την προσθήκη του μίγματος έγινε ανάδευση και τοποθετήθηκε το δείγμα για χώνευση στους 400°C για 2,5hr και 10min ψύξη (Εικόνα 36).



Εικόνα 36: Συσκευή χώνευσης Gerhardt

Απόσταξη

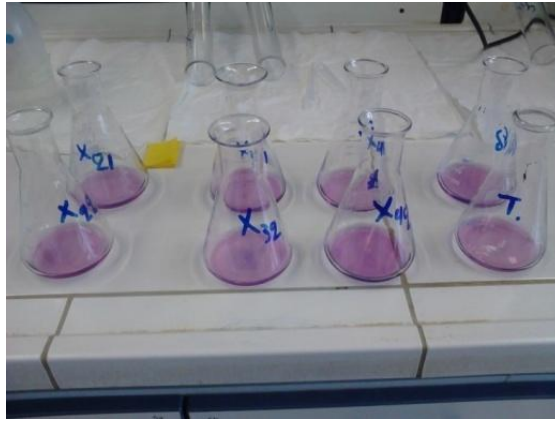
Στη συνέχεια, αφού οι φιάλες ήρθαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος τοποθετήθηκαν στη συσκευή απόσταξης όπου και πραγματοποιήθηκε απόσταξη σε κάθε δείγμα (Εικόνα 37).



Εικόνα 37: Συσκευή απόσταξης Vapodest

Τιτλοδότηση

Κατά την τιτλοδότηση προστέθηκαν 25ml βορικού οξέος (H_3BO_4) καθώς και 2-3 σταγόνες δείκτη mixed indicator σε οκτώ κωνικές φιάλες (Εικόνα 38).



Εικόνα 38: Προετοιμασία δείγματος βορικού και δείκτη

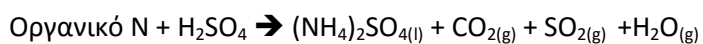
Στις φιάλες αυτές αρχικά πραγματοποιήθηκε απόσταξη με NaOH 10mol/l. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε τιτλοδότηση με πυκνόθεικό οξύ 0,1M ώστε να εξουδετερωθεί το NaOH που αποστάχθηκε (Εικόνα 39).



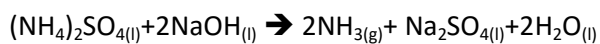
Εικόνα 39: Μετά την απόσταξη και πριν την τιτλοδότηση (αριστερά) και μετά την τιτλοδότηση (δεξιά)

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε κάθε στάδιο παρατίθενται αναλυτικά παρακάτω:

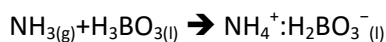
Κατά τη χώνευση



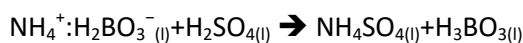
Κατά την απόσταξη



Κατά τη συλλογή του αποστάγματος



Κατά την τιτλοδότηση



Η περιεκτικότητα του δείγματος σε ολικό άζωτο σε mgr/gr υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$T(\%) = \frac{(V_D - V_T) * c(H^+) * M_N}{m} * \frac{100 + \%Y_{EB}}{100}$$

Όπου:

VD: ο όγκος (mL) του θειικού οξέος που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση του δείγματος

VT: ο όγκος (mL) του θειικού οξέος που χρησιμοποιείται για την τιτλοδότηση του τυφλού

$C(H^+)$: η συγκέντρωση (mol/L) των H^+ σε θειικό οξύ ίση με 0,1

M_N : το μοριακό βάρος (gr/mol) του αζώτου ίσο με 14,0067

m : η μάζα (gr) του ξηραμένου στερεού δείγματος

%ΥΞ.Β.: η υγρασία δείγματος (%) σε ξηρή βάση

3.5 Αποτελέσματα αναλύσεων

➤ Αποτελέσματα μετρήσεων Υγρασίας

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων υγρασίας στα δείγματα του χαρτιού που ελήφθησαν από το ΕΜΑΚ, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 15: Αποτελέσματα υγρασίας (%κ.β.)

Δειγματα	υγρασία (%κ.β)	Τυπική Απόκλιση
1	3,33	0,1105
2	3,18	
3	5,52	0,3743
4	4,99	
5	2,81	0,0004
6	2,81	
7	3,33	0,0070
8	3,34	
Μέση Τιμή	3,66	0,12

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή υγρασίας του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με $\approx 3,7\%$ κ.β. ενώ κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (2,81-5,52%κ.β.).

➤ Αποτελέσματα μετρήσεων Πτητικών Στερεών (VS)

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων VS εμφανίζονται στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 16: Μέσος όρος αποτελεσμάτων μετρήσεων και τυπική απόκλιση για τα πτητικά στερεά

Δειγματα	VS (%κ.β.)	Τυπική απόκλιση
1	85,8	0,3244
2	86,2	
3	85,3	1,1485
4	87,0	
5	85,8	0,5495
6	86,6	
7	86,1	2,7759
8	80,7	
Μέση τιμή	86	1,20

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή πτητικών στερεών του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με 86 % κ.β. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (80,7-87%κ.β.). γεγονός που αποδεικνύει την υψηλή περιεκτικότητα του χαρτιού σε οργανική ύλη.

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων pH**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του pH για τα δείγματα που ελήφθησαν, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 17: Μέσος όρος pH και τυπική απόκλιση

Δειγματα	pH	Τυπική απόκλιση
1	6,42	0,007
2	6,41	
3	6,42	0,007
4	6,43	
5	6,44	0,0141
6	6,42	
7	6,45	0,007
8	6,46	
Μέση τιμή	6,430	0,008

Είναι γνωστό ότι τα διαλύματα για τα οποία η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7 χαρακτηρίζονται ως όξινα, ενώ διαλύματα με pH μεγαλύτερο από 7 χαρακτηρίζονται αλκαλικά. Επομένως, σύμφωνα με τα ανωτέρω τα δείγματα που εξετάστηκαν βρίσκονται στην όξινη περιοχή.

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων Αγωγιμότητας**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αγωγιμότητας, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 18: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση αγωγιμότητας

Δειγματα	CD (μS)	Τυπική απόκλιση
1	1361	198,69
2	1080	
3	1269	179,60
4	1015	
5	1021	209,30
6	1317	
7	1293	185,96
8	1030	
Μέση τιμή	1173	193,39

Η αγωγιμότητα αποτελεί μέτρο της ποσότητας των αλάτων του υλικού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή της αγωγιμότητας προσδιορίστηκε ίση με 1173μS. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (1015-1361 μS). Όσο πιο υψηλή είναι η τιμή της αγωγιμότητας τόσο πιο πολλά άλατα έχει το υλικό.

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC)**

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση ολικού οργανικού άνθρακα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 19: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση για TOC

Δειγμάτα	TOC (%Κ.Β.	Τυπική απόκλιση
1	49,47	49,18
2	48,88	
3	49,35	49,46
4	49,56	
5	48,95	50,10
6	51,78	
7	49,27	49,38
8	47,09	
Μέση τιμή	49	49,53

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή ολικού οργανικού άνθρακα του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με 49 % κ.β. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (47,09- 51,78%κ.β.).

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων Ολικού Αζώτου (TN)**

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων ολικού αζώτου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 20: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση ολικού αζώτου

Δειγμάτα	TN (%)	Τυπική απόκλιση
1	1,06	0,02
2	1,09	
3	1,20	0,02
4	1,23	
5	1,17	0,02
6	1,14	
7	1,09	0,02
8	1,12	
Μέση τιμή	1,14	0,02

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή ολικού αζώτου του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με 1,14 %. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (1,06-1,23%).

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων Ολικών Διαλυτών Σακχάρων**

Τα ολικά διαλυτά σάκχαρα είναι εκείνοι οι υδατάνθρακες οι οποίοι διαλύονται εύκολα στο νερό όπως η γλυκόζη, χωρίς να χρειαστούν κάποια προπεξεργασία για παράδειγμα με κάποιο οξύ, έτσι ώστε να

διασπαστούν σε απλούστερους. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων υδατοδιαλυτών σακχάρων, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 21: Μέσος όρος αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση για ολικά διαλυτά σάκχαρα

Δειγματο	Υγρασία %	Ολικά διαλυτά %
1	1,941	22,398
2	2,060	17,587
3	1,875	24,990
4	1,967	21,341
5	1,963	21,569
6	2,033	18,688
7	1,831	26,777
8	1,977	20,929
Μέση τιμή	1,96	19,64

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή των μετρήσεων υδατοδιαλυτών σακχάρων του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με 19,64 %. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (17,587-26,77%).

➤ Αποτελέσματα μετρήσεων Γλυκόζης

Τα αποτελέσματα ανάλυσης της γλυκόζης παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 22: Μέσος όρος αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση γλυκόζης

Δειγματο	Γλυκόζη (%κ.β.)	Τυπική απόκλιση
1	n.d.	
2	n.d.	
3	n.d.	
4	n.d.	
5	n.d.	
6	n.d.	
7	n.d.	
8	n.d.	
*n.d.: non detectible (μη ανιχνευσιμο)		

Από τα παραπάνω εμφανίζεται ότι δεν περιέχεται γλυκόζη στα δείγματα που εξετάστηκαν.

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων Αναγωγικών Σακχάρων(TRS)**

Τα αναγωγικά σάκχαρα είναι κατηγορία των διαλυτών σακχάρων και περιλαμβάνουν την σακχαρόζη, τη γλυκόζη, την φρουκτόζη, την ξυλόζη κ.α. Τα αποτελέσματα της συγκέντρωσης των αναγωγικών σακχάρων, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 23: Μέσος όρος αποτελεσμάτων και τυπική απόκλιση των αναγωγικών σακχάρων TRS

Δειγματα	TRS (%κ.β.)	Τυπική απόκλιση
1	0,009	0,001
2	0,010	
3	0,010	0,001
4	0,010	
5	0,008	0,002
6	0,011	
7	0,009	0,002
8	0,012	
Μέση τιμή	0,010	0,002

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή της συγκέντρωσης των αναγωγικών σακχάρων του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με 0,01% κ.β. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (0,008-0,012%κ.β.).

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων αμύλου**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αμύλου των απορριμμάτων που ελήφθησαν, καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 24: Μέσος όρος των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων και η τυπική απόκλιση αυτών για το άμυλο

Δειγματα	Άμυλο (%κ.β.)	Τυπική απόκλιση
1	24,50	0,759
2	23,42	
3	24,10	0,677
4	25,06	
5	24,97	0,432
6	24,36	
7	25,27	0,9
8	24,00	
Μέση τιμή	24,46	0,6920

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή των μετρήσεων αμύλου του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με 24,46 % κ.β. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (23,42-25,27%κ.β.).

➤ **Αποτελέσματα μετρήσεων Κυτταρίνης**

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων κυτταρίνης του χαρτιού που ελήφθη από το ΕΜΑΚ καταγράφονται σε μορφή μέσων τιμών στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 25 : Μέσος όρος των αποτελεσμάτων και η τυπική απόκλιση αυτών για την κυτταρίνη

Δειγματα	Κυτταρίνη (%κ.β.)	Τυπική απόκλιση
1	37,878	1,265
2	36,089	
3	32,292	1,541
4	34,472	
5	31,204	0,661
6	32,138	
7	36,784	0,085
8	36,664	
Μέση τιμή	34,69	0,90

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα, η μέση τιμή των μετρήσεων κυτταρίνης του τελικού ξηρού υλικού (χαρτιού), προσδιορίστηκε ίση με 34,69 % κ.β. Η τιμή αυτή κυμάνθηκε στο εύρος τιμών (31,20-37,87%κ.β.).

3.6 Θεωρητική Αποτύπωση Απόδοσης Διεργασίας SSF (Simultaneous Saccharification Fermentation)

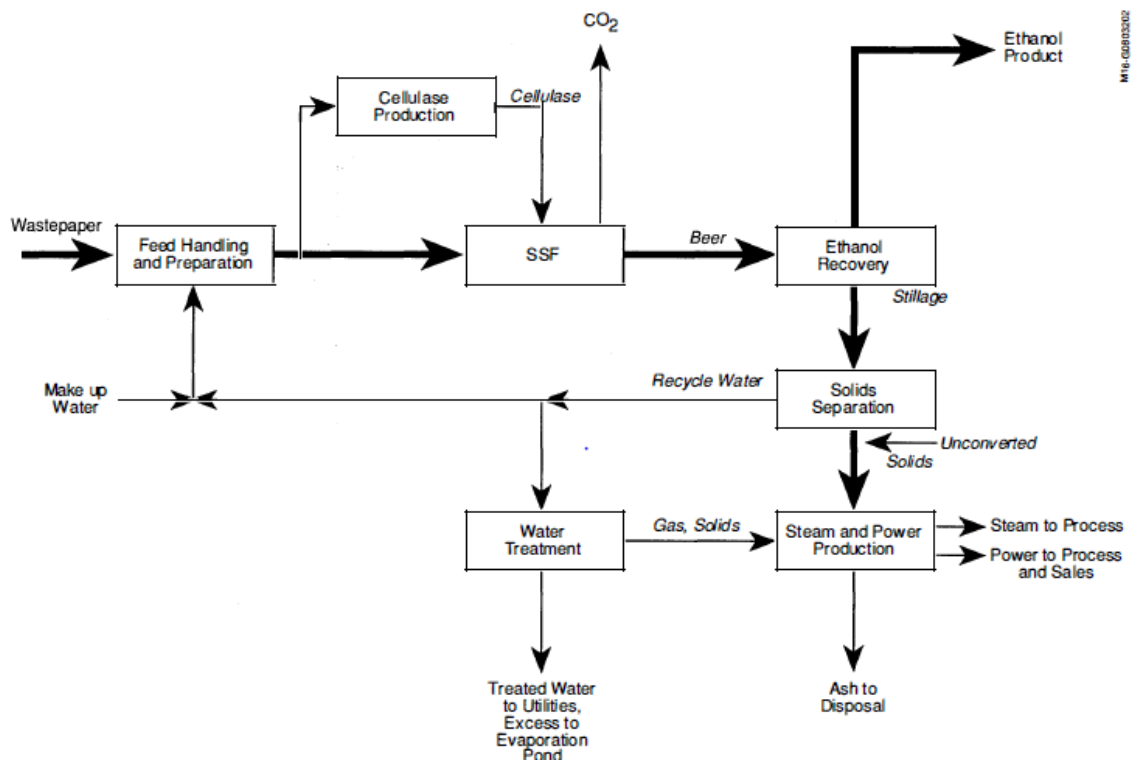
Από τις ως άνω αναλύσεις προκύπτει ότι ένα σημαντικό ποσοστό επί του συνόλου του λιγνοκυταρρινούχου υλικού, δύναται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς.

Συγκεκριμένα, ποσοστό ($\approx 24,64\%$ άμυλο + $34,69\%$ κυτταρίνη) $\approx 59\%$ δύναται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αιθανόλης. Θεωρητική αποτίμηση της παραγωγικότητας διαφορετικών υποστρωμάτων, καταγράφεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 26. Παράδειγμα θεωρητικών αποδόσεων αιθανόλης από επιλεγμένες πρώτες ύλες [66]

Παράδειγμα θεωρητικών αποδόσεων αιθανόλης από επιλεγμένες πρώτες ύλες	
ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ (λίτρα / ξηρό τόνο πρώτης ύλης)
καλαμπόκι	470,9
υπολείμματα καλαμποκιού	427,7
Άχυρα ρυζιού	416
Βαμβάκι	215
Αποψιλώσεις δασών	308,5
Πριονίδια από σκληρό ξύλο	381
Βαγάσση	422
Διάφορες ποιότητες χαρτιού	439
Switchgrass	366

Η διεργασία η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εν λόγω βιομετατροπή των περιεχομένων υδατανθράκων φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 5: Διεργασία βιομετατροπής των περιεχόμενων υδατανθράκων [67]

Επισημαίνεται ότι βάσει των προαναφερόμενων στο κεφάλαιο 2, παρ.2.2.5 περί της ποσότητας των εισερχομένων απορριμμάτων στο ΕΜΑΚ, τα τελευταία έτη λειτουργεί με μειωμένη δυναμικότητα (2/3 αυτής). Επομένως σε *πλήρη δυναμικότητα* 1200t/ημέρα, η ποσότητα του χαρτιού θα κυμαίνεται σε ποσοστό (1200t/ημέρα*31%) ≈372t/ημέρα νωπής μάζας χαρτιού.

Σε μηνιαία βάση παράγεται (22ημερες* 372t) ≈8184t ποσότητα λιγνοκυταρρινούχου βιομάζας (απορριπτέα ποσότητα χαρτιού) και σε ετήσια βάση η ποσότητα αυτή μεταφράζεται σε (264ημερες *372t) ≈98.208t.

Όμως, η μάζα του χαρτιού που δύναται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή της βιοαιθανόλης θα προκύψει *μετά* την ξήρανση. Επομένως, η ξηρή μάζα, που θα προκύψει από την αφαίρεση του 35% της υγρασίας της νωπής (παραμένει το 3% μετά την ξήρανση), εκτιμάται σε (372t/ημέρα * 0,32) ≈253t χαρτιού για περαιτέρω επεξεργασία. Από την ποσότητα των ≈253t, το ποσοστό του λιγνοκυταρρινούχου υλικού που περιέχεται εκτιμάται σε: (≈ 24,64%άμυλο+34,69% κυτταρίνη) ≈59%.

Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη τις θεωρητικές τιμές οι οποίες παρουσιάστηκαν στον πίνακα23:Παράδειγμα θεωρητικών αποδόσεων αιθανόλης από επιλεγμένες πρώτες ύλες, και την συνολική ποσότητα υδατανθράκων η οποία εμπεριέχεται στην απορριπτέα στο ΕΜΑΚ ποσότητα χαρτιού, συμπεραίνεται ότι η ροή αυτή δύναται να αξιοποιηθεί για την παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς με απόδοση (253t*0, 439m³* 264ημερες) περί τα 29.321m³ /έτος με πολλαπλά οφέλη για τον ΕΔΣΝΑ.

3.7 Κριτήρια επιλογής εγκατάστασης – Παράδειγμα πιλοτικής μονάδα του project FibreEtOH

Με βάση τα ανωτέρω εκτιμάται ότι η κατασκευή πλησίον του ΕΜΑΚ μονάδας παραγωγής βιοαιθανόλης θα πρέπει να εξεταστεί. Τα κριτήρια επιλογής για την χωροθέτηση μιας μονάδας αυτού του είδους, κρίνουμε ότι πρέπει να είναι τα κάτωθι, σύμφωνα με την εμπειρία χωροθετήσεων παρόμοιων μονάδων:

- Χωροθέτηση εντός της αδειοδοτημένης ΟΕΔΑ
- Μεγάλη ευχέρεια στην προμήθεια πρώτων υλών
- Περιβαλλοντικές συνθήκες
- Μεταφορές και πρόσβαση
- Εγγύτητα στις αγορές
- Διαθεσιμότητα βοηθητικών υλικών & υπηρεσιών Οργανισμών Κοινής Ωφέλειας (ΟΚΩ)
- Αποδοχή από τοπική κοινωνία
- Επάρκεια οικονομικής, διοικητικής & κοινωνικής υποδομής

Το κόστος επένδυσης (μηχανολογικός εξοπλισμός και έργα πολιτικού μηχανικού) θα προκύψει με μεθοδολογία που βασίζεται στην σχέση δυναμικότητας – κόστους. Ενδεικτικά θα αναφερθεί η πιλοτική μονάδα του project της ΕΕ με το όνομα FibreEtOH [79].

Η καινοτομία στο έργο FibreEtOH ήταν να αποδείξει για πρώτη φορά σε παγκόσμιο επίπεδο την παραγωγή αιθανόλης σε εμπορική κλίμακα, από λιγνοκυτταρινούχα μάζα απορριμμάτων, με βάση δύο παραμέτρους:

- απόδοση συστήματος μεγαλύτερη από 70% της συνολικής ενεργειακής απόδοσης,
- μεγαλύτερη από 50% μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

Οι δύο πρώτες ύλες, το κλάσμα αποβλήτων προερχόμενο από το Solid Recovered Fuel⁷ (SRF), και ο χαρτοπολτός σε συνδυασμό με ιλύ, παρέχουν όλο το χρόνο τροφοδοσία βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα σε εξόζη και αποδεκτή περιεκτικότητα σε τέφρα. Μπορούν να υγροποιηθούν και να υδρολυθούν μέσω ενζύμων άμεσα, χωρίς θερμική ή όξινη προεπεξεργασία, αν και περιέχουν ενώσεις οι οποίες απαιτούν επιπλέον βοηθητικά ένζυμα για την πλήρη υδρόλυση προς μονοσακχαρίτες [80], [81].

⁷ Solid Recovered Fuel: στερεό καύσιμο που προκύπτει από μη επικίνδυνα απόβλητα και το οποίο αξιοποιείται για την ανάκτηση ενέργειας σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης ή συναποτέφρωσης, και πληροί τις απαιτήσεις ταξινόμησης και προδιαγραφών του προτύπου EN 15359. Προέρχεται από αστικά απορρίμματα, βιομηχανικά απορρίμματα και απορρίμματα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ). Περιλαμβάνει πλαστικά, χαρτιά, χαρτόνια, υφάσματα, ξύλο, καθώς και το υψηλής θερμογόνου δύναμης κλάσμα που προκύπτει συνήθως από εγκαταστάσεις Μονάδες Βιολογικής Επεξεργασίας.

Η τεχνολογία παραγωγής αιθανόλης 2ης γενιάς έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας κυρίως κοτσάνια καλαμποκιού, άχυρο ή πριονίδι ως πρώτη ύλη. Μέχρι στιγμής, αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική τεχνολογία για την υδρόλυση της μάζας ήταν το εμπόδιο για την εμπορική επιτυχία αυτού του σχεδίου. Το ισοζύγιο μάζας του εν λόγω εγχειρήματος έδειξε ότι 1000kg ξηρής μάζας αποβλήτων σε συνδυασμό με ιλύ παράγει περίπου 120kg αιθανόλη, 350kg βιοαέριο (70% μεθάνιο), 400kg ιλύος αποβλήτων, και 120kg CO₂. Στους υπολογισμούς έχει οριστεί το 4% της γλυκάνης ως πρώτης ύλης για τον πολλαπλασιασμό της ζύμης. Βασιζόμενοι σε άλλα πειράματα πιλοτικής κλίμακας η απόδοση της γλυκάνης κατά την υδρόλυση φθάνει σε ποσοστό 75%, αν ο χρόνος παραμονής στο στάδιο της ζύμωσης επεκταθεί. Για αυτήν την περίπτωση οι αντίστοιχοι αριθμοί είναι 170kg αιθανόλη, 310kg βιοαέριο, 360 kg λάσπης αποβλήτων, και 170 kg CO₂.

Με βάση τα ανωτέρω έχουν τα εξής αποτελέσματα:

- Εισερχόμενη ποσότητα αποβλήτων 170.000t (SRF)/έτος
- Παραγωγή αιθανόλη 15.000m³/έτος,
- Βιοαέριο (πράσινη ηλεκτρική ενέργεια) 60 GWh/έτος,
- Ιλύς για καύσιμα κατά 100.000t/έτος
- Με το φαινομενικά πολύ χαμηλό κόστος της βιομηχανικής πρώτης ύλης (απόβλητα), η FibreEtOH παράγει αιθανόλη σε ανταγωνιστικό επίπεδο.
- Το κόστος παραγωγής FibreEtOH κάτω από <0,50€/L καθιστά εφικτή την παραγωγή σε κατάλληλες εγκαταστάσεις, ενώ το κόστος πρώτων υλών (άχυρο και απόβλητα ξύλου) είναι περίπου 0,70€-1,20€/L.
- Η ενσωμάτωση, σε υπάρχουσα υποδομή χαρτοποιίας, μια μικρής ή/και μεσαίας κλίμακας εγκατάστασης παραγωγής αιθανόλης βοηθά στο να παραμείνει ανταγωνιστική η τιμή της προϊόντος, ακόμη και όταν συγκρίνεται με μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις (της τάξης των 100.000m³/έτος με επενδύσεις περίπου 300 εκατομμυρίων ευρώ).

Στην Ελλάδα δεν έχει κατασκευαστεί εγκατάσταση παραγωγής βιοαιθανόλης, ενώ και από τη βιβλιογραφία δεν είναι ξεκάθαρα τα ακριβή μεγέθη μιας τέτοιας εγκατάστασης [84], [85], [86],[87]. Από συνδυασμό διαφόρων δεδομένων ενδεικτικά προκύπτουν τα παρακάτω:

Το κόστος επένδυσης για μία μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης (από ενεργειακές καλλιέργειες) μεγέθους 100.000t/έτος ανέρχεται στα 69.000.000€ [82]. Επίσης τα λειτουργικά έξοδα της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη ότι η εγκατάσταση ενεργειακά καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από την επεξεργασία, ανέρχονται σε 660€/t. Τα έξοδα μεταφοράς και προκατεργασίας ανέρχονται σε 10€/t.

Η τιμή πώλησης της βιοαιθανόλης στην Ευρώπη είναι περίπου 760€/tn ενώ από την πώληση του υπολείμματος το έσοδο είναι 120€/t βιοαιθανόλης.

Άρα τα συνολικά κέρδη πρό φόρων και τόκων της επιχείρησης θα είναι: $K = 700 + 120 - (660 + 10 + 140) = 30 \text{€}/t$ [81],[82], [83], [88].

3.8 Πρόταση διαχωρισμού του ρεύματος χαρτιού

Για την απομάκρυνση του χαρτιού από το ΕΜΑΚ προτείνεται το εξής:

Τα απορρίμματα θα τροφοδοτούνται στο υφιστάμενο κτίριο υποδοχής, όπως ακριβώς πραγματοποιείται η τροφοδοσία σήμερα, θα διέρχονται από το κινούμενο δάπεδο και τους ήδη εγκατεστημένους σχίστες σάκων, θα οδηγούνται στον υφιστάμενο οικίσκο απομάκρυνσης των ανεπιθύμητων υλικών και εν συνεχεία θα τροφοδοτούνται προς τα δύο πρωτοβάθμια κόσκινα.

Στην συνέχεια θα τοποθετηθούν διαχωριστές τόσο για το διαχωρισμό του χαρτιού όσο και του πλαστικού, οπότε το απαλλαγμένο από τα οργανικά και από τα πλαστικά και λοιπά ρεύμα θα είναι έτοιμο για περαιτέρω διεργασία.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι διαχωριστών στο εμπόριο με κυριότερους τους κάτωθι:

- Ο ζικ-ζακ αεροδιαχωριστής,
- Ο περιστρεφόμενος αεροδιαχωριστής,
- ο απλός αεροδιαχωριστήρας,
- ο βαλλιστικός διαχωριστής,
- ο ηλεκτρομαγνητικός αεροδιαχωριστής ιμάντα,
- το μαγνητικό τύμπανο,
- το ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο και τέλος,
- ο οπτικός διαχωριστής.

Σήμερα στην αγορά κυκλοφορούν συστήματα οπτικών διαχωριστών όπως της εταιρείας TOMRA, MSS κλπ. Οι τιμές των περιγραφόμενων οπτικών διαχωριστών σήμερα κυμαίνονται από 250.000€ έως 300.000€.

Για την απομάκρυνση του ρεύματος του χαρτιού, προτείνεται τα προς ανακύκλωση πλαστικά και χαρτιά να απομακρύνονται από κυρίως ρεύμα με οπτικό διαχωρισμό. Τα πλαστικά υλικά πριν τον οπτικό διαχωρισμό τους προτείνεται να υφίστανται βαλλιστικό διαχωρισμό⁸.

⁸ Το παραγόμενο εναλλακτικό καύσιμο θα έχει χάσει ένα αρκετά μεγάλο μέρος του περιεχομένου του και κυρίως χαρτιού, γεγονός που θα προκαλέσει την μείωση της υγρασίας η οποία περιέχεται στο RDF. Αυτό θα συντελέσει στην αύξηση της θερμογόνου δύναμης στο RDF, αλλά θα μειώσει την ποσότητα

Ο βαλλιστικός διαχωριστής, αποτελείται από κεκλιμένη τράπεζα, που λαμβάνει κίνηση από συστοιχία ωθητήρων εκκέντρου κινήσεως, πάνω στην οποία προσπίπτει η μάζα των υλικών μικτού σχήματος, προκειμένου να διαχωρισθούν με βάση το σχήμα τους. Η έκκεντρη περιστροφική κίνηση που μεταδίδει ο άξονας στους ωθητήρες και εν συνεχεία στην τράπεζα αναταράσσει τα υλικά κατ' αρχήν κατά διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια και εν συνεχεία μέσω των ωθητήρων κατά την ολοκλήρωση της εκκέντρου κινήσεως ασκούνται εφαπτομενικές δυνάμεις ωθήσεως μέσω τριβής σε αυτά, με κατεύθυνση την άνω άκρη της κεκλιμένης επιφάνειας.

Τα υλικά αναδιατάσσονται συνεχώς, με αποτέλεσμα σταδιακά τα επιπέδου σχήματος, λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας που έχουν και επομένως της μεγαλύτερης τριβής που αναπτύσσουν με τους ωθητήρες και μεταξύ τους, να διαστρώνονται επί της κεκλιμένης επιφάνειας και να μετακινούνται προς την άνω άκρη της, ωθούμενα προς την κατεύθυνση αυτή μέσω των εφαπτομενικών δυνάμεων τριβής.

Τα ογκώδη αναταρασσόμενα εκτελούν περιστροφική κίνηση προς την κάτω άκρη της κεκλιμένης επιφάνειας, βαλλόμενα καθέτως κατά την έναρξη της εκκέντρου περιστροφικής κινήσεως, οπότε πλύνουν σταδιακά προς τα πίσω με την επίδραση του βάρους τους και καταλήγουν στην κάτω άκρη της κεκλιμένης επιφάνειας. Τα συλλεγόμενα υλικά στην άνω άκρη της κεκλιμένης επιφάνειας ονομάζονται «ελαφρά» ή «πεπλατυσμένα» και αυτά στην κάτω άκρη «βαρέα» ή «κυλιόμενα».

Όσον αφορά τα σύγχρονα συστήματα οπτικού διαχωρισμού έχουν τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

A) Απαιτήσεις εξοπλισμού, σύστημα αισθητήρα, ικανότητα εντοπισμού

Η κάθε μονάδα οπτικού διαχωρισμού σχεδιάζεται ώστε να έχει υψηλή απόδοση και να είναι σε θέση να σαρώνει την πλήρη επιφάνεια της μεταφορικής ταινίας χωρίς κενά, ακόμη και όταν η ταχύτητα της μεταφορικής ταινίας είναι 4,5 m/sec, ώστε να εξασφαλίζεται ο εντοπισμός όλων των αντικειμένων. Κάθε εταιρεία κατασκευής μονάδας οπτικού διαχωρισμού συνήθως καθορίζει τον αριθμό των σημείων ανά δευτερόλεπτο που μετρά η μονάδα καθώς και τις διαστάσεις εκάστου μετρουμένου σημείου σε mm².

Για να εξασφαλισθεί ότι θα εντοπισθούν με επιτυχία ακόμη και μικρά αντικείμενα που βρίσκονται στο ρεύμα των στερεών, οι διαστάσεις του μετρουμένου σημείου είναι μικρότερες από το 45% της επιφάνειας του μικρότερου αναμενομένου αντικειμένου στο ρεύμα των στερεών που εισέρχεται στην μονάδα οπτικού διαχωρισμού. Σε κάθε σημείο είναι δυνατή η μέτρηση (εντοπισμός) τόσο του χρώματος όσο και του είδους του υλικού. Αυτό εξασφαλίζει ότι η μέτρηση είναι πολύ ακριβής και δεν είναι δυνατή η σύγχυση μεταξύ εντοπισμού υλικού και χρώματος.

που παράγεται. Επιπλέον με την αφαίρεση του χαρτιού, το βιογενές κλάσμα που περιέχεται θα μειωθεί αρκετά).

Για τον διαχωρισμό χαρτιού, PET και PE είναι απαραίτητη η ανίχνευση υλικού και χρώματος. Ειδικά για τον διαχωρισμό του χαρτιού από το σύμμεικτο απόρριμμα, ο συνδυασμός της πληροφορίας χρώματος και υλικού δίνει την δυνατότητα διαχωρισμού υψηλής ποιότητας και καθαρότητας χαρτιού.

Η σταθερή απόδοση του συστήματος είναι ιδιαίτερης σημασίας. Ο χρόνος εγγύησης είναι τουλάχιστον 6.000 ώρες, ενώ μετά από 250 ώρες από την έναρξη λειτουργίας γίνεται έλεγχος βαθμονόμησης του συστήματος. Η λειτουργία και η εγγύηση του συστήματος είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες περιβάλλοντος, όπως θερμοκρασία κ.λπ.

Β) Αξιοπιστία

Για την εξασφάλιση υψηλού επιπέδου λειτουργικής αξιοπιστίας κάθε μονάδα οπτικού διαχωρισμού είναι εντελώς ανεξάρτητη από την άλλη, από την άποψη της μετάδοσης και της επεξεργασίας των σημάτων μέτρησης. Ως εκ τούτου κάθε εγκατεστημένη μονάδα οπτικού διαχωρισμού έχει αφιερωμένο σε αυτήν Η/Υ επεξεργασίας σημάτων και δεν αναλαμβάνει ένας Η/Υ την υποστήριξη περισσότερων της μίας μονάδων οπτικού διαχωρισμού. Κατ' αυτόν τον τρόπο η θέση εκτός λειτουργίας μίας μονάδας δεν επηρεάζει την λειτουργία των άλλων μονάδων. Η διαστασιολόγηση των λαμπτήρων από την άποψη του πλήθους και της ισχύος διαθέτει εφεδρεία 25%. Αυτό σημαίνει, ότι αν το 25% των λαμπτήρων τεθεί εκτός λειτουργίας, η μονάδα θα εξακολουθήσει να έχει την ίδια συμπεριφορά από την άποψη της επίτευξης του διαχωρισμού και της καθαρότητας του προϊόντος, όπως ακριβώς όταν όλοι οι λαμπτήρες βρίσκονται σε λειτουργία. Για την επίτευξη του στόχου αυτού η μονάδα διαθέτει κατ' ελάχιστο 20 λαμπτήρες ανά μέτρο πλάτους μεταφορικού ιμάντα.

Γ) Ασφάλεια-Κίνδυνος πυρκαγιάς

Εάν η μεταφορική ταινία της μονάδας σταματήσει την λειτουργία της και οι λαμπτήρες της μονάδας είναι ακόμη αναμμένοι, δεν επιτρέπεται μετά από μία ώρα να αναπτύσσεται στην επιφάνεια του ιμάντα της μεταφορικής ταινίας θερμοκρασία 80°C. Δεν επιτρέπεται να εκτίθεται το προς διαχωρισμό υλικό κατά την λειτουργία της μονάδας σε υψηλές θερμοκρασίες και κίνδυνο ανάφλεξης. Εάν για τον οποιοδήποτε λόγο σταματήσει η λειτουργία της μεταφορικής ταινίας επιταχύνσεως, το αργότερο σε 5 sec μετά την παύση της λειτουργίας, οι λαμπτήρες της μονάδας του οπτικού διαχωρισμού σβήνουν. Κατά την κανονική λειτουργία της μονάδας η συνολική θερμική ισχύς και η ισχύς φωτισμού του κάθε λαμπτήρα κατά την σάρωση δεν υπερβαίνει τα 0,65W/cm².

Δ) Απαιτούμενα σημεία για τον έλεγχο αξιοπιστίας και μετρήσεων της μονάδας οπτικού διαχωρισμού:

- i) Πλήρης σάρωση και μέγεθος σημείου ελέγχου

Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των μονάδων, χρησιμοποιώντας ένα αντικείμενο ειδικού ελέγχου βεβαιώνεται ότι το ελάχιστο μέγεθος σωματιδίου είναι δυνατόν να αναγνωρισθεί αξιόπιστα. Ελέγχεται η δυσμενέστερη περίπτωση κατά την οποία ένα αντικείμενο προς διαχωρισμό βρίσκεται επάνω σε αντικείμενο διαφορετικού υλικού. Η απόχρωση του προς διαχωρισμό υλικού και του υποκείμενου υλικού είναι παρόμοια. (π.χ. λευκά δείγματα για όλα τα υλικά PET, PVC). Το ελεγχόμενο αντικείμενο δοκιμάζεται στην μέγιστη ταχύτητα της ταινίας επιταχύνσεως.

ii) Ανίχνευση χρώματος

Δοκιμάζονται δύο αντικείμενα ελέγχου, ένα κομμάτι καφέ χαρτόνι και ένα κομμάτι γκρι χαρτόνι και τα δύο με ελάχιστο εγγυημένο μέγεθος.

Ο έλεγχος συνεχίζεται με μικρές (8mm) κόκκινες σφαίρες από PP και κίτρινες σφαίρες από PE. Οι σφαίρες τοποθετούνται στην ταινία επιταχύνσεως και το αποτέλεσμα των στατιστικών μετρήσεων πρέπει να είναι το ίδιο για το χρώμα και το υλικό. Δηλαδή για τις σφαίρες από PP τα αποτελέσματα των δεδομένων των μετρήσεων για το PP και το κόκκινο πρέπει να είναι του ίδιου επιπέδου από στατιστική άποψη.

iii) Φωτισμός

Προσδιορίζεται η μέγιστη ένταση φωτισμού. Η φωτιζόμενη επιφάνεια εκτιμάται από την επιφάνεια που αντιστοιχεί κατ' ελάχιστον στο 50% της μέγιστης έντασης φωτισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ / ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η ποσότητα των εισερχομένων απορριμμάτων στο ΕΜΑΚ ανέρχεται σε 650tn/ημέρα, λόγω της μειωμένης δυναμικότητας που ισχύει. Από την ποιοτική ανάλυση των εισερχομένων, το ≈31% είναι το υπόλειμμα του χαρτιού.
- Σε πλήρη δυναμικότητα 1200t/ημέρα, η ποσότητα του χαρτιού θα κυμαίνεται σε ποσοστό 372t/ημέρα νωπής μάζας χαρτιού.
- Σε μηνιαία βάση παράγεται 8184t ποσότητα λιγνοκυταρρινούχου βιομάζας (απορριπτέα ποσότητα χαρτιού) και σε ετήσια βάση η ποσότητα αυτή μεταφράζεται σε 98.208t.
- Η υγρασία που παραμένει στο χαρτί, μετά την ξήρανση του με το σύστημα ξήρανσης που χρησιμοποιήθηκε και αφαίρεσε το μεγαλύτερο τμήμα της υγρασίας των δειγμάτων, εκτιμάται, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μέτρησης υγρασίας σε ποσοστό 3%. Από τις μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στο εργαστήριο του ΕΜΑΚ, η υγρασία στις αντίστοιχες κατηγορίες του χαρτιού στην τάφρο υποδοχής κυμαινόταν στο 35%. Αυτό συμβαίνει διότι η δειγματοληψία στο ΕΜΑΚ γινόταν μετά από την τάφρο υποδοχής, αφού τα απορριμματοφόρα αδειάζουν τα απορρίμματα και πραγματοποιείται σχετική ανάμιξη των απορριμμάτων με αποτέλεσμα το χαρτί να αναμιγνύεται με τα οργανικά. Το χαρτί στην τάφρο αποκτούσε μεγάλο ποσοστό υγρασίας λόγω της επαφής με το οργανικό κλάσμα, η οποία αφαιρέθηκε, όπως επισημαίνεται, με επιτυχία στην ξήρανση.
- Η μάζα του χαρτιού που δύναται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή της βιοαιθανόλης θα προκύψει μετά την ξήρανση. Επομένως, η ξηρή μάζα, που θα προκύψει από την αφαίρεση του 35% της υγρασίας της νωπής (παραμένει το 3% μετά την ξήρανση), εκτιμάται σε 253t χαρτιού για περαιτέρω επεξεργασία. Από την ποσότητα των 253t, το ποσοστό του λιγνοκυταρρινούχου υλικού που περιέχεται εκτιμάται σε 59%.
- Η ροή αυτή δύναται να αξιοποιηθεί για την παραγωγή αιθανόλης δεύτερης γενιάς με απόδοση περί τα 29.321m³ /έτος.
- Το χαρτί που περιέχεται στο RDF εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι ενσωματωμένο με τα πλαστικά δεν είναι εύκολο να διαχωριστεί και να αφαιρεθεί από την μάζα του RDF (τεμαχισμένο και μη τεμαχισμένο), ενώ και το χαρτί που περιέχεται στο compost είναι πλήρως ενσωματωμένο και ομογενοποιημένο και άρα είναι αδύνατη περαιτέρω διεργασία ενώ συμμετέχει και στην διαδικασία της κομποστοποίησης.
- Προτείνεται η εξέταση αφαίρεσης του χαρτιού από το σύνολο του εισερχόμενου φορτίου στις εγκαταστάσεις της ΟΕΔΑ Δυτ. Αττικής και όχι αποκλειστικά και μόνο από το ΕΜΑΚ για οικονομικούς λόγους. Λαμβάνοντας υπόψη την μέση εισερχόμενη ποσότητα των 5200tn/ημέρα

στον ΧΥΤΑ Φυλής, η κατασκευή ενός συστήματος διαλογής του χαρτιού – ξήρανσης – παραγωγής βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς αναγκαίο είναι να εξεταστεί, προκειμένου να δημιουργηθεί επενδυτικό σχέδιο για ορθή διαχείριση.

- Η ποσότητα του χαρτιού που μπορεί να διαχωριστεί για την παραγωγή βιοαιθανόλης, θα πρέπει να απομακρυνθεί είτε μέσω χειροδιαλογής από το ταινιόδρομο που μεταφέρει τα απορρίμματα προς την μηχανική διαλογή είτε μέσω οπτικού διαχωριστή ο οποίος θα εγκατασταθεί μετά από μελέτη πλησίον των ταινιόδρομων και μετά τον βαλλιστικό διαχωριστή (ο αεροδιαχωριστής συνιστάται μόνο για τα «ελαφριά» κλάσματα του χαρτιού).
- Η επένδυση για την προμήθεια και εγκατάσταση οπτικών διαχωριστών είναι εφικτή αφού το κόστος ανέρχεται σε τιμές αγοράς περί τα 250.000€ έκαστος.
- Με την παρούσα γίνεται διερεύνηση αξιοποίησης του ρεύματος του χαρτιού από τα σύμμεικτα απορρίμματα αφού η πρώτη ύλη επηρεάζει σημαντικά το τελικό κόστος της βιοαιθανόλης.
- Θα υπάρξει ελαχιστοποίηση του παραγόμενου κλάσματος των υπολειμμάτων προς ταφή στον ΧΥΤΑ συμβάλλοντας στην αύξηση του χρόνου ζωής του εν λόγω χώρου.
- Θα υπάρξει ελαχιστοποίηση της συνολικής ποσότητας των οργανικών και του χαρτιού που οδηγούνται προς υγειονομική ταφή.
- Θα επιτευχθεί ανάκτηση διαφόρων καθαρών «ρευμάτων» τα οποία θα διατίθενται σε αγορές ανακύκλωσης με υψηλότερη αξία.
- Το υψηλό αθροιστικά ποσοστό της κυτταρίνης και του αμύλου 59%, παρόλο που τα δείγματα ήταν λίγα, έδειξε ότι υπάρχει δυνατότητα αξιοποίησης του εν λόγω ρεύματος.
- Όσον αφορά την βιοαιθανόλη, εμφανίζεται ότι θα εισέλθει στο εγγύς μέλλον στην αγορά δυναμικά λόγω των εξής παραγόντων :

Οικονομικών: ανταγωνιστής του πετρελαίου,

Περιβαλλοντικών: μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου,

Κοινωνικών: δημιουργία θέσεων εργασίας

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Κανακόπουλος Δ., «Η κομποστοποίηση ως μέθοδος επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων», Λάρισα: Ημερίδα ΤΕΕ, 2011
2. Λοϊζίδου Μ., «Βιώσιμη Διαχείριση των απορριμμάτων: Μία ολοκληρωμένη αποκεντρωμένη προσέγγιση», Ανάκτηση Νοέμβριος 2015 από http://library.tee.gr/digital/m2598/m2598_loizidou.pdf, Αθήνα, 2012
3. Μουστάκας Κ., «Αεριοποίηση/ Υαλοποίηση Αποβλήτων με την τεχνική του Πλάσματος», Διδακτορική διατριβή, Ανάκτηση Νοέμβριος 2015, από <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/26545#page/64/mode/2up>, ΕΜΠ, Αθήνα 2011
4. Κοψαχείλης Α., «Αναερόβια χώνευση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου σε ένα περιοδικό αναερόβιο αντιδραστήρα με ανακλαστήρες και κλασματοποίηση των εκρών», Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας και Τμήμα Χημικών Μηχανικών, 2009
5. Λοϊζίδου Μ., «Στερεά απόβλητα», Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2006
6. Μουσιόπουλος Ν., Α. Κ., Σημειώσεις στο μάθημα «Διαχείριση Απορριμμάτων», (Τ. Μ. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Επιμ.) Ανάκτηση από http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/swm_intro.pdf, 2002
7. Σκούλος Μ., «Περιβαλλοντική διαχείριση, Αρχές, έννοιες, και βασικές πρακτικές», ΕΚΠΑ, Αθήνα 2008
8. Vohra M., Manwar J., Manmode R., Padgilwar S., Patil S., «Bioethanol production: Feedstock and current technologies», Journal of Environmental Chemical Engineering, 573–584, 2014
9. Vavouraki I., Angelis M., Kornaros M., «Optimization of thermo-chemical hydrolysis of kitchen wastes», Waste Management, 740–745, 2013
10. Κωνσταντίνα Γιαννοπούλου, «Μελέτη της διασποράς και συμπεριφοράς ιχνοστοιχείων κατά τη διαχείριση στερεών απορριμμάτων», Διδακτορική Διατριβή στη Χημεία και Τεχνολογία Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ, 2009
11. Hong Y.S., Yoon H.H., «Ethanol production from food residues biomass and bioenergy 35», 3271-3275, 1996
12. Χριστακόπουλος Χ., Τόπακας Ε., «Βιοτεχνολογία Παραγωγής Βιοκαυσίμων», 2014
13. Taherzadeh, M.J., Karimi, K., «Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review», Int. J. Mol. Sci., 9, 1621-1651, 2008
14. Hosney R.C., «Principles of Cereal science and technology», 3d Ed., AACC Inc., Minnesota, 1992

15. Σκούλλος, Μ., Ζιώγας Χ., Σκορδίλης, Α., Σίσκος Π., Bilitewski, B., Ζέρη Χ., «Τελική έκθεση αξιολόγησης ελέγχου της λειτουργίας και της απόδοσης του ΕΜΑΚ κατά την δίμηνη δοκιμή απόδοσης», ΕΚΠΑ / Technische Universitat Dresden, 2005
16. Σκούλλος, Μ., Ζιώγας Χ., Σκορδίλης, Α., Σίσκος Π., Bilitewski, B., Ζέρη Χ., «Τελική έκθεση αξιολόγησης ελέγχου της λειτουργίας και της απόδοσης του ΕΜΑΚ κατά την εξάμηνη αποδοτική λειτουργία», ΕΚΠΑ / Technische Universitat Dresden, 2007
17. Σκούλλος, Μ., Ζιώγας Χ., Σκορδίλης, Α., Σίσκος Π., Νεκτάριος, Π., Ζέρη Χ., «Ποιότικός έλεγχος των ανακτώμενων προϊόντων του ΕΜΑΚ» Ενδιάμεση Έκθεση και Τελική Έκθεση ΕΚΠΑ/ΓΠΑ, 2006 /2007
18. Σκούλλος, Μ., Ζιώγας Χ., Σκορδίλης, Α., Σίσκος Π., Ζέρη Χ., «Καθορισμός-Πιστοποίηση των ανακτώμενων από το ΕΜΑΚ αποβλήτων συσκευασίας» Ενδιάμεση Έκθεση και Τελική Έκθεση, ΕΚΠΑ,2006/2007
19. Σκούλλος, Μ., Σκορδίλης, Α., Σίσκος Π., Ζέρη Χ., «Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων και ποιοτικής σύστασης απορριμμάτων λεκανοπεδίου Αττικής» Ενδιάμεση Έκθεση, ΕΚΠΑ, 2006
20. Σκούλλος, Μ., Σκορδίλης, Α., Σίσκος Π., Ζέρη Χ., «Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων και ποιοτικής σύστασης απορριμμάτων λεκανοπεδίου Αττικής» Τελική Έκθεση, ΕΚΠΑ, 2008.
21. ENVITEC ΑΕ, Μελέτη as build του έργου με τίτλο «Κατασκευή Εργοστασίου μηχανικής ανακύκλωσης και κομποστοποίησης», τόμοι 1- 7, 2007
22. Κοινοπραξία ΗΛΕΚΤΩΡ ΑΕ – ΘΓ ΛΩΛΟΣ Χ.ΤΣΟΜΠΑΝΙΔΗΣ ΟΕ – ΑΡΣΗ ΑΕ, «Μηνιαίες εκθέσεις λειτουργίας», 2013-2014
23. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών & Πολυτεχνείο Δρέσδης, “ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ: «Προσδιορισμός Φυσικοχημικών Παραμέτρων και Ποιοτικής Σύστασης Απορριμμάτων Λεκανοπεδίου Αττικής», Υποπρόγραμμα 1 - Τελική Έκθεση”, Αθήνα, Ιανουάριος 2006 - Μάρτιος 2008
24. ΕΜΠ-Τμήμα Χημικών Μηχανικών, “Έρευνα και Μελέτη για την Αναθεώρηση του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) Περιφέρειας Κρήτης”, Αθήνα, 2010
25. ΕΠΕΜ Α.Ε., “Τεχνικοοικονομική Μελέτη για τη Σκοπιμότητα και τη Βιωσιμότητα της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας Αστικών Στερεών Αποβλήτων Περιφέρειας Κρήτης”, Αθήνα, 2010
26. ΕΠΕΜ Α.Ε., “Μελέτη Διαχείρισης & αξιοποίησης απορριμμάτων & βιομηχανικών αποβλήτων στην πηγή - Δ. Ταύρου”, Αθήνα, 2010

27. ΕΠΕΜ Α.Ε.& ΕΚΠΑ-Τμήμα Χημείας, “Ποιοτικής Σύνθεσης Αστικών Στερεών Αποβλήτων Περιφέρειας Ηπείρου”, Αθήνα, 2008
28. Tchobanoglous G, Kreith F., «*Handbook of Solid Waste Management’ Second Edition*», McGraw-Hill, 2002
29. “*Method GOD/PAP for quantitative determination of glucose concentration in human serum*”, Ανάκτηση Ιανουάριος 2015, από <http://www.almr.ro/assets/files/note-decurs/RRML-vol-19-martie-2011-Validation-of-GOD-PAP-method-for-quantitative-determination-of-glucose-concentration-in-human-serum.pdf?phpMyAdmin=5rL1hXjLVGj0fiZoVeZ5IKRVvfa>, 2011
30. Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης, «*Ειδική Έκδοση: Μονάδες μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας στην Ελλάδα*», Ανάκτηση Ιανουάριος 2016, από http://www.ecorec.gr/econew/index.php?option=com_content&view=article&id=246%3A2010-10-29-11-49-25&catid=121%3A2010-10-27-12-1520 & Itemid = 131&lang=el
31. ΤΕΕ, Δημερίδα με θέμα «*Τα βιοκαύσιμα και ο αναπτυξιακός τους ρόλος για την βιομηχανία και τον αγροτικό τομέα*», 2011
32. <http://www.ethanolrfa.org/> , Ανάκτηση Ιανουάριος 2016
33. Baziramakenga, R., Simard, R.R., “*Effect of deinking paper sludge compost on nutrient uptake and yields of snap bean and potatoes grown in rotation*”, *Compost Sci. Util.* 9 (2), 115–126, 2001
34. Rantala, P.R., Kuusinen, K., «*The effects of pulp and paper industry wastewater treatment sludge composts on soil properties and lignin degradation*» In: Michel, F.C., Rynk, Hoitink, H.A.J. (Eds.), *Proceedings of the 2002 International Symposium Composting and Compost Utilization*. JG Press, Emmaus, pp. 401–410, 2002
35. Lacorte S., Latorre A., Barcelo D., Rigol A., Malmqvist A., Welander T., «*Organic compounds in paper-mill process waters and effluents*», *Trends in Analytical Chemistry*, 22, 10:725-737, 2003
36. World Bank Group, «*Pollution Prevention and Abatement: Pulp and Paper Mill*», Environment Department, Washington, D.C, 495 p, 1996
37. Tezel U., Guven E., Erguder T.H., Demirer G.N., «*quential (anaerobic/aerobic) biological treatment of Dalaman SEKA Pulp and Paper Industry effluent*», *Waste Management*, 21: 717–724, 2001
38. Stanley A., «*The Environmental Consequences of Pulp and Paper Production*», Friends of the Earth Ltd. (ed.), London, 24 p, 2002

39. Nagarathnamma R., Bajpai P., Bajpai P. K., «*Studies on decolourization, degradation and detoxification of chlorinated lignin compounds in kraft bleaching effluents by Ceriporiopsis subvermispora*» *Process Biochemistry*, 34: 939–948, 1999
40. Alcohol production from lignocellulosic feedstock, Ανάκτηση Ιανουάριος 2016, από http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Workshopbaende/ws2003-2/ws2003-2_05_03.pdf, 2002
41. INEOS BIO Process technology, Ανάκτηση Ιανουάριος 2016, από http://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-bio/technology/ineos-us-bio-process-description-brochure_april-2012.pdf, 2012
42. Thompson G., Swain J., Kay M., Forster C.F., «*The treatment of pulp and paper mill effluent: a review*», *Bioresource Technology*, 77: 275-286, 2001
43. Yeber M. C., Rodriguez J., Freer J., Baeza J., Duran N., Mansilla H. D., «*Advanced oxidation of a pulp mill bleaching wastewater*». *Chemosphere*, 39, 10: 1679-1688, 1999
44. Sponza D. T., «*Application of toxicity tests into discharges of the pulp-paper industry in Turkey*» *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54: 74–86, 2003
45. Soimasuo R., Aaltonen T., Nikinmaa M., Pellinen J., Ristola T., Oikari A., «*Physiological toxicity of low-bleached pulp and paper mill effluent on whitefish (Coregonus lavaretus L. s.l.): A laboratory exposure simulating lake pollution*». *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 31: 228-238, 2003
46. Oanh N. T. K., Bengtsson B.-E., «*Toxicity to Microtox, micro-algae and duckweed of effluents from the Bai Bang paper company (BAPACO), a Vietamese bleached kraft pulp and paper mill*», *Environmental Pollution*, 90, 3: 391-393, 1996
47. United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), «*Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*», Fifth Edition, 2002
48. Ali M., Sreekrishnan T.R., «*Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents: a review*». *Advances in Environmental Research*, 5: 175-196, 2001.
49. Pokhrel D., Viraraghavan T., «*Treatment of pulp and paper mill wastewater a review*». *Science of the Total Environment*, 333: 37– 58,2004
50. «Ένα βήμα μπροστά για την αειφόρο χρήση των πόρων - θεματική στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων» [COM(2005) 666]
51. J.M. Bloemhof-Ruwaard, L.N. Van Wassenhove, H.L. Gabel, P.M., «*Weaver An environmental life cycle optimization model for the European pulp and paper industry Original Research Article Omega*, Volume 24, Issue 6, December 1996, Pages 615-629

52. Darlington T., Kahlbaum D., Konnor D., Muelles S., «*Land Use Change Greenhouse Gas Emissions of European Biofuel Policies Utilizing the Global Trade Analysis Project (GTAP) Model*», Ανάκτηση Ιανουάριος 2016, από <http://www.ebbeu.org/studiesreports/GTAP%20Report%20ILUC%20Aug%2030%202013%20Final.pdf>
53. EBB, «*Sector reference document on the manufacturing of safe feed materials from biodiesel processing*», Ανάκτηση Δεκέμβριος 2015 από <http://www.ebb-eu.org/studies.php>
54. Σημειώσεις από το μεταπτυχιακό μάθημα 6413 «*Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων – Απορριμμάτων / Ανακύκλωση*» του ΔΠΜΣ του ΕΜΠ «*Περιβάλλον και Ανάπτυξη*» (1^η κατεύθυνση σπουδών), ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 (εαρινό εξάμηνο)
55. Καρβούνης Σ., Γεωργακέλλος Δ., Πανέτσος Λ, Καρακασίδης Ν., «*Διαχείριση του περιβάλλοντος – επιχειρήσεις & βιώσιμη ανάπτυξη*», Συσχευασία & Περιβάλλον, Εκδόσεις «ΙΩΝ»,1991
56. Αλεξιάδη Η.Ε., «*Η διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) στο δήμο Ζωγράφου και οι δυνατότητες πρόληψής του*», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Αθήνα, 2013»
57. ΕΠΠΕΡΑΑ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη), «*Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή στην Πηγή & συστημάτων διαχείρισης των αποβλήτων*», 2012
58. Δημουλάς Γ., «*Τεχνολογίες Ενεργειακής Αξιοποίησης ΑΣΑ και Δευτερογενών Καυσίμων με έμφαση στις τεχνολογίες Καύσης υψηλής απόδοσης*», ΑΤΕΙ Πειραιά, Αθήνα 2013
59. Μπουρτσάλας Αθ., Θέμελης Ν., Καλογήρου Ευστρ., «*Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις περιφέρειες της Ελλάδος*», Ανάκτηση Ιανουάριος 2016, από <http://www.wtert.gr/attachments/article/271/Δ.Σ.Α.%20Ελλάδα.pdf>, Columbia University, 2011
60. Λίποβατζ-Κρεμεζή Δ., «*Οικονομική Ανάλυση Βιομηχανικών Επενδυτικών Σχεδίων II*», ΕΜΠ, Αθήνα 2000
61. Οικονομίδης Δ., «*Τεχνολογία Βιομηχανικής Αξιοποίησης των Κυτταρινούχων Φυτικών Υλών*», Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος «*Οργανικών Χημικών Βιομηχανιών*» της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π
62. www.arch.ntua.gr/sites/default/files/project/6308_/lentza_ifigeneia_-_diaheirisi_aporrimmaton.pdf, Ανάκτηση Ιανουάριος 2016
63. www.Docplayer.gr, Ανάκτηση Ιανουάριος 2016

64. ΥΠΕΚΑ/ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α., «Αναθεώρηση Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων», 3^ο Παραδοτέο, 2012
65. www.biodiesel. Org, Ανάκτηση Ιανουάριος 2016
66. http://www1.eere.energy.gov/biomass/abcs_biofuels.html#feed, Ανάκτηση Φεβρουάριος 2016
67. www.afdc.energy.gov/fuels/ethanol_feedstocks.html, Ανάκτηση Φεβρουάριος 2016
68. Villanueva a, H. Wenzelb , «*Paper waste – Recycling, incineration or landfilling? A review of existing life cycle assessments’*», Waste management, vol 27, p 29-46, 2007
69. «*Bioethanol in the world*», Ανάκτηση Φεβρουάριος 2016, από <http://www.eubia.org/index.php/about-biomass/biofuels-for-transport/bioethanol>, 2006
70. Zaldivar J., Nielsen H. and Olsson L., «*Fuel ethanol production from lignocelluloses: A challenge for metabolic engineering and process integration*», Appl. Microbiol. Biotechnol, Vol.56,p.17-34, 2001
71. http://ec.europa.eu/energy/doc/20140528_energy_security_communication.pdf, Ανάκτηση Φεβρουάριος 2016
72. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «*Ευρωπαϊκή στρατηγική για την ενεργειακή ασφάλεια*», Βρυξέλλες, 2014
73. Eisentraut A., «*Sustainable Production of Second-Generation Biofuels*», INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2010
74. Biochemtex, «*A new ERA begins*», Ανάκτηση Φεβρουάριος 2016, από <http://www.biofuelstp.eu/presentations/crescentino-presentation.pdf>, 2013
75. <http://enerkem.com/about-us/>, Ανάκτηση Φεβρουάριος 2016, 2014
76. CEPI, «*ERPA: European List of Standard Grades of Recovered Paper and Board*», 2002
77. Vasileios I Triantafyllou, Konstantoula Akrida-Demertzi, Panagiotis G Demertzis. «*Migration studies from recycled paper packaging materials: development of an analytical method for rapid testing*», Original Research Article Analytica Chimica Acta, Volume 467, Issues 1–2, 3 Pages 253-260, September 2002
78. Φιλίππακοπούλου Θ., «*Μελέτη Λεύκανσης Απομελανωμένου Παλαιόχαρτου Εφημερίδων και Περιοδικών*», Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2007
79. Katariina Kempainen, Liisa Rantab, Esa Sipila, Anders O stmand, Jari Vehmaanpera, Terhi Puranene, Kim Langfelderf, Janne Hannulag, Anne Kallioinena, Matti Siika-ahoa, Kai Sipila , Niklas von Weymarn, «*Ethanol and biogas production from waste fibre and fibre sludge e The FibreEtOH concept*», Biomass Bioenergy 46, 60–69, 2012
80. Puls J, Poutanen K, Korner HU, Viikari L., «*Biotechnical utilization of wood carbohydrates after steaming pretreatment*», Appl Microbiol Biotechnol 22(6):416e23,1985

81. Tenkanen M, Siika-aho M., «*An α -glucuronidase of Schizopyllum commune acting on polymeric xylan*», J Biotechnol;78(2):149e61,2000
82. I. Boukis, N. Vassilakos, G. Kontopoulos, S. Karellas, «*Policy plan for the use of biomass and biofuels in Greece Part I: Logistics and economic Investigation*», Renewable & sustainable energy reviews (13),2008
83. T. Paffelas, «*RESIPE: Reform of the European sugar industry based on polygeneration with the use of energy crops*», Brussels,2009
84. Κίττας Κ., «*Βιοκαύσιμα και ενεργειακές καλλιέργειες*», 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο εναλλακτικών καυσίμων και βιοκαυσίμων, Λ. Πλαστήρα, 2007
85. Γιαννοπολίτης Κ.Ν., «*Ενεργειακές καλλιέργειες και Βιοκαύσιμα*», Γεωργία και Κτηνοτροφία 1, 2006
86. Cadenas A., Cabezudo S., «*Biofuels as sustainable technologies: perspectives for less developed countries*», IATAFI, 1998
87. Belat M., Belat H., C. Oz, «*Progress in bioethanol processing*», Progress in energy and combustion, 2008
88. Cadrona C., Sanchez O. J., «*Fuel ethanol production: Process design trends and integration opportunities*», Biosource Technology, 2007