



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Διαχείριση υποπροϊόντων πτηνοτροφικής μονάδας ορνίθων
αυγοπαραγωγών για παραγωγή κομπόστ».**

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΒΛΑΧΟΣ

ΜΙΧΑΗΛ ΚΟΡΝΑΡΟΣ

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract	6
Εισαγωγή.....	7
1. Η πτηνοτροφική παραγωγή στην Ελλάδα	8
1.1 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη του κλάδου.....	8
1.2 Σημερινή κατάσταση και παραγωγικά μεγέθη.....	10
1.3 Είδη και κατηγορίες πτηνοτροφικών επιχειρήσεων.....	11
2. Η μονάδα αυγοπαραγωγής και τα συστήματα εκτροφής	15
2.1 Είδη ωοτοκών ορνίθων	15
2.2 Συστήματα εκτροφής και κωδικοί αυγών (0,1,2,3).....	16
2.3 Είδη παραγωγικών μονάδων και γραμμές παραγωγής	19
2.4 Βιολογική εκτροφή ωοπαραγωγών ορνίθων.....	20
3. Υποπροϊόντα και απόβλητα πτηνοτροφικών μονάδων	22
3.1 Είδη υποπροϊόντων	22
3.2 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση παραγόμενων αποβλήτων.....	25
3.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις ακατάλληλης διαχείρισης πτηνοτροφικών αποβλήτων	26
3.4 Υφιστάμενος τρόπος διαχείρισης υποπροϊόντων στην μονάδα.....	29
4. Κομποστοποίηση πτηνοτροφικών υποπροϊόντων	31
4.1 Βασικές αρχές και διεργασίες της κομποστοποίησης	31
4.2 Πρώτες ύλες και παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του κομποστ ...	32
4.3 Συστήματα και τεχνολογίες κομποστοποίησης.....	33
4.4 Χαρακτηριστικά, εφαρμογές και οφέλη του παραγόμενου κομπόστ.....	35
5. Επέκταση της υφιστάμενης μονάδας αυγοπαραγωγής.....	38
5.1 Υπάρχουσα κατάσταση αυγοπαραγωγής και επεξεργασίας αποβλήτου.....	38

5.2	Δεδομένα επέκτασης	41
5.2.1	Κτιριακή επέκταση	41
5.2.2	Μηχανολογική επέκταση	44
5.3	Δεδομένα λειτουργίας	48
5.4	Έσοδα	50
5.4.1	Έσοδα από διαχείριση αποβλήτων και υποπροϊόντων	50
5.4.2	Πωλήσεις	51
5.5	Συνολικά κόστη επενδύσεων και χρηματοροών	53
6.	Προοπτικές και βιώσιμη ανάπτυξη	56
7.	Συμπεράσματα	58
8.	Βιβλιογραφία	60
8.1	Ελληνόγλωσσες Πηγές	60
8.2	Ξενόγλωσσες Πηγές	61

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει το τρόπο της διαχείρισης υποπροϊόντων υφιστάμενης πτηνοτροφικής μονάδας δυναμικότητας 80.000 ωοτοκών ορνίθων αυγοπαραγωγής, με στόχο την δυνατότητα αξιοποίησης τους μέσω της κομποστοποίησης. Η μελέτη είναι σε συνέχεια αδειοδοτημένης μονάδας η οποία πραγματοποιεί επέκταση και στόχος της είναι η αναβάθμιση και βελτίωση της λειτουργίας σχετικά με το περιβάλλον, στην μείωση των αποβλήτων δηλαδή τη μετατροπή της κοπριάς και των οργανικών υπολειμμάτων σε ένα προϊόν εμπορεύσιμο και αξιόλογο.

Η εργασία παρουσιάζει τα βασικά χαρακτηριστικά των ωοτόκων ορνίθων και τα συστήματα εκτροφής που χρησιμοποιούνται. Ακόμα περιγράφονται οι βασικές αρχές της κομποστοποίησης, οι πρώτες ύλες και τα συστήματα που εφαρμόζονται σε μια τέτοια μονάδα. Γίνεται περιγραφή συγκεκριμένης μονάδας και συγκεκριμένα οι γραμμές παραγωγής, ο Η/Μ εξοπλισμός και οι ποσότητες κοπριάς που παράγονται. Λαμβάνοντας υπόψιν αυτά τα δεδομένα θα γίνει επιλογή της βέλτιστης λύσης που ταιριάζει καλύτερά στην εν λόγω μονάδα.

Στην εισαγωγή παρουσιάζεται η σημασία της σύγχρονης πτηνοτροφικής παραγωγής, και η ανάγκη για τη διαχείριση των υποπροϊόντων. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης μια μονάδας αυγοπαραγωγής, η ανάλυση των παραγόμενων υποπροϊόντων, η εφαρμογή της κομποστοποίησης και η αξιολόγηση της τεχνικής και οικονομικής δυνατότητας υλοποίησης αυτής της λύσης στα πλαίσια επέκτασης της μονάδας.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η πτηνοτροφική παραγωγή στην Ελλάδα, η ιστορική εξέλιξη του κλάδου, η σημερινή κατάσταση και τα βασικά χαρακτηριστικά των πτηνοτροφικών μονάδων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η μονάδα αυγοπαραγωγής και τα συστήματα εκτροφής των ωοπαραγωγών ορνίθων, καθώς και οι διάφοροι τύποι παραγωγικών μονάδων.

Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζονται τα υποπροϊόντα και τα απόβλητα των πτηνοτροφικών μονάδων, τα χαρακτηριστικά τους και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία κομποστοποίησης των πτηνοτροφικών υποπροϊόντων, οι βασικές αρχές της, τα συστήματα εφαρμογής της και τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου κομποστ.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη επέκτασης της υφιστάμενης μονάδας αυγοπαραγωγής καθώς και τα τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά δεδομένα που τη συνοδεύουν.

Στο έκτο κεφάλαιο εξετάζονται οι προοπτικές βιώσιμης ανάπτυξης της πτηνοτροφικής δραστηριότητας με έμφαση στις αρχές της κυκλικής οικονομίας.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας σχετικά με την αποτελεσματικότητα της κομποστοποίησης ως μεθόδου διαχείρισης των υποπροϊόντων μιας πτηνοτροφικής μονάδας και τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που μπορούν να προκύψουν από της εφαρμογή της.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρατίθεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Λέξεις κλειδιά : πτηνοτροφία, αυγοπαραγωγή, κοπριά, κομποστοποίηση, υποπροϊόντα.

Abstract

This thesis examines the management of by-products generated from an existing poultry farm with a production capacity of 80,000 laying hens, aiming to investigate the possibility of their utilization through composting. The study is conducted as a continuation of a licensed poultry unit that is undergoing expansion, with the objective of upgrading and improving its environmental performance through waste reduction, specifically by transforming manure and organic residues into a valuable and marketable product.

The thesis presents the main characteristics of laying hens and the farming systems used in poultry production. Furthermore, it describes the fundamental principles of composting, the raw materials involved, and the systems applied in such a facility. A detailed description of a specific poultry unit is provided, including the production lines, mechanical and electrical equipment, and the quantities of manure generated. Based on these data, the most suitable solution for the specific unit is selected and evaluated.

The introduction highlights the importance of modern poultry production and the need for effective by-product management. The aim of this study is to examine the existing conditions of an egg production unit, analyze the generated by-products, investigate the implementation of composting, and evaluate the technical and economic feasibility of applying this solution within the framework of the unit's expansion.

The first chapter presents poultry production in Greece, the historical development of the sector, the current situation, and the main characteristics of poultry farming units.

The second chapter describes the egg production unit and the farming systems used for laying hens, as well as the different types of production facilities.

The third chapter examines the by-products and wastes generated from poultry farms, their characteristics, and the environmental impacts associated with their management.

The fourth chapter analyzes the composting process of poultry by-products, including its basic principles, the applied composting systems, and the characteristics of the produced compost.

The fifth chapter presents the expansion study of the existing egg production unit, along with the technical, operational, and economic data associated with it.

The sixth chapter examines the prospects for sustainable development of poultry farming activities, with emphasis on the principles of the circular economy.

The seventh chapter presents the conclusions of the study regarding the effectiveness of composting as a method for managing by-products from a poultry farm, as well as the environmental and economic benefits that can result from its implementation.

The eighth chapter provides the bibliography used for the preparation of this thesis.

Keywords: poultry farming, egg production, manure, composting, by-products.

Εισαγωγή

Ο πρωτογενής τομέας είναι ο σημαντικότερος κλάδος της χώρας μας, σε αυτόν τον κλάδο περιλαμβάνεται η πτηνοτροφία, η οποία καλύπτει μεγάλες ανάγκες της κοινωνίας όσο αφορά τα αυγά και το κρέας των πουλερικών. Βέβαια η λειτουργία αυτής της δραστηριότητας παράγει σημαντικές ποσότητες αποβλήτων και υποπροϊόντων, όπως είναι η κοπριά, τα νερά από τα πλυσίματα και διάφορα άλλα. Εάν η διαχείριση αυτών των αποβλήτων και των υποπροϊόντων τους δεν γίνει σωστά υπάρχει κίνδυνος να προκληθεί σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, ενδεικτικά κάποια προβλήματα είναι οι οσμές, η ρύπανση των υδάτων και των εδαφών και φυσικά η εκπομπή αέριων του θερμοκηπίου. (Μιχαηλίδης, 2017· Μάρκου, 2016· Κορνάρος, 2016). (Γιαννακόπουλος & Τσερβένη-Γούση, 2001· Γεωργακάκης, 2003· Μάρκου, 2016)

Η κομποστοποίηση είναι μια περιβαλλοντικά φιλική μέθοδος, πράσινη μέθοδος μέσω της οποίας πραγματοποιείται μια σωστή αξιοποίηση των αποβλήτων και των υποπροϊόντων τους, τα οποία κατατάσσονται στα οργανικά απόβλητα. Η διαδικασία αυτή παράγει το τελικό προϊόν το οποίο είναι το κομπόστ. Το κομπόστ είναι ένα προϊόν που παράγεται από οργανικά υπολείμματα, τα οποία μέσω μιας συγκεκριμένης διαδικασίας αποσύνθεσης μετατρέπονται σε υλικό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, κατάλληλο για χρήση ως φυσικό λίπασμα και βελτιωτικό εδάφους. (Epstein, 1997· Haug, 1993· Κορνάρος, 2016· Γεωργακάκης, 2003· Μάρκου, 2016· Παπουτσόγλου, 2020· Παπαζαχαρίου, 2008· Epstein, 1997)

1. Η πτηνοτροφική παραγωγή στην Ελλάδα

1.1 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη του κλάδου

Η πτηνοτροφία αποτελεί έναν από τους πιο δυναμικούς και τεχνολογικά εξελιγμένους κλάδους της αγροδιατροφικής παραγωγής στην Ελλάδα. Η διαδρομή και η εξέλιξη της συνδέονται άρρηκτα με τις μεταβαλλόμενες διατροφικές ανάγκες του πληθυσμού, την πρόοδο της κτηνιατρικής επιστήμης και το θεσμικό πλαίσιο που διαμορφώνει η Κοινή Αγροτική Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σήμερα το φάσμα των πτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων από τις μικρές οικόσιτες μονάδες μέχρι τα πλέον καθετοποιημένα σύγχρονα εργοστάσια συμβάλει καθοριστικά στην ενίσχυση της εθνικής ανταγωνιστικότητας. Η παραγωγή κρέατος πουλερικών και αυγών κατέχει κεντρική θέση για την ελληνική οικονομία και την επισιτιστική ασφάλεια της χώρα. Η αναδρομή στην ιστορική πορεία του κλάδου κρίνεται απαραίτητη, καθώς επιτρέπει την κατανόηση των σύγχρονων τάσεων και παρέχει το αναγκαίο υπόβαθρο για τον σχεδιασμό της μελλοντικής πτηνοτροφικής παραγωγής. (Γιαννακόπουλος & Τσερβένη-Γούση, 2001· Σπαής & Χατζηζήσης, 2011).

Οι ρίζες της πτηνοτροφίας στον ελλαδικό χώρο είναι βαθιές, με συνεχή παρουσία που εκκινεί από την αρχαιότητα, όπως τεκμηριώνεται από πληθώρα αρχαιολογικών ευρημάτων και ανασκαφών. Κατά την κλασική και ελληνιστική περίοδο η εκτροφή των ορνίθων αποτελούσε αναπόσπαστο μέρος της αγροτικής καθημερινότητας αν και στερούνταν συστηματικής οργάνωσης και εμπορικού προσανατολισμού. Η παραγωγή ήταν περιορισμένης κλίμακας αποσκοπώντας κυρίως στην κάλυψη ιδιοκαταναλωτικών αναγκών σε κρέας και αυγά. Οι πρακτικές της εποχής βασίζονταν στο μοντέλο της εκτατικής εκτροφής ελεύθερας βοσκής, με κυρίαρχο είδος την μαύρη όρνιθα. Αυτό το παραδοσιακό μοντέλο διατηρήθηκε σχεδόν αναλλοίωτο μέχρι και τις αρχές του 20ου αιώνα περίοδο κατά την οποία η χώρα αντιμετώπιζε προβλήματα επισιτισμού. (Γιαννακόπουλος & Τσερβένη-Γούση, 2001).

Η πρώτη ουσιαστική προσπάθεια οργάνωσης και εκσυγχρονισμού του κλάδου τοποθετείται χρονικά στην περίοδο του Μεσοπολέμου (1920-1940). Κατά το διάστημα αυτό τέθηκαν οι βάσεις για την μετάβαση από την οικόσιτη στην οργανωμένη πτηνοτροφία με την ίδρυση των πρώτων κρατικών και ιδιωτικών εκκολαπτηρίων. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή βελτιωμένων φυλών από το εξωτερικό όπως η λευκή όρνιθα και η καφέ όρνιθα, οι οποίες παρουσίαζαν σαφώς υψηλότερες αποδόσεις στην αυγοπαραγωγή σε σύγκριση με εγχώριους πληθυσμούς. Η εξέλιξη αυτή σηματοδότησε την απαρχή της εξειδίκευσης του κλάδου,

προετοιμάζοντας το έδαφος για τη μετέπειτα βιομηχανοποίηση της παραγωγής που ακολούθησε τις επόμενες δεκαετίες. (Σπαής & Χατζηζήσης, 2011).

Από τη δεκαετία του 1950 και έπειτα ο κλάδος της πτηνοτροφίας εισήλθε σε μια φάση ραγδαίου μετασχηματισμού υιοθετώντας σύγχρονες μεθόδους βιομηχανικής εκτροφής. Κεντρικό ρόλο σε αυτή την εξέλιξη διαδραμάτισε η καθετοποίηση του συστήματος παραγωγής. Οι μεγάλες μονάδες της εποχής εφάρμοσαν ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης τα οποία περιλάμβαναν εντός της ίδιας της δομής μονάδες αυγοπαραγωγής, εκκολαπτήρια, πτηνοτροφεία πάχυνσης και σύγχρονα σφαγεία. Το αποτέλεσμα αυτής της αναδιοργάνωσης ήταν η θεαματική αύξηση της παραγωγικότητας και η θεμελίωση της σύγχρονης ελληνικής πτηνοτροφίας πάνω σε βιομηχανικά προϊόντα. Παράλληλα ενσωματώθηκαν προηγμένες τεχνικές ελέγχου σχετικά με την υγρασία, την θερμοκρασία, του αερισμού και της διατροφής των πτηνών. Με αυτές τις τεχνικές μειώθηκε σημαντικά η θνησιμότητα και αυξήθηκε ακόμα περισσότερο η παραγωγή του προϊόντος. (Σπαής & Χατζηζήσης, 2011· Γιαννακόπουλος & Τσερβένη-Γούση, 2001).

Το 1981 όταν και η Ελλάδα εντάχθηκε στην ΕΟΚ υπήρχε πρόσβαση σε χρηματοδοτήσεις οι οποίες μετασχημάτισαν την παραγωγή σε πλήρως μηχανική, κατασκευάστηκαν σύγχρονα σφαγεία και αναβαθμίστηκαν τα μέτρα υγιεινής. Ακόμα επιβλήθηκαν υγειονομικά πρωτόκολλα για τα θέματα ασφάλειας και ποιότητας.

Από το 1990 μέχρι και σήμερα η πτηνοτροφία στην χώρα μας έχει οργανωμένη καθετοποίηση και ο προσανατολισμός είναι ποιοτικός και σαφής. Πλέον μια πτηνοτροφική μονάδα έχει αυτοματοποιημένα συστήματα τροφής και νερού, θερμοστάτη για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, big data και αυτόματα συστήματα για την συλλογή του προϊόντος (αυγό). Η νέα τάση όσο αφορά την διατροφή της Ελλάδας αλλά και της Ευρώπης γενικότερα έχει κατεύθυνση προς τα προϊόντα τα οποία παράγονται μέσω βιολογικής διαδικασίας και ελεύθερας βοσκής, παρόλα αυτά ο συγκεκριμένος κλάδος αντιμετωπίζει και εκείνος προβλήματα οικονομικά όσο αφορά τις τιμές στις ζωοτροφές καθώς και στην κατανάλωση ενέργειας. (Σπαής & Χατζηζήσης, 2011).

Συνολικά η ελληνική πτηνοτροφία αποτελεί έναν τομέα με ιδιαίτερη οικονομική και κοινωνική σημασία, καθώς συμβάλλει στην δημιουργία θέσεων εργασίας και στην ενίσχυση της τοπικής ανάπτυξης σε πολλές περιοχές της χώρας. Η εγχώρια παραγωγή κρέατος πουλερικών και αυγών καλύπτει σε μεγάλο βαθμό τις διατροφικές ανάγκες του πληθυσμού,

ενισχύοντας την αυτάρκεια και την επισιτιστική ασφάλεια. Παράλληλα ο κλάδος διαθέτει τις απαραίτητες υποδομές, τεχνογνωσία και παραγωγικές δυνατότητες ώστε να διατηρήσει τον εξωστρεφή του χαρακτήρα και να συνεχίσει να αποτελεί έναν από τους πλέον ανταγωνιστικούς τομείς της ελληνικής πρωτογενούς παραγωγής. (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2022· FAO, 2023· FAO, 2023· ΕΛΣΤΑΤ, 2026· Eurostat, 2026)

1.2 Σημερινή κατάσταση και παραγωγικά μεγέθη

Η ελληνική πτηνοτροφία καλύπτει σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες της χώρα τόσο σε κρέας πουλερικών όσο και σε αυγά. Τα τελευταία χρόνια ο κλάδος παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη, καθώς η ζήτηση των συγκεκριμένων προϊόντων από τους καταναλωτές έχει αυξηθεί αισθητά. Παράλληλα οι μονάδες παραγωγής έχουν γίνει πολύ πιο οργανωμένες, ιδιαίτερα στους τομείς της βιοασφάλειας και υγιεινής. Σύμφωνα με στοιχεία της EUROSTAT η παράγωγή κρέατος πουλερικών για το έτος 2023 έφτασε περίπου τους 273,89 χιλιάδες τόνους, σημειώνοντας μεγάλη αύξηση σε σχέση με το 2022 όπου ήταν 243,4 χιλιάδες τόνους. Για το έτος 2024 η εκτίμηση είναι πως θα υπάρξει νέα άνοδος με στόχο την επίτευξη των 280 χιλιάδων τόνων. (Eurostat, 2026· ΕΛΣΤΑΤ, 2026· ΙΠΕ, 2022· FAOSTAT, 2023· Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2026· Eurostat, 2026)

Αντίστοιχα σημαντική αύξηση εμφανίζει και η παραγωγή αυγών. Το έτος 2023 η χώρα είχε παραγωγή 1.633 δισεκατομμύρια τεμάχια, από αυτό το πλήθος το 77,6% προήλθε από σύγχρονες μονάδες εκτροφής ενώ το υπόλοιπο από παραδοσιακές οικόσιτες μονάδες. Σήμερα η πλειονότητα των πτηνοτροφικών επιχειρήσεων εφαρμόζει και εναλλακτικά συστήματα εκτροφής, όπως είναι ελευθέρas βοσκής ή αχυρώνες εκτροφής, ενώ κλωβοστοιχίες χρησιμοποιεί περίπου το 33%. των μονάδων. (ΕΛΣΤΑΤ, 2026· Eurostat, 2026· FAOSTAT, 2023· ΙΠΕ, 2022· FAOSTAT, 2023· Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2026· Eurostat, 2026)

Οι δείκτες της παραγωγής για το κρέας και το αυγό στην χώρα των τελευταίων 4 ετών παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Παραγωγή Κρέατος και Αυγών στην Ελλάδα (2022–2025)

Έτος	Κρέας πουλερικών (χιλ. τόνοι)	Αυγά (δισ. Τεμάχια)	Σχόλια
2022	243,4	1,580	Σταθερή παραγωγή, υψηλή κατανάλωση.

2023	273,89	1,633	Νέο ρεκόρ παραγωγής, ανάπτυξη καθετοποίησης.
2024*	280,0	1,660	Εκτιμώμενα στοιχεία, μικρή αύξηση παραγωγής.
2025*	---	---	Δεν έχουν ακόμα δημοσιευθεί ετήσια στοιχεία

*Τα στοιχεία για το 2024 βασίζονται σε εκτιμήσεις τάσεων ανάπτυξης του κλάδου.

Με βάση και τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, η παραγωγή προϊόντων των πτηνοτροφικών μονάδων στην χώρα μας παρουσιάζει μια σταθερή ανοδική πορεία. Η αύξηση αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αναβάθμιση των εγκαταστάσεων, αλλά και της εσωτερικής κατανάλωσης. Επιπλέον πέρα από την κάλυψη της εγχώριας ζήτησης, ένα μικρό ποσοστό παραγωγής αυγών εξάγεται στο εξωτερικό. (ΕΛΣΤΑΤ, 2026· Eurostat, 2026).

Από τα διαθέσιμα στοιχεία διαπιστώνεται ότι η ελληνική πτηνοτροφία χαρακτηρίζεται από υψηλή παραγωγικότητα και είναι πλήρως προσαρμοσμένη στις ανάγκες της αγοράς. Τα στοιχεία των πρώτων τριών ετών δείχνουν ότι η κατανάλωση κρέατος πουλερικών και αυγών αυξάνονται σταθερά, ενώ οι πτηνοτροφικές επιχειρήσεις γίνονται όλο και πιο οργανωμένες, αναλαμβάνοντας περισσότερα στάδια παραγωγής μόνες τους (καθετοποιημένα συστήματα). Συνεπώς η Ελλάδα διατηρεί ισχυρή θέση στον πρωτογενή τομέα και ειδικότερα στον κλάδο της πτηνοτροφίας, αποτελώντας σημαντικό παράγοντα στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων. (FAO, 2023· ΕΛΣΤΑΤ, 2026).

1.3 Είδη και κατηγορίες πτηνοτροφικών επιχειρήσεων

Οι πτηνοτροφικές μονάδες της Ελλάδας διακρίνονται με βάση διάφορα κριτήρια, όπως το μέγεθος της μονάδας, τον τρόπο παραγωγής, τον βαθμό καθετοποίησης και το είδος της εκτροφής. Η σωστή κατηγοριοποίηση των μονάδων είναι στρατηγικής σημασίας σε εθνικό επίπεδο, καθώς επιτρέπει την αποτελεσματική ανάλυση της παραγωγικής δυναμικής του κλάδου. Στην χώρα μας, όσον αφορά το μέγεθος, οι πτηνοτροφικές επιχειρήσεις διαμορφώνονται σε τρεις τύπους. Οι μικρές οικογενειακές μονάδες διαθέτουν μικρή δυναμικότητα με λίγες χιλιάδες πτηνά, λειτουργούν με ένα μοντέλο όχι τόσο σύγχρονο αλλά πιο παραδοσιακό και τα επίπεδα αυτοματοποίησης και μηχανοποίησης είναι ιδιαίτερα χαμηλά. Παρόλα αυτά, αποτελούν σημαντικό τμήμα της συνολικής παραγωγικότητας της χώρας. Η επόμενη κατηγορία περιλαμβάνει τις μεσαίες επιχειρήσεις, των οποίων η δυναμικότητα

κυμαίνεται από 10.000 έως 40.000 πτηνά. Αυτή η κατηγορία αποτελεί τη ραχοκοκαλιά της εγχώριας παραγωγής, με υψηλότερα επίπεδα βιοασφάλειας σε σχέση με τις μικρές επιχειρήσεις και δυνατότητα πρόσβασης σε ευρωπαϊκή χρηματοδότηση. Τέλος οι μεγάλες επιχειρήσεις διαθέτουν εκατοντάδες χιλιάδες πτηνά, προηγμένα συστήματα ελέγχου κλίματος και καθετοποιημένες διαδικασίες, περιλαμβάνοντας εκκολαπτήρια, σφαγεία και εγκαταστάσεις τυποποίηση του τελικού προϊόντος, αποτελώντας τον πιο τεχνολογικά ανεπτυγμένο και παραγωγικά αποδοτικό τομέας της πτηνοτροφίας. Οι πτηνοτροφικές μονάδες διακρίνονται επίσης με βάση τον τρόπο παραγωγής, δηλαδή εάν πρόκειται για συμβατική ή βιολογική πτηνοτροφική μονάδα. Οι μονάδες βιολογικής παραγωγής τηρούν προδιαγραφές που έχουν εκδοθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και αφορούν την εκτροφή των πτηνών, τις συνθήκες ευζωίας, την απαγόρευση ορισμένων ειδών ζωοτροφών και άλλες απαιτήσεις ποιότητας. Επιπλέον οι βιολογικές μονάδες που εφαρμόζουν τους όρους της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) μπορούν να ενταχθούν και σε χρηματοδοτούμενα προγράμματα. Το κόστος λειτουργίας τους, ωστόσο είναι σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες, γεγονός που καθιστά και το τελικό προϊόν είναι πιο ακριβό για τον καταναλωτή. (Γιαννακόπουλος & Τσερβένη-Γούση, 2001· Σπαής & Χατζηζήσης, 2011· Σπαής & Χατζηζήσης, 2011· Καραγιάννης & Μανώλης, 2020· ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, 2026)

Ένας ακόμη τρόπος διάκρισης των πτηνοτροφικών μονάδων είναι ο βαθμός καθετοποίησης της παραγωγής. Οι καθετοποιημένες μονάδες είναι σύγχρονες επιχειρήσεις που συνδυάζουν όλη την παραγωγική διαδικασία, από την παραγωγή των ζωοτροφών και τα εκκολαπτήρια μέχρι τις μονάδες πάχυνσης, τα σφαγεία και την τυποποίηση του τελικού προϊόντος. Με αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται όλη η διαδικασία εντός των εγκαταστάσεων μειώνοντας τον χρόνο παραγωγής και αυξάνοντας την κερδοφορία. Αντίθετα οι μονάδες οι οποίες δεν είναι καθετοποιημένες αναγκάζονται να συνεργάζονται με άλλες επιχειρήσεις για την κάλυψη μέρους των αναγκών τους, παραμένοντας όμως βιώσιμες, καθώς εξειδικεύονται σε προϊόντα ποιότητας όπως αυτά της εκτροφής ελευθέρως βοσκής. Τέλος όσον αφορά το διαχωρισμό με βάση τον τύπο εκτροφής, στην Ελλάδα οι κύριες κατηγορίες είναι η αυγοπαραγωγός πτηνοτροφία, η εκτροφή κρεατοπαραγωγών πουλερικών και η εκτροφή πτηνών ελευθέρως βοσκής. Κάθε κατηγορία παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με τις ανάγκες της αγοράς και τις μεθόδους παραγωγής, προσφέροντας ποικιλία προϊόντων στους καταναλωτές. (Σπαής & Χατζηζήσης, 2011· Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2022).

Στον Πίνακα 2 θα γίνει αποτύπωση των κατηγοριών των πτηνοτροφικών επιχειρήσεων της Ελλάδας με τα κριτήρια τα οποία αναφέρθηκαν.

Πίνακας 2: Κατηγορίες πτηνοτροφικών επιχειρήσεων στην Ελλάδα

Κατηγορία επιχείρησης	Δυναμικότητα πτηνών	Τεχνολογικός εξοπλισμός	Τύπος παραγωγής	Προσανατολισμός αγοράς
Μικρές οικογενειακές μονάδες	1.000-8.000 πτηνά	Χαμηλός	Συμβατικό ή ελευθέρως βοσκής	Τοπική αγορά
Μεσαίες εκμεταλλεύσεις	10.000- 40.000 πτηνά	Μεσαίος – Υψηλός	Συμβατικό	Περιφερειακή αγορά
Μεγάλες βιομηχανικές μονάδες	50.000 + πτηνά	Πολύ υψηλός	Συμβατικό καθετοποιημένο	Εθνική – διεθνή αγορά
Βιολογικές μονάδες	Μεταβλητό	Μεσαίος	Βιολογικό	Εθνική – διεθνή αγορά υψηλής αξίας

Οι πτηνοτροφικές μονάδες στην Ελλάδα συγκεντρώνονται κυρίως σε περιοχές με αναπτυγμένη αγροτική δραστηριότητα και όχι σε μεγάλα αστικά κέντρα, όπως είναι η Στερεά Ελλάδα και η Πελοπόννησος. Με αυτόν το τρόπο οι μεγάλες επιχειρήσεις όσο και οι μικρές οικογενειακές μονάδες δημιουργούν πτηνοτροφικά clusters, δηλαδή περιοχές που οι μονάδες συγκεντρώνονται και λειτουργούν ως ένα συνεργατικό σύστημα, αξιοποιώντας και ενδεχομένως κοινές υποδομές. Ένας ακόμη λόγος για αυτή τη συγκέντρωση είναι οι περιβαλλοντικές δεσμεύσεις, σύμφωνα με τις χρήσεις γης οι μονάδες πρέπει να απέχουν ελάχιστες αποστάσεις από οικισμούς, ενώ παράλληλα με βάση τα ισοδύναμα κριτήρια δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση άλλων μεταποιητικών δραστηριοτήτων κοντά σε αυτές. (ΕΛΣΤΑΤ, 2026).

2. Η μονάδα αυγοπαραγωγής και τα συστήματα εκτροφής

2.1 Είδη ωοτοκών ορνίθων

Τα δύο βασικά είδη ωοτοκών ορνίθων που κυριαρχούν στην Ελλάδα είναι η λευκή και η καφέ ωοτόκα όρνιθα, η κάθε μία με τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα. Η λευκή ωοτόκα όρνιθα χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή παραγωγικότητα, φτάνοντας περίπου τα 340 αυγά ετησίως. Διαθέτει μικρό σωματικό βάρος γεγονός που οδηγεί σε χαμηλή κατανάλωση ζωοτροφών, και κατά συνέπεια μειωμένο κόστος. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών είναι κατάλληλη για εντατικές μονάδες αυγοπαραγωγής και σύγχρονες κλωβοστοιχίες υψηλής τεχνολογίας. Ωστόσο παρουσιάζει χαμηλή προσαρμοστικότητα σε περιβαλλοντικές μεταβολές γι' αυτό και δεν ενδείκνυται για εκτροφή σε συστήματα ελευθέρας βοσκής ή για αχυρώνα εκτροφής. Τα αυγά της έχουν λευκό χρώμα, είναι ελαφριά και σχετικά εύθραυστα. (Γιαννακόπουλος & Τσερβένη-Γούση, 2001· Καραγιάννης & Μανώλης, 2020).

Αντίθετα η καφέ ωοτόκα όρνιθα είναι πιο ανθεκτική σε διαφορετικές συνθήκες εκτροφής, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για αχυρώνες εκτροφής, εκτροφή ελευθέρας βοσκής αλλά και βιολογικά συστήματα παραγωγής. Έχει μεγαλύτερο σωματικό βάρος και αυξημένες ανάγκες σε τροφή, ενώ η ετήσια παραγωγή της φτάνει περίπου 300 αυγά. Τα αυγά της έχουν καφέ χρώμα και σκληρότερο κέλυφος, χαρακτηριστικό που εκτιμά ιδιαίτερα το ελληνικό καταναλωτικό κοινό, το οποίο δείχνει αυξημένη προτίμηση στα καφέ αυγά. (Καραγιάννης & Μανώλης, 2020· Σπαής & Χατζηζήσης, 2011).

Η σύγκριση αυτών των δύο ειδών παρουσιάζεται στον Πίνακα 3

Πίνακας 3: Συγκριτικά χαρακτηριστικά λευκών και καφέ ωοτόκων ορνίθων

Χαρακτηριστικό	Λευκές ωοτόκες όρνιθες	Καφέ ωοτόκες όρνιθες
Σωματικό βάρος	Μικρό (1,4 – 1,7 kg)	Μεγαλύτερο (1,9 – 2,3 kg)
Χρώμα αυγού	Λευκό	Καφέ
Ποσότητα αυγών	Πολύ υψηλή (310-340 αυγά)	Υψηλή (290 – 330 αυγά)
Κατανάλωση τροφής	Χαμηλή	Υψηλότερη
Απόδοση τροφής	Υψηλή	Μέτρια – υψηλή
Ηλικία έναρξης ωοτοκίας	17-18 εβδομάδες	18-19 εβδομάδες
Καταλληλόλητα συστημάτων εκτροφής	Εντατική εκτροφή	Αχυρώνας εκτροφής, ελευθέρας βοσκής και βιολογική εκτροφή.

Η διαφορά ανάμεσα στις λευκές και στις καφέ ωστόκες όρνιθες δεν περιορίζεται μόνο στην εμφάνιση ή στο χρώμα του αυγού, αλλά επηρεάζει άμεσα την λειτουργία και το κόστος της μονάδας. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου εξαρτάται από το σύστημα εκτροφής, τις ανάγκες της επιχείρησης και τις προτιμήσεις του καταναλωτικού κοινού. Πολλές πτηνοτροφικές μονάδες εκτρέφουν και τους δύο τύπους, προκειμένου να συνδυάζουν την υψηλή παραγωγικότητα των λευκών αυγών και την εμπορική αξία των καφέ αυγών. (Καραγιάννης & Μανώλης, 2020).

2.2 Συστήματα εκτροφής και κωδικοί αυγών (0,1,2,3)

Η δομή μιας σύγχρονης μονάδας αυγοπαραγωγής καθορίζεται από το σύστημα εκτροφής που εφαρμόζει, καθώς επηρεάζει άμεσα την παραγωγικότητα και την υγεία των πτηνών, την ποιότητα του τελικού προϊόντος αλλά και το συνολικό λειτουργικό κόστος. Στην Ελλάδα το πιο συνηθισμένο σύστημα εκτροφής είναι οι κλωβοστοιχίες, η ευρεία χρήση τους οφείλεται στη δυνατότητα υψηλής παραγωγής, στον υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης και στον αποτελεσματικότερο έλεγχο των μικροβιακών λοιμώξεων εντός της μονάδας. Η οδηγία 1999/74/EC θεσπίστηκαν νέες προδιαγραφές που αφορούν το χώρο και τον εξοπλισμό των κλωβοστοιχιών με στόχο τη βελτίωση της ευζωίας των πτηνών, και έτσι πραγματοποιήθηκε και η μετάβαση από παλιούς συμβατικούς κλωβούς σε σύγχρονες κλωνοστοιχίες εμπλουτισμένου τύπου. (Ελληνική Δημοκρατία, 2003· Καραγιάννης & Μανώλης, 2020· Καραγιάννης & Μανώλης, 2020· ΥΠΑΑΤ, 2026)

Οι σημερινές κλωβοστοιχίες προσφέρουν περισσότερο διαθέσιμο χώρο ανά πτηνό και διαθέτουν φωλιές, καθίσματα και επιφάνειες ξυσίματος νυχιών, επιτρέποντας στα πουλερικά να εκδηλώνουν φυσιολογικές συμπεριφορές. Επίσης το σύστημα αυτό παραμένει ιδιαίτερα αποδοτικό καθώς είναι πλήρως μηχανοποιημένο ως προς την παροχή τροφής, νερού αερισμού και τη συλλογή των αυγών, γεγονός που μειώνει το λειτουργικό κόστος της μονάδας, και συμβάλει στην σταθερότητα της παραγωγής βελτιώνοντας τις συνθήκες ευζωίας σε σχέση με τα παλαιότερα συστήματα εκτροφής. (Ελληνική Δημοκρατία, 2003· Καραγιάννης & Μανώλης, 2020).

Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι τα αυγά χάρη στην μηχανοποιημένη συλλογή δεν έρχονται σε επαφή με στρωμνή, δηλαδή τα στρώματα εκτροφής με αποτέλεσμα με εμφανίζουν ελάχιστο μικροβιακό φορτίο και επομένως να απαιτούν λιγότερη επεξεργασία καθαρισμού και απολύμανσης. Ταυτόχρονα η μηχανική απομάκρυνση της κοπριάς μειώνει δραστικά τα

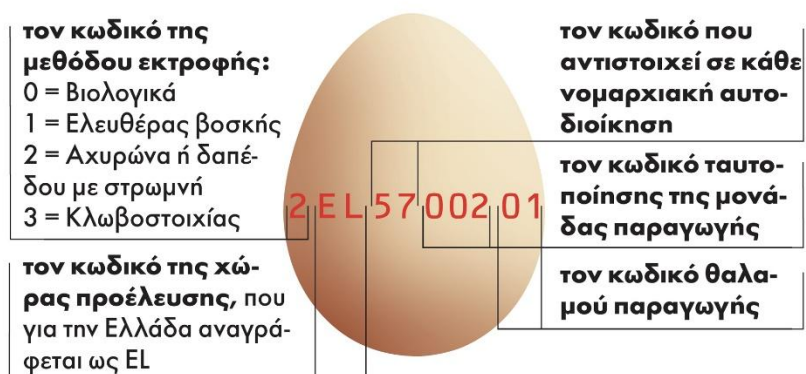
επίπεδα της αμμωνίας βελτιώνοντας την υγιεινή του περιβάλλοντος τόσο των πτηνών όσο και των εργαζομένων. Επιπλέον λόγω του περιορισμένου αλλά οργανωμένου χώρου περιορίζονται οι ανεξέλεγκτες κινήσεις των πτηνών συνεπώς μειώνονται κατά πολύ οι τραυματισμοί τους.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία τα αυγά που προέρχονται από τέτοια συστήματα εκτροφής φέρουν τη σήμανση «3» πάνω στο κέλυφος. Ακολουθεί ο κωδικός της χώρας παραγωγής και τέλος ο αριθμός της μονάδας, ενδεικτικά ένα προϊόν τέτοιο απεικονίζεται στην εικόνα 1. Η σήμανση αυτή αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας του τελικού προϊόντος, καθώς επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο και την ιχνηλασιμότητα του σε όλη την παραγωγική διαδικασία. (Ελληνική Δημοκρατία, 2003).

Τα υπόλοιπα συστήματα εκτροφής εφαρμόζονται σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με τις κλωβοστοιχίες. Η εκτροφή σε αχυρώνα χαρακτηρίζεται από τον κωδικό «2», επιτρέπει στα πτηνά μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων αλλά εντός στεγασμένου χώρου. Το σύστημα αυτό απαιτεί μεγαλύτερη επιφάνεια ανά ζώο και έχει μεγαλύτερες ανάγκες διαχείρισης της στρωμνής και των παραγόμενων αποβλήτων, συνεπώς το κόστος παραγωγής είναι πιο αυξημένο. (Ελληνική Δημοκρατία, 2003).

Τα αυγά ελεύθερας βοσκής με τον κωδικό «1» προέρχονται από όρνιθες που έχουν πρόσβαση σε υπαίθριο χώρο, παρότι βελτιώνει την ευζωία η παραγωγή είναι πιο χαμηλή και οι κίνδυνοι από περιβαλλοντικούς παράγοντες μεγαλύτεροι όπως οι ασθένειες ή οι κλιματικές συνθήκες. Το πιο απαιτητικό σύστημα εκτροφής είναι οι βιολογικές μονάδες με κωδικό «0». Σε αυτές τις μονάδες εφαρμόζονται κανόνες περιορισμένης χρήσης φαρμάκων και συνεχής πρόσβαση σε υπαίθριους χώρους. Παρά τα πλεονεκτήματα το κόστος είναι αρκετά υψηλό και η ζήτηση είναι περιορισμένη λόγω της υψηλής τιμής. (Ελληνική Δημοκρατία, 2003· ECOFIS, 2023).

Συνολικά οι κλωβοστοιχίες είναι η βασική υποδομή της ελληνικής αυγοπαραγωγικής βιομηχανίας, και το προσφέρει ένα προϊόν με υψηλή ποιότητα ενώ η κωδικοποίηση εξασφαλίζει συμμόρφωση σύμφωνα με τα πρότυπα ασφάλειας. (Ελληνική Δημοκρατία, 2003).



Εικόνα 1: Κωδικοί αυγών.

2.3 Είδη παραγωγικών μονάδων και γραμμές παραγωγής

Οι παραγωγικές μονάδες αυγοπαραγωγής παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τη δομή, το μέγεθος, τον μηχανολογικό εκσυγχρονισμό και την οργάνωση των γραμμών της παραγωγικής διαδικασίας. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν άμεσα τόσο την απόδοση της μονάδας αλλά και τον όγκο των παραγόμενων υποπροϊόντων και των αποβλήτων, τα οποία αποτελούν το βασικό αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.

Οι μονάδες αυγοπαραγωγής κατατάσσονται σε μικρές, μεσαίες ή μεγάλες με βάση τη δυναμικότητά και το μέγεθος τους. Οι μικρές περιλαμβάνουν περιορισμένο αριθμό ωοπαραγωγών ορνίθων και ελάχιστο βαθμό αυτοματοποίησης, καθώς οι περισσότερες εργασίες γίνονται χειρωνακτικά. Αντίθετα οι μεσαίες και οι μεγάλες μονάδες εφαρμόζουν σε μεγάλο βαθμό μηχανήματα και αυτοματισμούς με στόχο τη διατήρηση μιας σταθερής παραγωγής, τη μείωση του κόστους και το καλύτερο έλεγχο της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. (Γιαννακόπουλος & Τσερβένη-Γούση, 2001· Σπαής & Χατζηζήσης, 2011).

Μια εξίσου σημαντική διάκριση των μονάδων γίνεται με βάση το σύστημα εκτροφής που εφαρμόζεται το οποίο καθορίζει τη διάταξη των εγκαταστάσεων, τον χρησιμοποιούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό και τη λειτουργία των γραμμών παραγωγής. Οι μονάδες που λειτουργούν με κλωβοστοιχίες παρουσιάζουν υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης και συγκεκριμένα στην συλλογή των αυγών, στην διανομή της ζωοτροφής και στην διαχείριση της κοπριάς. Αντίθετα τα συστήματα του αχυρώνα ή της ελεύθερης βοσκής ακόμα και της βιολογικής εκτροφής απαιτούν μεγαλύτερους χώρους και διαφορετική οργάνωση της παραγωγικής διαδικασίας, γεγονός που επηρεάζει τόσο την απόδοση όσο και την διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων. (Σπαής & Χατζηζήσης, 2011· Καραγιάννης & Μανώλης, 2020).

Οι γραμμές παραγωγής σε μια μονάδα αυγοπαραγωγής περιλαμβάνουν όλες διαδοχικές διεργασίες που οδηγούν από την εκτροφή των ορνίθων μέχρι και τη διάθεση του τελικού προϊόντος στην αγορά. Η πρώτη αφορά τη διανομή της ζωοτροφής και του νερού μέσω αυτόματων συστημάτων, καθώς και τον έλεγχο του φωτισμού, της θερμοκρασίας και του αερισμού της μονάδας.

Η επόμενη γραμμή παραγωγής είναι η συλλογή των αυγών. Στις σύγχρονες συμβατικές μονάδες η συλλογή πραγματοποιείται μέσω ιμάντων μεταφοράς οι οποίοι οδηγούν τα αυγά από τους θαλάμους εκτροφής στο χώρο της διαλογής. Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας μειώνει τις απώλειες από θραύση των αυγών και περιορίζει την ανθρώπινη επαφή με το προϊόν, συμβάλλοντας στην βελτίωση της υγιεινής. Ακολουθεί η γραμμή της διαλογής και ποιοτικού

ελέγχου, όπου πραγματοποιείται ανίχνευση ρωγμών μέσω αισθητήρων διασφαλίζοντας ότι μόνο τα κατάλληλα αυγά οδηγούνται στην συσκευασία. Τα απορριπτόμενα αυγά αποτελούν υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας και μπορούν να οδηγηθούν και να αξιοποιηθούν σε εναλλακτικές μορφές διαχείρισης όπως η κομποστοποίηση. (Σπαής & Χατζηζήσης, 2011).

Η γραμμή συσκευασίας και της αποθήκευσης αποτελεί το τελικό στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Τα αυγά συσκευάζονται, επισημαίνονται σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και αποθηκεύονται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους έως τη μεταφορά τους σε σημεία λιανική πώλησης.

Τέλος ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η γραμμή διαχείριση των υποπροϊόντων, με κυριότερο την κοπριά των πτηνών, όπου η ποσότητα της κοπριάς εξαρτάται από τον αριθμό των πτηνών και τα χαρακτηριστικά της από το είδος της διατροφής. Στις μονάδες που είναι αυτοματοποιημένες η απομάκρυνση της κοπριάς γίνεται συνήθως μέσω ιμάντων μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο ρύπανσης και βελτιώνοντας τις συνθήκες υγιεινής. (Μάρκου, 2016· Kelleher et al., 2002).

Οι μονάδες αυγοπαραγωγής διακρίνονται σε αυτόνομες και σε καθετοποιημένες, οι καθετοποιημένες μονάδες περιλαμβάνουν επιπλέον δραστηριότητες όπως τα εκκολαπτήρια, μονάδες συσκευασίας αλλά και τα δίκτυα της διανομής του τελικού προϊόντος. Τα χαρακτηριστικά των παραγωγικών μονάδων και η λειτουργία των γραμμών παραγωγής καθορίζουν τη συνολική εικόνα της αυγοπαραγωγικής διαδικασίας και των υποπροϊόντων που προκύπτουν. (Σπαής & Χατζηζήσης, 2011).

2.4 Βιολογική εκτροφή ωοπαραγωγών ορνίθων

Η βιολογική εκτροφή ωοπαραγωγών ορνίθων αποτελεί ειδικό σύστημα παραγωγής, το οποίο εφαρμόζεται σύμφωνα με τις αρχές της αειφορίας, της προστασίας του περιβάλλοντος και της ευζωίας των ζώων. Το σύστημα αυτό διέπεται από το θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βιολογική γεωργία και κτηνοτροφία και διαφοροποιείται ουσιαστικά από τα συμβατικά συστήματα εκτροφής τόσο ως προς τις συνθήκες διαβίωσης των πτηνών όσο και ως προς τη διαχείριση της παραγωγής και υποπροϊόντων. Στην βιολογική αυγοπαραγωγή οι ωοτοπαραγωγές όρνιθες εκτρέφονται σε εγκαταστάσεις που επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση και την έκφραση της φυσικής τους συμπεριφοράς. Οι μονάδες περιλαμβάνουν κλειστούς χώρους στέγασης με επαρκή φωτισμό, φυσικό αερισμό, φωλιές ωοτοκίας, καθίσματα και στρωμνή, καθώς και υπαίθριους χώρους άσκησης. Η πυκνότητα εκτροφής είναι περιορισμένη, γεγονός που συμβάλει στην μείωση της στρες των ζώων και στην βελτίωση των συνθηκών

υγιεινής. Η διατροφή των πτηνών στην βιολογική εκτροφή βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση πιστοποιημένων βιολογικών ζωοτροφών. Οι ζωοτροφές αυτές προέρχονται από καλλιέργειες που δεν χρησιμοποιούν συνθετικά λιπάσματα, φυτοφάρμακα ή γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς. Παράλληλα απαγορεύεται η χρήση συνθετικών αμινοξέων, αυξητικών παραγόντων και άλλων προσθέτων που χρησιμοποιούνται στην συμβατική πτηνοτροφία. Η διαχείριση της υγείας των πτηνών στην βιολογική καλλιέργεια εκφράζεται κυρίως σε προληπτικά μέτρα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις σωστές συνθήκες διαβίωσης, στον καθαρισμό των εγκαταστάσεων και στην σωστή διαχείριση στρωμνής. Η χρήση φαρμακευτικών σκευασμάτων και αντιβιοτικών επιτρέπεται μόνο σε περιπτώσεις ανάγκης και υπό αυστηρούς περιορισμούς, γεγονός που μειώνει την πιθανότητα παρουσίας καταλοίπων στο τελικό προϊόν. Τα αυγά που παράγονται στο πλαίσιο της βιολογικής εκτροφής φέρουν ειδική σήμανση, η οποία πιστοποιεί το σύστημα παραγωγής και επιτρέπει την ιχνηλασιμότητα του προϊόντος. Παρότι η παραγωγικότητα είναι συνήθως χαμηλότερη σε σύγκριση με τα εντατικά συστήματα εκτροφής, τα βιολογικά αυγά παρουσιάζουν αυξημένη εμπορική αξία και ανταποκρίνονται στην ζήτηση των καταναλωτών που δίνουν έμφαση στην ποιότητα και τη βιωσιμότητα. Η βιολογική εκτροφή ωοπαραγωγών ορνίθων συνδέεται άμεσα με την ορθολογική διαχείριση των παραγόμενων υποπροϊόντων, όπως η κοπριά η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή κομπόστ. Με αυτό το τρόπο το σύστημα συμβάλει στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και εντάσσεται στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. (ECOFIS, 2023· Ελληνική Δημοκρατία, 2003· ΥΠΙΑΑΤ, 2026· ECOFIS, 2023)

3. Υποπροϊόντα και απόβλητα πτηνοτροφικών μονάδων

3.1 Είδη υποπροϊόντων

Η λειτουργία των πτηνοτροφικών μονάδων και ειδικότερα εκείνων που δραστηριοποιούνται στην εκτροφή ωοτόκων όρνιθων, συνδέεται αναπόφευκτα με την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων και υποπροϊόντων, τα οποία είτε προκύπτουν από τη πτηνά είτε από τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. (Μιχαηλίδης, 2017· Μάρκου, 2016).

Για την αποτελεσματική αξιοποίηση αυτών των αποβλήτων μέσω κομποστοποίησης είναι απαραίτητη η πλήρης κατανόηση των φυσικών και βιολογικών τους χαρακτηριστικών, ώστε να καθοριστούν οι κατάλληλες συνθήκες επεξεργασίας και να διασφαλιστεί η παραγωγή του τελικού προϊόντος. Τα παραγόμενα υποπροϊόντα μιας τέτοια μονάδα δεν είναι ομοιογενοποιημένα άλλα είναι ένα σύνολο από διάφορα υλικά με διαφοροποιήσεις ως προς την περιεκτικότητα σε υγρασία, την περιεκτικότητα σε οργανικό φορτίο και βιολογικά χαρακτηριστικά. Αυτή η ετερογένεια κάνει απαραίτητη μια εξειδικευμένη διαχείριση, καθώς και κάθε τύπου υλικό χρειάζεται διαφορετικό τρόπο αντιμετώπισης για να επιτευχθεί η σταθεροποίηση. (Μιχαηλίδης, 2017· Kelleher et al., 2002).

Ακόμα οι ποσότητες παραγωγής των αποβλήτων επηρεάζονται από παράγοντες όπως το μέγεθος της μονάδας, το τύπο του συστήματος εκτροφής, τα είδη των πτηνών και τις συνθήκες υγιεινής και διατροφής. (Kelleher et al., 2002· Sommer et al., 2013).

Το σημαντικότερο υποπροϊόν των πτηνοτροφικών μονάδων είναι η πτηνοτροφική κοπριά, αποτελείται από μείγμα οργανικής ύλης, φωσφόρου, αζώτου, κάλιου και μικροοργανισμών που σχετίζονται άμεσα με τις διατροφικές συνήθειες και μεταβολισμό των πτηνών. Η σύσταση διαφοροποιείται ανάλογα με το σύστημα εκτροφής, στις εκτροφές είναι ελευθέρως βοσκής είναι πιο ξηρή, ενώ στις κλωβοστοιχίες εμφανίζεται πιο συμπυκνωμένη. Παράλληλα, η χρήση απορροφητικών υλικών όπως είναι πριονίδι ή άχυρο συμβάλει στην μεταβολή της τελικής σύστασης. Το συγκεκριμένο υποπροϊόν αποτελεί βασικό συστατικό για την παραγωγή κομπόστ, καθώς διαθέτει υψηλή συγκέντρωση αζώτου, στοιχείο απαραίτητο για τη βιολογική διεργασία κομποστοποίησης. Ωστόσο η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και το μικροβιακό φορτίο καθιστούν την πτηνοτροφική κοπριά πιθανή πηγή περιβαλλοντικής ρύπανσης, εφόσον η διαχείριση δεν είναι ελεγχόμενη και σωστή. (Μάρκου, 2016· Kelleher et al., 2002· Sommer et al., 2013· Γεωργακάκης, 2003· Μιχαηλίδης, 2017· Μάρκου, 2016· Sommer et al., 2013)

Εκτός από την πτηνοτροφική κοπριά σημαντική κατηγορία υποπροϊόντων αποτελούν είναι τα φτερά και τα πτηνοτροφικά υπολείμματα που προκύπτουν από τις διαδικασίες καθαρισμού

των πτηνών. Τα φτερά χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα κερατίνης, γεγονός που τα καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικά στην βιολογική αποδόμηση σε σύγκριση με άλλα οργανικά υποπροϊόντα. Για τον λόγο αυτό, η ενσωμάτωσή τους στην διαδικασία κομποστοποίησης απαιτεί είτε συνδυαστική χρήση υλικών με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία ή τη μηχανική τους θραύση, ώστε να επιτευχθεί η αποδόμηση τους. (Kelleher et al., 2002· Μάρκου, 2016· Παπαζαχαρίου, 2008)

Αν και τα συγκεκριμένα υπολείμματα παράγονται σε μικρότερες ποσότητες σε σχέση με τη κοπριά, παρουσιάζουν σημαντική αξία λόγω της περιεκτικότητάς τους σε αμινοξέα και οργανική ύλη, προσδίδοντας υψηλή βιολογική αξιοποίηση στο τελικό προϊόν της κομποστοποίησης.

Ένα άλλο υποπροϊόν των πτηνοτροφικών μονάδων είναι τα τσόφλια από τα αυγά. Το κέλυφος αποτελείται από ανθρακικό ασβέστιο σε ποσοστό 94%, σε μονάδες όπου γίνεται η διαλογή του συγκεκριμένου προϊόντος συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες σπασμένων και μη εμπορεύσιμων προϊόντων, τα οποία είναι πρώτη ύλη για την κομποστοποίηση. Παράλληλα τα τσόφλια έχουν θετική επίδραση στην δομή του κομπόστ καθώς συμβάλλουν στην αύξηση της περιεκτικότητας σε ασβέστιο. (Kelleher et al., 2002· Μάρκου, 2016· Παπουτσόγλου, 2020)

Οι ζωικές απώλειες, δηλαδή τα νεκρά πτηνά που προκύπτουν είτε από ασθένειες είτε από φυσιολογικά αίτια αποτελούν ιδιαίτερη κατηγορία αποβλήτων, καθώς η διαχείρισή τους ρυθμίζεται αυστηρά από την Ευρωπαϊκή και Εθνική Νομοθεσία. Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) 1069/2009, τα ζωικά υποπροϊόντα που προέρχονται από πτηνοτροφικές μονάδες κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες, ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου που ενδέχεται να παρουσιάζουν για τη δημόσια υγεία, την υγεία των ζώων και τη προστασία του περιβάλλοντος. Η κατηγορία 1 περιλαμβάνει υλικά πολύ υψηλού κινδύνου όπως ζώα ύποπτα ή επιβεβαιωμένα για σοβαρές μεταδοτικές ασθένειες και υλικά που ενδέχεται να εγκυμονούν σοβαρό κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Η κατηγορία 2 περιλαμβάνει ζωικά υποπροϊόντα μεσαίου κινδύνου, (δηλαδή δεν είναι τόσο επικίνδυνα όσο της κατηγορίας 1) παρόλα αυτά δεν μπορούν να ενσωματωθούν στην τροφική αλυσίδα. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται κατά βάση νεκρά πτηνά από φυσιολογικά αίτια όπως η γήρανση ή οι τραυματισμοί. Και στις δύο περιπτώσεις αυτό το είδος των αποβλήτων δεν μπορεί να ενσωματωθεί στην κομποστοποίηση λόγω μικροβιακού φορτίου, τα υλικά αυτά είναι κατάλληλα για μονάδες αποτέφρωσης και παραγωγής μεθανίου. (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2009· European Commission, 2009· Ευρωπαϊκή Ένωση, 2009· European Commission, 2009· ΥΠΑΑΤ, 2026· Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2026· EFSA, 2026)

Επιπλέον, στις πτηνοτροφικές μονάδες παράγονται και υγρά απόβλητα, τα οποία προέρχονται κυρίως από τις εργασίες πλυσίματος και καθαρισμού των εγκαταστάσεων, όπως των δαπέδων, των θαλάμων εκτροφής και του μηχανολογικού εξοπλισμού. Τα υγρά αυτά περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο η διαχείριση τους ρυθμίζεται στο πλαίσιο των Πρότυπων Περιβαλλοντικών Δεσμεύσεων (ΠΠΔ) όπως αυτές καθορίζονται στο ισχύον θεσμικό πλαίσιο ΦΕΚ 3949/Α/2024, ενότητα «Ε. ΛΥΜΑΤΑ – ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ». (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026· Ελληνική Δημοκρατία, 2011· Παπαζαχαρίου, 2008· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026)

Σύμφωνα με τις ΠΠΔ εφαρμόζονται δύο μέθοδοι διαχείρισης, η πρώτη μέθοδος προβλέπει την συλλογή των υγρών αποβλήτων σε στεγανή δεξαμενή και στην συνέχεια παραδίδονται σε κατάλληλο φορέα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Η δεύτερη μέθοδος αφορά την ύπαρξη εγκατεστημένου συστήματος βιολογικού καθαρισμού τουλάχιστον δευτεροβάθμιας επεξεργασίας εντός της μονάδας, ώστε μετά την κατάλληλη επεξεργασία τους τα υγρά απόβλητα να μπορούν να διατίθενται για άρδευση αποκλειστικά σε συγκεκριμένο πεδίο άρδευσης, σύμφωνα με την περιβαλλοντική αδειοδότηση της μονάδας, διασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την προστασία του εδάφους και των υδάτινων πόρων. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026).

Τέλος ένα ακόμα σημαντικό υποπροϊόν αφορά τα στρώματα εκτροφής (στρωμνή), τα οποία βρίσκονται στους θαλάμους εκτροφής όπου διαβιούν τα πτηνά. Η στρωμνή αποτελείται συνήθως από υλικά όπως πριονίδι, άχυρο ή άλλα απορροφητικά υποστρώματα τα οποία αναμιγνύονται με κοπριά, φτερά και υπολείμματα τροφής. Το υλικό αυτό είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για κομποστοποίηση καθώς διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και συμβάλει στην βελτίωση της αναλογίας C/N, που είναι καθοριστική για την ορθή λειτουργία της διαδικασίας κομποστοποίησης και τη σταθεροποίηση της οργανικής ύλης. (Μάρκου, 2016· Rynk et al., 1992).

Πίνακας κατηγοριοποίησης βασικών υποπροϊόντων πτηνοτροφικών μονάδων ορνίθων αυγοπαραγωγής (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Υποπροϊόντα πτηνοτροφικής μονάδας και χαρακτηριστικά διαχείρισης

Είδος υποπροϊόντος	Ποσοστό συμμετοχής	Περιεκτικότητα σε υγρασία	Δυνατότητα αξιοποίησης	Ιδιαίτερες απαιτήσεις
Κοπριά	Πολύ υψηλό	Υψηλή	Κομποστοποίηση – παραγωγή οργανικού λιπάσματος	Έλεγχος οσμών, περιορισμός παθογόνων, επαρκής αερισμός

Φτερά	Χαμηλό έως μεσαίο	Πολύ υψηλή	Χρήση ως δομικό υλικό στο κομπόστ, επεξεργασία κερατίνης	Θρυμματισμός ή ανάμειξη με υγρά υλικά
Κέλυφος αυγών	Μεσαίο	Πολύ χαμηλή	Κομποστοποίηση	Προηγούμενος καθαρισμός από υπόλειμματα αυγών
Νεκρά πτηνά	Πολύ χαμηλό	Μεταβλητή	Δεν επιτρέπεται η κομποστοποίηση	Αποτέφρωση
Υγρά απόβλητα	Μεσαίο	Πολύ υψηλή	Επεξεργασία μέσω βιολογικού καθαρισμού	Διαχωρισμός στερεών υγρών
Στρώματα εκτροφής	Μεσαίο	Πολύ υψηλή	Κομποστοποίηση	Διαχωρισμός στερεών υγρών

Οι ποσότητες και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά όλων των παραπάνω υποπροϊόντων εξαρτώνται από τη δυναμικότητα της πτηνοτροφικής μονάδας (δηλαδή των αριθμό των πτηνών), αλλά και από τις συνθήκες εκτροφής, τα επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας, το είδος του συστήματος εκτροφής καθώς και τη συχνότητα καθαρισμού και συλλογής των παραγόμενων αποβλήτων. Οι παράγοντες αυτοί καθορίζουν τόσο τη δυνατότητα αξιοποίησης των υλικών, όσο και τις απαιτήσεις για τη σωστή περιβαλλοντική διαχείριση τους. (Kelleher et al., 2002· Sommer et al., 2013· Γεωργακάκης, 2003· Μιχαηλίδης, 2017· Kelleher et al., 2002· Sommer et al., 2013)

3.2 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση παραγόμενων αποβλήτων

Οι πτηνοτροφικές μονάδες αυγοπαραγωγής παράγουν σημαντικές ποσότητες αποβλήτων, των οποίων η φύση αλλά και τα χαρακτηριστικά ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας, το σύστημα της εκτροφής, το είδος της διατροφής και το βαθμό αυτοματοποίησης της μονάδας. Η ποσοτική αλλά και ποιοτική ανάλυση των παραγόμενων αποβλήτων σε συνδυασμό με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) είναι το βασικό εργαλείο για τον σχεδιασμό πρακτικών διαχείρισης και αξιοποίησης. Το βασικότερο παραγόμενο απόβλητο σε αυτές τις μονάδες είναι η κοπριά των ωοπαραγωγών ορνίθων η οποία κατατάσσεται στον ΕΚΑ με τον κωδικό 020106 (ζωικά περιττώματα, ούρα και κόπρανα ζώων). (Μάρκου, 2016· Ελληνική Δημοκρατία, 2021). (Γεωργακάκης, 2003· Παπουτσόγλου, 2020· Μιχαηλίδης, 2017)

Σε ένα σύστημα ελευθέρας βοσκής και βιολογικής εκτροφής σημαντικό μέρος των παραγόμενων αποβλήτων είναι τα υπολείμματα στρωμνής, τα οποία και αναμειγνύονται με τη κοπριά των πτηνών. Το απόβλητο αυτό κατατάσσεται στον ίδιο κωδικό δηλαδή 020106 καθώς πρόκειται για μείγμα ζωικών περιττωμάτων με φυτικά υλικά. Το απόβλητο αυτό αυξάνει τον όγκο περίπου 20-40% και επηρεάζεται και η σύσταση.

Στα στερεά οργανικά απόβλητα περιλαμβάνονται και τα απορριπτόμενα αυγά, τα οποία προκύπτουν κατά τη συλλογή, τη διαλογή και τη συσκευασία. Τα απόβλητα αυτά κατατάσσονται στον κωδικό 020202 (απόβλητα ιστών ζώων). Το ποσοστό των απορριπτόμενων αυγών υπολογίζεται περίπου σε ποσοστό 1-3% της συνολικής παραγωγής, ανάλογα και με το επίπεδο αυτοματοποίησης της εκάστοτε μονάδας.

Η ποιοτική ανάλυση των αποβλήτων δείχνει ότι η κοπριά των ωοπαραγωγών ορνίθων χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία. Από την ανάλυση προκύπτει ότι παρουσιάζονται αυξημένα επίπεδα αζώτου, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντική ρύπανση όταν δεν εφαρμόζονται οι κατάλληλες μέθοδοι διαχείρισης και επεξεργασίας. Η υγρασία της κοπριάς κυμαίνεται περίπου 55-75% ανάλογα με το σύστημα εκτροφής και τις συνθήκες του αερισμού, επηρεάζοντας άμεσα τη δυνατότητα αποθήκευσης και επεξεργασίας όπως για παράδειγμα μέσω της κομποστοποίησης. Συνολικά οι μονάδες αυγοπαραγωγής παράγουν σημαντικές ποσότητες οργανικών αποβλήτων, κυρίως κοπριάς με υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και οργανική ουσία, γεγονός που καθιστά αναγκαία την ορθολογική και ελεγχόμενη διαχείριση τους. (Μάρκου, 2016· Kelleher et al., 2002).

Τέλος ακόμα ένα ρεύμα αποβλήτων που παράγεται από τέτοιες μονάδες αλλά δεν έχει σχέση με την παραγωγική διαδικασία είναι τα υγρά απόβλητα τα οποία δημιουργούνται από τον καθαρισμό και την απολύμανση των εγκαταστάσεων, τα οποία έχουν κωδικό ΕΚΑ 020101 (λάσπες από πλύση και καθαρισμό). Αυτά τα νερά συγκεντρώνονται μέσω κλίσης του δαπέδου σε υπόγειες στεγανές δεξαμενές και αναμειγνύονται με τους σωρούς στην μονάδα της κομποστοποίησης, σε διαφορετική περίπτωση οδηγούνται για περεταίρω επεξεργασία σε βιολογικό καθαρισμό ο οποίος είναι εγκατεστημένος εντός της μονάδας είτε αποθηκεύονται σε στεγνή δεξαμενή και τα παραλαμβάνει κατάλληλος αδειοδοτημένος φορέας για περαιτέρω διαχείριση, σε αυτή την περίπτωση η εταιρεία οφείλει να τηρεί σε αρχείο της τις συμβάσεις με τον αρμόδιο φορέα.

3.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις ακατάλληλης διαχείρισης πτηνοτροφικών αποβλήτων

Η διαχείριση των αποβλήτων που παράγονται σε μονάδες αυγοπαραγωγής αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιώσιμη λειτουργία της πτηνοτροφικής δραστηριότητας. Η κοπριά των ωοπαραγωγών ορνίθων, τα υπολείμματα στρωμνής, τα απορριπτόμενα αυγά και τα υγρά απόβλητα καθαρισμού χαρακτηρίζονται από υψηλό οργανικό φορτίο και σημαντική περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Όταν η

διαχείριση τους δεν πραγματοποιείται με ορθολογικό τρόπο, ενδέχεται να προκύπτουν σοβαρές επιπτώσεις στο έδαφος, στα υπόγεια ρεύματα, στην ατμόσφαιρα και φυσικά στην δημόσια υγεία. (Μάρκου, 2016· Μιχαηλίδης, 2017).

Η σημαντικότερη περιβαλλοντική επίπτωση σχετίζεται με την ρύπανση των υδάτων από νιτρικά και φωσφορικά ιόντα. Η πτηνοτροφική κοπριά είναι πλούσια σε άζωτο και φώσφορο, στοιχεία τα οποία σε περίπτωση ανεξέλεγκτης διάθεσης τους στο περιβάλλον, στο έδαφος δηλαδή μεταφέρονται με διήθηση στον υδροφόρο ορίζοντα και στα υπόγεια ύδατα αλλά και στα επιφανειακά νερά. Η μεγάλη συγκέντρωση νιτρικών στα υπόγεια ύδατα επηρεάζει την ποιότητα του πόσιμου νερού, ενώ η μεταφορά θρεπτικών στοιχείων σε λίμνες και ποτάμια προκαλεί φαινόμενα ευτροφισμού. Ο ευτροφισμός οδηγεί σε υπερβολική ανάπτυξη φυκιών με συνέπεια μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό και διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας των υδάτινων οικοσυστημάτων. Επιπλέον η ανεπαρκής αποθήκευση κοπριάς χωρίς στεγανοποίηση των χώρων η χωρίς προστασία από τα όμβρια ύδατα αυξάνει τον κίνδυνο έκπλυσης ρυπαντικών φορτίων. Σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ευπρόσβλητες στην νιτροποίηση γεωργικής προέλευσης, η ανεξέλεγκτη διάθεση οργανικών αποβλήτων μπορεί να επιδεινώσει ήδη επιβαρυνμένες συνθήκες, καθιστώντας αναγκαία την εφαρμογή συγκεκριμένων περιορισμών ως προς τις ποσότητες αζώτου που εφαρμόζονται ανά εκτάριο. Σημαντικές είναι και οι επιπτώσεις στο έδαφος, η υπερβολική και συστηματική εφαρμογή πτηνοτροφικής κοπριάς χωρίς σωστό σχεδιασμό μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων, μεταβολής της οξύτητας (pH) και αύξηση της αλατότητας. Η διαταραχή της φυσικής ισορροπίας του εδάφους ενδέχεται να επηρεάσει αρνητικά τη μικροβιακή δραστηριότητα και τη γονιμότητα ιδίως όταν δεν λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικές ανάγκες των καλλιεργειών. (Ελληνική Δημοκρατία, 2011· Ελληνική Δημοκρατία, 2012· Μάρκου, 2016· Ελληνική Δημοκρατία, 2011· Μάρκου, 2016· Ελληνική Δημοκρατία, 2011· ΚΥΑ 145116/2011)

Στην ατμόσφαιρα η ακατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων συνδέεται κυρίως με εκπομπές αμμωνίας (NH_3) η οποία προέρχεται από την αποδόμηση των αζωτούχων ενώσεων της κοπριάς. Η αμμωνία συμβάλει στον σχηματισμό δευτερογενών αιωρούμενων σωματιδίων ενώ μετά την εναπόθεση της στο έδαφος και στα υδάτινα συστήματα μπορεί να υποβαθμίσει την ποιότητα τους και να προκαλέσει μεταβολές του pH (όξυνσή). Παράλληλα κατά την αναερόβια αποσύνθεση της οργανικής ύλης παράγονται αέρια όπως το μεθάνιο (CH_4) και το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) τα οποία και συγκαταλέγονται στα αέρια του θερμοκηπίου και επηρεάζουν το κλίμα με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας. (Amon et al., 2001· Μάρκου, 2016).

Η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στα ζωικά απόβλητα αποτελεί επιπλέον κίνδυνο, σε περίπτωση ανεπαρκούς διαχείρισης υπάρχει πιθανότητα διασποράς μικροβιακού φορτίου στο περιβάλλον μέσω της επιφανειακής απορροής, ή της άμεσης επαφής με το έδαφος. Η κατάσταση αυτή ενδέχεται να επηρεάσει τόσο τα οικοσυστήματα όσο και τη δημόσια υγεία. (Μιχαηλίδης, 2017· Ευρωπαϊκή Ένωση, 2009· Σπαής, 1986· EFSA, 2026· Παπαζαχαρίου, 2008).

Τέλος η μη συμμόρφωση με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση αποβλήτων επιφέρει διοικητικές κυρώσεις και οικονομικές επιβαρύνσεις ακόμα και σύλληψη του υπευθύνου καθώς η περιβαλλοντική μόλυνση - ρύπανση θεωρείται κακούργημα. Η περιβαλλοντική νομοθεσία προβλέπει συγκεκριμένες υποχρεώσεις σχετικά με την αποθήκευση, επεξεργασία και διάθεση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, με στόχο την πρόληψη της ρύπανσης και την προστασία των φυσικών πόρων. (Ελληνική Δημοκρατία, 2012· Ελληνική Δημοκρατία, 2021· Ελληνική Δημοκρατία, 2012· Ελληνική Δημοκρατία, 2021· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026· Ν. 4042/2012· Ν. 4819/2021)

Συνεπώς η ακατάλληλη διαχείριση των πτηνοτροφικών αποβλήτων δεν αποτελεί μόνο περιβαλλοντικό ζήτημα αλλά και ζήτημα ορθής λειτουργίας και βιωσιμότητας της μονάδας. Η εφαρμογή οργανωμένων πρακτικών επεξεργασίας και αξιοποίησης, όπως η κομποστοποίηση μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην μείωση των επιπτώσεων και στη μετατροπή των αποβλήτων σε αξιοποιήσιμο πόρο. (Μάρκου, 2016· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020· Κορνάρος, 2016).

3.4 Υφιστάμενος τρόπος διαχείρισης υποπροϊόντων στην μονάδα

Η υφιστάμενη μονάδα εκτροφής ωοτόκων ορνίθων εφαρμόζει οργανωμένο σύστημα διαχείρισης των παραγόμενων υποπροϊόντων και αποβλήτων, το οποίο βασίζεται στην μηχανική συλλογή, στην επιτόπια επεξεργασία των οργανικών ρευμάτων και στην συνεργασία με αδειοδοτημένους φορείς διαχείρισης. Η παραγωγική διαδικασία πραγματοποιείται σε κλειστού τύπου πτηνοθαλάμους με σύστημα εμπλουτισμένων κλωβών, γεγονός που επιτρέπει τον ελεγχόμενο χειρισμό των αποβλήτων ήδη από το στάδιο της παραγωγής τους. Το κυριότερο παραγόμενο υποπροϊόν της μονάδας ανέρχεται σε 9,2 τόνους νωπής κόπρου, γεγονός που μεταφράζεται σε περίπου 3.358 τόνους ετησίως. Η συλλογή της πραγματοποιείται μέσω μηχανικού συστήματος μεταφορικών ταινιών εγκατεστημένων κάτω από τους κλωβούς τετραώροφης διάταξης. Με τον τρόπο αυτό τα περιττώματα απομακρύνονται άμεσα από τον χώρο εκτροφής και θα μεταφέρονται στο νέο ειδικά διαμορφωμένο κτίριο επεξεργασίας που θα εγκατασταθεί εντός της εγκατάστασης. Η μηχανική απομάκρυνση συμβάλλει στην μείωση οσμών, στον περιορισμό των εκπομπών αμμωνίας, και στην διατήρηση καλύτερων συνθηκών υγιεινής στους θαλάμους εκτροφής. Η βασική μέθοδος διαχείρισης της κοπριάς είναι η κομποστοποίηση, η οποία θα πραγματοποιείται εντός της μονάδας σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο. Μέσω της ελεγχόμενης βιολογικής αποδόμησης της οργανικής ύλης, η κοπριά θα μετατρέπεται σε σταθεροποιημένο εδαφοβελτιωτικό προϊόν κατάλληλο για την γεωργική αξιοποίηση. Παράλληλα κατά τη περίοδο του χειμώνα ένα μέρος της κοπριάς διοχετεύεται σε όμορη μονάδα παραγωγής βιοαερίου όπου και αξιοποιείται ενεργειακά, όπου μέχρι να γίνει η εγκατάσταση της μονάδας κομποστοποίησης όλη η ποσότητα της κοπριάς οδηγούνταν στην εν λόγω μονάδα παραγωγής βιοαερίου. Η πρακτική αυτή ενισχύει την ανάκτηση πόρων και μειώνει την ανάγκη τελικής διάθεσης.

Τα νεκρά πτηνά (ΕΚΑ 020102) με ετήσια ποσότητα περίπου 4 τόνους/έτος κατατάσσονται στα ζωικά υποπροϊόντα κατηγορίας 2 και διαχειρίζονται μέσω αδειοδοτημένου φορέα συλλογής και επεξεργασίας, σύμφωνα με το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο για τα ζωικά υποπροϊόντα. Η προσωρινή αποθήκευση πραγματοποιείται σε κατάλληλους χώρους με στόχο την αποφυγή υγειονομικών κινδύνων, ενώ τηρείται σχετικό αρχείο καταγραφής ποσοτήτων.

Τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τον καθαρισμό των εγκαταστάσεων ανέρχονται σε 172,80 m³ ετησίως. Τα απόβλητα αυτά συλλέγονται σε στεγανές δεξαμενές, ώστε να αποτρέπεται η διαρροή στο έδαφος αλλά και στα υπόγεια ύδατα, και στη συνέχεια μεταφέρονται σε αδειοδοτημένες μονάδες διαχείρισης για περαιτέρω επεξεργασία και αξιοποίηση. Επιπλέον η μονάδα παράγει περιορισμένες ποσότητες λοιπών στερεών

αποβλήτων, τα αστικά απόβλητα (ΕΚΑ 200301) συλλέγονται σε κάδους και απομακρύνονται μέσω του δημοτικού συστήματος αποκομιδής. Τα υλικά συσκευασίας όπως το χαρτί, το χαρτόνι και το ξύλο (ΕΚΑ 150101 και 150103), συλλέγονται χωριστά και οδηγούνται προς ανακύκλωση. Τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια δηλαδή τα λάδια από τις μηχανές (ΕΚΑ 130206*) αποθηκεύονται προσωρινά σε κατάλληλα δοχεία και παραδίδονται σε εγκεκριμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης.

Η μονάδα τηρεί μητρώο διαχείρισης αποβλήτων στο οποίο καταγράφονται οι παραγόμενες ποσότητες, οι αντίστοιχοι ΕΚΑ και οι αποδέκτες των αποβλήτων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ηλεκτρονικού Μητρώου Αποβλήτων. Η τήρηση των διαδικασιών αυτών διασφαλίζει τη συμμόρφωση με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο και ενισχύει τον έλεγχο της περιβαλλοντικής επίδοσης της εγκατάστασης. Συνολικά ο υφιστάμενος τρόπος διαχείρισης των υποπροϊόντων της μονάδας βασίζεται στην αρχή της πρόληψης, της ανάκτησης και της αξιοποίησης των οργανικών ρευμάτων, περιορίζοντας την τελική διάθεση και συμβάλλοντας στην βιώσιμη λειτουργία της πτηνοτροφικής δραστηριότητας. Η ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων οργανικών υποπροϊόντων στις πτηνοτροφικές μονάδες αυγοπαραγωγής καθιστά αναγκαία την εφαρμογή αποτελεσματικών πρακτικών διαχείρισης. Μεταξύ των διαθέσιμων τεχνολογιών αξιοποίησης, η κομποστοποίηση αποτελεί μια από τις πλέον διαδεδομένες και περιβαλλοντικά φιλικές μεθόδους καθώς επιτρέπει τη μετατροπή των οργανικών αποβλήτων σε σταθεροποιημένο εδαφοβελτιωτικό προϊόν υψηλής προστιθέμενης αξίας.

4. Κομποστοποίηση πτηνοτροφικών υποπροϊόντων

4.1 Βασικές αρχές και διεργασίες της κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση αποτελεί μια ελεγχόμενη βιολογική διεργασία αερόβιας αποδόμησης οργανικών υλικών, μέσω της οποίας τα οργανικά υπολείμματα μετατρέπονται σε σταθερό και υγειονομικά ασφαλές εδαφοβελτιωτικό προϊόν. Στις μονάδες ορνίθων αυγοπαραγωγής εφαρμόζεται κυρίως η διαχείριση της πτηνοτροφική κόπρου και της στρωμνής μειώνοντας το οργανικό φορτίο και τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Κατά τη διάρκεια της διεργασίας μικροοργανισμοί όπως βακτήρια και μύκητες χρησιμοποιούν την οργανική ύλη ως πηγή ενέργειας και θρεπτικών συστατικών. Η βιολογική τους δραστηριότητα παράγει θερμότητα γεγονός που διαφοροποιεί την κομποστοποίηση από την φυσική αποσύνθεση. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει την αποδόμηση και συμβάλλει στην εξυγίανση του υλικού μέσω της καταστροφής παθογόνων μικροοργανισμών, σπόρων ζιζανίων και προνυμφών εντόμων. (Epstein, 1997· Haug, 1993· Tiquia & Tam, 2002· Epstein, 1997· Haug, 1993· Moreno, 2008· Diaz et al., 2007· EPA, 2026)

Η εξέλιξη της κομποστοποίησης διακρίνεται σε τέσσερις βασικές φάσεις, Αρχικά αναπτύσσεται η μεσόφιλη φάση, κατά την οποία η θερμοκρασία κυμαίνεται από 20° C μέχρι 45° C. Οι μικροοργανισμοί αποδομούν εύκολα βιοδιασπώμενες ενώσεις όπως σάκχαρα, λιπίδια και αμινοξέα, προκαλώντας ταχεία παραγωγή θερμότητας. Στην συνέχεια ακολουθεί η θερμόφιλη φάση όπου η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 55° C - 70° C, σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η εντονότερη αποδόμηση οργανικής ύλης και επιτυγχάνεται η υγειονομική σταθεροποίηση του υλικού. Η διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών για αρκετές ημέρες είναι απαραίτητη για την εξουδετέρωση παθογόνων όπως η σαλμονέλα και τα κολοβακτηρίδια. Ωστόσο θερμοκρασίες άνω των 75° C ενδέχεται να περιορίσουν τη μικροβιακή δραστηριότητα και να επιβραδύνουν τη διαδικασία. Μετά τη μείωση των εύκολα αποδομήσιμων οργανικών ενώσεων, η σωρός εισέρχεται στην φάση ψύξης. Η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά και επανεμφανίζονται μεσόφιλοι μικροοργανισμοί και μύκητες, οι οποίοι αποδομούν πιο ανθεκτικά υλικά όπως η κυτταρίνη που προέρχεται από το άχυρο και το πριονίδι. Τα τελευταία στάδια είναι η ωρίμανση κατά την οποία ολοκληρώνεται η σταθεροποίηση του κομποστ. Το ώριμο κομποστ χαρακτηρίζεται από σκούρο χρώμα, οσμή φρέσκου χώματος και χαμηλή βιολογική δραστηριότητα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια στο έδαφος χωρίς να προκαλεί φυτοτοξικότητα ή δέσμευση αζώτου. (Epstein, 1997· Diaz et al., 2007· Bernal et al., 2009).

Η κομποστοποίηση των πτηνοτροφικών υποπροϊόντων είναι μια διαδικασία οξείδωσης, ο οργανικός άνθρακας μετατρέπεται κυρίως σε διοξείδιο του άνθρακα ενώ μέρος του αζώτου ενσωματώνεται στην μικροβιακή βιομάζα ή μετατρέπεται σε ανόργανες μορφές διαθέσιμες για τα φυτά. Για την ομαλή λειτουργία της διεργασίας απαιτείται συνεχής παρουσία οξυγόνου. Σε συνθήκες ανεπαρκούς αερισμού αναπτύσσονται αναερόβιες διεργασίες οι οποίες συνοδεύονται από δυσοσμίες και παραγωγή αερίων όπως το μεθάνιο και το υδρόθειο. Για τον λόγο αυτό η συστηματική παρακολούθηση και διαχείριση της διεργασίας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την παραγωγή ποιοτικού κομπόστ και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. (Haug, 1993· Akinremi et al., 2000· Tiquia & Tam, 2002).

4.2 Πρώτες ύλες και παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του κομποστ

Η διαδικασία της κομποστοποίησης των υποπροϊόντων που προέρχονται από μονάδες ορνίθων αυγοπαραγωγής αποτελεί μια σύνθετη βιοτεχνολογική διεργασία αερόβιας σταθεροποίησης της οργανικής ύλης. Η επιτυχής έκβαση της μεθόδου και η παραγωγή ενός προϊόντος υψηλής προστιθέμενης αξίας εξαρτώνται πρωτίστως από τη φυσικοχημική σύσταση των πρώτων υλών και τη διατήρηση των βέλτιστων περιβαλλοντικών συνθηκών εντός του βιοαντιδραστήρα ή της στοίβας (σωρού). (Haug, 1993· Rynk et al., 1992· Epstein, 1997· Haug, 1993· Bernal et al., 2009· Sommer et al., 2013)

Η κύρια πρώτη ύλη σε αυτές τις μονάδες είναι η πτηνοτροφική κόπρος η οποία λόγω της φυσιολογίας των πτηνών χαρακτηρίζεται από υψηλής συγκέντρωσης αζώτου και υγρασίας, στοιχεία που την καθιστούν ιδιαίτερα δραστική αλλά και δύσκολη στην διαχείριση χωρίς την κατάλληλη τεχνική προετοιμασία. (Kelleher et al., 2002· Sommer et al., 2013).

Η ποιότητα του παραγόμενου κομπόστ καθορίζεται αρχικά από την επιλογή των κατάλληλων διογκωτικών μέσων, η πτηνοτροφική κόπρος παρουσιάζει συνήθως χαμηλή αναλογία άνθρακα προς άζωτο η οποία κυμαίνεται μεταξύ 10:1 , η τιμή υπολείπεται σημαντικά από το ιδανικό εύρος των 25:1 έως 30:1 που απαιτείται για την εύρυθμη μικροβιακή δραστηριότητα. Η προσθήκη υλικών πλούσιων σε άνθρακα, όπως είναι το άχυρο σιτηρών, το πριονίδι ή τα θρυμματισμένα υπολείμματα κλαδεμάτων, είναι απαραίτητη για τη ρύθμιση της στοιχειομετρίας του μείγματος. Αυτά τα υλικά δεν λειτουργούν μόνο ως πηγή ενέργειας για τους μικροοργανισμούς, αλλά εξασφαλίζουν και τη διατήρηση του πορώδους στην μάζα. Το πορώδες είναι κρίσιμος μηχανικός παράγοντας, καθώς επιτρέπει την ομοιόμορφη διάχυση του οξυγόνου και εμποδίζει την δημιουργία αναερόβιων θυλάκων, οι οποίοι ευθύνονται για την έκλυση δυσοσμιών και την παραγωγή μεθανίου. Παράλληλα με τη χημική σύσταση, η

περιεχόμενη υγρασία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη μεταφορά των θρεπτικών συστατικών μέσω κυτταρικών μεμβρανών των αποικοδομητών. Στις πτηνοτροφικές μονάδες, η κόπρος μπορεί να έχει υγρασία άνω του 70% γεγονός που απαιτεί ανάμειξη με ξηρά υπολείμματα ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο επίπεδο του 50% - 60%. Εάν η υγρασία υπερβεί το 65%, το νερό καταλαμβάνει τους πόρους του υλικού εκτοπίζοντας τον αέρα, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της αερόβιας αναπνοής. Αντίθετα, επίπεδα υγρασίας κάτω του 40% οδηγούν σε πρόωρη αφυδάτωση και παύση της βιολογικής δραστηριότητας, οδηγώντας σε ένα ασταθές τελικό προϊόν. (Epstein, 1997· Bernal et al., 2009· Tiquia & Tam, 2002· Akinremi et al., 2000· Tiquia & Tam, 2002· Barbaro et al., 2011)

Άρα η θερμοκρασία αποτελεί τον δείκτη της έντασης της βιολογικής αποδόμησης και είναι ο κύριος μηχανισμός εξυγίανσης του υποστρώματος. Από μηχανικής άποψης, η διατήρηση των θερμοκρασιών που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.1 απαιτεί επαρκή μόνωση της μάζας ή ελεγχόμενο αερισμό, καθώς η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσει και σε θανάτωση ωφέλιμων μικροοργανισμών επιβραδύνοντας τη διαδικασία ωρίμανσης. Επιπρόσθετα η τιμή του pH επηρεάζει τη χημική ισορροπία της αμμωνίας η οποία είναι το κύριο υποπροϊόν του μεταβολισμού του αζώτου στην πτηνοτροφική κόπρη. Σε τιμές pH άνω του 8,5 και σε υψηλές θερμοκρασίες το ιοντικό αμμώνιο μετατρέπεται σε αέρια αμμωνία, η οποία εκλύεται στην ατμόσφαιρα. Αυτή η απώλεια αζώτου όχι μόνο υποβαθμίζει τη λιπαντική αξία του παραγόμενου κομπόστ, αλλά προκαλεί και περιβαλλοντικά προβλήματα. Η χρήση κατάλληλων προσθέτων ή η προσεκτική διαχείριση του αερισμού μπορεί να μετριάσει αυτό το φαινόμενο, διατηρώντας το pH σε επίπεδα που ευνοούν τη νιτροποίηση. Τέλος ο ρυθμός παροχής οξυγόνου μέσω μηχανικών μέσων ή φυσικής κυκλοφορίας καθορίζει την ταχύτητα της αποδόμησης. Η συγκέντρωση του οξυγόνου στους πόρους του υλικού δεν πρέπει να πέφτει κάτω από το 5% καθώς σε χαμηλότερες τιμές ο μεταβολισμός μεταπίπτει σε αναερόβιο. Η αλληλεπίδραση όλων των παραπάνω παραγόντων (αναλογία, υγρασία, πορώδες και θερμοκρασία) δημιουργεί ένα δυναμικό σύστημα όπου η μεταβολή μιας παραμέτρου επηρεάζει αναπόφευκτα τα υπόλοιπες. Η κατανόηση αυτών των παραγόντων αποτελεί το θεμέλιο για τον σχεδιασμό των συστημάτων κομποστοποίησης που θα αναλυθούν στην επόμενη ενότητα. (Amon et al., 2001· Akinremi et al., 2000· Haug, 1993).

4.3 Συστήματα και τεχνολογίες κομποστοποίησης.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος κομποστοποίησης για μια πτηνοτροφική μονάδα αυγοπαραγωγής αποτελεί μια κρίσιμη μηχανική απόφαση, η οποία καθορίζεται από τον όγκο

των παραγόμενων υποπροϊόντων, τη διαθέσιμη έκταση, το επιδιωκόμενο κόστος λειτουργίας και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις της περιοχής. Οι τεχνολογίες κομποστοποίησης ταξινομούνται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα ανοιχτά συστήματα (open systems) και τα κλειστά ή εγκιβωτισμένα συστήματα (in-vessel systems). Κάθε τεχνολογία παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά όσο αφορά τη μεταφορά μάζας, τη θερμική απόδοση και τον έλεγχο των εκπομπών, επηρεάζοντας άμεσα τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος σε αγροτικές μονάδες είναι η κομποστοποίηση με σειρά στοιβών με περιοδική αναμόχλευση. Στο σύστημα αυτό η πτηνοτροφική κόπρος αναμειγνύεται με τα διογκωτικά μέσα και τοποθετείται σε επιμήκεις τριγωνικές στοίβες (σειράδια). (Rynk et al., 1992· Haug, 1993· Diaz et al., 2007· Rynk et al., 1992· Haug, 1993· Gonzalez-López, 2018· Biocycle, 2026· BIOCYCLE, 2026)

Η αερόβια κατάσταση διατηρείται μέσω της μηχανικής αναμόχλευσης η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών μηχανημάτων, των αναμοχλευτών. Η αναμόχλευση εξυπηρετεί τρεις βασικούς σκοπούς: Τον εφοδιασμό της μάζας με οξυγόνο, την απελευθέρωση της εγκλωβισμένης θερμότητας και υγρασίας, την ομογενοποίηση του μείγματος ώστε το υλικό που βρίσκεται στην επιφάνεια να μεταφερθεί στο εσωτερικό (θερμόφιλο κέντρο) για πλήρη εξυγίανση. Η μέθοδος αυτή είναι οικονομικά αποδοτική αλλά απαιτεί σημαντική έκταση γης και είναι εκτεθειμένη στις καιρικές συνθήκες, γεγονός που μπορεί να δυσχεραίνει τον έλεγχο της υγρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες. Μια εξέλιξη των ανοιχτών συστημάτων, η οποία προσφέρει καλύτερο έλεγχο χωρίς την ανάγκη συνεχούς κίνησης του υλικού είναι οι στατικές στοίβες με εξαναγκασμένο αερισμό. Σε αυτό το σύστημα η στοίβα τοποθετείται πάνω από ένα δίκτυο διατηρητών σωληνώσεων οι οποίες συνδέονται με φυσητήρες. Ο αερισμός μπορεί να είναι θετικός δηλαδή με ώθηση προς τα πάνω ή αρνητικός δηλαδή αναρρόφηση αέρα, επιτρέποντας την ακριβή ρύθμιση των επιπέδων οξυγόνου και της θερμοκρασίας μέσω αισθητήρων και αυτοματισμών. Η τεχνολογία αυτή μειώνει δραστικά τον χρόνο κομποστοποίησης σε σύγκριση με τις απλές στοίβες και επιτρέπει την διαχείριση μεγαλύτερων φορτίων σε μικρότερο χώρο. Η χρήση στατικής στοίβας με αρνητικό αερισμό επιτρέπει τη διοχέτευση των απαερίων σε βιόφιλτρα περιορίζοντας σημαντικά την έκλυση οσμών κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για πτηνοτροφεία που βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Για μονάδες που απαιτούν μέγιστη ταχύτητα επεξεργασίας και πλήρη απομόνωση από το περιβάλλον χρησιμοποιούνται τα κλειστά συστήματα εντός αντιδραστήρων (in – vessel composting). Αυτά τα κλειστά συστήματα περιλαμβάνουν περιστρεφόμενους κάδους, σιλό ή κλειστά κανάλια. Στους περιστρεφόμενους αντιδραστήρες η ανάδευση είναι συνεχής

εξασφαλίζοντας άριστη επαφή των μικροοργανισμών με το υπόστρωμα και ταχύτατη άνοδο της θερμοκρασίας στην θερμοφιλική ζώνη. Η παραμονή του υλικού στον αντιδραστήρα διαρκεί συνήθως λίγες μέρες (φάση ενεργούς αποικοδόμησης) και ακολουθείται από μια φάση ωρίμανσης σε εξωτερικό χώρο. Παρόλο που τα κόστη είναι υψηλά, αλλά η μέθοδος αυτή ελαχιστοποιεί την απώλεια αζώτου και εγγυάται ένα προϊόν απαλλαγμένο από παθογόνα, τηρώντας τις αυστηρότερες προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τα ζωικά υποπροϊόντα σύμφωνα με τον κανονισμό 1069/2009. (Akinremi et al., 2000· Rynk et al., 1992· Tiquia & Tam, 2002).

Μια ενδιαμέση και ολοένα αυξανόμενη σε δημοτικότητα τεχνολογία είναι η κομποστοποίηση σε καλυμμένες στοίβες με ημιπέρατες μεμβράνες. Το σύστημα αυτό συνδυάζει τον εξαναγκασμένο αερισμό με τη χρήση μιας ειδικής μεμβράνης τύπου gore tex, η οποία καλύπτει την στοίβα. Η μεμβράνη επιτρέπει την διαφυγή των υδρατμών και του διοξειδίου του άνθρακα αλλά συγκρατεί τα σωματίδια οσμών και την αμμωνία ενώ παράλληλα προστατεύει το υλικό από την βροχή. Η τεχνολογία αυτή προσομοιάζει τη λειτουργία ενός κλειστού αντιδραστήρα σε κλάσμα του κόστους καθιστώντας την ελκυστική για μεσαίου μεγέθους μονάδες αυγοπαραγωγής που επιδιώκουν τη συμμόρφωση με τις Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (BAT). Στον τομέα της μηχανικής οργάνωσης η επιλογή του συστήματος αερισμού συνοδεύεται από την ανάγκη εγκατάστασης συστημάτων παρακολούθησης, οι σύγχρονες μονάδες χρησιμοποιούν τηλεμετρία για τη συνεχή καταγραφή της θερμοκρασίας και του pH, καθώς και λογισμικό που ρυθμίζει την ταχύτητα των φυσητήρων με βάση τη συγκέντρωση O₂ στην έξοδο. Αυτός ο ακριβής έλεγχος αποτρέπει την υπερθέρμανση του κομπόστ, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε θερμική αδρανοποίηση των ωφέλιμων μυκήτων που είναι απαραίτητοι για την αποδόμηση των διογκωτικών μέσων. Συμπερασματικά η μετάβαση από τις παραδοσιακές μεθόδους στις σύγχρονες τεχνολογίες κομποστοποίησης επιτρέπει στις πτηνοτροφικές μονάδες να μετατρέψουν ένα περιβαλλοντικό βάρος σε πολύτιμο εδαφοβελτιωτικό. Η επιλογή μεταξύ ανοιχτών ή κλειστών συστημάτων πρέπει να βασίζεται σε μια προσέγγιση που συνεκτιμά την ενεργειακή απόδοση, τον χρόνο κύκλου παραγωγής και τη δυνατότητα ελέγχου των αέριων ρύπων, διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα της μονάδας σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. (Diaz et al., 2007· Haug, 1993).

4.4 Χαρακτηριστικά, εφαρμογές και οφέλη του παραγόμενου κομπόστ

Η ολοκλήρωση της διαδικασίας κομποστοποίησης των πτηνοτροφικών υποπροϊόντων οδηγεί στην παραγωγή ενός σταθεροποιημένου οργανικού υλικού, το οποίο στερείται

δυσοσμίας και παθογόνων φορτίων, παρουσιάζοντας παράλληλα υψηλή λιπαντική αξία. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος καθορίζουν την καταλληλότητα του για διαφορετικές αγροτικές χρήσεις και αποτελούν τον δείκτη της ποιότητας της προηγούμενης επεξεργασίας. Ένα ώριμο κομπόστ πτηνοτροφικής προέλευσης χαρακτηρίζεται από σκούρο καφέ χρώμα ή μαύρο, γήινη οσμή και σχήμα που ευνοείται η διασπορά του στους αγρούς με τη χρήση συμβατικών διανομέων. Κεντρικό χαρακτηριστικό της ποιότητας είναι η σταθερότητα και η ωριμότητα του υλικού, η σταθερότητα αφορά το ρυθμό της υπολειπόμενης μικροβιακής δραστηριότητας ενώ η ωριμότητα σχετίζεται με την απουσία φυτοτοξικών ουσιών, όπως τα πτητικά λιπαρά οξέα και η αμμωνία. Η αξιολόγηση της ωριμότητας πραγματοποιείται μέσω χημικών δεικτών, όπως η πτώση της αναλογίας σε τιμές κάτω του 15:1 (C,N) και βιολογικών δοκιμών όπως το τεστ βλαστικότητας. Ένα κομπόστ που δεν έχει ωριμάσει πλήρως μπορεί να προκαλέσει δέσμευση του αζώτου στο έδαφος στερώντας το από τα φυτά κατά την κρίσιμη περίοδο της ανάπτυξης τους καθώς οι μικροοργανισμοί του εδάφους καταναλώνουν το διαθέσιμο άζωτο για να ολοκληρώσουν την αποικοδόμηση του άνθρακα. Από πλευράς θρεπτικών συστατικών το κομποστ από όρνιθες αυγοπαραγωγής είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε ασβέστιο λόγω της διατροφής των πτηνών που αποσκοπεί στην δημιουργία του κελύφους των αυγών. Η υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο σε συνδυασμό με το άζωτο, τον φώσφορο και το κάλιο καθιστά το προϊόν αυτό ένα ολοκληρωμένο εδαφοβελτιωτικό ικανό να υποκαταστήσει μέρος των συνθετικών χημικών λιπασμάτων. Επιπλέον η οργανική ουσία του κομποστ περιλαμβάνει χημικά οξέα τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην βελτίωση της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους, επιτρέποντας την καλύτερη συγκράτηση και σταδιακή αποδέσμευση των θρεπτικών στοιχείων προς τις ρίζες των φυτών. Οι εφαρμογές του παραγόμενου κομποστ εκτείνονται σε ευρύ φάσμα της πρωτογενούς παραγωγής. Στην δενδροκομία και την αμπελουργία η ενσωμάτωση κομποστ βελτιώνει τη δομή του εδάφους αυξάνοντας το πορώδες και την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για τις ξηροθερμικές συνθήκες της Ελλάδας. Στις εκτατικές καλλιέργειες όπως τα σιτηρά και το καλαμπόκι η εφαρμογή του κομποστ ενισχύει τη γονιμότητα του εδάφους σε βάθος χρόνου, μειώνοντας τις απώλειες θρεπτικών λόγω έκπλυσης προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Το κομποστ λειτουργεί ως μέσο βιολογικής καταπολέμησης καθώς η πλούσια μικροβιακή του ικανότητα ανταγωνίζεται τους εδαφογενείς παθογόνους μύκητες μειώνοντας την ανάγκη για χημικά φυτοφάρμακα. Πέρα από τα αγροτικά οφέλη η παραγωγή κομποστ από τα υποπροϊόντα της πτηνοτροφίας προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. Η μετατροπή της κόπρου σε σταθεροποιημένο προϊόν ελαχιστοποιεί την έκλυση αερίων του θερμοκηπίου όπως το μεθάνιο

και υποξείδιο του αζώτου, που θα εκλύονταν κατά την ανεξέλεγκτη εναπόθεση των αποβλήτων. Επιπλέον η διαδικασία αυτή μειώνει τον όγκο των αποβλήτων που πρέπει να μεταφερθούν εκτός της μονάδας περιορίζοντας το αποτύπωμα άνθρακα της επιχείρησης. Σε επίπεδο μηχανικής διαχείρισης το κομποστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παρασκευή υποστρωμάτων ανάπτυξης σε θερμοκήπια μετά από ανάμειξη με τύρφη ή περλίτη. Η δυνατότητα αυτή ανοίγει νέες αγορές για τις πτηνοτροφικές μονάδες μετατρέποντας ένα κόστος διαχείρισης αποβλήτων σε πηγή εσόδων. Ωστόσο για την εμπορική αξιοποίηση του προϊόντος είναι απαραίτητη η αυστηρή τήρηση των ορίων συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων και η διασφάλιση της πλήρους υγιεινής σύμφωνα και με τις προδιαγραφές της Ευρώπης. Συμπερασματικά το κομποστ που προέρχεται από πτηνοτροφικές μονάδες ορνίθων αυγοπαραγωγής αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τη βιώσιμη γεωργία. Η ορθή εφαρμογή του αποκαθιστά την οργανική ουσία των υποβαθμισμένων εδαφών και συμβάλλει στην δραστική μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της πτηνοτροφίας κλείνοντας τον κύκλο των θρεπτικών στοιχείων από την παραγωγή του αυγού πίσω στο έδαφος. (Bernal et al., 2009· Bernal et al., 2017· Moral et al., 2009· Bernal et al., 2009· Bernal et al., 2017· Moral et al., 2009· Barbaro et al., 2011· Moreno, 2008)

5. Επέκταση της υφιστάμενης μονάδας αυγοπαραγωγής

5.1 Υπάρχουσα κατάσταση αυγοπαραγωγής και επεξεργασίας αποβλήτου

Η υπό εξέταση δραστηριότητα αφορά την πτηνοτροφική μονάδα της εταιρείας «ΠΑΠΠΑΣ Α.Ε.» η οποία λειτουργεί ως μονάδα εκτροφής 80.000 ωοτοκών ορνίθων και είναι εγκατεστημένη σε εκτός σχεδίου περιοχή στην θέση «Ντούσκια ή Θανασάκι», στην Ριτσώνα εντός της Δημοτικής κοινότητας Βαθέως, της Δημοτικής ενότητας Αυλίδας, του Δήμου Χαλκιδέων. Η μονάδα διαθέτει άδεια λειτουργίας από το έτος 1997 και καταλαμβάνει γήπεδο συνολικής έκτασης 11.175 m² με συνολική κάλυψη 4.733,33 m². Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από εκτεταμένες δασικές εκτάσεις και σύμφωνα με το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Αυλίδας εντάσσεται στην περιοχή Δ2, η οποία αποτελεί ζώνη δασικού χαρακτήρα. Η πρόσβαση στις εγκαταστάσεις γίνεται μέσω υφιστάμενης αγροτικής οδού, ενώ τα όρια του γηπέδου περιβάλλονται από όμορα αγροτεμάχια ανατολικά, νότια και βόρεια. Οι συντεταγμένες του αγροτεμαχίου είναι καταγεγραμμένες τόσο στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87) όσο και στο Παγκόσμιο Σύστημα WGS84 με κεντροβαρική θέση στις τιμές 38°24'59.36" Βόρεια και 23°27'51.89" Ανατολικά.

Η μονάδα κατατάσσεται στις κατηγορίες έργων και δραστηριοτήτων με βάση τη σχετική εθνική Νομοθεσία. Η εκτροφή των ωοτόκων ορνίθων εντάσσεται στην 7^η ομάδα δραστηριοτήτων, που αφορά πτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, και ειδικότερα στην υποκατηγορία Α2, καθώς η δυναμικότητα των 80.000 θέσεων είναι μικρότερη από το όριο των 112.500 θέσεων. Η δραστηριότητα παραγωγής ζωοτροφών κατατάσσεται στην 9^η ομάδα μεταποιητικών δραστηριοτήτων, στην κατηγορία Β, ενώ η μονάδα παραγωγής εδαφοβελτιωτικών μέσω κομποστοποίησης μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων εντάσσεται στην 4^η ομάδα περιβαλλοντικών υποδομών, επίσης στην κατηγορία Β δεδομένου ότι η ημερήσια ποσότητα εισερχομένων υλικών δεν υπερβαίνει τους 50 τόνους. Σύμφωνα με τη νομοθετική απαίτηση που προβλέπει ότι η συνολική κατάταξη προκύπτει από το τμήμα με τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το έργο κατατάσσεται συνολικά στην Α2 υποκατηγορία. Επιπλέον η μονάδα εμπίπτει στις διατάξεις της Οδηγίας IED για την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο ρύπανσης, δεδομένου ότι η εκτροφή υπερβαίνει τις 40.000 θέσεις για πουλερικά, γεγονός που επιβάλλει την εφαρμογή βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για τη μείωση κατανάλωσης νερού και ενέργειας. Η παραγωγική διαδικασία αφορά την εκτροφή ωοτόκων ορνίθων με σκοπό την αυγοπαραγωγή, οι όρνιθες είναι του ίδιου ηλικιακού σταδίου, εισέρχονται στην φάση ωοτοκίας περίπου στους 4,5 μήνες με μέσο βάρος περίπου 1,5 kg και διατηρούνται σε παραγωγική εκμετάλλευση για διάστημα 19 έως 25 μηνών. Η

μονάδα εφαρμόζει το σύστημα εκτροφής σε εμπλουτισμένους κλωβούς, το οποίο αποτελεί τη πιο διαδεδομένη μέθοδο εκτροφής ωτοόκων ορνίθων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του Π.Δ. 216/2003. Οι όρνιθες στεγάζονται σε τρία κλειστά κτίρια εκτροφής, στα οποία έχουν εγκατασταθεί κλωβοστοιχίες σε κατακόρυφη διάταξη. Στα δύο κτίρια οι κλωβοί αναπτύσσονται σε τέσσερις ορόφους, ενώ στο τρίτο σε τρείς. Η διάταξη αυτή επιτρέπει τη βέλτιστη αξιοποίηση του χώρου, τη διευκόλυνση των διαδικασιών σίτισης και ποτισμού, καθώς και την αποτελεσματική απομάκρυνση των αποβλήτων. Κάθε κλωβός παρέχει ελάχιστη επιφάνεια 750 cm^2 ανά όρνιθα εκ των οποίων τα 600 cm^2 αποτελούν ωφέλιμη επιφάνεια και το ύψος του πάνω από την ωφέλιμη επιφάνεια είναι τουλάχιστον 20 cm σε κάθε σημείο. Κάθε όρνιθα έχει στην διάθεση της μήκος ταΐστρας τουλάχιστον 12 cm, ενώ η παροχή νερού γίνεται μέσω θηλών ποτίσματος, με εξασφάλιση πρόσβαση στις δύο θήλες ανά άτομο. Οι διάδρομοι μεταξύ των σειρών κλωβών έχουν πλάτος τουλάχιστον 90 cm, διευκολύνοντας την επιθεώρηση, τη διαχείριση του ζωικού κεφαλαίου και τον καθαρισμό, ενώ ο χώρος από το δάπεδο μέχρι τη βάση της κατώτερης σειράς κλωβών είναι τουλάχιστον 35 cm. Επιπλέον οι κλωβοί διαθέτουν εξοπλισμό για το ξύσιμο των νυχιών, στοιχείο που συμβάλλει στην ευζωία των ζώων. Η απομάκρυνση της κοπριάς γίνεται μέσω πλαστικών ταινιών μεταφοράς που βρίσκονται κάτω από τις κλωβοστοιχίες και θα οδηγούν τα απόβλητα σε κεντρικό σύστημα μεταφοράς προς το νέο κτίριο επεξεργασίας. Η διαδικασία αυτή μειώνει αισθητά τις οσμές περιορίζει την ανάπτυξη αμμωνίας και διασφαλίζει υψηλά επίπεδα υγιεινής στους θαλάμους εκτροφής. (Ελληνική Δημοκρατία, 2011· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026· ΔΑΟΚ Π.Ε. Εύβοιας, 2026) (Ν. 4014/2011)



Εικόνα 2: Θέση της εγκατεστημένης Μονάδας

5.2 Δεδομένα επέκτασης

5.2.1 Κτιριακή επέκταση

Η στρατηγική ανάπτυξη της πτηνοτροφικής μονάδας περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την κατασκευή μιας νέας σύγχρονης κτηριακής επέκτασης συνολικής επιφάνειας 700 m^2 , η οποία αποσκοπεί στον εκσυγχρονισμό της παραγωγής και τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των υποπροϊόντων. Η αρχιτεκτονική μελέτη της επέκτασης βασίζεται στις αρχές της βιοασφάλειας και της λειτουργικής καθετοποίησης διασφαλίζοντας ότι όλες οι φάσεις από την εκτροφή έως τη συσκευασία του προϊόντος εκτελούνται σε ένα ελεγχόμενο και υγειονομικά θωρακισμένο περιβάλλον. Το κτήριο κατασκευάζεται με μεταλλικό σκελετό και πλαγιοκάλυψη από θερμομονωτικά υλικά πάνελ πολυουρεθάνης, επιλογή που εξασφαλίζει υψηλή ενεργειακή απόδοση και τη δυνατότητα πλήρους απολύμανσης των επιφανειών με συστήματα υψηλής πίεσης. Ο κύριος χώρος της επέκτασης επιφάνειας 550 m^2 , διαμορφώνεται ως σύγχρονος θάλαμος εκτροφής και αυγοπαραγωγής για 10.000 όρνιθες. Στον χώρο αυτό εγκαθίστανται αυτοματοποιημένα συστήματα σίτισης και υδροδοσίας, καθώς και φωλιές με κεκλιμένο δάπεδο που επιτρέπουν την άμεση κύλιση των αυγών προς τους ιμάντες συλλογής. Το δάπεδο του θαλάμου κατασκευάζεται από λείο βιομηχανικό μπετό με κατάλληλες κλίσεις για την απορροή των υγρών καθαρισμού. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον μηχανικό αερισμό ο εξασφαλίζοντας την απαραίτητη ανανέωση του αέρα και τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας αποτρέποντας θερμικό στρες των πτηνών. Ο χώρος διαλογής και συσκευασίας των αυγών με επιφάνεια 80 m^2 διαχωρίζεται από τον υπόλοιπο χώρο σύμφωνα και με τις υγειονομικές προδιαγραφές, στο τμήμα αυτό καταλήγουν οι ιμάντες μεταφοράς των αυγών από τον θάλαμο παραγωγής όπου μέσω μηχανών διαλογής πραγματοποιείται η ωοσκόπηση ολόκληρης της μονάδας, ο έλεγχος βάρους και η αυτόματη σήμανση του προϊόντος τέλος η διαρρύθμιση αυτή ελαχιστοποιεί τη μεσολάβηση ανθρώπινου παράγοντα. Για τη διασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος προβλέπεται θάλαμος ψύξης 50 m^2 με δυνατότητα ρύθμισης θερμοκρασίας $12^\circ \text{ C} - 15^\circ \text{ C}$, ο οποίος είναι εξοπλισμένος με συστήματα ιχνηλασιμότητας και καταγραφής δεδομένων. Η ζώνη εισόδου της επέκτασης περιλαμβάνει βοηθητικούς χώρους 30 m^2 , οι οποίοι λειτουργούν ως προστατευτικό φίλτρο βιοασφάλειας. Στο σημείο αυτό διαμορφώνονται αποδυτήρια και σταθμοί απολύμανσης, επιβάλλοντας τον αυστηρό διαχωρισμό μεταξύ της καθαρής και ακαθάριστης ζώνης της μονάδας.

Τέλος, ο σχεδιασμός περιλαμβάνει ειδικό στεγανό για την απομάκρυνση της κόπρου μέσω κλειστού συστήματος ιμάντων. Η κόπρος οδηγείται απευθείας προς τη μονάδα κομποστοποίησης αποτρέποντας την έκθεση των υποπροϊόντων στο περιβάλλον και

εξασφαλίζοντας την αμεσότητα της επεξεργασίας τους. Αυτή η λειτουργική διασύνδεση της κτηριακής επέκτασης με το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων αποτελεί τον πυρήνα της βιώσιμης ανάπτυξης της μονάδας επιτρέποντας την αποτελεσματική μετατροπή των πτηνοτροφικών υποπροϊόντων σε κομπόστ υψηλής ποιότητας.

Περιγραφή μονάδας κομποστοποίησης

Η κτηριακή επέκταση της πτηνοτροφικής μονάδας περιλαμβάνει και την κατασκευή αυτόνομης και ανεξάρτητης στεγασμένης μονάδας κομποστοποίησης συνολικής επιφάνειας 1.000 m², με στόχο τη διαχείριση και την αξιοποίηση της παραγόμενης κοπριάς των αυγοπαραγωγών ορνίθων για την παραγωγή οργανικού λιπάσματος (κομποστ). Η χωροθέτηση και η διάταξη της μονάδας έχουν σχεδιαστεί με τρόπο που να εξασφαλίζει τη συνεχή ροή της παραγωγικής διαδικασίας και τη λειτουργικότητα των χώρων.

Η μονάδα κομποστοποίησης διαχωρίζεται σε επιμέρους λειτουργικές ζώνες οι οποίες αντιστοιχούν στα βασικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του κομπόστ. Η κοπριά που προέρχεται από τις μονάδες αυγοπαραγωγής μεταφέρεται με τη μεταφορική ταινία στον κεντρικό χώρο επεξεργασίας, εκεί εισέρχεται σε τσιμεντένιο περιστροφικό κομποστοποιητή τύπου drum χωρητικότητας 125 m², όπου βρίσκεται εγκατεστημένη σταθερή περιστρεφόμενη φρέζα. Η φρέζα εξασφαλίζει τη συνεχή ανάδευση και ομοιογενοποίηση του οργανικού υλικού. Η διαδικασία αυτή είναι σημαντική καθώς συμβάλει στην σωστή κατανομή της υγρασίας και του οξυγόνου στο μίγμα δημιουργώντας κατάλληλες συνθήκες για την βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης.



Εικόνα 3: Μηχανή ανάδευσης.

Όταν ο όγκος του επεξεργασμένου υλικού αυξηθεί και ξεπεράσει το ύψος της εγκατάστασης σε συγκεκριμένο σημείο, το υλικό αυτόματα βγαίνει εκτός του κομποστοποιητή. Στην συνέχεια με τη χρήση μηχανήματος έργου (μπουλντόζα) το υλικό μεταφέρεται σε διαχωριστικές θέσεις ωρίμανσης και ξήρανσης. Στους χώρους αυτούς το κομπόστ παραμένει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κατά το οποίο πραγματοποιείται η φάση της βιολογικής ωρίμανσης και σταθεροποίησης.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της ωρίμανσης και ξήρανσης το τελικό κομπόστ μεταφέρεται στο συσκευαστήριο για την τελική επεξεργασία και τυποποίηση του προϊόντος. Η μεταφορά του υλικού πραγματοποιείται μέσω μεταφορικής ταινίας η οποία το οδηγεί στο σύστημα κοσκίνισης. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται ο διαχωρισμός με βάση το μέγεθος των κόκκων, με στόχο την απομάκρυνση ξένων σωμάτων και μεγαλύτερων τεμαχίων οργανικής ύλης που δεν έχουν αποδομηθεί πλήρως κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης. Η κοσκίνιση συμβάλλει σημαντικά στην βελτίωση της ποιότητας και της ομοιομορφίας του τελικού προϊόντος προσδίδοντας καλύτερη υφή και εμπορικά χαρακτηριστικά στο κομπόστ.

Μετά την ολοκλήρωση της κοσκίνισης το υλικό οδηγείται αυτόματα μέσω μίαντα στην γραμμή συσκευασίας όπου και πραγματοποιείται η πλήρωση και σφράγιση των συσκευασιών. Το παραγόμενο κομπόστ προβλέπεται να διατίθεται εμπορικά σε τρεις διαφορετικού τύπου

συσκευασίας, συγκεκριμένα σε σακούλες των 2 kg, 5 kg και 10 kg, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες τόσο των ερασιτεχνικών όσο και επαγγελματικών χρήσεων. Οι μικρότερες συσκευασίες απευθύνονται κυρίως σε οικιακή χρήση, φυτώρια και καταστήματα γεωργικών εφοδίων ενώ οι μεγαλύτερες συσκευασίες προορίζονται για επαγγελματικές καλλιέργειες και γεωργικές εφαρμογές. Η διαδικασία της συσκευασίας πραγματοποιείται με αυτοματοποιημένο εξοπλισμό ο οποίος εξασφαλίζει ακρίβεια στην ποσότητα πλήρωσης, σταθερότητα στην ποιότητα του τελικού προϊόντος και υψηλή παραγωγική δυναμικότητα. Μετά την πλήρωση οι συσκευασίες σφραγίζονται και τοποθετούνται σε παλέτες για προσωρινή αποθήκευση και μεταφορά σε ειδικό χώρο μεταφερόμενες από κλαρκ. Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας μεταφοράς, κοσκίνησης και συσκευασίας μειώνει σημαντικά τις ανάγκες χειρωνακτικής εργασίας, περιορίζει τις απώλειες υλικού και συμβάλλει στην διατήρηση υψηλού επιπέδου υγιεινής και ποιότητας κατά την τελική τυποποίηση του κομπόστ.

Εργασίες	Τιμή
Κατασκευή κτιριακών εγκαταστάσεων	250.000,0 €
Διαμόρφωση αποθήκης	12.000,0 €
Διαμόρφωση χώρου συλλογής και αποθήκευσης αυγών	10.000,0 €
Διαμόρφωση χώρου αποθήκευσης υποπροϊόντων και κόπρου	8.000,0 €
Διαμόρφωση εξωτερικού χώρου	15.000,0 €
Σύνολο	295.000,0 €

Πίνακας 5: Κόστος κτηριακής επέκτασης.

5.2.2 Μηχανολογική επέκταση

Η μηχανολογική εγκατάσταση της πτηνοτροφικής μονάδας αυγοπαραγωγής θα περιλαμβάνει σύγχρονο εξοπλισμό ο οποίος θα καλύπτει τις ανάγκες εκτροφής, διαχείρισης ζωοτροφών, συλλογής αυγών, αερισμού, καθαριότητας και διαχείρισης υποπροϊόντων. Η επιλογή των μηχανημάτων θα πραγματοποιηθεί με βασικά κριτήρια τη λειτουργικότητα, την ενεργειακή απόδοση, τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις ευζωίας των πτηνών και τη δυνατότητα νέας μελλοντικής επέκτασης της μονάδας. Η μηχανολογική εγκατάσταση θα σχεδιαστεί έτσι ώστε να μειώνεται το εργατικό κόστος, να βελτιώνεται η παραγωγικότητα και να διασφαλίζονται σταθερές συνθήκες εκτροφής καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της μονάδας. Βασικό τμήμα του εξοπλισμού θα αποτελέσουν τα αυτόματα συστήματα παροχής

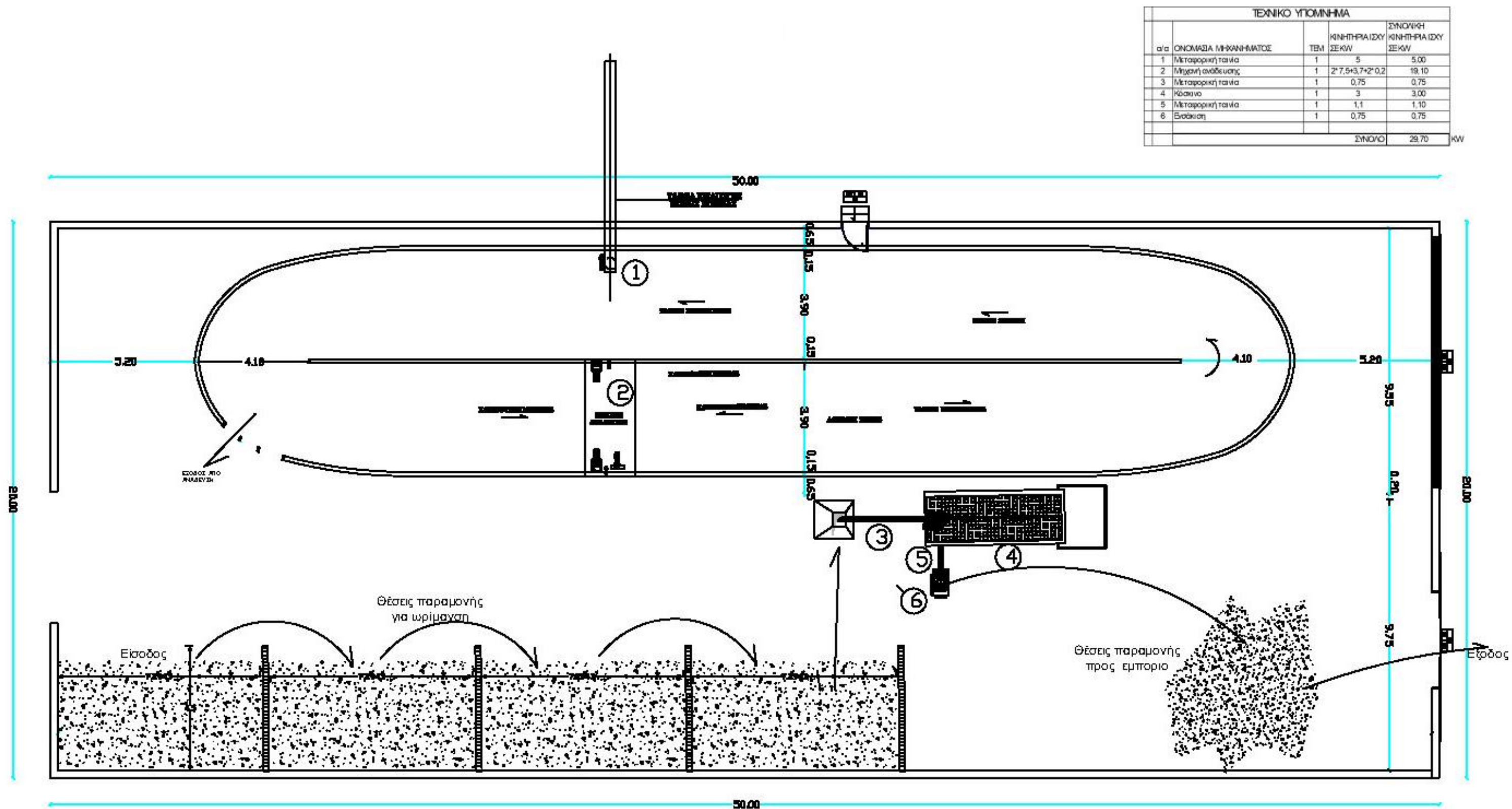
ζωοτροφής, τα οποία θα περιλαμβάνουν σιλό αποθήκευσης, κοχλίες μεταφοράς και αυτόματες γραμμές διανομής τροφής εντός του θαλάμου εκτροφής. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την ομοιόμορφη διανομή της τροφής σε όλες τις όρνιθες, μειώνοντας τις απώλειες ζωοτροφών και βελτιώνοντας την παραγωγική απόδοση. Παράλληλα θα εγκατασταθούν αυτόματα συστήματα παροχή νερού με γραμμές ποτίσματος τύπου nipple, τα οποία εξασφαλίζουν συνεχή πρόσβαση των πτηνών σε καθαρό νερό και περιορίζουν τη διαρροή και την αύξηση της υγρασίας στο εσωτερικό της εγκατάστασης.

Η μονάδα θα εξοπλιστεί επίσης με αυτόματο σύστημα συλλογής αυγών, αποτελούμενο από μεταφορικές ταινίες και κεντρικό σημείο συγκέντρωσης με στόχο τη μείωση των σπασιμάτων και τη διατήρηση της ποιότητας των αυγών. Το σύστημα αυτό συμβάλλει στην μείωση των χειρωνακτικών εργασιών και στη βελτίωση των συνθηκών υγιεινής κατά τη διαχείριση του προϊόντος. Σημαντικό μέρος της μηχανολογικής εγκατάστασης αποτελεί το σύστημα αερισμού και κλιματισμού των θαλάμων εκτροφής. Θα εγκατασταθούν εξαεριστήρες υψηλής απόδοσης, αεραγωγοί, συστήματα εισαγωγής και εξαγωγής αέρα, καθώς και αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας για τον αυτόματο έλεγχο του μικροκλίματος. Ο σωστός αερισμός είναι απαραίτητος για τη διατήρηση της υγείας των πτηνών, τη μείωση της συγκέντρωσης αμμωνίας και την διατήρηση κατάλληλων επιπέδων θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό της μονάδας. Για τον φωτισμό της εγκατάστασης θα χρησιμοποιηθούν ενεργειακά αποδοτικά φωτιστικά σώματα τύπου LED, τα οποία επιτρέπουν τη ρύθμιση της έντασης και της διάρκειας φωτισμού σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αυγοπαραγωγικής διαδικασίας. Ο σωστός φωτισμός επηρεάζει άμεσα την παραγωγικότητα των ορνίθων και αποτελεί βασικό παράγοντα διαχείρισης της εκτροφής.

Η διαχείριση των υποπροϊόντων και της κόπρου θα πραγματοποιείται μέσω αυτόματων ιμάντων απομάκρυνσης κόπρου και ειδικού εξοπλισμού για τη διαχείριση της. Ο εξοπλισμός αυτός συμβάλλει στην μείωση των οσμών, στον περιορισμό της μικροβιακής επιβάρυνσης και στη διευκόλυνση της περαιτέρω αξιοποίησης των υποπροϊόντων για παραγωγή κομπόστ. Επιπλέον προβλέπεται η προμήθεια μικρού φορτωτή και κλαρκ για τη μεταφορά υλικών, ζωοτροφών, κομπόστ και οργανικών υποπροϊόντων εντός της μονάδας. Η μηχανολογική εγκατάσταση θα περιλαμβάνει επίσης ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος (γεννήτρια) για την κάλυψη αναγκών σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, διασφαλίζοντας τη συνεχή λειτουργία των συστημάτων αερισμού, ψύξης, φωτισμού και παροχής νερού.

Μηχανολογικός εξοπλισμός	Κόστος
Σιλό και σύστημα μεταφοράς ζωοτροφών	20.000,0 €
Αυτόματο σύστημα παροχής τροφής	18.000,0 €
Αυτόματο σύστημα ποτίσματος	8.000,0 €
Αυτόματο σύστημα συλλογής αυγών	25.000,0 €
Σύστημα αερισμού και εξαεριστήρες	22.000,0 €
Σύστημα φωτισμού LED	6.000,0 €
Ιμάντες απομάκρυνσης κόπρου	15.000,0 €
Ανυψωτικό μηχανήματα	18.000,0 €
Ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος	12.000,0 €
3 Μεταγορικές ταινίες	9.000,0
Μηχανή ανάδευσης (φρέζα)	50.000,0
Κόσκινο	10.000,0
Συσκευαστήριο	8.000,0
Σύνολο	221.000,0 €

Πίνακας 6: Κόστος μηχανολογικής επέκτασης.



Εικόνα 4 :Κάτοψη κτιρίου και μηχανολογικού εξοπλισμού κομποστοποίησης

5.3 Δεδομένα λειτουργίας

Λειτουργικά έξοδα και έξοδα ανθρώπινου δυναμικού.

Υπολογίζονται οι θέσεις εργασίας που θα προκύψουν από την επέκταση και είναι απαραίτητες για την λειτουργία της μονάδας. Όσον αφορά το προσωπικό, θα υπολογιστεί το ελάχιστο απαραίτητο για τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της μονάδας μειώνοντας το ρίσκο.

Το απαραίτητο προσωπικό αποτελείται από 1 άτομο για τη θέση του Υπεύθυνου περιβάλλοντος, 1 άτομο ως υπεύθυνο στο τμήμα πωλήσεων για την προώθηση των τελικών προϊόντων, 1 άτομο υπεύθυνο αποθήκης, 1 άτομο υπεύθυνο για την συντήρηση των μηχανημάτων, προμήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού κ.α., 1 άτομο για τον χειρισμό των ανυψωτικών μηχανημάτων (κλαρκ), 1 άτομο για τον χειρισμό των μηχανημάτων έργου, 1 άτομο για οδηγό φορτηγού και τέλος στην μισθοδοσία περιλαμβάνονται 4 εργάτες παραγωγής, καθαριότητας και διαχείρισης αποβλήτων.

Το μηνιαίο κόστος για το ανθρώπινο δυναμικό περιλαμβάνει 11 επιπλέον μηνιαίους μισθούς , καθώς και τις ασφαλιστικές εισφορές και τους φόρους που καλύπτει ο εργοδότης, οι οποίες υπολογίζονται περίπου στα 400€. Έτσι ο μισθός με μικτές αποδοχές φτάνει τα 1.100 € για ανειδίκευτους εργάτες

Το κόστος λογιστηρίου θα υπολογιστεί στο κόστος λειτουργίας, λόγω ότι θα χρησιμοποιηθεί εξωτερικός συνεργάτης για την παρακολούθηση του ταμείου. Το ίδιο θα γίνει και για την υποστήριξη στα νομικά θέματα και τις συμβολαιογραφικές πράξεις που ίσως απαιτηθούν, τα οποία συνοψίζονται στα νομικά έξοδα.

Συνοπτικά, τα παραπάνω συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Θέση εργασίας	Αριθμός ατόμων	Μηνιαίος μικτός μισθός	Ετήσιο κόστος
Υπεύθυνος περιβάλλοντος	1	2.000,0 €	28.000,0 €
Υπεύθυνος πωλήσεων	1	1.800,0 €	25.200,0 €
Υπεύθυνος αποθήκης	1	1.500,0 €	21.000,0 €
Τεχνικός συντήρησης μηχανημάτων	1	1.500,0 €	21.000,0 €
Χειριστής κλαρκ	1	1.500,0 €	21.000,0 €

Χειριστής μηχανήματος έργου	1	1.300,0 €	18.200,0 €
Οδηγός φορτηγού	1	1.300,0 €	18.200,0 €
Εργάτες παραγωγής και καθαριότητας – διαχείρισης αποβλήτων	4	1.100,0 € / άτομο	15.400,0 € / άτομο
Σύνολο	11	15.300,0 €	214.200,0 €

Πίνακας 7: Κόστος ανθρώπινου δυναμικού

Στα λειτουργικά έξοδα περιλαμβάνονται οι λογαριασμοί ΔΕΚΟ, καθώς και τα έξοδα της μισθοδοσίας και συντήρησης εξοπλισμού.

Τα λειτουργικά κόστη για την παροχή ηλεκτρισμού και νερού, υπολογίστηκαν κατά προσέγγιση, σύμφωνα με μονάδες αντίστοιχης λειτουργίας με τα βασικά μηχανήματα που καταναλώνουν να είναι οι συσκευές αερισμού και εξαεριστήρες και το σύστημα φωτισμού LED και οι μάντες απομάκρυνσης κόπου, ενώ η συντήρηση εξοπλισμού περιλαμβάνει υπηρεσίες και για τον παραγωγικό και για το μη παραγωγικό (βοηθητικό) μηχανολογικό εξοπλισμό.

Εξωτερικοί συνεργάτες, θα αναλάβουν τις λογιστικές και νομικές υπηρεσίες της επιχείρησης, όπως την φύλαξη του χώρου. Θεωρείται ότι οι εξωτερικοί συνεργάτες θα κοστίσουν λιγότερο στην επιχείρηση, σε σύγκριση με την μισθοδοσία του έτους, τουλάχιστον για τα πρώτα έτη της λειτουργίας της μονάδας, όταν και η παραγωγή θα είναι μικρή. Αυτό θα ισχύει μέχρι να σταθεροποιηθεί για να καλυφθούν οι ανάγκες για το συνολικό κόστος, εφόσον τα προϊόντα αυτά θα έχουν κερδίσει το μερίδιο της αγοράς και θα προσφέρεται ευκαιρία για περαιτέρω ανάπτυξη και επενδύσεις, όσο και παραγωγής ποσότητας και γκάμας τελικών προϊόντων.

Επιπρόσθετα, υπολογίζονται έξοδα προώθησης που περιλαμβάνουν ιστοσελίδα της επιχείρησης και συμμετοχή σε διεθνείς εκθέσεις για την προώθηση της και των προϊόντων της

Τέλος, στα πάγια έξοδα συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς των προϊόντων με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την αγορά ή ενοικίαση οχημάτων μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένων τα έξοδα για την συντήρησή τους και καυσίμων, διοδίων κτλ. Το κόστος των οδηγών δεν λαμβάνεται υπόψιν σε αυτόν τον πίνακα, καθώς θεωρείται μισθοδοσία και υπολογίστηκε στο ανθρώπινο δυναμικό.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα κόστη λειτουργίας της μονάδας ανά μήνα.

Σταθερό κόστος ανά μήνα		Ετήσιο κόστος
ΔΕΚΟ	2.000,0 €	24.000,0 €
Μισθοδοσία	15.300,0 €	214.200,0 €
Συντήρηση εξοπλισμού	1.000,0 €	12.000,0 €
Έξοδα προώθησης	4.000,0 €	4.000,0 €
Νομικές υπηρεσίες	500,0 €	6.000,0 €
Λογιστικές υπηρεσίες	500,0 €	6.000,0 €
Φύλαξη χώρου	1.000,0 €	12.000,0 €
Σύνολο	24.300,0 €	278.200,0 €

Πίνακας 8: Συνοπτικός πίνακας εξόδων

5.4 Έσοδα

5.4.1 Έσοδα από διαχείριση αποβλήτων και υποπροϊόντων.

Η διαχείριση των αποβλήτων της μονάδας η οποία έχει δυναμικότητα αυτή τη στιγμή 80.000 όρνιθες αυγοπαραγωγής (άλλα με την επέκταση θα αυξηθεί ο αριθμός αυτός), μετατρέπεται από περιβαλλοντικό κόστος σε κερδοφόρα δραστηριότητα μέσω της παραγωγής οργανικού λιπάσματος (κομπόστ). Μια ενήλικη όρνιθα παράγει κατά μέσο όρο 110 έως 120 γραμμάρια νωπής κόπρου ημερησίως. Για τον πληθυσμό των 80.000 πτηνών, η συνολική ημερήσια παραγωγή ανέρχεται σε 9,2 τόνους νωπής κόπρου, γεγονός που μεταφράζεται σε περίπου 3.358 τόνους ετησίως. Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης, η αρχική μάζα υφίστανται μείωση λόγω της απώλειας της υγρασίας και της αποικοδόμησης της οργανικής ουσίας, με αποτέλεσμα η τελική ποσότητα έτοιμου κομπόστ να ανέρχεται στο 45% της αρχικής, δηλαδή περίπου 1.511 τόνους ετήσιας παραγωγής. Η στρατηγική επιλογή της εταιρείας να διαθέτει το προϊόν σε μικροσυσκευασίες (2 kg, 5 kg και 10 kg) αυξάνει κατακόρυφα το περιθώριο κέρδους σε σχέση με τη διάθεση χύδην. Με βάση την ετήσια παραγωγή των 1.511 τόνων το προϊόν κατανέμεται σε τρεις κατηγορίες συσκευασίας. Η συσκευασία των 2 kg απευθύνεται σε οικιακή χρήση με τιμή πώλησης 2,40 € ανά τεμάχιο, η συσκευασία των 5 kg με τιμή 4,00 € ανά τεμάχιο και τέλος η συσκευασία των 10 kg με τιμή 6 € ανά τεμάχιο. Με μια ισομερή κατανομή της παραγωγής στις παραπάνω κατηγορίες τα συνολικά ακαθάριστα έσοδα υπολογίζονται περίπου σε 1.309.533 € ετησίως.

Από το ποσό αυτό θα αφαιρεθούν λειτουργικά έξοδα της μονάδας κομποστοποίησης (μηχανήματα ανάδευσης, μισθοδοσία, κόστος συσκευασίας) εκτιμάται στα 0,25 €/kg δηλαδή 377.750 € ετησίως. Συνεπώς το καθαρό ετήσιο κέρδος από τη διαχείριση των υποπροϊόντων διαμορφώνεται στα 931.783 €. Η ανάλυση αυτή αποδεικνύει ότι η επένδυση στην μονάδα κομποστοποίησης εκμηδενίζει το κόστος διάθεσης αποβλήτων και αναδεικνύεται σε κρίσιμο πυλώνα κερδοφορίας, προσφέροντας υψηλή απόδοση κεφαλαίου και ενισχύοντας το προφίλ κυκλικής οικονομίας της επιχείρησης.

5.4.2 Πωλήσεις

Η κύρια πηγή εσόδων της πτηνοτροφικής μονάδας προέρχεται από την παραγωγή, τυποποίηση και εμπορία αυγών, αξιοποιώντας ένα πλήρη καθετοποιημένο επιχειρηματικό μοντέλο που επιτρέπει τον έλεγχο ολόκληρης της αλυσίδας από την εκτροφή πτηνών έως τη διάθεση του τελικού προϊόντος στο ράφι της λιανικής αγοράς. Για πληθυσμό 80.000 ορνίθων, η παραγωγική δυναμικότητα της μονάδας υπολογίζεται με βάση έναν μέσο ετήσιο δείκτη ωοτοκίας της τάξης του 85% - 90%, ποσοστό που θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητικό για σύγχρονες οργανωμένες μονάδες αυγοπαραγωγής υψηλής απόδοσης. Με βάση τα δεδομένα αυτά, η ημερήσια παραγωγή κυμαίνεται μεταξύ 68.000 και 72.000 αυγών, οδηγώντας σε συνολική ετήσια παραγωγή περίπου 25.550.000 τεμαχίων.

Λαμβάνοντας υπόψη ποσοστό φύρας, θραύσεων και μη εμπορεύσιμων αυγών της τάξης του 2%, η καθαρή εμπορεύσιμη παραγωγή εκτιμάται σε περίπου 25.040.000 αυγά ετησίως. Η παραγωγή αυτή διοχετεύεται στην αγορά μέσω δύο βασικών καναλιών διάθεσης, αφενός μέσω χονδρικής πώλησης σε αλυσίδες super market και οργανωμένα σε σημεία λιανικής και αφετέρου μέσω λιανικής πώλησης επώνυμου προϊόντος, αξιοποιώντας ιδιόκτητο ή συνεργαζόμενο δίκτυο διανομής. Η στρατηγική αυτή επιτρέπει στην επιχείρηση να επιτυγχάνει υψηλότερες τιμές διάθεσης, να ενισχύει την αναγνωρισιμότητα του εμπορικού σήματος και να διαμορφώνει σταθερές εμπορικές συνεργασίες με μεγάλες αλυσίδες τροφίμων.

Η εμπορική πολιτική της μονάδας επικεντρώνεται κυρίως στην διάθεση του προϊόντος σε τυποποιημένες καρτέλες των 30 αυγών, μια μορφή συσκευασίας που χρησιμοποιείται ευρέως τόσο στην χονδρική όσο και στην οργανωμένη λιανική αγορά καθώς προσφέρει χαμηλότερο κόστος συσκευασίας ανά μονάδα προϊόντος και διευκολύνει τη μεταφορά και την αποθήκευση. Με βάση την ετήσια εμπορεύσιμη παραγωγή των 25.040.000 αυγών, προκύπτουν περίπου 834.667 καρτέλες των 30 αυγών ετησίως. Με βάση το εκτιμώμενο ετήσιο μεικτό κέρδος της μονάδας και λαμβάνοντας υπόψη ότι το συνολικό λειτουργικό κόστος αντιστοιχεί περίπου στο

70% του κύκλου εργασιών η τιμή διάθεσης του προϊόντος εκτιμάται περίπου σε 0,17 € ανά αυγό. Ως εκ τούτου η αντίστοιχη τιμή πώλησης της καρτέλας διαμορφώνεται στα 5,10 €.

Η αύξηση της τιμής πώλησης σε σχέση με τη χύδην διάθεση δικαιολογείται από την υψηλότερη προστιθέμενη αξία του επώνυμου και τυποποιημένου προϊόντος, καθώς και από τη δυνατότητα ιχνηλασιμότητας, ποιοτικού ελέγχου και διαφοροποίησης στην αγορά. Παράλληλα η τυποποίηση συνεπάγεται πρόσθετο λειτουργικό κόστος που σχετίζεται με τις χάρτινες αυγοθήκες, τα υλικά συσκευασίας, τη λειτουργία του κέντρου διαλογής, την ψύξη, τη μεταφορά και τη σήμανση των προϊόντων. Το συνολικό κόστος τυποποίησης και συσκευασίας εκτιμάται περίπου στα 0.03 € ανά αυγό.

Πέραν του κόστους συσκευασίας, η μονάδα επιβαρύνεται με τις βασικές λειτουργικές δαπάνες της παραγωγικής διαδικασίας, στις οποίες περιλαμβάνονται κυρίως οι ζωοτροφές, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η μισθοδοσία προσωπικού, η κτηνιατρική παρακολούθηση, η συντήρηση του εξοπλισμού και οι δαπάνες μεταφοράς και διανομής. Συνολικά το λειτουργικό κόστος εκτιμάται περίπου στο 65% - 70% του κύκλου εργασιών, ποσοστό που θεωρείται ανταγωνιστικό για μονάδες τέτοιου μεγέθους, κυρίως λόγω της αξιοποίησης σύγχρονων αυτοματισμών στην συλλογή, διαλογή και συσκευασία των αυγών. Μετά την αφαίρεση του συνολικού κόστους, των δαπανών ζωοτροφών και του κόστους τυποποίησης, το ετήσιο κέρδος από την πτηνοτροφική δραστηριότητα εκτιμάται σε περίπου 1.277.040 € ετησίως.



Εικόνα 5: Συσκευασία αυγών.

Η κερδοφορία της επένδυσης ενισχύεται σημαντικά από το μεγάλο μέγεθος της παραγωγής, τη δυναμικότητα επίτευξης καλύτερων εμπορικών συμφωνιών με τα δίκτυα λιανικής καθώς και από τη διαφοροποίηση του προϊόντος μέσω πιστοποιήσεων ποιότητας και επώνυμης εμπορικής ταυτότητας. Επιπρόσθετα η συνολική οικονομική βιωσιμότητα της μονάδας ενισχύεται από τη λειτουργία της μονάδας κομποστοποίησης, μέσω της οποίας αξιοποιούνται τα παραγόμενα οργανικά υπολείμματα και η κόπρος των πτηνών για την παραγωγή οργανικού λιπάσματος ή εδαφοβελτιωτικού προϊόντος. Η αξιοποίηση αυτή όχι μόνο δημιουργεί ένα πρόσθετο ρεύμα εσόδων αλλά μειώνει παράλληλα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της μονάδας και ενισχύει τον χαρακτήρα της κυκλικής οικονομίας της επένδυσης.

Συνολικά το επιχειρηματικό μοντέλο της μονάδας βασίζεται στη συνδυασμένη αξιοποίηση της πρωτογενούς παραγωγής, της τυποποίησης, της εμπορικής διαφοροποίησης και της περιβαλλοντικής διαχείρισης, δημιουργώντας μια σύγχρονη και ανταγωνιστική αγροδιατροφική επιχείρηση με υψηλές προοπτικές κερδοφορίας, σταθερή ταμειακή ροή και σχετικά σύντομο χρόνο απόσβεσης των επενδυτικών δαπανών για τις νέες κτιριακές και τεχνολογικές υποδομές.

5.5 Συνολικά κόστη επενδύσεων και χρηματοροών

Σύμφωνα με τα παραπάνω, δημιουργείται μία εικόνα για την λειτουργία της μονάδας με βάση τα πιθανά κέρδη από την πώληση των τελικών προϊόντων. Από τα κέρδη αυτά, πρέπει να αφαιρεθούν τα έξοδα λειτουργίας της μονάδας και να υπολογιστεί το ποσό που απαιτείται για την απόσβεση της αρχικής επένδυσης από τον επενδυτή. Στα υπόλοιπα έξοδα υπολογίζονται και οι φόροι που πρέπει να καταβληθούν με βάση τα κέρδη της εταιρίας, μετά την αφαίρεση των εξόδων και απόσβεσης και σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, όπου ο φόρος υπολογίζεται σε ποσοστό 22% επί των κερδών.

Θεωρείται ότι η χρηματοδότηση θα πραγματοποιηθεί από ίδια κεφάλαια, και δεν γίνεται υπολογισμός για άλλες πηγές όπως δάνεια και επιδοτήσεις, και κατ' επέκταση δεν λαμβάνονται υπόψιν στον υπολογισμό για την αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου. Το αρχικό κεφάλαιο, σύμφωνα με τις ανάγκες για την εγκατάσταση της μονάδας προκύπτει από το κόστος που απαιτείται για την προμήθεια του εξοπλισμού και την διαμόρφωση του κτιρίου, ούτως ώστε να μπορέσει μονάδα να είναι λειτουργική και τα υπόλοιπα πάγια έξοδα υπολογίζονται από το 1^ο έτος και μετά. Το αρχικό κεφάλαιο επενδύεται στην μονάδα στο έτος 0 της λειτουργίας της

μονάδας, δηλαδή πριν ξεκινήσει κανονικά η παραγωγή και πώληση των τελικών προϊόντων, άρα εισροή εσόδων.

Υπολογίζεται ότι κατά τα 4 πρώτα χρόνια η μονάδα δεν θα προωθεί τα προϊόντα της στην πλήρη παραγωγή τους, λόγω των δυσκολιών που θα προκύψουν μέχρι να κερδίσει το δικό της μερίδιο στην αγορά και να καταφέρει να κερδίσει από την πλήρη ποσότητα τελικών προϊόντων. Για τον λόγο αυτό τα έσοδα φαίνονται μικρότερα στα 4 πρώτα χρόνια, με την είσοδο ενός συντελεστή μείωσης των εσόδων με το ποσό να αυξάνεται έως ότου στον πέμπτο χρόνο να είναι στο μέγιστο ποσό (2.208.837,93 €).

Έτσι, δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας όπου στο έτος μηδέν διακρίνεται το συνολικό ποσό της επένδυσης και από το 1^ο έτος και έπειτα, να αναλύονται τα ποσά σύμφωνα με τη μέθοδο της σταθερής ετήσιας απόσβεσης. Οι συντελεστές απόσβεσης θεωρούνται 10%, με χρονικό ορίζοντα 10 ετών για ολόκληρη την επένδυση συμπεριλαμβανομένων των κτιριακών διαμορφώσεων και του εξοπλισμού (όλο το πάγιο κόστος). Αυτό μεταφράζεται σε 51.600 € ανά έτος, το οποίο προστίθεται στο συνολικά ετήσια λειτουργικά έξοδα, όπως προκύπτουν από τον πίνακα 9.

Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Επένδυση	-516.000,00 €										
Σταθερό κόστος		393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €	393.600,00 €
Έσοδα		1.767.070,34 €	1.877.512,24 €	1.987.954,13 €	2.098.396,03 €	2.208.837,93 €	2.208.837,93 €	2.208.837,93 €	2.208.837,93 €	2.208.837,93 €	2.208.837,93 €
Απόσβεση		51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €	51.600,00 €
Κέρδη προ φόρων		1.321.870,34 €	1.432.312,24 €	1.542.754,13 €	1.653.196,03 €	1.763.637,93 €	1.763.637,93 €	1.763.637,93 €	1.763.637,93 €	1.763.637,93 €	1.763.637,93 €
Φόρος		290.811,48 €	315.108,69 €	339.405,91 €	363.703,13 €	388.000,34 €	388.000,34 €	388.000,34 €	388.000,34 €	388.000,34 €	388.000,34 €
Χρηματοροή		1.082.658,87 €	1.168.803,55 €	1.254.948,22 €	1.341.092,90 €	1.427.237,58 €	1.427.237,58 €	1.427.237,58 €	1.427.237,58 €	1.427.237,58 €	1.427.237,58 €

Πίνακας 9. Υπολογισμός Ετήσιων Χρηματοροών σε €

6. Προοπτικές και βιώσιμη ανάπτυξη

Η ενσωμάτωση των αρχών της κυκλικής οικονομίας στον κλάδο της πτηνοτροφίας αυγοπαραγωγής αποτελεί πλέον αναγκαιότητα και όχι απλή επιλογή καθώς ο τομέας καλείται να ανταποκριθεί στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της εξάντλησης των φυσικών πόρων. Η παραδοσιακή γραμμική προσέγγιση «παραγωγή – κατανάλωση – απόρριψη» αντικαθίσταται από ένα κυκλικό μοντέλο, όπου τα υποπροϊόντα της πτηνοτροφικής δραστηριότητας δεν αντιμετωπίζονται ως απόβλητα προς διάθεση, αλλά ως πολύτιμες δευτερογενείς πρώτες ύλες. Στο πλαίσιο αυτό η κομποστοποίηση αναδεικνύεται ως η κεντρική τεχνολογική γέφυρα που επιτρέπει την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών και την επαναισθαγωγή τους στον παραγωγικό κύκλο. Η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας στην πτηνοτροφία ξεκινά από τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ενέργειας και των εισροών αλλά κορυφώνεται στην διαχείριση της κόπρου, η πτηνοτροφική κόπρος είναι πλούσια σε φώσφορο ένα στοιχείο που περιλαμβάνεται στην λίστα των κρίσιμων πρώτων υλών της Ε.Ε. λόγω των περιορισμένων παγκόσμιων αποθεμάτων του. Μέσω της κομποστοποίησης ο φώσφορος σταθεροποιείται και γίνεται διαθέσιμος για την γεωργία μειώνοντας την εξάρτηση από ορυκτά φωσφορικά λιπάσματα που συχνά εισάγονται από τρίτες χώρες. Η κυκλικότητα στην πτηνοτροφία δεν περιορίζεται μόνο στην λίπανση αλλά επεκτείνεται και στην αναβάθμιση της ποιότητας του εδάφους η οποία με τη σειρά της βελτιώνει την απόδοση των καλλιεργειών που παράγουν ζωοτροφές για τα πτηνά, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο αυτοτροφοδοτούμενο σύστημα. Από οικονομική άποψη το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας επιτρέπει στις πτηνοτροφικές μονάδες να διαφοροποιήσουν τις πηγές εσόδων τους καθώς η πώληση πιστοποιημένου οργανικού κομποστ σε καλλιέργειες υψηλής αξίας ή σε μονάδες αστικού πράσινου μετατρέπει ένα κόστος διαχείρισης σε κέρδος. Παράλληλα η μείωση του περιβαλλοντικού τέλους και του κόστους μεταφοράς των αποβλήτων ενισχύει τη βιωσιμότητα της επιχείρησης. Η κομποστοποίηση συμβάλει άμεσα σε αυτόν τον στόχο καθώς μειώνει τις απώλειες θρεπτικών συστατικών και περιορίζει περιβαλλοντικά προβλήματα όπως η απελευθέρωση αμμωνίας στο περιβάλλον, τα προβλήματα αυτά παραδοσιακά συνδέονταν με την ανεξέλεγκτη διάθεση της πτηνοτροφικής κόπρου. Επιπλέον η κυκλική οικονομία προωθεί τη βιομηχανική συμβίωση, μια πτηνοτροφική μονάδα μπορεί να συνεργαστεί με όμορες γεωργικές εκμεταλλεύσεις ή βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου για την προμήθεια των απαραίτητων διογκωτικών υλικών (πριονίδι, άχυρο), αναβαθμίζοντας τη τοπική αγορά και οικονομία. Τέλος οι προοπτικές για τη βιώσιμη ανάπτυξη της πτηνοτροφίας μέσω της κυκλικής

οικονομίας είναι πολύ θετικές, επειδή η κομποστοποίηση δεν αποτελεί πλέον μόνο έναν τρόπο συμμόρφωσης με την περιβαλλοντική νομοθεσία, αλλά και μια πρακτική με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Μέσω της κομποστοποίησης τα υποπροϊόντα μετατρέπονται σε χρήσιμο εδαφοβελτιωτικό μειώνοντας τα απόβλητα και προστατεύεται το περιβάλλον, συμβάλλοντας στην διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους για το μέλλον. (Κορνάρος, 2016· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020· Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2026· European Environment Agency, 2026).

7. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία ανέδειξε τη σημασία της ορθολογικής διαχείρισης των υποπροϊόντων που παράγονται σε πτηνοτροφικές μονάδες ωοπαραγωγών ορνίθων, με έμφαση στην αξιοποίηση τους μέσω της διαδικασίας της κομποστοποίησης. Οι μονάδες αυγοπαραγωγής παράγουν σημαντικές ποσότητες οργανικών υποπροϊόντων κυρίως πτηνοτροφικής κοπριάς, στρωμνής, κελυφών αυγών και απορριπτόμενων αυγών, τα οποία όταν δεν διαχειρίζονται κατάλληλα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως ρύπανση εδάφους και υδάτων, εκπομπές οσμών και αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και προβλήματα δημόσιας υγείας. (Μάρκου, 2016· Kelleher et al., 2002).

Η κομποστοποίηση αποτελεί μια από τις πλέον αποτελεσματικές και περιβαλλοντικά φιλικές μεθόδους διαχείρισης αυτών των οργανικών υλικών. Μέσω της βιολογικής αποδόμησης και σταθεροποίησης της οργανικής ύλης επιτυγχάνεται η μείωση του όγκου των αποβλήτων, η εξουδετέρωση σημαντικού μέρους των παθογόνων μικροοργανισμών και η παραγωγή ενός σταθερού οργανικού εδαφοβελτιωτικού προϊόντος υψηλής γεωργικής αξίας. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η περιβαλλοντική επιβάρυνση και παράλληλα ενισχύεται η βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων. Παράλληλα η αξιοποίηση των υποπροϊόντων μέσω κομποστοποίησης μπορεί να προσφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη στις πτηνοτροφικές επιχειρήσεις. Η μείωση του κόστους διάθεσης των αποβλήτων, η δυνατότητα αξιοποίησης του παραγόμενου κομποστώ ως οργανικού λιπάσματος στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, καθώς και η ενδεχόμενη εμπορική διάθεση του στην αγορά δημιουργούν πρόσθετες πηγές εσόδων και συμβάλλουν στην βελτίωση της βιωσιμότητας της μονάδας. Έτσι το υλικό που παλαιότερα θεωρούνταν απόβλητο μετατρέπεται σε προϊόν με οικονομική αξία. (Epstein, 1997· Bernal et al., 2009· Bernal et al., 2017· Κορνάρος, 2016).

Επιπλέον η εφαρμογή συστημάτων κομποστοποίησης συνάδει πλήρως με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας και της βιώσιμης ανάπτυξης καθώς τα θρεπτικά στοιχεία επιστρέφουν στο έδαφος και επαναχρησιμοποιούνται στον πρωτογενή τομέα μειώνοντας την ανάγκη χρήσης χημικών λιπασμάτων και περιορίζοντας το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγικής διαδικασίας. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2020· European Environment Agency, 2026).

Τέλος η ανάπτυξη οργανωμένων μονάδων κομποστοποίησης μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική μελλοντική επενδυτική ευκαιρία για τον πτηνοτροφικό κλάδο. Η συνεχώς αυξημένη ζήτηση για οργανικά εδαφοβελτιωτικά προϊόντα, η αυστηροποίηση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας και η ενίσχυση πρακτικών κυκλικής οικονομίας δημιουργούν

ευνοϊκές προοπτικές για επενδύσεις σε σύγχρονες εγκαταστάσεις επεξεργασίας οργανικών υποπροϊόντων. Οι επενδύσεις αυτές μπορούν να προσδώσουν προστιθέμενη αξία στις πτηνοτροφικές μονάδες να ενισχύσουν την ανταγωνιστικότητα τους και να συμβάλλουν ουσιαστικά στην μετάβαση του αγροδιατροφικού τομέα σε ένα περισσότερο βιώσιμο και περιβαλλοντικά υπεύθυνο μοντέλο ανάπτυξης. (Bernal et al., 2017· European Environment Agency, 2026· Κορνάρος, 2016· Κορνάρος, 2016· Μάρκου, 2016· ΚΑΠΕ, 2026· European Environment Agency, 2026)

8. Βιβλιογραφία

8.1 Ελληνόγλωσσες Πηγές

Γεωργακάκης Δ., 2003. *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων*. Τόμος Γ' Στερεά Γεωργικά Απόβλητα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Γιαννακόπουλος Α. & Τσερβένη-Γούση Α., 2001. *Ορνιθοτροφία, Εκτροφή μονογαστρικών*. Κτηνιατρική Σχολή Α.Π.Θ. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Αθήνα.

Ελληνική Δημοκρατία. (2012). Νόμος 4042/2012. Ποινική προστασία του περιβάλλοντος και εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ – Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων. ΦΕΚ 24/Α/2012.

Ελληνική Δημοκρατία. (2011). Κοινή Υπουργική Απόφαση 145116/2011. Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για τη μείωση της νιτρορύπανσης γεωργικής προέλευσης. ΦΕΚ 354/Β/2012.

Ελληνική Δημοκρατία. (2021). *Νόμος 4819/2021: Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων – ενσωμάτωση των Οδηγιών (ΕΕ) 2018/851 και 2018/852 και λοιπές διατάξεις* (ΦΕΚ Α' 129/23.07.2021)

Ελληνική Δημοκρατία. (2011). *Νόμος 4014/2011: Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος* (ΦΕΚ Α' 209/21.09.2011).

Ελληνική Δημοκρατία. (2003). *Προεδρικό Διάταγμα 216/2003: Περί στοιχειωδών απαιτήσεων για την προστασία των ωοπαραγωγών ορνίθων σε συμμόρφωση προς τις Οδηγίες 1999/74/ΕΚ και 2002/4/ΕΚ* (ΦΕΚ Α' 181/02.07.2003).

Ευρωπαϊκή Ένωση. (2009). *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*. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Καραγιάννης, Π., & Μανώλης, Α. (2020). *Ευζωία και διαχείριση πτηνών σε συστήματα αυγοπαραγωγής*. Θεσσαλονίκη: Ζωά & Αγροτική Παραγωγή.

Κορνάρος Μ.(2016) Ολοκληρωμένη αξιοποίηση αποβλήτων από αγροτοβιομηχανίες για παραγωγή ενέργειας, εργαλεία χρηματοδότησης της καινοτομίας στον Αγροδιατροφικό Τομέα, Πάτρα, 2016.

Μάρκου Γ., 2016. *Πτηνοτροφικά απόβλητα (κοπριές): μια ανασκόπηση των κυριότερων τεχνολογιών διαχείρισης και αξιοποίησής τους*. Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. (<http://ejst.uniwa.gr>)

Μιχαηλίδης, Σ. (2017). *Διαχείριση αποβλήτων γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων*. Εκδόσεις Ζήτη.

Παπουτσόγλου Α., 2020. *Διαχείριση Γεωργικών και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων*. Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Παπαζαχαρίου, Ζ. (2008). *Διαχείριση ζωικών αποβλήτων και προστασία περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.

Σπαής Α. & Χατζηζήσης, Α., 2011. *Εκτροφή παραγωγικών πτηνών*. Κτηνιατρική Σχολή Α.Π.Θ. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Σπαής Ε., 1986. *Παθολογία των πτηνών*. Κλινική Παθολογίας των πτηνών, Τμήμα Κτηνιατρικής Α.Π.Θ.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (2022). *Οδηγός καλών γεωργικών και περιβαλλοντικών πρακτικών για τη διαχείριση οργανικών αποβλήτων*.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020). *Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ)*.

8.2 Ξενόγλωσσες Πηγές

Akinremi, O. O., McGinn, S. M., & Barrington, S. (2000). Aeration management in composting of animal manures. *Compost Science & Utilization*, 8(3), 221–229.

Amon, T., Dobeic, M., Sneath, R. W., Phillips, V. R., Misselbrook, T. H., & Pain, B. F. (2001). A farm-scale study on the use of aeration to reduce ammonia emissions from poultry manure. *Bioresource Technology*, 77(1), 53–59.

Barbaro L.A., Karlanian M., Morisigue D. E., Rizzo P. F., Riera N., Della Torre V., Crespo D. E., 2011. *Compost de ave de corral como componente de sustratos*. Ciencia del Suelo 29(1).

Bernal M.P., Albuquerque J.A., Moral R., 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100, 5444–5453.

Bernal, M. P., Sommer, S. G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L., & Michel, F. C. (2017). Current approaches and future trends in compost quality criteria for agricultural applications. *Bioresource Technology*, 238, 748–757.

Diaz, L. F., de Bertoldi, M., Bidlingmaier, W., 2007. *Compost Science and Technology*. Elsevier.

European Commission (2009). *Regulation (EC) No 1069/2009 on animal by-products*

Epstein, E. (1997). *The Science of Composting*. CRC Press.

González-López M., 2018. *Diseño de una planta de compostaje*. Escuela Politécnica Superior de Linares, Grado σε Ingeniería Química Industrial, Universidad de Jaén.

Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press.

Kelleher B.P., Leahy J.J., Henihan A.M., O'Dwyer T.F., Sutton D., Leahy M.J., 2002. Advances in poultry litter disposal technology – a review. *Bioresource Technology*, 83(1), 27–36.

Moral, R., Paredes, C., Bustamante, M. A., Marhuenda-Egea, F., & Bernal, M. P. (2009). Utilisation of manure composts by crop production: Effects on soil properties. *Waste Management*, 29(1), 99–107.

Moreno J., 2008. *Compostaje*. España, Mundi-Prensa.

Rynk, R. et al. (1992). *On-Farm Composting Handbook*. Cornell University.

Sommer, S. G., Christensen, M. L., Schmidt, T., & Jensen, L. S. (2013). *Animal Manure Recycling: Treatment and Management*. Wiley.

Tiquia, S. M., & Tam, N. F. Y. (2002). Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration systems. *Process Biochemistry*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Reports on livestock production and environmental impact.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

BIOCYCLE. (2026). *Organic recycling and composting technologies*.
<https://www.biocycle.net>

Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής (ΔΑΟΚ) Περιφερειακής Ενότητας Εύβοιας. (2026).
<https://pste.gov.gr>

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ). (2026). *Κτηνοτροφία και κτηνοτροφικά προϊόντα – Πουλερικά κατά Περιφέρεια και Περιφερειακή Ενότητα*.
<https://www.statistics.gr>

Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός – ΔΗΜΗΤΡΑ (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ). (2026). *Γεωργικές και κτηνοτροφικές πρακτικές*.
<https://www.elgo.gr>

Ινστιτούτο Πτηνοτροφίας Ελλάδας (ΙΠΕ). (2022). *Στατιστικά στοιχεία αυγοπαραγωγής 2022*.
<https://www.ipe.gr/statistics>

European Organic Farming Information System (ECOFIS). (2023). *Organic farming in Europe*. <https://ecofis.eu>

FAOSTAT. (2023). *Egg production statistics by country*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat>

European Environment Agency (EEA). (2026). *Waste management and circular economy*. <https://www.eea.europa.eu>

European Food Safety Authority (EFSA). (2026). *Θέματα βιοασφάλειας και ζωικής παραγωγής*. <https://www.efsa.europa.eu>

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2026). *Animal by-products and derived products not intended for human consumption*. <https://food.ec.europa.eu>

Eurostat. (2026). *Στατιστικά στοιχεία για παραγωγή κρέατος και αυγών στην Ευρωπαϊκή Ένωση*. <https://ec.europa.eu/eurostat>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Βάσεις δεδομένων και τεχνικές εκθέσεις για κτηνοτροφία και περιβάλλον*. <https://www.fao.org>

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ). (2026). *Βιομάζα και ενεργειακή αξιοποίηση οργανικών αποβλήτων*. <https://www.cres.gr>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2026). *Composting and organic waste management*. <https://www.epa.gov>

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ). (2026). *Ζωικά υποπροϊόντα – Διαχείριση και νομοθεσία*. <https://www.minagric.gr>

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ). (2026). *Εγχειρίδιο για την προστασία των ωοτόκων ορνίθων*. <https://www.minagric.gr>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ). (2026). *Περιβαλλοντική νομοθεσία και Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (ΠΠΔ) για κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις*. <https://ypen.gov.gr>