ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
«Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Διερεύνηση της οικονομικής βιωσιμότητας μικτής μονάδας επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων στην περιοχή της Μικρής Λάκκας Σουλίου

Ντούλιας Θ. Δημήτριος

Μηχανικός Περιβάλλοντος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Λοϊζίδου Μαρία

ΜΕΤΣΟΒΟ
2012

Πρόλογος

Στην εποχή μας, που οικονομικοί, πολιτικοί και κοινωνικοί θεσμοί κλονίζονται και μεταλλάσσονται, παρατηρούνται πολύ σημαντικές αλλαγές στην νοοτροπία και τις συνήθειες των συμπολιτών μας. Πολλοί εγκαταλείπουν τα αστικά κέντρα όχι μόνο για μια πιο ποιοτική ζωή αλλά και σαν ένα νέο πεδίο επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Φιλοδοξώντας και στοχεύοντας σε μια ανάπτυξη που θα την πλαισιώνουν τα χαρακτηριστικά της πρωτοπορίας και της καινοτομίας, νέες ιδέες και άνθρωποι αναζητούν λύσεις στα καθημερινά προβλήματα και τις ανάγκες τόσο των ιδίων όσο και των κοινωνικών συνόλων στα οποία ανήκουν. Σύμμαχος ισχυρός σε αυτήν την κατεύθυνση οι νέες τεχνολογίες που είναι σε θέση να επιλύσουν άμεσα και εύκολα ζητήματα που μέχρι πρότινος φάνταζαν δυσεπίλυτα, χρονοβόρα και δαπανηρά.

Στόχος λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση με οικονομικούς όρους της βιωσιμότητας μιας μικρής μικτής μονάδας επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων στην περιοχή της Μικρής Λάκκας Σουλίου του Νομού Πρεβέζης, τόπο καταγωγής μου. Θέλοντας με την εργασία αυτή να εκφραστεί η συνεισφορά, μέσω των επιστημονικών γνώσεων που το ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών» έχει προσφέρει, σε μια περιοχή όχι μόνο όμορφη αλλά και σχεδόν ανέγγιχτη από τις ρυπογόνους παρενέργειες του σημερινού τρόπου ζωής και των αναγκών που δημιουργεί.

Ξεκινώντας θα πρέπει να αναφερθεί ότι ενώ το αρχικό θέμα της εργασίας πραγματευόταν μόνο την αερόβια χώνευση μικτών αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων, διαπιστώθηκε ότι το ρεύμα αυτό, παρόλο που είναι σημαντικό σε ποσότητα λόγω του ύφους της περιοχής, ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται από τους ίδιους τους παραγωγούς με αποκεντρωμένα συστήματα τύπου οικιακής κομποστοποίησης. Επιλέχθηκε επομένως η επέκταση του πεδίο της εργασίας στις πλέον ρυπογόνους χοιροτροφικές μονάδες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή προτείνοντας και διερευνώντας τα μικτά συστήματα αναερόβιας και αερόβιας χώνευσης. Η οικονομοτεχνική μελέτη που παρατίθεται έγινε με βάση την μεγαλύτερη από τις μονάδες αυτές που είναι εγκατεστημένη στην περιοχή.

Κλείνοντας θα πρέπει να τονιστεί η σπουδαιότητα της εφαρμογής τέτοιων μικρών μονάδων, με ιδιαίτερη έμφαση στις ορεινές περιοχές λόγω των ειδικών χαρακτηριστικών τους, ως η βέλτιστη λύση στη μείωση του όγκου των απορριμμάτων, καθώς και η προώθηση των νέων τεχνολογιών όπως της αναερόβιας επεξεργασίας σε επιχειρήσεις ή σε ακόμα μεγαλύτερες περιοχές (δήμους, κοινότητες) θεωρώντας ότι έχει να προσφέρει πολλαπλά ανταποδοτικά οφέλη στους συμμετέχοντες.

Περίληψη

Ελέγχοντας τις αναπτυξιακές δυνατότητες της περιοχής της Μικρής Λάκκας Σουλίου μέσα από μια περιβαλλοντική οπτική διαχείρισης και επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων ως πρώτη ύλη για την εξοικονόμηση πόρων, έγινε πρωτογενής έρευνα στην οποία καταγράφηκαν οι ροές των αποβλήτων και οι υφιστάμενες διαχειριστικές τακτικές. Δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις μονάδες εκτροφής χοίρων που καταγράφηκαν λόγω του υψηλού οργανικού και ανόργανου ρυπαντικού φορτίου που χαρακτηρίζει τα λύματά τους αλλά και της επαρκούς ποσότητας της προς εκμετάλλευση ροής, προτάθηκε η σύσταση μικτής μονάδας επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων στην μεγαλύτερη από τις μονάδες αυτές.

Η προτεινόμενη μονάδα διαχείρισης λυμάτων του χοιροστασίου απαρτίζεται κυρίως από μια μονάδα αναερόβιας χώνευσης όπου παράγεται βιοαέριο, το οποίο στη συνέχεια τροφοδοτεί μια γεννήτρια και μια μικρή μονάδα κομποστοποίησης του παραγόμενου στερεού χωνεμένου υπολείμματος. Μέσω αυτών των διεργασιών πραγματοποιείται πλήρης εκμετάλλευση του λύματος, παράγοντας τρία προϊόντα προστιθέμενης αξίας, ηλεκτρική και θερμική ενέργεια και εδαφοβελτιωτικό. Πιο συγκεκριμένα τα 12,5 m^3/d λύματος οδηγούνται στον αναερόβιο χωνευτήρα όγκου 262,5 m^3 όπου παράγεται 362 m^3/d βιοαερίου, 126 tn/y στερεού υπολείμματος το οποίο οδηγείται στην μονάδα κομποστοποίησης και 4.247 tn/y νερό άρδευσης.Το βιοαέριο τροφοδοτεί μια ΣΗΘ εγκατεστημένης ισχύος 30 kW_{el} (-47 kW_{th}) η οποία παράγει 226.954 kWh_{el}/y και 188.108 kWh_{th}/y. Το σταθεροποιημένο στερεό υπόλειμμα διατίθεται στην τοπική αγορά.

Η θερμική ενέργεια απορροφάται για τις ανάγκες της ίδιας της επιχείρησης ενώ δύο σενάρια εξετάζονται για την διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρώτο σενάριο διοχετεύει το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο ενώ στο δεύτερο εξασφαλίζεται πρωτίστως η ενεργειακή αυτονομία της επιχείρησης. Η ποσότητα που σε αυτή την περίπτωση διοχετεύεται στο δίκτυο ανάγεται σχεδόν στο ήμισυ της συνολικά παραγόμενης. Η οικονομικοτεχνική μελέτη που συνοδεύει τις δύο περιπτώσεις και εξετάζει την οικονομική βιωσιμότητα των επενδύσεων, χρησιμοποιεί οικονομικούς δείκτες όπως η Καθαρή Παρούσα Αξία και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης.

Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη περίπτωση οι τιμές των δεικτών είναι NPV_A= 238221,02 και IRR_A= 18% ενώ στην δεύτερη NPV_B= 174854,74 και IRR_B=12%. Και οι δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται σύμφωνα με τα εξαγόμενα αποτελέσματα ως οικονομικά βιώσιμες επενδύσεις, με χρονοδιάγραμμα αποσβέσεων πριν την δεκαετία.

Περιεχόμενα

Πρόλογος 2

Περίληψη 3

Εισαγωγή 6

1. Θεωρητικό Μέρος **7**

1.1. Μέθοδοι Επεξεργασίας Οργανικών Αποβλήτων 7

1.1.1. Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας 7

1.1.2. Χημικές μέθοδοι επεξεργασίας 7

1.1.3. Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας 8

1.2. Αερόβια Επεξεργασία και Κομποστοποίηση 8

1.2.1. Γενικά 8

1.2.2. Κομποστοποίηση 8

1.2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα 10

1.3. Αναερόβια Επεξεργασία 12

1.3.1. Γενικά 12

1.3.2. Μικροβιολογία της Αναερόβιας Επεξεργασίας 13

1.3.3. Κατηγορίες Αναερόβιας Χώνευσης 15

1.3.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα 15

1.4. Χαρακτηριστικά Αποβλήτων Χοιροτροφικών Μονάδων 16

1.5. Μικτές Μονάδες –ΣΗΘ 20

2. Πειραματικό Μέρος **23**

2.1. Μεθοδολογία 23

2.2. Περιοχή Μελέτης 24

2.2.1. Γενικά Στοιχεία 24

2.2.2. Γεωμορφολογικά στοιχεία 27

2.2.3. Χλωρίδα- Πανίδα 29

2.2.4. Οικονομικά Στοιχεία 30

2.2.5. Ιστορικά Στοιχεία 31

2.2.6. Πολιτιστικά Στοιχεία 32

2.2.7. Περιγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης 33

2.3. Σχεδιασμός της Μονάδας 35

2.3.1. Γενικά 35

2.3.2. Υπολογισμός Απαιτήσεων και Ισοζυγίων 36

2.3.3. Κατασκευαστικός και Τεχνολογικός Εξοπλισμός 38

2.4. Οικονομική Ανάλυση ***40***

2.4.1. Ορισμοί και Παραδοχές 40

2.4.2. Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων 42

3. Συμπεράσματα **46**

Βιβλιογραφία **48**

Εισαγωγή

Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι η χρονική περίοδος που διανύουμε χαρακτηρίζεται από τις λεγόμενες ως ανεπτυγμένες κοινωνίες, από την υπερκατανάλωση. Πρώτων υλών, τροφίμων, ενέργειας, φυσικών πόρων ακόμα και πληροφοριών. Η υποτιθέμενη ευμάρεια που εξασφαλίζει όμως συνοδεύεται, όπως πολύ εύστοχα έχει επισημανθεί το τελευταίο διάστημα, από σειρά παρενεργειών οι οποίες τείνουν να βάλουν φρένο σε αυτές τις κοινωνίες της αφθονίας. Οι ποσότητες των αποβλήτων και οι ενεργειακές απαιτήσεις αυξάνονται ολοένα σε αντίθεση με τους φυσικούς πόρους και τις πρώτες ύλες που συνεχώς μειώνονται. Επάνω σε αυτόν τον άξονα οι νέες τεχνολογίες έρχονται να δώσουν λύσεις με κύριο μέλημα στην διαχείριση των αποβλήτων την ανάκτηση ενέργειας και υλικών.

Τεχνικές οι οποίες είναι ήδη γνωστές από το παρελθόν όπως η Αερόβια και η Αναερόβια Χώνευση, έρχονται με την εξέλιξη των επιστημών, της τεχνολογίας και των υλικών, να επιλύσουν με φυσικές, χημικές και βιολογικές μεθόδους το ζήτημα της διαχείρισης του μεγαλύτερου κλάσματος των σημερινών αποβλήτων, των οργανικών και βιοαποδομήσιμων υλικών. Οι δύο διαδικασίες μπορούν να συντελεστούν τόσο ξεχωριστά όσο και συνεργαζόμενες, αποφέροντας με μεγάλη επιτυχία ανάκτηση υλικών όπως το παραγόμενο κομπόστ, αλλά και ενέργειας όπως το παραγόμενο βιοαέριο, αποδομώντας ικανοποιητικά το ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων.

Η συνεχώς αυξανόμενη σύσταση αντίστοιχων μονάδων επεξεργασίας, σχετιζόμενες με αγροτικές ή κτηνοτροφικές μονάδες, μικρότερης ή μεγαλύτερης δυναμικότητας, από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα μέχρι σήμερα, σε πολλές χώρες του εξωτερικού, ενισχύει την πεποίθηση ότι αποτελεί την βέλτιστη και πλέον αειφορική διαχειριστική μέθοδο των αποβλήτων.

Τα οφέλη από την αξιοποίηση των παραπάνω τεχνολογιών είναι πολλά, κυρίως για περιοχές με αγροτοκτηνοτροφικά χαρακτηριστικά στην οικονομία τους. Δημιουργείται ένα νέο, κερδοφόρο επενδυτικό πεδίο, ικανό να επεκτείνει και να συμπληρώσει τις παραγωγικές απαιτήσεις, συμβάλλοντας παράλληλα και στην οικονομική - περιβαλλοντική αυτοδυναμία των περιοχών αυτών, αποτελώντας ταυτόχρονα ισχυρό πρότυπο ανάπτυξης και για άλλες περιοχές.

1. Θεωρητικό Μέρος

1.1. Μέθοδοι Επεξεργασίας Οργανικών Αποβλήτων

Το μέγεθος και το είδος των απαιτούμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας των οργανικών λυμάτων, καθορίζεται από το μέγεθος της δραστηριότητας που τα δημιουργεί, από τις δυνατότητες του αποδέκτη, καθώς και από την ισχύουσα νομοθεσία που ορίζει τους όρους διάθεσης. Επιπλέον ένα αποδεκτό σύστημα επεξεργασίας λυμάτων θα πρέπει να είναι τεχνικά άρτιο, να είναι απλό στη λειτουργία του και οικονομικά ανταγωνιστικό, να απαιτεί ελάχιστη συντήρηση, να μη δημιουργεί ακατάλληλες συνθήκες εργασίας για το προσωπικό ή ενοχλήσεις στους περίοικους. Ακόμα, θα πρέπει να επιδέχεται επέκταση και να επιτρέπει προσαρμογή σε νέες τεχνολογίες.

Τα οργανικά απόβλητα, όπως π.χ. τα λύματα χοιροστασίου, μπορούν να επεξεργαστούν με την εφαρμογή φυσικών, χημικών και βιολογικών μεθόδων.

1.1.1. Φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας

Με την εφαρμογή φυσικών μεθόδων επεξεργασίας, διαχωρίζονται μηχανικά τα αιωρούμενα στερεά από τα υγρά. Με τον τρόπο αυτό ελαττώνεται σημαντικά ο όγκος των παραγόμενων λυμάτων και επιπλέον προλαμβάνεται η έμφραξη των σωληνώσεων. Οι κυριότερες φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας είναι:

- αφυδάτωση
- φυγοκέντριση
- καθίζηση
- διήθηση
- κοσκίνισμα

1.1.2. Χημικές μέθοδοι επεξεργασίας

Στις χημικές μεθόδους επεξεργασίας των οργανικών λυμάτων περιλαμβάνονται:

- καύση
- χημική κατακρήμνιση
- υδρογόνωση

1.1.3. Βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας

Η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία τόσο των λυμάτων ζωικής προέλευσης, όσο και των λυμάτων φυτικής προέλευσης είναι η βιολογική, γιατί κατά τη διάρκεια πραγματοποίησής της μειώνεται σημαντικά το ρυπαντικό φορτίο οργανικής προέλευσης. Με τη διαδικασία αυτή αξιοποιείται η δυνατότητα των μικροοργανισμών, αερόβιων ή αναερόβιων, να διασπούν τα οργανικά συστατικά για τις ανάγκες του μεταβολισμού τους προς σταθερότερα από ενεργειακής πλευράς τελικά προϊόντα. Η δημιουργία των παραπάνω συνθηκών έχει ως αποτέλεσμα το διαχωρισμό των βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας σε δύο κατηγορίες: την αερόβια (όπου περιλαμβάνεται και η κομποστοποίηση) και την αναερόβια (Βέργος, 2009)

.

1.2. Αερόβια Επεξεργασία και Κομποστοποίηση

1.2.1. Γενικά

Η κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς κατά την οποία σχηματίζεται ένα σταθερό, χουμικό προϊόν, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπόστρωμα. Με τον όρο ελεγχόμενη επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός ανάμεσα στην κομποστοποίηση και τη βιολογική αποικοδόμηση που γίνεται στη φύση και είναι υπεύθυνη για την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται από ένα πληθυσμό μικροβίων, ο οποίος ποικίλει και χρονικά και χωροταξικά στη μάζα απορριμμάτων που οδηγούνται προς κομποστοποίηση και προκαλεί την ανάπτυξη θερμοφιλικών θερμοκρασιών ως αποτέλεσμα μιας βιολογικά παραγόμενης θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν το προς κομποστοποίηση υλικό, καθώς αυτό αποτελεί το θρεπτικό τους υπόστρωμα. Κατά συνέπεια η κομποστοποίηση αποτελεί μια εξειδικευμένη μορφή βιοσταθεροποίησης αποβλήτων κατά τη οποία οι συνθήκες υγρασίας και αερισμού εξασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη ελεγχόμενων υψηλών θερμοκρασιών ευνοϊκών για την ανάπτυξη και τη δράση θερμόφιλων μικροοργανισμών (Βαρελά, 2011).

1.2.2. Στάδια της Κομποστοποίησης και Εφαρμοζόμενες Τεχνικές

Ο όρος κομποστοποίηση χρησιμοποιείται για να αποδώσει τη διαδικασία της βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών υποστρωμάτων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Η διεργασία αυτή και διεξάγεται από μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούν το οργανικό υλικό για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό τους, σε δύο στάδια (Βέργος, 2009):

1) Στο θερμόφιλο στάδιο που χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη βακτηριακών πληθυσμών και τη γρήγορη αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου
2) Στο μεσόφιλο στάδιο, όπου αναπτύσσονται μύκητες και ο ρυθμός αποικοδόμησης του οργανικού φορτίου μειώνεται σημαντικά. Ακόμα κατά το στάδιο αυτό παράγονται χουμικά οξέα, καταστρέφονται τοξικές για το έδαφος ουσίες και παράγεται ένα σταθεροποιημένο υλικό, το οποίο έχει εδαφοβελτιωτικές ιδιότητες.

Στην κομποστοποίηση συναντάμε κυρίως δύο τεχνικές επεξεργασίας, τα ανοικτά και τα κλειστά συστήματα.

Τα ανοικτά συστήματα προτιμούνται για τη διαχείριση (Κομποστοποίηση ή Βιολογική ξήρανση) των «καθαρών» ρευμάτων οργανικών αποβλήτων (Κοπριές, Λάσπες Βιολογικών καθαρισμών, Κλαδεμάτων, Φυτικών υπολειμμάτων κ.ά.). Έχουν χρονική περίοδο επεξεργασίας 6 - 8 εβδομάδες και σαν αποτέλεσμα έχουμε την παραγωγή Compost την μείωση του όγκου και του βάρους των αποβλήτων λόγω της βιολογικής ξήρανσης. Η επεξεργαζόμενη ποσότητα ανά στρέμμα είναι από 3.240m^3 έως 10.200m^3 ανά έτος και ανά στρέμμα κομποστοπλατείας (Κανακόπουλος, 2011).

Εικόνα 1: Κομποστοποίηση σε ανοιχτά σειράδια

Τα κλειστά συστήματα προτιμούνται για τη διαχείριση (Κομποστοποίηση ή Βιολογική ξήρανση) των πλέον «δύσκολων» και με εντονότερη όχληση υλικών (Οργανικό κλάσμα Αστικών αποβλήτων, ληγμένα τρόφιμα, ζωικά υπολείμματα, λάσπες βιολογικών καθαρισμών κ.α.) . Συνοδεύονται από συστήματα προσαγωγής και απαγωγής αέρα, βιόφιλτρο, εξοπλισμό on line ελέγχου των παραμέτρων. Πραγματοποιούνται σε κλειστά βιομηχανικά κτίρια. Η χρονική περίοδος επεξεργασίας ανέρχεται σε 3 - 6 εβδομάδες και η επεξεργαζόμενη ποσότητα ανά στρέμμα είναι από 6.000 m^3 έως 12.000m^3 ανά έτος και ανά στρέμμα κομποστοπλατείας.

Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα κλειστά συστήματα τούνελ: (Enclosed controlled Agitated Tunnel)τα οποία επιτρέπουν τη διαχείριση του συνόλου των οργανικών αποβλήτων και των πλέον δύσκολων. Η Βιολογική Επεξεργασία επιτρέπει τιμή βιοαποδόμησης μεγαλύτερη του 70% με χρονική διάρκεια 5-6

εβδομάδων. Συνοδεύεται από ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα ελέγχου αερισμού και υγρασίας και παρέχει τις μέγιστες τιμές Βιοαποδόμησης και Βιολογικής ξήρανσης. Η σχεδίαση (κλειστό τούνελ) επιτρέπει χαμηλότερο κόστος κατασκευών και επίσης χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Τα κλειστά τούνελ επιτρέπουν την ευέλικτη ταυτόχρονη διαχείριση – επεξεργασία διαφορετικών υλικών ανά τούνελ (Κανακόπουλος, 2011).

Εικόνα 2: Κλειστό τούνελ κομποστοποίησης

Μετά την επεξεργασία 3-5 εβδομάδων το εξερχόμενο υλικό το οποίο είναι βιο-σταθεροποιημένο μεταφέρεται για αποκατάσταση λατομείων, ορυχείων, αποκατάσταση ΧΑΔΑ, εδαφοβελτίωση χέρσων εκτάσεων, εδαφοβελτίωση καμένων εκτάσεων, καθημερινή επικάλυψη ΧΥΤΑ, ΧΥΤΥ κ.α. Ως απαιτούμενη έκταση θεωρούνται τα 10 στρέμματα για την επεξεργασία 120.000 τόνων οργανικών αποβλήτων ετησίως με χρονική διάρκεια εκάστης παρτίδας τις 5 εβδομάδες (Κανακόπουλος, 2011).

1.2.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Από τη φύση της μεθόδου η κομποστοποίηση έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με όλες τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες, γεγονός που την καθιστά αναντικατάστατη επιλογή στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα (Κανακόπουλος, 2011):

- ✓ Χρειάζεται μικρό (το μικρότερο) επενδυτικό και λειτουργικό κόστος σε σχέση με όλες τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες, με θετική επίδραση στα δημοτικά τέλη.

- ✓ Έχει μεγάλη κοινωνική αποδοχή με συνέπεια να μπορούν να ολοκληρωθούν οι σχετικές επενδύσεις γρηγορότερα από οποιεσδήποτε άλλες. και πιο κοντά στις περιοχές παραγωγής των αποβλήτων, με αποτέλεσμα μικρότερο κόστος μεταφοράς τους.
- ✓ Έχει μικρό χρόνο κατασκευής, που μπορεί να είναι μικρότερος και από 6 μήνες, άρα αποτελεί μια άμεσα εφαρμοζόμενη επιλογή σε αντίθεση με άλλες τεχνολογίες που απαιτούν μερικά χρόνια κατασκευής.
- ✓ Δεν παράγει επικίνδυνα – τοξικά αέρια ή καρκινογόνες ουσίες, όπως άλλες τεχνολογίες, ενώ οι όποιες εκπομπές της ή οσμές αντιμετωπίζονται εύκολα.
- ✓ Δεν παράγει τοξικά στερεά κατάλοιπα, αλλά μικρές ποσότητες μη επιθυμητών αδρανών στερεών υπολειμμάτων, που μπορούν να ταφούν σε ΧΥΤΥ.
- ✓ Ευνοείται και ενθαρρύνεται η μείωση και ανακύκλωση όλων των βασικών υλικών, μεταξύ των οποίων και των πλαστικών και του χαρτιού, που άλλες τεχνολογίες δεν θέλουν να ανακυκλωθούν για να είναι πιο αποδοτικές.
- ✓ Η συνολική διαχείριση με κομποστοποίηση έχει καλύτερες επιδόσεις σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και την ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με άλλες μεθόδους διαχείρισης.
- ✓ Δεν υπάρχει ανάγκη να δεσμεύονται οι τοπικές κοινωνίες με μακροχρόνιες συμβάσεις ποσότητας και ποιότητας των εισερχομένων υλικών, με κίνδυνο την επιβολή χρηματικών ποινών στους ΟΤΑ και κατ' επέκταση στους δημότες.
- ✓ Δημιουργεί τετραπλάσιες θέσεις εργασίας από τις άλλες διαθέσιμες τεχνολογίες, όπως οι ΧΥΤΑ και η θερμική επεξεργασία. Αυτό το γεγονός στην Ελλάδα της οικονομικής κρίσης και της αυξανόμενης ανεργίας είναι πολύ σημαντικό θετικό χαρακτηριστικό.
- ✓ Είναι πολύ απλούστερη τεχνολογία και με μικρή εξάρτηση από τους προμηθευτές.

Σε αυτό το σημείο θα μπορούσαμε να αναφέρουμε σαν ίσως μοναδικό μειονέκτημα της κομποστοποίησης το γεγονός ότι καταλαμβάνει περισσότερο χώρο. Όμως υπάρχουν παντού διαθέσιμοι χώροι για την δημιουργία μονάδων κομποστοποίησης, που πολύ εύκολα θα μπορούσαν να συναινέσουν για τη χρήση αυτή οι τοπικές κοινωνίες. Επίσης θα πρέπει να επισημανθεί ότι η μέθοδος δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου στο αρχικό λύμα υπάρχει η παρουσία βαρέων μετάλλων, καθώς δεν επιτυγχάνεται με τον τρόπο αυτό η απομάκρυνσή τους ενώ παράλληλα σε περιπτώσεις άστοχης διαχείρισης υπάρχει ο κίνδυνος παραγωγής μεθανίου.

1.3. Αναερόβια Επεξεργασία

1.3.1. Γενικά

Η διεργασία της αναερόβιας ζύμωσης η οποία λαμβάνει χώρα και στη φύση μπορεί να προσδιοριστεί ως η βιολογική διεργασία κατά την οποία σύνθετες οργανικές ενώσεις, με τη βοήθεια αναερόβιων βακτηρίων και απουσία οξυγόνου, μετατρέπονται σε άλλες απλούστερες και τελικά σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

Οργανική ύλη + νερό $\longrightarrow$ $CH_4 + CO_2 + NH_3 + H_2S$ + νέα κύτταρα + θερμότητα

$$CaHbOcNd+(4a-b-2c+3d)/4\ H_2O \longrightarrow (4a+b-2c-3d)/8\ CH_4 +(4a-b+2c+3d)/8\ CO_2+dNH_3$$

Η αναερόβια αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος παράγει βιοαέριο με περιεκτικότητες CH_4: 30-35% και CO_2: 65-70%

Με τη μέθοδο αυτή επιδιώκεται, με την επίδραση αναερόβιων βακτηρίων και απουσία οξυγόνου, ο καθαρισμός των λυμάτων και παράλληλα η ανάκτηση ενέργειας με τη μετατροπή των σύνθετων οργανικών ενώσεων σε άλλες απλούστερες και τελικά σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Η αναερόβια χώνευση, για περισσότερο από μισό αιώνα, έχει εφαρμοστεί με επιτυχία για την επεξεργασία υγρών και στερεών λυμάτων. Σήμερα η αναερόβια επεξεργασία, πέρα από την εφαρμογή που έχει στα λύματα ζωικής και φυτικής προέλευσης, χρησιμοποιείται ευρέως για τη σταθεροποίηση της παραγόμενης λάσπης στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, καθώς επίσης και για επεξεργασία στερεών απορριμμάτων αγροτοβιομηχανικών υπολλειμάτων (Βέργος, 2009).

Στη διεργασία της αναερόβιας ζύμωσης συμμετέχουν διαφορετικά είδη βακτηρίων, η ανάπτυξη των οποίων επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο από τη μεταβολή ορισμένων παραγόντων όπως του pH, της θερμοκρασίας, της αναλογίας C/N, καθώς επίσης και από τη σύσταση του αρχικού λύματος που χρησιμοποιείται κατά την αναερόβια επεξεργασία. Τα στάδια της αναερόβιας ζύμωσης είναι τα εξής:

1) υδρόλυση

2) παραγωγή οξέων (οξεογένεση)

3) παραγωγή οξικού οξέως (οξικογένεση)

4) μεθανογένεση

1.3.2. Μικροβιολογία της Αναερόβιας Επεξεργασίας

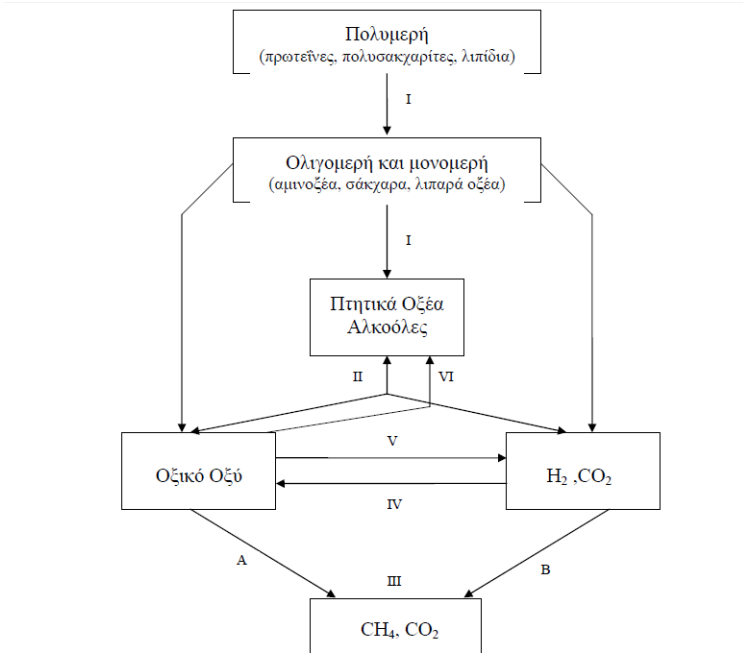
Κατά την αναερόβια χώνευση η οργανική ύλη μετατρέπεται κυρίως σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα μέσω μιας σειράς αλυσιδωτών αντιδράσεων, οι οποίες λαμβάνουν χώρα από διακριτές ομάδες αναερόβιων μικροοργανισμών.

Τα στάδια της αναερόβιας αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί. Τα υδρολυτικά βακτήρια (ομάδα I) υδρολύουν τις πολυμερείς οργανικές ενώσεις προς μονομερή και ολιγομερή, τα οποία στη συνέχεια, κατά το στάδιο της οξεογένεσης, μεταβολίζονται από τα ζυμωτικά βακτήρια (ομάδα I) σε πτητικά λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας, αλκοόλες, με ταυτόχρονη παραγωγή υδρογόνου, διοξειδίου του άνθρακα και οξικού οξέος.

Τα μικρής αλυσίδας λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται περαιτέρω με τη βοήθεια των βακτηρίων της ομάδας II (Hydrogen-producing acetogenic bacteria). Αποτέλεσμα της οξείδωσης είναι ο σχηματισμός οξικού οξέος, υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Επιπρόσθετα, κατά το στάδιο αυτό, τα βακτήρια της ομάδας IV (Homoacetogenic bacteria) παράγουν οξικό οξύ, καταναλώνοντας υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ από την άλλη πλευρά τα βακτήρια της ομάδας V (Acetate oxidazing bacteria) εκτελούν την αντίστροφη διαδικασία με την οξείδωση του οξικού οξέος σε υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.

Όσον αφορά τα βακτήρια της ομάδας VI (Acid synthesizing bacteria), είναι ικανά να αντιστρέψουν το μετασχηματισμό των μικρής αλυσίδας λιπαρών οξέων όταν η συγκέντρωση του υδρογόνου και του οξικού οξέος είναι υψηλή.

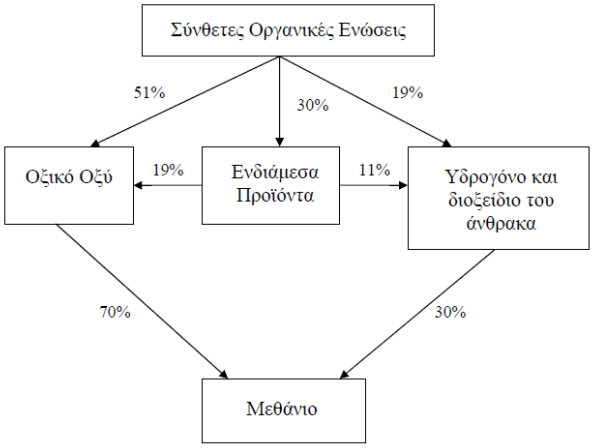
Τέλος, κατά το τέταρτο στάδιο της αναερόβιας ζύμωσης παράγεται μεθάνιο είτε από οξικό οξύ είτε από υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα μέσω της δράσης των μεθανογενών βακτηρίων (ομάδα III) (Βέργος, 2009).



I. Υδρολυτικά και ζυμωτικά βακτήρια
II. Βακτήρια που παράγουν υδρογόνο και οξικό οξύ (Hydrogen-producing acetogenic bacteria)
III. Μεθανογενή βακτήρια [(A) βακτήρια που καταναλώνουν οξικό οξύ (aceticlastic), (B) βακτήρια που χρησιμοποιούν το υδρογόνο για να ανάγουν το διοξείδιο του άνθρακα προς μεθάνιο (hydrogen utilizers)]
IV. Βακτήρια που καταναλώνουν υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα για παραγωγή οξικού οξέως (Homoacetogenic bacteria)
V. Βακτήρια που οξειδώνουν το οξικό οξύ (Acetate oxidazing bacteria)
VI. Βακτήρια που συνθέτουν οξέα (Acid synthesizing bacteria)

Διάγραμμα 1: Μικροβιακή δράση των βακτηρίων της Αν.Χ.

Από το παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι το 70% του παραγόμενου μεθανίου προέρχεται από το οξικό οξύ, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα. Το γεγονός αυτό καθιστά το οξικό οξύ ως το σπουδαιότερο υπόστρωμα των μεθανογενών βακτηρίων κατά την αναερόβια χώνευση.



Διαγραμμά 2: Παραγωγή Μεθανίου κατά την Αν.Χ.

1.3.3. Κατηγορίες Αναερόβιας Χώνευσης

Εξαιτίας των πολύπλοκων διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την αναερόβια χώνευση, έχουν δημιουργηθεί με την βοήθεια της τεχνολογίας πολλές διαφορετικές μέθοδοι, συστήματα και είδη βιοαντιδραστήρων οι οποίες, παράλληλα με το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις τεχνολογίες αυτές, εξελίσσονται ολοένα και περισσότερο, καθιστώντας τα εν λόγω συστημάτων επεπεξεργασίας ακόμα πιο αποδοτικά και οικονομικά.

Ένας πρώτος διαχωρισμός στα συστήματα αυτά μπορεί να γίνει ανάλογα με την περιεκτικότητα του ρεύματος τροφοδοσίας σε στερεά οπότε και έχουμε τα

- υγρά συστήματα με περιεκτικότητα έως 15-20% (τυπικά 10%)
- ξηρά συστήματα με περιεκτικότητα άνω του 20% (τυπικά 30%)

όπως είναι για παράδειγμα τα συστήματα DRANCO, VALORGA, BIOCEL. Τα ξηρά συστήματα απαιτούν λιγότερη χρήση νερού, αλλά και αντιδραστήρα υψηλότερης τεχνολογίας.

Ένας ακόμα διαχωρισμός των συστημάτων επεξεργασίας μπορεί να γίνει ανάλογα με την θερμοκρασία στην οποία λειτουργούν οι βιοαντιδραστήρες. Έτσι έχουμε αντιδραστήρες που λειτουργούν

- είτε σε μεσοφιλικές συνθήκες (θερμοκρασία 33-37°C)
- είτε σε θερμοφιλικές συνθήκες (55-60 ^{o}C)

Οι απαιτούμενοι χρόνοι παραμονής είναι μικρότεροι στα θερμοφιλικά συστήματα, το υψηλότερο ενεργειακό κόστος ωστόσο τα καθιστά μάλλον ασύμφορα.

Μία άλλη διαφοροποίηση ανάμεσα στα υπάρχοντα συστήματα είναι ότι συναντάμε συστήματα

- συνεχούς λειτουργίας
- διαλείποντος έργου

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ανάλογα με την σύσταση του προς επεξεργασία ρεύματος, τον όγκο των λυμάτων, τις συνθήκες λειτουργίας και την χωροθέτηση της εκάστοτε μονάδας, έχουμε κάθε φορά να επιλέξουμε ανάμεσα σε έναν μεγάλο αριθμό επιλογών για την πλέον αρμόδια και βέλτιστη λύση σε κάθε περίπτωση που μελετάται (Λυμπεράτος, 2009).

1.3.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Γενικά, τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της αναερόβιας επεξεργασίας είναι τα εξής (Βέργος, 2009):

- Η υψηλή απόδοση της επεξεργασίας, που οδηγεί στη μείωση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων
- Η μείωση των εκλυόμενων οσμών
- Η παραγωγή του βιοαερίου
- Η μη απαίτηση οξυγόνου
- Το χαμηλό αρχικό κεφάλαιο, καθώς και το χαμηλό λειτουργικό κόστος
- Η μετατροπή των λυμάτων σε υψηλής ποιότητας ανόργανο λίπασμα

Από την άλλη πλευρά, η διεργασία της αναερόβιας επεξεργασίας παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία είναι τα εξής:

- Όταν τα επεξεργαζόμενα λύματα περιέχουν θειικές ενώσεις, η αναερόβια επεξεργασία μπορεί να συνοδευτεί από έκλυση οσμών εξαιτίας του σχηματισμού υδρόθειου
- Η υψηλή ευαισθησία των μεθανογενών βακτηρίων σε ένα μεγάλο αριθμό χημικών ενώσεων
- Η πρώτη ενεργοποίηση μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, χωρίς την παρουσία της κατάλληλης ενεργούς ιλύος, απαιτεί πολύ χρόνο εξαιτίας του μικρού ρυθμού ανάπτυξης των αναερόβιων βακτηρίων

Εικόνα 3: Σύγχρονη μονάδα βιοαερίου στην Β. Ελλάδα

1.4. Χαρακτηριστικά Αποβλήτων Χοιροτροφικών Μονάδων

Σημαντικά προβλήματα προκύπτουν από την λειτουργία σύγχρονων χοιροτροφικών μονάδων, στις οποίες κύριο χαρακτηριστικό είναι η εκτροφή μεγάλου αριθμού ζώων σε μικρό χώρο. Οι περισσότερες προσπάθειες αποσκοπούν στην αύξηση της παραγωγής, χωρίς να λαμβάνονται παράλληλα τα απαραίτητα μέτρα για την υγιεινή του περιβάλλοντος. Τα προβλήματα για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία που προκύπτουν από την λειτουργία των κτηνοτροφικών μονάδων οφείλονται στην παραγωγή και την διάθεση των αποβλήτων τους, καθώς και στην δημιουργία οχληρών καταστάσεων από την έκλυση οσμών.

Εικόνα 4: Εσωτερική άποψη χοιροστασίου

Πιο συγκεκριμένα τα προβλήματα που δημιουργούνται στο περιβάλλον από τα απόβλητα των μονάδων αυτών, ούρα, κοπριά, νερά πλυσίματος χώρων, υπολείμματα τροφών, αντιβιοτικών, απολυμαντικών, νερά βροχής σε ακάλυπτους χώρους διακίνησης ζώων κλπ. αφορούν στην προκαλούμενη ρύπανση και μόλυνση του οικοσυστήματος. Η μόλυνση αφορά στην ανάπτυξη και διάδοση παθογόνων μικροοργανισμών, ικανών να προσβάλουν άλλα ζώα και ανθρώπους. Περιορίζεται δε αν ο παραγωγός λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα για την υγιεινή κατάσταση και καθαριότητα των ζώων, και των χώρων διαβίωσης στην μονάδα (Ιωαννίδης, Μπαλτζώης, Παπαθανασίου, 2009).

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά των αερίων έκλυσης από τις χοιροτροφικές μονάδες

Αέριο	Ειδικό Βάρος (1)	Οσμή	Χρώμα	Όρια Εκρηκτικότητας (2) % κατ όγκο		Κατώφλι Οσμής (MIO) (3) ppm	Μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση (MAC) (4) ppm	Αποτελέσματα		
				Ελάχιστο	Μέγιστο			Συγκέντρωση ppm	Χρόνος Έκθεσης (5)	Επιδράσεις (6)
Αμμωνία (NH_3)	0,6	Οξεία	Δ/Υ	16	Δ/Υ	5,3	50	400 700 1700 3000 5000	 30' 40'	Ερεθιστικό Ερεθισμός λαιμού Ερεθισμός ματιών Βήχας και άφρισμα Ασφυκτικά Πιθανόν θανάσιμο
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)		Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	50	500 1000 2000 4000	60' 60' 60' 60' +	Τοξικό Καμία επίδραση Δυσάρεστο Επικίνδυνο Θανάσιμο
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO_2)	1,5	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	5000	20000 30000 40000 60000 300000	- - - 30' 30'	Ασφυκτικό Ασφαλές Αυξημένη αναπνοή Υπνηλία, πον/λος Ασφυκτική αναπνοή Πιθανόν θανάσιμο
Υδρόθειο (H_2S)	1,2	Χαλασμένου αυγού	Δ/Υ	4	46	0,7	20	100 200 500 1000	Ώρες 60' 30'	Τοξικό Ερεθισμός ματιών μύτης Πονοκέφαλος, ζάλη Έξαψη, αϋπνία Αναισθησία, θάνατος
Μεθάνιο (CH_4)	0,5	Δ/Υ	Δ/Υ	5	15	Δ/Υ	Δ/Υ			Ασφυκτικό Πονοκέφαλος, όχι τοξικό
Μερκαπτάνη		Οξεία	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	4 x 10*	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ	Δ/Υ

Πηγή : Γ. Μαρκαντωνάτος, Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων, σ.σ. 568-569, Αθήνα 1990

(1) Το ειδικό βάρος υπολογίζεται με σχέση με τον κανονικό ατμοσφαιρικό αέρα.

(2) Στα όρια αυτά μέγμα του αερίου με τον ατμοσφαιρικό αέρα μπορεί να εκραγεί με σπινθήρα.

(3) MIO : Minimum Identifiable Odour. Ελάχιστη συγκέντρωση που γίνεται αντιληπτή η οσμή.

(4) MAC : Maximum Allowable Concentration. Μέγιστη συγκέντρωση που έχει καθοριστεί από τις Υγειονομικές αρχές στο περιβάλλον εργασίας του ανθρώπου για 8-10 ώρες. Σε κλειστές μονάδες τα σχετικά όρια πρέπει να είναι μικρότερα αφού τα ζώα παραμένουν όλο το 24ωρο.

(5) Χρόνος έκθεσης : ο χρόνος που γίνεται αντιληπτό το αποτέλεσμα από τον ενήλικό ή από χοίρο βάρους 70 kg. (6) Επιδράσεις : οι επιδράσεις στη φυσιολογία των ενηλίκων ή σε χοίρων βάρους 70 kg. Τα μικρά ζώα επηρεάζονται ταχύτερα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τα μεγαλύτερα ζώα.

Σε ότι αφορά στα υγρά απόβλητα, η ρύπανση που προκαλείται οφείλεται στο οργανικό και ανόργανο ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων. Η οργανική ρύπανση δημιουργεί σηπτικές καταστάσεις και υποβοηθά στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων και παθογόνων μικροοργανισμών, έκλυση δυσάρεστων οσμών κλπ. σε βαθμό που ο αποδέκτης γίνεται ακατάλληλος για την χρήση που προορίζεται και γενικά διαταράσσεται το οικοσύστημα της περιοχής. Η ανόργανη ρύπανση του αποδέκτη οφείλεται στην περιεκτικότητα των αποβλήτων σε ανόργανες ουσίες όπως ο φώσφορος, το κάλιο, άζωτο, ιχνοστοιχεία κλπ. Η ρύπανση αυτή μπορεί να προκαλέσει τοξικότητα σε φυτά κυρίως, από υπερβολική συγκέντρωση αλάτων και ευτροφισμό σε στάσιμα νερά.

Παρόλο που σε μικρές ποσότητες αυξάνεται η γονιμότητα του εδάφους, οι υδάτινοι αποδέκτες έχουν πολύ στενά περιθώρια για διάθεση σε αυτούς κτηνοτροφικών αποβλήτων, διότι:

- Έχουν δυνατότητα μεταφοράς ρύπανσης αλλού
- Έχουν αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας ανάλογα με την χρήση τους
- Έχουν ήδη πολλές φορές υψηλό οργανικό φορτίο από άλλες δραστηριότητες
- Έχουν περιορισμένη δυνατότητα να αποικοδομήσουν υψηλό οργανικό φορτίο
- Έχουν περιορισμένη ικανότητα να αναπληρώσουν το διαλυμένο οξυγόνο με τον ρυθμό που αυτό καταναλώνεται

Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση του φορτίου ρυπάνσεως των αποβλήτων, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων το BOD 5, COD, το ολικό άζωτο N, τον φώσφορο P_2O_5 και το κάλιο K_2O. Ο υπολογισμός των παραμέτρων αυτών γίνεται με αναφορά στο ζωντανό βάρος Z.B. ή TLW (total live weight). Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται ενδεικτικά στοιχεία για τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων των εκτρεφόμενων χοίρων(Ιωαννίδης, Μπαλτζώης, Παπαθανασίου, 2009).

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των αποβλήτων των χοιροτροφικών μονάδων

Παράμετρος	Συμβολισμός	Ποσότητα kg/ημ x 1000 kg. Z.B.
Υγρά απόβλητα.	TWW	51
Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο	BOD_5	2,2
Σχέση COD/BOD_5	ΛΟΓΟΣ	3,3
Ολικά στερεά	TTS	6,9
Πτητικά στερεά	TVS	5,7
Ολικό άζωτο	N	0,39
Φώσφορος	P_2O_5	0,17
Κάλιο	K_2O	0,10

Στην συνέχεια παρατίθεται ένας ενδεικτικός πίνακας για τον κατά προσέγγιση υπολογισμό του όγκου των ρυπαντικών φορτίων για μερικά είδη χοιροτροφικών αποβλήτων.

Πίνακας 3: Ρυπαντικό φορτίο χοιροτροφικών αποβλήτων

Αναλογία κοπριάς/ ούρων(% ποσοστό)	55% / 45%
Ολικά στερεά (% ποσοστό)	10
N (kgr/m3)	4,0
P_20_5 (kgr/m3)	2,0
K_2O (kgr/m3)	2,7

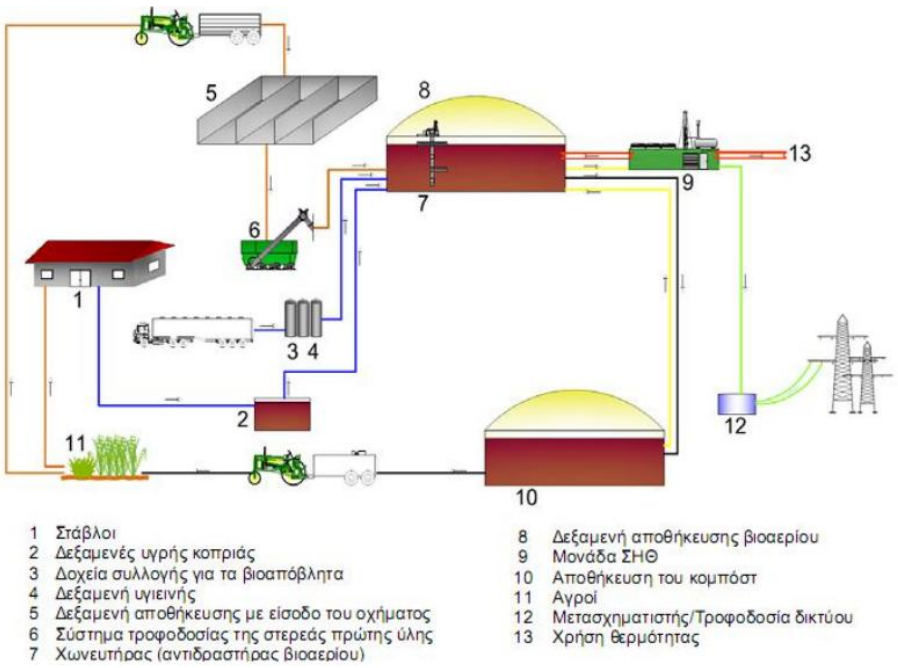
Από τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το ρυπαντικό φορτίο που περιλαμβάνεται στα απόβλητα των χοιροτροφικών μονάδων είναι αρκετά υψηλό και εμπεριέχει αρκετούς κινδύνους τόσο για το περιβάλλον όσο και για τα ζώα και τους εργαζόμενους. Απαιτείται επομένως μια ορθολογιστική διαχείριση των αποβλήτων αυτών κυρίως από την στιγμή που οι νέες τεχνολογίες μπορούν να μειώσουν σημαντικά το φορτίο αυτό όπως φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4: Σύγκριση ποσοστών μείωσης ρυπαντικού φορτίου μεταξύ αναερόβιας και αερόβιας επεξεργασίας

	Αερόβια επεξεργασία (% μείωση)	Αναερόβια επεξεργασία (% μείωση)
TDS	60-80	50-75
SS	60-80	60-80
BOD_5	70-95	60-80
COD	70-95	60-80

1.5. Μικτές Μονάδες –ΣΗΘ

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται μια αγροτική εγκατάσταση χώνευσης βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα



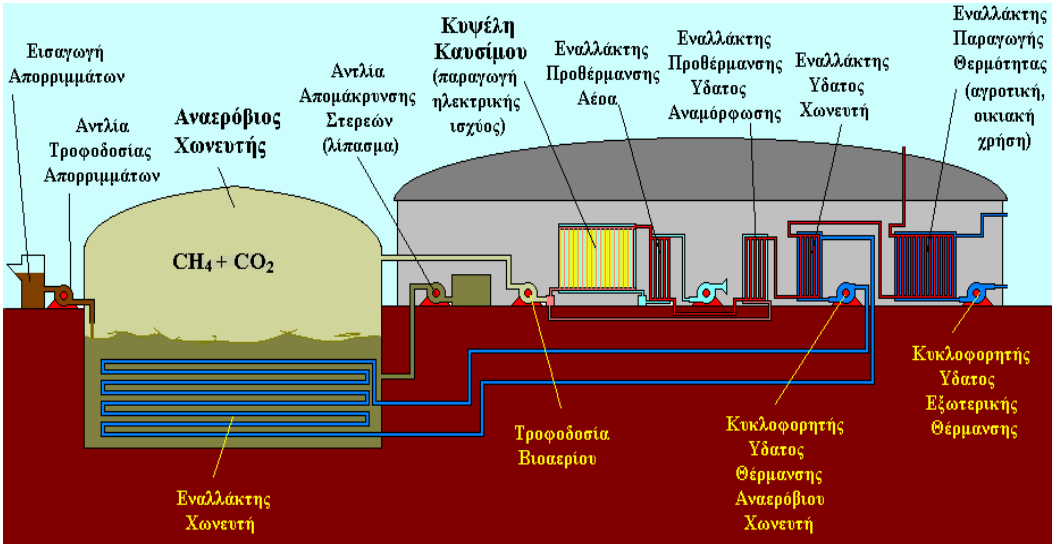
Διάγραμμα 3: Τυπική αγροτική μονάδα με εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου

Ο απλούστερος τρόπος χρήσης του βιοαερίου είναι η άμεση καύση του σε λέβητες ή καυστήρες, που χρησιμοποιούνται εκτενώς στις αναπτυσσόμενες χώρες, για το βιοαέριο που παράγεται από μικρούς οικογενειακούς χωνευτήρες. Η άμεση καύση εφαρμόζεται στις αναπτυγμένες χώρες, σε καυστήρες φυσικού αερίου. Το βιοαέριο μπορεί να καεί για την παραγωγή θερμότητας είτε επί τόπου, είτε να μεταφερθεί με σωληνώσεις στους τελικούς χρήστες. Για τις εφαρμογές θέρμανσης το βιοαέριο δεν χρειάζεται καμία αναβάθμιση εντούτοις, το βιοαέριο πρέπει να υποβληθεί σε συμπύκνωση και αφαίρεση των σωματιδίων, συμπίεση, ψύξη και αφυδάτωση (Σφετσιώρης, 2009).

Εικόνα 5: Καυστήρας Βιοαερίου

Η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) είναι η τυπική εφαρμογή του βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες και θεωρείται ως μια πολύ αποδοτική χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας. Πριν από τη μετατροπή της ΣΗΘ, το βιοαέριο στραγγίζεται και ξηραίνεται. Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.

Η πιο συνήθης εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής τύπου κορμού (BTTP) με κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια. Οι γεννήτριες έχουν συνήθως μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500 περιστροφές/λεπτό) προκειμένου να είναι συμβατές με τη συχνότητα του δικτύου. Οι κινητήρες μπορούν να είναι μηχανές έγχυσης τύπου Otto, Ντίζελ ή πιλοτικές. Οι εναλλακτικές λύσεις στις προαναφερθείσες εφαρμογές είναι οι μικροί αεριοστρόβιλοι, οι μηχανές Stirling και οι κυψέλες καυσίμου, τεχνολογίες που είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης (Σφετσιώρης, 2009).



Εικόνα 6: Εγκατάσταση ΣΗΘ με χρήση κυψέλης καυσίμου

Ένα σημαντικό ζήτημα για την ενεργειακή και την οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων του βιοαερίου είναι η χρήση της παραχθείσας θερμότητας. Συνήθως, ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτήρων (θερμότητα διεργασίας) και περίπου τα δύο τρίτα όλης της παραχθείσας ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές ανάγκες. Πολλές εγκαταστάσεις βιοαερίου, σε χώρες όπως η Γερμανία, σχεδιάστηκαν αποκλειστικά για λόγους ηλεκτροπαραγωγής, χωρίς πρόβλεψη για χρήση της θερμότητας. Σήμερα, για την επίτευξη καλής οικονομίας της εγκατάστασης είναι υποχρεωτική η χρήση της θερμότητας. Το ενεργειακό κόστος που απαιτείται για την

θέρμανση των κτηνοτροφικών μονάδων τους χειμερινούς ιδίως μήνες έχει αυξηθεί και, για πολλές εγκαταστάσεις, δεν είναι αρκετή μόνο η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας για την επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας. Οι νεο-εγκαθιστώμενες μονάδες βιοαερίου πρέπει επομένως να περιλαμβάνουν πάντα στο γενικό σχεδιασμό τη χρήση της θερμότητας.

Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις βιομηχανικές διεργασίες, στις γεωργικές δραστηριότητες ή για τη θέρμανση κτιρίων. Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή για το χωρισμό του κομπόστ. Τέλος, η θερμότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμένα συστήματα «ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού». Αυτή η διεργασία είναι γνωστή από τα ψυγεία και χρησιμοποιείται π.χ. για την εν ψυχρώ αποθήκευση τροφίμων ή τον κλιματισμό. Η χρήση του συνδυασμού ηλεκτρισμός-θερμότητα-δροσισμός στις εγκαταστάσεις βιοαερίου εξετάζεται αυτήν την περίοδο μέσω διάφορων πιλοτικών προγραμμάτων (Σφετσιώρης, 2009).

2. Πειραματικό Μέρος

2.1. Μεθοδολογία

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ακολουθούνται συγκεκριμένα βήματα που στόχο έχουν να αξιοποιήσουν, να προσαρμόσουν και να αφομοιώσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο όλα τα πιθανά οφέλη που θα μπορούσε να αποκομίσει η τοπική κοινωνία της εξεταζόμενης περιοχής από την χρησιμοποίηση των νέων τεχνολογιών που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Ξεκινώντας από μια αναζήτηση στο διαδίκτυο σχετικά με την επικρατούσα κατάσταση στην περιοχή συγκεντρώνονται οι πρώτες αλλά και λιγοστές πληροφορίες οι οποίες δίνουν τα πρώτα κατευθυντήρια δείγματα για την έρευνα που πρόκειται να ακολουθήσει. Στην συνέχεια πραγματοποιείται σειρά επισκέψεων και συνεντεύξεων με κτηνοτρόφους, καλλιεργητές, δημοτικούς, περιβαλλοντικούς και πολιτιστικούς φορείς, όπου γίνεται συλλογή πληροφοριών οι οποίες περιγράφουν εξ ολοκλήρου και αναλυτικά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής. Επάνω στα χαρακτηριστικά αυτά, όπως για παράδειγμα η ισχυρή παρουσία αγροτικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας, εντοπίζονται τα σημεία τα οποία καθοδηγούν την μελέτη σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες αλλά και τις δυνατότητες αξιοποίησης.

Έπειτα από την εκτίμηση της γενικότερης περιβαλλοντικής κατάστασης, οι ροές των αποβλήτων καθώς και οι υφιστάμενες διαχειριστικές τακτικές τους αναλύονται στην συνέχεια. Σε αυτό το σημείο γίνεται πλέον φανερό ποιες από τις αναπτυσσόμενες δραστηριότητες απαιτούν νέες μεθόδους διαχείρισης και παρουσιάζουν την δυνατότητα της αξιοποίησης των ρευμάτων.

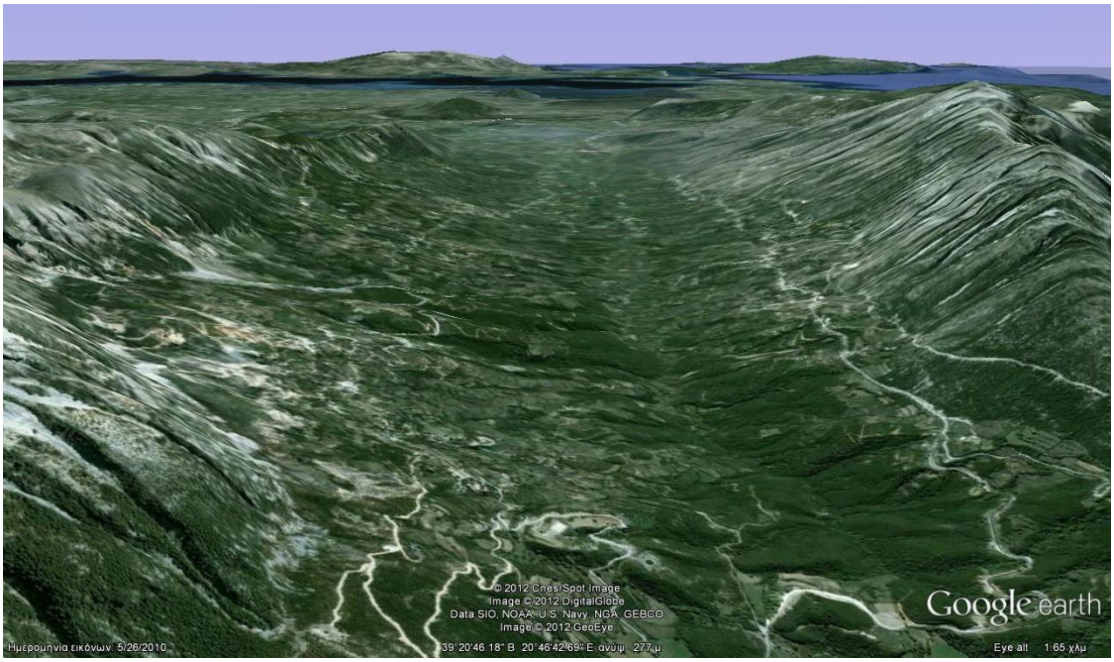
Έτσι, σύμφωνα με όλα όσα περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω, η έρευνα επικεντρώνεται στην πλέον σημαντική πηγή ρύπανσης που παρατηρείται στην περιοχή, την μονάδα εκτροφής χοίρων, προτείνοντας ως μέθοδο επεξεργασίας των λυμάτων την εγκατάσταση μιας μικρής, μικτής μονάδας αναερόβιας-αερόβιας χώνευσης. Ακολουθεί ο υπολογισμός των απαιτήσεων και των ισοζυγίων που μας υποδεικνύει την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών και τον σχεδιασμό της προτεινόμενης μονάδας.

Τέλος με την χρήση λογιστικών προγραμμάτων συντάσσεται μια οικονομοτεχνική μελέτη σύμφωνα με την οποία υπολογίζεται η οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας εκτιμώντας τους κατάλληλους οικονομικούς δείκτες που παρουσιάζονται παρακάτω. Επάνω στα αποτελέσματα που προκύπτουν, στηρίζονται και τα εξαγόμενα συμπεράσματα της έρευνας.

2.2. Περιοχή Μελέτης

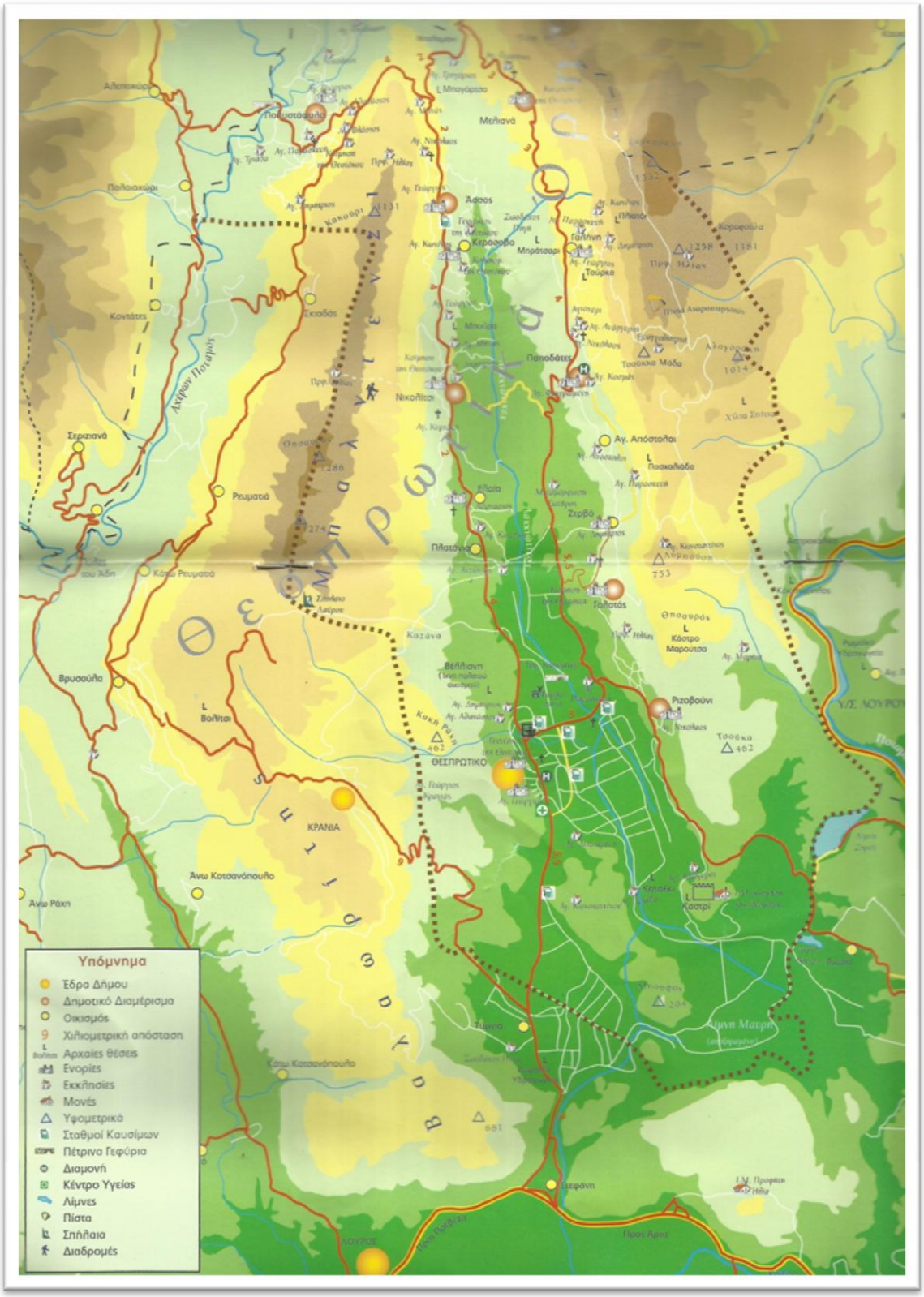
2.2.1. Γενικά Στοιχεία

Η περιοχή της Μικρής Λάκκας Σουλίου (Λάκκα Λελόβου) βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Νομού Πρεβέζης. Πρόκειται για μια όμορφη και απομονωμένη κοιλάδα που σχηματίζεται μεταξύ οροσειρών με τις σύγχρονες προσπελάσεις να ακολουθούν την χάραξη των παλιών μονοπατιών. Στα βόρεια συνορεύει με το Δημοτικό Διαμέρισμα της Λάκκας Σουλίου που ανήκει στον Νομό Ιωαννίνων με πρωτεύουσα τα Δερβίζιανα, ενώ στα ανατολικά και δυτικά με τα Δημοτικά Διαμερίσματα Φιλιππιάδας και Λούρου αντίστοιχα του Νομού Πρέβεζας. Το στενό πέρασμα ανάμεσα από βουνά στο νότιο τμήμα της περιοχής οδηγεί στο δέλτα του ποταμού Λούρου γεγονός που μας βοηθάει να κατανοήσουμε τα έντονα χαρακτηριστικά απομόνωσης της περιοχής.



Εικόνα 7: Απεικόνιση της περιοχής μελέτης μέσω του Google Earth

Έχει έκταση 131.823 τ.μ. και διοικητικά ανήκει στον Καλλικρατικό Δήμο Ζηρού με πρωτεύουσα την Φιλιππιάδα. Με βάση τον προηγούμενο (Καποδιστριακό) σχεδιασμό αποτελούνταν από τον Δήμο Θεσπρωτικού και την Κοινότητα Κρανιάς. Η οικιστική οργάνωση, όπως φαίνεται και στον ακόλουθο χάρτη, χαρακτηρίζεται από την διασπορά των οικισμών. Περιλαμβάνει τα χωριά Κρανιά, Τύρια, Ριζοβούνι (Ποδογόρα), Γαλατά (Μπουλιμέτι), Ζερβό, Παπαδάτες, Μελιανά, Άσσο (Νάσαρι), Νικολίτσι, Ελιά (Ντάρα), Πλατάνια και Θεσπρωτικό (Λέλοβα). Παραδοσιακά στη Μικρή Λάκκα Σουλίου υπάγονταν και τα χωριά Στεφάνη (Καντζάς), στη νότια είσοδο της κοιλάδας, και Ρωμιά στα ανατολικά, όπως πιστοποιείται από τις κτηματικές ιδιοκτησίες τους (Ντούλιας, Φαρμακάκη, 2011).



Εικόνα 8: Χάρτης της Μικρής Λάκκας Σουλίου

Σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 2001 η πληθυσμιακή κατανομή της περιοχής είναι η ακόλουθη (Ιστοσελίδα Βικιπαίδεια):

Πίνακας 5: Πληθυσμιακά στοιχεία Δ.Ε. Θεσπρωτικού

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΘΕΣΠΡΩΤΙΚΟΥ	**5.474**
Τοπική Κοινότητα Άσσου	486
Τοπική Κοινότητα Γαλατά	400
Τοπική Κοινότητα Θεσπρωτικού	1.775
Τοπική Κοινότητα Μελιανών	405
Τοπική Κοινότητα Νικολιτσίου	448
Τοπική Κοινότητα Παππαδατών	802
Τοπική Κοινότητα Πολυσταφύλου	374
Τοπική Κοινότητα Ριζοβουνίου	784

Εικόνα 9: Χωροθέτηση της Δ.Ε. Θεσπρωτικού στον Νομό Πρεβέζης

Πίνακας 6: Πληθυσμιακά στοιχεία Δ.Ε. Κρανέας

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΡΑΝΕΑΣ	**1.052**
Τοπική Κοινότητα Κρανέας	434
Τοπική Ενότητα Τύριας	618

Εικόνα 10: Χωροθέτηση της Δ.Ε. Κρανέας στον Νομό Πρεβέζης

2.2.2. Γεωμορφολογικά στοιχεία

Η ενότητα της Λάκκας Σουλίου χαρακτηρίζεται ως ημιορεινή περιοχή καθώς ορίζεται γεωγραφικά από οροσειρές . Τα Θεσπρωτικά όρη (Μπαλντενέσι) από τα δυτικά με υψόμετρο 1250 μέτρα και η οροσειρά Τσούκα Ποδογόρα-Ζαρκοράχη στα ανατολικά με υψόμετρο 1270 μέτρα αποτελούν τα φυσικά σύνορα της περιοχής. Την διαρρέει κατά μήκος ο ποταμός Λακκιώτικος ο οποίος σχημάτιζε την λίμνη Μαυρή, πριν αυτή αποξηρανθεί περί το 1960 ενώ στην περιοχή του Ριζοβουνίου παρατηρούνται και πολλές πηγές (Βρυτσούλια).

Λίμνη Ζηρού

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει στα νοτιοανατολικά όρια της περιοχής όπου βρίσκεται η πολύ ιδιαίτερης, για τους κατοίκους, αξίας λίμνη του Ζηρού. Η περιοχή της συγκεκριμένης λίμνης αποτελεί μοναδικό βιότοπο, σχεδόν ανέγγιχτο από τον άνθρωπο. Έχει έκταση 420 στρέμματα και περιβάλλεται από πλούσια βλάστηση με πολλά είδη δέντρων και άλλων φυτών. Η δημιουργία της λίμνης φαίνεται να οφείλεται στην τεκτονοκαρστική δραστηριότητα της περιοχής. Οι γεωλόγοι πιστεύουν ότι η λίμνη αποτελούσε λιμναίο σπήλαιο, αλλά η οροφή κατέρρευσε προ 10.000 ετών περίπου. Ο υδροφόρος ορίζων της λίμνης είναι ο ίδιος με αυτόν του ποταμού Λούρου, συνεπώς τα δύο υδάτινα συστήματα επικοινωνούν . Οι διαστάσεις της λίμνης είναι περίπου 900μ Χ 600μ. Το μέγιστο βάθος της λίμνης βρέθηκε 70 μέτρα ενώ στη βόρεια όχθη το άμεσο βάθος στα βράχια είναι 9 μέτρα. Η νότια όχθη «σβήνει» σταδιακά σε ρηχή αμμουδιά . Η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται χειμώνα καλοκαίρι από 9,6oC – 21,2oC.

Εικόνα 11: Άποψη της λίμνης Ζηρού

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφέρουμε ότι η λαϊκή μυθολογία έχει πλάσει και σχετικό μύθο σχετικά με τη δημιουργία της λίμνης. Σύμφωνα με αυτόν, "δύο αδελφές, μία πλούσια και μία φτωχή, βρίσκονταν σε αντιδικία με έρεισμα τα παχουλά παιδιά της φτωχής που σιτίζονταν με αποφάγια της πλούσιας. Τελικά

επήλθε ρήξη των δύο αδελφών και η φτωχή πήρε το δρόμο της ξενιτιάς προς το βουνό. Τότε παρουσιάσθηκε άγγελος και της είπε να μη γυρίσει πίσω να δει την καταστροφή γιατί θα μετατραπεί σε στήλη άλατος. Σε λίγο έγινε σεισμός και η περιοχή κατέρρευσε με αποτέλεσμα να καταπιεί το σπίτι και την οικογένεια της πλούσιας αδελφής. Η φτωχή αδελφή τρόμαξε και γυρίζοντας πίσω μαρμάρωσε μαζί με το γάιδαρό της" (Ιστοσελίδα Δήμου Ζηρού).

Τα πετρώματα των βουνών είναι ασβεστολιθικά και οι λόφοι κυρίως αποτελούνται από φλύσχη παρατηρείται ωστόσο μια πολύ σημαντική διαφοροποίηση και ιδιαιτερότητα στην περιοχή του Κοκκινόπηλου η οποία αναλύεται στην συνέχεια.

Κοκκινόπηλος

Στο Δημοτικό Διαμέρισμα Ριζοβουνίου, χωροθετείται μία από τις σημαντικότερες υπαίθριες θέσεις της Παλαιολιθικής περιόδου στην περιοχή της Ηπείρου. Ο εντοπισμός της το 1962, από τον καθηγητή του πανεπιστημίου του Cambridge, E.S. Higgs εγκαινίασε μία μακρά περίοδο ερευνητικής δραστηριότητας στην περιοχή, η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με σημαντικά αποτελέσματα για τη γνώση της απώτατης αυτής περιόδου του ανθρώπινου παρελθόντος. Οι χαρακτηριστικές αποθέσεις ερυθρογής (terra rossa) της περιοχής του Κοκκινόπηλου καλύπτουν μια έκταση εκατοντάδων στρεμμάτων και έχουν πάχος δεκάδων μέτρων.

Εικόνα 12: Η περιοχή του Κοκκινόπηλου

Σχηματίστηκαν σε περιόδους θερμών κλιματολογικών συνθηκών, από τη διάβρωση του ασβεστολιθικού υπόβαθρου της περιοχής και αποτέθηκαν στον πυθμένα και στις όχθες μίας αβαθούς λίμνης ή βάλτου, με κοντινότερο σύγχρονο παράλληλο την

αποξηραμένη πλέον λίμνη Μαυρή. Το περιβάλλον αυτό προσέλκυσε τις ανθρώπινες ομάδες των κυνηγών-τροφοσυλλεκτών της Παλαιολιθικής Περιόδου, λόγω της αφθονίας νερού, θηραμάτων και πρώτων υλών. Σταδιακά η σεισμική, πιθανότατα, δραστηριότητα της περιοχής προκάλεσε την ανύψωση των αποθέσεων και την απορροή των υδάτων, με αποτέλεσμα ο χώρος να αποκτήσει τη σημερινή του μορφή.

Η σταδιακή διάβρωση των αποθέσεων του Κοκκινόπηλου φέρνει στην επιφάνεια εκατοντάδες λίθινα εργαλεία, κάποια από τα οποία εκτίθενται σήμερα στο Μουσείο των Ιωαννίνων. Τα παλαιότερα ευρήματα από τον Κοκκινόπηλο, χρονολογούνται στην πρώιμη παλαιολιθική περίοδο, περίπου 200.000 χρόνια πριν το παρόν. Ωστόσο, η περίοδος κατά την οποία ο χώρος του Κοκκινόπηλου χρησιμοποιείται εντατικά από τις ανθρώπινες ομάδες είναι η Μέση Παλαιολιθική (100.000 χρόνια πριν το παρόν). Η αφθονία λίθινων εργαλείων της λεγόμενης Μουστέριας τεχνολογίας, φορέας της οποίας θεωρείται ο άνθρωπος του Νεάντερταλ, υποδεικνύει, ότι η ομάδα των εγκαταστάσεων στη θέση του Κοκκινόπηλου, ήταν σχετικά μεγάλης διάρκειας, καθώς η περιοχή παρείχε ένα σύνολο πλεονεκτημάτων, τα οποία μπορούσαν να συντηρήσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα ένα μικρό πληθυσμό ανθρώπων.

Η σταδιακή μείωση των λίθινων εργαλείων, που μπορούν να χρονολογηθούν στην Ανώτερη Παλαιολιθική περίοδο (40.000 χρόνια πριν το παρόν), μαρτυρεί και ανάλογη μείωση της ανθρώπινης δραστηριότητας στην περιοχή, η οποία μπορεί να οφείλεται σε σημαντικές κλιματολογικές αλλαγές κατά το ψυχρότερο διάστημα της τελευταίας παγετώδους περιόδου (Ιστοσελίδα Δήμου Ζηρού).

Το κλίμα είναι γενικά μεσογειακού τύπου. Ηπιότερο από εκείνο της Πίνδου με συχνές βροχοπτώσεις από τον Σεπτέμβριο έως τον Μάρτιο ενώ σπάνια εμφανίζονται παγετοί και χιονοπτώσεις. Κατά κύριο λόγο αυτό οφείλεται στα χαμηλά υψόμετρα και την γειτνίαση με το Ιόνιο και τον Αμβρακικό κόλπο. Παρόλα αυτά ο χειμώνας είναι παρατεταμένος και το καλοκαίρι ξηρό.

2.2.3. Χλωρίδα- Πανίδα

Στην περιοχή διακρίνονται θάμνοι όπως το πουρνάρι και το φιλίκι , συστάδες από κουμαριές , φράξους και αριές, ενώ κατά μήκος του ποταμού συναντώνται δάση πλατύφυλλης δρυός, ιτιές, ασημολεύκες, λυγαριές , πλατάνια και σκλήθρα. Ο συνολικός αριθμός των φυτικών ειδών στην περιοχή ανέρχεται στα 509 είδη.

Αυτή η πλούσια βλάστηση αποτελεί έναν ιδανικό τόπο διαβίωσης και αναπαραγωγής για τα 196 είδη πουλιών που έχουν καταγραφεί στη περιοχή, μεγάλος αριθμός των οποίων προστατεύεται από διεθνής συμβάσεις, μιας και ο συγκεκριμένος υγρότοπος αποτελεί μεταναστευτικό διάδρομο για τα πουλιά.

Εικόνες 13,14: Πελαργοί στο Θεσπρωτικό και κοπάδι άγριων αλόγων στο Μπαλντενέζι

Ακόμη στο όρος Μπαλντενέζι εκτός από την περιστασιακή παρουσία λύκων εντυπωσιάζουν με τον ατίθασο καλπασμό τους τα άγρια άλογα. Η παρουσία τους συνδέεται απόλυτα με την ιστορία της περιοχής. Το χειμώνα κατεβαίνουν σε σημεία με χαμηλότερο υψόμετρο και το καλοκαίρι καλπάζουν τις βουνοκορφές. Τα ελληνικά άλογα κατάγονται από το άλογο των Βαλκανίων (Balkan Pony), στην πορεία όμως, ανάλογα με το περιβάλλον που διαβιούσαν εξελίχτηκαν δύο τύποι, ο ορεινός και ο πεδινός, από όπου κατάγονται όλες οι φυλές. Η φυλή της Πίνδου είναι η πλέον αντιπροσωπευτική φυλή του ορεινού τύπου και δεν έχει υποστεί προσμίξεις με ξένες φυλές (Ντούλιας, Φαρμακάκη, 2011).

2.2.4. Οικονομικά Στοιχεία

Η περιοχή του Σουλίου έχει χαρακτηριστεί, από οικονομικής απόψεως, ως η φτωχότερη περιοχή της Ευρώπης γεγονός που οφείλεται στις ιδιαίτερες συνθήκες (έλλειψη υποδομών, κλίμα, κοινωνικοί λόγοι) που επικρατούν στην περιοχή. Η οικονομία της στηρίζεται κατά κύριο λόγο στην κτηνοτροφία με την εκτροφή αιγοπροβάτων και βοοειδών για γαλακτοπαραγωγή και παραγωγή κρέατος.

Εικόνες 14, 15: Εργοστάσιο Δωδώνης, Οικογένεια γεωργών στα καλαμπόκια

Επικουρικό ρόλο στην κτηνοτροφία μπορούμε να πούμε ότι έχει και η γεωργία που είναι επίσης ανεπτυγμένη στην περιοχή παράγωντας κυρίως προϊόντα ζωοτροφών όπως το καλαμπόκι και το τριφύλλι, ενώ ανεπτυγμένη είναι και η ελαιοπαραγωγή.

Συνολικά από τα 20.000 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης καλλιεργούνται σήμερα τα 5.000 με εναλλασσόμενες καλλιέργειες καλαμποκιού- τριφυλλιού ενώ στα 37.000 στρέμματα βοσκήσιμης έκτασης με το πλούσιο ανάγλυφο και σε υψόμετρο που κυμαίνεται από 30 έως 1250μ. βόσκουν ελεύθερα 13.000 αιγοπρόβατα και 3.500 βοοειδή.

Πιο συγκεκριμένα οι αγροτοκτηνοτροφικές επιχειρήσεις που καταγράφηκαν στην περιοχή αριθμούν: 80 βουστασια , 120 μαντριά αιγοπροβάτων, 1 ελαιοτριβείο, 3 πτηνοτροφικές μονάδες, 3 χοιροτροφικές μονάδες.

2.2.5. Ιστορικά Στοιχεία

Μύθοι και ιστορία συναντούνται στις κοιλάδες και στις πλαγιές των λόφων και των βουνών της περιοχής. Τα ευρήματα στην περιοχή του Κοκκινόπηλου μαρτυρούν ότι η ευρύτερη περιοχή κατοικούνταν από την εποχή του Λίθου και του Χαλκού. Από τον Όμηρο αναφέρεται ότι οι πρώτοι κάτοικοι που εγκαταστάθηκαν ήταν οι Πελασγοί στις αρχές της 3ης χιλιετίας π.Χ. Καστροπολιτείες και ακροπόλεις βρίσκονται σε πολλά διαμερίσματα του δήμου. Ερείπια πελασγικών τειχών απαντώνται σε πολλά χωριά της περιοχής, ενώ έχουν εντοπιστεί και αρκετοί αρχαίοι κιβωτιόσχημοι τάφοι. Στο λόφο «Καστρί», 4 χλμ. νότια του Ριζοβουνίου, βρίσκεται ένας ιδιαίτερα σημαντικός αρχαιολογικός χώρος . Η ανθρώπινη παρουσία στο Καστρί ανιχνεύεται έως την Προϊστορική περίοδο, ωστόσο τα σημαντικότερα αρχαιολογικά κατάλοιπα χρονολογούνται στην Ελληνιστική εποχή και σχετίζονται με οχυρωμένο πόλισμα, το οποίο η έρευνα ταυτίζει με τις Βατίες ή Βατία ή Βιτία, αποικία των Ηλείων στην περιοχή της αρχαίας Κασσωπαίας.

Στα χρόνια του Βυζαντίου, η περιοχή αποτελεί τμήμα της αυτοκρατορίας και μετά την πτώση της Κωνσταντινούπολης από τους Φράγκους το 1204 μ. Χ, αποτέλεσε τμήμα του Δεσποτάτου της Ηπείρου.

Το 1449 μ.Χ. η περιοχή όπως και όλη η Ήπειρος, περιέχεται οριστικά στους Τούρκους. Τα όρη του Σουλίου αρχίζουν να γεμίζουν από κλέφτες και αρματολούς και προοδευτικά δημιουργείται η περίφημη Σουλιώτικη Συμπολιτεία. Η περιοχή στη διάρκεια των αγώνων των Τούρκων εναντίον του Σουλίου από το 1732-1778 και από το 1792-1803 αποτέλεσε τη σκοπιά, το φυλάκιο που παρακολουθούσε κάθε κίνηση του εχθρού και ειδοποιούσε έγκαιρα τους Σουλιώτες μέχρι το 1913 που απελευθερώνεται από τον τουρκικό ζυγό.

Η παλαιά ονομασία Λέλοβα του κεντρικού χωριού που σήμερα ονομάζεται Θεσπρωτικό, από την οποία ονομάζεται ολόκληρη η περιοχή της Λάκκας Σουλίου

(Λάκκα Λελόβου), είναι πολύ παλιά με άγνωστη προέλευση. Σε ολόκληρη τη Βαλκανική δεν υφίσταται χωριό με την ίδια ονομασία (Λέλοβα ή Λέλοβο) πλην της Μακεδονίας όπου κοντά στο Κιλκίς βρίσκεται χωριό με την παλαιά ονομασία Λέλοβο , που έχει μετονομαστεί σε Άγιος Αντώνιος. Η κεντρική εκκλησία του χωριού Παναγία η Λαμποβίτισσα που χτίστηκε το 1794 επί Αλή Πασά Ιωαννίνων, μπορεί να θεωρηθεί ως χρονική αφετερία της ύπαρξης του οικισμού με την σημερινή του μορφή, συνδέοντάς την με την εποχή καταστροφής της πόλεως Λάμποβο στη Βόρειο Ήπειρο, από όπου προέρχεται και η πολιούχος εικόνα του χωριού.

Αξίζει τέλος να σημειώσουμε ότι από το ομώνυμο δάσος Βαλαωρίτη που συναντάμε στα Νοτιοδυτικά στην περιοχή της Κρανιάς, έλκει την καταγωγή του και ο ποιητής Αριστοτέλης Βαλαωρίτης (Ιστοσελίδα Δήμου Ζηρού).

2.2.6. Πολιτιστικά Στοιχεία

Τα στοιχεία του λαϊκού πολιτισμού της Λάκκας Σουλίου παρουσιάζουν μια ευρύτερη εμβέλεια. Το Σουλιώτικο δημοτικό τραγούδι παραπέμπει σε ένα ηρωικό παρελθόν και έχει αναχθεί σε εθνικό σύμβολο. Στην περιοχή τραγουδιούνται με το τοπικό ύφος, κουβαλώντας την συλλογική μνήμη και λειτουργώντας ως σύμβολα της ιδιαίτερης ταυτότητας. Χαρακτηριστικός είναι και ο Σουλιώτικος χορός, ο χορός στα τρία, με έντονα επικά χαρακτηριστικά που παραπέμπουν στην λεβεντιά και το αδούλωτο πνεύμα. Στους άνδρες ανήκει το ηρωικό τραγούδι και στις γυναίκες το μοιρολόι, ακόμα και στους γάμους ως απομεινάρι του παρελθόντος.

Εικόνα 16: Ο παραδοσιακός χορός του καγκελάρη στις Παπαδάτες

Η παραδοσιακή ενδυμασία είναι η Σουλιώτικη. Οι τοπικές παραδόσεις είναι συνυφασμένες με την καθημερινή ζωή, τον μόχθο της επιβίωσης και την ύπαιθρο. Έχουν τις ρίζες τους στην μυθολογία, τον θάνατο, την ξενιτιά και περιέχουν μεταφυσική διάσταση. Σήμερα οι βασικές πολιτιστικές δραστηριότητες συνοψίζονται στα πανηγύρια που κουβαλούν μνήμες και αποτελούν πάντα αφορμή για αντάμωμα (Ντούλιας, Φαρμακάκη, 2011).

2.2.7. Περιγραφή της Υφιστάμενης Κατάστασης

Η περιοχή της Μικρής Λάκκας Σουλίου πρόκειται αναμφισβήτητα για μια από τις πιο περιβαλλοντικά καθαρές και υγιείς περιοχές της χώρας μας. Η παντελείς έλλειψη βιομηχανικής δραστηριότητας, ο μικρής κλίμακας αγροτοκτηνοτροφικός παραγωγικός ιστός, η μεγάλη διασπορά των οικισμών, η γεωγραφική απομόνωση και οι παραδοσιακές- αειφορικές πρακτικές διαχείρισης του μεγαλύτερου μέρους τόσο των αστικών όσο και των αγροτικών και κτηνοτροφικών απορριμμάτων είναι από τους κύριους λόγους που ευθύνονται για την διατήρηση του υψηλού επιπέδου ποιότητας του περιβάλλοντος.

Μέχρι το 2010 στην περιοχή υπήρχαν περισσότεροι από 15 Χ.Α.Δ.Α., πλησίον του κάθε οικισμού, στους οποίους απορρίπτονταν τα αστικά απορρίμματα. Η σύνθεση των απορριμμάτων αυτών χαρακτηρίζεται κυρίως από την απουσία του κλάσματος των ζυμώσιμων εξ αιτίας της ύπαρξης οικόσιτων ζώων, ενώ μεγάλο κομμάτι της αποτελούν τα ογκώδη αντικείμενα, τα αδρανή (προϊόντα κατεδαφίσεων) και τα «πράσινα» υπολείμματα (κλαδέματα) με έμφαση στους καλοκαιρινούς μήνες. Η ποσότητα δε των απορριμμάτων ανέρχεται σε 6 tn/ημέρα για την χειμερινή περίοδο ενώ το καλοκαίρι φτάνει τους 10 tn/ημέρα. Ειδικότερα τα απορρίμματα που προέρχονταν μόνο από καθαρισμούς δέντρων, δρόμων, πάρκων των δημοτικών συνεργείων ανέρχονται την καλοκαιρινή περίοδο σε 1 tn/μήνα.

Εικόνες 16,17: Ενεργή και Αποκατεστημένη Χ.Α.Δ.Α. στην περιοχή της Ρωμιάς

Σήμερα η πλειονότητα των Χ.Α.Δ.Α. έχει αποκατασταθεί και το μεγαλύτερο μέρος των αστικών απορριμμάτων, πλην των αδρανών και των «πρασίνων», μεταφέρεται στον Χ.Υ.Τ.Α. Άρτας. Οι ετήσιες ποσότητες που μετρήθηκαν για το έτος 2010 των Καποδιστριακών Δήμων Θεσπρωτικού και Κρανέας ήταν 832.06 tn και 140,98 tn αντίστοιχα.

Εξετάζοντας στην πορεία τα απόβλητα που προκύπτουν από τις παραγωγικές δραστηριότητες των επιχειρήσεων της περιοχής παρατηρείται ένα είδος αυτοδιαχείρισης και επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων.

Πιο συγκεκριμένα στις μονοετείς και εποχιακά εναλλασσόμενες καλλιέργειες του καλαμποκιού και του τριφυλλιού τα αγροτικά υπολείμματα συνήθως καίγονται επιτόπου, επιτυγχάνοντας παράλληλα την απολύμανση του χωραφιού από ζιζάνια, και στην συνέχεια οργώνονται στο έδαφος προετοιμάζοντας την επόμενη καλλιέργεια. Στην δε περίπτωση του καλαμποκιού, όπου τα απορρίμματα μπορούν να φτάσουν τα 400 kgr/στρέμμα, είναι σύνηθες να δεματοποιούνται τα υπολείμματα (φύλα, καλάμια) προωθώντας τα σε εργοστάσια ζωοτροφών για περεταίρω επεξεργασία.

Οι μικρές κτηνοτροφικές μονάδες σε συνδυασμό με την εκτατική κτηνοτροφία που εφαρμόζεται στην περιοχή, τόσο στα αιγοπρόβατα όσο και στα βοοειδή συγκεντρώνουν μικρές ποσότητες αποβλήτων τα οποία διαχειρίζονται οι ίδιοι οι κτηνοτρόφοι με κοπροσωρούς σε ιδιόκτητους χώρους και χρησιμοποιούν στις οικιακές-οικογενειακές τους καλλιέργειες. Οι ποσότητες ενδεικτικά που συγκεντρώνει ο κάθε βουτρόφος δεν ξεπερνά τον 1,5 tn/ έτος.

Εικόνες 17, 18: Βουστάσια στην περιοχή της Κρανιάς

Προχωρώντας σε πιο οργανωμένες μονάδες όπως αυτές των πτηνοτροφείων, η διαχειριστική τακτική παραμένει η ίδια, με τα μεγέθη ωστόσο να πολλαπλασιάζονται σημαντικά. Ο επικουρικός ρόλος της γεωργίας στην κτηνοτροφία είναι εμφανής σε αυτό το σημείο καθώς οι πτηνοτρόφοι χρησιμοποιούν το παραγόμενο απόβλητο, μετά από αερόβια χώνευση, στις καλλιέργειες, καλαμποκιού κυρίως, που διατηρούν οι ίδιοι. Η φύση του αποβλήτου που αποτελείται από την στρώμνη κάθε εκτροφής δεν θεωρείται υγρό λύμα, διαχειρίζεται επίσης με την μέθοδο του κοπροσωρού και ανέρχεται στους 80 tn για κάθε μία από τις 5 περίπου εκτροφές που μπορεί να πραγματοποιήσει μια μονάδα στην διάρκεια ενός έτους.

Σημαντική διαφοροποίηση στην διαχείριση των υγρών πλέον λυμάτων παρατηρείται στην περίπτωση των χοιροστασίων που δραστηριοποιούνται στην περιοχή. Τα τρία χοιροστάσια, με το μεγαλύτερο από αυτά να έχει δυναμικότητα

500 χοιρομητέρων, διοχετεύουν τα απόβλητά τους σε χωμάτινες λιμνοδεξαμενές διατηρώντας τα συνεχώς σε επίπλευση αποτελώντας έτσι τον πλέον σημαντικό παράγοντα περιβαλλοντικής υποβάθμισης της περιοχής. Με την συγκεκριμένη μέθοδο διαχείρισης ακόμα και ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με άμεση μέτρηση ενώ τόσο η εγγύτητα των μονάδων μεταξύ τους στην περιοχή του Ριζοβουνίου όσο και η γειτνίαση με μεγάλης σημασίας χώρους όπως η λίμνη του Ζηρού, η αρχαιολογική περιοχή του Καστριού και ο Κοκκινόπηλος, εντείνουν την δημιουργία ενός συστήματος ουσιαστικής και εκσυγχρονισμένης περιβαλλοντικής διαχείρισης των αποβλήτων.

Εικόνες 19, 20: Οι σηπτικές λιμνοδεξαμενές του χοιροστασίου Κιτσαντά

Με παρόμοια μέθοδο αντιμετωπίζεται και η επεξεργασία των λυμάτων του μοναδικού ελαιοτριβείου της περιοχής πλησίον του οικισμού των Παπαδατών. Η ποσότητα των 500 tn ετησίως του ελαιώδους υπολείμματος (κατσίγαρος) που προκύπτει από την επεξεργασία του καρπού της ελιάς συγκεντρώνεται σε σηπτική δεξαμενή με το στερεό υπόλειμμα να χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό στις καλλιέργειες. Τα φύλλα και το ξυλώδες υπόλειμμα κομποστοποιούνται σε παρακείμενο χωράφι ενώ ο πυρήνας αποστέλλεται για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε εργοστάσια της Πρέβεζας.

2.3. Σχεδιασμός της Μονάδας

2.3.1. Γενικά

Όπως προκύπτει από τα μέχρι στιγμής δεδομένα που έχουν αναφερθεί επιβεβαιώνεται η αρχική εκτίμηση της υψηλής ποιότητας του περιβάλλοντος στην περιοχή της Μικρής Λάκκας Σουλίου. Η παρουσία ωστόσο των χοιροτροφικών μονάδων, μάλιστα με τέτοια χωροθέτηση ώστε να μπορεί να θεωρηθεί και σημειακή πηγή, αποτελεί τον μοναδικό ίσως τομέα ρυπαντικής δραστηριότητας ο οποίος να χρίζει ιδιαίτερης διαχείρισης τόσο για την διατήρηση και την βελτίωση

της υγιούς περιβαλλοντικά κατάστασης που καταγράφηκε όσο και για την προώθηση νέων πεδίων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων στην περιοχή.

Τα πολλαπλά οφέλη της Αναερόβιας Χώνευσης σε πολλές και διαφορετικές ομάδες της κοινωνίας φαίνονται ενδεικτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7: Οφέλη ανά κοινωνική ομάδα της Αν.Χ.

Αγρότες	Επιχειρήσεις επεξεργασίας τροφών	Τοπική κοινωνία	Περιβάλλον	Κυβέρνηση
Κέρδος (Compost-Ενέργεια-Διάθεση Αποβλήτων))	Επεξεργασία των αποβλήτων τροφίμων	Λιγότερες οσμές	Λιγότερη μόλυνση από νιτρικά	Συμμόρφωση με Οδηγία για ΧΥΤΑ
Διαθέσιμες θρεπτικές ουσίες	Φθηνότερη λύση	Τοπική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας	Εξοικονόμηση άνθρακα	Υποχρέωση Πολιτικής ανανεώσιμων πηγών
Αντιμετώπιση παθογόνων οργανισμών	Καλή εικόνα	Τοπική παροχή θερμότητας	Αποφυγή ταφής οργανικών στους ΧΥΤΑ	Ασφάλεια καυσίμων
Διαφοροποίηση επιχειρηματικότητας	Θερμική-Ηλεκτρική Ενέργεια για ίδιες ανάγκες	Καινούργιες θέσεις εργασίας	Αποφυγή καύσης οργανικών	Υποχρέωση Ανανεώσιμων καυσίμων μεταφορών
Αντιμετώπιση αγριόχορτων/ ζιζανίων στους αγρούς	--	Καθαρότερο περιβάλλον	--	Αποκέντρωση ηλεκτρισμού

Αποτελεί πλέον πεποίθηση όλων, έπειτα και από αντίστοιχες εφαρμογές σε άλλες επιχειρήσεις σε γειτονικούς νομούς (π.χ Χήτας στον Νομό Άρτας) ότι η αξιοποίηση των αποβλήτων μπορεί να αποτελέσει έναν σημαντικό πυλώνα ενίσχυσης μιας επιχείρησης με πολλαπλά οφέλη.

2.3.2. Υπολογισμός Απαιτήσεων και Ισοζυγίων

Έπειτα από συνεντεύξεις με τους ιδιοκτήτες των μονάδων επιλέγεται η μεγαλύτερη και πιο σύγχρονη από αυτές, της οικογένειας Κιτσαντά, για την διερεύνηση και την μελέτη μιας μικτής μονάδας κομποστοποίησης με την χρήση αναερόβιας και αερόβιας ζύμωσης. Η μονάδα λειτουργεί στην περιοχή του Ριζοβουνίου εδώ και 25 χρόνια και παρουσιάζει σήμερα δυναμικότητα 500 χοιρομητέρων.

Για την διαστασιολόγηση της μονάδας απαιτείται ο υπολογισμός του ρεύματος των προς επεξεργασία λυμάτων. Θεωρώντας σαν μέση ημερήσια ποσότητα αποβλήτων τα 25 kgr για κάθε χοιρομητέρα προκύπτει ότι η μέση συνολική ημερήσια ποσότητα λυμάτων ανέρχεται σε 12,5 tn. Με μέσο χρόνο παραμονής στον βιοαντιδραστήρα τις 21 ημέρες ο απαιτούμενος όγκος του βιοαντιδραστήρα ανέρχεται σε 262,5 m^3.

Θεωρώντας σαν μέση τιμή παραγωγής βιοαερίου από το απόβλητο τα 550 m^3/tn (VS), συντελεστή στερεών (TS) 6.5% και περιεκτικότητα 81% VS του TS υπολογίζουμε την μέση ημερήσια παραγωγή βιοαερίου.

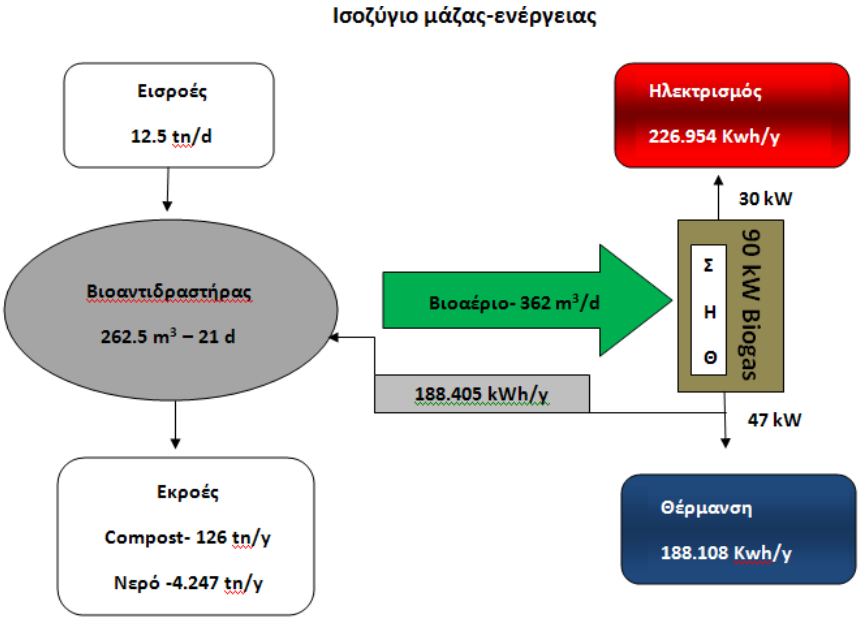
$V_{dμέση}$ = 262,5 tn * 550 m^3/tn * 0,065 * 0.81 = 362 m^3 /d

Καθώς η περιεκτικότητα του παραγόμενου βιοαερίου σε μεθάνιο CH_4 βρίσκεται σε ποσοστό 60%, η μέση θερμιδική αξία του βιοαερίου ανέρχεται σε 6 kWh/m^3, οπότε μελετώντας την θερμική αξία του βιοαερίου στην διάρκεια της έτους υπολογίζεται η δυναμική της μονάδας στα 90 kW. Από το ποσό αυτό ένα μέρος της τάξεως των 30 kW μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ 47 kW παραλαμβάνονται με την μορφή θερμικής ενέργειας. Για την λειτουργία της εγκατάστασης απαιτείται ένα ποσοστό του 5% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται καθώς και ένα ποσοστό 50% της θερμικής ενέργειας.

Ακόμη για τον υπολογισμό των παραγόμενων kWh θεωρείται ότι η μονάδα λειτουργεί 8.000 ώρες ετησίως. Προκύπτουν επομένως 226.954 kWh ηλεκτρικής και 188.108 kWh θερμικής ενέργειας ανά έτος που μπορούν να διατεθούν περεταίρω.

Εκτός του ενεργειακού τμήματος της διαδικασίας, στις εκροές συμπεριλαμβάνονται στην διάρκεια του έτους και 126 tn συνολικών στερεών τα οποία μπορούν να διατεθούν ως εδαφοβελτιωτικό καθώς και 4.247 tn νερού αρδεύσεως για τις παρακείμενες καλλιέργειες.

Το παρακάτω διάγραμμα δίνει σχηματικά το ισοζύγιο μάζας και ενέργειας της διαδικασίας που περιγράφηκε.



Διάγραμμα 4: Ισοζύγιο Μάζας και Ενέργειας

2.3.3. Κατασκευαστικός και Τεχνολογικός Εξοπλισμός

Η εγκατάσταση της μονάδας επεξεργασίας των λυμάτων του χοιροστασίου που μελετάται πρόκειται να χωροθετηθεί περιφερειακά των υπαρχουσών εγκαταστάσεων του εκτροφείου, σε ιδιόκτητη έκταση η οποία είναι επαρκής μεν, ωστόσο χρειάζεται την κατάλληλη διαμόρφωση. Χωματουργικές εργασίες καθαρισμού και ισοπέδωσης του εδάφους, δημιουργία οδεύσεων, εκσκαφές, δημιουργία κάποιων μικρών κτηριακών υποδομών για την στέγαση ευαίσθητων ηλεκτρολογικών εξοπλισμών και αποθηκευτικών χώρων, αλλά και η δημιουργία πλατφόρμων ξήρανσης είναι οι βασικές κατασκευαστικές υποδομές που απαιτούνται. Οι ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις και δεξαμενές σαν αυτές που παρουσιάζονται ακολούθως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να ενταχτούν σαν τμήματα της διαδικασίας.

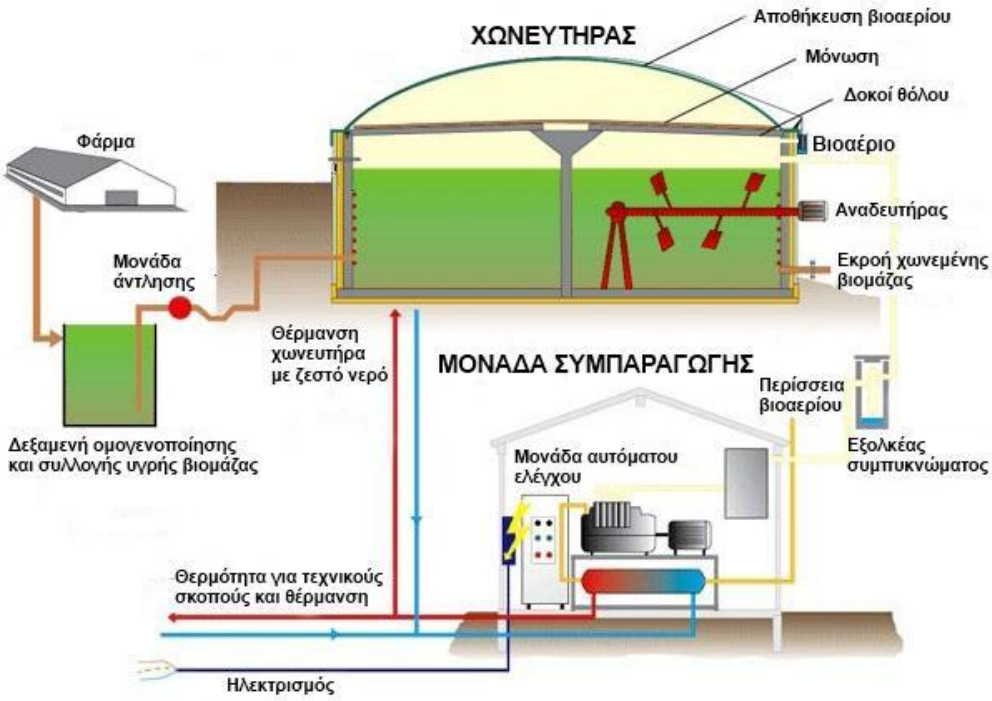
Εικόνα 21: Κανάλι με διάτρητο πάτωμα ενδιάμεσα των κτιρίων συλλέγει τις απορροές

Εικόνα 22: Δεξαμενή συλλογής και αντλία μεταφοράς των λυμάτων

Στο τεχνολογικό μέρος του εξοπλισμού, βασικές υποδομές αποτελούν η προμήθεια του βιοαντιδραστήρα, των συστημάτων τροφοδοσίας και απομάκρυνσης των λυμάτων, η μονάδα συμπαραγωγής, η ηλεκτρονική και ηλεκτρολογική εγκατάσταση, θραυστήρες, εσχάρες, φίλτρα, ξηραντήρες, σύστημα αερισμού, μηχανήματα ανάδευσης, φόρτωσης και ενσάκισης, αντλίες αλλά και πλήθος άλλων βοηθητικών εξαρτημάτων τα οποία μπορεί να απαιτηθούν κατά την εφαρμογή.

Εικόνες 23,24: Βιοαντιδραστήρες αναερόβιας χώνευσης και σύστημα ενσάκισης

Το διάγραμμα ροής που ακολουθεί περιγράφει αναλυτικά την διάταξη των εγκαταστάσεων και την ακολουθία της διαδικασίας από τις πρώτες ύλες μέχρι τα παραγόμενα προϊόντα.



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα ροής της εγκατάστασης

2.4. Οικονομική Ανάλυση

2.4.1. Ορισμοί και Παραδοχές

Για την οικονομοτεχνική εκτίμηση της επένδυσης χρησιμοποιείται η μέθοδος των ετήσιων ταμειακών ροών με σταθερούς συντελεστές. Με την συγκεκριμένη μέθοδο επιτυγχάνεται η αναγωγή όλων των μελλοντικών ταμιακών ροών στην παρούσα χρονική στιγμή λαμβάνοντας με αυτόν τον τρόπο μια παρούσα αξία. Τα δεδομένα επεξεργάζονται με την χρήση του λογισμικού Excell. Η ανάλυση των δεδομένων στηρίζεται στην εξέταση των ακολούθων δεικτών, από τους οποίους μπορούμε να εξάγουμε διάφορα συμπεράσματα για την βιωσιμότητα της επένδυσης (Ντούλιας, 2011):

- Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value): Η σημασία του δείκτη αυτού είναι ότι ανάγει την καθαρή αξία των ταμειακών ροών σε παρούσες χρηματικές αξίες. Μία επένδυση με θετικό NPV θεωρείται βιώσιμη.

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_{t=1}^{n} \frac{KTP_t}{(1+i)^n} - K_o$$

- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return): Ο δείκτης αυτός καθορίζει το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει την καθαρά παρούσα αξία, το επιτόκιο δηλαδή που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών. Με βάση το δείκτη IRR η επένδυση αξιολογείται θετικά αν ο δείκτης προκύπτει μεγαλύτερος από το επιτόκιο προεξόφλησης.

$$CF_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}$$

Στο σημείο αυτό ορίζουμε ως επιτόκιο προεξόφλησης (i) το ποσοστιαίο κέρδος επί του κεφαλαίου που έχει απαίτηση να πραγματοποιήσει ένας επενδυτής, ο οποίος θα επενδύσει αυτό σε μια επιχείρηση λαμβάνοντας υπόψη το ρίσκο που παρουσιάζει η τοποθέτηση αυτή των χρημάτων του. Το επιτόκιο προεξόφλησης σε κάθε περίπτωση αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο οικονομικό κίνδυνο που παρουσιάζει η επένδυση και γενικά μπορεί να θεωρηθεί ότι συντίθεται από (Τσακίρης, Τσώλας, Καλιαμπάκος, 1999):

1. Το καθαρό επιτόκιο, δηλαδή το επιτόκιο που δικαιούται να πάρει ένας επενδυτής μόνο και μόνο για την χρήση του κεφαλαίου σε μια επένδυση που δεν παρουσιάζει ρίσκο
2. Την προσαύξηση του επιτοκίου λόγω ρίσκου
3. Την προσαύξηση του πληθωρισμού

Για τους υπολογισμούς έγινε η παραδοχή των αποσβέσεων σε 20 χρόνια για το σύνολο των δαπανών, τον μηχανολογικό εξοπλισμό και τις κτιριακές εργασίες. Θεωρήθηκε ακόμη κόστος εγκατάστασης της μονάδας, δεδομένης της δυναμικότητάς της, 300.000 € με κόστος ετήσιας συντήρησης εξοπλισμού και εγκαταστάσεων ύψους 2000 €. Τα παραπάνω ποσά δεν προκύπτουν από γραμμικούς υπολογισμούς μέσω της επεξεργαζόμενης ποσότητας λυμάτων καθώς όσο μεγαλύτερο το μέγεθος της μονάδας επεξεργασίας, τόσο τα οικονομικά μεγέθη που αναλογούν μικραίνουν στην μονάδα της μάζας. Για τον λόγο αυτό έγινε συνδυασμός δεδομένων που λήφθηκαν από διάφορες βιβλιογραφικές πηγές και συνεκτιμήθηκαν προς το τελικό αποτέλεσμα.

Οι ενεργειακές απαιτήσεις της μονάδας, κατόπιν υποδείξεως του ιδιοκτήτη, ανέρχονται σε 110 MWh ηλεκτρικού ρεύματος ετησίως που προμηθεύεται από το δίκτυο και 115 MWh για την κάλυψη θερμικών αναγκών με την προμήθεια 15.000 lt υγραερίου. Το συνολικό κόστος των ενεργειακών δαπανών ανέρχεται σε 23.100 €/y.

Για την εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητας της μονάδας αξιολογούνται τα ακόλουθα δύο σενάρια που περιγράφουν την κερδοφορία της επένδυσης:

- Στην πρώτη περίπτωση η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα πωλείται εξ ολοκλήρου στην ΔΕΗ έναντι του ποσού των 253 €/MWh, σύμφωνα με την τιμή πώλησης που καθορίζει ο ΔΕΣΜΗΕ για τις μονάδες που αυτοχρηματοδοτούνται. Το κέρδος επομένως θα προέρχεται από την διαφορά ανάμεσα στην αρκετά υψηλότερη τιμή πώλησης συγκρινόμενη με την τιμή αγοράς η οποία είναι 130 €/MWh. Στο συγκεκριμένο σενάριο λαμβάνεται επιτόκιο προεξόφλησης ίσο με 8%.
- Στην δεύτερη περίπτωση μέρος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα απορροφάται από την ίδια την επιχείρηση για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών, ενώ η ποσότητα που περισσεύει θα διατίθεται στο δίκτυο. Το κέρδος σε αυτή την περίπτωση θα προκύπτει τόσο άμεσα από την εξοικονόμηση του χρηματικού ποσού που η επιχείρηση αγόραζε από την ΔΕΗ όσο και από τα έσοδα που θα αποφέρει η πώληση του ρεύματος. Σε αυτήν την περίπτωση το επιτόκιο προεξόφλησης λαμβάνεται ίσο με 6%.

Και στα δύο σενάρια η εκμετάλλευση του παραγόμενου κομπόστ θα προστεθεί στα έσοδα της επένδυσης με τιμή πώλησης τα 50 €/tn, ενώ επίσης συνυπολογίζεται στα έσοδα και το ποσό που δαπανάται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών για την

αγορά υγραερίου, καθώς η ποσότητα της θερμικής ενέργειας που παράγεται επαρκεί να καλύψει τις ανάγκες της μονάδας.

2.4.2. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Συνοψίζοντας τα στοιχεία που έχουν αναφερθεί παραπάνω προκύπτουν οι ακόλουθοι πίνακες Εσόδων και Εξόδων για κάθε σενάριο που ακολουθήθηκε.

Πίνακας 8: Πίνακας Εσόδων

Έσοδα €	Ά Σενάριο	΄Β Σενάριο
Ποσό από παραγωγή	57419	29600
Πώληση κομπόστ	6300	6300
Εξοικονόμηση από Υγραέριο	7500	7500
Σύνολο	71219	57800

Πίνακας 9: Πίνακας Εξόδων

Έξοδα €	Ά Σενάριο	΄Β Σενάριο
Ποσό Αγοράς Ηλεκτρισμού	14400	0

Η επεξεργασία των δεδομένων που παρουσιάζονται στους Πίνακες 11 και 12 που ακολουθούν για κάθε ένα από τα δύο σενάρια αντιστοίχως έχει γίνει με την χρήση του λογισμικού Excell.

Ά ΣΕΝΑΡΙΟ											
Έτη	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Κόστος Επένδυσης	300000										
Έσοδα		71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219
Έξοδα		14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
Έξοδα Συντήρησης		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ακαθάριστα Κέρδη		54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819
Αποσβέσεις		15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Καθαρό Κέρδος		39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819
Ταμειακή Ροή	-300000	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819
Παρούσα Αξία	-300000	50758,3	46998,5	43517,1	40293,6	37308,9	34545,3	31986,4	29617	27423,1	25391,8
Στάθμη Κεφαλαίου	-300000	-249242	-202243	-158726	-118433	-81124	-46578	-14592	15025	42448,1	67840
	Π	**Ι**	**Ν**	**Α**	**Κ**	**Α**	**Σ**		**1**	**0**	
Έτη		**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Κόστος Επένδυσης											
Έσοδα		71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219	71219
Έξοδα		14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
Έξοδα Συντήρησης		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ακαθάριστα Κέρδη		54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819
Αποσβέσεις		15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Καθαρό Κέρδος		39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819	39819
Ταμειακή Ροή		54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819	54819
Παρούσα Αξία		23510,9	21769,4	20156,8	18663,7	17281,2	16001,1	14815,9	13718,4	12702,2	11761,3
Στάθμη Κεφαλαίου		91350,9	113120	133277	151941	169222	185223	200039	213757	226460	238221

΄Β ΣΕΝΑΡΙΟ											
Έτη	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Κόστος Επένδυσης	300000										
Έσοδα		43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400
Έξοδα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Έξοδα Συντήρησης		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ακαθάριστα Κέρδη		41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400
Αποσβέσεις		15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Καθαρό Κέρδος		26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400
Ταμειακή Ροή	-300000	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400
Παρούσα Αξία	-300000	39056,6	36845,9	34760,2	32792,7	30936,5	29185,4	27533,4	25974,9	24504,6	23117,5
Στάθμη Κεφαλαίου	-300000	-260943	-224098	-189337	-156545	-125608	-96423	-68889	-42915	-18410	4707,6
	Π	**Ι**	**Ν**	**Α**	**Κ**	**Α**	**Σ**		**1**	**1**	
		11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Έσοδα		43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400	43400
Έξοδα		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Έξοδα Συντήρησης		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ακαθάριστα Κέρδη		41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400
Αποσβέσεις		15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Καθαρό Κέρδος		26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400	26400
Ταμειακή Ροή		41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400	41400
Παρούσα Αξία		21809	20574,5	19409,9	18311,3	17274,8	16297	15374,5	14504,2	13683,2	12908,7
Στάθμη Κεφαλαίου		26516,6	47091,1	66501,1	84812,3	102087	118384	133759	148263	161946	174855

Οι τιμές της Καθαρής Παρούσας Αξίας και του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης που προέκυψαν με την μέθοδο των ετήσιων ταμειακών ροών είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας 12: Πίνακας Αποτελεσμάτων

	Ά Σενάριο	**΄Β Σενάριο**
Επιτόκιο Προεξόφλησης	**8%**	**6%**
NPV	238221,02	174854,738
IRR	18%	12%

Ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 12 παραπάνω, πολύ χρήσιμα συμπεράσματα προκύπτουν τόσο για την αξία της παρούσας επένδυσης όσο και για τις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν σε κάθε ένα από τα δύο σενάρια.

Εξετάζοντας αρχικά την θετική τιμή του δείκτη NPV και στις δύο περιπτώσεις συμπεραίνουμε ότι η επένδυση γίνεται αποδεκτή και μάλιστα αποδίδοντας με το πέρας της εικοσαετίας, χρονική περίοδο για την οποία μελετάμε την επένδυση, ποσά στην στάθμη του κεφαλαίου περισσότερα από το 50% της αρχικής αξίας της επένδυσης. Παράλληλα και ο δείκτης IRR σε κάθε περίπτωση παρουσιάζεται μεγαλύτερος από το εκάστοτε επιτόκιο προεξόφλησης, όπως αυτό έχει οριστεί, γεγονός που ενισχύει την αποδοτικότητα της επένδυσης. Σε γενικές γραμμές δηλαδή και οι δύο δείκτες που μελετήθηκαν χαρακτηρίζουν την επένδυση τόσο ως κερδοφόρα όσο και ως ασφαλή επενδυτικά.

Εξετάζοντας το Ά Σενάριο ως προς την τιμή της Καθαρής Παρούσας Αξίας που προκύπτει βλέπουμε ότι είναι μεγαλύτερη από αυτή που αποδίδει το ΄Β Σενάριο.

$$\mathbf{NPV_A > NPV_B}$$

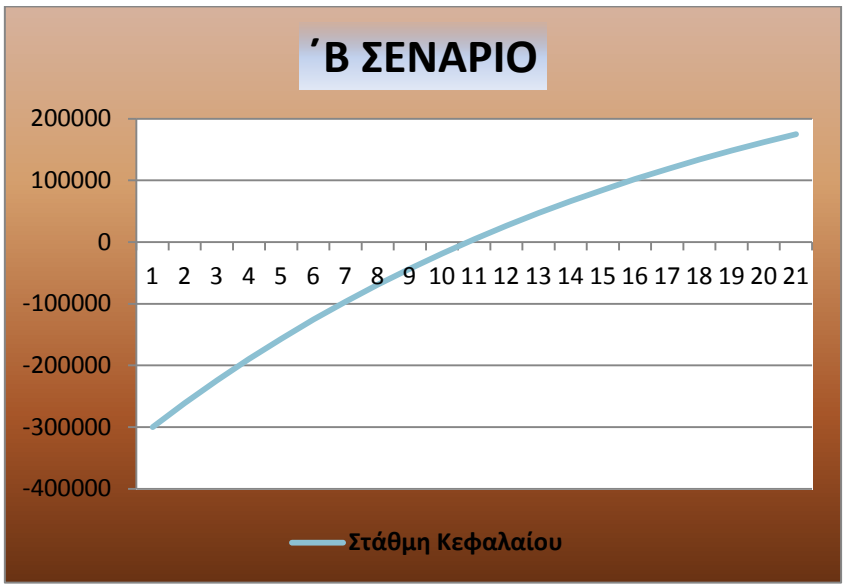
Θεωρείται επομένως ότι το Ά Σενάριο είναι πιο κερδοφόρο από το ΄Β, καθώς αποδίδει μεγαλύτερη στάθμη κεφαλαίου.

Ακολούθως και ο δείκτης του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης του Ά Σεναρίου είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του ΄Β.

$$\mathbf{IRR_A > IRR_B}$$

Και στην περίπτωση αυτή δηλαδή το Ά Σενάριο παρουσιάζεται ως πιο ασφαλές επενδυτικά από το ΄Β, παρόλο που το επιτόκιο προεξόφλησης που λήφθηκε στο τελευταίο ήταν αρκετά μικρότερο.

Τα ακόλουθα διαγράμματα δείχνουν την εξέλιξη της Κεφαλαιακής Στάθμης στην εικοσαετή πορεία που μελετάται η επένδυση.



Διαγράμματα 5 και 6: Στάθμη Κεφαλαίου στον χρόνο κάθε σεναρίου

Τέλος από τα Διαγράμματα 5 και 6 βλέπουμε ότι το Ά Σενάριο παρουσιάζει το επιπλέον πλεονέκτημα ότι οι αποσβέσεις του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης γίνονται μέχρι το πέρας του 7^{ου} έτους σε αντίθεση με το ΄Β Σενάριο που γίνονται δύο έτη αργότερα, στο πέρας του 9^{ου} .

3. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρατηρείται η συνδυαστική προσέγγιση ενός ζητήματος μέσω ενός πλήθους, διαφορετικών μεταξύ τους, επιστημονικών πεδίων. Περιβαλλοντικά, αναπτυξιακά, ενεργειακά, οικονομικά και άλλα στοιχεία συνθέτουν μια ολοκληρωμένη πρόταση, κατάλληλη και προσαρμοσμένη σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Ξεκινώντας την εξαγωγή των συμπερασμάτων από την περιγραφή της περιοχής μελέτης και την υφιστάμενη κατάσταση, γίνεται άμεσα αντιληπτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, όπως η γεωγραφική απομόνωση, ο αγροτοκτηνοτροφικός χαρακτήρας και η έλλειψη αναπτυξιακών δράσεων. Η περιβαλλοντική κατάσταση που παρουσιάζεται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μέσω των ροών των αποβλήτων που αναφέρονται στην περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης, δείχνει ότι απαιτούνται επεμβάσεις μόνο στον συγκεκριμένο τομέα των χοιροστασίων. Η επίλυση του ζητήματος με την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών διευρύνει τους αναπτυξιακούς ορίζοντες της περιοχής μετατρέποντας με αυτό τον τρόπο το «πρόβλημα» σε «λύση».

Η επιλογή της τεχνολογίας της Αναερόβιας Χώνευσης για την διαχείριση των αποβλήτων, εκτός από την αποδοτικότητα που την χαρακτηρίζει ως προς την μείωση του ρυπαντικού φορτίου, αξιολογείται παράλληλα και ως προς την χωρική της διάσταση, καθώς καταλαμβάνει μικρή σχετικά έκταση. Αυτό την κατατάσσει ως βέλτιστη επιλογή για αντίστοιχες μονάδες, κυρίως σε ορεινές περιοχές όπου η έλλειψη χώρου αποτελεί σημαντικό πρόβλημα. Ακόμη η ανταποδοτικότητα μέσω των ενεργειακών και οικονομικών εισροών όπως αναφέρεται, την καθιστά πιο ελκυστική επενδυτικά.

Σε αυτό το σημείο μπορούμε να παρατηρήσουμε επίσης την υπεροχή του Ά Σεναρίου έναντι του ΄Β στις οικονομικές προσεγγίσεις, σε όλα τα σημεία που ελέγχθηκαν παραπάνω, γεγονός που οφείλεται στην μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις τιμές πώλησης και αγοράς ενέργειας που έχει θέσει ο ΔΕΣΜΗΕ.

Συνοψίζοντας καταλήγουμε στην γενικότερη πεποίθηση, που ενισχύεται από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, ότι καθώς και οι δύο προσεγγίσεις αξιολογήθηκαν θετικά ως προς την κερδοφορία τους και την αποτελεσματικότητα τους, η προώθηση αντίστοιχων μεθόδων και τεχνολογιών κατά περίπτωση, είναι επιβεβλημένη σε κάθε είδους αναπτυξιακό σχεδιασμό που στοχεύει στην ολοκληρωμένη και αειφόρα ανάπτυξη των κατά τόπους περιοχών της χώρας.

Βιβλιογραφία

Βαβουράκη Α. (2010) «Ανάπτυξη Ολοκληρωμένης Πολιτικής για την Διαχείριση Αγροτοβιομηχανικών Αποβλήτων με Στόχο την Μεγιστοποίηση της Ανάκτησης Υλικών και Ενέργειας», Προκαταρτική Ανάλυση Κόστους – Οφέλους, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Βαρελά Ε. (2011) «Αξιολόγηση Τεχνολογιών Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων», Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.

Βέργος Α. (2009) «Παραγωγή Βιοαερίου από αναερόβια συναποικοδόμηση λυμάτων χοιροστασίου και ελαιοτριβείου», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονικής Σχολής.

Ιωαννίδης Θ., Μπαλτζώης Η., Παπαθανασίου Κ. (2009) « Απόβλητα Βιομηχανιών Τροφίμων. Χαρακτηριστικά- Μέθοδοι Επεξεργασίας- Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές», Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Τεχνολογιών Αντιρρύπανσης.

Κανακόπουλος Δ. (2011) «Η Κομποστοποίηση ως Μέθοδος Επεξεργασίας των Οργανικών Αποβλήτων», Ημερίδα ΤΕΕ Θεσσαλίας.

Καττή Π. (2010) «Πειραματική διερεύνηση παραγωγής βιοαερίου από μίγματα τυρογάλακτος με υγρά μηχανικού διαχωρισμού αποβλήτων χοιροστασίου διαφορετικής πυκνότητας στη μεσόφιλη περιοχή», Μεταπτυχιακή διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής.

Λυμπεράτος Γ. (2009) «Παραγωγή Ενέργειας μέσω Αναερόβιας Χώνευσης Στερεών Αποβλήτων και Υπολειμμάτων», Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Ντούλιας Δ., Φαρμακάκη Α. (2011) «Καλλικράτης. Αρχιτέκτων ή Διπλωμάτης. Η Περίπτωση της Λάκκας Σουλίου», Εργασία για τις Ανάγκες του ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων, Μέτσοβο.

Ντούλιας Δ. (2011) «Προτάσεις Ήπιων Αναπτυξιακών Δράσεων στην Περιοχή της Βάλια Κάλντα», Διημερίδα «Η Συμβολή του ΕΜΠ στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη του Δήμου Μετσόβου», ΜΕΚΔΕ του Ε.Μ.Π., Μέτσοβο.

Σιούλας Κ., Seadi T.A., Runtz D, Prassl H., Kottner M., Fistenwalder T., Volk S., Janssen R. (2010) Εγχειρίδιο Βιοαερίου, Ενεργειακή Αξιοποίηση Βιοαερίου, Εκπαιδευτικό Σεμινάριο Κ.Α.Π.Ε.

Σφετσιώρης Κ. (2009) «Κτηνοτροφικά Απόβλητα- Βιοχημική Μετατροπή- Παραγωγή Θέρμανσης / Ψύξης», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.

Τσακίρης Π., Τσώλας Ι., Καλιαμπάκος Δ. (1999) «Εκτίμηση του Επιτοκίου Προεξόφλησης στη Βάση Ανάλυσης Δεδομένων της Ελληνικής Κεφαλαιαγοράς. Η Περίπτωση των Μεταλλουργικών Επιχειρήσεων» Επιστημονικές Εκδόσεις Τ.Ε.Ε, Τεύχος 1-2.

Ιστοσελίδες

www.blueenergycontrol.it

www.ependysopedia.gr

www.el.wikipedia.org

www.teelibrary.com

www.earth.google.com

www.dimoszirou.gr