



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ  
ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΗΠΕΙΡΟΥ/  
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ  
ΑΡΤΑΣ**

**ΧΑΣΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

ΑΡΤΑ 2022

«Analysis of the Operating Stages of a Biogas Unit for the Production of Thermal and Electric Energy from animal Waste in the Area of Epirus/ Mapping Poultry Activity in Arta Prefecture»

Πτυχιακή Διατριβή

Χασκής Παναγιώτης

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1. Χατζηζήσης Λάμπρος (Επιβλέπων) | Υπηρετών Λέκτορας,<br>Τμήμα Γεωπονίας,<br>Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων                                    |
| 2. Γκούβα Ευαγγελία               | Εργαστηριακό Διδακτικό<br>Προσωπικό (Ε.ΔΙ.Π.),<br>Τμήμα Γεωπονίας,<br>Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων        |
| 3. Μαχαιράς Βασίλειος             | Δρ. Πολιτικός Μηχανικός,<br>Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,<br>Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο<br>Θεσσαλονίκης |

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την παρούσα πτυχιακή εργασία, ολοκληρώνεται η φοίτηση μου στο τμήμα Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Ένα τμήμα που προάγει την επιστήμη της Γεωπονίας και συμβάλει στην καλλιέργεια ενός σωστά καταρτισμένου Γεωπόνου που είναι έτοιμος να εφαρμόσει τις γνώσεις του συμβάλλοντας στην αύξηση της παραγωγικής διαδικασίας με φιλικές προς το περιβάλλον τεχνικές μεθόδους.

Η ζωική παραγωγή αποτελεί το μέλλον για την οικονομική υποστήριξη της ελληνικής επαρχίας και συγκεκριμένα της Ηπείρου, καθώς πρόκειται για καθαρά αγροκτηνοτροφική περιοχή, ενώ η παγκόσμια ζήτηση για τρόφιμα συνεχώς αυξάνεται. Από την δικιά μου οπτική όψη έχοντας αποφοιτήσει ήδη από το τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων ήθελα να δώσω έμφαση στα απόβλητα της ζωικής παραγωγής και πως αυτά επηρεάζουν το περιβάλλον. Οι δυο τομείς θεωρούνται πολύ σημαντικοί για το μέλλον του πλανήτη και το ένα αντικείμενο είναι αλληλεξαρτώμενο από το άλλο, δηλαδή δεν μπορείς να παράγεις προϊόντα χωρίς να έχεις περιβαλλοντικό κόστος. Το θέμα της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας έρχεται να αναλύσει ότι τα απόβλητα μπορούν να αξιοποιηθούν ώστε όχι μόνο να περιοριστεί η ρύπανση αλλά ο παραγωγός να έχει και οικονομικά οφέλη ώστε η επιχείρησή του να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Ευχαριστώ πολύ τον καθηγητή Χατζηζήση Λάμπρο που με εμπιστεύτηκε ώστε να αναπτύξω το συγκεκριμένο θέμα. Τον ευχαριστώ θερμά για την συνεχομένη καθοδήγηση, την άριστη συνεργασία, την επιστημονική βοήθεια και τις υποδείξεις πάνω στο θέμα.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κυρία Γκούβα Ευαγγελία και στον κύριο Μαχαιρά Βασίλειο για την τιμή να είναι μέλη της εξεταστικής επιτροπής συμβάλλοντας με τις επιστημονικές τους παρατηρήσεις.

Ακόμη δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστώ τον συνάδελφο και φίλο Αναστάσιο Κουτσογιάννη για την βοήθεια του στο κομμάτι της σωστής χρήσης του ελεύθερου λογισμικού Tableau Public.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Γιώργο και Δήμητρα και φυσικά τις αδερφές μου Ζωή και Χριστίνα για την συμπαράστασή τους και την συνεχή ηθική υποστήριξη.

<b>Περιεχόμενα</b>	
<b>Περίληψη</b> .....	<b>7</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>9</b>
1.1 Περιφέρεια Ηπείρου.....	9
1.2. Βιοαέριο .....	11
1.2.1 Αρχές Παραγωγής Βιοαερίου από απόβλητα κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων .....	12
1.2.2. Πλεονεκτήματα των τεχνολογιών βιοαερίου .....	13
1.3. Παραγωγή Βιοαερίου από Βιομάζα .....	15
1.4. Αντιδραστήρας συνεχούς λειτουργίας πλήρους ανάμιξης (CSTR) .....	15
1.5. Αναερόβια χώνευση .....	17
1.5.1.Υδρόλυση .....	19
1.5.2. Οξεογένεση ή οξυγένεση.....	19
1.5.3.Οξικογένεση .....	20
1.5.4. Μεθανογένεση.....	21
1.6 Παράγοντες που επιδρούν στην αναερόβια χώνευση .....	21
1.6.1 Θερμοκρασία .....	21
1.6.2 pH .....	22
1.6.3 Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA) .....	22
1.6.4 Αμμωνία .....	22
1.6.5 Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις .....	23
1.7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης.....	24
1.7.1. Πλεονεκτήματα.....	24
1.7.2. Μειονεκτήματα.....	24
1.8. Το Βιοαέριο και τα πλεονεκτήματα στο Περιβάλλον την Κοινωνία και την Οικονομία.....	25
1.8.1. Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας.....	26
1.8.2. Μείωση των εκπομπών αερίων .....	26
1.8.3. Μείωση ορυκτών καύσιμων .....	26
1.8.4. Μείωση των οργανικών αποβλήτων και παθογόνων μικροοργανισμών..	27
1.8.5.Μείωση οσμών και οπτικής ρύπανσης.....	27
1.8.6. Παραγωγή εδαφοβελτιωτικού για λίπανση .....	27
1.8.7. Οικονομικά οφέλη .....	28
1.8.8. Νέες θέσεις εργασίας.....	28
1.8.9. Αύξηση του δυναμικού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .....	28
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΠΟΒΛΗΤΑ</b> .....	<b>29</b>

2.1. Τα Απόβλητα των σημαντικότερων κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων .....	29
2.2 Χαρακτηριστικά Κτηνοτροφικών Αποβλήτων .....	30
2.2.1. Απόβλητα από Αιγοπροβατοστάσια .....	31
2.2.2. Απόβλητα από βουστάσια .....	32
2.2.3. Απόβλητα από Πτηνοτροφεία .....	32
2.2.4. Απόβλητα από Χοιροστάσια .....	33
2.3. Προσδιορισμός Κτηνοτροφικών Αποβλήτων .....	33
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ- ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ/ ΑΔΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ..</b>	<b>36</b>
3.1. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Κτηνοτροφικής Δραστηριότητας .....	36
3.2. Περιβαλλοντικά προβλήματα κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων .....	37
3.2.1. Επιπτώσεις στο νερό .....	37
3.2.2. Επιπτώσεις στο έδαφος .....	38
3.2.3. Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα .....	39
3.2.4. Προβλήματα οσμών .....	40
3.2.5. Επιπτώσεις στην υγεία .....	40
3.3. Σχέδιο περιβαλλοντικής διαχείρισης της μονάδας βιοαερίου .....	41
3.3.1. Κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις .....	41
3.3.2. Πρόγραμμα παρακολούθησης .....	41
3.3.3. Έλεγχος Παραγωγικής Διαδικασίας .....	41
3.4 Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) .....	42
3.4.1. Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων σε εγκαταστημένη ισχύ μεγαλύτερη του ενός (1) MW .....	43
3.4.2. Περιβαλλοντική αδειοδότηση των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων σε εγκαταστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 30 MW (Υποκατηγορία Α1) .....	44
3.4.3. Περιβαλλοντική αδειοδότηση των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων με εγκαταστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 1-30 MW (Υποκατηγορία Α2) .....	45
3.4.4. Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων με εγκαταστημένη ισχύ μικρότερη του ενός (1) MW. ...	45
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΠΕΙΡΟ .....</b>	<b>47</b>
4.1 Η κτηνοτροφία στην Ήπειρο .....	47
4.2. Χαρτογράφηση Οργανωμένων πτηνοτροφικών εγκαταστάσεων στον νομό Άρτας .....	56

<b>ΚΡΦΑΛΛΙΟ 5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ .....</b>	<b>61</b>
5.1. Πηγές προέλευσης, ποσότητες εισόδου στον βιοαντιδραστήρα συνεχούς ανάδευσης και σύσταση των προς επεξεργασία αποβλήτων. ....	63
5.2. Συλλογή τροφοδοσία πρώτης ύλης- ανάμειξη .....	65
5.3. Στάδιο παστερίωσης υποστρωμάτων .....	66
5.4 Στάδιο αναερόβιας χώνευσης.....	66
5.5. Στάδιο συλλογής, τροφοδοσίας και καθαρισμού βιοαερίου .....	70
5.6. Στάδιο καύσης βιοαερίου- ηλεκτροπαραγωγή.....	71
5.7. Στάδιο συλλογής χωνεμένου κλάσματος .....	71
5.8. Διάθεση των υγρών της μονάδας βιοαερίου .....	72
5.9. Μονάδα συμπαραγωγής .....	75
5.10. Αναλυτική παρουσίαση της παραγόμενης ενέργειας και αξιοποίησης.....	78
5.11. Ασφάλεια μονάδας βιοαερίου .....	79
<b>Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα.....</b>	<b>81</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>83</b>
Ξενογλώσση Βιβλιογραφία.....	83
Ελληνική Βιβλιογραφία .....	85
Διαδίκτυο.....	88

## Περίληψη

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία έχει ως κύριο σκοπό τον σχεδιασμό μιας νέας μονάδας βιοαερίου με αντιδραστήρες συνεχούς ανάδευσης (CSTR) για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, όπου τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας παρουσιάζονται αναλυτικά. Πρόκειται για νέα σύγχρονη μονάδα βιοαερίου με αναερόβιους αντιδραστήρες όπου οι σωστές ποσότητες εισόδου της βιομάζας σε συνδυασμό με τις διεργασίες που συμβαίνουν στους αναερόβιους αντιδραστήρες αποδίδουν τα επιθυμητά προϊόντα στην έξοδο. Το βιοέριο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ίδια την μονάδα ή να πουληθεί στη ΔΕΗ ενώ η θερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση των χωνευτών. Επίσης παράγεται ως προϊόν της αναερόβιας χώνευσης εδαφοβελτιωτικό σε άριστη ποιότητα απαλλαγμένο από μικροβιακά φορτία ώστε να μπορεί να αποδοθεί άμεσα για χρήση στον αγροτικό τομέα ή στην αγορά.

Εισάγονται οι έννοιες της αναερόβιας χώνευσης και παρουσιάζονται όλα εκείνα τα δεδομένα που καθιστούν την εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου ωφέλιμη ώστε να εφαρμοστεί σε μια κτηνοτροφική εγκατάσταση και μάλιστα δίνει λύσεις στην επιλογή του καταλληλότερου σημείου.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα πιο πρόσφατα δεδομένα της κτηνοτροφίας στην Ήπειρο ώστε να γίνει αντιληπτή η δυναμική του πρωτογενούς τομέα στην περιφέρεια ενώ παρουσιάζεται ο δεύτερος βασικός άξονας της πτυχιακής εργασίας αυτός της χαρτογράφησης. Προκειμένου η νέα υποθετική επένδυση (θεωρητικά εν' δυνάμει) να βρίσκεται στην μικρότερη απόσταση από το πλήθος των κτηνοτροφικών μονάδων που λειτουργούν στην περιοχή, γίνεται χαρτογράφηση των ενεργών κτηνοτροφείων στην περιοχή της Άρτας. Η χαρτογράφηση έγινε με την μέθοδο της εναέριας αποτύπωσης από το γεωγραφικό σύστημα Google Earth. Για την αποτύπωση χρησιμοποιήθηκαν οι Χάρτες Ελεύθερης Χρήσης (OpenStreetMaps) και για την επεξεργασία των δεδομένων έγινε χρήση της ελεύθερης έκδοσης του λογισμικού Tableau Public ώστε να γίνει η απεικόνιση των σημείων στον χάρτη.

Έτσι δίνεται η δυνατότητα να υπάρξει αποτύπωση των μονάδων που βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη ώστε η επένδυση να είναι οικονομικά βιώσιμη και πιο λειτουργική. Το αποτέλεσμα θα είναι να επιτευχθεί αποσυμφόρηση της

«υπερφορτωμένης» περιοχής ή να χαρακτηριστεί σε περιοχή ανάπτυξης και συγκέντρωσης κτηνοτροφικών επενδύσεων ώστε να μην υπάρχουν διάσπαρτες σημειακές πηγές ρύπανσης οι οποίες θα περιορίσουν την ανάπτυξη άλλων οικονομικών δραστηριοτήτων στον νομό Άρτας.

Τέλος γίνεται ανάλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκύπτουν από την μη σωστή διαχείριση των κτηνοτροφικών αποβλήτων καθώς και τους τομείς που επηρεάζουν.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται πολλές κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις οι οποίες δημιουργήθηκαν χωρίς αυστηρή περιβαλλοντική νομοθεσία και χωρίς πρόβλεψη για την διαχείριση των αποβλήτων τους. Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη αυτή για εκμετάλλευση έγινε επιτακτική και όχι τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά για την οικονομική στήριξη των ήδη υπάρχοντων μονάδων.

Στον Ελληνικό χώρο η καύση των υπολειμμάτων στις καλλιέργειες και η αλόγιστη διασπορά των κτηνοτροφικών αποβλήτων είναι σύνηθες φαινόμενο. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει συνεχώς αυστηρότερους περιβαλλοντικούς στόχους και η χώρα μας πρέπει να ακολουθήσει τους κανόνες ώστε να επιτύχει υψηλότερη διαχείριση των κτηνοτροφικών αποβλήτων και να φτάσει τα ευρωπαϊκά επίπεδα.

### 1.1 Περιφέρεια Ηπείρου

Η Περιφέρεια Ηπείρου καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα της χώρας (Εικόνα 1). Δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο πέλαγος, ενώ ανατολικά συνορεύει με την Μακεδονία και τη Θεσσαλία. Νότια εκτείνεται μέχρι τον Αμβρακικό κόλπο και το Νομό Αιτωλοακαρνανίας, ενώ βόρεια συνορεύει με την Αλβανία. Η Περιφέρεια Ηπείρου αποτελείται από τους Νομούς (Εικόνα 2):

- Νομός Ιωαννίνων με έδρα τα Ιωάννινα,
- Νομός Άρτας με έδρα την Άρτα,
- Νομός Πρέβεζας με έδρα την Πρέβεζα
- Νομός Θεσπρωτίας με έδρα την Ηγουμενίτσα,

Έχει συνολική έκταση 9,203 km<sup>2</sup>, καλύπτοντας το 6,7% της συνολικής έκτασης της χώρας και γεωμορφολογικά χαρακτηρίζεται από το ορεινό ανάγλυφο και αφθονία επιφανειακών υδάτων. Χαρακτηρίζεται από πλούσιο φυσικό περιβάλλον, με άφθονα δάση, μοναδική χλωρίδα και πανίδα και σπάνια φυσική ομορφιά και διαθέτει εθνικούς δρυμούς και υδροβιότοπους που προστατεύονται από την διεθνή και την εθνική νομοθεσία. Έχει εκτεταμένα παράλια και στους τρεις νομούς που βρέχονται από τη θάλασσα του Ιονίου Πελάγους και του Αμβρακικού κόλπου. Γεωμορφολογικά το 77% της συνολικής έκτασής αποτελείται από ορεινό όγκο ([www.epirus.gov.gr](http://www.epirus.gov.gr)).

Οι μονάδες Βιοαερίου δεν υπήρχαν την προηγούμενη δεκαετία στην περιοχή της Ηπείρου εκτός από ελάχιστες που συνδεόταν με εταιρίες παραγωγής κρεάτων. Τα τελευταία έτη βρίσκονται ακόμη υπό λειτουργία ελάχιστες μονάδες Βιοαερίου οι οποίες αξιοποιούν ως επί το πλείστον πτηνοτροφικά απόβλητα και απόβλητα βουστασίων.



**Εικόνα 1:** Η περιφέρεια Ηπείρου στον Ελληνικό χάρτη (wikipedia).



Εικόνα 2: Οι Περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου (wikipedia).

## 1.2. Βιοαέριο

Η ρύπανση του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες τιμές καυσίμων και την κλιματική κρίση οδηγούν τις χώρες να βρεθούν νέες μεθόδους παραγωγής ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον. Η οδηγία 2009/28 / ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης έθεσε ως γενικό στόχο την επίτευξη 20% ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όσον αφορά την κατανάλωση το 2020 και 10% στην περίπτωση των μέσων μαζικής μεταφοράς. Η χρήση του βιοαερίου θα αποφέρει θετικές επιδράσεις στις παραπάνω περιπτώσεις, διότι η αναβάθμιση του θα οδηγήσει στη χρήση ως καύσιμο οχημάτων και επιπλέον στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας, όπως παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ. (Hosseini et al., 2013). Το βιοαέριο ορίζεται ως ένα ενεργό αέριο που σχηματίζεται μέσω της αποικοδόμησης της οργανικής ύλης από αναερόβιους μικροοργανισμούς και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο  $CH_4$  και διοξείδιο του άνθρακα

CO<sub>2</sub>, ενώ περιέχει σε πολύ μικρότερες ποσότητες και άλλες ουσίες, όπως μοριακό άζωτο, υδρόθειο και νερό.

Η ύπαρξη O<sub>2</sub> και N<sub>2</sub>, οφείλεται στην προσθήκη θερμού αέρα στο βιοαέριο, με σκοπό την απομάκρυνση του H<sub>2</sub>S, ενώ η ύπαρξη της NH<sub>3</sub>, οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα των αποβλήτων σε N<sub>2</sub>. Η παρουσία H<sub>2</sub>S στα απόβλητα, οδηγεί πολλές φορές στην παραγωγή χαμηλής ποιότητας βιοαερίου και προκαλεί διάβρωση των σωληνώσεων και εκπομπές SO<sub>2</sub>, γι' αυτό και πρέπει να πραγματοποιηθεί αποθείωση. Όταν η περιεκτικότητα των αποβλήτων σε υδρατμούς είναι μεγάλη, τότε αυτά αντιδρούν με το CO<sub>2</sub> και παράγεται H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, η παρουσία του οποίου είναι ομοίως επιζήμια (Γκορέζη, 2020).

### **1.2.1 Αρχές Παραγωγής Βιοαερίου από απόβλητα κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων**

Το βιοαέριο είναι δεν έχει χρώμα, οσμή και γεύση είναι μη τοξικό και παράγεται κατά την αναερόβια αποδόμηση διάφορων βιοδιασπώμενων οργανικών υλικών όπως η βιομάζα, τα απόβλητα, οι φυτικές ύλες και τα κτηνοτροφικά απόβλητα. Η ενέργεια που παράγεται, είναι δεσμευμένη στο μεθάνιο (CH<sub>4</sub>). Ανάλογα με την σύσταση των αποβλήτων, καθώς και διάφορους παράγοντες θερμοκρασία- χρόνος παραμονής, κ.ά, εξαρτάται η σύστασή του. Η σύσταση του αποτελείται από ένα μίγμα αερίων, περιεκτικότητας 50 έως 75% σε μεθάνιο, 25 έως 45% σε διοξείδιο του άνθρακα, 1% σε υδρογόνο, υδρόθειο, αμμωνία, κορεσμένους υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο του άνθρακα, 2% σε υδρατμούς καθώς και έως 2% σε άζωτο και οξυγόνο κ.ό (Μαραγκάκη, 2018). Το μεθάνιο, το υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα (CO), μπορούν είτε να καούν είτε να οξειδωθούν παρουσία οξυγόνου. Η καύση αυτή, απελευθερώνει σημαντικά δύναμη ενέργειας, γεγονός που επιτρέπει τη χρήση του βιοαερίου ως καύσιμο. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμή του έχει υπολογιστεί μεταξύ 20-25 MJ/m<sup>3</sup>. Συγκεκριμένα η θερμιδική αξία των ξηρών πτηνοτροφικών αποβλήτων, δηλαδή η ποσότητα ενέργειας (kJ) που απελευθερώνεται από κάθε μονάδα καύσιμης μάζας (kg), υπολογίζεται ισοδύναμη με 14447kJ/ kg. Τα πτηνοτροφικά απόβλητα με περιεκτικότητα σε νερό μικρότερη από 9%, μπορούν να καούν χωρίς τη χρήση επιπλέον καυσίμου (Argvanitoyannis & Ladas, 2008). Στον πίνακα 1, περιγράφεται η σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου.

**Πίνακας 1:** Περιγραφή και σύσταση του παραγόμενου βιοαερίου (Nizami (2012), Vögeli et al. (2014), Gould (2015)).

<b>Συστατικά Βιοαερίου</b>	<b>Περιεκτικότητα κατά όγκο (%)</b>		
	Nizami (2012)	Vögeli et al. (2014)	Gould (2015)
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	55-80	55-70	45-65
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	20- 45	35-40	30-40
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	0-10	<2	0-5
Οξυγόνο (O <sub>2</sub> )	0-2	< 2	0- 2
Υδρόθειο (H <sub>2</sub> S)	0-3	2 (20 – 20.000 ppm)	0,3- 3
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> )	0-1	< 1	<1 0-1
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	-	< 0,05	0-1
Υδρατμοί (H <sub>2</sub> O)	-	2 (20°C) – 7 (40°C)	0-10

Η παραγωγή του CH<sub>4</sub>, εξαρτάται από το είδος του αποβλήτου. Επί παραδείγματι, από την επεξεργασία της υδαρής κοπριάς τόσο των βοοειδών όσο και των χοίρων, παράγεται βιοαέριο με ποσοστό CH<sub>4</sub> 60% και 65% αντίστοιχα. Επίσης από την στερεή κοπριά βοοειδών, χοίρων και πουλερικών, η περιεκτικότητα του βιοαερίου σε μεθάνιο είναι 60%, ενώ γενικότερα από τα οργανικά απόβλητα παράγεται βιοαέριο με περιεκτικότητα σε μεθάνιο 61% (Μαραγκάκη, 2018).

### **1.2.2. Πλεονεκτήματα των τεχνολογιών βιοαερίου**

Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου που παράγεται από την αναερόβια χώνευση παρέχει πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά οφέλη για το κοινωνικό σύνολο και για τους εμπλεκόμενους αγρότες και κτηνοτρόφους. Η χρήση του βιοαερίου προστατεύει τις θέσεις εργασίας στις αγροτικές περιοχές, αυξάνει την περιφερειακή αγοραστική δύναμη, βελτιώνει το βιοτικό επίπεδο και συμβάλλει στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη.

Η παγκόσμια ενεργειακή τροφοδοσία εξαρτάται σήμερα σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις ορυκτές πηγές ενέργειας (ακατέργαστο πετρέλαιο, λιγνίτης, φυσικό αέριο). Οι πηγές αυτές είναι κατά κάποιο τρόπο τα απολιθωμένα κατάλοιπα νεκρών φυτών και ζώων, που έχουν εκτεθεί σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία θαμμένα στο φλοιό της γης

για εκατομμύρια χρόνια. Για τον λόγο αυτό τα ορυκτά καύσιμα είναι πρακτικά μη ανανεώσιμοι πόροι αφού τα αποθέματα τους μειώνονται πολύ ταχύτερα απ' ότι διαμορφώνονται νέα.

Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, το βιοαέριο αναερόβιας χώνευσης είναι μόνιμα ανανεώσιμο, καθώς έχει παραχθεί από βιομάζα και δεσμεύεται μέσω της φωτοσύνθεσης. Το βιοαέριο δε βελτιώνει μόνο το ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας αλλά συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος (Νασιάδης, 2017).

Η καύση του βιοαερίου επίσης απελευθερώνει CO<sub>2</sub>, με τη διαφορά ότι, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, ο άνθρακας στην περίπτωση του βιοαερίου ελήφθη πρόσφατα από την ατμόσφαιρα, μέσω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητα των φυτών. Ο κύκλος άνθρακα του βιοαερίου κλείνει έτσι μέσα σε έναν πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (μεταξύ ενός και αρκετών ετών).

Η παραγωγή βιοαερίου αναερόβιας χώνευσης μειώνει επίσης τις εκπομπές του μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και του νιτρώδους οξειδίου (N<sub>2</sub>O) που παράγονται κατά την αποθήκευση και τη χρήση της κόπρου ως λίπασμα. Το μεθάνιο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου 23 φορές δραστικότερο από το διοξείδιο του άνθρακα ενώ το νιτρώδες οξείδιο είναι 296 φορές δραστικότερο. Το βιοαέριο υποκαθιστά τα ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές και μειώνει έτσι τις εκπομπές του CO<sub>2</sub>, του CH<sub>4</sub> και του N<sub>2</sub>O, συμβάλλοντας στο να μετριαστεί η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού των αποβλήτων σε έναν πολύτιμο πόρο, με την χρήση τους ως πρώτη ύλη για την αναερόβια χώνευση. Πολλές ευρωπαϊκές χώρες αντιμετωπίζουν τεράστια προβλήματα από την υπερπαραγωγή οργανικών αποβλήτων από τη βιομηχανία, τη γεωργία και τα νοικοκυριά. Η παραγωγή βιοαερίου είναι ένας άριστος τρόπος συμμόρφωσης με τους όλο και περισσότερο περιοριστικούς σχετικούς εθνικούς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς με τη χρήση των οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας να ακολουθείται από την ανακύκλωση της οργανικής και ανόργανης ύλης με τη μορφή λιπάσματος. Οι τεχνολογίες του βιοαερίου συμβάλλουν στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και των δαπανών για τη διάθεσή τους.

### **1.3. Παραγωγή Βιοαερίου από Βιομάζα**

Η βιομάζα αποτελεί την ύλη βιολογικής (οργανικής) προέλευσης. Η οδηγία 2001/77/ΕΚ ορίζει ως οργανική ύλη «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Η βιομάζα αποτελεί την παλαιότερη και ευρέως διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Σε ενέργεια είναι δυνατόν να μετατραπούν υλικά ζωικής και φυτικής προέλευσης αλλά και τα υγρά απόβλητα και μεγαλύτερο μέρος των αστικών απορριμμάτων.

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες γι' αυτό είναι το νερό και το CO<sub>2</sub> που αφθονούν στην φύση. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες, οι οποίοι συλλαμβάνουν τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που ανάγει το CO<sub>2</sub> σε υδατάνθρακες. Κατά την πορεία της φωτοσύνθεσης σχηματίζονται οργανικές ενώσεις, δηλαδή βιομάζα. Εδώ φαίνεται και ο σπουδαίος ρόλος της γεωργίας ως παραγωγού ενέργειας, αφού απορροφά το CO<sub>2</sub> και το μετατρέπει σε βιομάζα.

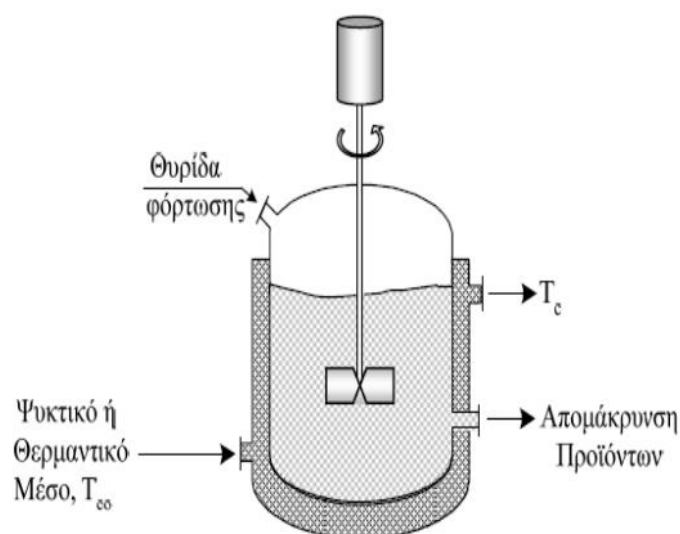
Η βιομάζα υπάγεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς αναπαράγεται συνεχώς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή λιπασμάτων, χαρτιού, ζωοτροφών, καυσίμων και ενέργειας. Η βιομάζα αποτελεί ιδανική πρώτη ύλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα για την παραγωγή βιοαερίου με την διαδικασία της Αναερόβιας Χώνευσης.

### **1.4. Αντιδραστήρας συνεχούς λειτουργίας πλήρους ανάμιξης (CSTR)**

Ο συμβατικός αντιδραστήρας συνεχούς λειτουργίας και πλήρους ανάμιξης (CSTR) είναι ο πιο συνήθης και απλός τύπος βιοαντιδραστήρα (εικόνα 3). Οι περισσότεροι χωνευτές είναι κατακόρυφοι και αποτελούνται από στρογγυλές δεξαμενές από χάλυβα ή ενισχυμένο σκυρόδεμα, συχνά με ένα κωνικό πυθμένα για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου. Η μόνωση τους είναι αεροστεγείς, εσωτερικά θερμαίνονται με σωληνώσεις ενώ οι αναδευτήρες στο εσωτερικό του αντιδραστήρα αναδεύουν το απόβλητο. Καλύπτονται από μια οροφή από σκυρόδεμα ή χάλυβα και το παραγόμενο βιοαέριο διοχετεύεται με σωλήνες και

αποθηκεύεται σε μια μονάδα εξωτερικής αποθήκευσης, κοντά στον χωνευτή. Σε άλλες περιπτώσεις, η οροφή μπορεί να είναι μια αεροστεγής μεμβράνη. Αυτή διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο ή μπορεί να είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό (Γιακουμέλος-ΚΑΠΕ 2012).

Σε χωνευτήρα CSTR ο μέσος χρόνος παραμονής των μικροοργανισμών είναι ίσος με το χρόνο υδραυλικής παραμονής (HRT). Εδώ να διευκρινιστεί ότι ως χρόνος παραμονής των στερεών/μικροοργανισμών (Solids Retention Time, SRT) ενός αναερόβιου χωνευτήρα, ορίζεται ο λόγος της ενεργού βιομάζας του χωνευτήρα προς τον ρυθμό παραγωγής της ενεργού βιομάζας στο σύστημα. Η εισροή της μάζας, η θερμοκρασία και οι συγκεντρώσεις όλων των συστατικών είναι ίσες και σταθερές με την εκροή στην έξοδο του αντιδραστήρα γι' αυτό και ονομάζονται Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) (Μαραγκάκη, 2018).

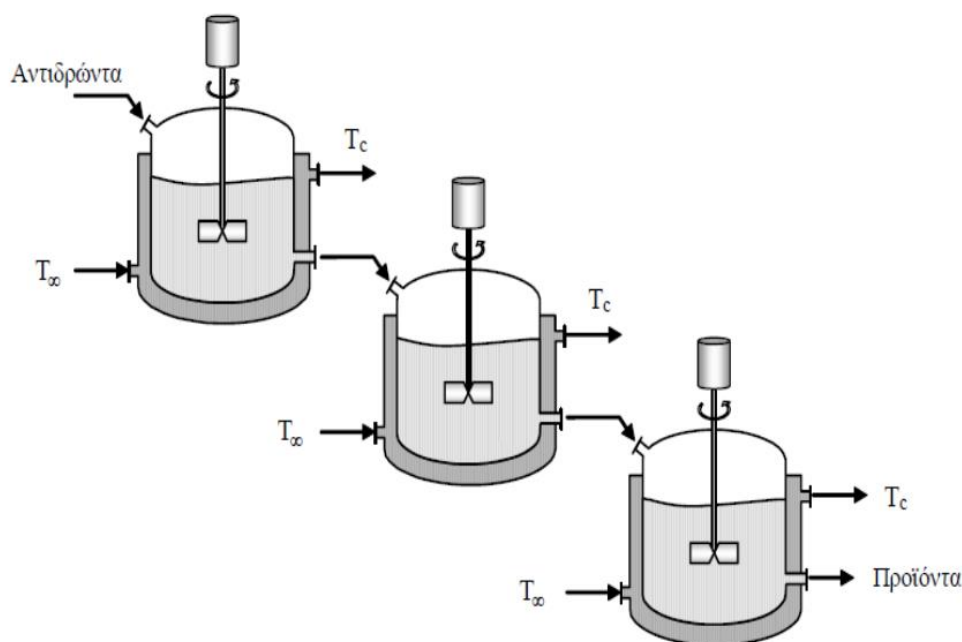


**Εικόνα 3:** Αντιδραστήρας συνεχούς λειτουργίας και πλήρους ανάμιξης CSTR (Τεκερλεκοπούλου, 2015).

Για να αποφευχθεί η έκπλυση των αργά αναπτυσσόμενων μεθανογόνων βακτηρίων, οι χωνευτήρες αυτοί σχεδιάζονται με χρόνο υδραυλικής παραμονής περίπου 20-30 ημέρες και πολύ πιο σπάνια κάτω από 10 ημέρες (Parkin and Owen, 1986). Πλεονέκτημά του είναι η ικανότητα επεξεργασίας αποβλήτων με υψηλές συγκεντρώσεις σε αιωρούμενα στερεά και σε διαλυτά οργανικά, καθώς και η διατήρηση ομοιόμορφων συνθηκών θερμοκρασίας, υποστρώματος, θρεπτικών και pH σε όλο τον όγκο του αντιδραστήρα.



Όταν ο όγκος στον αντιδραστήρα είναι πολύ μεγάλος απαιτείται καλύτερη ανάμιξη και καλύτερος έλεγχος των συνθηκών αντίδρασης (εικόνα 4) (Τεκερλεκοπούλου., 2015).



**Εικόνα 4:** Συστοιχία αντιδραστήρων συνεχούς λειτουργίας και πλήρους ανάμιξης CSTR σε σειρά (Τεκερλεκοπούλου., 2015).

### 1.5. Αναερόβια χώνευση

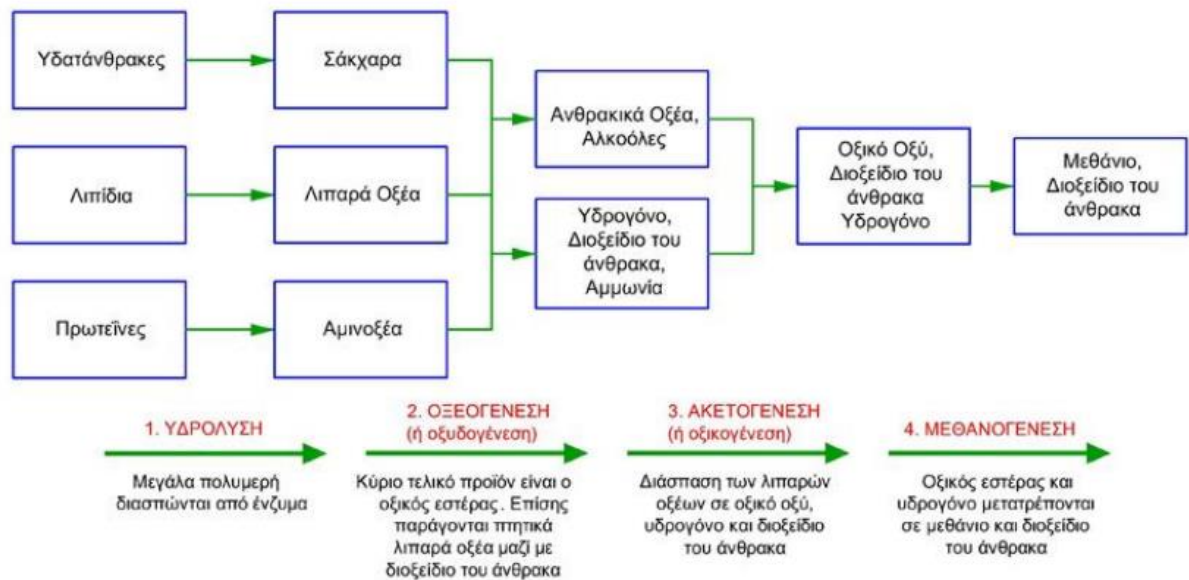
Η αναερόβια χώνευση (anaerobic digestion) αποτελεί μια διεργασία βιολογικής οξείδωσης των αποβλήτων όπου με τον όρο νοείται μια σειρά πολύπλοκων βιοχημικών αντιδράσεων, με τις οποίες αποικοδομούνται και οξειδώνονται οι διάφορες οργανικές ουσίες των αποβλήτων. Η διεργασία συντελείται από πλήθος αυτότροφων και ετερότροφων βακτηρίων (αυστηρώς ή και μερικώς αναερόβιων), τα οποία συνεργάζονται ή ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την εξασφάλιση της απαραίτητης ενέργειας που χρειάζονται για την δόμηση της κυτταρικής τους μάζας. Κύριος σκοπός της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί η σταθεροποίηση του οργανικού υλικού με ταυτόχρονη καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, εξουδετέρωση των προσβλητικών οσμών, καθώς και μείωση της μάζας του οργανικού υλικού που χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία (Κουτσιμάνης, 2018).

Μέσω της αναερόβιας χώνευσης και απουσία μοριακού οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) επιτυγχάνεται η βιολογική μετατροπή του οργανικού υλικού των αποβλήτων σε βιοαέριο, ενός δηλαδή μείγματος αερίων, κυρίως μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ) και διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) (Γεωργακάκης 2003, Λυμπεράτος κ.ά. 2004, Μάη, 2006). Στο μείγμα βιοαερίου που παράγεται περιλαμβάνονται επίσης και ίχνη άλλων αερίων όπως αζώτου ( $\text{N}_2$ ), αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ), υδρογόνου ( $\text{H}_2$ ), οξυγόνου ( $\text{O}_2$ ), υδρόθειου ( $\text{H}_2\text{S}$ ) και υδρατμών ( $\text{H}_2\text{O}$ ), σε ποσότητες συνήθως μικρότερες του 1% με 2% του συνολικού όγκου του αερίου. Η μικροβιολογία της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και εξαρτάται σημαντικά από τις συγκεκριμένες συνθήκες που επικρατούν. Εντούτοις μπορεί να προσεγγιστεί σε μεγάλο βαθμό από ένα γενικό μοντέλο το οποίο περιγράφει ικανοποιητικά την αποικοδόμηση της οργανικής ουσίας κάτω από αναερόβιες συνθήκες· όπου το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει τρία κύρια είδη μικροοργανισμών, τα οποία συμβιούν ισορροπημένα, αναπτύσσονται και μετασχηματίζουν την οργανική ουσία σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα (Κουτσιμάνης, 2018).

Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης, παράγεται πολύ λίγη θερμότητα σε αντίθεση με την αερόβια (παρουσία οξυγόνου) αποσύνθεση, όπως η κομποστοποίηση. Η ενέργεια, που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει κυρίως στο παραγόμενο βιοαέριο με τη μορφή μεθανίου.

Η διαδικασία παραγωγής βιοαερίου με αναερόβια χώνευση περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

**Πίνακας 2:** Τα στάδια της αναερόβιας χώνευσης (AlSeadi, 2003)



### 1.5.1. Υδρόλυση

Η υδρόλυση αποτελεί το πρώτο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης. Κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης, παρατηρείται διάσπαση των σύνθετων αδιάλυτων οργανικών πολυμερών σε διαλυτά οργανικά μονομερή μόρια, με τη δράση ενός πλήθους αναερόβιων βακτηρίων. Έτσι, οι μονοσακχαρίτες, τα αμινοξέα, τα λιπαρά οξέα και η γλυκερόλη είναι τα προϊόντα της ενζυμικής αποδόμησης των πολυσακχαρίτων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων. Επίσης, στη διαδικασία της υδρόλυσης εμπλέκεται μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών η οποία πραγματοποιείται από τα εξωκυτταρικά ένζυμα, που παράγονται από τους μικροοργανισμούς εκείνους που αποσυνθέτουν το αδιάλυτο μοριακό υλικό. Τα προϊόντα που προκύπτουν από την υδρόλυση αποσυντίθενται περαιτέρω από τους εμπλεκόμενους μικροοργανισμούς και χρησιμοποιούνται για τις δικές τους διεργασίες μεταβολισμού (Al Seadi et al., 2008). Το στάδιο της υδρόλυσης είναι σχετικά αργό και συνήθως αποτελεί το περιοριστικό βήμα στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης των λυμάτων (Angelidaki και Schmidt, 2003).

### 1.5.2. Οξεογένεση ή οξυγένεση

Κατά το στάδιο της οξεογένεσης ή οξυγένεσης, τα αμινοξέα, τα σάκχαρα και τα μακράς αλυσίδας λιπαρά οξέα που παρήχθησαν κατά το στάδιο της υδρόλυσης χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα για τα ζυμωτικά βακτήρια τα οποία στη συνέχεια παράγουν άλλα οργανικά οξέα, όπως είναι το οξικό, το προπιονικό, το n-βουτυρικό και

το βαλερικό οξύ, καθώς και αλκοόλες, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα (Κουτσιμάνης, 2018).

Η οξεογένεση αποτελεί την ταχύτερη αντίδραση κατά την αναερόβια χώνευση υγρής φάσης και τα τελικά της προϊόντα (οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα) μπορούν άμεσα να χρησιμοποιηθούν από τους μεθανογενείς μικροοργανισμούς. Κατά τη φάση της οξεογένεσης δεν προκαλείται σταθεροποίηση όλου του συστήματος· αλλά το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού υλικού αλλάζει μορφή και ένα πολύ μικρό μέρος του καταναλώνεται δηλαδή σταθεροποιείται (Κουτσιμάνης, 2018).

### 1.5.3.Οξικογένεση

Κατά τη διάρκεια της οξικογένεσης, τα προϊόντα από την οξεογένεση που δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου αυξάνει την μερική πίεση του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως «υπόλειμμα» της οξικογένεσης και εμποδίζει το μεταβολισμό των οξικογενών βακτηριδίων. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένεσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Η οξικογένεση και η μεθανογένεση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών (Νασιάδης, 2017). Συγκεκριμένα η μερική πίεση του υδρογόνου παίζει ρυθμιστικό παράγοντα και αν είναι μεγαλύτερη από 10<sup>-4</sup> atm, παρεμποδίζεται η παραγωγή του μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και η συγκέντρωση των οργανικών οξέων αυξάνεται. Επομένως το επίπεδο του υδρογόνου πρέπει να διατηρείται κάτω από το προαναφερόμενο όριο για να είναι αποτελεσματική η αναερόβια χώνευση. Λόγω του σημαντικού ρυθμιστικού του ρόλου, το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της αποτελεσματικότητας της αναερόβιας χώνευσης (Paulo et al. 2004).

#### 1.5.4. Μεθανογένεση

Η παραγωγή του μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και του διοξειδίου του άνθρακα πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτηρίδια είτε με την κατανάλωση οξικού οξέος είτε με τη σύνθεσή του από υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα (CH<sub>4</sub>). Περίπου το 65-70% της παραγόμενης ποσότητας μεθανίου προέρχεται από το οξικό οξύ, ενώ το υπόλοιπο 30% σχηματίζεται από το υδρογόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το φορμικό οξύ (Angelidaki και Schmidt, 2003). Η αντίδραση που πραγματοποιείται είναι η ακόλουθη:

- Οξικό οξύ  $\xrightarrow{\text{μεθανογενή βακτήρια}}$  Μεθάνιο + Διοξείδιο του άνθρακα
- Υδρογόνο+ Διοξείδιο του άνθρακα  $\xrightarrow{\text{μεθανογενή βακτήρια}}$  Μεθάνιο + Νερό

Η μεθανογένεση είναι η πιο αργή βιοχημική αντίδραση της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Τα παραπάνω στάδια δεν γίνονται σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα αλλά σχεδόν ταυτόχρονα για αυτό και η συνολική διεργασία είναι ευμετάβλητη από τα επιμέρους στάδια (Νασιάδης., 2017).

### 1.6 Παράγοντες που επιδρούν στην αναερόβια χώνευση

#### 1.6.1 Θερμοκρασία

Η διαδικασία της Αναερόβιας Χώνευσης δύναται να επιτευχθεί σε διαφορετικά θερμοκρασιακά εύρη, τα οποία διακρίνονται σε τρεις περιοχές: τη ψυχρόφιλη, όπου η Θερμοκρασία είναι μικρότερη από 20°C, τη μεσόφιλη με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται από 30 - 42 °C, και τη θερμόφιλη με τη θερμοκρασία να βρίσκεται μεταξύ 43 - 55 °C. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι θερμοκρασιακές διεργασίες και ο ελάχιστος χρόνος παραμονής του κάθε σταδίου. Η θερμοκρασία λειτουργίας εξαρτάται από την πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιηθεί, ενώ η θερμοκρασία διεργασίας παρέχεται μέσα στον αντιδραστήρα με το κατάλληλο συστήματα θέρμανσης (Al Seadi et al., 2008).

**Πίνακας 3:** Θερμικά στάδια και χαρακτηριστικοί χρόνοι παραμονής (Al Seadi et al., 2008).

Θερμικό Στάδιο	Θερμοκρασίες Διεργασίας (°C)	Ελάχιστος χρόνος παραμονής (ημέρες)
Ψυχρόφιλη	< 20	70 - 80
Μεσόφιλη	30- 42	30 - 40
Θερμόφιλη	43 - 55	15-20

### 1.6.2 pH

Η τιμή του pH αναφέρεται στην οξύτητα ή στην αλκαλικότητα που παρουσιάζει το διάλυμα και εκφράζεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Όσον αφορά το pH του υποστρώματος επιδρά στον πληθυσμό των μεθανογενών μικροοργανισμών καθώς επίσης και στο διαχωρισμό μερικών ενώσεων οι οποίες θεωρούνται σημαντικές στην αναερόβια χώνευση. Ο σχηματισμός του μεθανίου παρατηρείται σε τιμές pH, οι οποίες κυμαίνονται από 5,5 – 8,5 με τις βέλτιστες τιμές να κυμαίνονται από 7,0 – 8,0 για τους περισσότερους μεθανογενείς οργανισμούς. Η παράμετρος του pH θεωρείται σχετικά αξιόπιστη, γρήγορη στα αποτελέσματα και ένας φθηνός τρόπος προσδιορισμού της ανισορροπίας στα συστήματα με χαμηλές δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης (Al Seadi et al., 2008).

### 1.6.3 Πτητικά λιπαρά οξέα (VFA)

Ένας ακόμη παράγοντας που επιδρά στην αναερόβια χώνευση είναι τα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA). Αυτά αποτελούν τις ενδιάμεσες ενώσεις, δηλαδή οξικά, προπιονικά, βουτυρικά, γαλακτικά άλατα, τα οποία σχηματίζονται κατά τη φάση της οξικογένεσης, όπου η αλυσίδα άνθρακα εμπεριέχει λιγότερα από έξι άτομα. Αποτέλεσμα της ανισορροπίας είναι η αύξηση της περιεκτικότητας σε VFA στον αντιδραστήρα με ταυτόχρονη μείωση της τιμής του pH.

Μέσω της εμπειρίας αποδεικνύεται ότι δύο διαφορετικοί αντιδραστήρες δύναται να παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά όταν έχουν την ίδια συγκέντρωση VFA, διότι ενώ η συγκεκριμένη συγκέντρωση σε VFA μπορεί να είναι η βέλτιστη στον ένα αντιδραστήρα, στον άλλο μπορεί να επιδρά ανασταλτικά, διότι η σύνθεση των πληθυσμών μικροοργανισμών είναι διαφορετική σε κάθε αντιδραστήρα. Συνεπώς, η συγκέντρωση των VFA δεν θεωρείται μία αξιόπιστη αυτόνομη παράμετρος ελέγχου της διαδικασίας (Al Seadi et al., 2008).

### 1.6.4 Αμμωνία

Η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) συνεισφέρει σημαντικά στην αναερόβια χώνευση. Στην ουσία αποτελεί μια σημαντική θρεπτική ουσία, ενώ υπό κανονικές συνθήκες συνίσταται ως αέριο, με έντονη χαρακτηριστική οσμή. Οι πρωτεΐνες αποτελούν την κύρια πηγή της αμμωνίας στην αναερόβια χώνευση. Στην περίπτωση που παρατηρείται πολύ υψηλή συγκέντρωση της αμμωνίας στο κομπόστ και κυρίως της ελεύθερης

αμμωνίας που είναι μία μη ιονισμένη μορφή, τότε η διαδικασία διακόπτεται. Παρατηρείται κυρίως όταν οι πρώτες ύλες προέρχονται από ζωικά περιττώματα, επειδή εμπεριέχουν υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας λόγω της ουρίας. Η συγκέντρωση της δεν πρέπει να ξεπερνά τα 80 mg/l.

Τα μεθανογενή βακτηρίδια παρουσιάζουν ευαισθησία στην υψηλή συγκέντρωση της αμμωνίας. Η συγκέντρωση της ελεύθερης αμμωνίας είναι ανάλογη της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου στις θερμοφιλες θερμοκρασίες. Επιπρόσθετα υψηλή τιμή pH σε συνδυασμό με υψηλή θερμοκρασία θα επιφέρουν υψηλό ποσοστό της ελεύθερης αμμωνίας και άρα διακοπή της αναερόβιας χώνευσης. Όταν παρατηρηθεί παρεμπόδιση της διαδικασίας που οφείλεται στην αμμωνία, τότε θα αυξηθεί η συγκέντρωση των πτητικών λιπαρών οξέων (VFA) και έτσι το pH θα έχει χαμηλή τιμή (Al Seadi et al., 2008).

#### **1.6.5 Ιχνοστοιχεία, θρεπτικές ουσίες και τοξικές ενώσεις**

Τα ιχνοστοιχεία όπως ο σίδηρος, το νικέλιο, το κοβάλτιο, το σελήνιο, το μολυβδαίνιο ή το βολφράμιο θεωρούνται ότι παίζουν σημαντικό ρόλο τόσο στην αύξηση όσο και στην επιβίωση των μικροοργανισμών όπως και η συγκέντρωση των μακροστοιχείων, δηλαδή ο άνθρακας, το άζωτο, ο φώσφορος και το θείο. Η βέλτιστη αναλογία των θρεπτικών στοιχείων άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου και θείου (C:N:P:S) είναι 600:15:5:1. Η ανεπαρκής παροχή θρεπτικών ουσιών, ιχνοστοιχείων και η πάρα πολύ υψηλή αποικοδομησιμότητα που παρουσιάζει το υπόστρωμα θα προκαλέσουν την αναστολή της αναερόβιας χώνευσης.

Οι τοξικές ενώσεις θεωρούνται ότι έχουν μία πάρα πολύ σημαντική επίδραση στη δράση των αναερόβιων μικροοργανισμών. Αυτές οι ενώσεις είτε προϋπάρχουν στο υλικό είτε σχηματίζονται κατά την διαδικασία. Είναι αδύνατο να προσδιοριστούν οι κρίσιμες τιμές, διότι πρώτον αυτά τα είδη των υλικών μπορούν συχνά να δεσμευθούν με χημικές διεργασίες και δεύτερον οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί παρουσιάζουν προσαρμοστικότητα εντός ορισμένων ορίων (Al Seadi et al., 2008).

## **1.7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης**

### **1.7.1. Πλεονεκτήματα:**

(Λυμπεράτος Γ., 2004)

- Παραγωγή ενέργειας. Από την επεξεργασία παράγεται βιοαέριο, (ως και το 95% των οργανικών συστατικών μετατρέπονται σε καύσιμο αέριο) το οποίο μπορεί να καεί σε καυστήρες δίνοντας θερμική και ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών μειώνοντας έτσι το αρχικό κόστος επένδυσης για την εγκατάσταση.
- Μειώνεται η ποσότητα των παθογόνων οργανισμών. Παράγεται μικρή ποσότητα σταθεροποιημένης ιλύος (ποσοστό 5% του υποστρώματος) που απαιτεί σχετικά μικρό κόστος για τη διαχείρισή της λόγω και της μικρής ποσότητας.
- Μικρές ενεργειακές απαιτήσεις. Καθώς η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης γίνεται απουσία οξυγόνου απαιτείται πολύ μικρότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με άλλες μεθόδους.
- Μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία. Οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί επίσης απαιτούν λιγότερα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο, φώσφορο) για να ζήσουν εξαιτίας του πολύ μικρού συντελεστή απόδοσης βιομάζας των οξικογόνων και μεθανογόνων μικροοργανισμών.
- Παραγωγή εδαφοβελτιωτικού. Τα στερεά υπολείμματα της αναερόβιας χώνευσης αποτελούν εξαιρετικό εδαφοβελτιωτικό καθώς αυξάνουν το ρυθμό χουμοποίησης, βελτιώνουν την ποιότητα του εδάφους σε επίπεδο οργανικής ουσίας καθώς προφέρουν θρεπτικά συστατικά, αποτρέπουν την διάβρωση των εδαφών και αποτρέπουν την έκπλυση του αζώτου.

### **1.7.2. Μειονεκτήματα:**

(Κορνάρος Μ., 2013)

- Το κόστος εξοπλισμού των σύγχρονων, εξελιγμένων και βελτιωμένων τεχνολογιών μετατροπής της βιομάζας είναι πολύ υψηλό εν συγκρίσει με αυτό των ορυκτών καυσίμων.



- Πιο αργή διεργασία από την Αερόβια επεξεργασία. Απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την εκκίνηση της εγκατάστασης καθώς αυτό οφείλετε και στο μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτεί η μικροβιακής καλλιέργεια για τον εγκλιματισμό της.
- Ευαισθησία σε αυξομειώσεις της οργανικής φόρτισης στην τροφοδοσία.
- Εξάρτηση της διεργασίας από τη θερμοκρασία και κατανάλωση ενέργειας.
- Καθώς οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί είναι συνήθως μεσόφιλοι και χρειάζονται θερμοκρασία 35°C, για να αρχίσουν τη διεργασία. Επομένως απαιτείται κατανάλωση θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση υποστρώματος.
- Περαιτέρω επεξεργασία των εκροών. Το κατάλοιπο που εξέρχεται από τον βιοαντιδραστήρα πρέπει να υποστεί περεταίρω επεξεργασία για την καταστροφή των παθογόνων και πρέπει να τηρεί τα προβλεπόμενα από τη νομοθεσία ανάλογα με τον οριζόμενο αποδέκτη.
- Η παραγωγή του βιοαερίου εμπεριέχει τον κίνδυνο εκρήξεων.
- Δυσοσμία του συστήματος εφόσον περιέχονται θειικά στην εισροή.

Πολλές φορές έχουμε ανεπιθύμητες και δυσάρεστες οσμές κατά την αναερόβια χώνευση λόγω σχηματισμού υδρόθειου (H<sub>2</sub>S) (Sean X. Liu, 2007).

### **1.8. Το Βιοαέριο και τα πλεονεκτήματα στο Περιβάλλον την Κοινωνία και την Οικονομία**

Μια μονάδα συνδυασμένης χώνευσης για την παραγωγή βιοαερίου και εδαφοβελτιωτικού, αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης κτηνοτροφικών και οργανικών αποβλήτων συνδυάζοντας άριστα τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές. Εναρμονιζόμενη πλήρως στα αυστηρά περιβαλλοντικά πρότυπα επιτυγχάνει την ανάκτηση ενέργειας και την ανακύκλωση της οργανικής ύλης από την διαχείριση των αποβλήτων με αποτέλεσμα να θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Τα

σημαντικότερα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

### **1.8.1. Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας**

Η παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα αποτελεί πηγή ενέργειας η οποία θεωρείται ανανεώσιμη. Αξιοποιώντας τα κτηνοτροφικά απόβλητα τα οποία μέχρι σήμερα θεωρούνταν απόβλητα εφαρμόζοντας την αναερόβια χώνευση παράγεται ενέργεια η οποία στο συμβάλει στην ελαχιστοποίηση της εξόρυξης των κοιτασμάτων πετρελαίου, φυσικού αερίου και λιγνίτη.

### **1.8.2. Μείωση των εκπομπών αερίων**

Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) στην ατμόσφαιρα προκαλείται από την καύση των ορυκτών καυσίμων, (λιγνίτης, λιθάνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ.) και έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Κατά την καύση αυτή απελευθερώνεται ο άνθρακας, που είναι αποθηκευμένος στα ορυκτά καύσιμα μετά από διεργασίες εκατομμυρίων ετών, ως διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) στην ατμόσφαιρα. Με την καύση του βιοαερίου επίσης απελευθερώνεται  $\text{CO}_2$ , αλλά η κύρια διαφορά, με τα ορυκτά καύσιμα, είναι ότι ο άνθρακας του βιοαερίου ελήφθη πρόσφατα από την ατμόσφαιρα, από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο κύκλος άνθρακα του βιοαερίου να είναι κλειστός σε ένα βραχύ χρονικό διάστημα και άρα το τελικό ποσό του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που εκλύεται να είναι μηδενικό. Με την παραγωγή βιοαερίου μειώνονται επίσης οι εκπομπές του μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ) και του νιτρώδους οξειδίου ( $\text{N}_2\text{O}$ ) καθώς περιορίζεται η ανεξέλεγκτη και χωρίς επεξεργασία διάθεση των ζωικών αποβλήτων (Νασιάδης, 2017).

### **1.8.3. Μείωση ορυκτών καυσίμων**

Η πρωτόγνωρη αύξηση της τιμής των καυσίμων σε ολόκληρο τον πλανήτη λόγω του πολέμου στην Ουκρανία πρέπει να προβληματίσει την κάθε χώρα ξεχωριστά για την εξεύρεσή νέων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα η χώρα μας παράγει ελάχιστες ποσότητες ορυκτών καυσίμων και είναι πλήρως ενεργειακά εξαρτώμενη από εισαγόμενα καύσιμα ενώ ταυτόχρονα υπάρχει αγροκτηνοτροφική δραστηριότητα σε ολόκληρη την χώρα η οποία μπορεί να δώσει νέα δυναμική ανεξάρτησης από τα

ορυκτά καύσιμα. Οι εθνικοί στόχοι που έχουν τεθεί για τις ΑΠΕ και η παραγωγή βιοαερίου από αναερόβια χώνευση βιομάζας μπορεί να συνεισφέρει στο σκοπό αυτό και συνεπώς στη σταδιακή απεξάρτηση της εθνικής παραγωγής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα (Vlyssides et al., 2015).

#### **1.8.4. Μείωση των οργανικών αποβλήτων και παθογόνων μικροοργανισμών**

Η εκμετάλλευση των οργανικών αποβλήτων οδηγεί στην μείωση των οργανικών αποβλήτων στο περιβάλλον. Τις τελευταίες δεκαετίες η φυσική ποιότητα των υδατικών πόρων μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας διάφορων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η αύξηση των οργανικών αποβλήτων συμβάλει στην ανάπτυξη ευτροφικών φαινομένων δημιουργώντας τεράστια προβλήματα βιωσιμότητας σε λιμναία οικοσυστήματα και κόλπους. Η αναερόβια χώνευση από μόνη της μειώνει τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στα απόβλητα. Το παραγόμενο προϊόν μιας μονάδας βιοαερίου πρέπει να είναι παστεριωμένο ώστε να είναι απαλλαγμένο από τυχόν επιβλαβούς μικροοργανισμούς.

#### **1.8.5. Μείωση οσμών και οπτικής ρύπανσης**

Στα κτηνοτροφικά απόβλητα συνήθως η οσμή έρχεται πρώτη και σε δεύτερο χρόνο η οπτική ρύπανση. Ενώσεις που χαρακτηρίζονται από δυσάρεστες οσμές, όπως τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι μερκαπτάνες διασπώνται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από αναερόβια βακτήρια (Νασιάδης, 2017). Στο χωνεμένο υπόλειμμα οι οσμές περιορίζονται στο εσωτερικό του χωνευτήρα.

#### **1.8.6. Παραγωγή εδαφοβελτιωτικού για λίπανση**

Στερεό Λίπασμα σε κόκκους με μέγιστη παραγωγή 772 τόνους/έτος το στέρεο λίπασμα είναι οργανοχουμικό και αποτελεί πολύτιμο εδαφοβελτιωτικό προϊόν, πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο, ιχνοστοιχεία και ωφέλιμους μικροοργανισμούς, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στα εδάφη με τον υπάρχοντα εξοπλισμό εφαρμογής λιπασμάτων, υποκαθιστώντας έτσι τα χημικά λιπάσματα και βελτιώνοντας την ποιότητα του εδάφους. Το στερεό λίπασμα πρέπει να ελέγχεται συνεχώς για την επιβεβαίωση της απουσίας των βακτηρίων της Σαλμονέλας (*Salmonella* spp.) και του Εσερίχια κόλι (*Escherichia coli*) (Κουτσιμάνης, 2018).

### **1.8.7. Οικονομικά οφέλη**

Η εκμετάλλευση των κτηνοτροφικών αποβλήτων και η δημιουργία τους σε προϊόν με αξία αποτελεί την μετάβαση και την ανάπτυξη μιας κτηνοτροφικής μονάδας. Εκτός από την μείωση του ενεργειακού κόστους παράγεται και εξαιρετικό προϊόν το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ήδη υπάρχουσες καλλιέργειες μειώνοντας την ανάγκη για χημικά λιπάσματα ή να γίνει προϊόν προς πώληση αποφέροντας έσοδα στον παραγωγό.

### **1.8.8. Νέες θέσεις εργασίας**

Η απασχόληση με την κτηνοτροφία σε συνδυασμό με τις εναλλακτικές καλλιέργειες σε διάφορες αγροτικές περιοχές ευνοεί τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις μονάδες βιοαερίου και επιπλέον ευνοεί τη συγκράτηση του πληθυσμού στις περιοχές αυτές. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ανάπτυξη απομακρυσμένων περιοχών και τόνωση της τοπικής οικονομίας.

### **1.8.9. Αύξηση του δυναμικού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας**

Επενδύοντας σε μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου αυξάνετε το ενεργειακό δυναμικό της χώρας μειώνοντας έτσι τις εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας και πετυχαίνοντας τους περιβαλλοντικούς στόχους μείωσης του διοξειδίου το άνθρακα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΠΟΒΛΗΤΑ**

### **2.1. Τα Απόβλητα των σημαντικότερων κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων**

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) «απόβλητο» καλείται κάθε αντικείμενο ή ουσία που ο κάτοχός του απορρίπτει ή πρέπει να απορρίψει (Οδηγία 2008/98/ΕΚ). Τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι οργανικά απόβλητα, το μεγαλύτερο ποσοστό των οποίων είναι βιοαποδομήσιμο. Το μεγαλύτερο μέρος τους αποτελείται από τις απεκκρίσεις των ζώων αλλά η σύστασή τους επηρεάζεται από διάφορους επιμέρους παράγοντες όπως το είδος και η ηλικία των ζώων, ο τρόπος εκτροφής και σταβλισμού, η διατροφή, το κλίμα της περιοχής κ.α.

Με τον όρο γεωργικά απόβλητα χαρακτηρίζουμε κάθε μορφής υποπροϊόντα ή παραπροϊόντα της γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας, που είτε έπαψαν να έχουν οποιαδήποτε οικονομική αξία για την επιχείρηση είτε η παραπέρα διαχείριση είναι οικονομικά ασύμφορη. Σε μια τέτοια περίπτωση θεωρούνται “άχρηστα” για τη δραστηριότητα που τα παράγει και μεθοδεύεται η απομάκρυνσή τους, είτε σε στερεή, είτε σε υγρή μορφή. Από οικονομικής άποψης, τα γεωργικά απόβλητα εντάσσονται στο παθητικό της επιχείρησης, αφού κάθε προσπάθεια διαχείρισής τους επιβαρύνει την τιμή διάθεσης του παραγόμενου τελικού προϊόντος (Γεωργακάκης Δ. 2003).

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (2001/118/ΕΚ) τα γεωργικά απόβλητα περιλαμβάνουν μεταξύ των άλλων:

- Λάσπες από πλύση και καθαρισμό
- Απόβλητα ιστών ζώων
- Απόβλητα ιστών φυτών
- Περιττώματα, ούρα και κόπρανα ζώων συμπεριλαμβανόμενης της αλλοιωμένης χορτονομής, υγρά συλλεχθέντα χωριστά και επεξεργασμένα εκτός σημείου παραγωγής
- Απόβλητα από δασοκομία

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τα κτηνοτροφικά απόβλητα των σταβλικών εγκαταστάσεων.

## 2.2 Χαρακτηριστικά Κτηνοτροφικών Αποβλήτων

Κτηνοτροφικά απόβλητα χαρακτηρίζονται τα απόβλητα υγρής ή στερεής μορφής, που παράγονται στις εγκαταστάσεις συστηματικής εκτροφής αγροτικών ζώων και πτηνών, όπως χοιρινών, βοοειδών, πουλερικών, αιγών, προβάτων κ.α. (Γεωργακάκης Δ. 2003).

Η εντατικοποίηση της παραγωγής σε όλους τους τομείς της Αγροτικής οικονομίας και ιδιαίτερα στον κτηνοτροφικό τομέα, άλλαξε τις παραδοσιακές ελεύθερας βοσκής κτηνοτροφικές μονάδες σε σύγχρονες σταβλισμένες κτηνοτροφικές μονάδες αποφέροντας σημαντικά οικονομικά οφέλη στους παραγωγούς. Στον αντίποδα όμως αυξήθηκαν σημαντικά και οι όγκοι των κτηνοτροφικών αποβλήτων δημιουργώντας περιβαλλοντικά προβλήματα με την αλόγιστη η διάθεση τους, καθώς η επεξεργασία τους απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας και ένα επιπλέον σημαντικό κόστος για τους παραγωγούς.

Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων σημαντικό ρόλο έχει ο σχεδιασμός της μονάδας για την διαχείριση τους (ΚΑΠΕ κ.α., 2014). Τα κτηνοτροφικά απόβλητα χαρακτηρίζονται κατεξοχήν από μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, καθώς ποσοστό μεγαλύτερο του 80% είναι οργανικής σύστασης (Γεωργακάκης Δ., 2003). Η οργανική ουσία προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις ζωοτροφές που δεν αφομοιώθηκαν από το πεπτικό σύστημα των ζώων και κατά μικρότερο μέρος από τις ζωοτροφές που πέφτουν κάτω από τις ταϊσטרές. Συνέπεια της προέλευσης αυτής είναι ο εμπλουτισμός τους με μικροοργανισμούς, μεθανοβακτήρια από το πεπτικό σύστημα των ζώων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί βρίσκουν άφθονο οργανικό υπόστρωμα και αναπτύσσονται ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασίας, pH). Προϊόντα της ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το υδρόθειο, η αμμωνία, το μεθάνιο και διάφορες άλλες δύσοσμες ουσίες προκαλώντας περιβαλλοντικά προβλήματα. Η ένταση των οσμών αυτών εξαρτάται από τις συνθήκες διατήρησης των αποβλήτων (Κ. Θεσσαλός., 1988). Στον πίνακα 4 περιγράφεται η κατηγοριοποίηση των κτηνοτροφικών αποβλήτων με βάση την υγρασία.

**Πίνακας 4:** Κατηγοριοποίηση κτηνοτροφικών αποβλήτων με βάση την υγρασία (ΚΑΠΕ κ.α.,2014)

Στερεά (υγρασία <80%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κοπριά αιγοπροβάτων και πτηνών</li> <li>• Βουστασίων και χοιροστασίων με στρωμνή</li> <li>• Στερεά φυγοκεντρικού διαχωρισμού αποβλήτων χοιροστασίων</li> </ul>
Ημι-στερεά (υγρασία: 80-85%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Στερεά απόβλητα βουστασίων</li> <li>• Στερεά διαχωρισμού (με κόσκινα) υγρών αποβλήτων χοιροστασίων</li> <li>• Στερεά διαχωρισμού (με κόσκινα) υγρών αποβλήτων χοιροστασίων εμπλουτισμένα με νερό (κυρίως όμβρια ύδατα)</li> </ul>
Ημί-ρευστα (υγρασία: 85-90%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απόβλητα βουστασίων όπως παράγονται από τα ζώα (κοπριά και ούρα)</li> <li>• Απόβλητα χοιροστασίων όπως βγαίνουν από τους στάβλους μετά από αραίωση με νερά πλύσεως</li> <li>• Λάσπες των δεξαμενών συγκέντρωσης επεξεργασίας και αποθήκευσης</li> </ul>
Ρευστά (υγρασία >95%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υγρά απόβλητα χοιροστασίων όπως βγαίνουν από τους στάβλους (μετά νερά πλύσεως)</li> <li>• Υγρά από στραγγίδια κοπροσωρών και από τα συστήματα επεξεργασίας με προορισμό τον τελικό αποδέκτη</li> </ul>

Παρακάτω ακολουθεί συνοπτική ανάλυση με τα χαρακτηριστικά των κυριότερων πτηνό-κτηνοτροφικών αποβλήτων:

### 2.2.1. Απόβλητα από Αιγοπροβατοστάσια

Τα απόβλητα που προέρχονται από αιγοπρόβατα, μπορεί να είναι σε υγρή ή στερεή μορφή, χαμηλού όγκου, επειδή βόσκουν εκτός μαντριών, σε υπαίθριους χώρους. Υγρά απόβλητα στους στάβλους έχουμε κυρίως το χειμώνα και σε περιόδους βροχών καθώς και από τα νερά πλυσίματος των αρμεκτηρίων. Τα στερεά απόβλητα αποτελούνται από την κοπριά και την προστιθέμενη στρωμνή (άχυρα, πριονίδι) (Γεωργακάκης Δ., 2003). Η σύγχρονη μορφή σταβλισμένης εκτροφής που εφαρμόζεται για την αύξηση της παραγωγής, έχει επιφέρει και την αύξηση των αποβλήτων καθώς έχει αυξηθεί σημαντικά ο χρόνος παραμονής των ζώων στις σταβλικές εγκαταστάσεις.

### **2.2.2. Απόβλητα από βουστάσια**

Οι ποσότητες αλλά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατεύθυνση παραγωγής (γαλακτοπαραγωγής, κρεατοπαραγωγής κλπ.) και τον τρόπο εκτροφής (σταβλισμένα ή ελεύθερας). Τα απόβλητα, προερχόμενα από τη διαχείριση των αγροτικών ζώων μέσα στις κτηνοτροφικές μονάδες, μπορεί να είναι υγρά ή στερεά. Στις μονάδες εντατικής μορφής εξαιτίας του περιορισμένου χώρου και του μεγάλου χρόνου παραμονής τα απόβλητα είναι αυξημένα σε όγκο και τις περισσότερες φορές έχουν στερεή και υγρή μορφή όταν αναμιγνύονται με το νερό της βροχής και τα νερά των πλυσιμάτων. Το 70% του συνόλου των αποβλήτων είναι κυρίως στερεής και ημιστερεής μορφής και συλλογή τους γίνεται μηχανικά. Τα υγρά συγκεντρώνονται με φυσική ροή και συγκεντρώνονται σε κεντρική δεξαμενή συλλογής στην οποία μπορεί να οδηγούνται και τα στερεά-ημιστερεά για επεξεργασία και την τελική διάθεσή τους. Αντίθετα, οι μονάδες εκτατικής μορφής παράγουν λύματα μικρού όγκου, τα οποία διασπείρονται στους βοσκοτόπους, με αποτέλεσμα να μην απαιτείται ειδικός χειρισμός τους (Γεωργακάκης 2003).

### **2.2.3. Απόβλητα από Πτηνοτροφεία**

Η πτηνοτροφία στη χώρα μας γίνεται κυρίως με δύο μορφές. Η εκτατική ή χωρική που είναι και ο παραδοσιακός τρόπος με μικρό κυρίως αριθμό πτηνών και γίνεται στις αυλές των σπιτιών και η εντατική που γίνεται σε οργανωμένες σύγχρονες μονάδες και μπορεί να είναι είτε αυγοπαραγωγής είτε κρεατοπαραγωγής. Η Πτηνοτροφία στην Ελλάδα είναι ο δυναμικότερος κλάδος της ζωικής παραγωγής με βαθμό αυτάρκειας σε αυγό και σε κρέας άνω του 90% (agroepirus.gr). Τα απόβλητα πτηνοτροφιών είναι στερεά (κοπριά, νεκρά πτηνά, συσκευασίες) και ημιστερεά, ενώ υγρά απόβλητα παράγονται μόνο κατά την πλύση των χώρων εκτροφής των πτηνών. Τα απόβλητα αυτά έχουν χαμηλή υγρασία και υψηλή περιεκτικότητα σε N, με αποτέλεσμα το ρυπαντικό τους φορτίο να καθίσταται πολύ μικρότερο σε σχέση με τα απόβλητα άλλων κτηνοτροφικών μονάδων. Τα ημιστερεά πτηνοτροφικά απόβλητα εκπέμπουν  $H_2S$ ,  $NH_3$  και σκόνη που μπορεί να περιέχουν βακτήρια και τοξίνες, ενώ τα στερεά πτηνοτροφικά απόβλητα μπορεί να περιέχουν βαρέα μέταλλα, άλατα και ορμόνες (Βγενόπουλος, 2018).



#### **2.2.4. Απόβλητα από Χοιροστάσια**

Τα χοιροστάσια αποτελούνται από ένα αριθμό κτηρίων, καθένα από τα οποία εξυπηρετούν ένα διαφορετικό στάδιο της εκτροφής. Σε κάθε κτήριο υπάρχει σχαρωτό δάπεδο με αποχετευτική τάφρο, όπου συγκεντρώνονται τα απόβλητα. Πρόκειται κυρίως για υγρά απόβλητα καθώς η κόπρος αναμιγνύεται με μεγάλο όγκο νερών πλύσης. Τα απόβλητα ρέουν με φυσική ροή μέσα από πλαστικές σωληνώσεις σε κεντρικό αγωγό, ο οποίος τα οδηγεί σε δεξαμενή αποθήκευσης. Στην υγρή μορφή συμβάλλουν επίσης τα νερά καθαρισμού και τα νερά διαρροών των συστημάτων ύδρευσης των χοίρων. Για παράδειγμα η ποσότητα του νερού που περιέχεται στα απόβλητα χοιροστασίων είναι της τάξης του 85-90 % (Γεωργακάκης., 2003). Τα απόβλητα περιέχουν εκτός από τα περιττώματα, τρίχες, υπολείμματα ζωοτροφών και φυσικά στρωμνή (άχυρα) εάν υπάρχει. Καθώς η εκτροφή χοίρων είναι καθαρά ενσταβλισμένη, είναι ευκολότερη η διαχείριση του μέγιστου ποσοστού των χοιροτροφικών αποβλήτων. Τα απόβλητα χοιροτροφικών χαρακτηρίζονται από υψηλό BOD, COD, υψηλή περιεκτικότητα σε P και N, ενώ μπορεί να περιέχουν άζωτο ή χαλκό ή ακόμη και αντιβιοτικά και ορμόνες ανάπτυξης (Νινάσιου, 2019).

#### **2.3. Προσδιορισμός Κτηνοτροφικών Αποβλήτων**

Ο προσδιορισμός του όγκου των παραγόμενων κτηνοτροφικών αποβλήτων για κάθε κτηνοτροφική μονάδα είναι αρκετά δύσκολος και διαφέρει σε κάθε περίπτωση. Σύμφωνα με τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (ΚΟΓΠ) (ΦΕΚ 1709/Β/2015) η μορφή και ο όγκος των παραγόμενων κτηνοτροφικών αποβλήτων από την κτηνοτροφική εκμετάλλευση τους εξαρτάται από:

- α. το είδος και την ηλικία των εκτρεφόμενων ζώων
- β. τις κλιματικές συνθήκες
- γ. το σιτηρέσιο
- δ. το είδος σταβλισμού
- ε. τον τρόπο συλλογής και απομάκρυνσης των αποβλήτων από τους χώρους εκτροφής, ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε ολικά στερεά συστατικά (Ο.Σ.).

Για το προσδιορισμό του ρυπαντικού δυναμικού του οργανικού μέρους των αποβλήτων έχουν καθιερωθεί οι εξής παράμετροι: τα πτητικά στερεά (Π.Σ.) η βιοχημική ζήτηση του Οξυγόνου 5 ημερών (BOD<sub>5</sub>) και η χημική ζήτηση του οξυγόνου

(COD). Οι ίδιοι παράμετροι χρησιμοποιούνται και στο σχεδιασμό και έλεγχο της απόδοσης των συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων. Τα Πτητικά Στερεά εκφράζονται συνήθως επί τις εκατό (%) των ολικών στερεών. Όπου τα Ολικά Στερεά (Ο.Σ) εκφράζονται συνήθως επί τις εκατό (%) του βάρους των αποβλήτων (ΚΑΠΕ κ.α., 2014).

**Πίνακας 5:** Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά κτηνοτροφικών αποβλήτων (Γεωργάκης, 2003).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ							
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΖΩΩΝ	Ειδικό Βάρος (Kg/L)	Ημερήσιος όγκος αποβλήτων (L/kg Z.B.)	Ο.Σ. (% κ.β. αρχικού όγκου)	Π.Σ. (% Ο.Σ.)	BOD5 (% κ.β. αρχικού όγκου)	COD (% κ.β. αρχικού όγκου)	COD/BOD5
ΑΓΕΛΑΔΕΣ	1,010	0,084	12	9,9	2,2	10,8	5
ΜΟΣΧΑΡΙΑ	0,997	0,053	14	11,5	2,8	13	4,7
ΧΟΙΡΟΙ	0,977	0,058	10	8,0	3,1	9,6	3
ΠΤΗΝΑ	1,060	0,056	27	20,0	6,8	25,1	3,7
ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΑ	0,977	0,040	25	21,3	2,3	29,5	13,1

Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά κτηνοτροφικών αποβλήτων παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

- Έτσι για τις **αγελάδες** θεωρήθηκε ένα μέσο βάρος 650kg. Ένας μικρός αριθμός εκμεταλλεύσεων είναι εκτατικής μορφής οπότε μειώνετε και η διαθεσιμότητα των αποβλήτων προσεγγιστικά στο 70%.
- Για τις **πτηνοτροφικές** εκμεταλλεύσεις καθώς οι περισσότερες είναι κρεατοπαραγωγής το μέσο βάρος είναι 1,3kg για περίοδο 55-60 ημερών ανάπτυξης. Λαμβάνεται ένας συντελεστής διαθεσιμότητας 80%.
- Για τις **χοιροτροφικές** εκμεταλλεύσεις οι χοιρομητέρες έχουν ένα μέσο βάρος 180kg και σ αυτό πρέπει να προστεθούν τα παράγωγα τους, περίπου 10 χοιρίδια ανά μητέρα για περίπου έξι μήνες εκτροφής και μέσο βάρος 40kg. Αντιστοιχεί έτσι ένα μέσο βάρος για μια χοιρομητέρα με τα παράγωγα της σε 380kg . Η διαθεσιμότητα είναι της τάξης του 80%.
- Για τις **αιγοπροβατοτροφικές** εκμεταλλεύσεις το μέσο βάρος των αιγοπροβάτων είναι 50kg. Λαμβάνοντας υπόψη ότι αρκετές εκμεταλλεύσεις είναι εκτατικής μορφής, το χρόνο παραμονής των ζώων στην ύπαιθρο καθώς

και τη μικρή δυνατότητα συλλογής και αξιοποίησης της κοπριάς υποθέτουμε μία διαθεσιμότητα της τάξης του 50%.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ- ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ/ ΑΔΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

### 3.1. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Κτηνοτροφικής Δραστηριότητας

Η ρύπανση του εδάφους (εικόνα 5), του νερού και τις ατμόσφαιρας αποτελεί ένα σύγχρονο περιβαλλοντικό πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Τα ζωικά λύματα είτε σε στερεή είτε σε υγρή μορφή, έπειτα από την απόρριψη τους στο περιβάλλον ρυπαίνουν τους παραπάνω τομείς και εν 'συνεχεία και τους ζωντανούς οργανισμούς που ζουν στο περιβάλλον δημιουργώντας προβλήματα ερημοποίησης, ευτροφισμού και ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ατμοσφαιρική ρύπανση εάν συνδυαστεί με την «οπτική ρύπανση» τότε η περιοχή υποβιβάζεται από άποψη βιωσιμότητας ανάπτυξης υποδομών. Η εφαρμογή της εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας μαζί με πλήθος οδηγιών αποτελούν την αρχή της περιβαλλοντικής διαχείρισης και προστασίας.



**Εικόνα 5:** Ρύπανση ρέματος από απόβλητα κτηνοτροφικής εγκατάστασης (Ζαφείρης Χ. , 2012).

### **3.2. Περιβαλλοντικά προβλήματα κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων**

Η εντατικοποίηση της γεωργοκτηνοτροφικής παραγωγής τα τελευταία χρόνια απέκτησε επιχειρηματική δομή με αποτέλεσμα την πλήρη εκμετάλλευση και τη μεγάλη συγκέντρωση ζώων σε όλο και μικρότερους χώρους. Η λειτουργία έτσι των μονάδων αυτών πέρα από τη μεγάλη συμβολή στην κάλυψη των διατροφικών αναγκών, επέτεινε με την εντατικοποίηση τους την πρόκληση περιβαλλοντικών προβλημάτων ιδιαίτερα από την αύξηση της ποσότητας παραγωγής των αποβλήτων αλλά και με τους τρόπους διάθεσης τους στο περιβάλλον. Πολλές μεγάλες κτηνοτροφικές μονάδες της χώρας μας, έχουν σαν πρακτική την ανεξέλεγκτη και χωρίς καμία επεξεργασία διάθεση των αποβλήτων τους. Το οικονομικό κόστος της ορθολογικής διαχείρισης των αποβλήτων είναι ο κύριος λόγος και η αιτία δημιουργίας των περισσότερων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Η πλειοψηφία των κτηνοτρόφων αναγκάζεται να απομακρύνει την κοπριά από τον χώρο των μονάδων με σημαντική οικονομική επιβάρυνση, ρυπαίνοντας το περιβάλλον ή χρησιμοποιώντας την ως έχει στις καλλιέργειες, με δυσμενή αποτελέσματα, λόγω τοξικότητας, δυσοσμίας, μολυσματικότητας και της παρουσίας ζιζανίων.

#### **3.2.1. Επιπτώσεις στο νερό**

Οι υδατικοί αποδέκτες ρέματα, ποτάμια, λίμνες και η θάλασσα είναι αυτοί που δέχονται μεγάλο μέρος των υγρών κυρίως κτηνοτροφικών αποβλήτων άμεσα αλλά και των στερεών εμμέσως μέσω της έκλυσης των ρυπασμένων εδαφών. Η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων διαφέρει από αυτή των υπογείων.

Στα επιφανειακά ύδατα η οργανική ουσία, το άζωτο και ο φωσφόρος είναι τα κύρια ρυπαντικά στοιχεία καθώς αποτελούν κύρια συστατικά των αποβλήτων. Η οργανική ουσία στα επιφανειακά ύδατα μπορεί να προκαλέσει μόλυνση περιέχοντας μικροβιακό φορτίο με δυσάρεστες συνέπειες στο οικοσύστημα. Προκαλεί επίσης την αισθητική υποβάθμιση λόγω των οσμών που επικρατούν ειδικά σε σταθερά περιβάλλοντα όπως είναι λίμνες.



**Εικόνα 6:** Κανάλι αποστράγγισης με ευτροφικά φαινόμενα στην λίμνη Παμβώτιδα (Αρχείο Συγγραφέα).

Ο φώσφορος και το άζωτο περιλαμβάνονται στα επικίνδυνα στοιχεία για τα επιφανειακά ύδατα. Το άζωτο το συναντάμε σε νιτρική, νιτρώδη, αμμωνιακή καθώς και οργανική μορφή. Η αμμωνιακή μορφή είναι τοξική και άρα επικίνδυνη για την υδρόβια ζωή. Το άζωτο σαν κύριο θρεπτικό των φυτών μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο του ευτροφισμού σε λίμνες και ποτάμια μειώνοντας το διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο του νερού με πολύ σοβαρές επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς. Σημειώνεται ότι το διάστημα 2000-2008 το 11% των υπόγειων υδατικών συστημάτων σε επίπεδο χώρας παρουσίαζε συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων πάνω από 50mg/l ([www.envima.gr](http://www.envima.gr)).

Ο ευτροφισμός και η ανάπτυξη φυκιών στα επιφανειακά ύδατα (εικόνα 6) ευνοείται επίσης από τον φωσφόρο που υπάρχει σε σημαντικές ποσότητες στα πτηνοκτηνοτροφικά απόβλητα όταν αυτά απορρίπτονται ανεπεξέργαστα. Στο πόσιμο νερό, η παρουσία φωσφόρου μπορεί να προκαλέσει πλήθος ασθενειών και συνδέεται με τον καρκίνο του παχέος εντέρου.

### **3.2.2. Επιπτώσεις στο έδαφος**

Η συνηθέστερη χρήση των πτηνοκτηνοτροφικών αποβλήτων είναι για λίπανση των αγρών είτε έχουν υποστεί επεξεργασία είτε όχι. Οι γεωργικές εκτάσεις που διαθέτουν οι περισσότερες κτηνοτροφικές μονάδες όμως δεν επαρκούν για τη χρήση των αποβλήτων ως λιπάσματος και έτσι παρατηρείτε συχνά μία υπερλίπανση συγκεκριμένων εκτάσεων με δυσμενείς συνέπειες για το περιβάλλον και τα φυτά.

Τα κυριότερα θρεπτικά υλικά για τα φυτά που περιέχονται στα απόβλητα είναι τα άλατα του αζώτου του φωσφόρου και του καλίου ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ). Τα υλικά αυτά αφομοιώνονται από τα φυτά και απομακρύνονται τελικά με τη συγκομιδή τους. (Μαρκαντωνάτος Γ.,1990) Μεγάλες ποσότητες όμως εφαρμογής των απόβλητων σε καλλιέργειες έχει αποδειχθεί ότι έχει αρνητικές επιπτώσεις. Υπερβολικές τιμές έχουν συνήθως αντίθετα αποτελέσματα και καταστέλλουν την ανάπτυξη των φυτών, καθώς αναπτύσσονται φυτοτοξικότητες, παρατηρούνται επίσης μειωμένες αποδόσεις στην παραγωγή. Αυτό οφείλεται κυρίως στις τοξικές συγκεντρώσεις αμμωνίας, νιτρωδών, νιτρικών και διαλυτών αλάτων όταν το ποσοστό εφαρμογής κοπριάς στις καλλιέργειες είναι υψηλό.

Τα προβλήματα αλατότητας, λόγω εναποθέσεων αζώτου, συνήθως είναι παροδικά λόγω εξάτμισης (διαφυγή πτητικής αμμωνίας στον αέρα), απονιτροποίησης του καθώς επίσης και έκπλυσης των διαλυτών αλάτων. Παρόλα αυτά, λόγω της κινητικότητάς τους στο έδαφος μπορεί να μεταφέρονται από οργανικές ή ανόργανες μορφές του αζώτου στην υγρή κατάσταση μέσω επιφανειακής απορροής ή έκπλυσης στα υπόγεια ύδατα (Williams et al., 2005).

### 3.2.3. Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα

Τα ζωικά απόβλητα δημιουργούν πλήθος αερίων που διασπείρονται στον αέρα επηρεάζοντας την ποιότητα του. Αυτό έχει αρκετές αρνητικές συνέπειες τόσο στην υγεία των ζώων όσο και των ανθρώπων. Τα Κυριότερα αέρια που εκλύονται είναι:

**Η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ )** είναι τοξική ένωση και εκπέμπεται από τη νωπή κοπριά κατά την αναερόβια αποσύνθεση της. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις προκαλούν ερεθισμό των ματιών και το αναπνευστικό σύστημα. Σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να προκαλέσουν ασφυξία, σε συγκέντρωση 50% προκαλεί το θάνατο σε λίγα λεπτά. Η εξαέρωση της αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ) από τα ζωικά απόβλητα γίνεται άμεσα και συμβάλει στη δημιουργία δυσοσμίας (Μαρκαντωνάτος Γ.,1990).

**Το Υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ )** Παράγεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Είναι ερεθιστικό και τοξικό σε αυξημένα επίπεδα έκθεσης μπορεί να προκαλέσει απώλεια αισθήσεων ή ακόμα και θάνατο. Ερεθίζει σοβαρά τα μάτια και το αναπνευστικό σύστημα, ακόμα και σε χαμηλότερα επίπεδα έκθεσης. Στα ζώα μπορεί να προκληθούν ζάλες και αναισθησίες (Μαρκαντωνάτος Γ.,1990).

Άλλα αέρια που παράγονται σε σημαντικές ποσότητες από τα ζωικά απόβλητα είναι το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O). Η αναερόβια αποσύνθεση της κοπριάς είναι η κύρια αιτία δημιουργίας μεθανίου (CH<sub>4</sub>) στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια αυτά συμβάλλουν σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και αποτελούν αντικείμενο μείωσης από διεθνείς συνθήκες και νόμους.

#### **3.2.4. Προβλήματα οσμών**

Η έκλυση δυσάρεστων οσμών ίσως είναι από τα πιο σημαντικά προβλήματα των κτηνοτροφικών αποβλήτων στη χώρα μας. Η αλληλεπίδραση πολλών παραγόντων καθορίζουν το ρυθμό με τον οποίο εκπέμπονται οι οσμές από τις διάφορες κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις. Το σύστημα διαχείρισης και πρακτικές που εφαρμόζονται στα απόβλητα είναι ο κύριος παράγοντας δημιουργίας των οσμών. Προέρχονται κυρίως από μη ελεγχόμενες αναερόβιες διεργασίες και την ανεπάρκεια αποθηκευτικών χώρων και εγκαταστάσεων επεξεργασίας των αποβλήτων (Γεωργακάκης Δ., 2003).

#### **3.2.5. Επιπτώσεις στην υγεία**

Ο κίνδυνος μόλυνσης και διάδοσης των παθογόνων μικροοργανισμών είναι από τα σοβαρότερα προβλήματα της διάθεσης των αποβλήτων. Τα απόβλητα περιέχουν ιούς, βακτήρια, και πρωτόζωα παθογόνα που μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες σε ζώα και ανθρώπους.

Οι ιοί καθώς και εξασθενημένες μορφές του ιού, που χρησιμοποιούνται στα εμβόλια, βρίσκονται στα απόβλητα των ζώων και μέσω αυτών μπορούν να μεταδοθούν και στον άνθρωπο. Το βακτήριο *Escherichia coli* βρίσκεται στα ανθρώπινα και ζωικά περιττώματα και μπορεί να προκαλέσει ασθένειες στους ανθρώπους μέσω των τοξινών που παράγει. Ελμινθικές παρασιτικές μολύνσεις μπορεί να εμφανιστούν σε ανθρώπους και ζώα, οι οποίες μπορεί να προέρχονται από νηματώδη (ασκαρίδες) και τρηματώδεις σκώληκες (Κουσαθανά Θ., 2013).

Η αναερόβια αποσύνθεση της υγρής κοπριάς συνδέεται με την παραγωγή σχεδόν 400 οργανικών πτητικών ενώσεων μερικές από αυτά θεωρούνται καρκινογόνες (Κουσαθανά Θ., 2013).



### **3.3. Σχέδιο περιβαλλοντικής διαχείρισης της μονάδας βιοαερίου**

#### **3.3.1. Κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της υπό κατασκευής μονάδας βιοαερίου έχει επιπτώσεις από τη φάση της κατασκευής και κατά την διάρκεια λειτουργίας της. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη φάση της λειτουργίας είναι οι εξής :

- Εκπομπές καυσαερίων και πρόκληση θορύβου από την κίνηση και λειτουργία του εγκατεστημένου και κινούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού
- Πρόκληση θορύβου από την λειτουργία του εγκατεστημένου μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Παραγωγή σκόνης.

#### **3.3.2. Πρόγραμμα παρακολούθησης**

Οι εκπομπές καυσαερίων θα καταγράφονται σε τακτική βάση (τουλάχιστον κάθε δίμηνο). Οι μετρήσεις των εκπομπών αερίων οξειδίου του αζώτου (NOx), Μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και άκαυστοι υδρογονάνθρακες θα καταγράφονται σε ειδικό βιβλίο μετρήσεων, το οποίο θα πρέπει να είναι διαθέσιμο στις αρμόδιες ελεγκτικές αρχές.

Το αρχείο μετρήσεων να κρατείται για τρία τουλάχιστον χρόνια. Ο θόρυβος από την λειτουργία του εγκατεστημένου μηχανολογικού εξοπλισμού θα καταγράφεται σε τακτά χρονικά διαστήματα από ειδικές συσκευές (ψηφιακά ηχόμετρα κ.α) και εάν και εφόσον τα προβλεπόμενα όρια θα διαπεραστούν οι εταιρεία θα καλεί στη μονάδα βιοαερίου τους αρμόδιους τεχνικούς για τη συντήρηση της.

#### **3.3.3. Έλεγχος Παραγωγικής Διαδικασίας**

Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας ζύμωσης πρέπει να γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι :

- συνεχής παρακολούθηση της θερμοκρασίας
- παρακολούθηση του pH

Κατά τη λήξη της παραγωγικής διαδικασίας :

- Αναλύσεις κάθε παρτίδας μικροβιακού φορτίου
- Αναλύσεις κάθε παρτίδας βαρέων μετάλλων, οργανικής ουσίας και ιχνοστοιχείων, όπως προβλέπονται από τη νομοθεσία για τα λιπάσματα.

Η νομοθεσία που θα τηρείται για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας είναι:

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Οκτωβρίου 2009 περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα)

• Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 142/2011 της επιτροπής της 25ης Φεβρουαρίου 2011 για την εφαρμογή του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί υγειονομικών κανόνων για τα ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την εφαρμογή της οδηγίας 97/78/ΕΚ του Συμβουλίου όσον αφορά ορισμένα δείγματα και τεμάχια που εξαιρούνται από κτηνιατρικούς ελέγχους στα σύνορα οι οποίοι αναφέρονται στην εν λόγω οδηγία:

- Υπ. Αριθμ. 125347/568 Κώδικας Ορθής Γεωργικής Πρακτικής
- [E(2006) 5369] περί καθορισμού αναθεωρημένων οικολογικών κριτηρίων και των σχετικών απαιτήσεων αξιολόγησης και εξακρίβωσης για την απονομή κοινοτικού οικολογικού σήματος σε βελτιωτικά εδάφους

### **3.4 Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)**

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 15393/2332 (ΦΕΚ Β' 1022/2002) τα έργα ή δραστηριότητες που περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμική ενέργεια ή χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων ταξινομούνται ανάλογα με την ισχύ τους στις υποκατηγορίες Α1 (>30 MW), Α2 (1-30 MW) και Β3 (<1 MW).

Συνοπτικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμική ενέργεια ή χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων απαιτούνται οι εξής άδειες (Q&D Α.Ε., 2011):

- Άδεια Παραγωγής από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.)
- Άδεια Εγκατάστασης
- Άδεια Λειτουργίας

### **3.4.1. Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων σε εγκαταστημένη ισχύ μεγαλύτερη του ενός (1) MW.**

Για εγκαταστάσεις άνω του ενός (1) MW απαιτείται η λήψη άδειας παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας. 1. Για την έκδοση της άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.). Η αίτηση αυτή συνοδεύεται από φάκελο ο οποίος περιέχει πρώτα την μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) τύπου Ι. Στην συνέχεια η Ρ.Α.Ε. αφού εξετάσει αν πληρούνται τα κριτήρια των περιπτώσεων α-ι του άρθρου 2 παρ.1 του Ν.3851/2010-(ΦΕΚ Α 85-2010) αποφασίζει για τη χορήγηση ή μη άδειας παραγωγής μέσα σε δύο μήνες από την υποβολή της αίτησης, εφόσον ο φάκελος είναι πλήρης. Η απόφαση αναρτάται στην ιστοσελίδα της Ρ.Α.Ε. και κοινοποιείται στον Υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. χορηγείται για χρονικό διάστημα μέχρι είκοσι πέντε έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο. Εάν μέσα σε τριάντα μήνες από τη χορήγησή της δεν εκδοθεί άδεια εγκατάστασης, η άδεια παραγωγής παύει αυτοδικαίως να ισχύει, εκδιδόμενης σχετικής διαπιστωτικής πράξης από τη Ρ.Α.Ε.

2. Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., απαιτείται σχετική άδεια. Η άδεια αυτή εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας εντός δεκαπέντε ημερών από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου των δικαιολογητικών (άρθρο 8, παρ.1).

Ομοίως για την άδεια εγκατάστασης σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., για την περιβαλλοντική αδειοδότηση των οποίων αρμόδιος είναι ο Υπουργός Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ή και οι κατά περίπτωση συναρμόδιοι Υπουργοί, η άδεια χορηγείται μέσα σε προθεσμία δεκαπέντε εργάσιμων ημερών από την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελέγχου των δικαιολογητικών η οποία ολοκληρώνεται μέσα σε τριάντα εργάσιμες ημέρες από την κατάθεση της σχετικής αίτησης (άρθρο 8 παρ2).

3. Η άδεια λειτουργίας του σταθμού εκδίδεται από το ίδιο αρμόδιο όργανο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο από κλιμάκιο των αρμόδιων Υπηρεσιών της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης στη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του, που μπορεί να διενεργείται και από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.). Η άδεια λειτουργίας χορηγείται άμεσα σε αποκλειστική

προθεσμία είκοσι ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων και ισχύει για είκοσι τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα (άρθρο 11 και 12). Η Περιβαλλοντική αδειοδότηση των εγκαταστάσεων βιομάζας εξετάζεται ξεχωριστά ανάλογα με την κατηγορία που ανήκουν.

### **3.4.2. Περιβαλλοντική αδειοδότηση των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων σε εγκαταστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 30 MW (Υποκατηγορία Α1).**

Αρχικά απαιτείται διενέργεια Π.Π.Ε.Α., όπου ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.), η οποία τη διαβιβάζει στην Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Ε.Υ.ΠΕ.) του Υ.ΠΕ.Κ.Α. Η αίτηση αυτή συνοδεύεται από φάκελο ο οποίος περιέχει Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) τύπου Ι. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της Π.Π.Ε.Α. εκδίδεται από το Γενικό διευθυντή Περιβάλλοντος του Υ.ΠΕ.Κ.Α. Σε περίπτωση θετικής γνωμοδότησης, καλείται ο ενδιαφερόμενος να συνεχίσει περαιτέρω τη διαδικασία Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (άρθρο 3 ΚΥΑ οικ 10427-ΦΕΚ Β' 663-2006).

Ακολουθεί η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) και ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙ.Σ.Α.) της οικείας Περιφέρειας, η οποία τη διαβιβάζει στην Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Ε.Υ.ΠΕ.) του Υ.ΠΕ.Κ.Α. που διενήργησε την Π.Π.Ε.Α. Η αίτηση συνοδεύεται από φάκελο ο οποίος περιέχει:

- α) Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) τύπου Ι,
- β) Θετική γνωμοδότηση για την Π.Π.Ε.Α. του Γενικού Διευθυντή Περιβάλλοντος του Υ.ΠΕ.Κ.Α. που εκδίδεται σύμφωνα με το άρθρο 3, συνοδευόμενη από αντίγραφο του θεωρημένου από την Ε.Υ.ΠΕ. του Υ.ΠΕ.Κ.Α., χάρτη και τοπογραφικού σχεδίου απ' όπου προκύπτει η προεπιλεγείσα αλλά και οι εναλλακτικές λύσεις του έργου. Η απόφαση Έγκρισης ή μη Περιβαλλοντικών Όρων εκδίδεται από τους Υπουργούς, Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, και κατά περίπτωση, τον Υπουργό Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, ή τον Υπουργό Πολιτισμού ή τον Υπουργό Ανάπτυξης. (άρθρο 4 ΚΥΑ οικ 10427-ΦΕΚ Β' 663-2006).

### **3.4.3. Περιβαλλοντική αδειοδότηση των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων με εγκαταστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 1-30 MW (Υποκατηγορία Α2).**

Για τη διενέργεια Π.Π.Ε.Α., ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.), η οποία τη διαβιβάζει στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος Χωροταξίας (ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.) της οικείας Περιφέρειας. Η αίτηση αυτή συνοδεύεται από φάκελο ο οποίος περιέχει Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.) τύπου ΙΙ. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της Π.Π.Ε.Α. εκδίδεται από το Γενικό Διευθυντή της ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας. Σε περίπτωση θετικής γνωμοδότησης, καλείται ο ενδιαφερόμενος να συνεχίσει περαιτέρω τη διαδικασία Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (άρθρο 3 ΚΥΑ οικ 10427 ΦΕΚ Β' 663-2006).

Για την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.), ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙ.Σ.Α.) της οικείας Περιφέρειας, η οποία τη διαβιβάζει στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος Χωροταξίας (ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.) της οικείας Περιφέρειας, που διενήργησε και την Π.Π.Ε.Α. Η αίτηση συνοδεύεται από φάκελο ο οποίος περιέχει:

α) Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) τύπου ΙΙ

β) Θετική γνωμοδότηση για την Π.Π.Ε.Α. του Γενικού Διευθυντή της ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας, που εκδίδεται σύμφωνα με το άρθρο 6, συνοδευόμενη από αντίγραφο του θεωρημένου από τη ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας, χάρτη και τοπογραφικού σχεδίου, απ' όπου προκύπτει η προεπιλεγείσα αλλά και οι εναλλακτικές λύσεις του έργου.

Η απόφαση Έγκρισης ή μη Περιβαλλοντικών Όρων εκδίδεται από το Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας. Η ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας διαβιβάζει αντίγραφο της απόφασης Ε.Π.Ο. στην Ε.Υ.ΠΕ. του Υ.ΠΕ.Κ.Α.

### **3.4.4. Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη χρήση βιομάζας και αγροτικών προϊόντων με εγκαταστημένη ισχύ μικρότερη του ενός (1) MW.**

Οι εγκαταστάσεις που ανήκουν στην υποκατηγορία Β3(<1 MW), με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του ενός (1) MW, εξαιρούνται από την υποχρέωση να λάβουν άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εγκατάστασης και λειτουργίας ή σύμφωνα με άρθρα 4 και 8 του Ν.3851/2010-(ΦΕΚ Α' 85/2010).

Ωστόσο, υποχρεούνται στην τήρηση της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.1650/1986 (ΦΕΚ Α' 160/1986).

Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση βιομάζας, βιοαερίου και βιοκαυσίμων, εξαιρούνται επίσης από την υποχρέωση έκδοσης απόφασης Ε.Π.Ο., εφόσον η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς τους δεν υπερβαίνει το όριο των 0,5 MW. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας

Κατ' εξαίρεση, υπόκεινται σε διαδικασία Ε.Π.Ο. σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση προς τα ανωτέρω όρια εφόσον (Q&D Α.Ε., 2011):

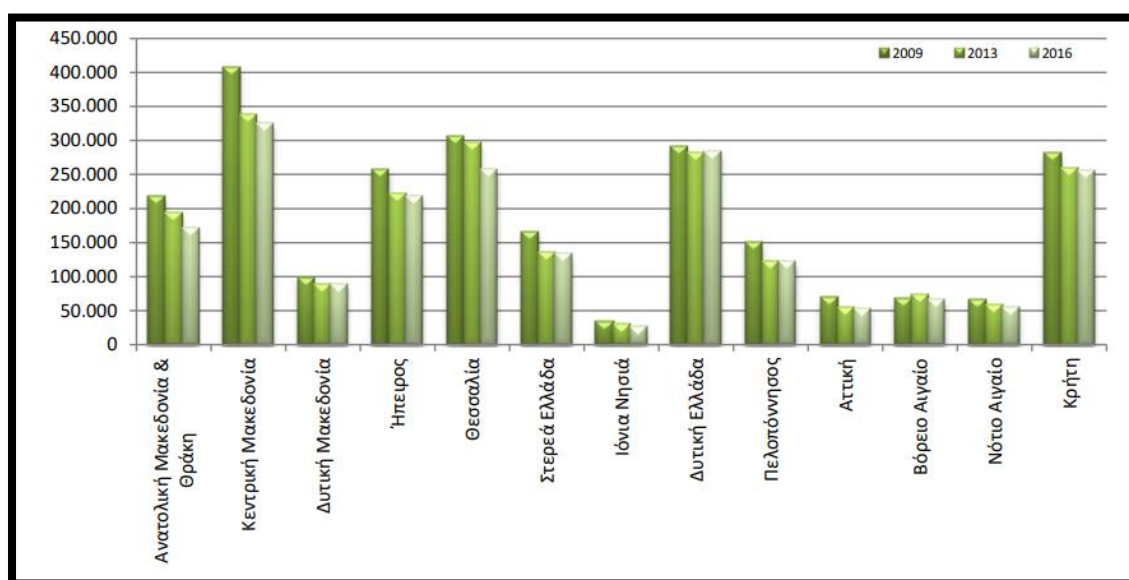
α) εγκαθίστανται σε γήπεδα που βρίσκονται σε οριοθετημένες περιοχές του δικτύου Natura 2000 ή σε παράκτιες ζώνες που απέχουν λιγότερο από εκατό μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού εκτός βραχονησίδων, ή

β) γειτνιάζουν, σε απόσταση μικρότερη των εκατόν πενήντα μέτρων, με σταθμό Α.Π.Ε. της ίδιας τεχνολογίας που είναι εγκατεστημένος σε άλλο γήπεδο και έχει εκδοθεί γι' αυτόν άδεια παραγωγής ή απόφαση Ε.Π.Ο. ή προσφορά σύνδεσης, η δε συνολική ισχύς των σταθμών υπερβαίνει τα παραπάνω καθοριζόμενα όρια (άρθρο 8, παρ. 13 του Ν.3851/2010).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΠΕΙΡΟ

### 4.1 Η κτηνοτροφία στην Ήπειρο

Παρόλο που τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιφέρειας Ηπείρου αποτελούνται από ορεινό όγκο ωστόσο η κτηνοτροφική δραστηριότητα στην περιοχή είναι δυναμική, ιδιαίτερα στον τομέα της πτηνοτροφίας όσο και της αιγοπροβατοτροφίας. Εάν μαζί με την γεωορφολογία συμπεριελάβουμε και τον πληθυσμό του νομού που είναι αρκετά μικρότερος από άλλες περιφέρειες τότε γίνεται αντιληπτό ότι η κτηνοτροφία στην περιοχή της Ηπείρου αποτελεί βασική ενασχόληση για τους κατοίκους της περιοχής δημιουργώντας χιλιάδες παράπλευρες θέσεις εργασίας.



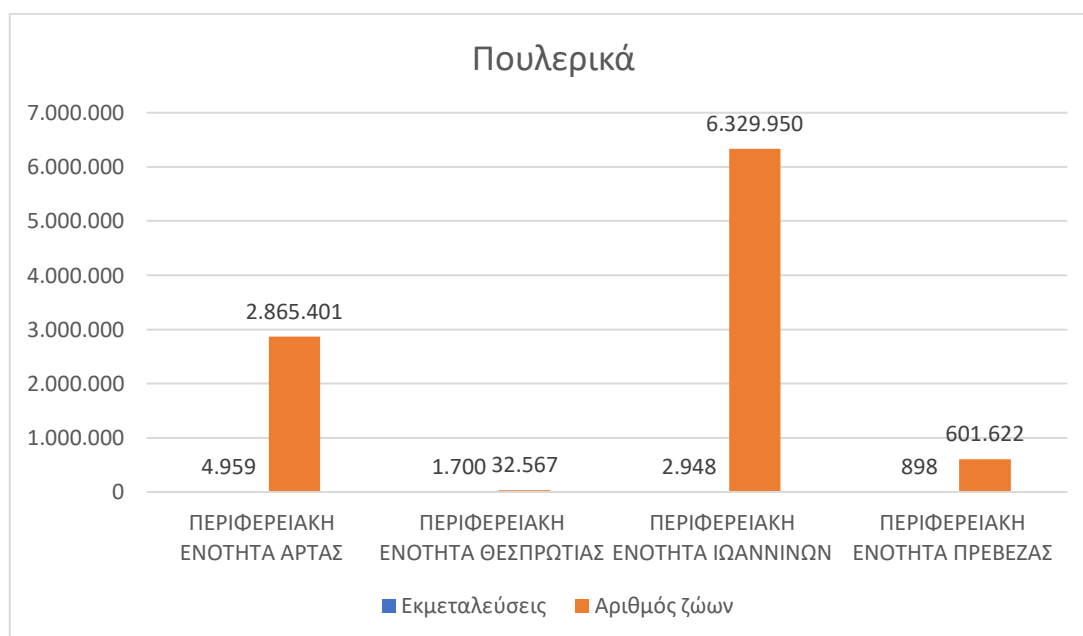
**Διάγραμμα 1:** Κατανομή του ζωικού κεφαλαίου, κατά περιφέρεια (Απογραφή Γεωργίας – Κτηνοτροφίας 2009 και Έρευνες Διάρθρωσης Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων 2013 και 2016).

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελστατ (Διάγραμμα 1) για τα έτη 2009, 2013 και 2016 η δραστηριότητα της κτηνοτροφίας στην χώρα μας φαίνεται ότι μειώθηκε, ωστόσο παρουσιάζονται στοιχεία σταθερότητας του κλάδου.

Για να γίνει αντιληπτή η δυναμική της κτηνοτροφίας στην περιοχή της Ηπείρου άρα και της ύπαρξης μονάδων βιοαερίου χρησιμοποιήθηκε προς ανάλυση η Έρευνα Διάρθρωσης Γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων που διεξήχθη το έτος 2016 σε όλες τις Περιφερειακές Ενότητες της Ελλάδας και καλύπτει τουλάχιστον το 98% της γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας της χώρας. Η στατιστική

μονάδα της Έρευνας Διάρθρωσης είναι η αγροτική εκμετάλλευση, δηλαδή μια ενιαία μονάδα τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική άποψη, στην οποία ανήκει και η ζωική παραγωγή εντός της οικονομικής επικράτειας της Ελλάδας είτε ως κύρια είτε ως δευτερεύουσα δραστηριότητα. Η εκμετάλλευση πρέπει να έχει ιδιότητα ζώα και συγκεκριμένα τουλάχιστον: μία (1) αγελάδα, ή δύο (2) «μεγάλα ζώα» οποιουδήποτε είδους και ηλικίας (βοοειδή, ίππους, όνους, ημιόνους), ή πέντε (5) «μικρά ζώα» (προβατοειδή, αίγες, χοίρους) οποιουδήποτε είδους και ηλικίας, ή πενήντα (50) πουλερικά, ή πενήντα (50) θηλυκά κουνέλια ή είκοσι (20) «εγχώριες» ή «ευρωπαϊκές» κυσέλες μελισσών, ή πέντε (5) στρουθοκαμήλους.

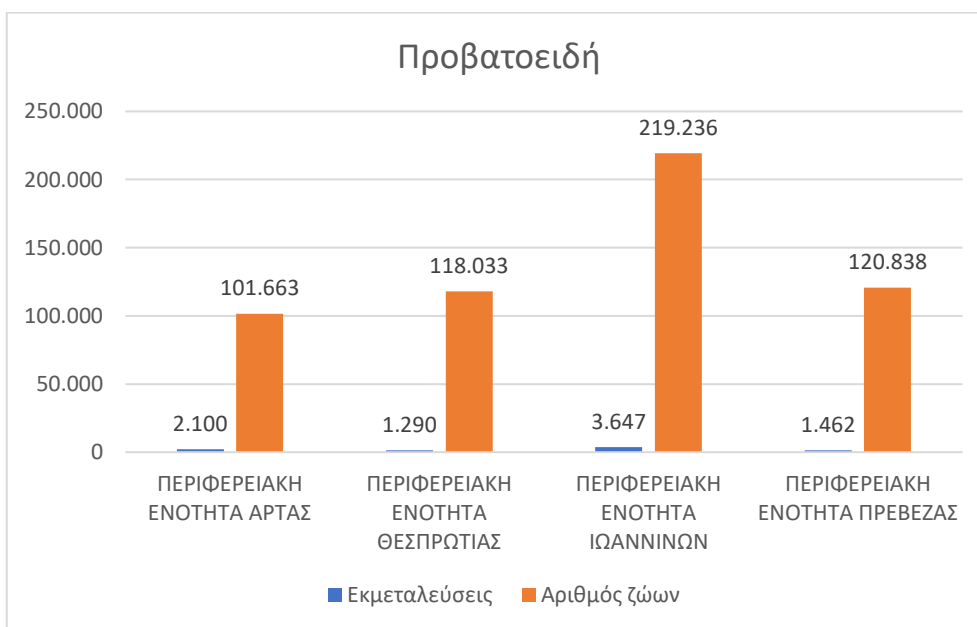
Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα «Διάρθρωσης Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων», που πραγματοποίησε η Ελληνική Στατιστική Αρχή για το έτος 2016, προκύπτουν για την περιοχή της Ηπείρου τα δεδομένα, τα όποια περιγράφονται ανά νομό αναλυτικά στα σχήματα που ακολουθούν:



**Διάγραμμα 2:** Αριθμός εκμεταλλεύσεων πτηνών και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

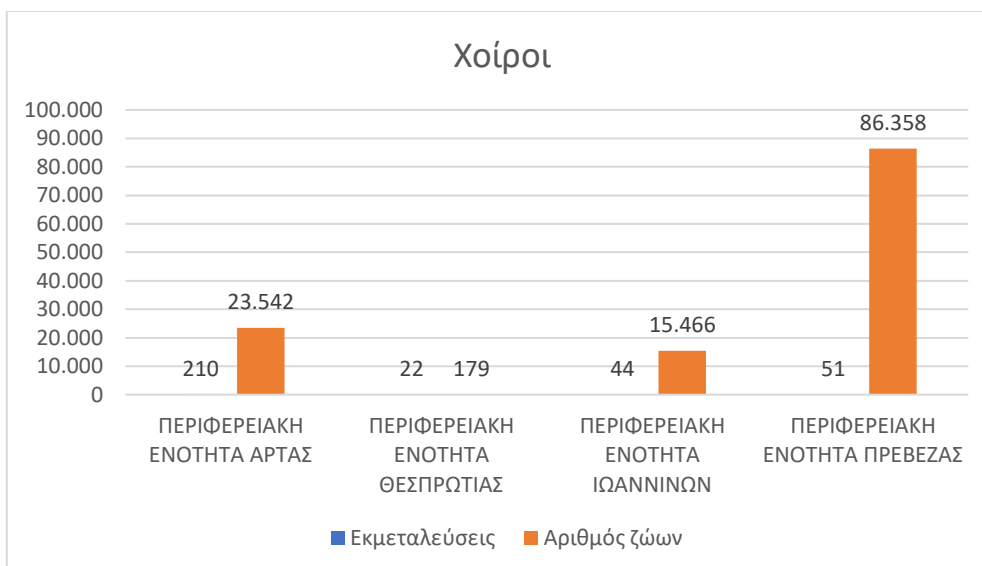
Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 2 οι εκμεταλλεύσεις πτηνών ανέρχονται στις 2.948 στον νομό Ιωαννίνων, 4.959 στον νομό Άρτας, 1700 στον νομό Θεσπρωτίας και 898 στον νομό Πρέβεζας. Ο αριθμός των πτηνών ανέρχεται στις 6.329.950 στον νομό Ιωαννίνων και αποτελεί σημαντικό αριθμό πτηνών σε σχέση με τον αριθμό Άρτας με 2.865.401 πτηνά, 601.622 στον νομό Πρέβεζας και 32.567 στον νομό Θεσπρωτίας.





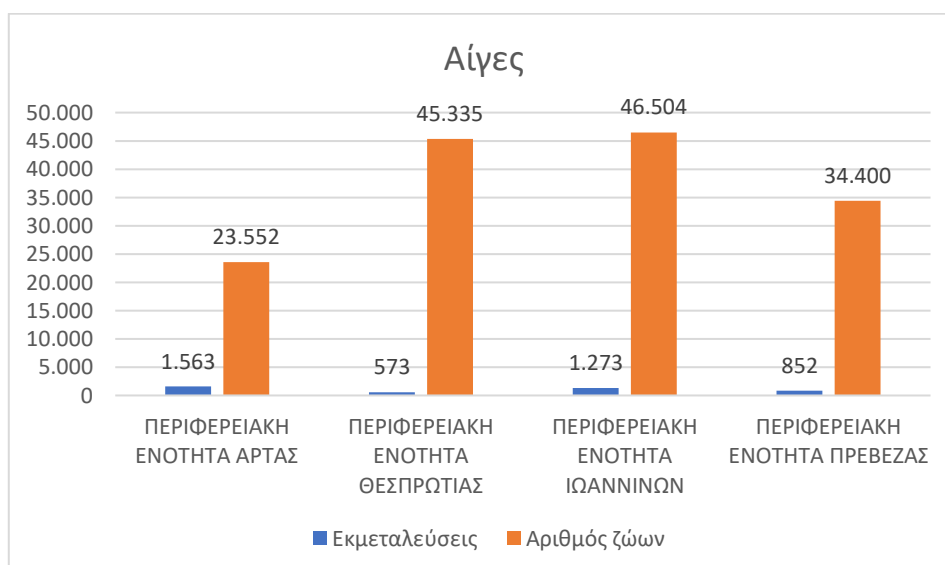
**Διάγραμμα 3:** Αριθμός εκμεταλλεύσεων προβάτων και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 3 οι εκμεταλλεύσεις προβατοειδών ανέρχονται στις 3.647 στον νομό Ιωαννίνων, 2.100 στον νομό Άρτας, 1.462 στον νομό Πρέβεζας και 1.290 στον νομό Θεσπρωτίας. Ο αριθμός των προβάτων ανέρχεται στις 219.236 στον νομό Ιωαννίνων ακολουθεί ο νομός Πρέβεζας με 120.838 πρόβατα στην συνέχεια βρίσκεται ο νομός Θεσπρωτίας με 118.033 πρόβατα και τέλος ο νομός Άρτας με 101.663 πρόβατα.



**Διάγραμμα 4:** Αριθμός εκμεταλλεύσεων χοίρων και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

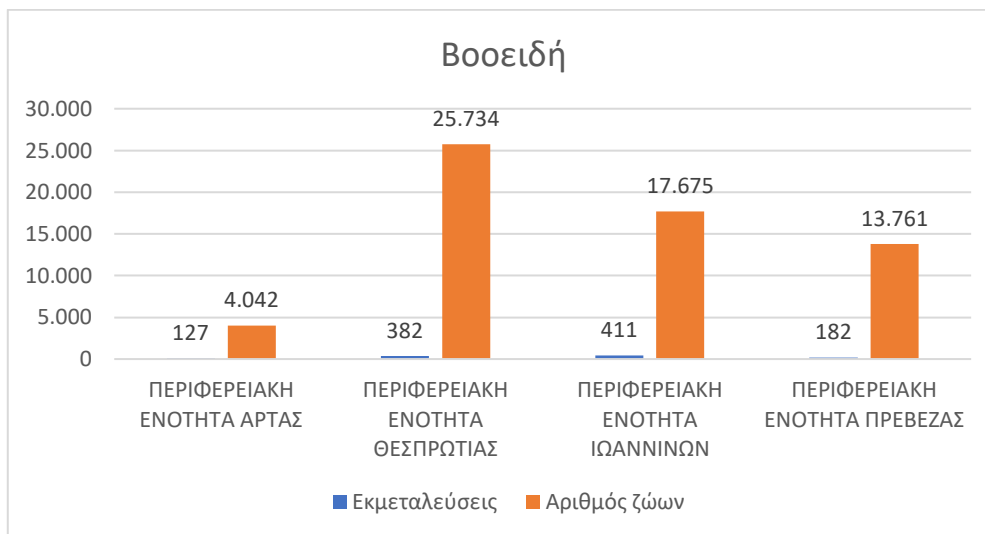
Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4 οι εκμεταλλεύσεις χοίρων ανέρχονται στις 210 στον νομό Άρτας, 51 στον νομό Πρέβεζας, 44 στον νομό Ιωαννίνων και 22 στον νομό Θεσπρωτίας. Ο αριθμός των χοίρων ανέρχεται στις 86.358 στον νομό Πρέβεζας ακολουθεί ο νομός Άρτας με 23.542 χοίρους στην συνέχεια βρίσκεται ο νομός Ιωαννίνων με 15.466 χοίρους και τέλος ο νομός Θεσπρωτίας με 179 χοίρους.



**Διάγραμμα 5:** Αριθμός εκμεταλλεύσεων αιγών και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

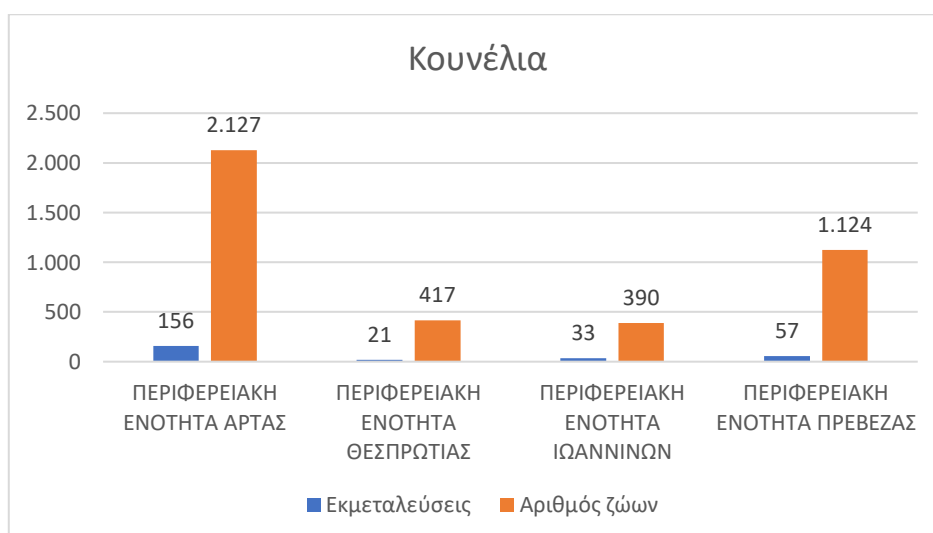
Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 5 οι εκμεταλλεύσεις αιγών ανέρχονται στις 1.563 στον νομό Άρτας, 1.273

στον νομό Ιωαννίνων, 853 στον νομό Πρέβεζας και 573 στον νομό Θεσπρωτίας. Ο αριθμός των αιγών ανέρχεται στις 46.504 στον νομό Ιωαννίνων ακολουθεί ο νομός Θεσπρωτίας με 45.335 αίγες στην συνέχεια βρίσκεται ο νομός Πρέβεζας με 34.400 αίγες και τέλος ο νομός Άρτας με 23.552 αίγες.



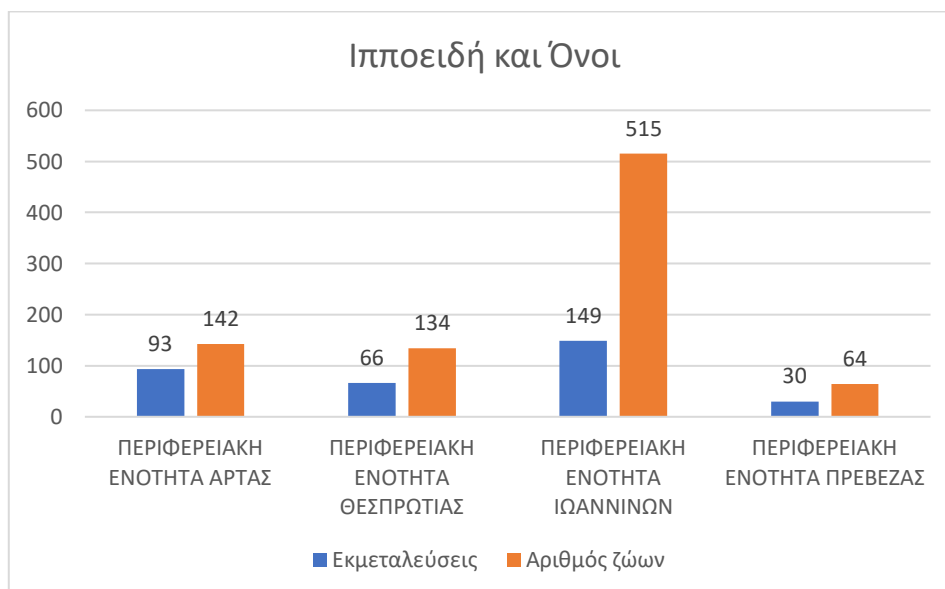
**Διάγραμμα 6:** Αριθμός Εκμεταλλεύσεων βοοειδών και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 6 οι εκμεταλλεύσεις βοοειδών ανέρχονται στις 411 στον νομό Ιωαννίνων, 382 στον νομό Θεσπρωτίας, 182 στον νομό Πρέβεζας και 127 στον νομό Άρτας. Ο αριθμός των βοοειδών ανέρχεται στις 25.734 στον νομό Θεσπρωτίας ακολουθεί ο νομός Ιωαννίνων με 17.675 βοοειδή στην συνέχεια βρίσκεται ο νομός Πρέβεζας με 13.761 βοοειδή και τέλος ο νομός Άρτας με 4.042 βοοειδή.



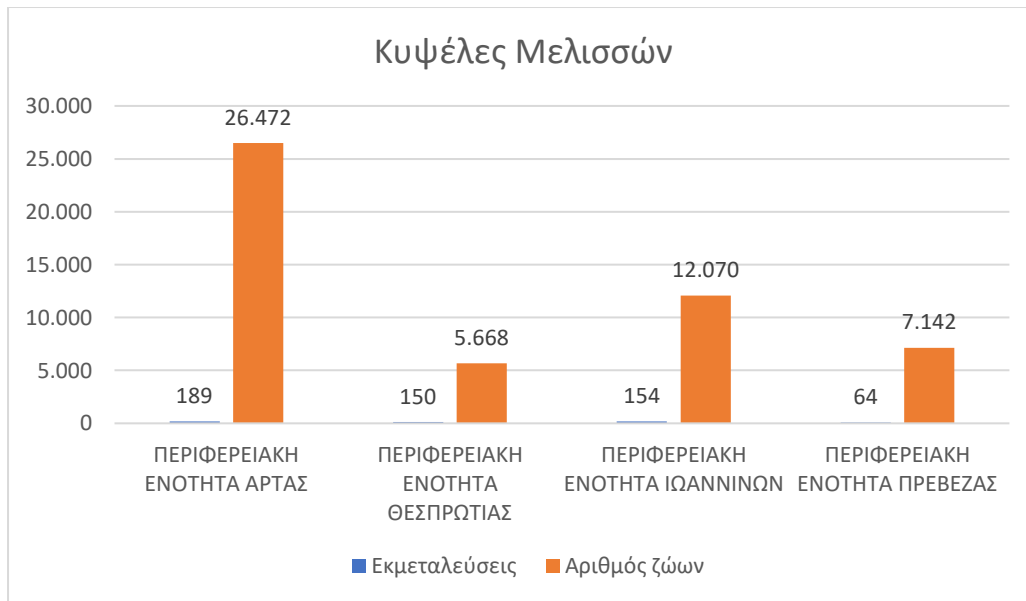
**Διάγραμμα 7:** Αριθμός εκμεταλλεύσεων κουνελιών και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7 οι εκμεταλλεύσεις κουνελιών ανέρχονται στις 156 στον νομό Άρτας, 57 στον νομό Πρέβεζας, 33 στον νομό Ιωαννίνων και 21 στον νομό Θεσπρωτίας. Ο αριθμός των κουνελιών ανέρχεται στις 2.127 στον νομό Άρτας ακολουθεί ο νομός Πρέβεζας με 1.124 κουνέλια στην συνέχεια βρίσκεται ο νομός Θεσπρωτίας με 417 κουνέλια και τέλος ο νομός Ιωαννίνων με 390 κουνέλια.



**Διάγραμμα 8:** Αριθμός Εκμεταλλεύσεων Ιπποειδών και Όνων και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 8 οι εκμεταλλεύσεις ιπποειδών και όνων ανέρχονται στις 149 στον νομό Ιωαννίνων, 93 στον νομό Άρτας, 66 στον νομό Θεσπρωτίας και 30 στον νομό Πρέβεζας. Ο αριθμός των ιπποειδών και όνων ανέρχεται στις 515 στον νομό Ιωαννίνων ακολουθεί ο νομός Άρτας με 142 Ιπποειδεί και όνους στην συνέχεια βρίσκεται ο νομός Θεσπρωτίας με 134 Ιπποειδεί και όνους και τέλος ο νομός Πρέβεζας με 64 Ιπποειδεί και όνους.



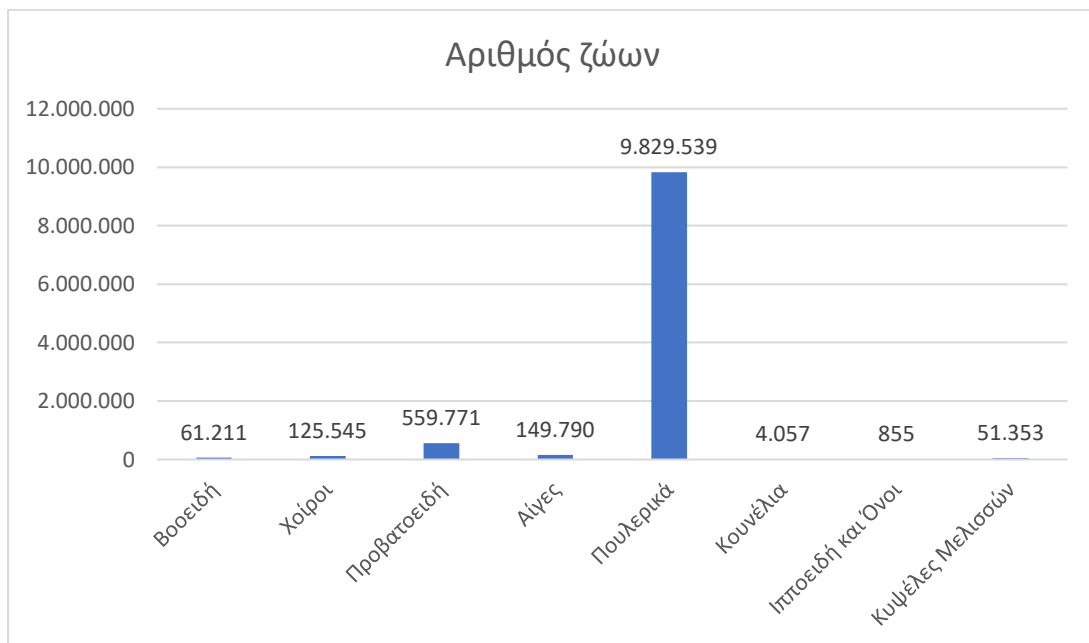
**Διάγραμμα 9:** Αριθμός εκμεταλλεύσεων κυψελών μελισσών και αριθμός ζώων, στις περιφερειακές ενότητες της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2016.

Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα του έτους 2016 που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 9 οι εκμεταλλεύσεις κυψελών μελισσών ανέρχονται στις 189 στον νομό Άρτας, 154 στον νομό Ιωαννίνων, 150 στον νομό Θεσπρωτίας και 64 στον νομό Πρέβεζας. Ο αριθμός των κυψελών μελισσών ανέρχεται στις 26.472 στον νομό Άρτας ακολουθεί ο νομός Ιωαννίνων με 12.070 κυψέλες μελισσών στην συνέχεια βρίσκεται ο νομός Πρέβεζας με 7.142 κυψέλες μελισσών και τέλος ο νομός Θεσπρωτίας με 5.668 κυψέλες μελισσών.

Συγκεντρωτικά τα παραπάνω δεδομένα των διαγραμμάτων συγκεντρώνονται σε δύο νέα διαγράμματα περιγράφοντας συνολικά τις εκμεταλλεύσεις (διάγραμμα 10) και των αριθμό των ζώων (διάγραμμα 11).



**Διάγραμμα 10:** Αριθμός εκμεταλλεύσεων ανά είδος ζώου στην περιφέρεια Ηπείρου για το έτος 2016.



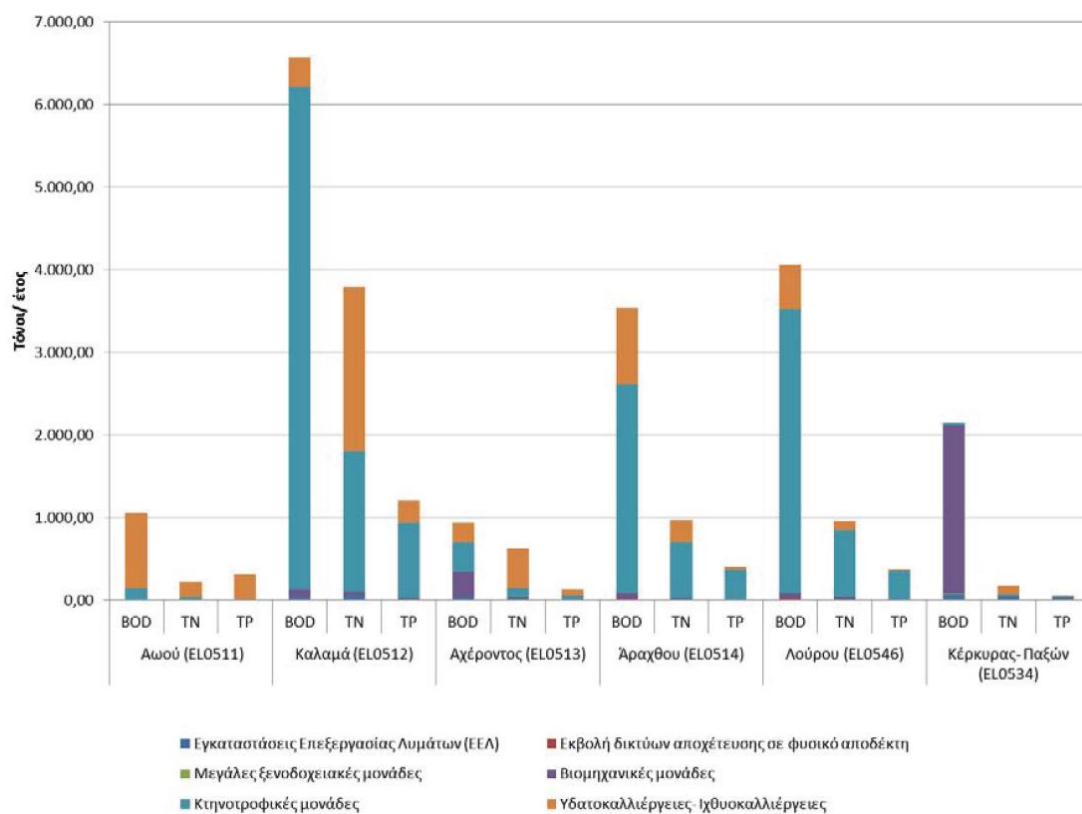
**Διάγραμμα 11:** Αριθμός ζωικών μονάδων ανά είδος στην περιφέρεια Ηπείρου για το έτος 2016.

Από το διάγραμμα 10 προκύπτει ότι ο αριθμός των εκμεταλλεύσεων στην Ήπειρο είναι ιδιαίτερα μεγάλος όσο αφορά την εκμετάλλευση των πτηνών με 10.505 εγκαταστάσεις και 9.829.539 πτηνά. Στη συνέχεια ακολουθούν οι εκμεταλλεύσεις των προβατοειδών με 8.499 εγκαταστάσεις και 559.771 προβατοειδή, των αιγών με 4.261

εγκαταστάσεις και 149.790 αίγες, των βοοειδών με 1.103 εγκαταστάσεις και 61.211 βοοειδή, των κυψελών μελισσών με 556 επιχειρήσεις και 51.353 κυψέλες, των ιποειδών και όνων με 337 εγκαταστάσεις και 855 ίππους και όνους, των χοίρων με 327 εγκαταστάσεις και 125.545 χοίρους, των κουνελιών με 268 εγκαταστάσεις και 268 κουνέλια.

Στην Περιφέρεια Ηπείρου συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος αριθμός μονάδων παραγωγής ορνιθίου κρέατος, σε ποσοστό που υπερβαίνει το 45% της συνολικής ελληνικής παραγωγής (38 εκατομμύρια κοτόπουλα), με έσοδα που ξεπερνούν τα 400 εκατομμύρια ευρώ ετησίως (Φραντζής, 2016; Q&D A.E., 2011). Το 41% της Ελληνικής παραγωγής ελέγχεται από παραγωγούς οι οποίοι είναι μέλη των πτηνοτροφικών συνεταιρισμών Ιωαννίνων και Άρτας. Η εντατική πτηνοτροφία σε όλη την Περιφέρεια Ηπείρου χαρακτηρίζεται από σύγχρονες μεθόδους εκτροφής και μεγάλη συγκέντρωση ζωικού κεφαλαίου (Q&D A.E., 2011).

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα της Ελστατ οι περισσότερες κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις στην Ήπειρο αφορούν κυρίως την πτηνοτροφία. Η Ελστατ στην συγκεκριμένη έρευνα λαμβάνει υπόψη ως «εγκατάσταση» όταν ο αριθμός πτηνών ξεπερνά τα 50 άτομα ανά ιδιοκτήτη. Η αύξηση των κτηνοτροφικών επιχειρήσεων στην περιφέρεια της Ηπείρου τα τελευταία έτη επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Χαρακτηρίστηκα σύμφωνα με το συγκεκριμένο Υπουργείο το έτος 2011 στην Ήπειρο υπήρχαν 151 οργανωμένες πτηνοτροφικές επιχειρήσεις (Υ.ΠΕ.ΚΑ., 2011), ενώ το 2017 ο αριθμός τους έφτασε τις 640 (ΦΕΚ 4664, Β., 2017). Η συγκεκριμένη έκρηξη της δραστηριότητας επιφέρει και σημαντική ποσοστό επί του συνολικού ρυπαντικού φορτίου (35% BOD, 25% N και 40% P) που εν δυνάμει καταλήγει στα επιφανειακά υδάτινα σώματα του Υδατικού Διαμερίσματος (Διάγραμμα 12).



**Διάγραμμα 12:** Συνολικά ετήσια επιφανειακά φορτία BOD, N και P στις λεκάνες απορροής των ποταμών (ΦΕΚ 4664, Β., 2017).

#### 4.2. Χαρτογράφηση Οργανωμένων πτηνοτροφικών εγκαταστάσεων στον νομό Άρτας

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει ενιαία πλατφόρμα εύρεσης της δυναμικότητας των κτηνοτροφικών επιχειρήσεων ανά τομέα καθώς ούτε χωροταξικός σχεδιασμός για την κατάλληλη επιλογή θέσης κατασκευής της μονάδας ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής, ταυτόχρονα σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Προκειμένου να υπάρχει δυναμική ανάπτυξης και όχι σύγκρουση συμφερόντων διαφορετικών τομέων θα πρέπει να δρομολογηθεί η ύπαρξη μίας ενιαίας πλατφόρμας ενημέρωσης και σύνδεσης με τις αρμόδιες υπηρεσίες οι οποίες είναι υπεύθυνες για την αδειοδότηση αντίστοιχων μονάδων.

Προκειμένου να συμβάλει προς την κατεύθυνση αυτή στην συγκεκριμένη πτυχιακή χαρτογραφούνται οι οργανωμένες πτηνοτροφικές επιχειρήσεις του νομού Άρτας δεδομένου ότι η πτηνοτροφία αποτελεί την πιο σημαντική δραστηριότητα στον νομό. Τα δεδομένα θα συμβάλλουν στην καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων και την ανάπτυξη νέων μονάδων βιοαερίου στην περιοχή. Η επιλογή του νομού Άρτας έγινε διότι αρχικά βρίσκεται η έδρα του τμήματος Γεωπονίας και η επιτόπια έρευνα έγινε

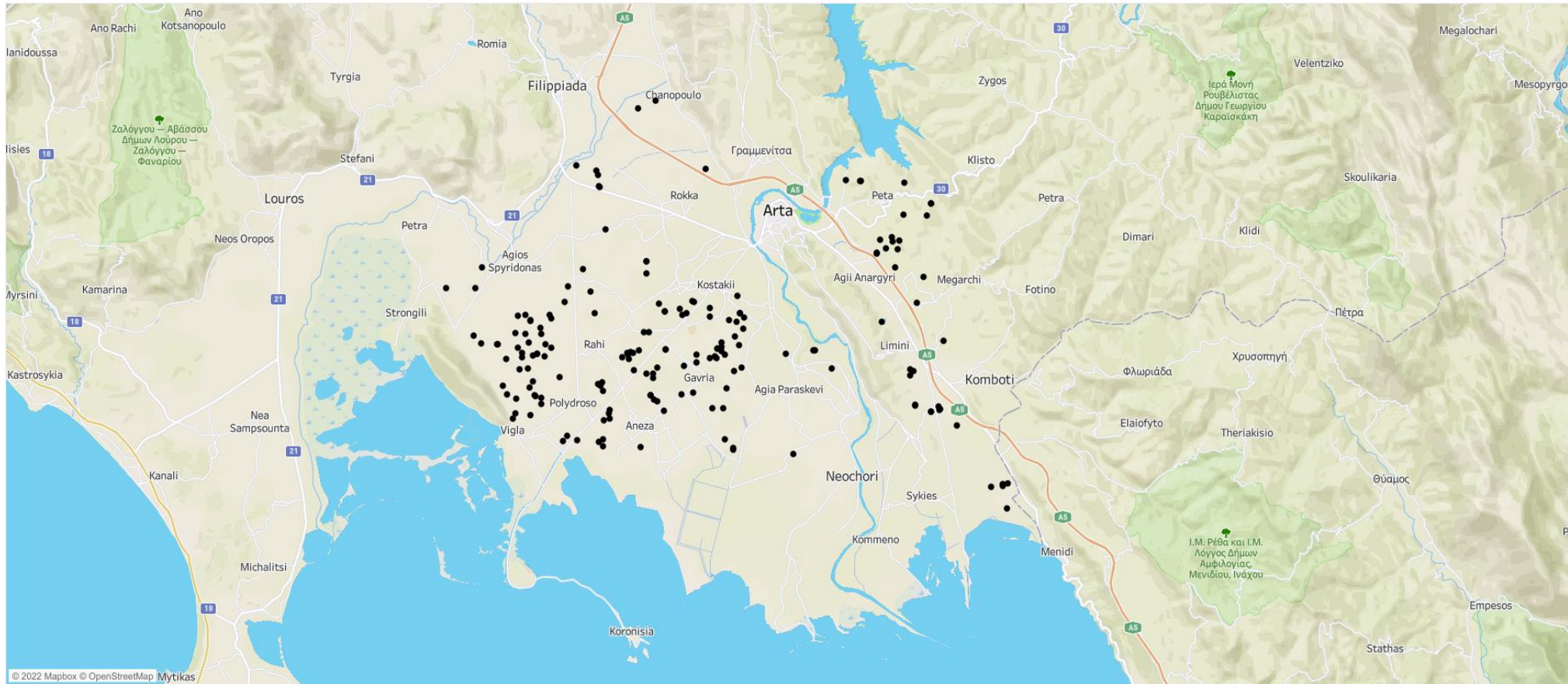


πιο εύκολη και δεύτερον διότι η πεδιάδα της Άρτας χαρακτηρίζεται από μεγάλη παραγωγή ταυτόχρονα και στην ζωική αλλά και στην φυτική παραγωγή, τα παραπροϊόντα των δύο κλάδων ενσωματώνονται σε μια μονάδα βιοαερίου αλλά κυρίως γιατί η επεξεργασία των αποβλήτων και όχι η ανεξέλεγκτη διάθεση στους αγρούς θα προστατεύσει τους υδάτινους αποδέκτες του νομού. Η προστασία των υδάτινων αποδεκτών έχει μεγάλη σημασία διότι οι διαθέσιμες ποσότητες του υδροφόρου ορίζοντα εξαρτώνται άμεσα από την βιωσιμότητα των επιχειρήσεων. Ταυτόχρονα ο ποταμός Άραχθος και Λούρος διασχίζουν την πεδιάδα της Άρτας μεταφέροντας ρύπους από διάχυτες πηγές ρύπανσης με τελικό αποδέκτη τον Αμβρακικό Κόλπο ο οποίος έχει χαρακτηριστεί ως Εθνικό Πάρκο και προστατεύεται από το δίκτυο natura 2000 και άλλες διεθνής συνθήκες.

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα για να γίνουν κερδοφόρα πρέπει να παρέχονται σε σταθερή βάση ώστε να έχει αποτέλεσμα η ίδρυση μιας μονάδας βιοαερίου γι' αυτόν τον λόγο έγινε χαρτογράφηση με την μέθοδο της εναέριας αποτύπωσης από το γεωγραφικό σύστημα Google Earth των πτηνοτροφείων του νομού Άρτας. Το σφάλμα μη λειτουργίας της μονάδας λόγω λανθασμένης είναι μικρότερο από 5 %.

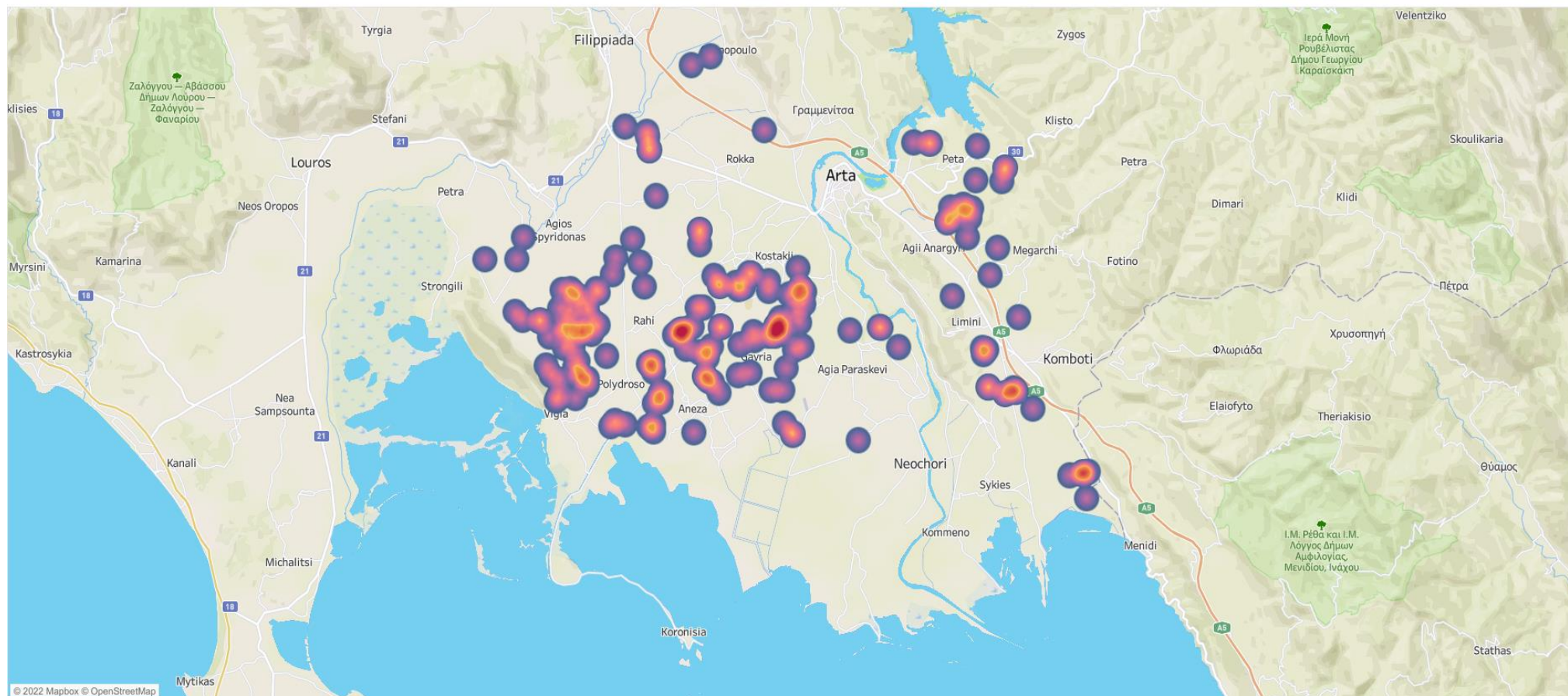
Για την αποτύπωση χρησιμοποιήθηκαν οι Χάρτες Ελεύθερης Χρήσης (OpenStreetMaps) και για την επεξεργασία των δεδομένων έγινε χρήση της ελεύθερης έκδοσης του λογισμικού Tableau Public ώστε να γίνει η απεικόνιση των σημείων στον χάρτη. Έτσι αποδίδεται η αποτύπωση των μονάδων που βρίσκονται κοντά σε φυσικούς πόρους ώστε να περιοριστούν οι νέες εγκαταστάσεις και να μην δημιουργηθεί πρόβλημα στο φυσικό περιβάλλον αλλά ενισχύεται το επενδυτικό αποτέλεσμα διότι οι νέες επενδύσεις μονάδων φυσικού αερίου έχουν την δυνατότητα να εξετάσουν την δημιουργία τους κοντά σε ήδη υπάρχουσες μονάδες ώστε τα παραγόμενα απόβλητα να βρίσκονται άμεσα διαθέσιμα μειώνοντας το κόστος μεταφοράς τους.

## ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΕΙΑ ΑΡΤΑΣ



Εικόνα 7: Χαρτογράφηση πτηνοτροφείων στον νομό Άρτας.

### ΧΩΡΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΕΙΩΝ ΑΡΤΑΣ



Εικόνα 8: Ανάλυση πυκνότητας πτηνοτροφείων στον νομό Άρτας.

Το αποτέλεσμα της παραπάνω έρευνας ήταν να χαρτογραφηθούν 180 πτηνοτροφικών επιχειρήσεων στον νομό Άρτας (εικόνα 7). Αξιοσημείωτο είναι ότι ο μεγαλύτερος όγκος συγκεντρώνεται στην πεδιάδα της Άρτας και συγκεκριμένα στα χωριά Άγιος Σπυρίδωνας, Πολύδροσο, Ράχη, Ανέζα και Κωστακιοί τα οποία βρίσκονται κοντά στις λιμνοθάλασσες του Αμβρακικού Κόλπου ενώ μια μικρότερη συγκέντρωση πτηνοτροφείων παρατηρείται στα χωριά Πέτα, Άγιοι Ανάργυροι και Λιμίνη προς Μενίδι.

Ακόμη πραγματοποιήθηκε με την χρήση του ίδιου λογισμικού ανάλυση πυκνότητας πτηνοτροφείων στον νομό Άρτας (εικόνα 8) τα αποτελέσματα της οποίας έδειξαν ότι πολλές πτηνοτροφικές επιχειρήσεις βρίσκονται δίπλα ή μία στην άλλη και περιφερειακά των χωριών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Οι παραπάνω μονάδες βρίσκονται ανάμεσα από γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας ενώ παρατηρήθηκαν και νέες εγκαταστάσεις σε περιοχές οι οποίες δεν είχαν παλιότερα κοντά κάποια πτηνοτροφική εγκατάσταση στις περιοχές Χανόπουλό, Καλαμιά και Ρόκκα. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι δεν υπάρχει σχέδιο χωροθέτηση της πτηνοτροφικής δραστηριότητας δημιουργώντας πιθανώς προβλήματα σε άλλους παραγωγικούς κλάδους και σε κατοικημένες περιοχές. Η τάση εξάπλωσης σε όλων τον νομό ενισχύει την άποψη έλλειψης χωροταξικού σχεδιασμού.

## ΚΡΦΑΛΛΑΙΟ 5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

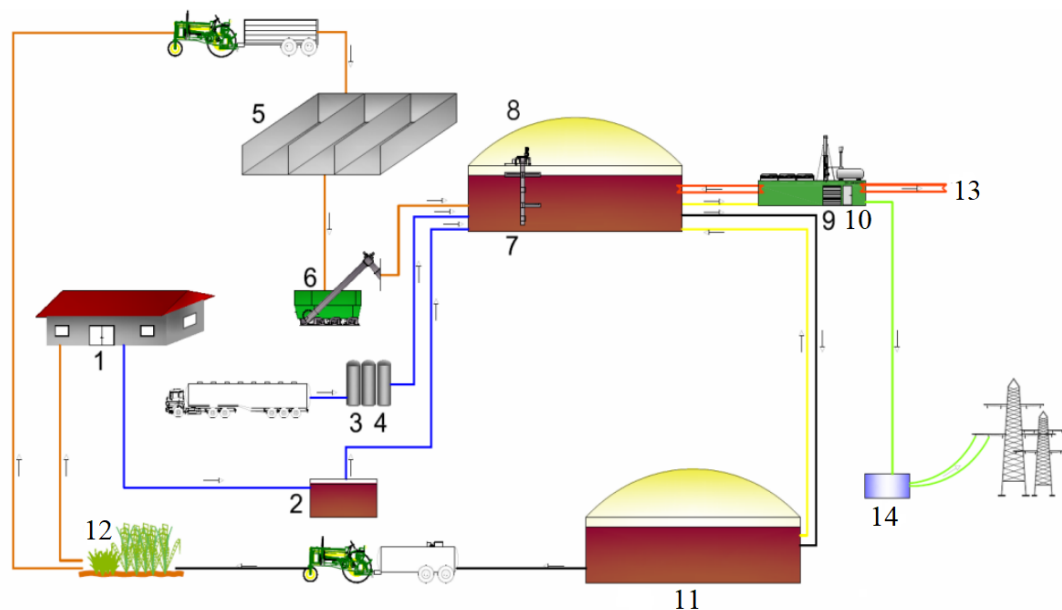
Στη συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής βιοαερίου που περιγράφουμε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σύστημα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) δηλαδή η ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την αρχική διεργασία. Σημειώνεται ότι η μονάδα βιοαερίου δεν υφίσταται. Η πτυχιακή εργασία παρουσιάζει το ιδανικό σενάριο παραγωγής ενέργειας και θερμότητας από υποτιθέμενη κατασκευή μονάδας κοντά στην πεδιάδα της Άρτας, η οποία θα συνδυάζει το κατάλληλα υλικά και τις σωστές μετρήσεις για να αποδώσει σωστά. Η διάταξη μίας τέτοιας μονάδας (εικόνα 9) εξαρτάται πάντα από τους τύπους και τις ποσότητες της παρεχόμενης πρώτης ύλης. Τέλος παρουσιάζεται η διαχείριση του παραγόμενου προϊόντος της μονάδας δηλαδή του λιπάσματος.



**Εικόνα 9:** Πανοραμική άποψη μονάδας βιοαερίου ([www.heliotop.gr](http://www.heliotop.gr)).

Η πρώτη ύλη μεταφέρεται στην μονάδα είτε από τον παραγωγό είτε από συνεργαζόμενο προσωπικό της μονάδας βιοαερίου (εικόνα 13). Τα βυτιοφόρα μεταφέρουν την υδαρή πρώτη ύλη ενώ ανατρεπόμενα φορτηγά την στερεή και στην συνέχεια υπολογίζεται το βάρος της στην γεφυροπλάστιγγα και τελικά ξεφορτώνεται

σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο στην μονάδα. Οπότε η μονάδα βιοαερίου πρέπει αρχικά να διαθέτει γεφυροπλάστιγγα για τον υπολογισμό των εισερχόμενων αποβλήτων και στην συνέχεια ειδικό χώρο συλλογής αποβλήτων.



**Διάγραμμα 13:** Διάγραμμα ροής μονάδας βιοαερίου (Γιακουμέλος-ΚΑΠΕ 2012).

Τα στάδια του διαγράμματος 13, παρουσιάζονται ονομαστικά στον πίνακα 6:

**Πίνακας 6:** Ανάλυση σταδίων μεταφοράς βιοαερίου (Γιακουμέλος-ΚΑΠΕ 2012).

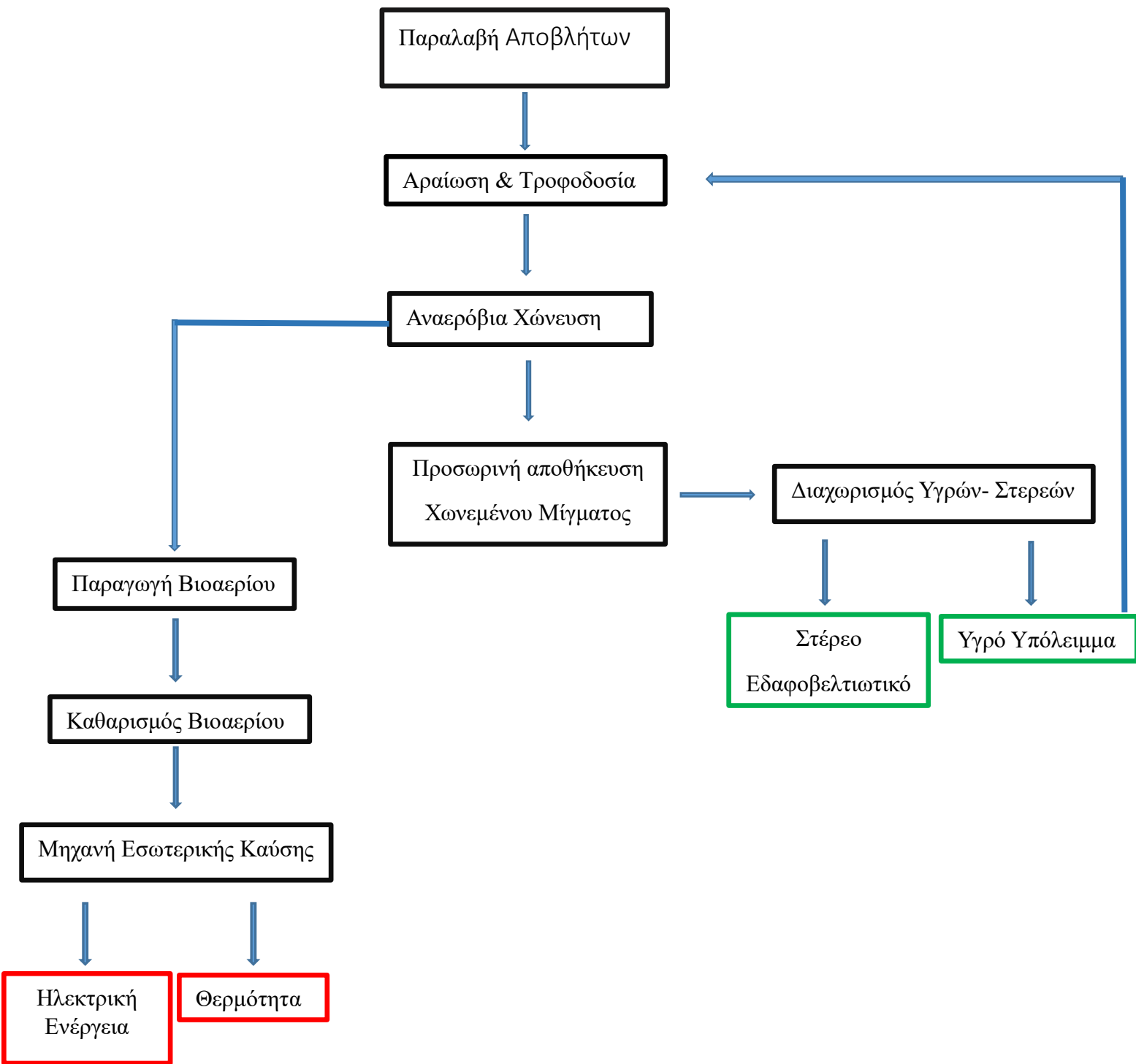
<b>1</b>	Μονάδα-στάβλος	<b>8</b>	Δεξαμενή αποθήκευσης βιοαερίου
<b>2</b>	Δεξαμενές υγρής κοπριάς	<b>9</b>	Εγκατάσταση καθαρισμού και αφύγρανσης βιοαερίου
<b>3</b>	Δοχεία συλλογής βιοαποβλήτων	<b>10</b>	Μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας
<b>4</b>	Δεξαμενή αποστείρωσης	<b>11</b>	Αποθήκευση οργανικού υπολείμματος
<b>5</b>	Δεξαμενή αποθήκευσης κατά την είσοδο του οχήματος μεταφοράς	<b>12</b>	Διάθεση στους συνεργαζόμενους αγρούς
<b>6</b>	Σύστημα τροφοδοσίας της στερεάς πρώτης ύλης	<b>13</b>	Μετασχηματιστής/ τροφοδοσία δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας
<b>7</b>	Βιοαντιδραστήρας συνεχούς ανάδευσης τύπου CSTR- Χωνευτήρας	<b>14</b>	Χρήση θερμότητας τηλεθέρμανση

### **5.1. Πηγές προέλευσης, ποσότητες εισόδου στον βιοαντιδραστήρα συνεχούς ανάδευσης και σύσταση των προς επεξεργασία αποβλήτων.**

Τα χρησιμοποιούμενα στη διαδικασία αναερόβιας χώνευσης οργανικά απόβλητα θα προέρχονται από κτηνοτροφικές μονάδες (απόβλητα πτηνοτροφείων - χοιροστασίων) καθώς και από υπολείμματα ζωοτροφών. Οι κτηνοτροφικές μονάδες θα πρέπει να βρίσκονται πλησίον της μονάδας βιοαερίου για λόγους εξοικονόμησης καυσίμων και χρόνου.

Τα ζωικά υποπροϊόντα που θα παραλαμβάνει η μονάδα, θα πρέπει να ανήκουν στην κατηγορία 2 ώστε να είναι σύμφωνα με την κατάταξη της νομοθεσίας για τα ζωικά υποπροϊόντα (ΕΚ/1069/2009). Η πρώτη ύλη που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στη μονάδα βιοαερίου θα είναι ένα άθροισμα διαφόρων τύπων υποστρωμάτων με τον κατάλληλο συνδυασμό τροφοδοσίας έτσι ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή απόδοση στην παραγωγή του βιοαερίου και στην συνεχεία της παραγόμενης ενέργειας (πίνακας 6).

Η θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου κυμαίνεται από 3,5-5,5 KWh/kg, αναλόγως της σύστασης των αερίων (άρα των οργανικών αποβλήτων) και των κλιματικών συνθηκών. Στο διάγραμμα 14 παρουσιάζεται η ροή της παραγωγικής διαδικασίας της Μονάδας Βιοαερίου.



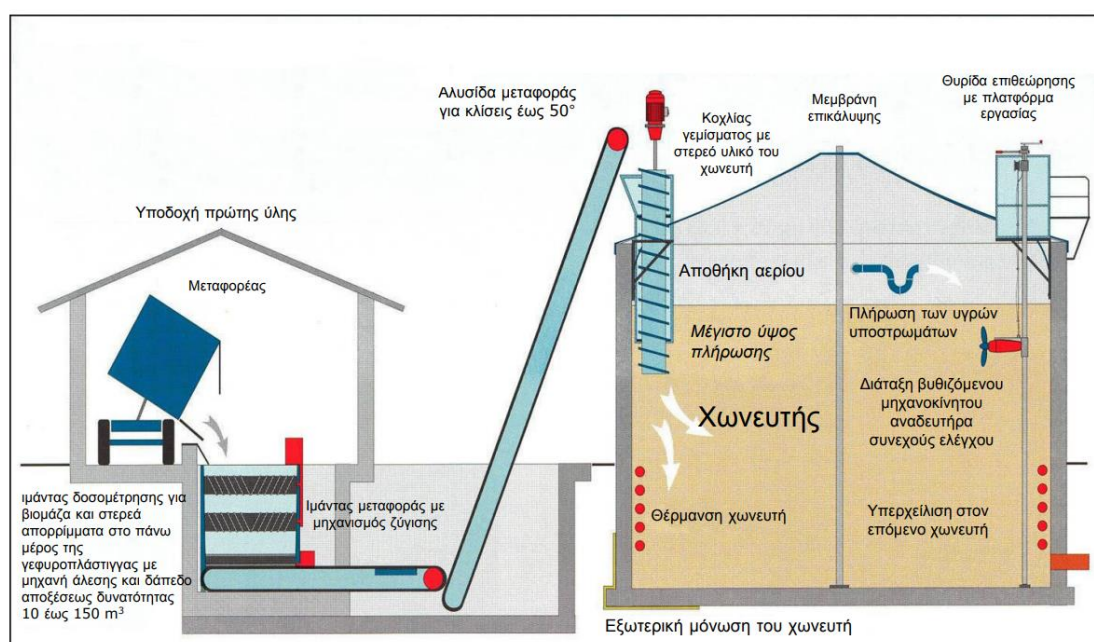
**Διάγραμμα 14:** Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας της Μονάδας Βιοαερίου (Κουτσιμάνης, 2018).



## 5.2. Συλλογή τροφοδοσία πρώτης ύλης- ανάμειξη

Προκειμένου να γίνεται η βέλτιστη διαχείριση στην συλλογή και τροφοδοσία των παραπάνω ποσοτήτων υποστρωμάτων, πρέπει να κατασκευαστούν ειδικές δεξαμενές σε συγκεκριμένες θέσεις στη συνολική χωροθέτηση της μονάδας.

Η μονάδα πρέπει να διαθέτει δεξαμενή αρχικής μίξης και συλλογής υγρής κοπριάς (δεξαμενή παραλαβής). Ακόμη θα πρέπει κατασκευαστεί κυκλική δεξαμενή (διαμέτρου ανάλογα την δυναμικότητα), από μπετό πάχους 0,25μ. για την συλλογή της υγρής κοπριάς χοίρων και βοοειδών και για την ομογενοποίηση- ανάμειξη αυτών με την στερεά κόπρο. Η στερεά ύλη (κοπριά, καλαμπόκι) θα τροφοδοτείται στην μέσω κοχλία (εικόνα 10), σε συγχρονισμό παράλληλης λειτουργίας και με την υγρή ύλη.



**Εικόνα 10:** Αποτύπωση εσωτερικής τροφοδοσίας μονάδας βιοαερίου (Γιακουμέλος-ΚΑΠΕ 2012).

Το ανάμικτο αυτό υγρό θα οδηγείται στο επόμενο στάδιο της τροφοδοσίας του στην δεξαμενή παστερίωσης. Ο σκοπός κατασκευής της συγκεκριμένης δεξαμενής είναι να αποτελεί την δεξαμενή συλλογής της υγρής κοπριάς και την ανάμειξη αυτής με τη στερεά κόπρο, με σκοπό να ελέγχεται πιο απόλυτα η υδραυλική τροφοδοσία στην δεξαμενή παστερίωσης και κυρίως όμως να αποτελεί την «παγίδα» αδρανών υλικών πριν την τροφοδοσία ώστε να μην παρουσιαστεί πρόβλημα μόλυνσης ολόκληρου του φορτίου της πρώτης ύλης.

### 5.3. Στάδιο παστερίωσης υποστρωμάτων

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει κυκλική δεξαμενή κατασκευασμένη από μπετό πάχους 25 cm, στην οποία θα «ενσωματώνετε» το ανάμεικτο υπόστρωμα από την δεξαμενή συλλογής υγρής κοπριάς και ανάμειξης. Το μέγιστο μέγεθος των σωματιδίων πριν από την εισαγωγή τους στη μονάδα θα είναι 12 mm. Η δεξαμενή θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη εσωτερικά, περιμετρικά στα τοιχώματα της, όπου διέρχεται ζεστό νερό θερμοκρασίας 95°C, που παράγεται από τον εναλλάκτη (εικόνα 15). Τα λύματα θα παραμένουν για 1 ώρα σε θερμοκρασία 69,9 °C, όπου γίνεται παστερίωση. Η δεξαμενή διαθέτει σύστημα ανάμειξης, ώστε να επιτυγχάνετε η θερμοκρασία παστερίωσης σε όλο τον όγκο του ανάμικτου υποστρώματος.

Στη συνέχεια με την βοήθεια αντλίας θα εισέρχονται στους βιοαντιδραστήρες (εικόνα 10). Τα λύματα, λόγω της παστερίωσης, έχουν σχεδόν πλήρη μείωση ρυπαντικών φορτίων της τάξης του 90- 95%. Ολόκληρη η διαδικασία θα παρακολουθείται από σύστημα καταγραφής της θερμοκρασίας (επιτυγχάνεται θερμοκρασία 69,9 °C) και θα ελέγχονται τα αποτελέσματα και θα εγκατασταθεί σύστημα ασφαλείας, αν σε κάποια περίπτωση δεν επιτευχθεί η θέρμανση.

Η όλη διεργασία εκτελείται σε απόλυτα αναερόβιες συνθήκες με σύστημα απαγωγής του παραγόμενου αερίου. Σε αυτό το στάδιο επίσης θα προστίθεται μέσω αυτόματου δοσομετρητή και ο διχλωριούχος σίδηρος (FeCl<sub>2</sub>) για την παρεμπόδιση δημιουργίας του υδρόθειου στο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης.

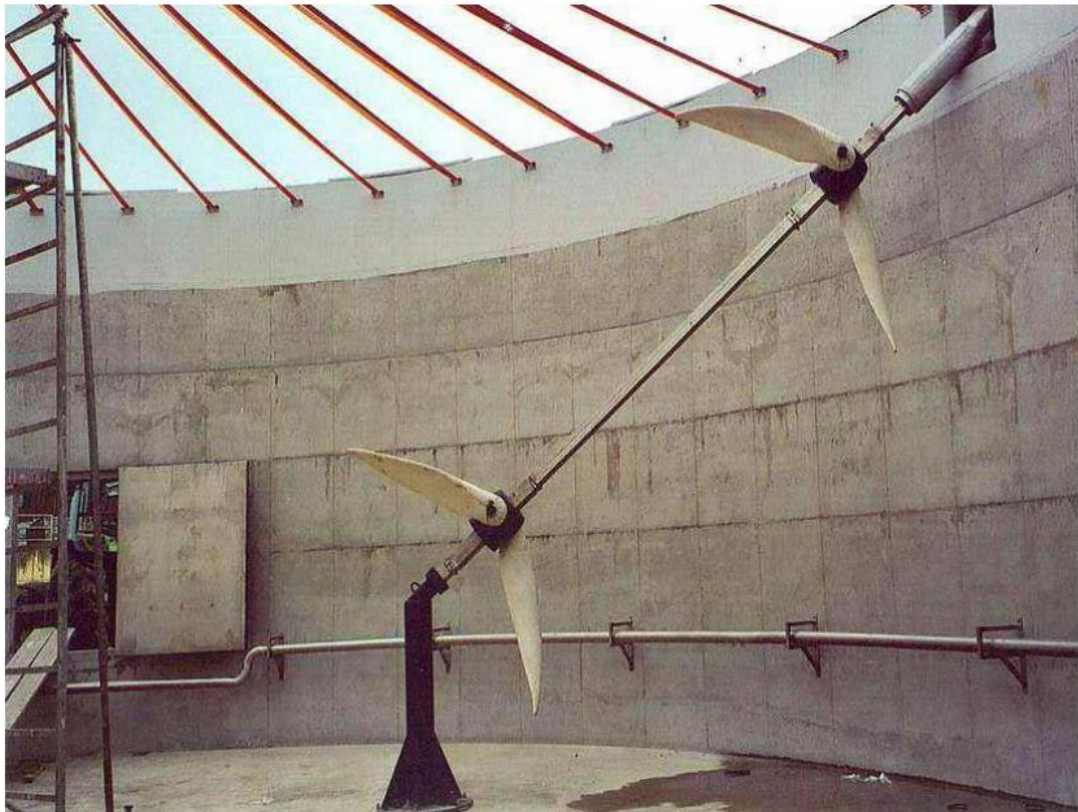
### 5.4 Στάδιο αναερόβιας χώνευσης

Το στάδιο αυτό αφορά τους αναερόβιους αντιδραστήρες (εικόνα 13). Ανάλογα τον όγκο των αποβλήτων σχεδιάζεται και ο όγκος του κάθε αντιδραστήρα και έτσι καθορίζεται και η μέση ημερήσια παροχή του αντιδραστήρα καθώς και ο χρόνος παραμονής στη δεξαμενή του χωνευτή. Η διεργασία της χώνευσης θα γίνεται στη μεσοφιλική ζώνη στο εύρος 35 – 45 °C.

Το ομογενοποιημένο υπόστρωμα (υγρή και στερεή ύλη) με στερεά ~23% από τη δεξαμενή υδρόλυσης μέσω των αντλιών τροφοδοσίας οδηγείται στον αναερόβιο αντιδραστήρα. Ο όγκος κατασκευής του αντιδραστήρα ή περισσότερων εξαρτάται από το μέγεθός της αρχικής κατασκευής της μονάδας. Η τροφοδοσία του αναερόβιου αντιδραστήρα CSTR θα γίνεται παροδικά σε σταθερές ποσότητες ώστε να επιτύχουμε ακόμη καλύτερη ομογενοποίηση. Αυτή η συνεχής παροχή τροφοδοσία διαφοροποιεί τους αντιδραστήρες συνεχούς τύπου από τους ασυνεχούς. Παράλληλα, από την έξοδο

θα εξέρχεται παροδικά μια αντίστοιχη ποσότητα με αυτήν της εισόδου προς τη δεξαμενή συλλογής του χωνευμένου υγρού.

Η ανάμιξη του υγρού μέσα στον αντιδραστήρα θα γίνεται με δυο αναδευτήρες (εικόνα 11 & εικόνα 12) και με μια ειδική αντλία (παροχής έως περίπου 400 m<sup>3</sup>/h) ανακυκλοφορίας που αναρροφά το υγρό από την επάνω ζώνη της δεξαμενής του χωνευτή και το μεταφέρει στο κάτω μέρος έτσι ώστε να το ομογενοποιεί περαιτέρω και παράλληλα να μην επιτρέπει συσσώρευση σωματιδίων στην επιφάνεια της δεξαμενής δηλαδή μεταξύ υποστρώματος και συλλογής βιοαερίου.



**Εικόνα 11:** Μηχανικός αναδευτήρας με εξωτερικό μοτέρ (Γιακουμέλος-ΚΑΠΕ 2012).



**Εικόνα 12:** Μηχανικός αναδευτήρας με ενσωματωμένο μοτέρ (Παπαζηλάκης, 2013).

Οι μη αντλήσιμοι τύποι πρώτης ύλης (ινώδη υλικά, αραβόσιτος, χλόη, στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο, κλπ.) μπορούν να μεταφερθούν από έναν φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας και έπειτα να διοχετευθούν στον χωνευτή (εικόνα 14).



**Εικόνα 13:** Αναερόβιοι αντιδραστήρες με δεξαμενή αποβλήτων στερεών τύπου κοντέινερ (Παπαζηλάκης, 2013).



**Εικόνα 14:** Κοχλίας μεταφοράς στερεών υλικών απευθείας στον χωνευτή (Γιακουμέλος-ΚΑΠΕ 2012).



**Εικόνα 15:** Σωληνώσεις θέρμανσης με καυτό ατμό στο εσωτερικό του αντιδραστήρα-χωνευτή (Γιακουμέλος-ΚΑΠΕ 2012).

Η θέρμανση της πρώτης ύλης μπορεί να γίνεται είτε κατά τη φάση της τροφοδοσίας (προθέρμανση) μέσω εναλλακτών θερμότητας, ή μέσα στο χωνευτή (εικόνα 15), με τη βοήθεια θερμαντικών στοιχείων, καυτού ατμού κλπ. (Γιακουμέλος, Λ- ΚΑΠΕ 2012).

### **5.5. Στάδιο συλλογής, τροφοδοσίας και καθαρισμού βιοαερίου**

Το παραγόμενο αέριο από το στάδιο της υδρόλυσης θα οδηγείται στον αντιδραστήρα ο οποίος έχει «ενσωματωμένη» την αποθήκευση του βιοαερίου. Δίπλα από τις δεξαμενές θα τοποθετηθεί το κτίριο των γεννητριών. Ο αντιδραστήρας θα τροφοδοτεί με αέριο τις γεννήτριες κατόπιν της αφύγρανσης του και του τελικού καθαρισμού του μέσω του φίλτρου ενεργού (π.χ. ενεργού άνθρακα κ.α). Το φίλτρο αυτό είναι το τελικό στάδιο της αποθείωσης του βιοαερίου. Το φίλτρο αλλάζει ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτό που λαμβάνουμε υπόψη για την αλλαγή του φίλτρου είναι η περιεκτικότητα του εξερχόμενου βιοαερίου σε υδρόθειο. Για να είναι το βιοαέριο κατάλληλο για την μηχανή, πρέπει να εξέρχεται από το φίλτρο ενεργού άνθρακα με μέγιστη ποσότητα υδρόθειου 150ppm. Όταν το εξερχόμενο αέριο περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα υδρόθειου από 150ppm, τότε το φίλτρο αλλάζει (Τσιαντής Β., 2018).

## **5.6. Στάδιο καύσης βιοαερίου- ηλεκτροπαραγωγή**

Από την καύση του βιοαερίου πέραν της παραγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος, θα υπάρχει διαθέσιμη και πολύ θερμότητα της οποίας η περίσσεια θα μπορεί να αξιοποιηθεί για την θέρμανση κατά την παστερίωση. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου παράγεται περισσότερο βιοαέριο απ'ό,τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας.

Όταν υπάρχει περίσσεια βιοαερίου που δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας τότε, η ανάφλεξη είναι η τελευταία λύση. Κάθε μονάδα βιοαερίου πρέπει να είναι εξοπλισμένη με έναν «πυρσό» για αποφυγή οποιοδήποτε προβλήματος ασφαλείας μπορεί να προκύψει (Γιακουμέλος, Λ- ΚΑΠΕ 2012).

## **5.7. Στάδιο συλλογής χωνεμένου κλάσματος**

Το εξερχόμενο υγρό θα ανέρχεται από τον αντιδραστήρα θα οδηγείται στον κοπροδιαχωριστή. Μετά την έξοδο του από τον αναερόβιο αντιδραστήρα, το υγρό μίγμα θα υποβάλλεται σε διαδικασία φυγοκέντρισης/ διαχωρισμού (κοπροδιαχωριστής), προκειμένου να διαχωριστεί το στερεό από το υγρό κλάσμα (εικόνα 16).



**Εικόνα 16:** Διαχωριστής υγρού στερεού χωνεμένου υπολείμματος (Γιακουμέλος, Λ-ΚΑΠΕ 2012).

Έτσι προκύπτει ένα στερεό κλάσμα (~23% της ποσότητας, με δεσμευμένο το μεγαλύτερο μέρος της ξηράς ουσίας, το 25% του Αζώτου (με χρήση πολυηλεκτρολύτη) και το 75% του Φωσφόρου) και ένα υγρό κλάσμα (77% της εξερχόμενης ποσότητας από τους αντιδραστήρες, με δεσμευμένο μικρού μέρους της ξηράς ουσίας, το 75% του Αζώτου και το 25% του Φωσφόρου).

### **5.8. Διάθεση των υγρών της μονάδας βιοαερίου**

Το χωνευμένο υγρό από τους βιοαντιδραστήρες θα αντλείται σε παρακείμενη τσιμεντένια δεξαμενή πλήρως στεγανοποιημένη για την αποθήκευσή τους κατά την χειμερινή περίοδο και την μετέπειτα χρήση τους ως υγρή λίπανση στους αγρούς καλλιέργειας του καλαμποκιού και πρόσθετων άλλων παρακείμενων καλλιεργειών (εικόνα 20). Την υπόλοιπη περίοδο θα οδηγούνται κατευθείαν για χρήση στους αγρούς καλλιέργειας. Το υγρό υπόλειμμα μετά τη διαδικασία της χώνευσης έχει υγρασία περίπου 65 – 80 % και διαχωρίζεται μηχανικά μέσω ειδικού μηχανήματος σε υγρό και στερεό λίπασμα.



Την περίοδο που το αποθηκευμένο υγρό μίγμα δεν χρησιμοποιείται (εικόνα 17 & εικόνα 18) για υγρή λίπανση προτείνεται να επαναχρησιμοποιείται στην δεξαμενή ομογενοποίησης για την επιθυμητή αραίωση των εισερχόμενων αποβλήτων πριν την προώθησή τους στις δεξαμενές αναερόβιας χώνευσης.



**Εικόνα 17:** Ανοικτή τεχνητή λίμνη για την αποθήκευση του κομπόστ ([www.gaiosanaptixi.gr](http://www.gaiosanaptixi.gr)).



**Εικόνα 18:** Δεξαμενή αποθήκευσης καλυμμένη με μεμβράνες (Danish Biogas Association, 2008).



**Εικόνα 19:** Αποθήκευση χωνεμένου προϊόντος σε στεγανό χώρο (Τσιαντής Β., 2018).



**Εικόνα 20:** Διάθεση υγρού χωνεμένου υπολείμματος απευθείας στον αγρό (Λαγούδη., 2012).

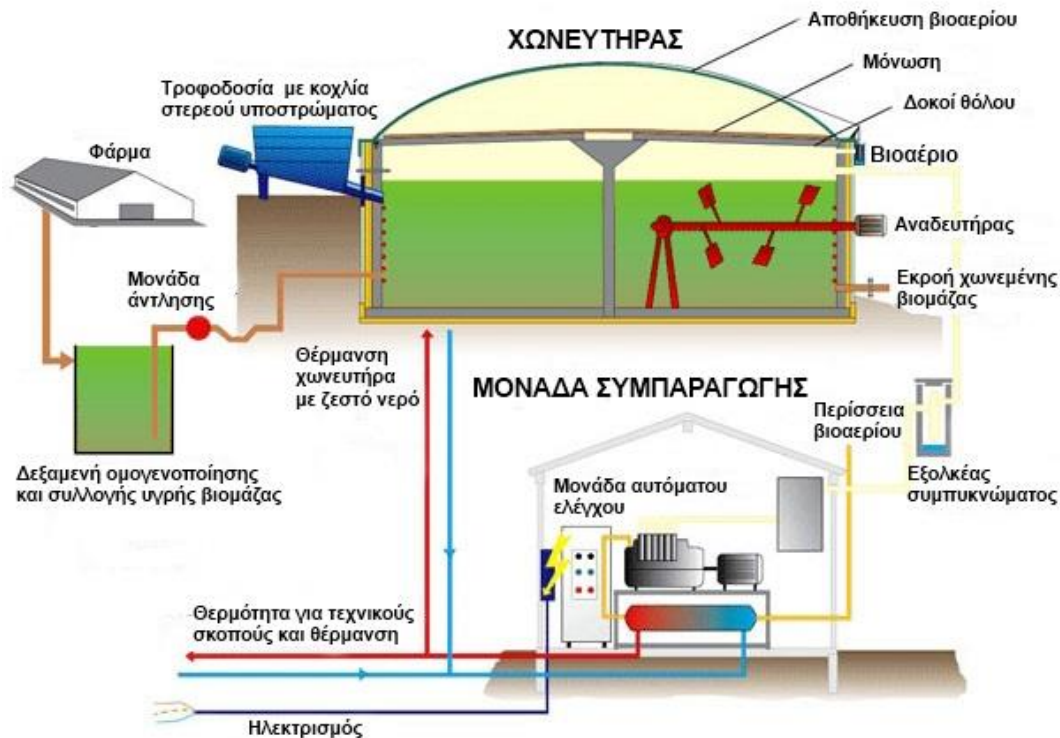
Για την χωμάτινη δεξαμενή θα πρέπει να γίνει εκσκαφή ύψους 3,00m και περιμετρική επίχωση σε ύψος 1,00m. Συνολικά το ύψος της δεξαμενής θα είναι 4,00m και το ενεργό βάθος της 3,50m. Η χωρητικότητα της θα είναι  $19.332,78 \text{ m}^2 > 115,82 \text{ tn/d} \times 4 \text{ μήνες} \times 30 \text{ ημέρες} = 13.898,40 \text{ m}^2$ . Η δεξαμενή θα είναι καλυμμένη εσωτερικά με

σκληρό πλαστικό. Κατά την παραμονή των λυμάτων στη χωμάτινη δεξαμενή, έχουμε μείωση των ρυπαντικών φορτίων της τάξης του 90% με 95%.

### 5.9. Μονάδα συμπαραγωγής

Το βιοαέριο που θα παραχθεί από την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης αφού επεξεργαστεί και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύση διοχετεύεται μέσω αγωγών σε μηχανή εσωτερικής καύσης. Υπάρχουν γεννήτριες (εικόνα 21 & εικόνα 22) οι οποίες παράγουν μεγάλες ποσότητες ρεύματος και θεωρούνται υψηλής τάσης. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείτε μετασχηματιστής.

Το σύστημα συμπαραγωγής είναι μια μονάδα παραγωγής συνδυασμένης θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία παράγει την ηλεκτρική ενέργεια από μια γεννήτρια, που κινείται από μια μηχανή αερίου και παράγει τη θερμική ενέργεια απο ζεστό νερό και ατμό.



Διάγραμμα 14: Διάγραμμα ροής μονάδας βιοαερίου και μονάδας συμπαραγωγής ([http://www.envima.gr/el/biogas\\_plants/pws\\_leitourgei\\_mia\\_monada](http://www.envima.gr/el/biogas_plants/pws_leitourgei_mia_monada)).



**Εικόνα 21:** Μηχανή εσωτερικής καύσης βιοαερίου άνω των 4.000Volt. (Παπαζηλάκης, 2013).

Ανάλογα την απόδοση % της μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και η θερμική. Η ηλεκτρική αποδίδεται σε kW και η θερμική σε kWth.

Για παράδειγμα σε μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου 999 Kw εάν η ηλεκτρική απόδοση είναι 41% τότε η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς ανέρχεται σε 980 kW και η θερμική απόδοση του συστήματος ΣΗΘ ανέρχεται σε 38,2%. Αυτό σημαίνει ότι είναι διαθέσιμη και μια θερμική ισχύς 929 kWth. Αυτή η θερμική ισχύς προκύπτει με ανάκτηση θερμότητας από τα κυκλώματα ψύξης του νερού και του λαδιού των ΜΕΚ καθώς και από τα καυσαέρια. Από αυτή την ισχύ τα 460kWth θα διατεθούν στον χωνευτή για τη θέρμανσή του ενώ τα υπόλοιπα 470 kWth σε πρώτο στάδιο θα απορρίπτονται στην ατμόσφαιρα, αφού θα περνά από ενσωματωμένο στο συγκρότημα συμπαραγωγής μηχανήμα ψύξης ώστε να μην επιβαρύνει το περιβάλλον.



**Εικόνα 22:** Καυστήρας βιοαερίου για παραγωγή θερμότητας (Rutz D et al., 2008).

Η μονάδα ΣΗΘ μπορεί να δουλεύει το 90% των διαθέσιμων ωρών του έτους. Το υπόλοιπο διάστημα τίθεται εκτός λειτουργίας είτε για συντήρηση είτε λόγω βλαβών. Συνοπτικά τα ενεργειακά μεγέθη που αφορούν μία μονάδα ΣΗΘ με ισχύ 999 kW<sub>e</sub> παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.

**Πίνακας 7:** Ενεργειακά μεγέθη που αφορούν την μονάδα ΣΗΘ.

	Ποσότητα
Ημερήσια ποσότητα αποβλήτων, τόνοι	167,13
Ημερήσια παραγωγή βιοαερίου, Nm <sup>3</sup>	5.872
Θερμογόνος δύναμη βιοαερίου, kWh/Nm <sup>3</sup>	3.5-5.5
Ισχύς ηλεκτρογεννήτριας, kW <sub>e</sub>	999
Ισχύς ηλεκτρογεννήτριας, kW <sub>e</sub>	930
Διαθεσιμότητα μονάδας, %	90
Ετήσια παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια, MW <sub>he</sub>	11.790
Ετήσια παραγόμενη Θερμική Ενέργεια, MW <sub>hth</sub>	10.985

### **Ηλεκτρική απόδοση: 41,0%**

Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος: 14.430 kWh /ημέρα

Απαίτηση ηλεκτρικού ρεύματος από τη μονάδα Βιοαερίου: περίπου 1.700kWh /ημέρα.

### **Θερμική απόδοση: 38,20%**

Παραγωγή θερμότητας 13.450 kWh /ημέρα.

Απαίτηση θερμότητας από τον βιοαντιδραστήρα: περίπου 8.000 kWh/ημέρα.

Απαίτηση θερμότητας μονάδας παστερίωσης:

$Q = \pi d^2/4 \times h \times \Delta T = 3,14 \times 152 /4 \times 3 \times (70-12) = 30.732,75 \text{Kcal/h}$  ή 30,74Kw ήτοι

738kWh/ημέρα

## **5.10. Αναλυτική παρουσίαση της παραγόμενης ενέργειας και αξιοποίησης**

### **➤ Διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια**

Η καύση του βιοαερίου στα συγκροτήματα συμπαραγωγής, εκτός από θερμική ενέργεια αποδίδει και μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Η ίδια η μονάδα έχει ανάγκη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να λειτουργήσει και καταναλώνεται στις αντλίες μεταφοράς λυμάτων, στους αναδευτήρες δεξαμενών παραγωγής βιοαερίου και στους διάφορους κινητήρες της μονάδας. Η ενέργεια αυτή, πάντα σύμφωνα με τους πίνακες της κατασκευάστριας εταιρείας. Την ενέργεια αυτή, την απαραίτητη για τη λειτουργία της μονάδας, θα την προμηθεύει η ΔΕΗ, από το δίκτυο Μέσης Τάσης.

### **➤ Διαθέσιμη θερμική ενέργεια**

Τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη της μονάδας, κατά τη λειτουργία τους, εκτός από ηλεκτρική ενεργεία αποδίδουν και θερμική ενέργεια.

Η θερμική ενέργεια προέρχεται από τρεις πηγές:

- από την ψύξη των λαδιών του ζεύγους,
- από την ψύξη του κινητήρα, και
- από τα καυσαέρια της εξαγωγής του.

Το ποσό της θερμότητας αποδίδεται με τη μορφή ζεστού νερού χρήσης με τη χρήση ενός εναλλάκτη νερού – νερού από το νερό ψύξης του

κινητήρα και των λαδιών και με τη χρήση ενός εναλλάκτη ατμού – νερού από τα καυσαέρια των συγκροτημάτων συμπαραγωγής.

Η ίδια η μονάδα έχει ανάγκη απορρόφησης ενός ποσοστού αυτής της θερμικής ενέργειας προκειμένου η δεξαμενή αναερόβιας χώνευσης (όπου και παράγεται το βιοαέριο) να διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία 37°C.

Ο υπολογισμός της μονάδας παστερίωσης πρέπει να γίνει με τις δυσμενέστερες συνθήκες. Δηλαδή το ποσό απαιτούμενης θερμικής ενέργειας από τη μονάδα να αποτελεί τη μέγιστη ζήτηση και να αφορά τους χειμερινούς μήνες που οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερες. Κατά την περίοδο του καλοκαιριού η ζήτηση είναι σημαντικά μικρότερη.

### **5.11. Ασφάλεια μονάδας βιοαερίου**

Η κατασκευή και η λειτουργία μιας μονάδας βιοαερίου σχετίζεται με ένα αριθμό από σημαντικά ζητήματα ασφάλειας που, εάν δεν ληφθούν υπ' όψη, εγκυμονούν πιθανούς κινδύνους για τους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον. Η λήψη των κατάλληλων προφυλάξεων και μέτρων ασφάλειας έχει ως σκοπό την αποφυγή οποιωνδήποτε κινδύνων και επικίνδυνων καταστάσεων και συμβάλει στην εξασφάλιση μιας ασφαλούς λειτουργίας της μονάδας. Η έγκριση της οικοδομικής άδειας εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από την εκπλήρωση των σημαντικών ζητημάτων ασφάλειας και τη λήψη καθαρά προληπτικών μέτρων και ελέγχου των βλαβών όπως (Παπαζηλάκης, 2013):

- Πρόληψη έκρηξης
- Πρόληψη πυρκαγιάς
- Μηχανικοί κίνδυνοι
- Στατικότητα της κατασκευής
- Ηλεκτρική ασφάλεια
- Αντικεραυνική προστασία
- Θερμική ασφάλεια
- Προστασία από εκπομπές θορύβου
- Πρόληψη για ασφυξία, δηλητηρίαση
- Υγιεινή και κτηνιατρική ασφάλεια

- Αποφυγή των ρυπογόνων εκπομπών αερίων
- Πρόληψη των διαρροών στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα
- Αποφυγή της απελευθέρωσης ρύπων κατά τη διάρκεια της διάθεσης των αποβλήτων
- Αντιπλημμυρική ασφάλεια.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου παράγεται περισσότερο βιοαέριο απ'ό,τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Όταν υπάρχει περίσσεια βιοαερίου που δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας τότε, η ανάφλεξη είναι η τελευταία λύση. Κάθε μονάδα βιοαερίου πρέπει να είναι εξοπλισμένη με έναν «πυρσό» για αποφυγή οποιoδήποτε προβλήματος ασφαλείας μπορεί να προκύψει (Γιακουμέλος, Λ-ΚΑΠΕ 2012).



**Εικόνα 23:** Πυρσός καύσης βιοαερίου (Γιακουμέλος, Λ- ΚΑΠΕ 2012).



## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα

Η αύξηση των κτηνοτροφικών αποβλήτων τις τελευταίες δεκαετίες, έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα στις υπερφορτωμένες περιοχές. Προκειμένου να δοθούν λύσεις σε χρόνια προβλήματα της περιοχής η συγκεκριμένη διατριβή παρουσιάζει την κατάσταση της κτηνοτροφίας στην Ήπειρο, χαρτογραφεί τα ενεργά πτηνοτροφία στον νομό Άρτας και προτείνει λύσεις.

Αρχικά αναλύθηκαν οι ορισμοί της αναερόβιας χώνευσης και του βιοαερίου. Έγινε περιγραφή της δυναμικότητας των κτηνοτροφικών επιχειρήσεων στην περιοχή της Ηπείρου χρησιμοποιώντας δεδομένα της Ελστατ ενώ παρουσιάστηκαν και στοιχεία από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Η Έρευνα Διάρθρωσης Γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων που διεξήχθη το έτος 2016 από την Ελστατ έδειξε ότι ο δυναμικότερος κλάδος της κτηνοτροφίας στην Ήπειρο είναι η πτηνοτροφία. Παρόλου που η συγκεκριμένη έρευνα βρίσκεται πολύ κοντά στα πραγματικά στοιχεία, ωστόσο δεν υπάρχει σαφείς εικόνα για τον ακριβή αριθμός των οργανωμένων κτηνοτροφικών επιχειρήσεων στην περιφέρεια Ηπείρου και γενικότερα στην χώρα μας διότι η Ελστατ στην συγκεκριμένη έρευνα λαμβάνει υπόψιν και πολύ μικρές οικιακές επιχειρήσεις.

Η πρωτοτυπία της συγκεκριμένης διατριβής βρίσκεται στον σκοπό της που είναι η συμβολή στην παροχή δεδομένων προκειμένου να γίνει αντιληπτή η ανάπτυξη της κτηνοτροφίας και να βρεθούν λύσεις περί ανάπτυξης μονάδων βιοαερίου αξιοποιώντας την «χαμένη» ενέργεια και προστατεύοντας το περιβάλλον. Έγινε λοιπόν χαρτογράφηση της περιοχής του κάμπου στον νομό Άρτας χαρτογραφώντας 180 ενεργά πτηνοτροφεία τα οποία αποτυπώνονται στον χάρτη. Η ανάλυση πυκνότητας των εγκαταστάσεων συγκεντρώνεται στις περιοχές μεταξύ των χωριών Κωστακιοί- Άγιος Σπυρίδωνας- Ανέζα και Ράχη ενώ παρατηρήθηκαν και νέες εγκαταστάσεις σε περιοχές οι οποίες δεν είχαν παλιότερα κοντά κάποια πτηνοτροφική εγκατάσταση στις περιοχές Χανόπουλό, Καλαμιά και Ρόκκα. Η άναρχη κατασκευή των πτηνοτροφείων δείχνει ότι στην περιοχή δεν υπάρχει πολεοδομικό σχέδιο κατασκευής σε συγκεκριμένη περιοχή με αποτέλεσμα να υπάρχει συσσώρευση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε ολόκληρη την περιοχή υπάρχουν ελάχιστες μικρές μονάδες βιοαερίου, χωρίς βρίσκονται κοντά στον πυρήνα των συγκεκριμένων πτηνοτροφείων. Τα παραπάνω δεδομένα ενισχύουν το επιχείρημα της μη ύπαρξης παραγωγικού σχεδίου για την πεδιάδα του νομού Άρτας αφήνοντας ανεξέλεγκτη την δόμηση κοντά σε περιοχές φυτικού κεφαλαίου, σε μεγάλα χωριά του νομού, δίπλα σε βιομηχανίες του πρωτογενούς

τομέα και κοντά σε υδάτινους αποδέκτες. Η κατασκευή νέων μονάδων βιοαερίου κοντά στις υπερφορτωμένες περιοχές κρίνεται απαραίτητη όπως και η χωροθέτηση της πτηνοτροφικής δραστηριότητας στον νομό.

Η εναπόθεση αποβλήτων σε περιοχές που γειτνιάζουν με τις μονάδες, δημιουργούν πολλές φορές, σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα (ρύπανση- οσμές- θόρυβος- υποβίβαση τοποθεσίας), με σημαντικές κυρώσεις, νομικές και οικονομικές, για τους διαχειριστές τους. Οι μονάδες βιοαερίου αποτελούν έναν οικονομικό τρόπο για την μετέπειτα διαχείριση των αποβλήτων, δημιουργώντας επιπροσθέτως ένα οργανικό υλικό, με σημαντική αξία για την λίπανση των καλλιεργειών, και οικονομικό όφελος για την μονάδα. Ταυτόχρονα στον αγροτικό τομέα θα παρέχεται εξαιρετικής ποιότητας εδαφοβελτιωτικό χωρίς να δημιουργούνται επιπλέον προβλήματα ρύπανσης εδάφους στις φυτικές καλλιέργειες.

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Al Seadi Teodorita, Rutz D., Prassl H., Kottner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., Σιούλας Κ., Εγχειρίδιο Βιοαερίου. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), 2008.
2. Angelidaki I., Schmidt J.E. (2003). The anaerobic process, Chapter 3, Anaerobic Microbiology. Environment & Resources DTU.
3. Arvanitoyannis, I. & Ladas, D., 2008. Meat waste treatment methods and potential uses. International Journal of Food Science and Technology, Τόμος 43, p. 543–559.
4. Gould, M.C. (2015). Bioenergy and Anaerobic Digestion. In A. Dahiya (Ed.), Bioenergy: Biomass to Biofuels (pp. 297-317). Burlington, VT, USA: Academic Press.
5. Hall, E. R. (1992). Anaerobic treatment of wastewaters in suspended growth and fixed film processes. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA. Water Quality Management Library, 7, J.F. Malina, Jr. and F.G. Pohland (eds), pp. 41-119.
6. Hosseini, S. E., Andwari, A. M., Wahid, M. A., & Bagheri, G. (2013). A review on green energy potentials in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 27, 533–545.
7. Monteith, H. D. Stephenson, J. P. (1981). Mixing efficiencies in full scale anaerobic digesters by tracer methods. Journal Water Pollution Control Federation, 53, 1, pp. 78-84.
8. Nizami, A.-S. (2012). Anaerobic Digestion: Processes, Products and Applications. In D.J. Caruana & A.E. Olsen, (Eds.), Anaerobic Digestion: Processes, Products and Applications (pp. 133-147). New York, USA: Nova Science Publishers, Inc.
9. Parkin, G. F., Owen, W. F. (1986). Fundamentals of anaerobic digestion of wastewater sludge's. Journal Environmental Engineering Div. Amer. Soc. Civil Engineering, 112, pp. 867-920.
10. Paulo Paula L; Jiang Bo; Cysneiros Denise; Stams Alfons J M; Lettinga Gatzke, (2004) Effect of cobalt on the anaerobic thermophilic

conversion of methanol. *Biotechnology and bioengineering*, 85(4), 434-41.

- 11.** Rutz D., Janssen R., Epp C., Helm P., Grmek M., Agrinz G., Prassl H., Sioulas K., Dzene I., Ivanov I., Dimitrova D., Georgiev K., Kulisic B., Finsterwalder T., Köttner M., Volk S., Kolev N., Garvanska S., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Al Seadi T. , 2008. *The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-technical Activities. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition, Valencia, Spain; ISBN 978-88-89407-581.*
- 12.** Sean X. Liu (2007). *Food and Agricultural Wastewater Utilization and treatment.* Blackwell Publishing, p. 138-144.
- 13.** Vlyssides A S. Mai and E.M. Barampouti (2015) *Energy generation potential in Greece from agricultural residues and livestock manure by Anaerobic Digestion Technology* School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens.
- 14.** Vögeli, Y., Lohri, C.R., Gallardo, A., Diener, S. & Zurbrügg, C. (2014). *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries: Practical Information and Case Studies.* Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).

## Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Q&D A.E., 2011. Μελέτη διαχείρισης ζωικών υποπροϊόντων και λυμάτων πτηνοτροφικών μονάδων, σχεδιασμός παρεμβάσεων και δράσεων προς υλοποίηση, έλεγχος σκοπιμότητας και καταλληλότητας των σχεδίων που υποβάλλονται από φορείς και επενδυτές, Ιωάννινα: Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Θεσσαλία - Στερεά Ελλάδα - Ήπειρος 2007 - 2013.
2. Βγενόπουλος, Ν. (2018). Διαχείριση κτηνοτροφικών αποβλήτων. Μελέτη περίπτωσης στη Δυτική Ελλάδα. Διπλωματική Εργασία. ΜΠΣ : Διαχείριση Αποβλήτων. Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Πάτρα.
3. Γερασίμου Α. (2013) Η αγροτική Βιομάζα και οι δυνατότητες αξιοποίησής της στην Ελλάδα.
4. Γεωργακάκης Δ. (2003). Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Στερεά Γεωργικά Απόβλητα. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
5. Γιακουμέλος, Λ. (2012). Τεχνολογίες παραγωγής και αξιοποίησης του βιοαερίου, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας.
6. Γκορέζη Χ., (2020). Μεταπτυχιακή διατριβή «Παραγωγή βιοαερίου από κτηνοτροφικά απόβλητα. Η περίπτωση της Κορώνειας», ΕΑΠ.
7. ΕΛΣΤΑΤ., (2016). Έρευνα Διάρθρωσης Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων (Εκμεταλλεύσεις και αριθμός ζώων κατά είδος, περιφέρεια και περιφερειακή ενότητα).
8. Ζαφείρης Χ., (2012) Δυναμικό παραγωγής βιοαερίου από απόβλητα αγροτοβιομηχανιών ΚΑΠΕ.
9. ΚΑΠΕ, ΙΠΣΥ, ΕΜΠ, ΕΡΑΤΟΣΘΕΝΗΣ, ΤΕΡΟ, ΚΕΝΑΚΑΠ, ΑΕΝΟΛ (2014) Υποδομές Πληροφορικής για τη Βελτιστοποίηση Εφοδιαστικών Αλυσίδων σε Συμβιωτικά Δίκτυα Βιοενέργειας με Υπηρεσίες Λογοδοσίας. Πρόγραμμα «Συνεργασία 2011» Συμπράξεις Παραγωγικών και Ερευνητικών Φορέων σε Εστιασμένους Ερευνητικούς και Τεχνολογικούς Τομείς.
10. Κορνάρος Μ. (2013) «Ενεργειακή αξιοποίηση παραπροϊόντων αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων».

11. Κουσαθανά Θεοδοσία (2013) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από βιομηχανικές κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις: Εφαρμογή σε μονάδα του Ν. Πρεβέζης. Ε.Μ.Π.
12. Κουτσιμάνης, Κ., (2018). Παραγωγή Βιοαερίου από Αγροτοβιομηχανικά Απόβλητα: Η Περίπτωση Μελέτης Μονάδας Παραγωγής Βιοαερίου στην Περιφερειακή Ενότητα Κοζάνης, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Μεταπτυχιακή Διατριβή.
13. Λαγούδη Α., (2012). Ορθή περιβαλλοντικά λειτουργία μονάδων παραγωγής βιοαερίου με την αξιοποίηση βιομάζας. Αθήνα Συνέδριο ΤΕΕ «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ».
14. Λυμπεράτος, Γ., Γιαπιτζάκης, Κ. & Κομνίτσας, Κ. (2004). Βιομηχανικά Υγρά Απόβλητα. Πάτρα, Ελλάδα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
15. Μάη, Σ. (2006) Επίδραση Ιόντων Δισθενούς Σιδήρου στην Λειτουργία Ενός Αναερόβιου Χωνευτήρα, Υγρών Βιομηχανικών Αποβλήτων, τύπου UASB (Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Αθήνα, Ελλάδα.
16. Μαραγκάκη Α. (2018) Αναερόβια συν-χώνευση αστικής ιλύος και αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων για τη βέλτιστη παραγωγή βιοαερίου, Διδακτορική Διατριβή.
17. Μαρκαντωνάτος Γ., (1990) Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων, Β'.
18. Μπογιατζής Τ., (2012) Πτυχιακή Εργασία: «Βιοαέριο: Μία ενέργεια για το μέλλον» (<http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/2175/1/012012014.pdf>).
19. Νασιάδης Δ., (2017) Ολοκληρωμένη αξιοποίηση αγροτικών υπολειμμάτων και αποβλήτων από κτηνοτροφικές μονάδες για την παραγωγή ενέργειας και προϊόντων στο Νομό Πιερίας, Μεταπτυχιακή διατριβή.
20. Παπαζηλάκης Χ. (2013) Τεχνοοικονομική μελέτη για μονάδα παραγωγής βιοαερίου σε αγελαδοτροφική μονάδα. Ε.Μ.Π.

21. Παπαλεξίου Ε., (2012) «Η Ενεργειακή Αξιοποίηση αποβλήτων ζωικής προέλευσης στην περιφέρεια Θεσσαλίας», Μεταπτυχιακή Διατριβή.
22. Σεβαστού Σ., (2014). Διπλωματική εργασία «Σχεδιασμός συστήματος αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων ελαιουργείου». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
23. Τεκερλεκοπούλου Α., (2015). Χημικές και βιοχημικές διεργασίες. Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα Π. Πατρών, τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων.
24. Τεχλεμτζής Δ., (2012) «Διαχείριση αποβλήτων Ορνιθοτροφείου και παραγωγή Βιοαερίου», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.
25. Τσιαντής Β., (2018) «Περιγραφή & Ανάλυση Μονάδας βιοαερίου 1WM», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.
26. Υ.ΠΕ.ΚΑ., (2011). Έκθεση Επισκόπησης Σημαντικών Θεμάτων Διαχείρισης Νερών.
27. ΦΕΚ 4664, Β., (2017). Έγκριση της 1ης Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.
28. Φραντζής, Μ., (2016). Η κρεατοπαραγωγός πτηνοτροφία στην Ήπειρο, Άρτα, ΤΕΙ Ηπείρου.

## Διαδίκτυο

1. <http://www.envima.gr>
2. <http://www.lagie.gr/systima-eggyimenon-timon/ape-sithya/adeiodotikidiadikasia-kodikopoiisi-nomothesias-ape/periechomena/biomazabiokaysima/apaitoymenes-adeies-monadon-biomazas-i-biokaysimon/>
3. <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/xorotajian/574-prostasiaperibalon/3121-odhgia91-676>
4. [http://www.prosodol.gr/sites/prosodol.gr/files/WHO\\_Drinking%20Water%20Quality%20Guidelines%202008.pdf](http://www.prosodol.gr/sites/prosodol.gr/files/WHO_Drinking%20Water%20Quality%20Guidelines%202008.pdf)
5. <http://www.ypeka.gr/?tabid=443>
6. <http://www.agroepirus.gr/eagro/farmers/articles/article.jsp?context=9104&articleid=6011>
7. [www.heliotop.gr](http://www.heliotop.gr)
8. [www.epirus.gov.gr](http://www.epirus.gov.gr)