



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση Αποβλήτων

Διπλωματική Εργασία

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

***‘CONTROLLING AIR POLLUTION THROUGH
ARGO-WASTE MANAGEMENT’***

ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ ΣΤΑΜΑΤΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α΄ : ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Β΄ : ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

Πάτρα, Μάιος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή/της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο/η συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του/της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του/της συγγραφέα/δημιουργού. Ο/Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

*«Σε αυτούς που αντιλαμβάνονται ότι το μυαλό δεν είναι ένα δοχείο που πρέπει να γεμίσει αλλά
μια φωτιά που πρέπει να ανάψει»*



**ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

***‘CONTROLLING AIR POLLUTION THROUGH
ARGO-WASTE MANAGEMENT’***

ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ ΣΤΑΜΑΤΙΑ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Επιβλέπων Καθηγητής

ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΠΕΤΡΟΣ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής

ΚΑΖΑΝΤΖΙΔΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

Πάτρα, Μάιος 2024

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία έχει στόχο να μελετήσει την ορθή διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων με σκοπό τον έλεγχο της αέριας ρύπανσης. Θα παρουσιαστούν οι μέθοδοι της συλλογής, της επεξεργασίας και της αξιοποίησης των συγκεκριμένων αποβλήτων, καθώς και των αέριων ρύπων που προέρχονται από αυτούς.

Σύμφωνα με την Ε.Ε., οι οδηγίες για τη διαχείριση των αγροτικών αποβλήτων έχουν στόχο να διατηρηθεί το περιβάλλον καθαρό και υγιές. Πιο συγκεκριμένα, η διπλωματική εργασία θα εστιάσει στη διαχείριση των αποβλήτων αυτών και θα αναδείξει τα οφέλη της που οδηγούν στην προστασία του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, με την ελαχιστοποίηση των εκλυόμενων θερμοκηπιακών ρύπων και άλλων αερίων.

Ένα σημαντικό κομμάτι που θα μελετήσει η διπλωματική εργασία είναι τα ατμοσφαιρικά αέρια που εκπέμπονται από τη γεωργία και την κτηνοτροφία. Το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, το όζον O₃, τα οξειδία του αζώτου NO_x, η αμμωνία NH₄ και το μεθάνιο CH₄ είναι τα κύρια αέρια που απελευθερώνονται από τα γεωργικά απόβλητα και ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα. Αφού αναλυθεί η συνεισφορά των ρύπων αυτών στην ατμόσφαιρα θα εξεταστεί πως η εκπομπή τους συνδέεται με τη γεωργία και την κτηνοτροφία και πως αυτή η ρύπανση, με κατάλληλες διεργασίες και τεχνικές, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί.

Από τα τελικά συμπεράσματα θα διαπιστωθούν τα μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα προβλήματα που προκαλούν τα γεωργικά απόβλητα, τόσο στην ατμόσφαιρα, όσο και στο ευρύτερο περιβάλλον. Η παρούσα εργασία εστιάζοντας στο θέμα θα προτείνει εκτενείς λύσεις στην ορθή διαχείριση των συγκεκριμένων αποβλήτων, με έμφαση στη μείωση της αέριας ρύπανσης και κατ' επέκταση και στις συνέπειές της.

Λέξεις – Κλειδιά: γεωργικά απόβλητα, αέρια ρύπανση, διαχείριση αποβλήτων

Abstract

The thesis aims to study the proper management of agricultural waste in order to control air pollution. The methods of collection, treatment and utilization of the specific wastes, as well as the gaseous pollutants derived from them, will be presented.

According to the EU, the guidelines for agricultural waste management aim to keep the environment clean and healthy. More specifically, this thesis will focus on the management of this waste and will highlight its benefits that lead to the protection of the atmospheric environment by minimizing the release of greenhouse gases and other gases.

An important part that the thesis will study is the atmospheric gases emitted by agriculture and animal husbandry. Carbon dioxide CO₂, ozone O₃, nitrogen oxides NO_x, ammonia NH₄ and methane CH₄ are the main gases released from agricultural wastes that pollute the atmosphere. After analyzing the contribution of these pollutants to the atmosphere, we will see how their emission is linked to agriculture and animal husbandry and how this pollution, with appropriate processes and techniques, can be minimized.

The final conclusions will establish the long-term and short-term problems caused by agricultural waste, both in the atmosphere and in the wider environment. The present work, focusing on the present objective, will provide extensive solutions to the proper management of specific waste with an emphasis on the reduction of air pollution and, by extension, its consequences.

Keywords: agricultural waste, air pollution, waste management

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	i
Λέξεις – Κλειδιά: γεωργικά απόβλητα, αέρια ρύπανση, διαχείριση αποβλήτων	i
Abstract	ii
Keywords: agricultural waste, air pollution, waste management	ii
Περιεχόμενα.....	iii
Κατάλογος Εικόνων	vii
Κατάλογος Πινάκων.....	viii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	x
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	2
1.1 Γεωργικά Απόβλητα - Ορισμός.....	2
1.2 Νομοθετικά Πλαίσια που διέπουν τα Γεωργικά Απόβλητα στη Βόρεια Αμερική	3
1.3 Κανονισμοί για τα Γεωργικά Απόβλητα στην Ευρώπη	4
1.4 Ασιατικές χώρες και διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων	7
1.5 Αφρικανικά κράτη στη Διαχείριση των Γεωργικών Αποβλήτων	8
1.6 Γεωργικά Απόβλητα και Περιβάλλον.....	9
1.7 Φυσικές, Χημικές και Βιολογικές Ιδιότητες των Αγροτικών Αποβλήτων	11
1.7.1 Χαρακτηριστικά Φυτικών Γεωργικών Απορριμμάτων.....	11
1.7.2 Χαρακτηριστικά Γεωργοκτηνοτροφικών Αποβλήτων.....	13
2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Νομοθεσία για την Ποιότητα του Αέρα	18
2.1.1 Νομοθεσία στις ΗΠΑ	24

2.2 Κύριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων	26
2.3 Επιπτώσεις στο περιβάλλον	27
3. ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	28
3.1 Ρύπανση της ατμόσφαιρας από γεωργικά απόβλητα	28
3.2 Πηγές και δραστηριότητες που συμβάλλουν στις ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα γεωργικά απόβλητα: μια ολοκληρωμένη ανάλυση.	30
3.2.1 Προσδιορισμός Πηγών Αγροτικών Αποβλήτων	30
3.2.2 Εκπομπές αερίων από γεωργική δραστηριότητα.....	32
3.3 Κύριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων	37
3.4 Μελέτη Ατμοσφαιρικών Εκπομπών από τη Γεωργία	38
3.4.1. Εκπομπές αερίων από καλλιέργειες.....	39
3.4.2 Εκπομπές αερίων από καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών	46
3.4.3 Εκπομπές αερίων από την κτηνοτροφία	52
3.4.4 Εκτίμηση τάσης χρονοσειρών.....	56
3.5 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα γεωργικά απόβλητα	60
3.5.1 Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις των αέριων εκπομπών στην ατμόσφαιρα.....	62
3.5.2 Ο ρόλος των γεωργικών αποβλήτων στην κλιματική αλλαγή	63
3.5.3 Μηχανισμοί με τους οποίους οι γεωργικές εκπομπές επηρεάζουν τις παγκόσμιες θερμοκρασίες	64
3.5.4 Μετριασμός επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής από γεωργικά απόβλητα	65
4. ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ...	67
4.1 Υφιστάμενη κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο	67
4.1.1 Γεωργικά απόβλητα, παραπροϊόντων και υποπροϊόντων AWCB στην ΕΕ	71
4.1.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα	78
4.2 Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων	82

4.3 Έλεγχος αέριας ρύπανσης μέσω της ορθής διαχείρισης των γεωργικών αποβλήτων ...	85
4.3.1 Ανακύκλωση.....	85
4.3.1.1 Περιβαλλοντικά οφέλη ανακύκλωσης γεωργικών αποβλήτων	86
4.3.2 Ελεγχόμενη Καύση των Αγροτικών Αποβλήτων.....	87
4.3.2.1 Περιβαλλοντικός αντίκτυπος από την ελεγχόμενη καύση	88
4.3.3 Αμειψισπορά.....	89
4.3.3.1 Περιβαλλοντικά οφέλη αμειψισποράς	90
4.3.4 Όργωμα Διατήρησης.....	91
4.3.4.1 Περιβαλλοντικά οφέλη οργώματος διατήρησης.....	92
4.3.5 Πυρόλυση.....	93
4.3.5.1 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση Biochar	94
4.3.6 Η Αξιοποίηση των Αγροτικών Αποβλήτων ως Αγροσιμέντο στο Σκυρόδεμα.....	95
4.3.6.1 Διαδικασία παραγωγής αγροσιμέντου	97
4.3.5.2 Περιβαλλοντικά οφέλη από το αγροσιμέντο	98
4.3.7 Χρήση αγροτικών αποβλήτων ως οργανικό λίπασμα.....	99
4.3.7.1 Κομποστοποίηση	100
4.3.7.2 Περιβαλλοντικά Οφέλη της κομποστοποίησης	101
4.3.8 Παραγωγή βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα	103
4.3.8.1 Τύποι γεωργικών αποβλήτων κατάλληλοι για βιοκαύσιμα.....	103
4.3.8.2 Διαδικασία μετατροπής αγροτικών αποβλήτων σε βιοκαύσιμα.....	104
4.3.8.3 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων	105
4.3.8.4 Βιοκαύσιμα.....	106
4.3.8.5 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση γεωργικών αποβλήτων για βιοκαύσιμα	107
4.3.8.6 Κύκλος ζωής βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.....	109

4.3.8.7 Οικονομική ανάλυση παραγωγής βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα....	110
4.3.8.8 Προκλήσεις και μελλοντικές προοπτικές στη βιώσιμη παραγωγή βιοκαυσίμων	112
4.3.8.9 Μελλοντικές προοπτικές για βιώσιμη παραγωγή βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα;.....	113
4.4 Μελέτες περιπτώσεων και συγκριτική ανάλυση.....	114
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	116
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	119
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	119
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	125
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ.....	130

Κατάλογος Εικόνων

<i>Εικόνα 1: Ιεράρχηση αποβλήτων στην Ε.Ε σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/ΕΚ (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση).....</i>	<i>6</i>
<i>Εικόνα 2: Η ιεραρχία διαχείρισης των αποβλήτων. (Πηγή: World Bank, 2019).....</i>	<i>10</i>
<i>Εικόνα 3: Βασικές κατηγορίες φυτικής προέλευσης γεωργικών αποβλήτων το έτος 2013 (Πηγή: Vlyssides et al., 2015).....</i>	<i>12</i>
<i>Εικόνα 4: Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων στην ΕΕ. (Πηγή: European Environment Agency, 2020).....</i>	<i>18</i>
<i>Εικόνα 5: Απόκλιση μεταξύ προτύπων της ΕΕ και κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ. (Πηγή: ECA Publications, 2018).....</i>	<i>22</i>
<i>Εικόνα 6: Τάσεις των εκπομπών από την κτηνοτροφία την περίοδο 2010-2018 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 7: Τάσεις των εκπομπών από τις θρεπτικές ουσίες του εδάφους την περίοδο 2010-2018 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).....</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 8: Τάσεις των εκπομπών από τη χρήση γης κατά την περίοδο 2010-2018 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 9: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από καλλιεργούμενα εδάφη το 2017 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 10: Βασικές πηγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).....</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 11: Καθαρές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τη γεωργία στην ΕΕ των 27 από το 1990. (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).....</i>	<i>36</i>
<i>Εικόνα 12: Εκπομπές N₂O από καλλιέργειες.</i>	<i>39</i>
<i>Εικόνα 13: Εκπομπές CH₄ από καλλιέργειες.</i>	<i>40</i>
<i>Εικόνα 14: Εκπομπές CO₂eq από καλλιέργειες.....</i>	<i>41</i>
<i>Εικόνα 15: Εκπομπές N₂O από καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών.</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 16: Εκπομπές CH₄ από καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών.</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 17: Εκπομπές CO₂eq από καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών.....</i>	<i>48</i>
<i>Εικόνα 18: Εκπομπές N₂O από την κτηνοτροφία.</i>	<i>52</i>

<i>Εικόνα 19: Εκπομπές CH₄ από την κτηνοτροφία.</i>	53
<i>Εικόνα 20: Παραγωγή αποβλήτων ανά κατηγορία σε ποσοστά (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2020).</i>	68
<i>Εικόνα 21: Παραγωγή αποβλήτων, εξαιρουμένων των σημαντικών ορυκτών αποβλήτων, ΕΕ, 2004-2020 (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2020).</i>	69
<i>Εικόνα 22: Κατανομή Ζωικών και Φυτικών αποβλήτων στην ΕΕ το έτος 2018 σε τόνους (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2023).</i>	70
<i>Εικόνα 23: Τρία στάδια εμφάνισης απορριμμάτων: παραγωγή (συγκομιδή, καλλιέργεια), επεξεργασία και κατανάλωση (ωμά, άψητα τρόφιμα). (Πηγή: Bedoic et al., 2019).</i>	71
<i>Εικόνα 24: α. έως δ. Η μέση ποσότητα AWCB από όλους τους τομείς ανά περιοχή την περίοδο 2010–2016. Φρούτα AWCB (α), Λαχανικά AWCB (b), Δημητριακά AWCB (c), Ζωικά AWCB (d). (Πηγή: Bedoic et al., 2019).</i>	77
<i>Εικόνα 25: Παραγωγή αποβλήτων στον Ελλαδικό χώρο το έτος 2018. (ΠΗΓΗ: ΕΣΔΑ, 2020)</i>	78
<i>Εικόνα 26: Διαχείριση αποβλήτων στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΠΗΓΗ: ΕΣΔΑ, 2020).</i>	81

Κατάλογος Πινάκων

<i>Πίνακας 1: Σύνθεση βασικών φυτικών γεωργικών υπολειμμάτων στα τρία βασικά συστατικά: λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (Πηγή: Sharma et al., 2020)</i>	12
<i>Πίνακας 2: Συνολικός αριθμός κτηνοτροφικών μονάδων, ζώων και αποβλήτων (Πηγή: Ψημμένος, 2021).</i>	14
<i>Πίνακας 3: Παράμετροι Προσδιορισμού οργανικού φορτίου κτηνοτροφικών αποβλήτων (Πηγή: Γεωργακάκης, 2011)</i>	16
<i>Πίνακας 4: Ποσοτικά χαρακτηριστικά πτηνοκτηνοτροφικών αποβλήτων (Πηγή: Γεωργακάκης, 2011).</i>	17
<i>Πίνακας 5: Πρότυπα της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα και κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ. (Πηγή: ECA Publications, 2018)</i>	22

Πίνακας 6: Όρια αέριων ρύπων (NAAQS) στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ). (Πηγή: Μπίμη, 2019).....	25
Πίνακας 7: Πρωταρχικές πηγές γεωργικών απορριμμάτων (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2018)	31
Πίνακας 8: Υψηλότερες εκπομπές ατμοσφαιρικών αερίων από καλλιέργειες και ζώα, ιδιαίτερα αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα.....	34
Πίνακας 9: Τιμές N ₂ O από τις καλλιέργειες ανά δέκα χρόνια.	42
Πίνακας 10: Τιμές CH ₄ από τις καλλιέργειες ανά δέκα χρόνια.	42
Πίνακας 11: Τιμές CO ₂ από τις καλλιέργειες ανά δέκα χρόνια.....	43
Πίνακας 12: Τιμές N ₂ O από την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών ανά δέκα χρόνια.	49
Πίνακας 13: Τιμές CH ₄ από την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών ανά δέκα χρόνια.	49
Πίνακας 14: Τιμές CO ₂ από την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών ανά δέκα χρόνια.	50
Πίνακας 15: Τιμές CH ₄ από την Κτηνοτροφία ανά δέκα χρόνια.	54
Πίνακας 16: Τιμές N ₂ O από την Κτηνοτροφία ανά δέκα χρόνια.	54
Πίνακας 17: Αποτελέσματα μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Kendall για το χρονικό διάστημα 1961-2021.....	57
Πίνακας 18: Αποτελέσματα μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Kendall για το χρονικό διάστημα 1961-2021.....	58
Πίνακας 19: Αποτελέσματα μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Kendall για το χρονικό διάστημα 1961-2021.....	59
Πίνακας 20: Κύριο AWCΒ που παράγεται από τον τομέα Φρούτων (Πηγή: Bedoić et al., 2019).....	72
Πίνακας 21: Κύριο AWCΒ που παράγεται από τον τομέα των λαχανικών (Πηγή: Bedoić et al, 2019).....	73
Πίνακας 22: Κύριο AWCΒ που παράγεται από τον τομέα των δημητριακών (Πηγή: Bedoić et al, 2019).....	74
Πίνακας 23: Κύριο AWCΒ που παράγεται από τον τομέα των ζώων (Πηγή: Bedoić et al., 2019).....	75
Πίνακας 24: Ποσότητες Γεωργοκτηνοτροφικών Προϊόντων, καθώς και εκτιμώμενη πρόβλεψη για το μέλλον (ΠΗΓΗ: ΕΣΔΑ, 2020).....	79

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ΓΚΤ	Γεωκτηνοτροφικά
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα γεωργικά απόβλητα έχουν καταστεί σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στις ατμοσφαιρικές εκπομπές, εγείροντας σοβαρές ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των γεωργικών πρακτικών. Ο εντοπισμός των πρωτογενών πηγών γεωργικών αποβλήτων, ο χαρακτηρισμός των εκπομπών που προκύπτουν και η εξέταση των επιπτώσεων των πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη στρατηγικών μετριασμού για τη μείωση των εκπομπών.

Η παρούσα διπλωματική εργασία συνδυάζει τον έλεγχο της αέριας ρύπανσης μέσω της ορθής διαχείρισης των αγροτικών αποβλήτων. Η ένωση αυτών των δύο μεγάλων κατηγοριών θα αναδείξει την αλληλοσύνδεσή τους, δηλαδή το πως η σωστή διαχείριση των αγροκτηνοτροφικών αποβλήτων, παρά τη μεγάλη συνεισφορά τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση, μπορεί να περιορίσει τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη ανάλυση των πηγών και των δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στις ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα γεωργικά απόβλητα. Στόχος είναι μια λεπτομερής κατανόηση του ζητήματος, συμπεριλαμβανομένης μιας αξιολόγησης της συμβολής των γεωργικών αποβλήτων στα αέρια του θερμοκηπίου, καθώς και μια διερεύνηση των οφελών των βελτιωμένων πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων.

Η ΔΕ θα συνοψίσει τον έλεγχο της αέριας ρύπανσης από τη σωστή διαχείριση των αγροτικών αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης, θα προταθούν τρόποι και τεχνικές που μπορούν να γίνουν πράξη με στόχο να επιτευχθεί, μέσα από την ορθή διαχείριση των αποβλήτων αυτών, μια αειφόρος ανάπτυξη.

1. ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1 Γεωργικά Απόβλητα - Ορισμός

Τα γεωργικά απόβλητα αναφέρονται στα απόβλητα που παράγονται από γεωργικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής, επεξεργασίας και κατανάλωσης γεωργικών προϊόντων (Παρλαβάντζας, 2021). Αυτά τα απόβλητα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορους τύπους, όπως:

1. Υπολείμματα καλλιεργειών: τα απόβλητα που μένουν μετά από τη συγκομιδή των καλλιεργειών, όπως μίσχοι, φύλλα και φλοιοί.
2. Ζωικά απόβλητα: τα απόβλητα που παράγονται από ζώα, συμπεριλαμβανομένης της κοπριάς, των ούρων και των υλικών στρωμνής.
3. Απόβλητα επεξεργασίας: τα απόβλητα που παράγονται κατά την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων, όπως φλούδες φρούτων και λαχανικών.
4. Αγροχημικά απόβλητα: τα απόβλητα που παράγονται από τη χρήση φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων και λιπασμάτων σε γεωργικές δραστηριότητες.
5. Πλαστικά απόβλητα: τα απόβλητα που παράγονται από τη χρήση πλαστικών υλικών σε γεωργικές δραστηριότητες.

Συνολικά, τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές συνέπειες εάν δεν διαχειρίζονται σωστά. Είναι σημαντικό να βρεθούν βιώσιμοι τρόποι διαχείρισης και μείωσης των γεωργικών αποβλήτων για την προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση της βιώσιμης γεωργίας (Παρλαβάντζας, 2021).

1.2 Νομοθετικά Πλαίσια που διέπουν τα Γεωργικά Απόβλητα στη Βόρεια Αμερική

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα γεωργικά απόβλητα ρυθμίζονται τόσο από την ομοσπονδιακή, όσο και από την πολιτειακή νομοθεσία. Το κύριο ομοσπονδιακό νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τα γεωργικά απόβλητα είναι ο νόμος περί διατήρησης και ανάκτησης πόρων Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), ο οποίος παρέχει ένα ολοκληρωμένο ρυθμιστικό σύστημα για τη διαχείριση επικίνδυνων και μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων. (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024).

Σύμφωνα με την RCRA, τα γεωργικά απόβλητα ταξινομούνται γενικά ως μη επικίνδυνα απόβλητα, αλλά ορισμένοι τύποι γεωργικών αποβλήτων μπορεί να θεωρηθούν επικίνδυνα απόβλητα εάν πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2020). Για παράδειγμα, τα φυτοφάρμακα και άλλες χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία μπορεί να θεωρηθούν επικίνδυνα απόβλητα εάν δεν είναι πλέον χρησιμοποιήσιμα ή έχουν λήξει (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024).

Εκτός από το RCRA, ο νόμος για τα καθαρά ύδατα Clean Water Act (CWA) ρυθμίζει επίσης τα γεωργικά απόβλητα θέτοντας πρότυπα για την απόρριψη ρύπων στα επιφανειακά ύδατα. Η CWA απαιτεί από τους αγρότες να λαμβάνουν άδειες για την απόρριψη ρύπων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων από γεωργικά απόβλητα, στα επιφανειακά ύδατα (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Συνολικά, το ρυθμιστικό πλαίσιο για τα γεωργικά απόβλητα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής είναι πολύπλοκο και διαφέρει ανά πολιτεία. Ωστόσο, η ομοσπονδιακή νομοθεσία, όπως η RCRA και ο νόμος για τα καθαρά ύδατα CWA παρέχουν τη βάση για τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων, ενώ τα μεμονωμένα κράτη μπορεί να έχουν τους δικούς τους κανονισμούς και απαιτήσεις (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2017).

1.3 Κανονισμοί για τα Γεωργικά Απόβλητα στην Ευρώπη

Στην Ευρώπη, η διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων ρυθμίζεται από διάφορα νομοθετικά πλαίσια σε επίπεδο κράτους μέλους και σε εθνικό επίπεδο. Ένα από τα πιο σημαντικά ρυθμιστικά πλαίσια είναι η Οδηγία Πλαίσιο για τα Απόβλητα, η οποία καθορίζει το γενικό πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων στην ΕΕ. Στόχος της είναι να διασφαλίσει ότι η διαχείριση των αποβλήτων γίνεται με περιβαλλοντικά ορθό τρόπο και να προωθήσει την αποτελεσματική χρήση των πόρων (Αντωνάκος, 2018).

Εκτός από τον κανονισμό για τα απόβλητα, υπάρχουν ειδικοί κανονισμοί για την αντιμετώπιση των προϊόντων από γεωργικά απόβλητα. Ο κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα καθορίζει τους κανόνες για τη συλλογή, τη μεταφορά και τη διάθεση ζωικών υποπροϊόντων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων από τον γεωργικό τομέα. Οι κανονισμοί που απαιτούνται για τα ζωικά υποπροϊόντα συμβάλουν στο να απορριφθούν με ασφάλεια για την πρόληψη της εξάπλωσης ασθενειών (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2018)

Ένας άλλος κανονισμός που αντιμετωπίζει τα γεωργικά απόβλητα είναι η οδηγία για τα νιτρικά άλατα, η οποία στοχεύει στην πρόληψη ή τη μείωση της ρύπανσης των υδάτων που προκαλείται από νιτρικά άλατα γεωργικών πηγών. Αυτός ο κανονισμός απαιτεί από τους αγρότες να υιοθετήσουν καλές γεωργικές πρακτικές για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της νιτρορύπανσης στην ποιότητα των υδάτων (Κολέτσιος, 2023). Επιπλέον, η ΕΕ έχει εισαγάγει τη δέσμη μέτρων για την κυκλική οικονομία, η οποία στοχεύει στην αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων και στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων. Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει πρωτοβουλίες και ρυθμίσεις που στοχεύουν στην προώθηση της κυκλικής χρήσης των πόρων, όπως η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση γεωργικών απορριμμάτων (Αντωνάκος, 2018).

Στο πλαίσιο της συντονισμένης προσπάθειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων. Σύμφωνα με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ, η οποία αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για τις πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων, η ΕΕ

τονίζει τη σημασία της επεξεργασίας των βιολογικών αποβλήτων όταν η πρόληψη δεν είναι εφικτή (Αντωνάκος, 2018).

Αυτή η οδηγία περιλαμβάνει έναν ευρύ ορισμό των βιολογικών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως κήπους, πάρκα, σπίτια και εγκαταστάσεις που σχετίζονται με τα τρόφιμα. Αναγνωρίζοντας την ετερογενή φύση των βιολογικών αποβλήτων, η ΕΕ έχει προσδιορίσει την κομποστοποίηση και την αναερόβια χώνευση ως τις καταλληλότερες τεχνολογίες για την επεξεργασία τους. Αυτές οι μέθοδοι όχι μόνο διευκολύνουν τη μετατροπή των αποβλήτων σε πολύτιμους πόρους, όπως το οργανικό λίπασμα και το βιοαέριο, αλλά και ευθυγραμμίζονται με τους ευρύτερους περιβαλλοντικούς στόχους της ΕΕ (Αντωνάκος, 2018).

Συνολικά, το ρυθμιστικό πλαίσιο για τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων στην Ευρώπη είναι πολύπλοκο και διαφέρει ανά χώρα. Ωστόσο, ο κανονισμός για τα απόβλητα, ο κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα, η οδηγία για τα νιτρικά άλατα και η οδηγία για την κυκλική οικονομία παρέχουν ένα ολοκληρωμένο κανονιστικό πλαίσιο για τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων στην ΕΕ.



Εικόνα 1: Ιεράρχηση αποβλήτων στην Ε.Ε σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/ΕΚ (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση)

Για να διασφαλιστεί ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη από τις στρατηγικές εναλλακτικής διαχείρισης πραγματοποιούνται, οι ευρωπαϊκές χώρες πρέπει να εφαρμόσουν αποτελεσματικά τις οδηγίες διαχείρισης αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο. Η οδηγία 2008/98/ΕΚ διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην καθοδήγηση των κρατών μελών της ΕΕ, καθώς περικλείει τις αρχές και τις κατευθυντήριες γραμμές που αναμένεται να ακολουθήσουν τα κράτη μέλη, εναρμονίζοντας έτσι τη νομοθεσία και την πολιτική σε ολόκληρη την Ένωση για την τήρηση της περιβαλλοντικής ιεραρχίας (Αντωνάκος, 2018).

Οι ειδικές υποχρεώσεις βάση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ απαιτούν από τα κράτη μέλη να θεσπίσουν ένα πλαίσιο για τη διαχείριση των βιολογικών αποβλήτων

που όχι μόνο ενθαρρύνει τη χωριστή συλλογή και επεξεργασία βιολογικών αποβλήτων, αλλά προωθεί επίσης τη χρήση υλικών που είναι ασφαλή για το περιβάλλον (Moustakas, 2021).

Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διατηρεί εποπτικό ρόλο, αξιολογώντας τη διαχείριση βιολογικών αποβλήτων στα κράτη μέλη και προτείνει πρόσθετες ελάχιστες απαιτήσεις και κριτήρια ποιότητας (Χατζηελευθεριάδου, 2022). Αυτό διασφαλίζει ένα συνεπές και υψηλό επίπεδο προστασίας της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, όπως ορίζεται από την οδηγία (Αντωνάκος, 2018).

Μέσω τέτοιων οδηγιών, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να μετατρέψουν την κοινοτική νομοθεσία σε εφαρμόσιμη και εκτελεστή εθνική νομοθεσία, όπως φαίνεται με την ενσωμάτωση της Οδηγίας 75/442/ΕΚ μέσω του κοινοτικού νόμου περί μεταφοράς (CTA) σε εθνικό επίπεδο. Η δέσμευση της κοινοτικής νομοθεσίας για την εφαρμογή της κοινοτικοποίησης και την επαναταξινόμησή της από απόβλητα σε πόρους αποτελεί απόδειξη της αφοσίωσης της ΕΕ στις αρχές της αειφόρου διαχείρισης αποβλήτων (Βέρρας, 2020).

1.4 Ασιατικές χώρες και διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων

Μία από τις σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ασιατικές χώρες στη διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων είναι η έλλειψη οικονομικών πόρων. Σε περιοχές όπως η Νότια Ασία, υπάρχει έντονη ανεπάρκεια στη χρηματοδότηση που απαιτείται για την εφαρμογή αποτελεσματικών πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων. Χωρίς την κατάλληλη οικονομική υποστήριξη, καθίσταται σχεδόν αδύνατο να δημιουργηθεί η υποδομή που απαιτείται για τον αποτελεσματικό χειρισμό, την επεξεργασία και την ανακύκλωση των γεωργικών απορριμμάτων. Αυτό το οικονομικό κενό εμποδίζει, όχι μόνο τη διάθεση των απορριμμάτων, αλλά και την υιοθέτηση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών που θα μπορούσαν να μειώσουν την παραγωγή αποβλήτων εξαρχής (Γλουστιάνου 2017).

Επιπλέον, η έλλειψη επενδύσεων στη διαχείριση των απορριμμάτων οδηγεί σε χαμένες ευκαιρίες για την παραγωγή ενέργειας από αγροτικά υποπροϊόντα, τα οποία θα μπορούσαν να παρέχουν πηγή εισοδήματος και ενέργειας για τις αγροτικές

κοινότητες. Οι οικονομικοί περιορισμοί σε αυτές τις περιοχές αντικατοπτρίζουν ευρύτερες οικονομικές προκλήσεις, οι οποίες συμβάλλουν επίσης σε άλλα κοινωνικά ζητήματα, όπως τα υψηλά ποσοστά παιδικού υποσιτισμού, ιδιαίτερα στη Νότια Ασία, η οποία παρουσιάζει τα υψηλότερα ποσοστά παγκοσμίως (Χατζηγελευθεριάδου, 2022).

Αυτή η κατάσταση υπογραμμίζει τη διασύνδεση της διαχείρισης των γεωργικών αποβλήτων με μεγαλύτερα συστημικά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένης της φτώχειας και της επισιτιστικής ανασφάλειας, περιπλέκοντας περαιτέρω την πορεία προς την εξεύρεση οριστικών και βιώσιμων λύσεων (Τσιράκη, 2022).

1.5 Αφρικανικά κράτη στη Διαχείριση των Γεωργικών Αποβλήτων

Αντιμετωπίζοντας τις προκλήσεις της διαχείρισης των γεωργικών απορριμμάτων, τα αφρικανικά κράτη έπρεπε να προσαρμοστούν σε ένα περίπλοκο νομικό και ρυθμιστικό περιβάλλον. Η σημασία της θέσπισης ισχυρών νομικών πλαισίων γίνεται σαφής όταν εξετάζεται ο περίπλοκος ιστός των σχέσεων μεταξύ εμπόρων και προμηθευτών που εκτείνονται σε ηπείρους. Από τον Σεπτέμβριο του 2007, το πρωτόκολλο που διέπει αυτές τις διεθνείς εμπορικές σχέσεις κατέστησε αναγκαία την τυποποίηση των πρακτικών που περιλαμβάνει τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων (Στρατίκης, 2022).

Ωστόσο, παρά τον παγκόσμιο χαρακτήρα αυτών των προτύπων, η εφαρμογή και η επιβολή των κανονισμών διαχείρισης απορριμμάτων διαφέρουν σημαντικά στην αφρικανική ήπειρο. Για παράδειγμα, ενώ η Νότια Ασία, η Μέση Ανατολή, η Ανατολική Ευρώπη και η Νότια Αμερική αγωνίζονται με τη διαχείριση των απορριμμάτων λόγω οικονομικών περιορισμών, τα αφρικανικά κράτη αντιμετωπίζουν παρόμοιες προκλήσεις, που επιδεινώνονται από την ανάγκη να ανταποκριθούν σε μοναδικά τοπικά πλαίσια (Γλουστιάνου, 2017).

Αυτό υποδηλώνει ότι τα αφρικανικά κράτη δεν πρέπει μόνο να υιοθετήσουν διεθνή πρότυπα, όπως αυτά του GLOBALGAP, αλλά και να προσαρμόσουν τις νομικές τους απαιτήσεις ώστε να ανταποκρίνονται τόσο στις παγκόσμιες προσδοκίες,

όσο και στην τοπική πραγματικότητα. Η έλλειψη οικονομικών πόρων, όπως τονίζεται σε άλλες περιοχές, είναι ένα κοινό εμπόδιο που πρέπει να ξεπεράσουν οι αφρικανικές χώρες για να βελτιώσουν νομικά τα συστήματα διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων. Η αντιμετώπιση αυτών των νομικών και οικονομικών προκλήσεων είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ασφαλούς διάθεσης των υπολειμμάτων επεξεργασίας και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών πρακτικών (Στρατίκης, 2022).

1.6 Γεωργικά Απόβλητα και Περιβάλλον

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ακατάλληλης διαχείρισης των γεωργικών απορριμμάτων είναι πολύπλευρες και ουσιαστικές, ιδιαίτερα όταν λαμβάνεται υπόψη η παραγωγή των σύγχρονων κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Καθώς αυτά τα αγροκτήματα λειτουργούν σε βιομηχανική κλίμακα, ο όγκος των απορριμμάτων, συμπεριλαμβανομένων των στερεών και υγρών αποβλήτων, μπορεί να είναι σημαντικός. Μια συστηματική ανασκόπηση των μεθόδων διαχείρισης ζωικών αποβλήτων τόνισε την κρίσιμη ανάγκη για ολοκληρωμένες στρατηγικές για τον χειρισμό αυτής της μορφής γεωργικού υποπροϊόντος (Γιαλαμά, 2023).

Η σημασία τέτοιων στρατηγικών υπογραμμίζεται από το γεγονός ότι τα γεωργικά απόβλητα, εάν δεν διαχειρίζονται σωστά, μπορούν να οδηγήσουν σε υποβάθμιση του εδάφους, ρύπανση των υδάτων και έκλυση ισχυρών αερίων του θερμοκηπίου. Εκτός από τα κτηνοτροφικά απόβλητα, ο γεωργικός τομέας αντιμετωπίζει επίσης τη διάθεση πλαστικών θερμοκηπίου και απορριμμάτων συσκευασίας, τα οποία, εάν δεν διαχωριστούν και δεν διαχειριστούν σωστά, μπορούν να συμβάλουν στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος (ΕΣΔΑ, 2020).

Αναγνωρίζοντας αυτές τις προκλήσεις, η πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων θεωρείται ολοένα και περισσότερο ως προτιμώμενη προσέγγιση, με στόχο την ελαχιστοποίηση τόσο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όσο και του κόστους που σχετίζεται με τη διαχείριση των αποβλήτων (ΕΣΔΑ, 2020). Ενώ τα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων είναι η μεγαλύτερη ροή αποβλήτων στην ΕΕ, τα γεωργικά απόβλητα αντιπροσωπεύουν σημαντική ανησυχία λόγω της δυνατοτήτάς

τους να προκαλέσουν εκτεταμένες περιβαλλοντικές βλάβες εάν δεν διαχειρίζονται σωστά (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2018).

Έτσι, η εφαρμογή ενός οργανωμένου συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων συσκευασίας είναι ζωτικής σημασίας, όχι μόνο για τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές απαιτήσεις, αλλά και για τον μετριασμό των επιβλαβών επιπτώσεων που μπορεί να έχουν αυτά τα υλικά στο περιβάλλον (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2018). Οι προσπάθειες για την εναρμόνιση των εθνικών μέτρων, για τη διαχείριση των συσκευασιών και των απορριμμάτων συσκευασίας, είναι ουσιαστικής σημασίας για τη μείωση των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και αποτελούν ένα προορατικό βήμα προς τις βιώσιμες γεωργικές πρακτικές (<https://www.eoan.gr>).



Εικόνα 2: Η ιεραρχία διαχείρισης των αποβλήτων. (Πηγή: World Bank, 2019)

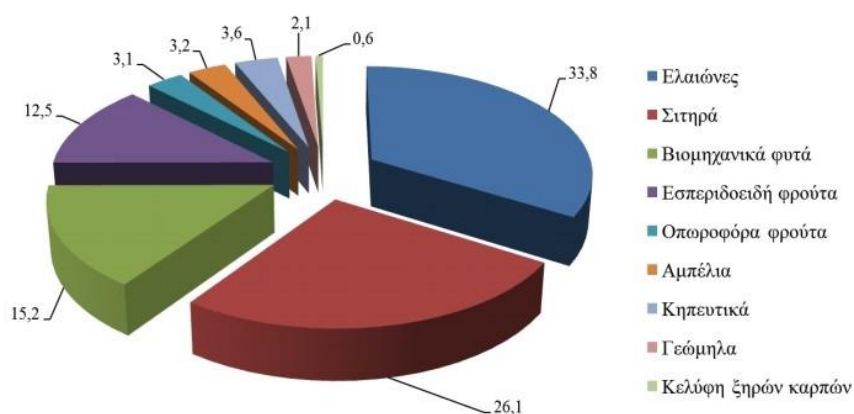
1.7 Φυσικές, Χημικές και Βιολογικές Ιδιότητες των Αγροτικών Αποβλήτων

1.7.1 Χαρακτηριστικά Φυτικών Γεωργικών Απορριμμάτων

Τα γεωργικά απόβλητα φυτικής προέλευσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πρωτογενή και δευτερογενή απόβλητα.

- Τα Πρωτογενή αγροτικά απόβλητα είναι τα υπολείμματα που παραμένουν μετά τη συγκομιδή των καλλιεργειών. Αυτά μπορεί να είναι τα στάχυα αραβοσίτου, ο φλοιός ρυζιού, το άχυρο σιταριού, η βαγάση ζαχαροκάλαμου και οι μίσχοι βαμβακιού.
- Τα δευτερογενή γεωργικά απόβλητα, από την άλλη πλευρά, είναι υπολείμματα που προκαλούνται από την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων.

Τα γεωργικά απόβλητα φυτικής προέλευσης αποτελούν σημαντική πηγή οργανικής ύλης και θρεπτικών ουσιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς. Τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των γεωργικών απορριμμάτων ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του φυτικού υλικού, τη μέθοδο επεξεργασίας και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Δαφερέρας, 2021).



Εικόνα 3: Βασικές κατηγορίες φυτικής προέλευσης γεωργικών αποβλήτων το έτος 2013 (Πηγή: Vlyssides et al., 2015)

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των γεωργικών αποβλήτων φυτικής προέλευσης περιλαμβάνουν το pH, την περιεκτικότητα σε υγρασία, τον συνολικό οργανικό άνθρακα, την περιεκτικότητα σε άζωτο, την περιεκτικότητα σε φώσφορο και την περιεκτικότητα σε λιγνοκυτταρίνη. Αυτές οι ιδιότητες επηρεάζουν τις πιθανές χρήσεις των αποβλήτων, όπως η κομποστοποίηση, η παραγωγή βιοκαυσίμων και οι ζωοτροφές (Δαφερέρας, 2021).

Πίνακας 1: Σύνθεση βασικών φυτικών γεωργικών υπολειμμάτων στα τρία βασικά συστατικά: λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (Πηγή: Sharma et al., 2020)

Είδος Αποβλήτου	Λιγνίνη (%)	Κυτταρίνη (%)	Ημικυτταρίνη (%)
Άχυρο ρυζιού	5,71	39,04	20,91
Άχυρο σιταριού	22	43,2	34,1
Κέλυφος φιστικιών	26,04	40,5	14,7
Φλοιός ρυζιού	18,80	33,47	21,03
Άχυρο σόγιας	21	35	17
Άχυρο καλαμποκιού	8,2	42,6	21,3

Από την άλλη πλευρά, τα βιολογικά χαρακτηριστικά των γεωργικών αποβλήτων φυτικής προέλευσης περιλαμβάνουν τη μικροβιακή ποικιλότητα, τις ενζυμικές δραστηριότητες και τη βιοαποδομησιμότητα. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθορίζουν τον ρυθμό και την αποτελεσματικότητα της αποσύνθεσης και της απελευθέρωσης θρεπτικών συστατικών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης ή άλλων διαδικασιών διαχείρισης αποβλήτων (Ρουμπάτος, 2022).

Για παράδειγμα, τα υπολείμματα των καλλιεργειών, όπως οι μίσχοι καλαμποκιού, το άχυρο σιταριού και οι φλοιοί ρυζιού, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνοκυτταρίνη και χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για κομποστοποίηση, αλλά όχι ως ζωοτροφή. Ωστόσο, τα υπολείμματα οσπρίων έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφή (Χατζηελευθεριάδου, 2022).

Συμπερασματικά, η κατανόηση των φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών των γεωργικών αποβλήτων φυτικής προέλευσης είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή διαχείριση και χρήση αυτών των πόρων για βιώσιμη γεωργία και πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων.

1.7.2 Χαρακτηριστικά Γεωργοκτηνοτροφικών Αποβλήτων

Τα ζωικά απόβλητα αναφέρονται συνήθως και ως κοπριά. Είναι τα περιττώματα και τα ούρα που παράγονται από ζώα, όπως οι αγελάδες, οι χοίροι, τα κοτόπουλα και τα πρόβατα. Τα ζωικά απόβλητα μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν υλικά κλινοστρωμνής, όπως άχυρο ή πριονίδι που έχουν λερωθεί με ούρα και κόπρανα. Η διαχείριση των ζωικών αποβλήτων είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τη γεωργία και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η ακατάλληλη διαχείριση των ζωικών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει περιβαλλοντική ρύπανση, συμπεριλαμβανομένης της ρύπανσης/μόλυνσης των υπογείων και επιφανειακών υδάτων, καθώς και εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου (Ρουμπάτος, 2022).

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα αποτελούν σημαντική πηγή οργανικής ύλης και θρεπτικών ουσιών που μπορεί να έχουν θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στο

περιβάλλον, ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισής τους. Τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των ζωικών αποβλήτων ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του ζώου και τη μέθοδο διαχείρισης (Γιαλαμά, 2020).

Πίνακας 2: Συνολικός αριθμός κτηνοτροφικών μονάδων, ζώων και αποβλήτων (Πηγή: Ψημμένος, 2021).

<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Μονάδες</i>	<i>Αριθμός ζώων</i>	<i>Απόβλητα tn/year</i>
<i>Βουστάσια</i>	26.295	755.665	13.601.970
<i>Χοιροστάσια</i>	3.99	147.920	2.277.072
<i>Πτηνοτροφεία</i>	1.972	33.875.054	813.001
<i>Τυροκομεία</i>	696	1.175.319	822.723
<i>Σύνολο</i>	32.262	35.953.958	17.514.766

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ζωικών αποβλήτων περιλαμβάνουν το pH, την περιεκτικότητα σε υγρασία, τον συνολικό οργανικό άνθρακα, την περιεκτικότητα σε άζωτο, την περιεκτικότητα σε φώσφορο και τα παθογόνα. Αυτές οι ιδιότητες επηρεάζουν τις πιθανές χρήσεις των αποβλήτων, όπως η κομποστοποίηση ή η αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου (Γιαλαμά, 2020).

Επιπλέον, τα βιολογικά χαρακτηριστικά των κτηνοτροφικών αποβλήτων περιλαμβάνουν τη μικροβιακή ποικιλότητα, τις ενζυμικές δραστηριότητες και τη βιοαποδομησιμότητα. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθορίζουν το ρυθμό και την αποτελεσματικότητα της αποσύνθεσης και της απελευθέρωσης θρεπτικών συστατικών κατά τη διάρκεια των διαδικασιών διαχείρισης αποβλήτων (Ρουμπάτος, 2022). Επιπλέον, για τον προσδιορισμό του ρυπαντικού φορτίου, υπολογίζονται οι παρακάτω παράμετροι:

- **Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο 5 ημερών (BOD5):** είναι μια κοινή παράμετρος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ποσότητας του διαλυμένου οξυγόνου που καταναλώνουν οι μικροοργανισμοί, ενώ αποσυνθέτουν την οργανική ύλη στο νερό σε μια περίοδο πέντε ημερών.
- **Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD):** είναι μια παράμετρος που μετρά την ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται για τη χημική οξείδωση της οργανικής και ανόργανης ύλης.
- **Ολικά Στερεά (Ο.Σ.):** η ποσότητα των μη διαλυμένων στερεών μετά την εξάτμιση στους 103 - 105 °C.
- **Πτητικά Στερεά (Π.Σ.):** η ποσότητα των μη διαλυμένων στερεών μετά από εξάτμιση στους 103 °C και έπειτα η αποτέφρωσή τους στους 550 °C (Γιαλαμά, 2020).

*Πίνακας 3: Παράμετροι Προσδιορισμού οργανικού φορτίου κτηνοτροφικών αποβλήτων
 (Πηγή: Γεωργακάκης, 2011)*

<i>Είδος Ζώου</i>	<i>Πτητικά Στερεά (% κ.β. αρχικού όγκου)</i>	<i>Ολικά Στερεά (% κ.β. αρχικού όγκου)</i>	<i>BOD₅ (% κ.β. αρχικού όγκου)</i>	<i>COD (% κ.β. αρχικού όγκου)</i>	<i>Ολικό Άζωτο (Kg/t)</i>
<i>Αγελάδες</i>	9,9	12	2,2	10,8	4,7
<i>Χοίροι</i>	8	10	3,1	9,6	5,5
<i>Κουνέλια</i>	37,2	43	-	-	11
<i>Όρνιθες</i>	20	27	6,8	25,1	11
<i>Γαλοπούλες</i>	20	25,3	6,8	25,1	12,6
<i>Ίπποι</i>	-	29,6	-	-	5,5
<i>Μοσχάρια</i>	11,5	14	2,8	13	6
<i>Πρόβατα</i>	21,3	25	2,3	29,5	9,4
<i>Αίγες</i>	21,3	32,5	2,3	29,5	9,8
<i>Πάπιες</i>	20	27	6,8	25,1	12,6

Για παράδειγμα, η κοπριά αγελάδων γαλακτοπαραγωγής έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και φώσφορο και χαμηλή αναλογία άνθρακα προς άζωτο, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για κομποστοποίηση. Ωστόσο, η κοπριά των χοίρων έχει υψηλή συγκέντρωση παθογόνων μικροοργανισμών και απαιτεί προσεκτική διαχείριση για την αποφυγή μόλυνσης των πηγών νερού (Ρουμπάτος, 2022).

Επιπλέον, η σωστή διαχείριση των ζωικών αποβλήτων είναι ζωτικής σημασίας για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεών τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Η ακατάλληλη διαχείριση μπορεί να οδηγήσει στην έκλυση αερίων του θερμοκηπίου, τη μόλυνση των πηγών νερού και την εξάπλωση παθογόνων παραγόντων (Χατζηελευθεριάδου, 2022).

Σημαντικό ρόλο παίζουν και τα ποσοτικά χαρακτηριστικά των κτηνοτροφικών αποβλήτων. Αυτά χαρακτηρίζονται από δύο παραμέτρους, το βάρος και τον όγκο των αποβλήτων που παράγονται. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την ποσότητα των αποβλήτων των πτηνοκτηνοτροφικών μονάδων για να έχουμε τη δυνατότητα της καλύτερης επιλογής επεξεργασίας και αποθήκευσής τους. (Ρουμπάτος, 2022).

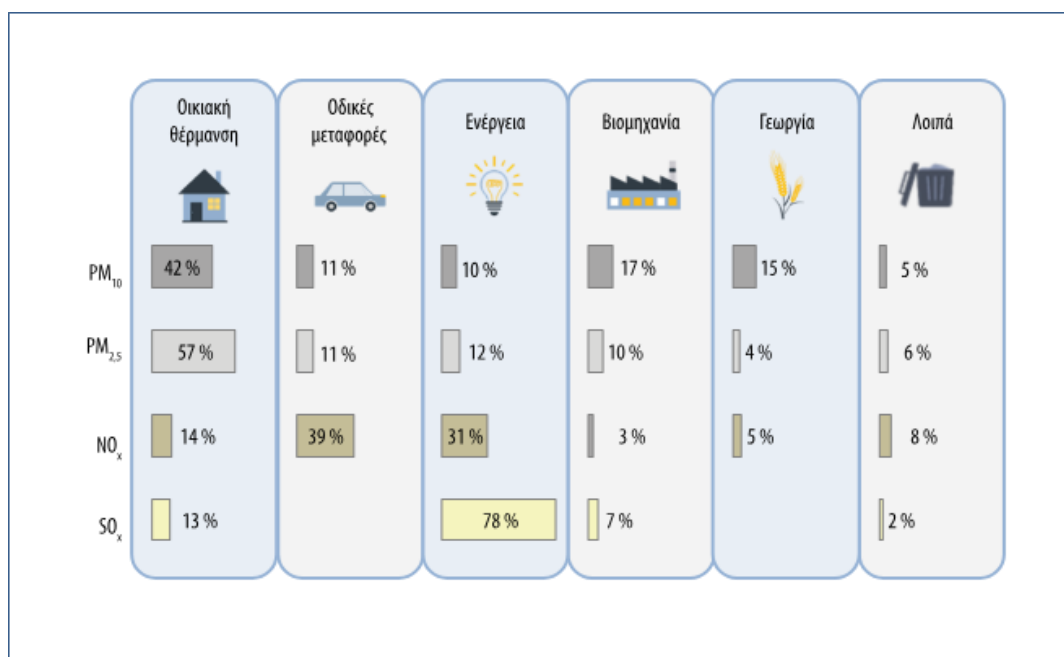
Πίνακας 4: Ποσοτικά χαρακτηριστικά πτηνοκτηνοτροφικών αποβλήτων (Πηγή: Γεωργακάκης, 2011).

Είδος Ζώου	Πυκνότητα (Kg/L)	Ημερήσια παραγωγή αποβλήτων (L/Kg Ζ.Β.)
<i>Αγελάδες</i>	1,010	0,084
<i>Χοίροι</i>	0,977	0,058
<i>Κουνέλια</i>	0,650	0,089
<i>Όρνιθες</i>	1,060	0,056
<i>Γαλοπούλες</i>	1,013	0,045
<i>Ίπποι</i>	0,986	0,052
<i>Μοσχάρια</i>	0,977	0,053
<i>Πρόβατα</i>	0,977	0,040
<i>Αίγες</i>	0,978	0,042
<i>Πάπιες</i>	0,986	0,052

2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

2.1 Νομοθεσία για την Ποιότητα του Αέρα

Το νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπήρξε καθοριστικό για την αντιμετώπιση των πηγών ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως αποδεικνύεται από τα ολοκληρωμένα μέτρα που περιγράφονται στην ισχύουσα νομοθεσία της ΕΕ. Αυτά τα μέτρα έδειξαν από αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα, όπως αποδεικνύεται από τη σημαντική μείωση των πρόωρων θανάτων λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία προβλέπεται να μειωθεί κατά περίπου 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2005 (European Environment Agency, 2020).



Εικόνα 4: Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων στην ΕΕ. (Πηγή: European Environment Agency, 2020).

Βασική συνιστώσα αυτής της νομοθετικής επιτυχίας ήταν η θέσπιση των Οδηγιών για την ποιότητα του αέρα περιβάλλοντος (AAQ), οι οποίες όχι μόνο θέτουν κοινά πρότυπα ποιότητας του αέρα σε όλη την Ευρώπη, αλλά διευκολύνουν επίσης την ανταλλαγή πληροφοριών για την ποιότητα του αέρα μεταξύ των κρατών μελών. Αυτές οι οδηγίες έχουν εισαγάγει ειδικές διατάξεις για την προστασία των περιοχών που έχουν πληγεί περισσότερο, διασφαλίζοντας ότι οι μειώσεις των εκπομπών λαμβάνουν χώρα εκεί όπου οι άνθρωποι επηρεάζονται περισσότερο από την ατμοσφαιρική ρύπανση (European Environment Agency, 2020).

Ωστόσο, παρά τις προσπάθειες αυτές, η συμμόρφωση με τις οδηγίες AAQ παραμένει άνιση μεταξύ των χωρών της ΕΕ, με έναν σημαντικό αριθμό να εξακολουθεί να μην πληροί τα καθιερωμένα πρότυπα ποιότητας του αέρα. Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη για μια πιο εύρωστη και συνεκτική στρατηγική εφαρμογής που διασφαλίζει ότι όλα τα κράτη μέλη τηρούν τα ίδια υψηλά πρότυπα ποιότητας του αέρα, διασφαλίζοντας έτσι την υγεία των πολιτών τους και του περιβάλλοντος (Demertzis, 2019).

Το 2021, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) δημοσίευσε νέες κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του αέρα μετά από συστηματική ανασκόπηση των πιο πρόσφατων επιστημονικών στοιχείων, που δείχνουν πώς η ατμοσφαιρική ρύπανση βλάπτει την ανθρώπινη υγεία. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θέσει πρότυπα για βασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους στις οδηγίες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα (European Commission, 2019).

Στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεσμεύτηκε να βελτιώσει περαιτέρω την ποιότητα του αέρα και να ευθυγραμμίσει καλύτερα τα πρότυπα ποιότητας του αέρα της ΕΕ με τις συστάσεις του ΠΟΥ. Αυτή η δέσμευση επαναλήφθηκε στο σχέδιο δράσης για τη μηδενική ρύπανση, το οποίο έθεσε ένα όραμα για το 2050 για μείωση της ρύπανσης του αέρα, των υδάτων και του εδάφους σε επίπεδα που δεν θεωρούνται πλέον επιβλαβή για την υγεία και τα φυσικά οικοσυστήματα (European Union, 2020).

Επιπλέον, το σχέδιο δράσης για τη μηδενική ρύπανση εισήγαγε στόχους για το 2030, δύο από τους οποίους επικεντρώνονται στον αέρα και στοχεύουν στη:

- μείωση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία (πρώροι θάνατοι) κατά περισσότερο από 55%, σε σύγκριση με το 2005.
- μείωση του μεριδίου των οικοσυστημάτων της ΕΕ όπου η ατμοσφαιρική ρύπανση απειλεί τη βιοποικιλότητα κατά 25%, σε σύγκριση με το 2005.

Αυστηρότερα πρότυπα ποιότητας του αέρα θα συμβάλουν επίσης στους στόχους του Ευρωπαϊκού Σχεδίου Καταπολέμησης του Καρκίνου. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια γνωστή αιτία καρκίνου στην Ευρώπη και ειδικότερα, του καρκίνου του πνεύμονα (Μπίμη Χ., 2019).

Τον Οκτώβριο του 2022, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε μια πρόταση για αναθεώρηση της Οδηγίας για την ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος. Τα βασικά μέτρα παρατίθενται παρακάτω.

- Αυστηρότερα όρια για τη ρύπανση, πιο στενά ευθυγραμμισμένα με τα νέα όρια που έχει θέσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας.
- Ενίσχυση του δικαιώματος για καθαρό αέρα, βελτιωμένη πρόσβαση στη δικαιοσύνη.
- Η ισχύουσα νομοθεσία δεν περιλαμβάνει διατάξεις για τους πολίτες να διεκδικούν αποζημίωση για βλάβη στην υγεία λόγω ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι νέοι κανόνες θα επιφέρουν πιο αποτελεσματικές κυρώσεις και δυνατότητες αποζημίωσης για παραβίαση των κανόνων για την ποιότητα του αέρα.
- Ενισχυμένοι κανόνες για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα για την υποστήριξη προληπτικών μέτρων και στοχευμένων μέτρων.
- Απαιτήσεις για τη βελτίωση της μοντελοποίησης της ποιότητας του αέρα, ειδικά εάν και όπου η ποιότητα του αέρα είναι κακή.
- Καλύτερη ενημέρωση του κοινού.

Τα παραπάνω μέτρα ευθυγραμμίζονται με άλλες νομοθετικές προτάσεις, όπως η αναθεώρηση της Οδηγίας για τις Βιομηχανικές Εκπομπές και οι πρόσφατες προτάσεις για τα πρότυπα εκπομπών Euro 7 για τα οδικά οχήματα, που θα υποστηρίξουν την επίτευξη αυστηρότερων προτύπων ποιότητας του αέρα (European Environment Agency, 2020).

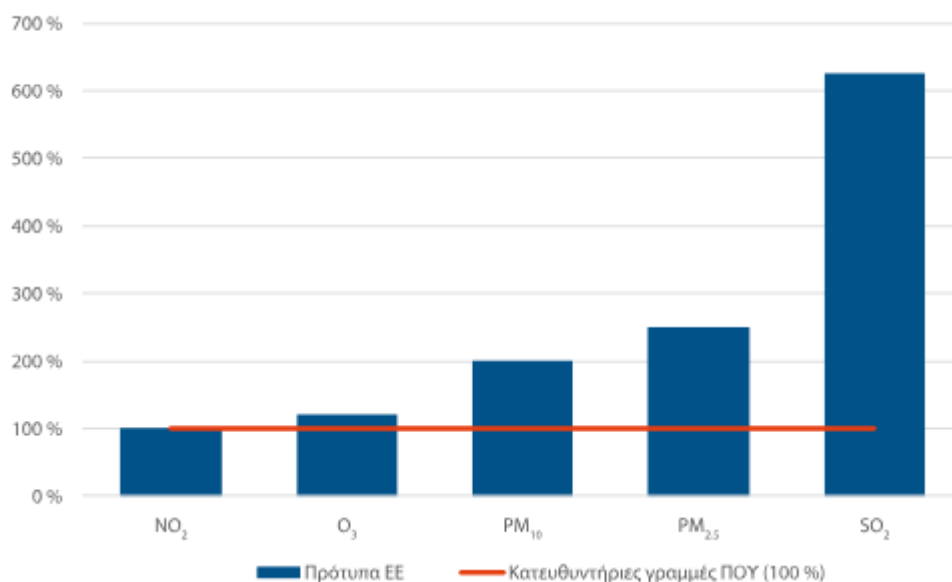
Αυτή η έκθεση αναλύει την κατάσταση συγκέντρωσης των ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα το 2020 και το 2021. Παρουσιάζει τις επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε βασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, τόσο σε επίπεδο θνησιμότητας (για το 2020), όσο και σε νοσηρότητα (για το 2019) και αξιολογεί την πρόοδο προς τους σχετικούς με την υγεία στόχους του σχεδίου δράσης της ΕΕ για τη μηδενική ρύπανση (European Commission, 2019).

Εξετάζεται επίσης ο αντίκτυπος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα οικοσυστήματα. Αυτό περιλαμβάνει αξιολόγηση της προόδου προς το στόχο του σχεδίου δράσης για τη μηδενική ρύπανση, για τη μείωση του μεριδίου των οικοσυστημάτων που υφίστανται ζημιές από την ατμοσφαιρική ρύπανση, καθώς και μια ανασκόπηση των επιπτώσεων του όζοντος στη γεωργική παραγωγή. Τέλος, παρουσιάζει την κατάσταση των εκπομπών βασικών ατμοσφαιρικών ρύπων που ρυθμίζονται στην ΕΕ και αξιολογεί τις τάσεις των εκπομπών κατά την περίοδο 2005 έως 2020 (Μπίμη Χ., 2019).

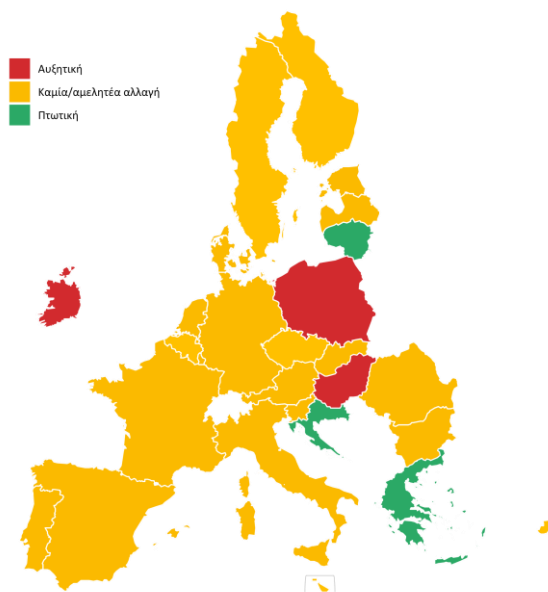
Πίνακας 5: Πρότυπα της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα και κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ. (Πηγή: ECA Publications, 2018)

Ρύπος	Περίοδος	Κατευθυντήριες γραμμές ΠΟΥ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Οριακές τιμές οδήγίας ΠΑΑ της ΕΕ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αριθ. φορών ετησίως επιτρεπόμενης υπέρβασης των προτύπων της ΕΕ
NO ₂	1 Έτος	40	40	-
	1 Ώρα	200	200	18
O ₃	8 Ώρες	100	120	25
PM ₁₀	1 Έτος	20	40	-
	24 Ώρες	50	50	35
PM _{2.5}	1 Έτος	10	25	-
	24 Ώρες	25	-	-
SO ₂	24 Ώρες	20	125	3
	1 Έτος	-	350	24
	10 Λεπτά	500	-	-

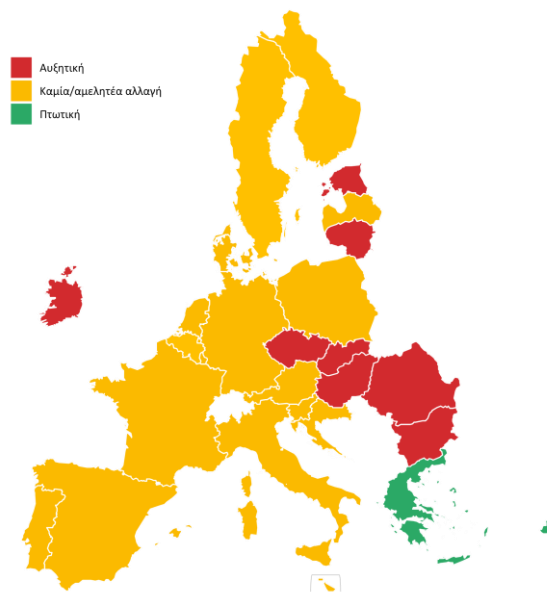
Απόκλιση μεταξύ προτύπων της ΕΕ και κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ



Εικόνα 5: Απόκλιση μεταξύ προτύπων της ΕΕ και κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ. (Πηγή: ECA Publications, 2018).



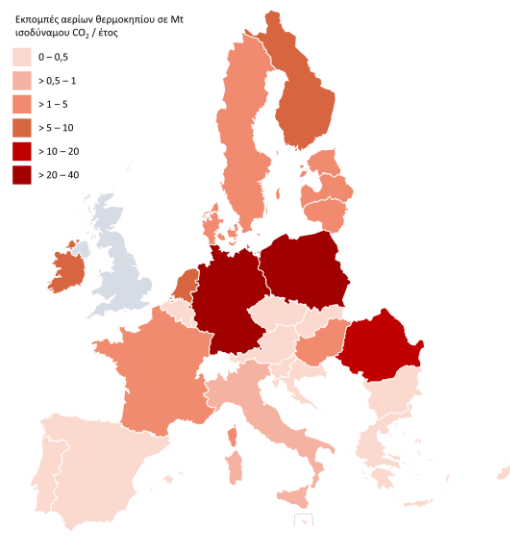
Εικόνα 6: Τάσεις των εκπομπών από την κτηνοτροφία την περίοδο 2010-2018 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).



Εικόνα 7: Τάσεις των εκπομπών από τις θρεπτικές ουσίες του εδάφους την περίοδο 2010-2018 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).



Εικόνα 8: Τάσεις των εκπομπών από τη χρήση γης κατά την περίοδο 2010-2018 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).



Εικόνα 9: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από καλλιεργούμενα εδάφη το 2017 (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).

2.1.1 Νομοθεσία στις ΗΠΑ

Η νομοθεσία για την ποιότητα του αέρα αναφέρεται σε νόμους και κανονισμούς που θεσπίζονται για την προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα που αναπνέουμε. Ο πρωταρχικός στόχος της νομοθεσίας για την ποιότητα του αέρα είναι η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον και την οικονομία (Μπίμη, 2019).

Ορισμένες από τις βασικές νομοθεσίες για την ποιότητα του αέρα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής περιλαμβάνουν το νόμο για τον καθαρό αέρα, ο οποίος ψηφίστηκε για πρώτη φορά το 1963 και έχει τροποποιηθεί αρκετές φορές έκτοτε για να ενισχύσει τους κανονισμούς για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ο νόμος για τον καθαρό αέρα ρυθμίζει έξι κοινούς ρύπους, συμπεριλαμβανομένων των σωματιδίων, του όζοντος, του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου, του διοξειδίου του θείου και του μόλυβδου (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2024).

Άλλη σημαντική νομοθεσία για την ποιότητα του αέρα στις ΗΠΑ περιλαμβάνει τα Εθνικά πρότυπα ποιότητας του αέρα περιβάλλοντος (NAAQS), τα οποία καθορίζουν τα αποδεκτά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης για καθέναν από τους έξι κοινούς ρύπους που ρυθμίζονται από το νόμο περί καθαρού αέρα. Τα NAAQS επανεξετάζονται και ενημερώνονται περιοδικά για να αντικατοπτρίζουν την πιο πρόσφατη επιστημονική έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία (Μπίμη, 2019).

Εκτός από την ομοσπονδιακή νομοθεσία για την ποιότητα του αέρα, πολλές πολιτείες και τοπικές κυβερνήσεις έχουν επίσης τους δικούς τους κανονισμούς και προγράμματα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για παράδειγμα, η Καλιφόρνια έχει εφαρμόσει ένα πρόγραμμα περιορισμού και εμπορίου για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ πολλές πόλεις έχουν εφαρμόσει προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών των οχημάτων και την προώθηση εναλλακτικών μεταφορών (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Συνολικά, η νομοθεσία για την ποιότητα του αέρα είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ρυθμίζοντας τις εκπομπές και

θέτοντας πρότυπα για αποδεκτά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αυτοί οι νόμοι βοηθούν να διασφαλιστεί ότι ο αέρας που αναπνέεται είναι ασφαλής και υγιής (Μπίμη, 2019).

Πίνακας 6: Όρια αέριων ρύπων (NAAQS) στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ). (Πηγή: Μπίμη, 2019)

Ρύπος	Περίοδος	Όρια για την προστασία της ανθρώπινης υγείας $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Παρατήρηση
CO ₂	8 Ωρες	10,31	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από μια φορά το χρόνο
	1 Ωρα	40,1	
O ₃	8 Ωρες	92	Ετήσια τέταρτη μεγαλύτερη ημερήσια μέγιστη συγκέντρωση 8 ωρών, μέση τιμή για 3 έτη
NO ₂	1 Ωρα	190	98 ^ο εκατοστημόριο ημερήσιων μέγιστων συγκεντρώσεων 1 ώρας, κατά μέσο όρο επί 3 έτη
	1 Έτος	100	Ετήσιος μέσος όρος
PM _{2.5}	1 Έτος	12	Μέσος ετήσιος μέσος όρος για 3 έτη
	24 Ωρες	35	98 ^ο εκατοστημόριο, κατά μέσο όρο για 3 χρόνια
PM ₁₀	24 Ωρες	150	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από μια φορά το χρόνο
SO ₂	1 Ωρα	20	99 ^ο εκατοστημόριο ημερήσιων μέγιστων συγκεντρώσεων 1 ώρας, κατά μέσο όρο επί 3 έτη
Pb	Κυλιόμενο μέσο όρο 3 μηνών	0.15	Να μην υπερβαίνεται

2.2 Κύριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων

Η διαχείριση των γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων μπορεί να οδηγήσει στην απελευθέρωση διαφόρων ρύπων στο περιβάλλον. Οι κύριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων είναι τα αέρια του θερμοκηπίου, τα σωματίδια, η αμμωνία και τα παθογόνα.

1. Αέρια θερμοκηπίου: Το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου είναι τα κύρια αέρια θερμοκηπίου που εκπέμπονται από τη διαχείριση των γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων. Το μεθάνιο παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση της ζωικής κοπριάς και της καλλιέργειας ρυζιού, ενώ το υποξείδιο του αζώτου απελευθερώνεται κατά την εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων. Αυτά τα αέρια του θερμοκηπίου συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στην κλιματική αλλαγή (Σκάρλα, 2020).

2. Σωματίδια: Η διαχείριση των γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων μπορεί επίσης να οδηγήσει στην απελευθέρωση σωματιδίων, η οποία μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα για όσους ζουν σε κοντινή απόσταση από γεωργικές δραστηριότητες. Τα σωματίδια απελευθερώνονται κατά το χειρισμό και τη μεταφορά των γεωργικών απορριμμάτων, καθώς και από την καύση βιομάζας για παραγωγή ενέργειας.

3. Αμμωνία: Τα ζωικά απόβλητα αποτελούν σημαντική πηγή εκπομπών αμμωνίας, η οποία μπορεί να συμβάλει στο σχηματισμό λεπτών σωματιδίων και μπορεί επίσης να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Η αμμωνία απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση της ζωικής κοπριάς και των ούρων.

4. Παθογόνα: Τα ζωικά απόβλητα μπορεί επίσης να περιέχουν μια ποικιλία παθογόνων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων βακτηρίων, ιών και παρασίτων, που μπορεί να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία του ανθρώπου και των ζώων. Τα παθογόνα μπορούν να απελευθερωθούν στο περιβάλλον μέσω της εφαρμογής κοπριάς στα χωράφια ή μέσω της απορροής σε πηγές νερού. (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021)

2.3 Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Οι τέσσερις αέριοι ρύποι που αναφέρθηκαν προηγουμένως - αέρια θερμοκηπίου, σωματίδια, αμμωνία και παθογόνα - μπορούν να έχουν διάφορες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Παρακάτω συνοψίζονται οι επιπτώσεις καθενός από αυτούς τους ρύπους:

1. Αέρια θερμοκηπίου: Το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, δύο από τα κύρια αέρια θερμοκηπίου που εκπέμπονται από τη διαχείριση των γεωργικών και κτηνοτροφικών απορριμμάτων, συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στην κλιματική αλλαγή. Αυτά τα αέρια παγιδεύουν θερμότητα στην ατμόσφαιρα της Γης, οδηγώντας σε αύξηση της θερμοκρασίας, στο λιώσιμο των παγετώνων, στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας και σε αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης. Αυτό μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη γεωργία, τους υδάτινους πόρους και τα οικοσυστήματα.

2. Σωματίδια: Τα σωματίδια που απελευθερώνονται από τη διαχείριση γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσουν ατμοσφαιρική ρύπανση, οδηγώντας σε αναπνευστικά προβλήματα και άλλα προβλήματα υγείας για ανθρώπους και ζώα. Επιπλέον, τα σωματίδια μπορούν να εναποτεθούν στο έδαφος και στο νερό, επηρεάζοντας την ανάπτυξη των φυτών και την ποιότητα του νερού.

3. Αμμωνία: Οι εκπομπές αμμωνίας από τα ζωικά απόβλητα μπορεί να οδηγήσουν σε οξίνιση του εδάφους και του νερού, καθώς και σε ευτροφισμό των υδάτινων σωμάτων. Ο ευτροφισμός συμβαίνει όταν η περίσσεια θρεπτικών ουσιών, όπως το άζωτο από την αμμωνία, εισέρχεται σε πηγές νερού και προκαλεί υπερβολική ανάπτυξη φυκών, οδηγώντας σε εξάντληση του οξυγόνου και βλάβη στην υδρόβια ζωή.

4. Παθογόνα: Τα παθογόνα που υπάρχουν στα ζωικά απόβλητα μπορούν να μολύνουν το έδαφος και τις πηγές νερού, οδηγώντας στην εξάπλωση ασθενειών σε ανθρώπους και ζώα. Τα παθογόνα μπορούν επίσης να επηρεάσουν την υγεία της άγριας ζωής και των ζώων, οδηγώντας σε οικονομικές απώλειες για τους αγρότες και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς. (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021)

3. ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

3.1 Ρύπανση της ατμόσφαιρας από γεωργικά απόβλητα

Τα γεωργικά απόβλητα είναι υποπροϊόν της γεωργίας και της παραγωγής τροφίμων. Περιλαμβάνει υπολείμματα καλλιεργειών, ζωικά απόβλητα και απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων. Ενώ αυτά τα υλικά μπορούν να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν, μπορούν επίσης να συμβάλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Επίσης αποτελούν σημαντική πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πολλά μέρη του κόσμου, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου οι γεωργικές πρακτικές είναι λιγότερο ρυθμισμένες. Σε αυτή την εργασία, θα διερευνηθούν διαφορετικοί τύποι γεωργικών απορριμμάτων και η συμβολή τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση (Dotas, 2021).

Τα υπολείμματα των καλλιεργειών είναι ένα από τα πιο κοινά είδη γεωργικών απορριμμάτων. Περιλαμβάνει τα εναπομείναντα στελέχη, φύλλα και άλλα φυτικά υλικά που παραμένουν μετά από τη συγκομιδή των καλλιεργειών. Σε πολλά μέρη του κόσμου, οι αγρότες καίνε τα υπολείμματα των καλλιεργειών για να καθαρίσουν τα χωράφια τους για την επόμενη περίοδο φύτευσης. Αυτή η πρακτική απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και άλλων ρύπων στον αέρα. Εκτός από την καύση, τα υπολείμματα των καλλιεργειών μπορούν επίσης να συμβάλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση όταν αφήνονται να αποσυντεθούν στα χωράφια, απελευθερώνοντας μεθάνιο και άλλα αέρια του θερμοκηπίου (Μπίμη, 2019).

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι μια άλλη σημαντική πηγή γεωργικών αποβλήτων. Τα ζώα παράγουν μεγάλες ποσότητες κοπριάς, η οποία μπορεί να απελευθερώσει αμμωνία, μεθάνιο και άλλους ρύπους στον αέρα. Επιπλέον, η χρήση ζωοτροφών και άλλων εισροών στην κτηνοτροφία μπορεί να συμβάλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Για παράδειγμα, η παραγωγή ζωοτροφών μπορεί να οδηγήσει στην απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η χρήση αντιβιοτικών

και άλλων χημικών ουσιών μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη ανθεκτικών στα αντιβιοτικά βακτηρίων (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).

Τα απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων είναι ένας τρίτος τύπος γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να συμβάλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων παράγουν μεγάλες ποσότητες οργανικών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των φλοιών φρούτων και λαχανικών, ζωικών μερών και άλλων υλικών. Αυτά τα απόβλητα μπορούν να απελευθερώσουν μεθάνιο και άλλα αέρια θερμοκηπίου καθώς αποσυντίθενται. Επιπλέον, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων ενδέχεται να απελευθερώσουν πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και άλλους ρύπους στον αέρα κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Οι πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα είναι ποικίλες και πολύπλοκες. Η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών συμβάλλει σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου αυτή η πρακτική είναι κοινή. Οι πρακτικές κτηνοτροφίας, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης κοπριάς και ζωοτροφών, μπορούν επίσης να συμβάλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Τέλος, η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία μπορεί να απελευθερώσει πτητικές οργανικές ενώσεις και άλλους ρύπους στον αέρα (European Environment Agency, 2020).

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα είναι σημαντικές και εκτεταμένες. Η απελευθέρωση ρύπων όπως το μεθάνιο, η αμμωνία και οι πτητικές οργανικές ενώσεις μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία τόσο των ανθρώπων, όσο και των ζώων. Η έκθεση σε αυτούς τους ρύπους μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, καρδιαγγειακές παθήσεις και άλλα προβλήματα υγείας. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση από γεωργικά απόβλητα μπορεί να συμβάλει στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της ρύπανσης του εδάφους και των υδάτων (Dotas, 2021). Τέλος, η απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου από τα γεωργικά απόβλητα μπορεί να συμβάλει στην κλιματική αλλαγή, η οποία μπορεί να έχει καταστροφικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και τις ανθρώπινες κοινωνίες (European Commission, 2020).

3.2 Πηγές και δραστηριότητες που συμβάλλουν στις ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα γεωργικά απόβλητα: μια ολοκληρωμένη ανάλυση.

3.2.1 Προσδιορισμός Πηγών Αγροτικών Αποβλήτων

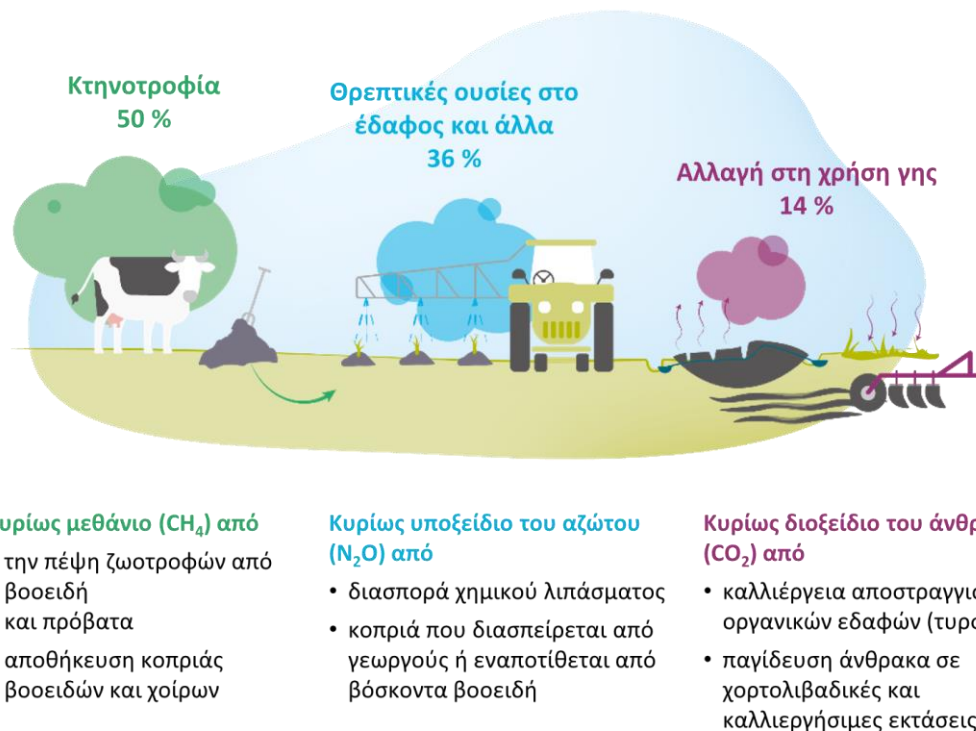
Στον αγροτικό τομέα, η παραγωγή αποβλήτων είναι ένα πολύπλευρο ζήτημα, με τις πρωτογενείς πηγές να ποικίλλουν ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, δηλαδή αν η περιοχή είναι αστική ή αγροτική (EUROPEAN COMMISSION, 2022). Οι αστικές γεωργικές πρακτικές ενδέχεται να οδηγήσουν σε διαφορετικούς τρόπους διαχείρισης απορριμμάτων σε σύγκριση με τις αντίστοιχες αγροτικές, λόγω της κλίμακας των εργασιών και της εγγύτητας στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων.

Στις αγροτικές περιοχές, τα απόβλητα περιλαμβάνουν συνήθως οργανικά υλικά όπως υπολείμματα καλλιεργειών, ζωική κοπριά και αγροβιομηχανικά υποπροϊόντα. Αντίθετα, η αστική γεωργία μπορεί να παράγει σημαντική ποσότητα απορριμμάτων συσκευασίας και υλικών θερμοκηπίου που δεν είναι τόσο διαδεδομένα στις αγροτικές περιοχές (ΕΣΔΑ, 2020).

Η ίδια η φύση των αποβλήτων μπορεί να υπαγορεύσει την ανάπτυξη εξειδικευμένων συστημάτων διαχείρισης. Έτσι, η κατανόηση των πρωταρχικών πηγών των γεωργικών αποβλήτων είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη στοχευμένων στρατηγικών διαχείρισης αποβλήτων που είναι προσαρμόσιμες στις ειδικές συνθήκες και τη φύση των παραγόμενων αποβλήτων (ΕΣΔΑ, 2020).

Πίνακας 7: Πρωταρχικές πηγές γεωργικών απορριμμάτων (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2018)

ΠΗΓΕΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Υπολείμματα καλλιέργειας	Είναι τα υπολείμματα των καλλιεργειών που δεν συγκομίζονται, όπως φύλλα, βλαστοί και ρίζες. Αυτά τα υπολείμματα μπορούν να συσσωρευτούν στο χωράφι και να συμβάλουν στη διάβρωση του εδάφους και στην εξάντληση των θρεπτικών ουσιών.
Ζωική κοπριά	Η ζωική κοπριά είναι ένα κοινό γεωργικό απόβλητο που παράγεται από την κτηνοτροφία. Αυτό το απόβλητο υλικό μπορεί να περιέχει υψηλά επίπεδα θρεπτικών ουσιών και οργανικής ύλης, τα οποία μπορεί να είναι ευεργετικά για την υγεία του εδάφους εάν χρησιμοποιηθούν σωστά.
Απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων	Τα απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων παράγονται κατά την επεξεργασία αγροτικών προϊόντων, όπως φρούτα και λαχανικά. Αυτά τα απόβλητα μπορεί να περιλαμβάνουν φλούδες, σπόρους και άλλα υποπροϊόντα που δεν χρησιμοποιούνται στο τελικό προϊόν.
Υπολείμματα φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων	Τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων μπορούν να συσσωρευτούν στο έδαφος και το νερό, οδηγώντας σε ρύπανση του περιβάλλοντος. Αυτά τα υπολείμματα μπορούν επίσης να συμβάλουν στην ανάπτυξη παρασίτων και ζιζανίων ανθεκτικών στα φυτοφάρμακα.
Γεωργικά πλαστικά	Τα γεωργικά πλαστικά, όπως οι σωλήνες άρδευσης, οι μεμβράνες και τα καλύμματα θερμοκηπίου, χρησιμοποιούνται συνήθως στη σύγχρονη γεωργία. Ωστόσο, αυτά τα υλικά μπορεί να είναι δύσκολο να ανακυκλωθούν και μπορούν να συμβάλουν στη ρύπανση του περιβάλλοντος εάν δεν απορριφθούν σωστά.



Εικόνα 10: Βασικές πηγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).

3.2.2 Εκπομπές αερίων από γεωργική δραστηριότητα

Τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στις ατμοσφαιρικές εκπομπές, συμπεριλαμβανομένων των αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα και το υποξείδιο του αζώτου. Στις παρακάτω παραγράφους παρατίθενται ορισμένες από τις πηγές και τις δραστηριότητες που συμβάλλουν σε αυτές τις εκπομπές.

Η κτηνοτροφία αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών μεθανίου, ιδιαίτερα από τα βοοειδή. Το πεπτικό σύστημα των βοοειδών παράγει μεθάνιο ως υποπροϊόν της ζύμωσης, το οποίο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω της κοπριάς. Άλλα ζώα, όπως οι χοίροι και τα πουλερικά, μπορούν επίσης να συμβάλουν στις εκπομπές αποβλήτων, ειδικά όταν η κοπριά δεν διαχειρίζεται σωστά (Zhu et al., 2020).

Η αποσύνθεση υπολειμμάτων καλλιεργειών, όπως οι μίσχοι και τα φύλλα, μπορούν να απελευθερώσουν μεθάνιο και διοξείδιο του περιβάλλοντος στην

ατμόσφαιρα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για καλλιέργειες όπως το ρύζι, οι οποίες συχνά καλλιεργούνται σε πλημμυρισμένα χωράφια, δημιουργώντας αναερόβιες συνθήκες που ευνοούν την παραγωγή μεθανίου (Wojcieszak et al., 2018).

Η χρήση λιπασμάτων με βάση το άζωτο μπορεί να συμβάλει στις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου. Το υποξείδιο του αζώτου απελευθερώνεται κατά τη διάσπαση των λιπασμάτων με βάση το άζωτο και των ζωικών αποβλήτων και είναι ισχυρό αέριο θερμοκηπίου με δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη περίπου 300 φορές μεγαλύτερο από το διοξείδιο του άνθρακα (Wojcieszak et al., 2018).

Η εκκαθάριση της γης για τη γεωργία, ιδιαίτερα σε τροπικές περιοχές, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τα δέντρα απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα κατά τη φωτοσύνθεση, επομένως η αποψίλωση των δασών μπορεί να οδηγήσει σε συγκεντρώσεις αυτού του αερίου θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2020).

Τέλος, η χρήση ενέργειας για γεωργικές δραστηριότητες, όπως η άρδευση, η μεταφορά και η επεξεργασία, μπορεί να συμβάλει στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τα ορυκτά καύσιμα για αυτές τις δραστηριότητες, απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα όταν καίγονται (Agar et al., 2022).

Συνολικά, τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στις ατμοσφαιρικές εκπομπές, καθώς η κτηνοτροφία, τα υπολείμματα καλλιεργειών, η χρήση λιπασμάτων, η αποψίλωση των δασών και η χρήση ενέργειας είναι σημαντικές πηγές.

Διαφορετικές καλλιέργειες και ζώα έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ορισμένες συνδέονται με υψηλότερες εκπομπές αερίων από άλλες. Στον πίνακα 2, παρατίθενται οι πέντε πρώτες γεωργικές δραστηριότητες με τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων.

Πίνακας 8: Υψηλότερες εκπομπές ατμοσφαιρικών αερίων από καλλιέργειες και ζώα, ιδιαίτερα αερίων του θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα.

Γεωργικές δραστηριότητες	Εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων
Βοοειδή	Τα βοοειδή είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς μεθανίου, ενός ισχυρού αερίου του θερμοκηπίου. Αυτό οφείλεται στο πεπτικό τους σύστημα, το οποίο παράγει μεθάνιο ως υποπροϊόν της ζύμωσης. Ο παγκόσμιος κτηνοτροφικός τομέας ευθύνεται για το 14,5% περίπου όλων των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με τα βοοειδή να είναι ένας σημαντικός παράγοντας (Zhu et al., 2020).
Ρύζι	Οι ορυζώνες είναι μια άλλη σημαντική πηγή εκπομπών μεθανίου. Οι αναερόβιες συνθήκες στους πλημμυρισμένους ορυζώνες δημιουργούν ένα ιδανικό περιβάλλον για βακτήρια που παράγουν μεθάνιο. Η παραγωγή ρυζιού εκτιμάται ότι ευθύνεται για το 10% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών μεθανίου (Wojcieszak et al., 2018).
Καλαμπόκι	Η παραγωγή καλαμποκιού απαιτεί μεγάλες ποσότητες αζωτούχου λιπάσματος, το οποίο μπορεί να συμβάλει στις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου, ενός άλλου ισχυρού αερίου του θερμοκηπίου. Επιπλέον, η καλλιέργεια καλαμποκιού περιλαμβάνει συχνά τη χρήση βαρέων μηχανημάτων και ορυκτών καυσίμων, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (Wojcieszak et al., 2018).
Σόγια	Όπως το καλαμπόκι, η παραγωγή σόγιας μπορεί επίσης να συμβάλει στις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου από τη χρήση λιπασμάτων. Επιπλέον, η εκκαθάριση της γης για παραγωγή σόγιας μπορεί να οδηγήσει σε αποψίλωση των δασών και στην απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα από την καύση δέντρων και άλλης βλάστησης (Wojcieszak et al., 2018).
Γαλακτοκομικά	Η παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων συνδέεται με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου τόσο από τα βοοειδή, όσο και με την ενέργεια που απαιτείται για την επεξεργασία και τη μεταφορά. Επιπλέον, η γαλακτοκομική παραγωγή παράγει μεγάλες ποσότητες κοπριάς, η οποία μπορεί να συμβάλει στις εκπομπές μεθανίου και οξειδίου του αζώτου (Ρουμπάτος, 2022).

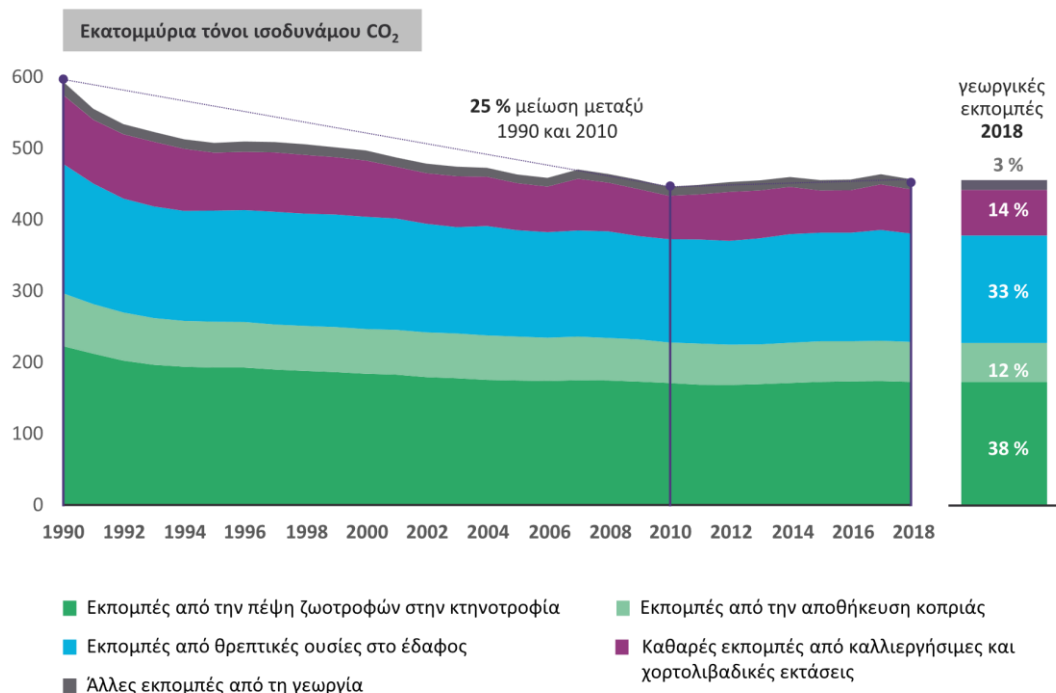
Κατά την αντιμετώπιση των αερίων εκπομπών που σχετίζονται με τις γεωργικές δραστηριότητες, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη τα διακριτά χαρακτηριστικά τόσο των καλλιεργειών, όσο και των ζώων και ο τρόπος με τον οποίο συμβάλλουν στις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για παράδειγμα, όταν εξετάζεται η παραγωγή ζωικού κεφαλαίου, υπάρχουν σημαντικές εκπομπές με τη μορφή μεθανίου και οξειδίου του αζώτου, τα οποία είναι ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου. Αυτές οι εκπομπές προκύπτουν από τις διαδικασίες

πέψης των μηρυκαστικών, όπως τα βοοειδή, και τη διαχείριση της κοπριάς από διάφορες κτηνοτροφικές εργασίες (ΕΣΔΑ, 2020). Από την πλευρά της καλλιέργειας, ορισμένες πρακτικές, όπως η εφαρμογή συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση επιβλαβών ουσιών στο περιβάλλον, οδηγώντας σε ρύπανση του εδάφους και των υδάτων.

Συνολικά, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος διαφορετικών καλλιεργειών και ζώων μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις συγκεκριμένες γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, είναι σαφές ότι ορισμένες γεωργικές δραστηριότητες συνδέονται με υψηλότερες εκπομπές αερίων από άλλες. Υιοθετώντας βιώσιμες γεωργικές πρακτικές και μειώνοντας την παραγωγή απορριμμάτων, οι αγρότες μπορούν να συμβάλουν στο μετριασμό αυτών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (European Commission, 2019).

Αυτό απαιτεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων που να είναι ικανό να εντοπίζει και να κατηγοριοποιεί αυτές τις πηγές, ενώ εφαρμόζει αποτελεσματικές λύσεις συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης για να μετριάσει τον αντίκτυπό τους (EUROPEAN COMMISSION, 2022). Η προσαρμογή αυτών των στρατηγικών διαχείρισης αποβλήτων στις τοπικές συνθήκες είναι ζωτικής σημασίας, καθώς οι αστικές και αγροτικές περιοχές έχουν διαφορετικούς τρόπους παραγωγής απορριμμάτων και δυνατότητες διαχείρισης. Η αστική γεωργία μπορεί να παράξει διαφορετικούς τύπους αποβλήτων σε σύγκριση με την παραδοσιακή αγροτική γεωργία, απαιτώντας έτσι προσαρμοσμένες προσεγγίσεις για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των γεωργικών πρακτικών (EUROPEAN COMMISSION, 2022).



Εικόνα 11: Καθαρές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τη γεωργία στην ΕΕ των 27 από το 1990. (Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).

3.3 Κύριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων

Τα γεωργικά απόβλητα περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα οργανικών υλικών που είναι υποπροϊόντα γεωργικών και κτηνοτροφικών εργασιών, με κάθε είδος αποβλήτων να έχει τη δυνατότητα να απελευθερώνει διάφορες εκπομπές στο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, όταν τα γεωργικά απόβλητα αποσυντίθενται, μπορούν να εκπέμπουν μεθάνιο (CH_4), ένα ισχυρό αέριο θερμοκηπίου με δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη σημαντικά υψηλότερο από αυτό του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) σε μια περίοδο 100 ετών. Η παραγωγή μεθανίου συνδέεται ιδιαίτερα με την αναερόβια αποσύνθεση της οργανικής ύλης απουσία οξυγόνου, μια διαδικασία που συμβαίνει συνήθως στους ορυζώνες, στο πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών ζώων και στα συστήματα διαχείρισης αποθήκευσης κοπριάς (Agar et al., 2022).

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άλλο αέριο θερμοκηπίου που εκπέμπεται από τα γεωργικά απόβλητα. Απελευθερώνεται κατά την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών, την αποψίλωση των δασών και τη χρήση ορυκτών καυσίμων για γεωργικές δραστηριότητες, όπως η μεταφορά και η άρδευση. Η παραγωγή και η μεταφορά συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων συμβάλλουν επίσης στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. (Agar et al., 2022).

Εκτός από το μεθάνιο, τα γεωργικά απόβλητα μπορούν επίσης να απελευθερώσουν οξείδιο του αζώτου (N_2O) λόγω της μικροβιακής διάσπασης των ουσιών που περιέχουν άζωτο που βρίσκονται στα λιπάσματα και στα ζωικά περιττώματα. Το υποξείδιο του αζώτου, ενώ εκπέμπεται σε μικρότερες ποσότητες από το μεθάνιο ή το διοξείδιο του άνθρακα, έχει δυναμικό θέρμανσης περίπου 300 φορές μεγαλύτερο από το CO_2 σε έναν αιώνα, γεγονός που το καθιστά σημαντικό συντελεστή στην κλιματική αλλαγή (Thorman, et al., 2020).

Επιπλέον, η αμμωνία (NH_3) είναι μια άλλη εκπομπή από τα γεωργικά απόβλητα, που προέρχεται κυρίως από ούρα και κόπρανα ζώων. Η αμμωνία συμβάλλει στο σχηματισμό σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, η οποία μπορεί να επηρεάσει την ανθρώπινη αναπνευστική υγεία και επίσης να οδηγήσει στον

ευτροφισμό των υδάτινων σωμάτων όταν εναποτίθενται σε χερσαίους ή υδάτινους αποδέκτες (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2020).

3.4 Μελέτη Ατμοσφαιρικών Εκπομπών από τη Γεωργία

Τα δεδομένα που θα αναλυθούν και θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία προέρχονται από τον FAO Tier 1, από την ιστοσελίδα: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>

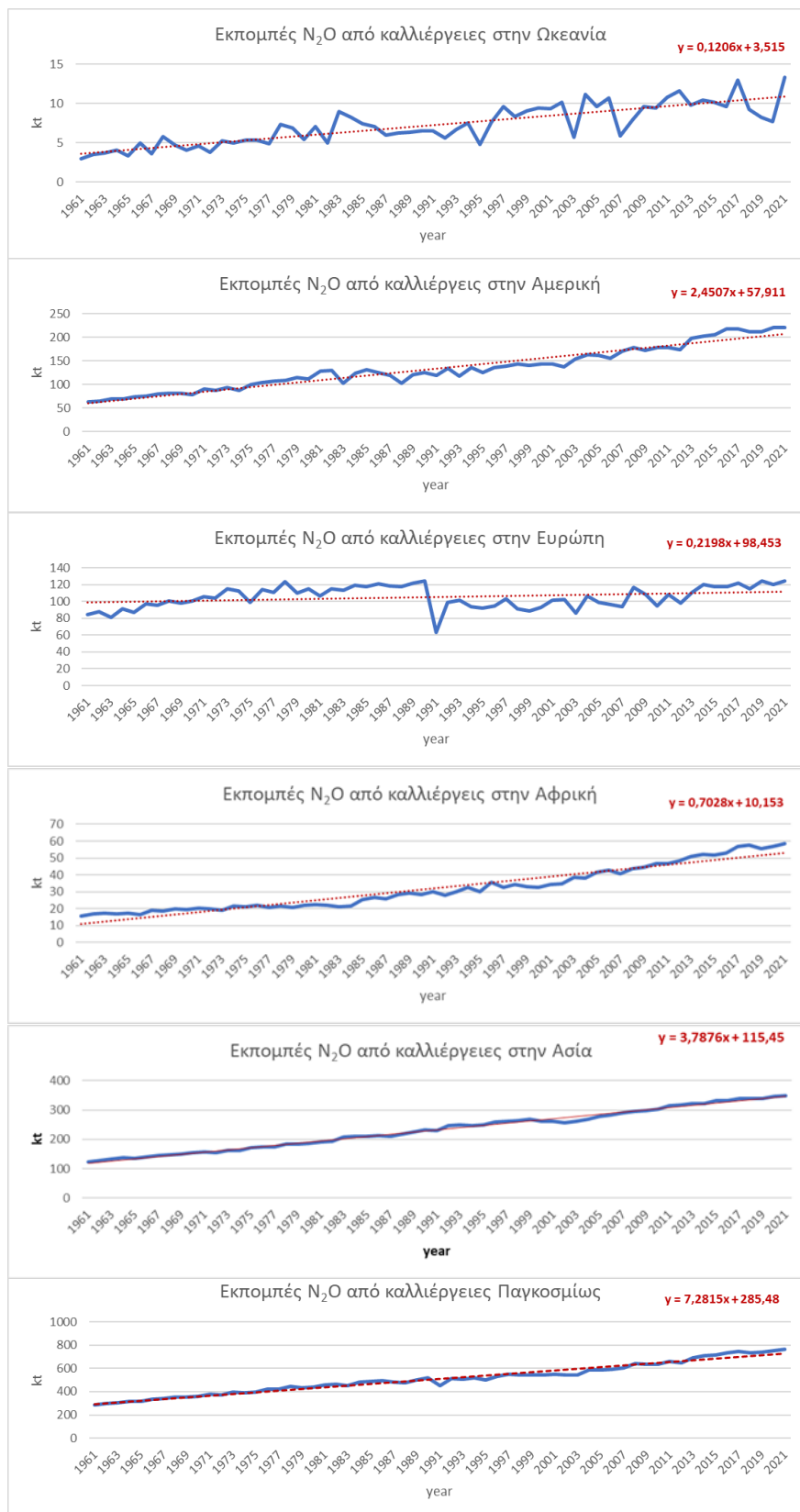
Ο FAO Tier 1 είναι μια μέθοδος για την εκτίμηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία, τη δασοκομία και άλλες δραστηριότητες χρήσης γης. Είναι μια απλοποιημένη προσέγγιση που χρησιμοποιεί προεπιλεγμένες τιμές για την εκτίμηση των εκπομπών και χρησιμοποιείται συχνά σε καταστάσεις όπου δεν υπάρχουν λεπτομερή δεδομένα για τις εκπομπές. Ο FAO Tier 1 υπολογίζει τις εκπομπές με βάση τους παράγοντες, όπως οι πληθυσμοί των ζώων, οι αποδόσεις των καλλιεργειών και η αλλαγή χρήσης και έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μια γρήγορη εκτίμηση των εκπομπών σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο.

Η συλλογή των δεδομένων έγινε για τα έτη 1961-2021, δίνοντας τιμές για εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, του υποξειδίου του αζώτου και του μεθανίου για τρεις γεωργικές δραστηριότητες, οι οποίες είναι οι καλλιέργειες, η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών και η κτηνοτροφία.

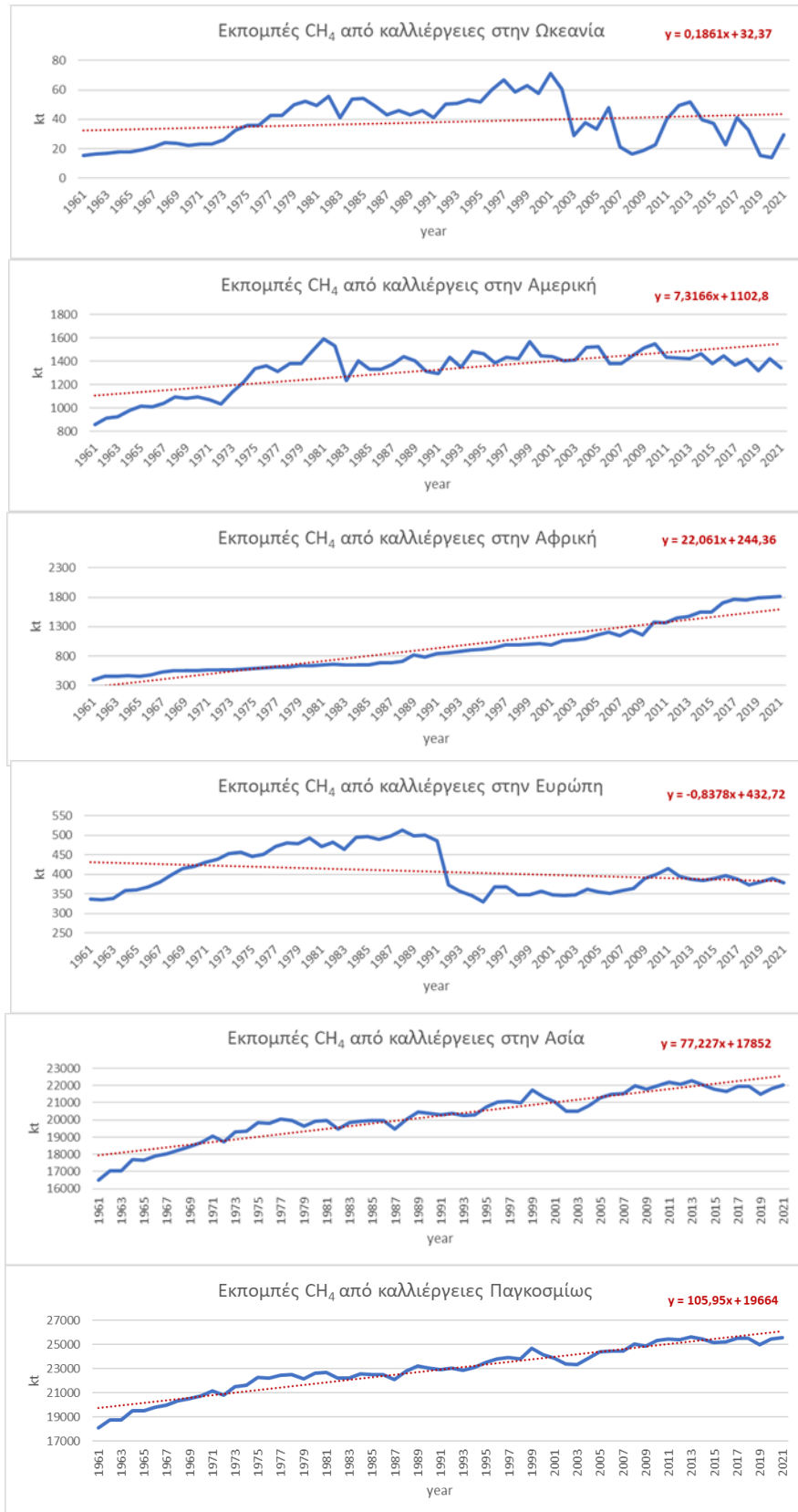
Στα παρακάτω διαγράμματα, παρατίθενται οι τιμές των αερίων αυτών σε τρεις γεωργικές δραστηριότητες, καθώς και η τάση τους στη διάρκεια των 61 χρόνων. Τα δεδομένα κατηγοριοποιούνται και συλλέγονται ξεχωριστά για κάθε Ήπειρο. Πιο συγκεκριμένα η κατηγοριοποίηση είναι η εξής:

- Ωκεανία
- Αφρική
- Αμερική
- Ευρώπη
- Ασία

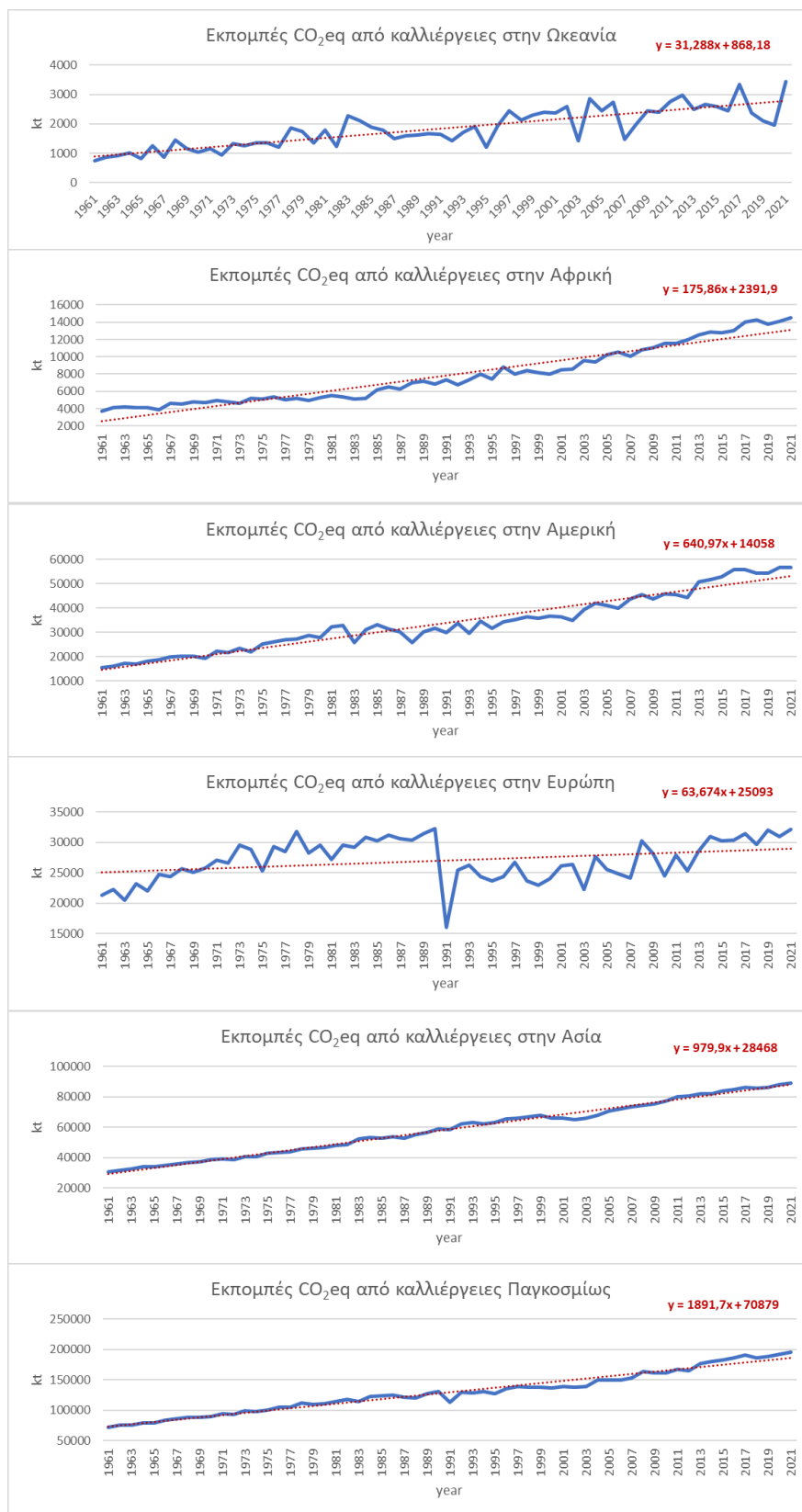
3.4.1. Εκπομπές αερίων από καλλιέργειες



Εικόνα 12: Εκπομπές N₂O από καλλιέργειες.



Εικόνα 13: Εκπομπές CH₄ από καλλιέργειες.



Εικόνα 14: Εκπομπές CO₂ από καλλιέργειες.

Πίνακας 9: Τιμές N₂O από τις καλλιέργειες ανά δέκα χρόνια.
N₂O

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	3,0199	15,4702	62,9964	84,1473	123,2977	288,9316
1971	4,5989	20,3802	89,9204	105,9298	157,763	378,5923
1981	7,1185	22,4714	127,8706	106,325	191,6036	455,3891
1991	6,4919	30,1389	118,9996	63,7386	231,0975	450,4665
2001	9,3545	34,298	143,8212	101,2788	260,9179	549,6703
2011	10,8024	46,7754	177,8648	108,0892	315,4411	658,973
2021	13,3567	58,6541	221,0258	124,6594	349,5247	767,2206

Πίνακας 10: Τιμές CH₄ από τις καλλιέργειες ανά δέκα χρόνια.
CH₄

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	15,3634	397,4257	857,2712	336,8883	16512,0344	18118,983
1971	23,1791	563,3484	1072,895	431,1992	19065,8338	21156,4555
1981	49,4928	650,5832	1595,1992	470,9334	19955,3575	22721,5661
1991	41,0443	841,8909	1297,141	485,5238	20279,1291	22944,7291
2001	71,2126	984,667	1444,4056	348,6356	21037,698	23886,6188
2011	40,2957	1369,2209	1436,1722	414,2706	22189,5231	25449,4825
2021	29,6991	1811,2619	1347,2504	379,1462	22024,7147	25592,0722

Πίνακας 11: Τιμές CO₂ από τις καλλιέργειες ανά δέκα χρόνια.
CO₂

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	751,381	3724,522	15490,575	21274,041	30568,545	71809,064
1971	1159,2955	4955,3675	22436,543	27102,769	39387,427	95041,402
1981	1790,3665	5502,248	32220,0515	27264,4455	48108,9745	114886,086
1991	1644,325	7378,1035	29975,793	16081,26	58426,988	113506,4695
2001	2379,1435	8485,3	36577,102	26150,3855	66143,894	139735,825
2011	2755,2315	11537,4375	45442,6505	27887,593	80207,974	167830,8865
2021	3438,6665	14503,6885	56680,32	32197,023	89033,057	195852,755

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τις καλλιέργειες μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με παράγοντες, όπως ο τύπος της καλλιέργειας, οι πρακτικές διαχείρισης και οι περιφερειακές κλιματικές συνθήκες. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες γενικές τάσεις που μπορούν να παρατηρηθούν κατά τη σύγκριση των εκπομπών από τις καλλιέργειες και τη χρήση γης σε διάφορες περιοχές του κόσμου.

Η Ευρώπη έχει μερικά από τα υψηλότερα επίπεδα γεωργικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ανά μονάδα έκτασης, εν μέρει λόγω της εντατικής φύσης των ευρωπαϊκών γεωργικών πρακτικών. Για παράδειγμα, στην Ολλανδία, η οποία έχει ένα από τα υψηλότερα ποσοστά γεωργικών εκπομπών στην Ευρώπη, η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και η εντατική κτηνοτροφία συμβάλλουν σημαντικά στις εκπομπές. Ωστόσο, γίνονται επίσης προσπάθειες για τη μείωση των γεωργικών εκπομπών, μέσω της χρήσης τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας και πιο βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης της γης.

Στην Αμερική, οι γεωργικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου είναι επίσης σημαντικές, ιδιαίτερα σε χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Βραζιλία, οι οποίες είναι σημαντικοί παραγωγοί καλλιεργειών, όπως η σόγια και το καλαμπόκι. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης περιφερειακές διαφορές εντός της Αμερικής, με τις εκπομπές σε

χώρες όπως ο Καναδάς και η Αργεντινή να είναι συνολικά χαμηλότερες. Οι προσπάθειες για τη μείωση των γεωργικών εκπομπών περιλαμβάνουν τη χρήση πρακτικών οργώματος διατήρησης, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της διαταραχής του εδάφους και στην αύξηση της δέσμευσης άνθρακα.

Στην Ασία, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία, οι γεωργικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου είναι επίσης σημαντικές λόγω του μεγάλου αριθμού αγροτών μικρής κλίμακας και της χρήσης παραδοσιακών μεθόδων καλλιέργειας. Ωστόσο, γίνονται επίσης προσπάθειες για την προώθηση πιο βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης της γης, όπως η χρήση αγροδοασοκομικών συστημάτων και η γεωργία διατήρησης.

Στην Αφρική, οι γεωργικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου είναι γενικά χαμηλότερες από ό,τι σε άλλες περιοχές, εν μέρει λόγω του γεγονότος ότι μεγάλο μέρος της γεωργίας της ηπείρου εξακολουθεί να γίνεται με παραδοσιακές μεθόδους. Ωστόσο, υπάρχει επίσης μια αυξανόμενη ανάγκη για αύξηση της γεωργικής παραγωγικότητας στην Αφρική για την κάλυψη των αναγκών ενός αυξανόμενου πληθυσμού, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αυξημένες εκπομπές στο μέλλον. Οι προσπάθειες για την προώθηση της βιώσιμης γεωργίας στην Αφρική περιλαμβάνουν τη χρήση αγροδοασοκομικών συστημάτων και την ανάπτυξη νέων ποικιλιών καλλιεργειών που είναι καλύτερα προσαρμοσμένες στις τοπικές συνθήκες.

Συνολικά, ενώ υπάρχουν περιφερειακές διαφορές στις γεωργικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, υπάρχουν επίσης πολλές κοινές προκλήσεις και ευκαιρίες για τη μείωση των εκπομπών μέσω πιο βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης της γης και της υιοθέτησης νέων τεχνολογιών.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε μια ανοδική τάση στην εκπομπή των ατμοσφαιρικών ρύπων, με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπής να κατέχει η Ασία και η Αμερική. Επίσης, η μεγάλη πτώση των εκπομπών που παρατηρείται στην Ευρώπη από το έτος 1991, οφείλονται στην αυξανόμενη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών αποβλήτων, καθώς και στην πρόοδο της τεχνολογίας και τις αλλαγές στην πολιτική και στους κανονισμούς. Οι αλλαγές που έχουν γίνει στην Ευρώπη μετά το 1990 στον τομέα της καλλιέργειας και στη χρήση γης είναι:

Υιοθέτηση πρακτικών βιώσιμης γεωργίας: Πολλοί αγρότες έχουν υιοθετήσει βιώσιμες πρακτικές για τη διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων, όπως η κομποστοποίηση, η αναερόβια χώνευση και η χρήση καλλιεργειών. Αυτές οι πρακτικές μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη βελτίωση της υγείας του εδάφους και στη μείωση της απορροής θρεπτικών ουσιών (Γενική Γραμματεία Ενωσιακών Πόρων και Υποδομών, 2022).

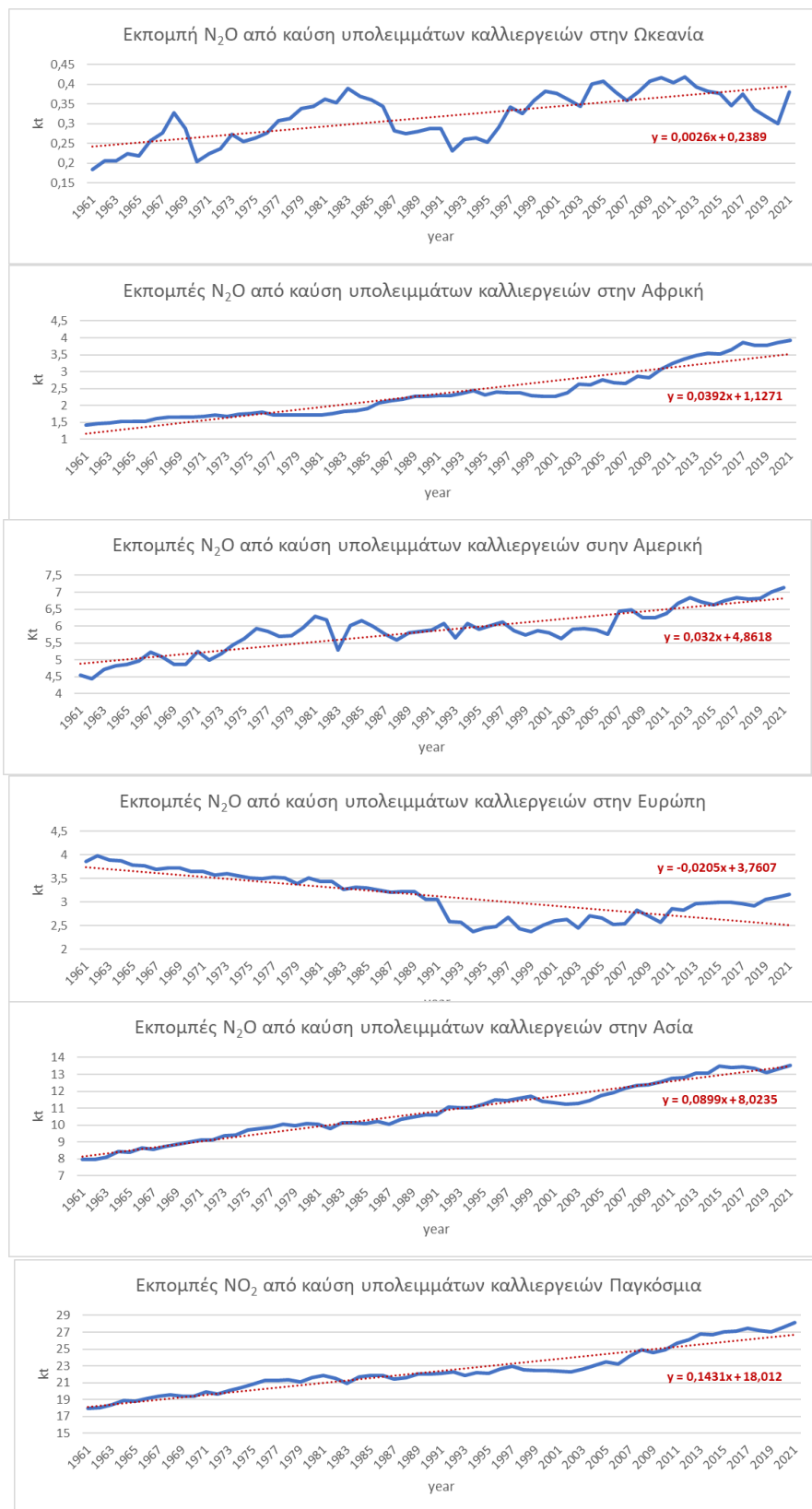
Αυξημένη χρήση της τεχνολογίας: Η πρόοδος της τεχνολογίας έχει διευκολύνει τους αγρότες να διαχειρίζονται τα γεωργικά απόβλητα με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο (Γενική Γραμματεία Ενωσιακών Πόρων και Υποδομών, 2022). Για παράδειγμα, υπάρχουν πλέον συστήματα που καταγράφουν τις εκπομπές μεθανίου από την κοπριά και τις μετατρέπουν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Αλλαγές στην πολιτική και στους κανονισμούς: Οι κυβερνήσεις έχουν εφαρμόσει πολιτικές και κανονισμούς με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών αποβλήτων. Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει κανονισμούς για τη χρήση λιπασμάτων και απαιτεί από τα κράτη μέλη να αναφέρουν τις εκπομπές από τα γεωργικά απόβλητα (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019).

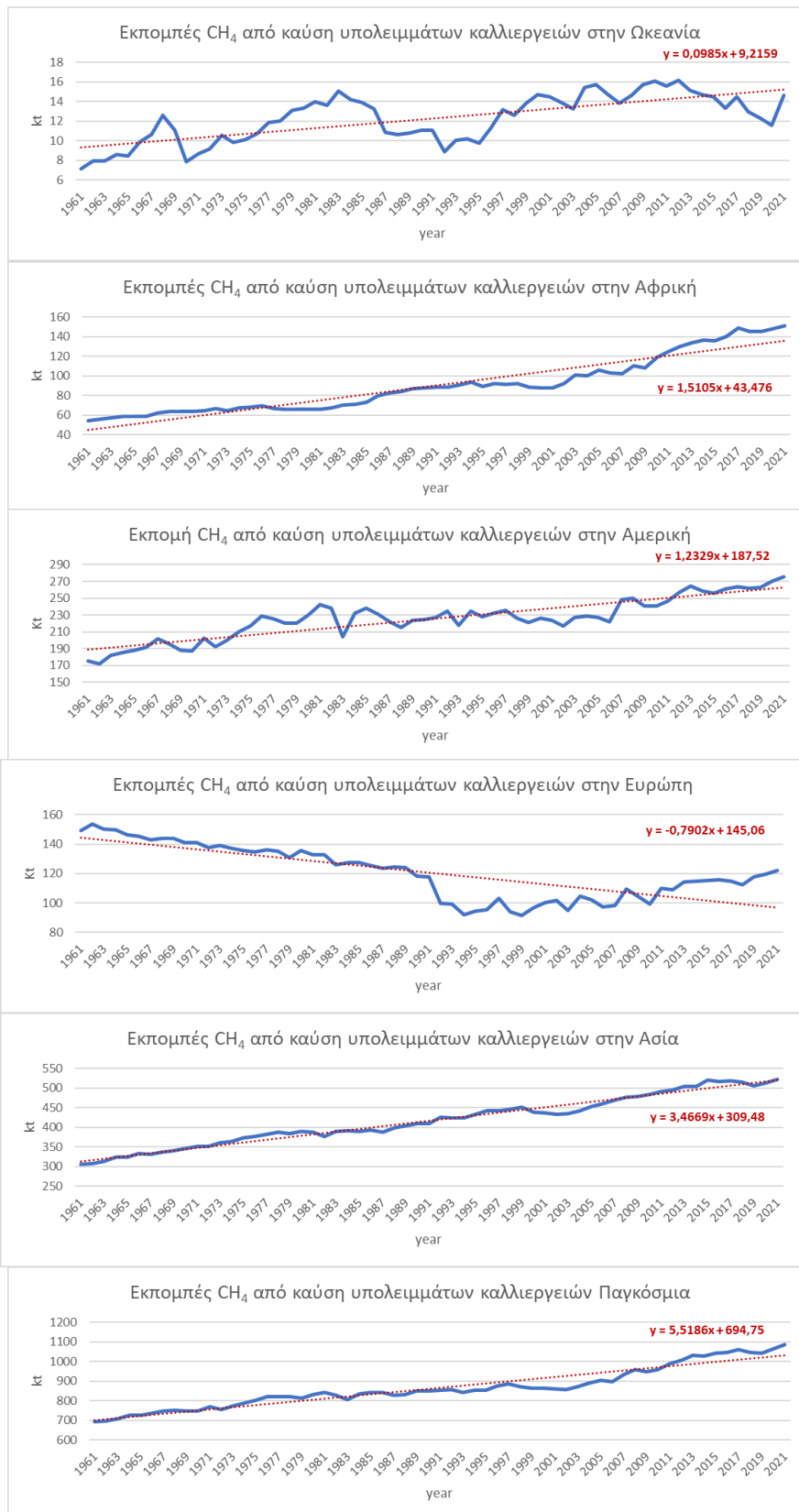
Συνεργασία μεταξύ αγροτών και ερευνητών: Η συνεργασία μεταξύ αγροτών και ερευνητών οδήγησε στην ανάπτυξη νέων τεχνικών και τεχνολογιών για τη διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων. Αυτό συνέβαλε στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών αποβλήτων (Γενική Γραμματεία Ενωσιακών Πόρων και Υποδομών, 2022).

Συνολικά, έχουν σημειωθεί σημαντικές αλλαγές στη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων από το 1991, λόγω της αυξανόμενης συνειδητοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών αποβλήτων και της προόδου της τεχνολογίας και της πολιτικής. Αυτές οι αλλαγές συνέβαλαν στην προώθηση πιο βιώσιμων πρακτικών και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών αποβλήτων.

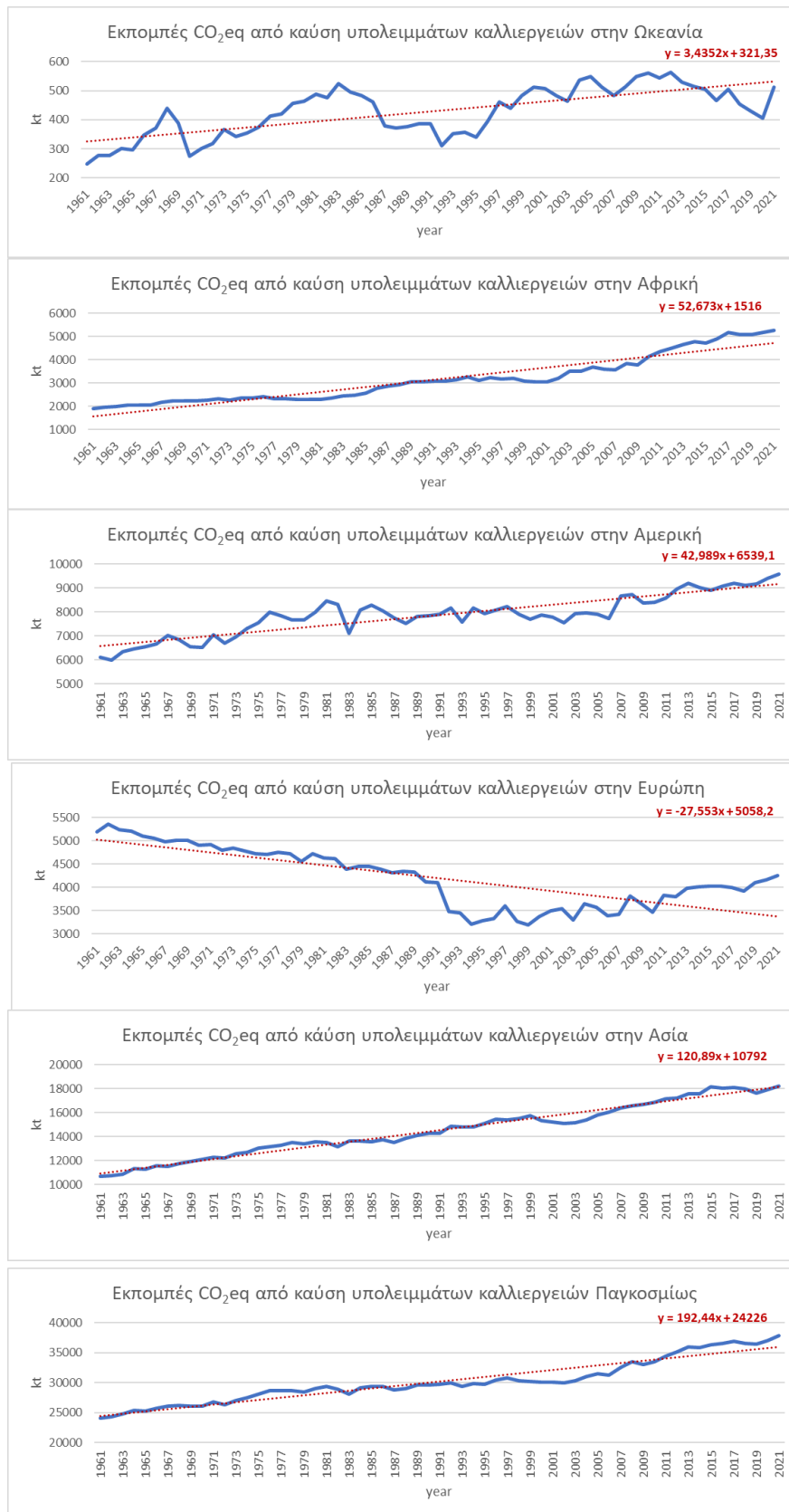
3.4.2 Εκπομπές αερίων από καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών



Εικόνα 15: Εκπομπές N_2O από καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών.



Εικόνα 16: Εκπομπές CH₄ από καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών.



Εικόνα 17: Εκπομπές CO₂eq από καύση υπολειμμάτων καλλιεργείων.

Πίνακας 12: Τιμές N₂O από την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών ανά δέκα χρόνια.
N₂O

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	7,1177	54,5926	175,1731	149,1829	306,4455	692,5117
1971	8,6528	64,8192	202,6613	140,9906	352,1963	769,3202
1981	13,9822	65,882	242,4461	132,6885	388,0315	843,0303
1991	11,0726	88,5935	226,9129	117,8069	409,5563	853,9423
2001	14,5319	87,8773	223,4943	100,2097	436,5624	862,6756
2011	15,6278	124,8834	246,2054	110,051	492,5301	989,2977
2021	14,6803	151,3225	275,3083	121,936	522,6631	1085,9102

Πίνακας 13: Τιμές CH₄ από την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών ανά δέκα χρόνια.
CH₄

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	7,1177	54,5926	175,1731	149,1829	306,4455	692,5117
1971	8,6528	64,8192	202,6613	140,9906	352,1963	769,3202
1981	13,9822	65,882	242,4461	132,6885	388,0315	843,0303
1991	11,0726	88,5935	226,9129	117,8069	409,5563	853,9423
2001	14,5319	87,8773	223,4943	100,2097	436,5624	862,6756
2011	15,6278	124,8834	246,2054	110,051	492,5301	989,2977
2021	14,6803	151,3225	275,3083	121,936	522,6631	1085,9102

Πίνακας 14: Τιμές CO₂ από την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών ανά δέκα χρόνια.
CO₂

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	248,1909	1903,6654	6108,3596	5202,0938	10685,8195	24148,1292
1971	301,7179	2260,2617	7066,9059	4916,3913	12281,2616	26826,5384
1981	487,5906	2297,3132	8454,2278	4626,931	13530,8113	29396,8739
1991	386,0878	3089,3467	7912,5213	4108,0064	14281,3966	29777,3588
2001	506,7452	3064,3055	7793,3243	3494,4002	15223,1609	30081,9361
2011	544,9299	4354,6727	8585,3606	3837,526	17174,7603	34497,2495
2021	511,9339	5276,6278	9600,0434	4251,8172	18225,473	37865,8953

Η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών είναι μια κοινή πρακτική σε πολλά μέρη του κόσμου, ιδιαίτερα σε περιοχές με μεγάλης κλίμακας γεωργία. Όταν καίγονται υπολείμματα καλλιεργειών απελευθερώνουν αέρια θερμοκηπίου, όπως διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο στην ατμόσφαιρα.

Στην Ευρώπη, η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών δεν είναι τόσο συχνή όσο σε ορισμένες άλλες περιοχές, εν μέρει λόγω του γεγονότος ότι πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν εφαρμόσει κανονισμούς που στοχεύουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών πρακτικών. Αυτό φαίνεται και στη μεγάλη μείωση των εκπομπών στην Ευρώπη μετά το 1990. Ωστόσο, η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών εξακολουθεί να εφαρμόζεται σε ορισμένα μέρη της Ευρώπης, ιδιαίτερα στην Ανατολική Ευρώπη, όπου χρησιμοποιείται ως φθηνή μέθοδος καθαρισμού των αγρών.

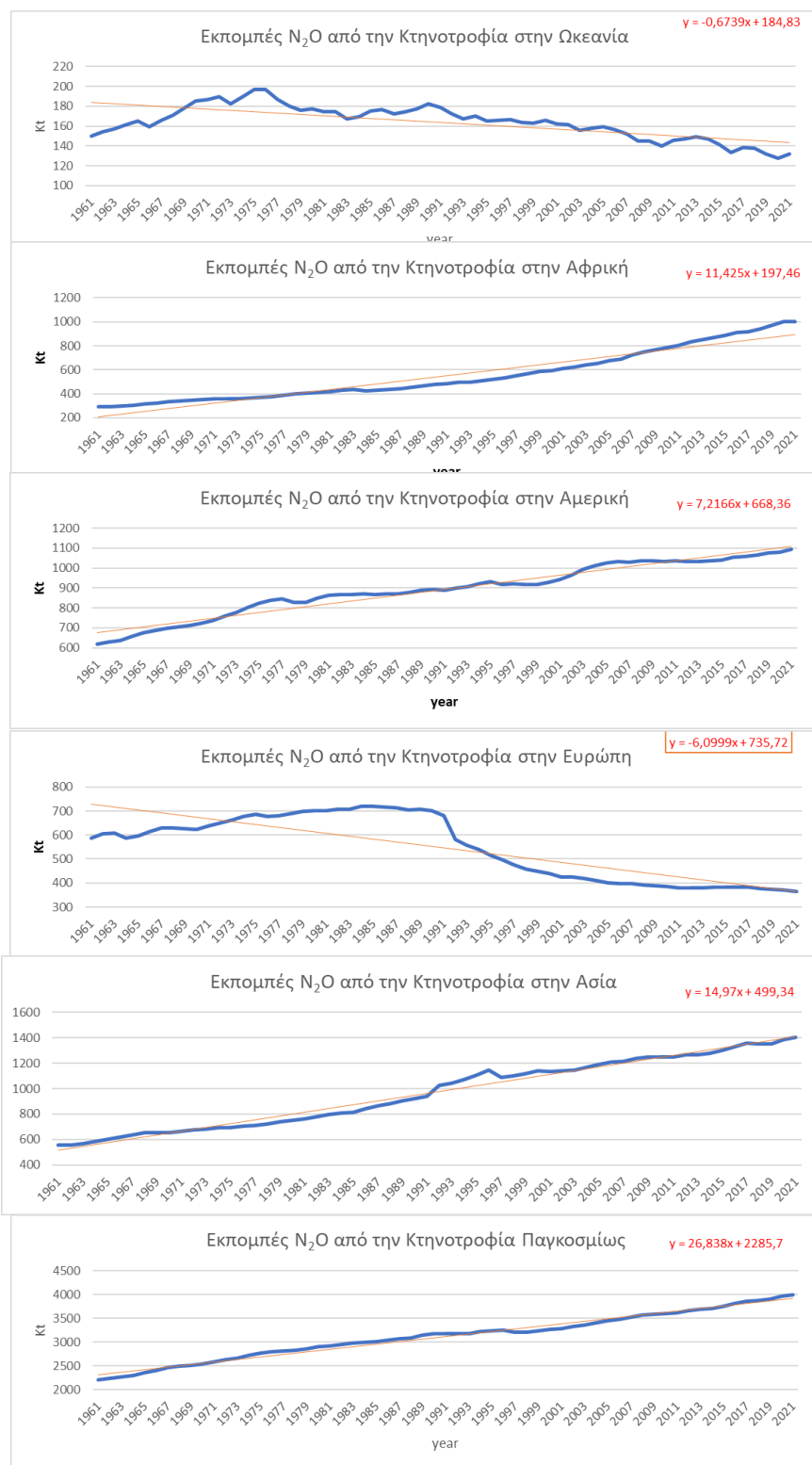
Στην Αμερική, η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών είναι πιο συχνή, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Βραζιλία και η Αργεντινή, όπου η μεγάλης κλίμακας παραγωγή σόγιας και καλαμποκιού παράγει σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων. Η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών στην Αμερική έχει συνδεθεί με αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Στην Ασία, η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών είναι επίσης ένα σημαντικό ζήτημα, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Ινδία και η Κίνα, όπου η καύση άχυρου ρυζιού είναι κοινή πρακτική. Η καύση άχυρου ρυζιού έχει συνδεθεί με σημαντικά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πολλές περιοχές της Ασίας, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες.

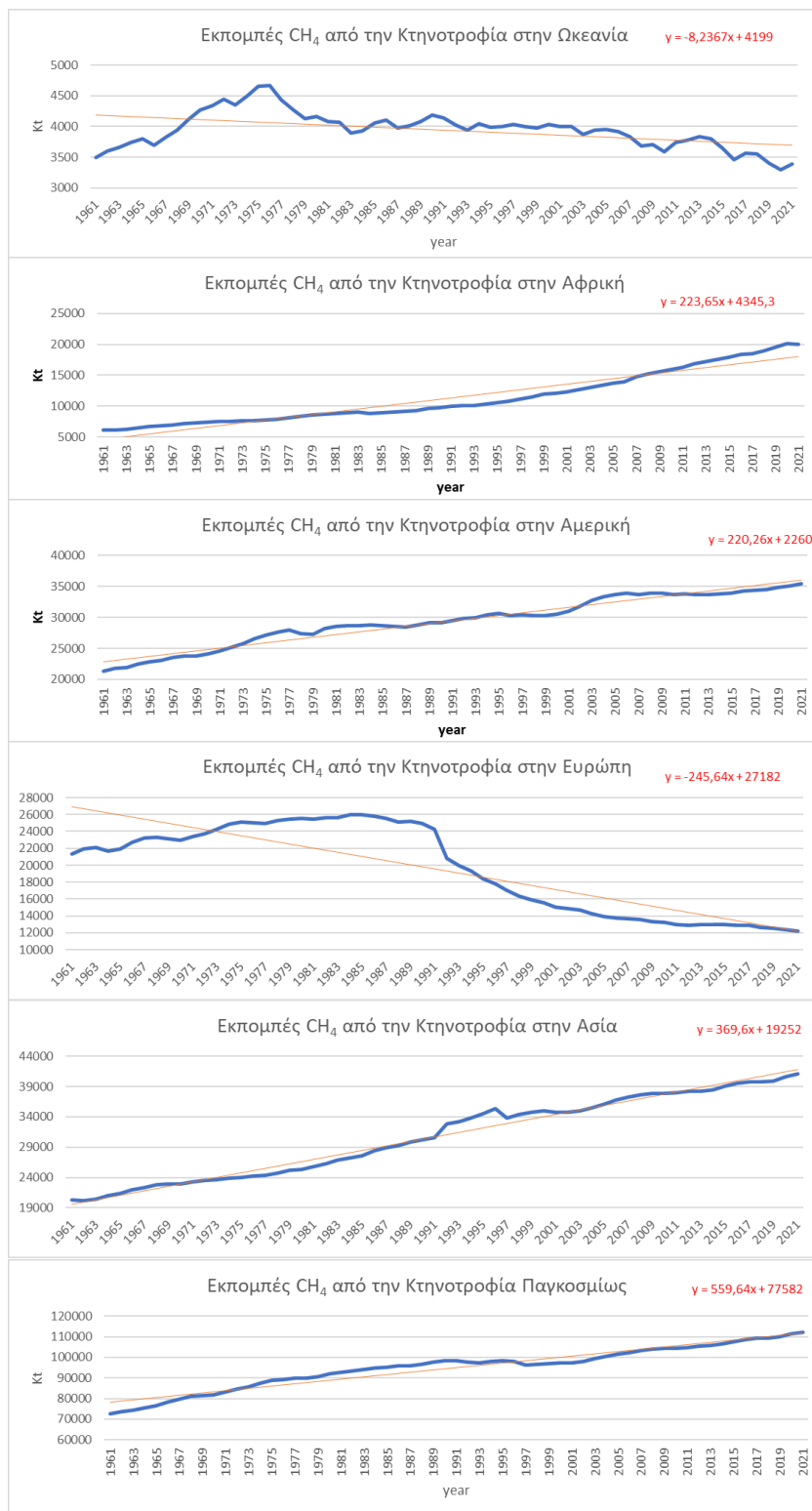
Στην Αφρική, η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών είναι γενικά λιγότερο συχνή από ό,τι σε άλλες περιοχές, εν μέρει λόγω του γεγονότος ότι μεγάλο μέρος της γεωργίας της ηπείρου εξακολουθεί να γίνεται με παραδοσιακές μεθόδους. Ωστόσο, υπάρχουν ανησυχίες ότι καθώς η γεωργία στην Αφρική γίνεται πιο βιομηχανοποιημένη, η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών θα μπορούσε να γίνει πιο σημαντικό ζήτημα.

Συνολικά, ενώ υπάρχουν περιφερειακές διαφορές στην έκταση της καύσης υπολειμμάτων καλλιεργειών, είναι σαφές ότι αυτή η πρακτική συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε πολλά μέρη του κόσμου. Οι προσπάθειες για την προώθηση πιο βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης της γης, όπως η χρήση άροσης διατήρησης και η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών για τη διαχείριση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών από αυτή την πηγή.

3.4.3 Εκπομπές αερίων από την κτηνοτροφία



Εικόνα 18: Εκπομπές N₂O από την κτηνοτροφία.



Εικόνα 19: Εκπομπές CH₄ από την κτηνοτροφία.

Πίνακας 15: Τιμές CH₄ από την Κτηνοτροφία ανά δέκα χρόνια.
CH₄

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	3492,9447	6088,1599	21326,4618	21314,8428	20299,6417	72522,0509
1971	4335,3252	7540,7819	24616,7885	23354,1918	23242,8205	83089,9079
1981	4079,8339	8746,6056	28541,9598	25465,3942	25780,6693	92614,4627
1991	4136,8016	9926,0355	29466,3789	24229,3183	30637,5539	98396,0882
2001	3997,4947	12334,1415	31036,3142	15080,298	34802,9004	97251,1488
2011	3743,8849	16229,2573	33765,039	12943,3556	37958,1875	104639,7243
2021	3387,4054	20033,55	35480,054	12227,3498	41093,9833	112222,3425

Πίνακας 16: Τιμές N₂O από την Κτηνοτροφία ανά δέκα χρόνια.
N₂O

Έτος	Ωκεανία	Αφρική	Αμερική	Ευρώπη	Ασία	Παγκοσμίως
1961	150,0645	290,6015	616,6099	587,9744	557,7246	2202,9749
1971	186,9902	358,2209	738,4887	638,1856	663,9565	2585,8419
1981	174,8681	419,5764	862,3108	700,8423	762,8102	2920,4078
1991	179,1809	486,1498	888,4965	681,4538	940,2254	3175,5062
2001	162,2976	607,9898	943,5211	425,4865	1136,199	3275,494
2011	145,854	801,8385	1034,9986	379,3838	1249,7889	3611,8638
2021	131,6257	998,9338	1093,6143	364,1018	1406,4016	3994,6771

Η κτηνοτροφία είναι μια σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως, ιδιαίτερα λόγω της παραγωγής μεθανίου από μηρυκαστικά όπως βοοειδή, πρόβατα και αίγες. Στην Ευρώπη, η κτηνοτροφία συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 10% του συνόλου των εκπομπών. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα της περιοχής και στις εντατικές γεωργικές πρακτικές, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές εκπομπές μεθανίου και οξειδίου του αζώτου (Wojcieszak et al., 2018). Η εντατική κτηνοτροφία, η οποία περιλαμβάνει τον περιορισμό των ζώων σε κοντινή απόσταση, μπορεί επίσης να συμβάλει στις εκπομπές από τη διαχείριση κοπριάς και τη χρήση ενέργειας για θέρμανση και αερισμό.

Στην Αμερική, η κτηνοτροφία είναι επίσης σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα σε χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Βραζιλία, οι οποίες είναι σημαντικοί παραγωγοί βόειου κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων. Η εντατική κτηνοτροφία είναι κοινή σε αυτές τις χώρες και μπορεί να συμβάλει στις εκπομπές από τη διαχείριση κοπριάς, την παραγωγή ζωοτροφών και τη χρήση ενέργειας.

Στην Ασία, η κτηνοτροφία αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ιδίως λόγω του μεγάλου αριθμού αγροτών μικρής κλίμακας και της χρήσης παραδοσιακών μεθόδων καλλιέργειας. Ωστόσο, γίνονται επίσης προσπάθειες για την προώθηση πιο βιώσιμων πρακτικών κτηνοτροφίας, όπως η χρήση βελτιωμένων τεχνικών διαχείρισης ζωοτροφών και κοπριάς.

Στην Αφρική, η κτηνοτροφία είναι γενικά λιγότερο εντατική από ό,τι σε άλλες περιοχές, αλλά εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι πολλοί αγρότες βασίζονται σε παραδοσιακές πρακτικές βόσκησης, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε εκπομπές μεθανίου και οξειδίου του αζώτου από τα ζωικά απόβλητα.

Συνολικά, ενώ υπάρχουν περιφερειακές διαφορές στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις, είναι σαφές ότι η εντατική κτηνοτροφία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στις εκπομπές από αυτόν τον τομέα. Οι προσπάθειες για την προώθηση πιο βιώσιμων πρακτικών κτηνοτροφίας, όπως η βελτίωση της αποδοτικότητας των ζωοτροφών και η διαχείριση της κοπριάς, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών και τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κτηνοτροφίας.

3.4.4 Εκτίμηση τάσης χρονοσειρών

Στις χρονοσειρές εφαρμόστηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Kendall, ο οποίος θεωρείται κατάλληλος για τη μελέτη κλιματικών αλλαγών σε κλιματικές χρονοσειρές. Ο μη παραμετρικός έλεγχος βεβαιώνει, αν υπάρχει, μια τάση στην υπάρχουσα χρονοσειρά. Επίσης η μέθοδος του Sen χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του μεγέθους της τάσης. Στην παρούσα εργασία ο έλεγχος Mann-Kendall χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση της κατεύθυνσης και του μεγέθους των τάσεων σε ετήσια βάση, χρησιμοποιώντας τιμές για τις εκπομπές αέριων θερμοκηπικών ρύπων.

Αυτός ο έλεγχος χρησιμοποιείται συχνά για την ανάλυση κλιματικών δεδομένων και ελέγχει αν μια τυχαία μεταβλητή αυξάνεται ή μειώνεται με το χρόνο. Είναι μια διαδικασία που βασίζεται στην τάξη και δεν επηρεάζεται από ακραίες τιμές και λανθασμένα δεδομένα.

Kendall's tau: συντελεστής συσχέτισης. Λαμβάνει τιμές από -1 έως +1. Αν ο συντελεστής συσχέτισης είναι θετικός σημαίνει ότι οι τάξεις των δυο μεταβλητών αυξάνονται. Από την άλλη πλευρά, αν ο συντελεστής συσχέτισης είναι αρνητικός, τότε αυτό σημαίνει ότι καθώς η κατάταξη της μιας μεταβλητής μειώνεται, η κατάταξη της άλλης αυξάνεται.

alpha: Το παρατηρηθέν επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας, ορίζεται ως η πιθανότητα η τιμή του ελέγχου να πάρει μια τιμή τόσο ακραία ή περισσότερο ακραία από αυτή που πήρε στο συγκεκριμένο δείγμα κάτω από μηδενική υπόθεση. Το alpha έχει οριστεί ίσο με $\alpha=0,05$ ή 5%.

p-value: στατιστική σημαντικότητα. Αν η τιμή p είναι μικρότερη από το επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ τότε η υπόθεση H_0 απορρίπτεται. Απορρίπτοντας την υπόθεση H_0 αποδεικνύει ότι υπάρχει μια τάση στη χρονοσειρά. Σε άλλη περίπτωση, αν εγκριθεί η υπόθεση H_a αποδεικνύεται ότι δεν υπάρχει καμία τάση στη χρονοσειρά. Αν δηλαδή $p\text{-value}<0.05$ τότε η τάση είναι σημαντική σε επίπεδο $>95\%$.

Sen's slope: Η μέθοδος του Sen εκτιμά την κλίση της τάσης.

Για τις τρεις γεωργικές δραστηριότητες, οι οποίες είναι οι καλλιέργειες, η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών και η κτηνοτροφία εφαρμόσαμε το test Mann-

Kendall στις χρονοσειρές των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ο έλεγχος του test μας έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

➤ Καλλιέργειες

Πίνακας 17: Αποτελέσματα μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Kendall για το χρονικό διάστημα 1961-2021.

CH₄	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	0,298	-0,321	19,975	6,346	73,478	100,911
Kendall's tau	0,164	-0,047	0,972	0,450	0,837	0,878
p-value	0,064	0,592	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
N₂O	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	0,124	0,244	0,699	2,466	3,806	7,323
Kendall's tau	0,663	0,236	0,928	0,896	0,966	0,944
p-value	<0,0001	0,008	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CO₂	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	32,038	70,467	175,513	643,331	984,729	1896,700
Kendall's tau	0,659	0,252	0,929	0,896	0,966	0,944
p-value	<0,0001	0,004	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

➤ Καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών

Πίνακας 18: Αποτελέσματα μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Kendall για το χρονικό διάστημα 1961-2021.

CH₄	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	0,097	-0,877	1,386	1,250	3,484	5,378
Kendall's tau	0,502	-0,559	0,911	0,678	0,931	0,918
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
N₂O	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	0,003	-0,023	0,036	0,032	0,090	0,139
Kendall's tau	0,502	-0,559	0,911	0,678	0,931	0,918
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CO₂	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	3,387	-30,570	48,338	43,578	121,493	187,557
Kendall's tau	0,502	-0,559	0,910	0,678	0,931	0,918
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

➤ Κτηνοτροφία

Πίνακας 19: Αποτελέσματα μη παραμετρικού ελέγχου Mann-Kendall για το χρονικό διάστημα 1961-2021.

CH ₄	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	-11,904	-230,048	216,288	215,850	366,381	563,738
Kendall's tau	-0,455	-0,583	0,993	0,936	0,983	0,933
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
N ₂ O	Ωκεανία	Ευρώπη	Αφρική	Αμερική	Ασία	Παγκοσμίως
Sen's slope	-0,925	-5,543	11,125	6,946	14,813	26,724
Kendall's tau	-0,600	-0,550	0,994	0,956	0,984	0,989
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Με κόκκινο χρώμα αντιπροσωπεύονται οι σημαντικές τάσεις. Παρατηρούμε μια σημαντική ανοδική τάση σε όλες τις εκπομπές. Η μοναδική μείωση παρατηρείται μόνο στην Ευρώπη και στην Ωκεανία. Παγκοσμίως όμως η τάση είναι ανοδική με μεγαλύτερες κλίσεις στο CO₂ και CH₄. Φαίνεται λοιπόν η μεγάλη ρύπανση που προκαλείται στην ατμόσφαιρα από τα θερμοκηπικά αέρια, λόγω της γεωργικής δραστηριότητας. Η μεγάλη αυξητική τάση που φαίνεται να υπάρχει είναι σήμα κίνδυνου για την ποιότητα του αέρα, αλλά και για τις αρνητικές συνέπειες που μπορεί να επιφέρει στο περιβάλλον.

3.5 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα γεωργικά απόβλητα

Στο πλαίσιο των εκπομπών γεωργικών αποβλήτων, είναι σημαντικό να κατανοηθούν οι διάφοροι ρύποι που προέρχονται από τις γεωργικές δραστηριότητες και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Τα γεωργικά απόβλητα περιλαμβάνουν συνήθως μια σειρά ουσιών, καθεμία με ξεχωριστές ιδιότητες και δυνατότητα ρύπανσης. Αυτές οι ουσίες περιλαμβάνουν συχνά τόσο οργανικά, όσο και ανόργανα υλικά, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, της κοπριάς ζώων, των υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων και της απορριπτόμενης φυτικής ύλης (Zhu, 2020).

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα, για παράδειγμα, αποτελούν σημαντική πηγή μεθανίου και οξειδίου του αζώτου, ισχυρών αερίων του θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, η έκλυση θρεπτικών ουσιών, κυρίως του αζώτου και του φωσφόρου από τα λιπάσματα, μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό των υδάτινων σωμάτων, υποβαθμίζοντας σοβαρά τα υδάτινα οικοσυστήματα (Rojas-Downing, 2017). Επομένως, η διαχείριση αυτών των αποβλήτων δεν είναι μόνο θέμα διατήρησης της υγιεινής, αλλά συνδέεται επίσης άμεσα με την ευρύτερη περιβαλλοντική υγεία και την ποιότητα ζωής των κατοίκων στις γεωργικές περιοχές (Zhu, 2020).

Σε περιοχές όπως η Ελλάδα, αναγνωρίζοντας τους πιθανούς κινδύνους από την ακατάλληλη διαχείριση των απορριμμάτων, επενδύσεις έχουν κατευθυνθεί σε συστήματα και τεχνολογίες που στοχεύουν στον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων τέτοιων αποβλήτων, τονίζοντας την προτεραιότητα που δίνεται στο θέμα αυτό (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2020).

Οι εκπομπές αερίων από τα γεωργικά απόβλητα μπορεί να έχουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Μερικές από τις βασικές επιπτώσεις είναι:

1. Κλιματική αλλαγή: Οι εκπομπές γεωργικών αποβλήτων, ιδιαίτερα το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, είναι ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου που

συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Αυτές οι εκπομπές παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα, οδηγώντας σε άνοδο της παγκόσμιας θερμοκρασίας και συναφείς επιπτώσεις, όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης και συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα.

2. Ατμοσφαιρική ρύπανση: Οι εκπομπές γεωργικών αποβλήτων μπορούν να συμβάλουν στην κακή ποιότητα του αέρα, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου παράγονται και αποθηκεύονται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων. Το μεθάνιο και άλλα αέρια που παράγονται από την αποσύνθεση των αποβλήτων μπορούν επίσης να συμβάλουν στο σχηματισμό αιθαλομίχλης και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων.

3. Ρύπανση των υδάτων: Οι εκπομπές γεωργικών αποβλήτων μπορούν επίσης να συμβάλουν στη ρύπανση των υδάτων, ιδιαίτερα όταν η κοπριά και τα άλλα απόβλητα δεν διαχειρίζονται σωστά. Όταν αυτά τα υλικά απελευθερώνονται σε υδάτινες οδούς, μπορεί να οδηγήσουν σε ρύπανση από θρεπτικά συστατικά, η οποία μπορεί να προκαλέσει άνθηση φυκιών και άλλες επιβλαβείς επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα.

4. Ανθρώπινη υγεία: Η έκθεση σε εκπομπές γεωργικών αποβλήτων μπορεί επίσης να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα για όσους ζουν ή εργάζονται κοντά σε γεωργικές εργασίες. Το μεθάνιο και άλλα αέρια μπορεί να προκαλέσουν αναπνευστικά προβλήματα, ενώ η έκθεση σε αμμωνία και άλλες χημικές ουσίες που βρίσκονται στα γεωργικά απόβλητα μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό και άλλα προβλήματα υγείας. (Demertzis, 2019)

Συνολικά, οι αρνητικές επιπτώσεις των αερίων εκπομπών από τα γεωργικά απόβλητα είναι σημαντικές και εκτεταμένες. Υιοθετώντας πιο βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων, όπως η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση, οι αγρότες μπορούν να συμβάλουν στο μετριασμό αυτών των επιπτώσεων και να προωθήσουν ένα πιο υγιεινό περιβάλλον για όλους.

3.5.1 Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις των αέριων εκπομπών στην ατμόσφαιρα

Καθώς οι αστικοί πληθυσμοί συνεχίζουν να επεκτείνονται, η αλληλεπίδραση μεταξύ της διαχείρισης των απορριμμάτων και της αστικής ευημερίας γίνεται ακόμη πιο έντονη, με τα γεωργικά απόβλητα να αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πτυχή αυτής της δυναμικής. Οι γεωργικές δραστηριότητες, αν και απαραίτητες για την παραγωγή τροφίμων, παράγουν απόβλητα που, κατά την απελευθέρωση στο περιβάλλον, μπορούν να αλλάξουν την ατμοσφαιρική σύνθεση μέσω της εκπομπής διαφόρων ρύπων (Rojas-Downing, 2017).

Αυτοί οι ρύποι, που περιλαμβάνουν μια σειρά ουσιών ανάλογα με τη σύνθεση των αποβλήτων, εισέρχονται στο ατμοσφαιρικό σύστημα και συμβάλλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, οδηγώντας δυνητικά σε δυσμενή αποτελέσματα για την υγεία των κατοίκων των πόλεων. Αναγνωρίζοντας αυτό το κρίσιμο ζήτημα, ορισμένες περιοχές, όπως η Ελλάδα, έχουν προσδιορίσει τη διαχείριση απορριμμάτων και λυμάτων ως κομβικούς τομείς για περιβαλλοντικές επενδύσεις, με στόχο τον μετριασμό των επιπτώσεων τέτοιων εκπομπών στην ατμόσφαιρα (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2020).

Οι επενδύσεις σε υποδομές και τεχνολογία διαχείρισης αποβλήτων στοχεύουν στη μείωση της έκλυσης επιβλαβών ουσιών από τα γεωργικά απόβλητα, βελτιώνοντας έτσι τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και, κατά συνέπεια, την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Αυτή η προορατική προσέγγιση καταδεικνύει τη σημασία της αντιμετώπισης των εκπομπών γεωργικών αποβλήτων ως μέρος μιας συνολικής στρατηγικής για τη διασφάλιση της βιώσιμης αστικής διαβίωσης και της διατήρησης του περιβάλλοντος (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, 2020).

Οι άμεσες επιπτώσεις των ρύπων στην ατμοσφαιρική ποιότητα είναι συχνά ορατές με τη μορφή αιθαλομίχλης και μειωμένης διαύγειας του αέρα, που μπορεί να οδηγήσει σε αναπνευστικά προβλήματα και άλλα προβλήματα υγείας για τους κατοίκους της πόλης. Αυτό είναι μια άμεση εκδήλωση της αλληλεξάρτησης μεταξύ της διαχείρισης των απορριμμάτων και της ποιότητας ζωής στα αστικά περιβάλλοντα,

καθώς η αναποτελεσματική διαχείριση των απορριμμάτων συμβάλλει σημαντικά στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Zhu, 2020).

Μακροπρόθεσμα, αυτές οι εκπομπές συμβάλλουν σε πιο επίμονα και σημαντικά προβλήματα, όπως η κλιματική αλλαγή, η όξινη βροχή και η καταστροφή του στρώματος του όζοντος. Κάθε ένα από αυτά τα ζητήματα έχει βαθιές επιπτώσεις τόσο για το περιβάλλον, όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Για παράδειγμα, η κλιματική αλλαγή, λόγω της συσσώρευσης αερίων του θερμοκηπίου από τα απόβλητα, μπορεί να οδηγήσει σε ακραία καιρικά φαινόμενα και άνοδο της στάθμης της θάλασσας, επηρεάζοντας εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Η όξινη βροχή, που προκύπτει από την εκπομπή διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου, μπορεί να βλάψει τα δάση, να βλάψει τα υδάτινα οικοσυστήματα και να διαβρώσει κτίρια και υποδομές (Rojas-Downing, 2017).

Επιπλέον, η αραίωση της στιβάδας του όζοντος λόγω της απελευθέρωσης ορισμένων βιομηχανικών χημικών ουσιών σημαίνει αυξημένη έκθεση σε επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε καρκίνο του δέρματος και καταρράκτη, καθώς και σε αρνητικές επιπτώσεις για τις καλλιέργειες και τη θαλάσσια ζωή. Αυτές οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις υπογραμμίζουν την κρίσιμη ανάγκη για αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης απορριμμάτων που όχι μόνο αντιμετωπίζουν τις άμεσες ανησυχίες της αστικής ζωής, αλλά και μετριάζουν τις διαρκείς περιβαλλοντικές προκλήσεις που θέτει η ατμοσφαιρική ρύπανση (Rojas-Downing, 2017).

3.5.2 Ο ρόλος των γεωργικών αποβλήτων στην κλιματική αλλαγή

Η γεωργία, αν και είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή τροφίμων και τα μέσα διαβίωσης της υπαίθρου, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία συμβάλλουν βασικά στην κλιματική αλλαγή. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ο γεωργικός τομέας ευθύνεται για το 9% περίπου των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ένα μη αμελητέο ποσοστό που υπογραμμίζει τον αντίκτυπο των γεωργικών πρακτικών στο περιβάλλον (Hellin, 2019).

Αυτή η επίδραση οφείλεται κυρίως στην απελευθέρωση ισχυρών αερίων, όπως το οξείδιο του αζώτου και το μεθάνιο, τα οποία εκπέμπονται κατά τη διάρκεια διαφόρων γεωργικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένου του χειρισμού και της αποθήκευσης ζωικής κοπριάς και της χρήσης συνθετικών λιπασμάτων (Hellin, 2019).

Το μεθάνιο είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό, καθώς εκπέμπεται κατά τις πεπτικές διεργασίες των ζώων και από τη διαχείριση της κοπριάς, ενώ το υποξείδιο του αζώτου απελευθερώνεται από τις πρακτικές διαχείρισης του εδάφους. Αυτά τα αέρια έχουν πολύ υψηλότερο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη από το διοξείδιο του άνθρακα, καθιστώντας την απελευθέρωσή τους από τις γεωργικές δραστηριότητες ανησυχητική. Ο τομέας όχι μόνο συμβάλλει στην απορρύθμιση του κλίματος, αλλά αποτελεί επίσης ένα από τα σημαντικότερα θύματά του, με τη γεωργική παραγωγή να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις αρνητικές επιπτώσεις ενός μεταβαλλόμενου κλίματος, δημιουργώντας έτσι έναν επιζήμιο βρόχο ανατροφοδότησης. Η αναγνώριση αυτού του διττού ρόλου της γεωργίας ως συντελεστή και ως θύμα της κλιματικής αλλαγής υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη του τομέα να προσαρμοστεί και να μετριάσει τον αντίκτυπό του μέσω βιώσιμων πρακτικών (Dotas, 2021).

3.5.3 Μηχανισμοί με τους οποίους οι γεωργικές εκπομπές επηρεάζουν τις παγκόσμιες θερμοκρασίες

Οι προσπάθειες για τον μετριασμό των επιπτώσεων των γεωργικών εκπομπών στις παγκόσμιες θερμοκρασίες έχουν υποστηριχθεί από μια βαθύτερη κατανόηση του κύκλου του άνθρακα και της σχέσης του με τις γεωργικές πρακτικές. Ο κύκλος του άνθρακα, ο οποίος αποτελεί βασικό στοιχείο στην ανάλυση της κλιματικής αλλαγής, περιλαμβάνει την ανταλλαγή άνθρακα μεταξύ της ατμόσφαιρας και της βιόσφαιρας και επηρεάζεται άμεσα από τις γεωργικές δραστηριότητες. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, η ΕΕ έχει δει μια αξιοσημείωτη μείωση των εκπομπών από το 1990, μια επιτυχία που αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό σε σημαντικές αλλαγές στις γεωργικές μεθόδους, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης του αριθμού των ζώων και της υιοθέτησης πιο βιώσιμης χρήσης λιπασμάτων (Hellin, 2019).

Αυτές οι τροποποιήσεις στις γεωργικές πρακτικές όχι μόνο συνέβαλαν στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της γεωργίας, αλλά έχουν επίσης απήχηση στην ευρύτερη δέσμευση της ΕΕ για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Αυτή η δέσμευση αντανακλάται στην εφαρμογή φιλόδοξων εσωτερικών πολιτικών και στην προώθηση της διεθνούς συνεργασίας, καθώς η ΕΕ στοχεύει να μεταμορφώσει την οικονομία της για να επιτύχει την κλιματική ουδετερότητα έως το 2050 (eur-lex.europa.eu).

Η ενσωμάτωση αυτών των στρατηγικών δείχνει μια συντονισμένη προσπάθεια για την αντιμετώπιση της πολύπλοκης πρόκλησης της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, έναν τομέα που έχει από καιρό αναγνωριστεί ως σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο αγρόκτημα. Μέσω αυτών των πολύπλευρων προσεγγίσεων, η ΕΕ συμβάλλει ενεργά στην παγκόσμια προσπάθεια για τη σταθεροποίηση των θερμοκρασιών και την καταπολέμηση των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, όπως το λιώσιμο των πάγων και η επακόλουθη αλλαγή της αλατότητας του θαλάσσιου νερού, που αποτελούν σοβαρές απειλές για το παγκόσμιο κλίμα. (European Union, 2020).

3.5.4 Μετριασμός επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής από γεωργικά απόβλητα

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής από τα γεωργικά απόβλητα. Αυτοί εν συντομία είναι οι εξής:

- **Υιοθέτηση πρακτικών βιώσιμης γεωργίας:** Οι αειφόρες γεωργικές πρακτικές, όπως η μείωση της παραγωγής απορριμμάτων, η χρήση φυσικών λιπασμάτων και η ελαχιστοποίηση της χρήσης ορυκτών καυσίμων, μπορούν να συμβάλουν στον μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία.
- **Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:** Οι αγρότες μπορούν επίσης να εξετάσουν το ενδεχόμενο χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια, για να τροφοδοτήσουν τις γεωργικές τους δραστηριότητες. Αυτό μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των

αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από τη χρήση ενέργειας στη γεωργία.

- **Εφαρμογή τεχνικών δέσμευσης άνθρακα:** Οι τεχνικές δέσμευσης άνθρακα, όπως η χρήση καλλιεργειών κάλυψης και το όργωμα διατήρησης, μπορούν να βοηθήσουν στην αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- **Βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων:** Οι κατάλληλες πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων, όπως η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών μεθανίου από την κοπριά και τα υπολείμματα των καλλιεργειών. (European Commission, 2019)
- **Υποστήριξη πολιτικών και πρωτοβουλιών που προάγουν τη βιώσιμη γεωργία:** Οι κυβερνήσεις και οι οργανισμοί μπορούν να υποστηρίξουν πολιτικές και πρωτοβουλίες που ενθαρρύνουν τις βιώσιμες γεωργικές πρακτικές και παρέχουν κίνητρα στους αγρότες να υιοθετήσουν αυτές τις πρακτικές. (Κιτσάρα, 2020)

Συνολικά, ο μετριασμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής από τα γεωργικά απόβλητα απαιτεί έναν συνδυασμό προσπαθειών από αγρότες, κυβερνήσεις και οργανισμούς. Υιοθετώντας πρακτικές βιώσιμης γεωργίας και υποστηρίζοντας πρωτοβουλίες που προωθούν τη βιώσιμη γεωργία, μπορούμε να μειώσουμε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη γεωργία και να συμβάλουμε στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

4. ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

4.1 Υφιστάμενη κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο

Ο παγκόσμιος πληθυσμός παρουσιάζει μία αύξηση 4,2 δισεκατομμύρια μέσα σε διάστημα 51 χρόνων, δηλαδή από 3,7 δισεκατομμύρια το 1970 έφτασε στα 7,9 δισεκατομμύρια το 2021. Η πρόβλεψη είναι ότι μέχρι το 2050 ο πληθυσμός θα φτάσει τα 9 δισεκατομμύρια, ενώ μέχρι το 2100 η αύξηση αυτή θα αγγίξει τα 11 δισεκατομμύρια. Προκειμένου λοιπόν να καλυφθούν οι ανάγκες δισεκατομμυρίων ανθρώπων, σημειώθηκε μια εκρηκτική άνοδος στην κτηνοτροφία και στη φυτική παραγωγή (Tripathi et al., 2019).

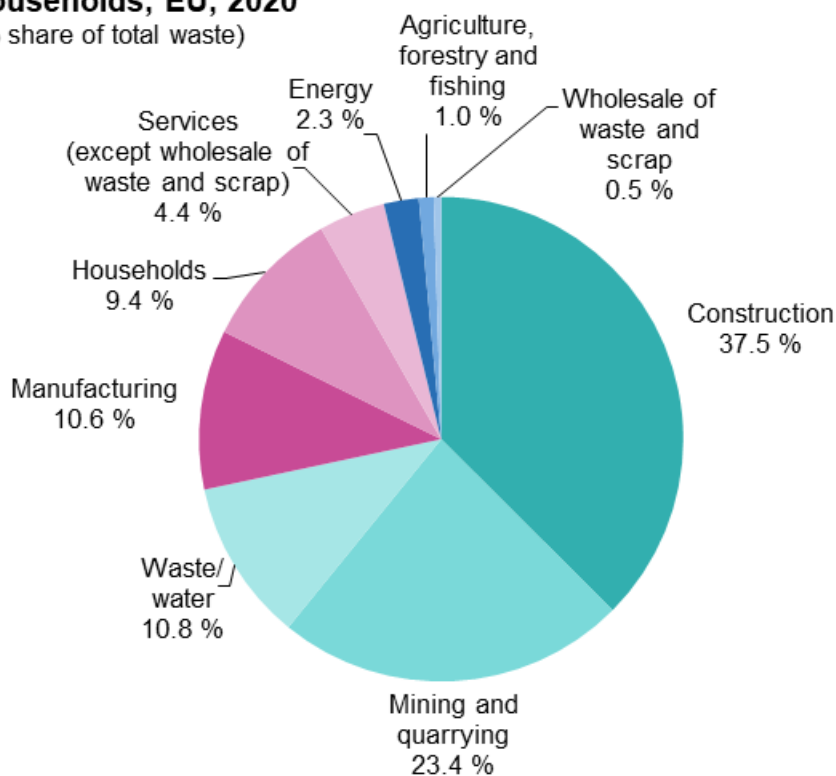
Παγκοσμίως, μεγάλες ποσότητες γεωργικών αποβλήτων παράγονται καθημερινά για να καλύψουν τις ανάγκες ενός ταχέως αυξανόμενου πληθυσμού. Υπολογίζεται ότι περίπου 998 εκατομμύρια τόνοι γεωργικών αποβλήτων παράγονται ετησίως. Λόγω της περιορισμένης ή και ακατάλληλης διαχείρισής τους, υπάρχει επείγουσα ανάγκη να αναπτυχθούν στρατηγικές, για την έγκαιρη ανάπτυξη και αξιοποίηση αυτών των πόρων, για την επίτευξη βιώσιμης γεωργικής ανάπτυξης, αλλά και της ανθρώπινης ασφάλειας τροφίμων και υγείας. Τα γεωργικά απόβλητα και η διάθεσή τους αποτελούν παγκόσμιο πρόβλημα, διότι τα περισσότερα από αυτά καίγονται ή είναι θαμμένα υπόγεια, προκαλώντας ρύπανση του αέρα και των υδάτων (Koul et al., 2022).

Η Κίνα παράγει τη μεγαλύτερη ποσότητα γεωργικών αποβλήτων παγκοσμίως που φτάνει τα 350-990 Mt/έτος, ενώ δεύτερη έρχεται η Ινδία που παράγει περίπου 350 εκατομμύρια τόνους γεωργικών απορριμμάτων ετησίως (Shyamsundar et al., 2019). Στις ΗΠΑ, τα συνολικά γεωργικά υπολείμματα και η κοπριά είναι 212,7 εκατομμύρια ξηροί τόνοι. Η μέση ετήσια ποσότητα γεωργικών υπολειμμάτων, ζωικής κοπριάς και αγροτοβιομηχανικών υπολειμμάτων στην Ελλάδα και την Κίνα (μια μικρή και μια μεγάλη χώρα, αντίστοιχα) είναι 10 Mt/έτος και 860 Mt/έτος, 26 Mt/έτος και 216,5 Mt/έτος, 13,2 Mt/έτος και 213,7 Mt/έτος, για κάθε αντίστοιχη κατηγορία (Aravani et al., 2022).

Το 2022 στην ΕΕ είχαμε την παραγωγή 4,8 εκατομμύρια τόνων απορριμμάτων. Από αυτά τα απορρίμματα ένα μικρό μόνο ποσοστό αντιστοιχεί στα γεωργικά απόβλητα. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, τα περισσότερα απόβλητα προέρχονται από τον κατασκευαστικό τομέα (construction) με ποσοστό 37,5%, καθώς και από τα ορυχεία και τα λατομεία (mining and quarrying) με ποσοστό 23,4%. Η γεωργία, η δασοκομία και η αλιεία (agriculture, forestry and fishing) βρίσκονται πολύ χαμηλά, με ποσοστό 1%.

Waste generation by economic activities and households, EU, 2020

(% share of total waste)



Source: Eurostat (online data code: env_wasgen)

eurostat 

Εικόνα 20: Παραγωγή αποβλήτων ανά κατηγορία σε ποσοστά (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2020).

Στην Εικόνα 23, φαίνεται η ποσότητα των αποβλήτων, εξαιρουμένων των ορυκτών αποβλήτων, στην πάροδο του χρόνου. Παρατηρείται μια αύξηση της τάξης των 128,3% στις υπηρεσίες αποβλήτων και ύδρευσης, καθώς επίσης και από τα νοικοκυριά, με αύξηση 12,4%. Η παραγωγή από τις μεταποιητικές δραστηριότητες

μειώθηκε αρκετά σημαντικά, κατά 30,5%. Τέλος, μεγάλη μείωση σημειώθηκε στον τομέα της γεωργίας, δασοκομίας και αλιείας, με ποσοστό μείωσης 66,7%. Τέλος, στην Εικόνα 24, φαίνεται η γενική εικόνα των γεωργικών αποβλήτων στην Ευρώπη. Οι περιοχές που έχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι πιο σκούρες (μπλε χρώμα), ενώ οι χώρες με μικρό αριθμό γεωργικών αποβλήτων είναι ανοιχτόχρωμες (ανοιχτό ροζ).

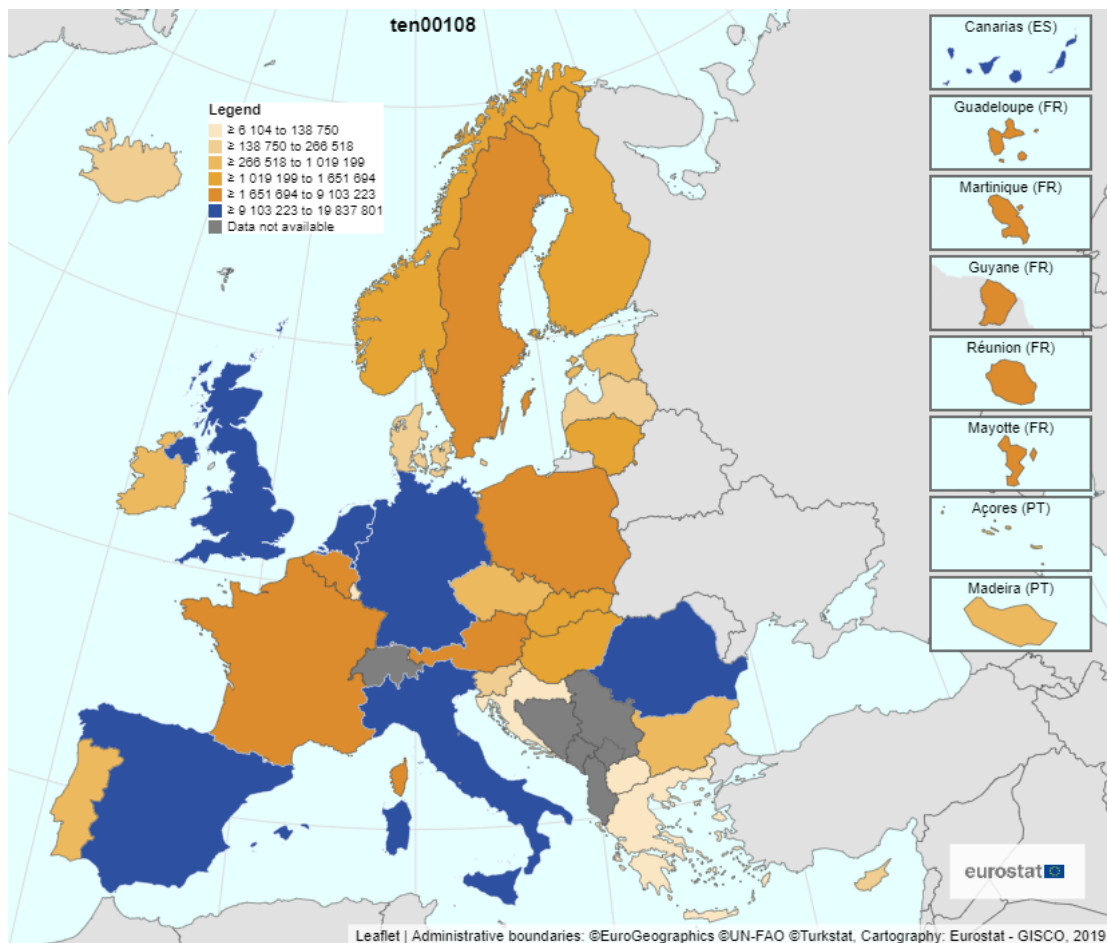
Waste generation, excluding major mineral waste, EU, 2004-2020

(million tonnes)

	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	Change 2020/2004 (%)
Total	779.5	789.9	760.5	758.7	758.3	769.0	784.6	812.9	776.3	-0.4
Agriculture, forestry and fishing	62.3	56.7	45.5	20.2	20.4	17.7	19.7	19.4	20.7	-66.7
Mining and quarrying	10.4	7.1	10.0	7.9	7.5	7.7	6.9	8.1	7.5	-28.3
Manufacturing	239.9	225.8	216.8	190.5	176.4	176.0	179.0	179.8	166.6	-30.5
Energy	85.4	93.3	84.1	78.6	88.8	87.4	74.7	75.7	45.7	-46.5
Waste/water	75.2	83.3	98.9	129.9	155.0	180.7	196.8	208.5	212.4	182.3
Construction	34.4	33.4	34.8	42.1	39.8	38.6	37.8	41.3	38.7	12.5
Other sectors	97.7	111.2	88.7	103.5	89.6	85.1	88.5	94.0	89.0	-8.9
Households	174.1	179.2	181.6	186.0	180.7	175.9	181.2	186.1	195.7	12.4

Source: Eurostat (online data code: env_wasgen)

Εικόνα 21: Παραγωγή αποβλήτων, εξαιρουμένων των σημαντικών ορυκτών αποβλήτων, ΕΕ, 2004-2020 (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2020).

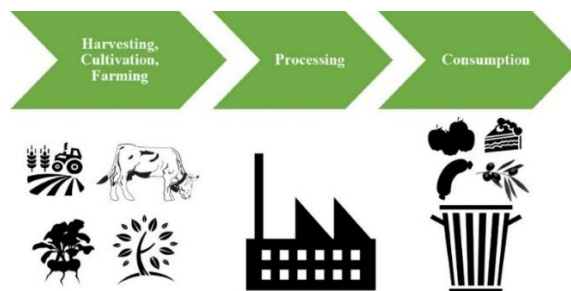


Εικόνα 22: Κατανομή Ζωικών και Φυτικών αποβλήτων στην ΕΕ το έτος 2018 σε τόνους (Πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση, 2023).

4.1.1 Γεωργικά απόβλητα, παραπροϊόντων και υποπροϊόντων AWCB στην ΕΕ

Τα γεωργικά απόβλητα, παραπροϊόντα και υποπροϊόντα (agricultural wastes, co-products and by-products AWCB), εμφανίζονται στη διάρκεια τριών βασικών σταδίων. Τα τρία στάδια εμφάνισης των απορριμμάτων αυτών είναι:

- Παραγωγή (συγκομιδή, καλλιέργεια)
- Επεξεργασία
- Κατανάλωση



Εικόνα 23: Τρία στάδια εμφάνισης απορριμμάτων: παραγωγή (συγκομιδή, καλλιέργεια), επεξεργασία και κατανάλωση (ωμά, άψητα τρόφιμα). (Πηγή: Bedoic et al., 2019).

Από το 2010 έως το 2016 (διάρκεια επτά ετών), στην ΕΕ28 η εκτιμώμενη ποσότητα AWCB είναι 18,4 δισεκατομμύρια τόνοι, με τα ποσοστά στους παρακάτω κλάδους να κυμαίνονται ως εξής:

- ❖ Ζωικά ~31%
- ❖ Λαχανικά ~44%
- ❖ Δημητριακά ~22%
- ❖ Φρούτα ~2%

Στους παρακάτω πίνακες, φαίνονται οι ποσότητες των AWCB σε κάθε κλάδο ξεχωριστά για τα παραπάνω τρία στάδια παραγωγής τους. Παραθέτονται 4 παραδείγματα για κάθε κλάδο, έτσι ώστε να αναδειχθεί η σημασία και η ποσότητα των αποβλήτων για καθέναν από αυτούς. Η εκτίμηση του παραγόμενου AWCB έχει βασιστεί στην ειδική σχέση του παραγόμενου AWCB ανά κιλό του εμπορεύματος σε κάθε ομάδα. Το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης, δίνει μια επισκόπηση της κατανομής του τεχνικού δυναμικού του AWCB στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Bedoic et al., 2019).

Πίνακας 20: Κύριο AWCΒ που παράγεται από τον τομέα Φρούτων (Πηγή: Bedoic et al., 2019).

Εμπορεύματα/ Φρούτα	Αναλογία Συγκομιδής/Καλλιέργειας	Τιμή Kg/Kg
Μήλο	Υπολείμματα κλαδέματος και αναλογία φύλλων προς προϊόν	0,10
Σταφύλι	Υπολείμματα κλαδέματος και αναλογία φύλλων προς προϊόν	0.30
Πορτοκάλι	Υπολείμματα κλαδέματος και αναλογία φύλλων προς προϊόν	0.085
Ροδάκινο	Υπολείμματα κλαδέματος και αναλογία φύλλων προς προϊόν	0.12
Εμπορεύματα/ Φρούτα	Αναλογία επεξεργασίας	Τιμή Kg/Kg
Μήλο	Πυρήνας (φλοιός, πυρήνας, σπόροι, κάλυκας, στέλεχος) προς προϊόν	0,25
Σταφύλι	Απόβλητα στέμφυλων (δέρμα, πολτός, σπόροι και μίσχοι) προς αναλογία προϊόντος	0,22
Πορτοκάλι	Αναλογία πορτοκαλιού πυρηνίσκου προς προϊόν	0,61
Ροδάκινο	Αναλογία κουκούτσι ροδάκινου προς προϊόν	0,37
Εμπορεύματα/ Φρούτα	Αναλογία Κατανάλωσης	Τιμή Kg/Kg
Μήλο	Αναλογία σάπια μήλα προς προϊόν	0,12/0,20
Σταφύλι	Αναλογία σάπιων σταφυλιών προς προϊόν	0,12/0,20
Πορτοκάλι	Αναλογία σάπιων πορτοκαλιών προς προϊόν	0,12/0,20
Ροδάκινο	Αναλογία σάπια ροδάκινα προς προϊόν	0,12/0,20

Πίνακας 21: Κύριο AWCB που παράγεται από τον τομέα των λαχανικών (Πηγή: Bedoic et al, 2019).

Εμπορεύματα/ Λαχανικά	Αναλογία Συγκομιδής/Καλλιέργειας	Τιμή
Ντομάτα	Κατεστραμμένες ντομάτες αναλογία προϊόντος	0,20 Kg/Kg
Ζαχαρότευτλο	Αναλογία κατεστραμμένου ζαχαρότευτλου προς προϊόν	0,14/0,91 Kg/Kg
Κρεμμύδι	Αναλογία κατεστραμμένου κρεμμυδιού προς προϊόν	0,20 Kg/Kg
Πατάτα	Αναλογία κατεστραμμένων πατατών προς προϊόν	0,20 Kg/Kg
Εμπορεύματα/ Λαχανικά	Αναλογία επεξεργασίας	Τιμή
Ντομάτα	Αναλογία λυμάτων προς προϊόν	8.20 L/Kg
Ζαχαρότευτλο	Αναλογία λυμάτων προς προϊόν	0,05 Kg/Kg
Κρεμμύδι	Αναλογία λυμάτων προς προϊόν	21.00 L/Kg
Πατάτα	Αναλογία φλοιού προς προϊόν	0.25 Kg/Kg
Εμπορεύματα/ Λαχανικά	Αναλογία Κατανάλωσης	Τιμή Kg/Kg
Ντομάτα	Αναλογία σάπιων ντοματών προς προϊόν	0,12/0,20
Ζαχαρότευτλο	Δεν ισχύει, καθώς τα ζαχαρότευτλα δεν καταναλώνονται απευθείας από τον άνθρωπο	-
Κρεμμύδι	Αναλογία σάπιου κρεμμυδιού προς προϊόν	0,12/0,20
Πατάτα	Αναλογία σάπιων πατατών προς προϊόν	0,12/0,20

Πίνακας 22: Κόριο *AWCB* που παράγεται από τον τομέα των δημητριακών (Πηγή: *Bedoic et al, 2019*).

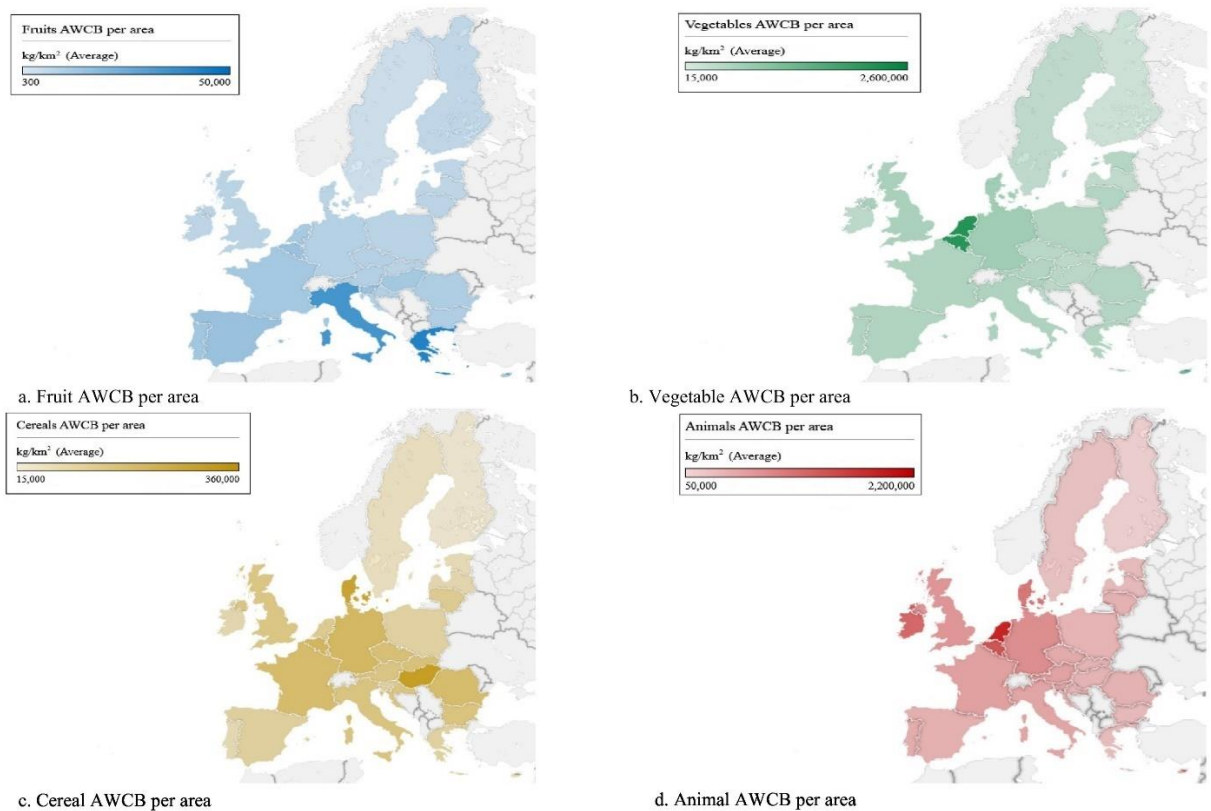
Εμπορεύματα/ Δημητριακά	Αναλογία Συγκομιδής/Καλλιέργειας	Τιμή Kg/Kg
Κριθάρι	Αναλογία άχυρου προς προϊόν	0,68/1,75
Βρώμη	Αναλογία άχυρου προς προϊόν	0,75/2,00
Ρύζι	Αναλογία άχυρου προς προϊόν	0,42/2,15
Σιτάρι	Αναλογία άχυρου προς προϊόν	0,50/0,37
Εμπορεύματα/ Δημητριακά	Αναλογία επεξεργασίας	Τιμή Kg/Kg
Κριθάρι	Αναλογία πίτουρου προς προϊόν	0,15/0,49
Βρώμη	Αναλογία πίτουρου προς προϊόν	0,15
Ρύζι	Αναλογία πίτουρου προς προϊόν	0,08/0,12
Σιτάρι	Αναλογία πίτουρου προς προϊόν	0,13/0,20
Εμπορεύματα/ Λαχανικά	Αναλογία Κατανάλωσης	Τιμή Kg/Kg
Κριθάρι	Δεν ισχύει, καθώς το κριθάρι δεν καταναλώνεται απευθείας από τον άνθρωπο	-
Βρώμη	Δεν ισχύει, καθώς η Βρώμη δεν καταναλώνεται απευθείας από τον άνθρωπο	-
Ρύζι	Αναλογία χαλασμένου ρυζιού προς κατανάλωση	0,12/0,20
Σιτάρι	Δεν ισχύει, καθώς το σιτάρι δεν καταναλώνεται απευθείας από τον άνθρωπο	-

Πίνακας 23: Κύριο AWCΒ που παράγεται από τον τομέα των ζώων (Πηγή: Bedoic et al., 2019).

Εμπορεύματα/ Ζώα	Αναλογία Συγκομιδής/Καλλιέργειας	Τιμή Kg/Kg
Βοοειδή	Τόνοι κοπριάς ανά βοοειδή ανά έτος	18,25/19,71
Αγελάδα	Τόνοι κοπριάς ανά αγελάδα γαλακτοπαραγωγής ανά έτος	16,1/18,8
Χοίρος	Τόνοι κοπριάς ανά χοίρο ετησίως	1,1/1,3
Κοτόπουλο	Τόνοι κοπριάς ανά κοτόπουλο ανά έτος	0,013/0,095
Εμπορεύματα/ Ζώα	Σφαγή/Μεταποίηση	Τιμή Kg/Kg
	Αναλογία αίματος προς προϊόν	0,016/0,06
	Αναλογία λιπώδους ιστού προς προϊόν	0,01/0,07
	Αναλογία δέρματος προς προϊόν	0,051/0,085
Βοοειδή	Αναλογία ποδιών προς προϊόν	0,019/0,021
	Αναλογία ουράς προς προϊόν	0,001/0,0025
	Αναλογία εγκεφάλου προς προϊόν	0,0006/0,002
	Αναλογία οστών προς προϊόν	0,08/0,30
Αγελάδα	Αναλογία ορού γάλακτος προς παραγόμενο τυρί	5,10/6,10
	Αναλογία αίματος προς προϊόν	0,02/0,08
	Αναλογία λιπώδους ιστού προς προϊόν	0,013/0,11
	Αναλογία δέρματος προς προϊόν	0,023/0,08
Χοίρος	Αναλογία ποδιών προς προϊόν	0,015/0,024
	Αναλογία ουράς προς προϊόν	0,001
	Αναλογία οργάνων προς προϊόν	0,018/0,077
	Αναλογία οστών προς προϊόν	0,085/0,30
Κοτόπουλο	Αναλογία αίματος προς προϊόν	0,032/0,04
	Αναλογία φτερών προς προϊόν	0,06/0,08

Αναλογία κεφαλών προς προϊόν		0,025/0,03
Αναλογία ποδιών προς προϊόν		0,035/0,084
Εμπορεύματα/ Ζώα	Αναλογία Κατανάλωσης	Τιμή Kg/Kg
Βοοειδή	Αναλογία αλλοιωμένου βόειου κρέατος προς κατανάλωση	0,11/0,20
Αγελάδα	Αναλογία αλλοιωμένου προς καταναλωμένο γάλα	0,07/0,20
Χοίρος	Αναλογία αλλοιωμένου χοιρινού κρέατος προς καταναλωμένο χοιρινό κρέας	0,11/0,20
Κοτόπουλο	Αναλογία αλλοιωμένου κρέατος κοτόπουλου προς καταναλωμένο κρέας κοτόπουλου	0,11/0,20

Τα κορυφαία προϊόντα της ΕΕ28 είναι το αγελαδινό γάλα, το ζαχαρότευτλο και τα δημητριακά. Επίσης, ορισμένα εμπορεύματα σχετίζονται με τη γεωγραφική θέση της χώρας. Ο μεγάλος αριθμός του μεγέθους και του πληθυσμού των χωρών, μαζί με μια ποικιλία από κορυφαία προϊόντα, έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή πολλών τύπων και ποσοτήτων AWCB σε ολόκληρη την ΕΕ28 (Bedoic et al., 2019). Η μέση ποσότητα AWCB ανά πληθυσμό της χώρας και ανά περιοχή της χώρας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 24: α. έως δ. Η μέση ποσότητα AWCB από όλους τους τομείς ανά περιοχή την περίοδο 2010–2016. Φρούτα AWCB (α), Λαχανικά AWCB (β), Δημητριακά AWCB (γ), Ζωικά AWCB (δ). (Πηγή: Bedoić et al., 2019).

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός πληθυσμού και υψηλό επίπεδο βιομηχανικής δραστηριότητας, έχουμε υψηλά ποσοστά αποβλήτων στον ζωικό τομέα. Ενώ στις χώρες με τη μεγαλύτερη διαθέσιμη έκταση γης, έχουμε τα υψηλά ποσοστά αποβλήτων στον τομέα των δημητριακών, των φρούτων και των λαχανικών (Bedoić et al., 2019).

Η ΕΕ28 είναι μία ομάδα χωρών όπου μοιράζονται τα αγαθά στην Ευρώπη (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2018). Η αύξηση του πληθυσμού, η ανάπτυξη της βιομηχανίας, η διαθέσιμη χερσαία έκταση, αλλά και οι ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες οδηγούν σε μια υψηλή παραγωγή AWCB. Η γεωργική παραγωγή στην Ευρωπαϊκή Ένωση εκτείνεται σε μια μεγάλη έκταση και είναι η κύρια συνιστώσα του πρωτογενούς τομέα σε όλα τα κράτη μέλη, καθώς περίπου 10 εκατομμύρια άνθρωποι εργάζονται στον τομέα της γεωργίας.

4.1.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, τα γεωκτηνοτροφικά προϊόντα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων που φτάνει το 40,3%, όπως φαίνεται στη Εικόνα 6.



Εικόνα 25: Παραγωγή αποβλήτων στον Ελλαδικό χώρο το έτος 2018. (ΠΗΓΗ: ΕΣΔΑ, 2020)

Τα γεωκτηνοτροφικά απόβλητα αποτελούνται από πέντε μεγάλες κατηγορίες, από τις οποίες προέρχονται τα απόβλητα. Αυτές είναι:

- Υπολείμματα Καλλιεργειών
- Αποσυρόμενα φρούτα και λαχανικά
- Απόβλητα κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης
- Συσκευασίες φυτοπροστατευτικών
- Πλαστικά γεωργίας

Στον πίνακα 13, παρατίθεται η ποσότητα των αποβλήτων για κάθε κατηγορία, για τα έτη 2018 και 2020 και η εκτιμώμενη παραγωγή για τα έτη 2025 και 2030.

Πίνακας 24: Ποσότητες Γεωργοκτηνοτροφικών Προϊόντων, καθώς και εκτιμώμενη πρόβλεψη για το μέλλον (ΠΗΓΗ: ΕΣΔΑ, 2020)

<i>Κατηγορία αποβλήτων</i>	<i>ΓΚΤ</i>	<i>Παραγωγή έτους 2018</i>	<i>Παραγωγή έτους 2020</i>	<i>Εκτιμώμενη παραγωγή 2025</i>	<i>Εκτιμώμενη παραγωγή 2030</i>
<i>Υπολείμματα Καλλιεργειών ton</i>		2.297.336	2.200.526	2.418.190	2.528.985
<i>Αποσυρόμενα φρούτα και λαχανικά ton</i>		129.138	123.698	135.931	142.159
<i>Απόβλητα κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης ton</i>		10.033.312	9.610.508	10.561.127	11.045.010
<i>Συσκευασίες φυτοπροστατευτικών ton</i>		800	800	879	919
<i>Πλαστικά γεωργίας ton</i>		8.500	8.500	9.341	9.769
<i>Συνολική παραγωγή ΓΚΤ ton</i>		12.469.086	11.944.030	13.125.468	13.726.842

Το υπολείμματα καλλιεργειών αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των γεωργικών αποβλήτων, που παράγονται κυρίως λόγω έλλειψης νομοθετικού πλαισίου, ενώ η περισσότερη ποσότητα παραμένει ανεκμετάλλευτη και προκαλεί σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον. Στην Ελλάδα, αλλά και στο εξωτερικό τα υπολείμματα καλλιεργειών καίγονται στον αγρό. Η πρακτική αυτή αποτελεί σημαντική πηγή ρύπανσης του αέρα. Επίσης, ένα μικρό μέρος από αυτά τα υπολείμματα χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη

στα νοικοκυριά, ενώ μια πιο μικρή ποσότητα χρησιμοποιείται ως οργανικό λίπασμα ή ζωοτροφή (ΕΣΔΑ, 2020).

Το μεγαλύτερο μέρος των γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων αποτελούν τα απόβλητα κτηνοτροφικής μονάδας. Η πρακτική που χρησιμοποιείται κυρίως είναι η χρήση κοπριάς ως εδαφοβελτιωτικό, που προέρχεται από τη διαδικασία της χώνευσης, η οποία γίνεται στις επιμέρους μονάδες. Υπάρχουν βέβαια και κάποιες μονάδες όπου γίνεται παραγωγή μεθανίου από αναερόβια ζύμωση της κοπριάς, ενώ τα υπολείμματα οδηγούνται σε ανακύκλωση. Ο αριθμός αυτών των μονάδων είναι αρκετά περιορισμένος στον ελλαδικό χώρο. Δυστυχώς στις περισσότερες περιπτώσεις τα απόβλητα των κτηνοτροφικών μονάδων απορρίπτονται ανεξέλεγκτα προκαλώντας ρύπανση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα (ΕΣΔΑ, 2020).

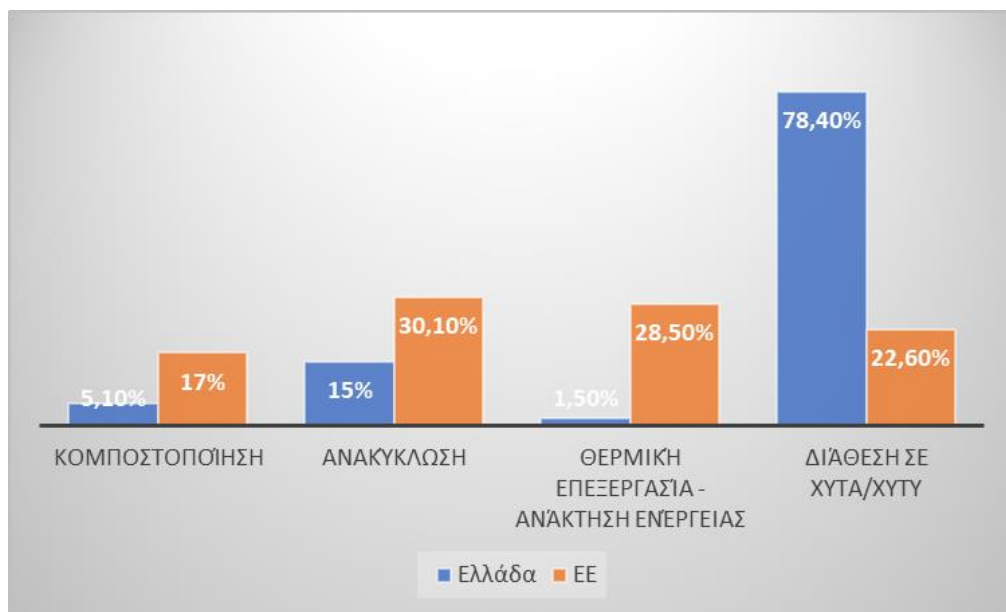
Στις συσκευασίες φυτοπροστατευτικών περιλαμβάνονται συσκευασίες:

- Φυτοφαρμάκων
- Αγροχημικών ουσιών
- Κτηνιατρικών φαρμακευτικών ουσιών
- Πλαστικών θερμοκηπίου

Οι συσκευασίες αυτές θα πρέπει να συλλέγονται, να διαχειρίζονται κατάλληλα και να μην αφήνονται στις καλλιέργειες ή σε κοινόχρηστες εκτάσεις. Ωστόσο, με ορισμένες εξαιρέσεις, οι συνήθεις γεωργικές πρακτικές περιλαμβάνουν την επιτόπου καύση των αποβλήτων μαζί με τα υπολείμματα των καλλιεργειών. Από την καύση αυτή εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες καπνού και σκόνης, καθώς και σημαντικές ποσότητες αερίων θερμοκηπίου, όπως οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογονάνθρακες (Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2021).

Η χρήση των πλαστικών στη γεωργία είναι μεγάλη. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την προστασία της καλλιέργειας, τη σκίαση, για την επικάλυψη της συγκομιδής, την επικάλυψη ενσίρωσης, στις δεξαμενές, στις συσκευασίες, στους σάκους, κ.α. Στην Ελλάδα, μόνο το 10 % των πλαστικών αυτών ανακυκλώνεται. Οι μέθοδοι διαχείρισης είναι η υγειονομική ταφή και η καύση (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019).

Οι μέθοδοι διεργασίας των αποβλήτων στην Ελλάδα, αλλά και στην Ευρώπη παρατίθενται στην παρακάτω εικόνα, όπου η υστέρηση της Ελλάδας στη διεργασία των αποβλήτων φαίνεται καθαρά.



Εικόνα 26: Διαχείριση αποβλήτων στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΠΗΓΗ: ΕΣΔΑ, 2020).

4.2 Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων

Για την αντιμετώπιση του ζητήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα, υπάρχουν αρκετά μέτρα ελέγχου που μπορούν να εφαρμοστούν. Μια προσέγγιση είναι να βρεθούν εναλλακτικές χρήσεις για τα υπολείμματα των καλλιεργειών, όπως η χρήση τους για παραγωγή βιοενέργειας ή ζωοτροφή. Μια άλλη στρατηγική είναι η προώθηση βιώσιμων πρακτικών κτηνοτροφίας, όπως η μείωση της χρήσης αντιβιοτικών και η βελτίωση της διαχείρισης της κοπριάς. Η ολοκληρωμένη διαχείριση παρασίτων είναι μια άλλη προσέγγιση που μπορεί να μειώσει τη χρήση φυτοφαρμάκων και άλλων χημικών ουσιών, μειώνοντας έτσι την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι τεχνολογικές λύσεις μπορούν επίσης να διαδραματίσουν ρόλο στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα. Η παραγωγή βιοενέργειας από γεωργικά απόβλητα, όπως τα υπολείμματα των καλλιεργειών και τα ζωικά απόβλητα, μπορεί να προσφέρει μια καθαρή πηγή ενέργειας, ενώ παράλληλα μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η αναερόβια χώνευση των ζωικών αποβλήτων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή καυσίμου. Η κομποστοποίηση, μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η αξιοποίηση των αγροτικών αποβλήτων ως αγροτσιμέντο στο σκυρόδεμα συμβάλει στη μείωση των εκπομπών του CO₂. Η ανακύκλωση, επιτυγχάνει τη μείωση των εκπομπών υγειονομικής ταφής, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τη μείωση της χρήσης του νερού. Η αμειψισπορά, συμβάλει στο μετριασμό των επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον. Η ελεγχόμενη καύση, ελαττώνει τις εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα. Το όργανο διατήρησης, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους και στη μείωση της ανάγκης για συνθετικά λιπάσματα. Τέλος, η χρήση καθαρών πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια στην επεξεργασία τροφίμων, μπορεί να μειώσει την έκλυση πτητικών οργανικών ενώσεων και άλλων ρύπων στον αέρα.

Οι κυβερνητικές πολιτικές και κανονισμοί διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα. Τα πρότυπα

εκπομπών για τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να συμβάλουν στον περιορισμό της έκλυσης ρύπων στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, οι κυβερνήσεις μπορούν να παρέχουν κίνητρα στους αγρότες να υιοθετήσουν βιώσιμες πρακτικές, όπως η προσφορά επιδοτήσεων για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή η παροχή τεχνικής βοήθειας για τη διαχείριση της κοπριάς. Μηχανισμοί επιβολής, όπως πρόστιμα ή ποινές για μη συμμόρφωση, μπορούν επίσης να συμβάλουν στη διασφάλιση της τήρησης των κανονισμών από τους αγρότες και στη μείωση των επιπτώσεών τους στην ποιότητα του αέρα (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019).

Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των πολιτικών και κανονισμών μπορεί να είναι δύσκολη. Σε πολλές περιπτώσεις, οι κυβερνήσεις μπορεί να μην διαθέτουν τους πόρους ή την πολιτική βούληση για την αποτελεσματική επιβολή των κανονισμών. Επιπλέον, μπορεί να υπάρξει αντίσταση από αγρότες που είναι απρόθυμοι να αλλάξουν τις πρακτικές τους ή να επενδύσουν σε νέες τεχνολογίες. Για να αντιμετωπίσουν αυτές τις προκλήσεις, οι κυβερνήσεις μπορεί να χρειαστεί να συνεργαστούν στενά με τους αγρότες και άλλους ενδιαφερόμενους για να εντοπίσουν αποτελεσματικές λύσεις που εξισορροπούν τις περιβαλλοντικές ανησυχίες με την οικονομική πραγματικότητα (Orner et al., 2021).

Οι συλλογικές προσπάθειες μεταξύ διαφορετικών ενδιαφερομένων μπορούν επίσης να συμβάλουν στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα. Οι συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, για παράδειγμα, μπορούν να φέρουν σε επαφή κυβερνητικές υπηρεσίες, αγρότες και εταιρείες του ιδιωτικού τομέα για την ανάπτυξη και εφαρμογή βιώσιμης γεωργικής πρακτικής. Οι οργανώσεις και οι συνεταιρισμοί αγροτών μπορούν επίσης να διαδραματίσουν ρόλο στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών και στην παροχή τεχνικής βοήθειας στα μέλη τους. Τέλος, η διεθνής συνεργασία για την κλιματική αλλαγή μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των παγκόσμιων επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα, προωθώντας βέλτιστες πρακτικές και ανταλλάσσοντας γνώσεις και πόρους (ΕΣΔΑ, 2020). Παρά τις προσπάθειες αυτές, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές προκλήσεις στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα. Μια σημαντική πρόκληση είναι η έλλειψη ευαισθητοποίησης των αγροτών σχετικά με τον αντίκτυπο των πρακτικών τους στην ποιότητα του αέρα. Πολλοί αγρότες μπορεί να μην γνωρίζουν τις εναλλακτικές λύσεις αντί της καύσης των υπολειμμάτων των καλλιεργειών ή τα οφέλη των πρακτικών βιώσιμης κτηνοτροφίας.

Η περιορισμένη πρόσβαση στην τεχνολογία και τη χρηματοδότηση μπορεί επίσης να αποτελέσει εμπόδιο στην υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τέλος, τα συγκρουόμενα συμφέροντα μεταξύ των ενδιαφερομένων, όπως οι αγρότες, οι περιβαλλοντικές ομάδες και η βιομηχανία, μπορεί να δυσκολέψουν την επίτευξη συναίνεσης σχετικά με τις καλύτερες προσεγγίσεις για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα (Orner et al., 2021).

Συμπερασματικά, τα γεωργικά απόβλητα συμβάλλουν σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση, με τα υπολείμματα των καλλιεργειών, τα ζωικά απόβλητα και τα απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων να παίζουν ρόλο. Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα είναι εκτεταμένες, με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων, την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και την κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές διαθέσιμες λύσεις για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, συμπεριλαμβανομένων εναλλακτικών χρήσεων για υπολείμματα καλλιεργειών, πρακτικές βιώσιμης κτηνοτροφίας και τεχνολογικές καινοτομίες, όπως η παραγωγή βιοενέργειας και η αναερόβια χώνευση.

Για την πλήρη αντιμετώπιση του ζητήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα, υπάρχει ανάγκη για συνεχή έρευνα και ανάπτυξη πολιτικής. Οι κυβερνήσεις πρέπει να συνεργαστούν στενά με τους αγρότες και άλλους ενδιαφερόμενους για την ανάπτυξη αποτελεσματικών κανονισμών και κινήτρων για την προώθηση βιώσιμων πρακτικών. Υπάρχει επίσης δυνατότητα για καινοτομία και μεταφορά τεχνολογίας, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου η πρόσβαση στην τεχνολογία και τη χρηματοδότηση ενδέχεται να είναι περιορισμένη (Orner et al., 2021). Συνοπτικά, η αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα γεωργικά απόβλητα είναι μια σύνθετη πρόκληση, αλλά με συλλογικές προσπάθειες και δέσμευση για βιώσιμες πρακτικές, είναι δυνατό να μετριαστούν οι αρνητικές επιπτώσεις των γεωργικών αποβλήτων στην ποιότητα του αέρα και στο περιβάλλον.

4.3 Έλεγχος αέριας ρύπανσης μέσω της ορθής διαχείρισης των γεωργικών αποβλήτων

Ο έλεγχος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της σωστής διαχείρισης των γεωργικών απορριμμάτων είναι μια σημαντική πτυχή της βιώσιμης γεωργίας. Ακολουθούν ορισμένοι τρόποι με τους οποίους η σωστή διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης:

4.3.1 Ανακύκλωση

Η ανακύκλωση μπορεί να είναι μια αποτελεσματική τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που παράγονται στα αγροκτήματα και να συμβάλει σε ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων. Παρακάτω ακολουθούν ορισμένοι τρόποι με τους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί η ανακύκλωση στη γεωργία.

Ανακύκλωση πλαστικών δοχείων: Πολλά αγροτικά προϊόντα, όπως φυτοφάρμακα και λιπάσματα, πωλούνται σε πλαστικά δοχεία. Η ανακύκλωση αυτών των δοχείων μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας πλαστικών απορριμμάτων που παράγονται στις φάρμες και να συμβάλει σε ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων. Πολλοί κατασκευαστές προϊόντων προσφέρουν προγράμματα ανακύκλωσης δοχείων, τα οποία επιτρέπουν στους αγρότες να επιστρέψουν τα χρησιμοποιημένα δοχεία τους στον κατασκευαστή για ανακύκλωση (Gao, 2019).

Ανακύκλωση νερού: Το νερό είναι πολύτιμος πόρος στη γεωργία και η ανακύκλωση του μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας του που σπαταλιέται. Ένας τρόπος για την ανακύκλωση του νερού είναι η δέσμευση και η επαναχρησιμοποίηση του νερού της βροχής για άρδευση. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας νερού που αντλείται από πηγάδια ή πηγές επιφανειακών υδάτων, μειώνοντας τις επιπτώσεις στα τοπικά οικοσυστήματα (ΚΑΠ, 2020).

Συνολικά, η ανακύκλωση μπορεί να είναι μια αποτελεσματική τεχνική διαχείρισης γεωργικών απορριμμάτων που μπορεί να συμβάλει σε ένα πιο βιώσιμο

σύστημα τροφίμων. Με την κομποστοποίηση οργανικών απορριμμάτων, την ανακύκλωση πλαστικών δοχείων και την ανακύκλωση νερού, οι αγρότες μπορούν να μειώσουν την ποσότητα των απορριμμάτων που παράγονται στις φάρμες και να προωθήσουν ένα πιο υγιεινό περιβάλλον.

4.3.1.1 Περιβαλλοντικά οφέλη ανακύκλωσης γεωργικών αποβλήτων

Η ανακύκλωση μπορεί να είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών απορριμμάτων που μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που παράγονται στις φάρμες και να συμβάλει σε ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων. Τα περιβαλλοντικά οφέλη από την ανακύκλωση των γεωργικών αποβλήτων είναι:

Μειωμένες εκπομπές χωματερών: Όταν τα οργανικά απόβλητα, όπως τα υπολείμματα των καλλιεργειών και τα υπολείμματα τροφίμων, αποστέλλονται σε χώρους υγειονομικής ταφής, αποσυντίθενται και παράγουν μεθάνιο, ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Η ανακύκλωση οργανικών απορριμμάτων μέσω της κομποστοποίησης μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που αποστέλλονται στους χώρους υγειονομικής ταφής και, κατά συνέπεια, στη μείωση των εκπομπών μεθανίου (Zheng, 2019).

Μειωμένη κατανάλωση ενέργειας: Η ανακύκλωση γεωργικών απορριμμάτων, όπως πλαστικά δοχεία και υλικά συσκευασίας, μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή νέων προϊόντων. Η παραγωγή νέων προϊόντων απαιτεί συχνά τη χρήση ορυκτών καυσίμων, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Zheng, 2019).

Μειωμένη χρήση νερού: Η ανακύκλωση του νερού για άρδευση μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται στη γεωργία, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ενέργειας που απαιτείται για την άντληση νερού από πηγές ή πηγές επιφανειακών υδάτων. Επιπλέον, η ανακύκλωση του νερού μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των λυμάτων που παράγονται στα αγροκτήματα, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας της ρύπανσης του νερού (ΚΑΠ, 2020).

Συνολικά, η ανακύκλωση μπορεί να είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων στην ατμόσφαιρα. Με τη μείωση των εκπομπών υγειονομικής ταφής, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τη μείωση της χρήσης του νερού, η ανακύκλωση μπορεί να συμβάλει σε ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων και ένα πιο υγιεινό περιβάλλον.

4.3.2 Ελεγχόμενη Καύση των Αγροτικών Αποβλήτων

Η ελεγχόμενη καύση είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την καύση των απορριμμάτων με ελεγχόμενο τρόπο. Η διαδικασία περιλαμβάνει την προσεκτική διαχείριση των συνθηκών της καύσης, συμπεριλαμβανομένης της ποσότητας οξυγόνου και καυσίμου που διατίθεται, για να διασφαλιστεί ότι τα απόβλητα καίγονται αποτελεσματικά και με ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Η ελεγχόμενη καύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καύση μιας ποικιλίας απορριμμάτων, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών απορριμμάτων, των δασικών υπολειμμάτων και των αστικών στερεών αποβλήτων. Η τεχνική χρησιμοποιείται συχνά ως στρατηγική διαχείρισης απορριμμάτων για τη μείωση του όγκου των αποβλήτων και την παραγωγή ενέργειας από τα απόβλητα (Hong, 2021).

Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, τα απόβλητα στοιβάζονται σε ένα προσεκτικά κατασκευασμένο σωρό καύσης ή λάκκο. Το μέγεθος και το σχήμα του σωρού ελέγχονται προσεκτικά για να διασφαλιστεί ότι η φωτιά καίγεται ομοιόμορφα και αποτελεσματικά. Στη συνέχεια, ο σωρός αναφλέγεται και η φωτιά παρακολουθείται προσεκτικά για να διασφαλιστεί ότι καίγεται στη βέλτιστη θερμοκρασία και με τη σωστή ποσότητα οξυγόνου (Γιαλαμά, 2023).

Τα οφέλη της ελεγχόμενης καύσης περιλαμβάνουν τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων, την παραγωγή ενέργειας και την πρόληψη των ανεξέλεγκτων πυρκαγιών. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ελεγχόμενη καύση θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο όταν είναι ασφαλές και όταν δεν υπάρχουν άλλες βιώσιμες επιλογές για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Η τεχνική θα πρέπει επίσης να παρακολουθείται στενά για να διασφαλιστεί ότι δεν έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα ή στο περιβάλλον (EUROPEAN COMMISSION, 2017).

4.3.2.1 Περιβαλλοντικός αντίκτυπος από την ελεγχόμενη καύση

Η ελεγχόμενη καύση είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων. Περιλαμβάνει καύση απορριμμάτων με ελεγχόμενο τρόπο, με στόχο τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων και την παραγωγή ενέργειας από τη διαδικασία.

Η ελεγχόμενη καύση μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων στην ατμόσφαιρα με μερικούς τρόπους. Πρώτον, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας μεθανίου που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Το μεθάνιο είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται όταν η οργανική ύλη, όπως τα γεωργικά απόβλητα, αποσυντίθεται. Με την καύση των αποβλήτων με ελεγχόμενο τρόπο, οι εκπομπές μεθανίου μπορούν να μειωθούν, καθώς τα απόβλητα δεν επιτρέπεται να αποσυντίθενται φυσικά. Δεύτερον, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των σωματιδίων και άλλων επιβλαβών ατμοσφαιρικών ρύπων. Όταν τα γεωργικά απόβλητα αφήνονται να αποσυντεθούν φυσικά, μπορούν να απελευθερώσουν σωματίδια και άλλους ρύπους στον αέρα. Η ελεγχόμενη καύση, ωστόσο, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της απελευθέρωσης αυτών των ρύπων ελέγχοντας τον ρυθμό καύσης και τη θερμοκρασία και διασφαλίζοντας ότι τα απόβλητα καίγονται αποτελεσματικά (Γιαλαμά, 2023).

Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ελεγχόμενη καύση δεν θεωρείται πάντα μια τεχνική βιώσιμης διαχείρισης γεωργικών απορριμμάτων. Ενώ μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του όγκου των απορριμμάτων και στην παραγωγή ενέργειας, μπορεί επίσης να απελευθερώσει επιβλαβείς εκπομπές στην ατμόσφαιρα εάν δεν γίνει σωστά (Bhat et al., 2017). Επιπλέον, μπορεί να υπάρχουν διαθέσιμες πιο βιώσιμες τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων, όπως η κομποστοποίηση, που μπορεί να συμβάλει στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και στην παραγωγή εδαφών πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά χωρίς να απελευθερώνονται επιβλαβείς εκπομπές στην ατμόσφαιρα (Γιαλαμά, 2023).

Συμπερασματικά, η ελεγχόμενη καύση μπορεί να είναι μια αποτελεσματική τεχνική για τη μείωση των εκπομπών αερίων στην ατμόσφαιρα, αλλά η βιωσιμότητά της ως τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων εξαρτάται από την προσεκτική διαχείριση και την εξέταση άλλων διαθέσιμων επιλογών.

4.3.3 Αμειψισπορά

Η αμειψισπορά είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται στη γεωργία για τη διαχείριση της γονιμότητας του εδάφους και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών πρακτικών, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των γεωργικών απορριμμάτων. Η τεχνική περιλαμβάνει την καλλιέργεια διαφορετικών καλλιεργειών στο ίδιο χωράφι με προγραμματισμένη σειρά για αρκετά χρόνια, με στόχο τη βελτίωση της υγείας του εδάφους και τη μείωση της ανάγκης για λιπάσματα και φυτοφάρμακα (Ασchonίτης, 2020).

Η αμειψισπορά μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος διαχείρισης των γεωργικών απορριμμάτων, καθώς μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που παράγονται και στη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους. Για παράδειγμα, με την καλλιέργεια οσπρίων, όπως τα μπιζέλια ή τα φασόλια σε ένα χωράφι, τα βακτήρια που δεσμεύουν το άζωτο στις ρίζες αυτών των φυτών μπορούν να προσθέσουν άζωτο στο έδαφος, μειώνοντας την ανάγκη για αζωτούχα λιπάσματα (Ασchonίτης, 2020). Αυτό μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των πλούσιων σε άζωτο γεωργικών αποβλήτων, όπως η κοπριά, που πρέπει να αντιμετωπιστούν (Σκορίλας, 2020).

Επιπλέον, η αμειψισπορά μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους, στη βελτίωση της δομής του εδάφους και στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης επιδημιών παρασίτων και ασθενειών. Με την εναλλαγή των καλλιεργειών, οι αγρότες μπορούν να βοηθήσουν να σπάσουν οι κύκλοι παρασίτων και ασθενειών και να μειώσουν την ανάγκη για φυτοφάρμακα (Παπάς, 2020).

Όσον αφορά τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων, η αμειψισπορά μπορεί επίσης να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που παράγονται με τη μείωση της ανάγκης για λιπάσματα και φυτοφάρμακα, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στα γεωργικά απόβλητα. Επιπλέον, βελτιώνοντας την υγεία του εδάφους, η αμειψισπορά μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας του εδάφους που πρέπει να απορριφθεί ως απόβλητο (Σκορίλας, 2020).

Συνολικά, η αμειψισπορά είναι μια αποτελεσματική τεχνική για τη διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων, τη βελτίωση της υγείας του εδάφους και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών πρακτικών. Σχεδιάζοντας προσεκτικά τις αμειψισπορές και επιλέγοντας τις σωστές καλλιέργειες για κάθε χωράφι, οι αγρότες μπορούν να επιτύχουν βιώσιμη και αποτελεσματική διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων.

4.3.3.1 Περιβαλλοντικά οφέλη αμειψισποράς

Η αμειψισπορά είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων στην ατμόσφαιρα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

Μειωμένη χρήση λιπασμάτων: Η αμειψισπορά συμβάλλει στη μείωση της ανάγκης για λιπάσματα, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Φυτεύοντας καλλιέργειες που αναπληρώνουν φυσικά το έδαφος με θρεπτικά συστατικά, όπως τα όσπρια, οι αγρότες μπορούν να μειώσουν την εξάρτησή τους από συνθετικά λιπάσματα που συχνά παρασκευάζονται με ορυκτά καύσιμα (Σκορίλας, 2020).

Βελτιωμένη υγεία του εδάφους: Η αμειψισπορά μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της υγείας του εδάφους, γεγονός που μπορεί να μειώσει την ποσότητα των γεωργικών αποβλήτων που παράγονται. Το υγιές έδαφος περιέχει μια ποικιλία μικροοργανισμών που διασπών την οργανική ύλη, μειώνοντας την ποσότητα μεθανίου και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα (Παππάς, 2020).

Μειωμένη διάβρωση του εδάφους: Η διάβρωση του επιφανειακού εδάφους μπορεί να απελευθερώσει άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Με την εναλλαγή των καλλιεργειών, οι αγρότες μπορούν να μειώσουν τη διάβρωση του εδάφους, διατηρώντας την οργανική ύλη του εδάφους και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Παππάς, 2020).

Μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων: Η αμειψισπορά μπορεί επίσης να συμβάλει στη μείωση της ανάγκης για φυτοφάρμακα, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν

σημαντική πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Φυτεύοντας καλλιέργειες που είναι φυσικά ανθεκτικές στα παράσιτα, οι αγρότες μπορούν να περιορίσουν την εξάρτησή τους από τα φυτοφάρμακα και να μειώσουν τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις (Σκορίλας, 2020).

Ως εκ τούτου, η αμειψισπορά είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώνοντας τη χρήση λιπασμάτων, βελτιώνοντας την υγεία του εδάφους, μειώνοντας τη διάβρωση του εδάφους και μειώνοντας τη χρήση φυτοφαρμάκων. Υιοθετώντας βιώσιμες γεωργικές πρακτικές, όπως η αμειψισπορά, οι αγρότες μπορούν να συμβάλουν στον μετριασμό των επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον και να προωθήσουν ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων.

4.3.4 Όργωμα Διατήρησης

Το όργωμα διατήρησης είναι μια γεωργική τεχνική που περιλαμβάνει την αφαίρεση υπολειμμάτων καλλιέργειας στην επιφάνεια του εδάφους μετά από τη συγκομιδή αντί για άροση στο έδαφος. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για τη μείωση της διάβρωσης του εδάφους, τη βελτίωση της υγείας του και τη διατήρηση της υγρασίας του. Το όργωμα διατήρησης μπορεί επίσης να συμβάλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μειώνοντας την ποσότητα της σκόνης και των σωματιδίων που απελευθερώνονται στον αέρα κατά την άροση (Νάτση, 2023).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι όργωσης διατήρησης, συμπεριλαμβανομένης της μη άροσης, της μειωμένης άροσης και της άροσης με λωρίδες. Η μη άροση περιλαμβάνει τη φύτευση καλλιεργειών χωρίς άροση του εδάφους, ενώ η μειωμένη άροση περιλαμβάνει την άροση του εδάφους σε μικρότερο βαθμό από τη συμβατική άροση. Το strip-till περιλαμβάνει άροση λωρίδων εδάφους όπου θα φυτευτούν καλλιέργειες, αφήνοντας το υπόλοιπο χωράφι να «ξεκουραστεί» (Pratibha et al., 2019).

Το όργωμα διατήρησης έχει πολλά οφέλη τόσο για τους αγρότες, όσο και για το περιβάλλον. Αφήνοντας υπολείμματα καλλιεργειών στην επιφάνεια του εδάφους, οι αγρότες μπορούν να μειώσουν την ανάγκη για συνθετικά λιπάσματα και

ζιζανιοκτόνα, τα οποία μπορούν να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την υγεία του εδάφους. Επιπλέον, το όργωμα διατήρησης μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους, η οποία μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του νερού και να μειώσει την ποσότητα των ιζημάτων που εισέρχονται στις υδάτινες οδούς (Νάτση, 2023).

Συνολικά, το όργωμα διατήρησης είναι μια αποτελεσματική τεχνική για τη διαχείριση των γεωργικών απορριμμάτων και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική, οι αγρότες μπορούν να βελτιώσουν τη βιωσιμότητα των γεωργικών πρακτικών τους και να προωθήσουν ένα πιο υγιεινό περιβάλλον.

4.3.4.1 Περιβαλλοντικά οφέλη οργώματος διατήρησης

Το όργωμα διατήρησης είναι μια γεωργική τεχνική που μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών απορριμμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με τους παρακάτω τρόπους:

Μείωση της διαταραχής του εδάφους: Το όργωμα διατήρησης μειώνει την ποσότητα της διαταραχής του εδάφους κατά την άροση, η οποία μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Αυτό συμβαίνει επειδή η άροση του εδάφους μπορεί να προκαλέσει τη διάσπαση της οργανικής ύλης στο έδαφος και την απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα. Αφήνοντας τα υπολείμματα της καλλιέργειας στην επιφάνεια του εδάφους, το όργωμα διατήρησης μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της οργανικής ύλης στο έδαφος, μειώνοντας την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται (Μελά, 2019).

Βελτίωση της υγείας του εδάφους: Το όργωμα διατήρησης μπορεί επίσης να συμβάλει στη βελτίωση της υγείας του εδάφους, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα υγιή εδάφη περιέχουν περισσότερη οργανική ύλη, η οποία μπορεί να βοηθήσει στην απομάκρυνση του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Το όργωμα διατήρησης μπορεί να βοηθήσει στη

διατήρηση της οργανικής ύλης του εδάφους μειώνοντας τη διάβρωση του εδάφους και βελτιώνοντας τη δομή του εδάφους, γεγονός που μπορεί να μειώσει την ποσότητα άνθρακα που χάνεται από το έδαφος (Νάτση, 2023).

Μείωση της ανάγκης για συνθετικά λιπάσματα: Αφήνοντας υπολείμματα καλλιέργειας στην επιφάνεια του εδάφους, το όργωμα διατήρησης μπορεί να μειώσει την ανάγκη για συνθετικά λιπάσματα. Τα συνθετικά λιπάσματα κατασκευάζονται συχνά από ορυκτά καύσιμα, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Με τη μείωση της ανάγκης για συνθετικά λιπάσματα, το όργωμα διατήρησης μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται κατά την παραγωγή και τη μεταφορά αυτών των λιπασμάτων (Μελά, 2019).

Συνολικά, το όργωμα διατήρησης είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Με τη διατήρηση της οργανικής ύλης του εδάφους, τη μείωση της διάβρωσης του εδάφους και τη μείωση της ανάγκης για συνθετικά λιπάσματα, το όργωμα διατήρησης μπορεί να συμβάλει σε ένα πιο υγιεινό περιβάλλον και ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων.

4.3.5 Πυρόλυση

Το biochar παράγεται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται πυρόλυση, η οποία περιλαμβάνει τη θέρμανση οργανικών αποβλήτων, όπως τα υπολείμματα των καλλιεργειών, απουσία οξυγόνου. Η διαδικασία της πυρόλυσης μετατρέπει τα οργανικά απόβλητα σε μια σταθερή μορφή άνθρακα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό του εδάφους.

Για την παραγωγή biochar, τα οργανικά απόβλητα πρώτα συλλέγονται και ξηραίνονται για να απομακρυνθεί τυχόν υπερβολική υγρασία. Τα αποξηραμένα απόβλητα τοποθετούνται στη συνέχεια σε θάλαμο πυρόλυσης, όπου θερμαίνονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 400 και 700 βαθμών Κελσίου απουσία οξυγόνου. Η διαδικασία θέρμανσης προκαλεί τη διάσπαση της οργανικής ύλης σε μια συμπαγή δομή άνθρακα, η οποία στη συνέχεια ψύχεται και συλλέγεται (Bartoli et al., 2020).

Η προκύπτουσα βιοαπανθράκωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό εδάφους για τη βελτίωση της υγείας και της γονιμότητας του εδάφους. Το Biochar έχει μια πορώδη δομή που μπορεί να απορροφήσει και να συγκρατήσει θρεπτικά συστατικά, νερό και ωφέλιμους μικροοργανισμούς, καθιστώντας το μια εξαιρετική προσθήκη στα εδάφη. Το Biochar έχει επίσης μεγάλη διάρκεια ζωής, παραμένοντας στο έδαφος για εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια, και μπορεί να βοηθήσει στη δέσμευση άνθρακα από την ατμόσφαιρα, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Bartoli et al., 2020).

Συνολικά, το βιοκάρβουνο είναι ένα πολύτιμο προϊόν πυρόλυσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της υγείας του εδάφους, τη μείωση των αποβλήτων και τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της γεωργίας.

4.3.5.1 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση Biochar

Το Biochar μπορεί να συμβάλει στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων με διάφορους τρόπους. Ένας από τους κύριους τρόπους είναι μέσω της ικανότητάς του να βελτιώνει την υγεία και τη γονιμότητα του εδάφους. Όταν προστίθεται στο έδαφος, μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση των θρεπτικών ουσιών και του νερού, γεγονός που μπορεί να μειώσει την ανάγκη για συνθετικά λιπάσματα και άρδευση. Αυτό, με τη σειρά του, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας των ατμοσφαιρικών ρύπων που σχετίζονται με την παραγωγή και τη μεταφορά αυτών των εισροών.

Επιπλέον, το biochar έχει μια μοναδική πορώδη δομή που μπορεί να απορροφήσει και να συγκρατήσει ρύπους, όπως οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και τα οξείδια του αζώτου (NOx). Αυτοί οι ρύποι βρίσκονται συνήθως σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές και μπορούν να συμβάλουν σε κακή ποιότητα αέρα και προβλήματα υγείας. Με τη δέσμευση αυτών των ρύπων, το βιοκάρβουνο μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της τοπικής ποιότητας του αέρα και στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία (Das et al., 2021).

Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο το biochar μπορεί να συμβάλει στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι μέσω της ικανότητάς του να δεσμεύει άνθρακα από

την ατμόσφαιρα. Το biochar είναι μια σταθερή μορφή άνθρακα που μπορεί να παραμείνει στο έδαφος για εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια. Χρησιμοποιώντας το biochar για την τροποποίηση του εδάφους, οι αγρότες μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Das et al., 2021). Συνολικά, η χρήση biochar στη γεωργία μπορεί να συμβάλει στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και να υποστηρίξει ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων.

4.3.6 Η Αξιοποίηση των Αγροτικών Αποβλήτων ως Αγροτσιμέντο στο Σκυρόδεμα

Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο δομικό υλικό είναι το σκυρόδεμα. Η χρήση του τα τελευταία χρόνια αυξάνεται συνεχώς λόγω ταχείας εκβιομηχάνισης και αστικοποίησης. Η ελαχιστοποίηση των πόρων και η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος έχουν στρέψει τις προσπάθειες των επιστημών για αναζήτηση εναλλακτικών και αποτελεσματικών υλικών, που προέρχονται από μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων ως πρόσθετα για τη μερική αντικατάσταση του τσιμέντου.

Το τσιμέντο είναι το κύριο συστατικό του σκυροδέματος. Προκειμένου να λυθούν και να ελαχιστοποιηθούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα, διεξάγονται έρευνες για τη χρήση ευρέως διαθέσιμων γεωργικών αποβλήτων, όπως η βαγάσση ζαχαροκάλαμου, ο φλοιός ρυζιού, το άχυρο ζαχαροκάλαμου και το καύσιμο φοινικέλαιο στο τσιμέντο, ώστε τελικά να προσδώσουν στο σκυρόδεμα βιώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον ιδιότητες (Berengue et al, 2020).

Το σκυρόδεμα είναι μείγμα τσιμέντου, αδρανών υλικών, νερού και χάλυβα και χρησιμοποιείται επίσης στις στρατιωτικές εφαρμογές, τις μεταφορές, τις υδραυλικές εγκαταστάσεις και τις κατασκευές. Ωστόσο, με το συμβατικό σκυρόδεμα προκύπτουν ορισμένα προβλήματα. Αφενός, η παραγωγή υλικών για τη δημιουργία του σκυροδέματος, είναι μια διαδικασία που καταναλώνει μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Αφετέρου, λόγω της εντατικής χρήσης του σκυροδέματος, πολλά παραπροϊόντα που παράγονται από αυτό, δεν μπορούν να ανακυκλωθούν και είτε απορρίπτονται είτε διατίθενται δύσκολα, προκαλώντας ρύπανση του περιβάλλοντος (Hi et al., 2020). Επιπλέον, η αυξανόμενη ζήτηση για υποδομές οδηγεί στη διάθεση μεγάλων

ποσοτήτων τσιμέντου σε περιορισμένο χώρο υγειονομικής ταφής, με αποτέλεσμα να εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου.

Υπολογίζεται ότι κατά την παραγωγή ενός τόνου τσιμέντου απελευθερώνονται στο οικοσύστημα 800 κιλά διοξείδιο του άνθρακα, CO₂. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να εξεταστεί η χρήση βιώσιμων, μη συμβατικών, φυσικών και ανακυκλώσιμων δομικών υλικών (Frías et al., 2017). Ως βιώσιμα υλικά, αξιολογούνται πολλά διαφορετικά φθηνά αγροτικά απόβλητα.

Τα γεωργικά απόβλητα χρησιμοποιούνται όχι μόνο ως συμπληρωματικό υλικό τσιμέντου, αλλά και ως εναλλακτικά αδρανή στις κατασκευές. Όσον αφορά την επεξεργασία και την αξιοποίηση των γεωργικών αποβλήτων, οι αναπτυγμένες χώρες είναι γενικά πιο προηγμένες από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Από την άλλη πλευρά, οι αναπτυσσόμενες χώρες δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον για τη σωστή αξιοποίηση των γεωργικών αποβλήτων (Liew et al., 2017).

Στην Ταϊλάνδη, η αξιοποίηση των πόρων τέφρας από φοινικέλαιο είναι πολύ σημαντική, καθώς η βιομηχανία φοινικέλαιου παίζει σημαντικό ρόλο στην τοπική γεωργική βιομηχανία. Ωστόσο, κάθε χρόνο παράγονται μεγάλες ποσότητες στερεών αποβλήτων. Η διάθεση της τέφρας φοινικέλαιου, η οποία αυξάνεται χρόνο με το χρόνο, καταλαμβάνει σημαντικό χώρο και προκαλεί σημαντικά προβλήματα, όπως ατμοσφαιρική ρύπανση και προβλήματα δημόσιας υγείας. Μελέτες λοιπόν, έχουν εστιάσει στην αξιοποίηση της τέφρας γεωργικών αποβλήτων ως συστατικό του τσιμέντου (Hi et al., 2020).

Η τέφρα γεωργικών αποβλήτων περιέχει μεγάλες ποσότητες άμορφου διοξειδίου του πυριτίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ποζολανικό υλικό. Έχει αποδειχθεί ότι η τέφρα γεωργικών αποβλήτων αντικαθιστά εν μέρη το 10-30% του τσιμέντου. Επιπλέον, παρά την αντικατάσταση αυτή, το τσιμέντο που παρασκευάζεται από τέφρα γεωργικών αποβλήτων, παρουσιάζει εξαιρετική απόδοση σε κονιάματα και σκυροδέματα, ακόμη και όταν εκτίθεται σε διάλυμα υδροχλωρικού οξέος (Alnahhal et al., 2018).

4.3.6.1 Διαδικασία παραγωγής αγροσιμέντου

Το αγροσιμέντο είναι ένα είδος σκυροδέματος που κατασκευάζεται με ανάμειξη γεωργικών απορριμμάτων με τσιμέντο. Αυτή η διαδικασία μπορεί να μειώσει την ποσότητα των απορριμμάτων που παράγονται στα αγροκτήματα και να συμβάλει σε πιο βιώσιμες γεωργικές πρακτικές. Η διαδικασία παραγωγής αγροτεμαχίων σε σκυρόδεμα από αγροτικά απόβλητα γίνεται στα εξής στάδια:

- Συλλογή γεωργικών απορριμμάτων: Το πρώτο βήμα για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η συλλογή γεωργικών απορριμμάτων, όπως φλοιοί ρυζιού, άχυρο σιταριού και πριονίδι. Αυτά τα υλικά θεωρούνται συχνά απόβλητα σε αγροκτήματα, αλλά μπορούν να αξιοποιηθούν.
- Επεξεργασία γεωργικών αποβλήτων: Τα συλλεγόμενα γεωργικά απόβλητα υφίστανται επεξεργασία για την απομάκρυνση τυχόν ρύπων και τη μείωση του μεγέθους τους. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τρόχισμα ή τεμαχισμό των υλικών σε μικρότερα κομμάτια.
- Ανάμιξη: Τα επεξεργασμένα γεωργικά απόβλητα αναμειγνύονται στη συνέχεια με τσιμέντο σε συγκεκριμένη αναλογία. Η αναλογία γεωργικών απορριμμάτων προς τσιμέντο μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο των απορριμμάτων που χρησιμοποιούνται και τις επιθυμητές ιδιότητες του.
- Ωρίμανση: Μόλις αναμειχθεί το αγροτεμάχιο, χύνεται σε καλούπια και αφήνεται να ωριμάσει για αρκετές ημέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το υλικό σκληραίνει και αναπτύσσει την επιθυμητή αντοχή και ανθεκτικότητα.

Η χρήση γεωργικών αποβλήτων για την παραγωγή σκυροδέματος είναι μια τεχνική αειφόρου διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που παράγονται στα αγροκτήματα και να υποστηρίξει σε πιο βιώσιμες γεωργικές πρακτικές. Επιπλέον, το αγροσιμέντο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες κατασκευαστικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων τοίχων, δαπέδων και στεγών, παρέχοντας ένα ανθεκτικό και φιλικό προς το περιβάλλον δομικό υλικό (Hi et al., 2020).

4.3.5.2 Περιβαλλοντικά οφέλη από το αγροτσιμέντο

Το αγροτσιμέντο είναι ένας τύπος σκυροδέματος που χρησιμοποιεί γεωργικά απόβλητα, όπως τέφρα από φλοιό ρυζιού, τέφρα βαγάσσης και τέφρα πριονιδιού, ως μερική αντικατάσταση του τσιμέντου. Αυτή η τεχνική μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων στην ατμόσφαιρα και είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων. Τα περιβαλλοντικά οφέλη αυτής της διεργασίας είναι:

- Μειωμένη παραγωγή τσιμέντου: Το αγροτσιμέντο μειώνει την ποσότητα τσιμέντου που απαιτείται για την παραγωγή σκυροδέματος, η οποία με τη σειρά της μειώνει την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται κατά την παραγωγή τσιμέντου. Η παραγωγή τσιμέντου συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 8% των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Με τη μείωση της ποσότητας τσιμέντου που απαιτείται για την παραγωγή σκυροδέματος, η γεωργία μπορεί να συμβάλει στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της κατασκευαστικής βιομηχανίας.
- Αξιοποίηση γεωργικών απορριμμάτων: Το αγροτσιμέντο χρησιμοποιεί γεωργικά απόβλητα, τα οποία διαφορετικά θα καίγονταν ή θα υγειονομοιοούνταν, για την παραγωγή ενός πολύτιμου οικοδομικού υλικού. Χρησιμοποιώντας αυτά τα απόβλητα, η γεωργία μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που παράγονται στα αγροκτήματα και να συμβάλει σε ένα πιο βιώσιμο σύστημα τροφίμων.
- Βελτιωμένη αντοχή: Το αγροτσιμέντο μπορεί επίσης να βελτιώσει την ανθεκτικότητα των κατασκευών από σκυρόδεμα, μειώνοντας την ανάγκη για συχνές επισκευές και αντικαταστάσεις. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ποσότητας ενέργειας και πόρων που απαιτούνται για τη συντήρηση των κτιρίων κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

Συνολικά, η γεωργία είναι μια βιώσιμη τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων στην ατμόσφαιρα. Με τη μείωση της παραγωγής τσιμέντου, τη χρήση γεωργικών απορριμμάτων και τη βελτίωση της ανθεκτικότητας, η γεωργία μπορεί να συμβάλει

σε μια πιο βιώσιμη κατασκευαστική βιομηχανία και ένα πιο υγιεινό περιβάλλον (Hi et al., 2020).

4.3.7 Χρήση αγροτικών αποβλήτων ως οργανικό λίπασμα

Τα λιπάσματα παίζουν σημαντικό ρόλο στη γεωργία, παρέχοντας στις καλλιέργειες τα βασικά θρεπτικά συστατικά, αυξάνοντας τη γονιμότητα του εδάφους και βελτιώνοντας εν τέλει τη γεωργική παραγωγή. Αυτές οι χημικές ή φυσικές ουσίες εφαρμόζονται στο έδαφος ή απευθείας πάνω στο φυτό, για να εξασφαλίσουν μια γρήγορη ανάπτυξη των φυτών. Η χρήση των λιπασμάτων αποτελεί κοινή πρακτική στη γεωργία και συμβάλει σημαντικά στην παραγωγή των τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο (Μανιός, 2016).

Τα λιπάσματα χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Τα οργανικά λιπάσματα, τα οποία παρασκευάζονται από φυσικές πηγές, όπως τα φυτικά και τα ζωικά απόβλητα. Έχουν την ιδιότητα να απελευθερώνουν τα θρεπτικά συστατικά αργά, βελτιώνοντας έτσι τη δομή του εδάφους.
- Τα ανόργανα λιπάσματα, είναι γνωστά ως συνθετικά ή χημικά λιπάσματα και παράγονται με βιομηχανικές διεργασίες. Έχουν την ιδιότητα να δρουν πολύ πιο γρήγορα από τα οργανικά και η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά συστατικά είναι ακριβής. (Κερατιώτης, 2017)

Τα λιπάσματα διαδραματίζουν πολλούς σημαντικούς ρόλους στη γεωργία. Ο βασικός τους ρόλος είναι να παρέχουν θρεπτικά συστατικά που συχνά λείπουν από το έδαφος. Το άζωτο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φύλλων και των βλαστών, ο φώσφορος προάγει το σχηματισμό ριζών και το κάλιο ενισχύει τα φυτά να ανθίσουν και να καρποφορήσουν (Μαρίνης, 2017).

Ένας άλλος ρόλος των λιπασμάτων είναι η βελτίωση της γονιμότητας. Τα θρεπτικά συστατικά στο έδαφος εξαντλούνται με την πάροδο του χρόνου, καθώς συνεχίζεται φύτευση και η συγκομιδή. Η χρήση των λιπασμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη αναπλήρωση αυτών των θρεπτικών συστατικών και κατ' επέκταση - τη διατήρηση

της υγείας του εδάφους, αποτρέποντας την υποβάθμισή του. Τα λιπάσματα παρέχουν επίσης ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών, βελτιώνοντας τη δομή του εδάφους, τη συγκράτηση του νερού και τη μικροβιακή δραστηριότητα (Μελά, 2019).

4.3.7.1 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση είναι μια φιλική και φυσική προς το περιβάλλον μέθοδος, που λαμβάνει χώρα εδώ και εκατομμύρια χρόνια στη γη. Η μέθοδος αυτή μετατρέπει τα οργανικά γεωργικά υπολείμματα, μέσω της αποσύνθεσης με τη βοήθεια των μικροοργανισμών του εδάφους (όπως βακτήρια, μύκητες και γαιοσκώληκες) υπό συγκεκριμένες συνθήκες, σε ένα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά κομπόστ. Τα γεωργικά απόβλητα που χρησιμοποιούνται στην κομποστοποίηση είναι κυρίως τα υπολείμματα των καλλιεργειών, οργανικά κτηνοτροφικά απόβλητα και κοπριά (Patil et al., 2022).

Τα γεωργικά απόβλητα συλλέγονται αρχικά σε ένα σύστημα κομποστοποίησης. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Τα ανοιχτά συστήματα κομποστοποίησης, τα κλειστά συστήματα και τα μεικτά, τα οποία χρησιμοποιούν τεχνικές των δυο προηγούμενων συστημάτων (Τσιράκη, 2022). Η επιλογή του συστήματος καθορίζεται από την ποιότητα των υλικών που οδηγούνται για κομποστοποίηση.

Το υλικό της κομποστοποίησης κατηγοριοποιείται σε στεγνό ή υγρό, ανάλογα με το ποσοστό της υγρασίας που περιέχει. Το αρχικό αυτό υλικό ονομάζεται υπόστρωμα και πρέπει να αναμιχθεί με άλλο υλικό έτσι ώστε να έχουμε σωστή αναλογία C/N, pH και υγρασία. Οι σωστές συνθήκες παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη μετατροπή του υποστρώματος σε κομπόστ. Αν το υπόστρωμα υστερεί σε όγκο τότε προστίθενται διογκωτικοί παράγοντες. Η χαμηλή υγρασία προκαλεί προβλήματα στη διαδικασία, καθώς περιορίζει τη δράση των μικροοργανισμών. Για την αύξηση της υγρασίας προστίθεται νερό ή άλλο υλικό με την κατάλληλη υγρασία. Αντίθετα, η υψηλή

υγρασία δημιουργεί οσμές. Επίσης, η σωστή αναλογία C/N είναι σημαντική, καθώς η μεταβολή της προκαλεί οσμές και απελευθερώνει αμμωνία στην ατμόσφαιρα. Είναι σημαντικό λοιπόν να ελέγχονται όλοι οι παράγοντες, ώστε να επιτευχθεί η κομποστοποίηση και να έχουμε τη δημιουργία υψηλής ποιότητας κομπόστ (Ho et al., 2022).

4.3.7.2 Περιβαλλοντικά Οφέλη της κομποστοποίησης

Η κομποστοποίηση γεωργικών απορριμμάτων έχει γίνει δημοφιλής πρακτική τα τελευταία χρόνια, καθώς προσφέρει μια βιώσιμη λύση για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των γεωργικών απορριμμάτων. Η κομποστοποίηση γεωργικών αποβλήτων δεν είναι μόνο μια βιώσιμη πρακτική, αλλά προσφέρει επίσης πολλά οφέλη, όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η βελτίωση της υγείας του εδάφους και η μείωση των αποβλήτων και του κόστους διάθεσης. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης αντεπιχειρήματα που υποστηρίζουν ότι η κομποστοποίηση μπορεί να είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, δεν είναι εφικτή για όλους τους τύπους γεωργικών αποβλήτων και μπορεί να μην αποτελεί προτεραιότητα για ορισμένους αγρότες (Gan et al., 2023).

Η κομποστοποίηση γεωργικών απορριμμάτων μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές μεθανίου από τους χώρους υγειονομικής ταφής μπορούν να μειωθούν σημαντικά με αυτή τη διαδικασία. Επίσης, όταν τα οργανικά απόβλητα απορρίπτονται σε χωματερές, αποσυντίθενται αναερόβια και παράγουν μεθάνιο, το οποίο είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Η κομποστοποίηση επιτρέπει στα οργανικά απόβλητα να αποσυντίθενται αερόβια, μειώνοντας τις εκπομπές μεθανίου. Επιπλέον, η κομποστοποίηση μειώνει την ανάγκη για λιπάσματα με βάση τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία μπορούν επίσης να συμβάλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η κομποστοποίηση λοιπόν, μπορεί να δεσμεύσει άνθρακα στο έδαφος, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Βγενόπουλος, 2018).

Από την άλλη πλευρά, η κομποστοποίηση γεωργικών απορριμμάτων μπορεί να είναι δαπανηρή και χρονοβόρα. Το κόστος εξοπλισμού και εργασίας μπορεί να

είναι υψηλό, ειδικά για αγρότες μικρής κλίμακας που μπορεί να μην έχουν τους πόρους να επενδύσουν σε εξοπλισμό κομποστοποίησης. Επιπλέον, μπορεί να διαρκέσει αρκετούς μήνες έως ένα χρόνο για να ολοκληρωθεί, κάτι που μπορεί να μην είναι εφικτό για ορισμένους αγρότες που πρέπει να απορρίψουν γρήγορα τα απόβλητά τους. Η κομποστοποίηση απαιτεί επίσης συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η σωστή ποσότητα υγρασίας και θερμοκρασίας, κάτι που μπορεί να μην είναι πάντα εύκολο να επιτευχθεί (Γέμτος, 2022).

Το κομπόστ μπορεί να βελτιώσει τη δομή του εδάφους και τη συγκράτηση του νερού, παρέχοντας ένα καλύτερο περιβάλλον για την ανάπτυξη των φυτών. Μπορεί επίσης να παρέχει θρεπτικά συστατικά για τα φυτά, μειώνοντας την ανάγκη για συνθετικά λιπάσματα. Επιπλέον, μπορεί να μειώσει τη διάβρωση, η οποία αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τη γεωργία. Βελτιώνοντας την υγεία του εδάφους, η κομποστοποίηση γεωργικών αποβλήτων μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες αποδόσεις και καλλιέργειες καλύτερης ποιότητας (Fan et al., 2021).

Ωστόσο, η κομποστοποίηση μπορεί να μην είναι εφικτή για όλους τους τύπους γεωργικών απορριμμάτων. Ορισμένοι τύποι απορριμμάτων μπορεί να μην είναι κατάλληλοι, όπως απόβλητα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες ρύπων ή παθογόνων παραγόντων. Ορισμένοι τύποι απορριμμάτων ενδέχεται να απαιτούν εξειδικευμένες μεθόδους κομποστοποίησης, οι οποίες μπορεί να είναι δαπανηρές και χρονοβόρες (Ho et al., 2022). Επιπλέον, ορισμένοι τύποι απορριμμάτων ενδέχεται να μην παράγουν αρκετό όγκο για να κάνουν την κομποστοποίηση οικονομικά αποδοτική.

Η κομποστοποίηση γεωργικών απορριμμάτων μπορεί να μειώσει τα απόβλητα και το κόστος διάθεσης. Μπορεί να αποτρέψει τα απόβλητα από τους χώρους υγειονομικής ταφής, μειώνοντας την ποσότητα των απορριμμάτων που πρέπει να μεταφερθούν και να απορριφθούν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώσει το κόστος μεταφοράς για τη διάθεση των απορριμμάτων και επίσης να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διάθεσης τους. Επιπλέον, η κομποστοποίηση μπορεί να δημιουργήσει έσοδα από την πώληση κομπόστ, παρέχοντας μια πιθανή ροή εσόδων για τους αγρότες (Yuvaraj et al., 2021).

Ωστόσο, μπορεί να μην αποτελεί προτεραιότητα για ορισμένους αγρότες. Οι αγρότες μπορούν να δώσουν προτεραιότητα σε άλλες γεωργικές πρακτικές έναντι της

κομποστοποίησης, όπως η βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών ή η μείωση της χρήσης νερού. Οι αγρότες μπορεί να μην έχουν τους πόρους ή τις γνώσεις για κομποστοποίηση, γεγονός που μπορεί να δυσχεράνει την εφαρμογή της κομποστοποίησης ως πρακτική διαχείρισης απορριμμάτων. Επιπλέον, οι αγρότες ενδέχεται να μην δουν τα οφέλη της κομποστοποίησης βραχυπρόθεσμα, γεγονός που μπορεί να δυσκολέψει την αιτιολόγηση της επένδυσης (Κοντάνας, 2019).

Συμπερασματικά, η κομποστοποίηση γεωργικών αποβλήτων προσφέρει πολλά οφέλη, όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η βελτίωση της υγείας του εδάφους και η μείωση του κόστους αποβλήτων και διάθεσης. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης αντεπιχειρήματα που υποστηρίζουν ότι η κομποστοποίηση μπορεί να είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, δεν είναι εφικτή για όλους τους τύπους γεωργικών αποβλήτων και μπορεί να μην αποτελεί προτεραιότητα για ορισμένους αγρότες. Παρά αυτά τα αντεπιχειρήματα, η κομποστοποίηση παραμένει μια βιώσιμη λύση για τη διαχείριση των γεωργικών αποβλήτων και είναι σημαντικό να συνεχιστεί η προώθηση και η ενθάρρυνση της υιοθέτησής της στον αγροτικό τομέα.

4.3.8 Παραγωγή βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα

4.3.8.1 Τύποι γεωργικών αποβλήτων κατάλληλοι για βιοκαύσιμα

Στην επιδίωξη βιώσιμων πηγών ενέργειας, διάφοροι τύποι γεωργικών αποβλήτων έχουν αναγνωριστεί ως πολλά υποσχόμενες πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Σημαντικό μέρος των γεωργικών αποβλήτων έχει παραμείνει αχρησιμοποίητο, παρά την ανοδική τάση της παραγωγής απορριμμάτων, με τις προσπάθειες ανακύκλωσης να υστερούν (EUROPEAN COMMISSION, 2022). Αυτή η εικόνα παρουσιάζει μια πιεστική ανάγκη εφαρμογής πιο αποτελεσματικών πρακτικών διαχείρισης αποβλήτων.

Για την παραγωγή βιοαερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι γεωργικών αποβλήτων, όπως υπολείμματα καλλιεργειών (καλαμπόκι, σιτάρι, σόγια κ.λπ.), απόβλητα ζωικής κτηνοτροφίας (κοπριά και αποφάγια), απόβλητα τροφίμων και απόβλητα επεξεργασίας ξύλου. Οι επιλογές των τύπων γεωργικών αποβλήτων για

την παραγωγή βιοαερίου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η διάθεση των αποβλήτων, η προτίμηση των αγροτών και οι δαπάνες των εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα, οι κύριοι τύποι γεωργικών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοαερίου είναι η κοπριά από βοοειδή, η κοπριά από χοίρους και τα υπολείμματα από καλλιέργειες, όπως το καλαμπόκι και η σιταριούχος ζωοτροφή (Κουλούρη, 2018).

4.3.8.2 Διαδικασία μετατροπής αγροτικών αποβλήτων σε βιοκαύσιμα

Στην προσπάθεια αντιμετώπισης του αυξανόμενου ζητήματος της συσσώρευσης αποβλήτων, ιδιαίτερα στη γεωργία, και της ταυτόχρονης ανάγκης για βιώσιμες πηγές ενέργειας, η μετατροπή των γεωργικών αποβλήτων σε βιοκαύσιμα αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση. Μια τέτοια καινοτόμος προσέγγιση είναι η ολοκληρωμένη χρήση στερεών οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοαερίου (Αραβανή, 2023).

Τα γεωργικά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε βιοκαύσιμα μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται αναερόβια χώνευση. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη διάσπαση της οργανικής ύλης απουσία οξυγόνου, το οποίο παράγει βιοαέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ανανεώσιμης ενέργειας (O'Connor et al., 2021).

Αρχικά, τα αγροτικά απόβλητα συλλέγονται και μεταφέρονται σε αναερόβιο χωνευτήρα. Στη συνέχεια, αναμιγνύονται με νερό και τοποθετούνται στον χωνευτήρα, όπου θερμαίνονται σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και διατηρούνται σε περιβάλλον χωρίς οξυγόνο. Κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, οι μικροοργανισμοί διασπούν την οργανική ύλη στα απόβλητα και παράγουν βιοαέριο, το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα (Bhatnagar et al., 2022). Έπειτα, το βιοαέριο δεσμεύεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ανανεώσιμης ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας ή καυσίμου για μεταφορά. Το υπολειπόμενο υλικό, γνωστό ως χωνεμένο, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε θρεπτικά συστατικά. Αυτή η διαδικασία όχι μόνο παράγει ανανεώσιμη ενέργεια, αλλά βοηθά επίσης στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εμποδίζοντας την

απελευθέρωση μεθανίου, ενός ισχυρού αερίου του θερμοκηπίου, στην ατμόσφαιρα (Moustakas et al., 2021).

Παραδείγματα γεωργικών αποβλήτων που μπορούν να μετατραπούν σε βιοκαύσιμα μέσω αναερόβιας χώνευσης είναι η ζωική κοπριά, τα υπολείμματα καλλιεργειών, τα απόβλητα τροφίμων και άλλα οργανικά υλικά. Συνολικά, η μετατροπή των γεωργικών αποβλήτων σε βιοκαύσιμα μέσω αναερόβιας χώνευσης είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η ποσότητα των απορριμμάτων που καταλήγουν στις χωματερές και συμβάλλει σε ένα πιο βιώσιμο μέλλον (Moustakas et al., 2021).

4.3.8.3 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων

Στην επιδίωξη των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα βιοκαύσιμα έχουν αναδειχθεί ως μια σημαντική τεχνολογία που χρησιμοποιείται επί του παρόντος για τον μετασχηματισμό προς έναν πιο βιώσιμο ενεργειακό τομέα. Συγκεκριμένα, η βιομηχανική παραγωγή βιοαιθανόλης, ένας τύπος βιοκαυσίμου, βρίσκεται υπό ενεργό ανάπτυξη, υποδηλώνοντας μια συνεχή προσπάθεια για τη βελτίωση και την ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών σε μεγαλύτερη κλίμακα. Αυτό αποδεικνύεται περαιτέρω από τις τρέχουσες εξελίξεις σε κινητήρες που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να λειτουργούν με εναλλακτικά καύσιμα όπως ο διμεθυλαιθέρας, ο οποίος κερδίζει την προσοχή λόγω των δυνατοτήτων του ως καύσιμο αυτοκινήτου με καθαρή καύση. (ECA Publications, 2023).

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων, συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς. Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς παράγονται από καλλιέργειες τροφίμων, όπως καλαμπόκι, ζαχαροκάλαμο και σόγια. Αυτές οι καλλιέργειες υποβάλλονται σε επεξεργασία για τη δημιουργία αιθανόλης ή βιοντίζελ, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή καυσίμου. Ωστόσο, η παραγωγή βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς έχει επικριθεί για την πρόκληση ελλείψεων τροφίμων και την αύξηση των τιμών τους (Ρουμπάτος, 2022).

Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς παράγονται από μη εδώδιμες καλλιέργειες, όπως γεωργικά απόβλητα, υπολείμματα δασοκομίας και ενεργειακές καλλιέργειες. Αυτά τα υλικά επεξεργάζονται χρησιμοποιώντας τεχνικές, όπως η ζύμωση ή η αεριοποίηση για τη δημιουργία αιθανόλης, βιοντίζελ ή άλλων βιοκαυσίμων. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς θεωρούνται πιο βιώσιμα από τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, καθώς δεν ανταγωνίζονται την παραγωγή τροφίμων (Ρουμπάτος, 2022).

Τα βιοκαύσιμα τρίτης γενιάς παράγονται από φύκη ή άλλους μικροοργανισμούς. Αυτοί οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον και μπορούν να παράγουν μεγάλες ποσότητες ελαίου, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα. Τα βιοκαύσιμα τρίτης γενιάς έχουν τη δυνατότητα να είναι πιο αποτελεσματικά και βιώσιμα από τα βιοκαύσιμα πρώτης και δεύτερης γενιάς, καθώς μπορούν να καλλιεργηθούν σε μη καλλιεργήσιμες εκτάσεις και δεν απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού ή λιπασμάτων (Moustakas et al., 2021).

Συνολικά, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων εξελίσσονται συνεχώς, καθώς ερευνητές προσπαθούν να δημιουργήσουν πιο αποτελεσματικές και βιώσιμες μεθόδους παραγωγής.

4.3.8.4 Βιοκαύσιμα

Η βιοαιθανόλη, το βιοπετρέλαιο και το βιοϋδρογόνο είναι όλες εναλλακτικές πηγές ενέργειας που μπορούν να παραχθούν από τα γεωργικά απόβλητα. Η παραγωγή αυτών των βιοκαυσίμων μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Βιοαιθανόλη

Για την παραγωγή βιοαιθανόλης, τα γεωργικά απόβλητα όπως το καλαμπόκι, το άχυρο σιταριού και η βγάσση από ζαχαροκάλαμο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες. Οι πρώτες ύλες πρώτα υποβάλλονται σε προεπεξεργασία για να διασπαστούν οι σύνθετοι υδατάνθρακες σε απλούστερα σάκχαρα. Τα σάκχαρα στη συνέχεια ζυμώνονται με μαγιά για να παραχθεί αιθανόλη. Η προκύπτουσα αιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο καυσίμου ή ως αυτόνομη πηγή καυσίμου (Moustakas et al., 2021).

Βιοπετρέλαιο

Το βιοπετρέλαιο μπορεί να παραχθεί από φύκη, τα οποία μπορούν να καλλιεργηθούν χρησιμοποιώντας γεωργικά απόβλητα ως πηγή θρεπτικών συστατικών. Τα φύκη συλλέγονται και υφίστανται επεξεργασία για την εξαγωγή του πετρελαίου, το οποίο μπορεί να εξυγενιστεί σε ντίζελ ή καύσιμο αεριοθουμένων (Moustakas et al., 2021). Το βιοπετρέλαιο έχει το πλεονέκτημα ότι είναι ανανεώσιμο και ουδέτερο ως προς τον άνθρακα (O'Connor et al., 2021).

Βιοϋδρογόνο

Το βιοϋδρογόνο παράγεται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται σκοτεινή ζύμωση, η οποία περιλαμβάνει τη διάσπαση της οργανικής ύλης απουσία φωτός (O'Connor et al., 2021). Τα γεωργικά απόβλητα όπως το καλαμπόκι, το άχυρο σίτου και η βγάσση από ζαχαροκάλαμο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοϋδρογόνου. Η διαδικασία παράγει αέριο υδρογόνο και οργανικά οξέα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για άλλα βιοπροϊόντα (Ρουμπάτος, 2022).

Συνολικά, η παραγωγή βιοαιθανόλης, βιοπετρελαίου και βιοϋδρογόνου από γεωργικά απόβλητα έχει τη δυνατότητα να παρέχει βιώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ παράλληλα μειώνει τα απόβλητα και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

4.3.8.5 Περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση γεωργικών αποβλήτων για βιοκαύσιμα

Η μετατροπή των γεωργικών αποβλήτων σε βιοκαύσιμα αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα προς πιο βιώσιμες ενεργειακές πρακτικές και μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών. Στο επίκεντρο αυτής της διαδικασίας βρίσκεται η έννοια της κυκλικής οικονομίας, όπου τα απόβλητα επαναπροορίζονται για τη δημιουργία πολύτιμων αγαθών, όπως τα βιοκαύσιμα, ενσωματώνοντας έτσι τις αρχές της βιομηχανικής και επιχειρηματικής συμβίωσης. Αυτό όχι μόνο προσφέρει μια εναλλακτική λύση στα κυρίαρχα περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με τη διαχείριση και τη διάθεση των αποβλήτων, αλλά επίσης μειώνει την επιβάρυνση των χωματερών και μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκύπτουν από τις παραδοσιακές μεθόδους διάθεσης αποβλήτων (Κολέτσιος, 2023).

Ο αγροτικός τομέας, ο οποίος περιλαμβάνει κτηνοτροφικές και αγροτοβιομηχανικές δραστηριότητες, παράγει σημαντική ποσότητα υπολειμματικής βιομάζας. Όταν αυτή η βιομάζα μετατρέπεται σε βιοκαύσιμα, παρέχει χρήση για υλικά που διαφορετικά θα συνέβαλαν στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, μετριάζοντας έτσι την απελευθέρωση επιβλαβών εκπομπών στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, το βιοντίζελ που παράγεται από απόβλητα, τυγχάνει ιδιαίτερης προσοχής από φορείς όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία υπολογίζει αυτά τα βιοκαύσιμα διπλά στους στόχους των χωρών μελών για χρήση βιοκαυσίμων. Αυτή η πολιτική αντανακλά την υψηλή περιβαλλοντική αξία που αποδίδεται σε αυτά τα βιοκαύσιμα λόγω του σημαντικού δυναμικού μείωσης των εκπομπών CO₂, το οποίο μπορεί να φτάσει ή να υπερβεί το 88%, σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα (Κολέτσιος, 2023).

Κατά συνέπεια, η προώθηση βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα όχι μόνο ενθαρρύνει την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά διαδραματίζει επίσης κρίσιμο ρόλο στην παγκόσμια προσπάθεια για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής μειώνοντας ουσιαστικά την ατμοσφαιρική συσσώρευση CO₂ (Agar at al., 2022).

Με βάση τις δυνατότητες της επεξεργασίας στερεών αποβλήτων για την παραγωγή βιοκαυσίμων, είναι σημαντικό να εξεταστούν οι ευρύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης γεωργικών αποβλήτων για βιοκαύσιμα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει αναγνωρίσει τα διπλά οφέλη αυτής της προσέγγισης, όπως αποδεικνύεται από τις πολιτικές της που δίνουν κίνητρα για τη χρήση βιοντίζελ που προέρχεται από απόβλητα υλικά (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Εκτός από τη στήριξη πολιτικής, τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση γεωργικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ποσοτικά και σημαντικά. Μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση των απορριμμάτων, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων, μπορεί να οδηγήσει σε εντυπωσιακή μείωση των εκπομπών CO₂ περισσότερο από 88% σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα. Αυτή η σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι ένα πολλά υποσχόμενο βήμα για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι ενώ το βιοντίζελ από απόβλητα υλικά προσφέρει μείωση των εκπομπών CO₂, πρέπει να ληφθεί υπόψη ολόκληρος ο κύκλος ζωής της παραγωγής βιοκαυσίμων. Συγκεκριμένα, το CO₂ που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής των βιοκαυσίμων μπορεί να αναιρέσει ορισμένα από τα οφέλη αειφορίας εάν δεν διαχειρίζεται σωστά. Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη η ίδια η διαδικασία παραγωγής να έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι όσο το δυνατόν χαμηλών εκπομπών για να διατηρηθεί η ακεραιότητα των περιβαλλοντικών κερδών (Agar at al., 2022).

Επιπλέον, η προστασία του περιβάλλοντος που προσφέρει η μετατροπή των γεωργικών αποβλήτων σε βιοκαύσιμα εκτείνεται πέρα από την άμεση μείωση των εκπομπών CO₂. Η διαδικασία έχει επίσης το πλεονέκτημα του μετριασμού των αρνητικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τη διάθεση των αποβλήτων, καθώς η μετατροπή των αποβλήτων σε βιοκαύσιμα παρακάμπτει την ανάγκη για παραδοσιακές μεθόδους διάθεσης που μπορούν να οδηγήσουν σε μόλυνση του εδάφους και των υδάτων (EUROPEAN COMMISSION, 2022). Εκτρέποντας τα γεωργικά απόβλητα από τους χώρους υγειονομικής ταφής και αντί να τα χρησιμοποιεί ως πηγή παραγωγής ενέργειας, η βιομηχανία βιοκαυσίμων όχι μόνο συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά διαδραματίζει επίσης καίριο ρόλο στη διατήρηση της ποιότητας του φυσικού μας περιβάλλοντος. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση διαχείρισης αποβλήτων και παραγωγής ενέργειας αποτελεί παράδειγμα των πολύπλευρων πλεονεκτημάτων των βιοκαυσίμων που προέρχονται από γεωργικά απόβλητα, τοποθετώντας τα ως βασικό συστατικό στη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον ενεργειακό τοπίο (Khoshnevisan at al., 2021).

4.3.8.6 Κύκλος ζωής βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα

Ενώ οι τεχνολογίες για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ακόμη υπό ανάπτυξη και παραμένουν απροσδιόριστες, τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση βιοντίζελ

από γεωργικά απόβλητα έναντι των παραδοσιακών ορυκτών καυσίμων έχουν αναγνωριστεί. Συγκεκριμένα, ο κύκλος ζωής των βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα παρουσιάζει σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, αν και δεν τις εξαλείφει εντελώς. Μελέτες δείχνουν ότι η μείωση του CO₂ για τα βιοκαύσιμα από απόβλητα σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα κυμαίνεται από 30 έως 88%, ανάλογα με διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του τύπου των αποβλήτων και της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας μετατροπής (Χρήστου, 2017).

Το βιοντίζελ που κατασκευάζεται από άχρηστα υλικά είναι ιδιαίτερα πλεονεκτικό, καθώς η χρήση του επιτυγχάνει μειώσεις στις εκπομπές CO₂ που μπορεί να φτάσουν ή και να ξεπεράσουν το 88%. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο ότι η παραγωγή βιοντίζελ από απόβλητα δεν προσθέτει επιπλέον CO₂ στην ατμόσφαιρα και ταυτόχρονα προστατεύει το περιβάλλον από τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάθεσης των απορριμμάτων (Kouytsoumpa et al., 2021)

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αναγνωρίζοντας αυτά τα περιβαλλοντικά οφέλη, υπήρξε ένθερμος υποστηρικτής της χρήσης βιοντίζελ από απόβλητα. Ενθαρρύνει τη χρήση του μέσω νομοθετικών μέτρων και οι ποσότητες βιοντίζελ από τα απόβλητα που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα κινητήρα υπολογίζονται διπλά στους στόχους χρήσης βιοκαυσίμων που έχουν τεθεί για τις χώρες μέλη. Αυτό όχι μόνο δίνει κίνητρα για τη χρήση βιοντίζελ, αλλά και ευθυγραμμίζεται με τους ευρύτερους περιβαλλοντικούς στόχους της ΕΕ, προωθώντας καθαρότερες, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

4.3.8.7 Οικονομική ανάλυση παραγωγής βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα

Στο πλαίσιο της πολιτικής της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οικονομική βιωσιμότητα των βιοκαυσίμων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που αξίζει περαιτέρω εξέταση. Οι ελεγκτές εξέτασαν το πλαίσιο για να κατανοήσουν τους μηχανισμούς ολοκλήρωσης και υποστήριξης που στοχεύουν στην προώθηση της

υιοθέτησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων (ECA Publications, 2018).

Ενώ εφαρμόζονται συγκεκριμένες πολιτικές για την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων, η οικονομική βιωσιμότητα αυτών των εναλλακτικών λύσεων έναντι των παραδοσιακών καυσίμων είναι πολύπλοκη και πολύπλευρη. Για παράδειγμα, η παραγωγή βιοκαυσίμων από απόβλητα υλικά, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, θα μπορούσε να προσφέρει διπλό όφελος: μείωση των αποβλήτων και παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, η οικονομική σκοπιμότητα τέτοιων διαδικασιών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών μετατροπής και τη ζήτηση της αγοράς για βιοκαύσιμα. Επιπλέον, οι επιδοτήσεις και τα κίνητρα διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στο να καταστούν τα βιοκαύσιμα ανταγωνιστικά έναντι των παραδοσιακών ορυκτών καυσίμων, τα οποία έχουν εδραιωμένες αλυσίδες εφοδιασμού και οικονομίες κλίμακας (Koytsoumpa at al., 2021)

Το πλαίσιο πολιτικής της ΕΕ, επομένως, όχι μόνο υποστηρίζει την τεχνολογική ανάπτυξη, αλλά αντιμετωπίζει και τα οικονομικά εμπόδια για την είσοδο στην αγορά βιοκαυσίμων, ένα απαραίτητο βήμα για να διασφαλιστεί ότι η υιοθέτηση βιοκαυσίμων δεν είναι μόνο περιβαλλοντικά βιώσιμη, αλλά και οικονομικά βιώσιμη μακροπρόθεσμα (Koytsoumpa at al., 2021).

4.3.8.8 Προκλήσεις και μελλοντικές προοπτικές στη βιώσιμη παραγωγή βιοκαυσίμων

Ανάμεσα στα κύρια εμπόδια στην επέκταση της παραγωγής βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα είναι η εγγενής σύγκρουση μεταξύ της παραγωγής καυσίμων και τροφίμων. Αυτή η ένταση προκύπτει από το γεγονός ότι ορισμένες από τις πρώτες ύλες για βιοκαύσιμα θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τρόφιμα, οδηγώντας σε ανταγωνισμό μεταξύ των δύο χρήσεων (De Olde et al., 2020). Ο ρόλος των υγρών βιοκαυσίμων, που προέρχονται από πρώτες ύλες όπως το καλαμπόκι και το ζαχαροκάλαμο και τα βιοκαύσιμα στερεάς φάσης, που παράγονται συνήθως από λιγνοκυτταρινικά υλικά όπως το άχυρο ή τα ροκανίδια, είναι κεντρικός (Köninger et al., 2021).

Οι ανησυχίες σχετικά με αυτό τον ανταγωνισμό έχουν ενταθεί καθώς η παραγωγή βιοκαυσίμων έχει εμπλακεί στην αύξηση των τιμών των τροφίμων και δυνητικά σε κίνδυνο της επισιτιστικής ασφάλειας σε ορισμένες περιοχές. Η πρόκληση είναι να διαχειριστούμε την ισορροπία μεταξύ αυτών των ανταγωνιστικών αναγκών με τρόπο που να διασφαλίζει ότι τόσο η παραγωγή ενέργειας, όσο και η παραγωγή τροφίμων, είναι βιώσιμα και δεν υπονομεύουν η μία την άλλη (Αραβανή, 2023).

Το θέμα αυτό ευθυγραμμίζεται με τους ευρύτερους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία στοχεύει στη δημιουργία μιας βιώσιμης και ψηφιακής Ευρώπης. Ως μέρος αυτών των προσπαθειών, η Επιτροπή έχει περιγράψει σχέδια για την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη βιοκαυσίμων. Ωστόσο, η επιδίωξη ενός βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος πρέπει να αντιμετωπίσει το ενδεχόμενο σύγκρουσης μεταξύ της παραγωγής τροφίμων και καυσίμων, διασφαλίζοντας ότι το μακροπρόθεσμο σχέδιο βελτιώνει τη συνολική ποιότητα ζωής χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη διαθεσιμότητα τροφίμων (Παπανάγνου, 2012).

4.3.8.9 Μελλοντικές προοπτικές για βιώσιμη παραγωγή βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα

Δεδομένης της απουσίας συγκεκριμένων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται επί του παρόντος για την παραγωγή βιοκαυσίμων από γεωργικά απόβλητα, οι μελλοντικές προοπτικές εξαρτώνται από τις δυνατότητες της βιοτεχνολογίας να δημιουργήσει βιώσιμες οδούς για βιώσιμη ενέργεια. Η ενσωμάτωση της βιοτεχνολογίας στον αγροτικό τομέα είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς, τα οποία παράγονται από βιομάζα μη τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών και άλλων οργανικών απορριμμάτων (Γεωργακάκης, 2017).

Αυτά τα βιοκαύσιμα αντιπροσωπεύουν μια πολλά υποσχόμενη οδό για τη βιώσιμη παραγωγή ενέργειας, καθώς δεν ανταγωνίζονται άμεσα τις καλλιέργειες τροφίμων για αρόσιμη γη, αντιμετωπίζοντας έτσι τις ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια και τον εφοδιασμό τροφίμων, ενώ παράλληλα διευκολύνουν την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαχείριση του τοπίου. Επιπλέον, οι προοπτικές για βιώσιμη παραγωγή βιοκαυσίμων ενισχύονται από τις ευκαιρίες που προσφέρει η βιοτεχνολογία για την καλύτερη αξιοποίηση των οργανικών αποβλήτων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν ως πολύτιμος ενεργειακός πόρος (Αραβανή, 2023).

Ως εκ τούτου, η επένδυση στη βιοτεχνολογική έρευνα είναι ζωτικής σημασίας για να ξεκλειδωθούν αυτά τα βιώσιμα μονοπάτια και να διασφαλιστεί ότι οι περιοχές με επί του παρόντος αναποτελεσματική αγροτοβιομηχανική παραγωγή μπορούν να μεταβούν σε πιο βιώσιμες και οικονομικές μεθόδους παραγωγής βιοκαυσίμων. Αυτή η έρευνα δεν είναι μόνο σημαντική για την ενεργειακή διαφοροποίηση, αλλά και για την ενίσχυση της οικονομικής απόδοσης των διαδικασιών παραγωγής βιοκαυσίμων, η οποία είναι απαραίτητη για τη μελλοντική βιωσιμότητα και επιτυχία τους (Αραβανή, 2023).

4.4 Μελέτες περιπτώσεων και συγκριτική ανάλυση

Ο γεωργικός τομέας, γνωστός για τη σημαντική συμβολή του στις παγκόσμιες εκπομπές, έχει σημειώσει αξιοσημείωτα βήματα στη μείωση των εκπομπών που σχετίζονται με τα απόβλητα μέσω καινοτόμων περιπτώσιολογικών μελετών. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η χρήση αναερόβιων χώνευτων, οι οποίοι μετατρέπουν τα ζωικά απόβλητα σε βιοαέριο, μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Ζαφείρης, 2017). Αυτή η τεχνολογία όχι μόνο μετριάζει την έκλυση μεθανίου, ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου, αλλά παρέχει επίσης στους αγρότες μια εναλλακτική ροή εσόδων (Σιάνου, 2018).

Επιπλέον, οι πρακτικές κομποστοποίησης έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε διάφορες φάρμες, μετατρέποντας τα οργανικά απόβλητα σε πολύτιμο λίπασμα, μειώνοντας έτσι την εξάρτηση από συνθετικές εναλλακτικές λύσεις που είναι ενεργοβόρες για παραγωγή (Gan et al., 2023).

Η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών είναι μια κοινή πρακτική σε πολλά μέρη του κόσμου, αλλά απελευθερώνει αέρια θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Οι βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις για την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών περιλαμβάνουν τη χρήση οργώματος διατήρησης και την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών για τη διαχείριση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών, όπως η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση (Γιαλαμά, 2023).

Οι παραδοσιακές τεχνικές διαχείρισης κοπριάς, όπως η διασπορά κοπριάς στα χωράφια, μπορεί να οδηγήσουν σε εκπομπές μεθανίου και οξειδίου του αζώτου. Οι τεχνικές αειφόρου διαχείρισης κοπριάς περιλαμβάνουν την κάλυψη εγκαταστάσεων αποθήκευσης κοπριάς με αδιαπέραστα καλύμματα, οι οποίες δεσμεύουν τις εκπομπές μεθανίου και τις μετατρέπουν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Μανιός, 2016).

Τα παραδοσιακά λιπάσματα μπορούν να απελευθερώσουν υποξείδιο του αζώτου, ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου, στην ατμόσφαιρα. Οι βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις περιλαμβάνουν τη χρήση οργανικών λιπασμάτων, όπως το λίπασμα και την κοπριά και τη χρήση τεχνικών γεωργίας ακριβείας για τη μείωση της ποσότητας λιπάσματος που απαιτείται (Κοντάνας, 2019).

Αυτές οι περιπτώσιολογικές μελέτες δεν αποτελούν μεμονωμένα παραδείγματα, αλλά είναι μέρος ενός ευρύτερου προτύπου όπου οι πρακτικές βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων υιοθετούνται και βελτιώνονται όλο και περισσότερο. Διεξάγοντας συγκριτικές αναλύσεις αυτών των πρακτικών, οι ερευνητές και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να εντοπίσουν τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές για τη μείωση των εκπομπών και να αναπτύξουν στοχευμένες προσεγγίσεις για τη διάδοσή τους (ΚΑΠ, 2020). Οι δείκτες επιτυχίας αυτών των έργων συχνά περιστρέφονται γύρω από την επεκτασιμότητα, τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας και το βαθμό στον οποίο συμβάλλουν στους συνολικούς στόχους βιωσιμότητας του γεωργικού τομέα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



Στην Ευρώπη παρατηρείται αξιοσημείωτη μείωση των εκπομπών μετά το 1990. Στην Αμερική στην Ασία και την Αφρική η τάση είναι αυξητική.

Αυτό οφείλεται:

- Ρυθμιστικό πλαίσιο

Οι χώρες με το αυστηρότερο νομοθετικό πλαίσιο είναι η Γερμανία, η Σουηδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Δανία και η Ιαπωνία.

- Αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες

Η Ευρώπη φιλοξενεί πολλά εξαιρετικά ανεπτυγμένα έθνη με προηγμένες οικονομίες, ισχυρές υποδομές, υψηλά επίπεδα διαβίωσης και καλά εδραιωμένα κοινωνικά συστήματα

- Μεγάλη έκταση και πληθυσμό

Η Ευρώπη είναι η μικρότερη τόσο σε έκταση όσο και σε πληθυσμό σε σχέση με την Ασία, την Αφρική και την Αμερική



Από τις τάσεις που μας έδωσε η μέθοδος Mann-Kendall φαίνεται η ανοδική τάση που υπάρχει στις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων από γεωργική δραστηριότητα στην περίοδο 1961-2021. Η τάση είναι αυξητική και οδηγεί σε αρνητικές συνέπειες τόσο σε ποιότητα αέρα όσο και στο περιβάλλον.



Οι υψηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις καλλιέργειες σε σύγκριση με την καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών μπορούν να αποδοθούν σε διάφορους παράγοντες. Οι καλλιέργειες περιλαμβάνουν διάφορα στάδια που συμβάλλουν στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ενώ η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών συνήθως απελευθερώνει χαμηλότερες εκπομπές. Όταν καίγονται τα υπολείμματα των καλλιεργειών, η διαδικασία καύσης είναι πιο αποτελεσματική σε σύγκριση με τη φυσική αποσύνθεση. Αυτή η αποτελεσματική καύση έχει ως

αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα σε σχετικά μικρότερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με ολόκληρο τον κύκλο ανάπτυξης των καλλιεργειών. Αυτή η μικρότερη διάρκεια οδηγεί σε χαμηλότερο συνολικό CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Συμπερασματικά, οι υψηλότερες εκπομπές του άνθρακα από τις καλλιέργειες προέρχονται κυρίως από τις φυσικές διεργασίες που εμπλέκονται στον κύκλο ανάπτυξής τους με τιμές παγκοσμίως περίπου 195.852kt το 2021, ενώ η καύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές λόγω ελεγχόμενης καύσης και μικρότερης διάρκειας απελευθέρωσης με τιμές παγκοσμίως περίπου 37.865 kt το 2021. Η κατανόηση αυτών των παραγόντων είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση και τον μετριασμό των εκπομπών στις γεωργικές πρακτικές.

Τέλος οι μεγαλύτερες εκπομπές μεθανίου παρατηρούνται στην κτηνοτροφία με τιμές να φτάνουν σε παγκόσμιο επίπεδο περίπου 112.222 kt το έτος 2021. Ορισμένοι βασικοί παράγοντες που συμβάλλουν στις υψηλές εκπομπές μεθανίου από την κτηνοτροφία είναι:

Εντερική ζύμωση σε μηρυκαστικά

Αύξηση ζωικού πληθυσμού και εντατική εκτροφή

Πρακτικές διαχείρισης κοπριάς

Αντιμετωπίζοντας αυτούς τους παράγοντες και εφαρμόζοντας βιώσιμες πρακτικές, η κτηνοτροφική βιομηχανία μπορεί να εργαστεί για να μειώσει τη συμβολή της στις εκπομπές μεθανίου και να μετρήσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα.



Τα γεωργικά απόβλητα ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα μέσω των αερίων ρύπων που εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα. Για να περιοριστούν και να ελεγχθούν αυτές οι εκπομπές πρέπει να εφαρμοστούν τεχνικές οι οποίες περιορίζουν την αέρια ρύπανση

Η πιο κοινή τεχνική διαχείρισης γεωργικών απορριμμάτων είναι η εφαρμογή εδάφους, η οποία περιλαμβάνει την εφαρμογή ζωικής κοπριάς σε χωράφια ως λίπασμα. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλά μέρη του κόσμου.

Ωστόσο, υπάρχει μια τεχνική διαχείρισης γεωργικών αποβλήτων που δεν χρησιμοποιείται σε αρκετές περιοχές, και αυτή είναι η τεχνική παραγωγής βιοαερίου από αναερόβια χώνευση της κοπριάς των ζώων. Αυτό συμβαίνει γιατί ορισμένες χώρες έχουν χαμηλό εισόδημα με περιορισμένη πρόσβαση στην τεχνολογία και τις επενδύσεις. Επίσης, υπάρχουν και περιοχές όπου επικρατούν παραδοσιακές γεωργικές πρακτικές χωρίς ιδιαίτερο εκσυγχρονισμό. Αν και η παραγωγή βιοαερίου κερδίζει δημοτικότητα σε ορισμένες περιοχές, εξακολουθεί να μην είναι κοινή σε πολλά μέρη του κόσμου.

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους η παραγωγή βιοαερίου δεν χρησιμοποιείται σε αυτές τις περιοχές. Ένας λόγος είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης εγκαταστάσεων παραγωγής βιοαερίου. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχει έλλειψη γνώσης και ευαισθητοποίησης σχετικά με τα οφέλη της παραγωγής βιοαερίου και τον τρόπο σωστής διαχείρισης της διαδικασίας.

Συμπερασματικά, αρκετές τεχνικές διαχείρισης γεωργικών απορριμμάτων μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Αυτά περιλαμβάνουν τη χρήση αναερόβιας χώνευσης για την παραγωγή βιοαερίου, γεωργικές τεχνικές ακριβείας για τη βελτιστοποίηση της εφαρμογής λιπασμάτων και κομποστοποίηση για τη μείωση της ποσότητας οργανικής ύλης που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Με τη χρήση αυτών των τεχνικών, μπορούν να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις των γεωργικών αποβλήτων στο περιβάλλον και να βελτιωθεί η ποιότητα του αέρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alnahhal M.F., Alengaram U.J., Jumaat M.Z., Alsubari B., Alqedra M.A., Mo K.H., (2018). Effect of aggressive chemicals on durability and microstructure properties of concrete containing crushed new concrete aggregate and non-traditional supplementary cementitious materials. *Constr. Build. Mater*, 163, 482–495.
- Agar, D. A., Athanassiadis, D., & Pavelka, B. J., (2022). The CO2 cutting cost of biogas from humanure and livestock manure. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, Part A, 102381
- Aravani V.P., Sun H., Yang Z., Liu G., Wang W., Anagnostopoulos G., Syriopoulos G., Charisiou N.D., Goula M.A., Kornaros M., Papadakis M.V., (2022). Agricultural and livestock sector's residues in Greece & China: Comparative qualitative and quantitative characterization for assessing their potential for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol 154, 111821. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111821>
- Bartoli, M.; Rosi, L.; Giovannelli, A.; Frediani, P.; Frediani, M., (2020). Characterization of bio-oil and bio-char produced by low-temperature microwave-assisted pyrolysis of olive pruning residue using various absorbers. *Waste Manag. Res.* 2020, 38, 213–225
- Berenguer R.A., Capraro A.P., Medeiros M.H.F., Carneiro A.M.P., De Oliveira R.A., (2020). Sugar cane bagasse ash as a partial substitute of Portland cement: Effect on mechanical properties and emission of carbon dioxide. *J. Environ. Chem. Eng.* 2020, 8, 103655.
- Bedoić R., Čosić B. and Duić N., (2019). Technical potential and geographic distribution of agricultural residues, co-products and by-products in the European Union, Vol 686, pp 568-579. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.219>

- Bhat, P.A., Shafiq, M., Mir, A.A. and Ahmed, P., (2017). Urban sprawl and its impact on land use/land cover dynamics of Dehradun City, India. *Int. J. Sustain.*, 6(2): 513–521
- Bhatnagar, N., Ryan, D., Murphy, R., & Enright, A., (2022). A comprehensive review of green policy, anaerobic digestion of animal manure and chicken litter feedstock potential – Global and Irish perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 154, 111884.
- Das, S.K.; Ghosh, G.K.; Avasthe, R., (2021). Applications of biomass derived biochar in modern science and technology. *Environ. Technol. Innov.* 2021, 21, 101306
- De Olde, E.M., Van der Linden, A., Olde Bolhaar, L.D. and De Boer, I.J.M., (2020). Sustainability challenges and innovations in the Dutch egg sector. *J. Clean. Prod.*, 258: 120974.
- Dotas, V., Gourdouvelis, D., Hatzizisis, L., Kaimakamis, I., Mitsopoulos, I., & Symeon, G., (2021). Typology, Structural Characterization and Sustainability of Integrated Broiler Farming System in Epirus, Greece. *Sustainability*, 13(23), 13084.
- ECA Publications, (2018). Ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές για βιώσιμη αγροτική ανάπτυξη: σημαντικές δυνατότητες συνεργιών που παραμένουν εν πολλοίς αναξιοποίητες. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΛΕΓΚΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
- ECA Publications, (2023). η Στήριξη της ΕΕ για βιώσιμα βιοκαύσιμα στις μεταφορές. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΛΕΓΚΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
- ECA Publications, (2018). Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΛΕΓΚΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
- EUROPEAN COMMISSION, (2017). Best Available Techniques (BAT), Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs.
- EUROPEAN COMMISSION, (2022). COMMISSION STAFF WORKING

DOCUMENT. The EU Environmental Implementation Review 2022 Country Report – GREECE, Brussels, 8.9.2022. SWD(2022) 254 final.

European Environment Agency, (2020). Air quality in Europe — 2020 report.

Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Fan, H., Liao, J., Abass, O., Liu, L., Huang, X., Li, J., . . . Liu, C., (2021).

Concomitant management of solid and liquid swine manure via controlled cocomposting: Towards nutrients enrichment and wastewater recycling.

Resources, Conservation & Recycling, 168, 105308.

Ferronato N. and Torretta, V., (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. Int.

Frías, M. Rodríguez, O. De Rojas, M.I.S. Villar, E. Rodrigues, M.S. Savastano, H., (2017). Advances on the development of ternary cements elaborated with biomass ashes coming from different activation process. Constr. Build. Mater. 136, 73–80

Gao, H.; Yan, C.; Liu, Q.; Ding, W.; Chen, B.; Li, Z. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. Sci. Total Environ, (2019). 651, 484–492.

Gan S., Chen R. S., Padzil F. N. M., Moosavi S., Mou'ad A. T., Loh S. K., & Idris Z., (2023). Potential valorization of oil palm fiber in versatile applications towards sustainability: A review. Industrial Crops and Products, 199, 116763.

Hellin, J. & Fisher, E., (2019). Climate-Smart Agriculture and Non-Agricultural Livelihood Transformation. Climate, 7, 48.

Hi J., Kawasaki S. and Achal V., (2020). The Utilization of Agricultural Waste as Agro-

Cement in Concrete: A Review. Sustainability 2020, 12(17), 6971;

<https://doi.org/10.3390/su12176971>

Ho T. T. K., Le T. H., Tran C. S., Nguyen P. T., Thai V. N. & Bui X. T., (2022).

Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 6, 100211.

Hong, H., Fan, H., Roy, B.C. and Wu, J., (2021). Amylase enhances production of low

molecular weight collagen peptides from the skin of spent hen, bovine, porcine, and tilapia. *Food Chem.*, 352: 129355.

Khoshnevisan, B., Duan, N., Tsapekos, P., Awasthi, M., Liu, Z., Mohammadi, A.,

Liu, H., (2021). A critical review on livestock manure biorefinery technologies: Sustainability, challenges, and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110033.

Köninger, J., Lugato, E., Panagos, P., Kochupillai, M., Orgiazzi, A., & Briones, M. ,

(2021). Manure management and soil biodiversity: Towards more sustainable food systems in the EU. *Manure management and soil biodiversity: Towards more sustainable food systems in the EU*, 194, 103251.

Koul B., Yakoob M., Shah, M.P., (2022). Agricultural waste management strategies for

environmental sustainability. *Environmental Research* (Vol. 206). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>

Koytsoumpa, E., Magiri – Skouloudi, D., Karellas, S., & Kakaras, E. (2021,

December). Bioenergy with carbon capture and utilization: A review on the potential deployment towards a European circular bioeconomy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152 , 111641.

Kumar, M. & Prakash, V. ,(2020). A review on solid waste: Its impact on air and water quality. *J. Pollut. Effect Control*, 8(4): 252

Liew, K.M. Sojobi, A.O. Zhang, L. ,(2017). Green concrete: Prospects and challenges. *Constr. Build. Mater*, 156, 1063–1095.

Moustakas, K., Sotiropoulos, D., & Vakalis, S. ,(2021). Evaluation of the biogas potential of agricultural biomass waste for energy applications in Greece: A case study of the western Greece region. *Waste Management & Research*, 39(3), 438-447.

O'Connor, S., Ehimen, E., Pillai, S., Black, A., Tormey, D., & Bartlett, J. ,(2021). Biogas

production from small-scale anaerobic digestion plants on European farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110580

- Orner, K., Cornejo, P., Camacho, D., Alvarez, M., & Camacho-Cespedes, F., (2021).
Improving Life Cycle Economic and Environmental Sustainability
of Animal Manure Management in Marginalized Farming Communities
Through Resource Recovery. *Environmental Engineering Science*, 38(5), 310-
319.
- Pandey, B., & Chen, L., (2021). Technologies to recover nitrogen from
livestock manure - A review. *Science of the Total Environment*, 784, 147098.
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T. & Woznicki, S. A., (2017).
Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate
Risk Management*, 16, 145-163.
- Patil S., Konde K., & Behera S. ,(2022). Bio-circular economy: an opportunity for
diversification for sugar industries in compressed biogas (CBG) and organic
fertilizer production. *Sugar Tech*, 24(4), 1079-1092.
- Pratibha, G., Srinivas, I., Rao, K. V., Raju, B. M. K., Shanker, A. K., Jha, A., Kumar,
M. U., Rao, K. S. & Reddy, K. S., (2019). Identification of environment
friendly tillage implement as a strategy for energy efficiency and mitigation of
climate change in semiarid rainfed agro ecosystems. *Journal of Cleaner
Production*, 214, 524-535.
- Sharma, A., Singh, G. and Arya, S.K., (2020). Biofuel from rice straw. *Journal of
Cleaner Production*, 277,124101.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124101>
- Shyamsundar P., Springer N.P., Tallis H., Polasky S., Jat M.L., Sidhu H.S.,
Krishnapriya P.P., Skiba N., Ginn W., Ahuja V., Cummins J., Datta I., Dholakia
H.H., Dixon, Gerard J.B., Gupta R., Hellmann J., Jadhav A., Keil A, Ladha
G.K., Lopez-Ridaura S., Nandrajog S.P., Paul S., Ritter A., Sharma P.C., Singh
R., Singh D., and Somanathan R., (2019). Fields on fire: Alternatives to crop
residue burning in India. VOL. 365, NO. 6453.
<https://doi.org/10.1126/science.aaw4085>
- Thorman, R., Nicholson, F., Topp, K., Bell, M., Cardenas, L., Chadwick, D., . . .
Williams, J., (2020). Towards Country-Specific Nitrous Oxide

Emission Factors for Manures Applied to Arable and Grassland Soils in the UK. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.

- Tolera, S.T. & Alemu, F.K., (2020). Potential of abattoir waste for bioenergy as sustainable management, Eastern Ethiopia. *J. Energy*, 2020: 6761328.
- Tripathi N., Hills C.D. and Aktinson C., (2019). Biomass waste utilisation in low-Carbon products: harnessing a major potential resource. (Vol 35) *npj Climate and Atmospheric Science*
- Vlyssides, A., Mai S. and Barampouti, E.M., (2015). Energy generation potential in Greece from agricultural residues and livestock manure by Anaerobic Digestion Technology. *Waste Biomass Valor*, 6, pp 747–757. doi: 10.1007/s12649-015-9400-5
- Wojcieszak, D., Przybył, J., Myczko, R. & Myczko, A., (2018). Technological and energetic evaluation of maize stover silage for methane production on technical scale. *Energy*, V 151, pp 903-912. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.082>
- World Bank, (2019). Agricultural land (% of land area) [Online]. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/ag.lnd.agri.zs> [Accessed 05/06/2019].
- Yuvaraj, A., Thangaraj, R., Ravindran, B., Chang, S., & Karmegam, N., (2021). Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology – A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. *Environmental Pollution*, 268 Part A, 115688.
- Zheng, J. and Suh, S., (2019). “Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics”, *Nature Climate Change*, 9, 374-378.
- Zhu, Y., Merbold, L., Leitner, S., Pelster, D.E., Okoma, S.A., Ngetich, F., Onyango, A.A., Pellikka, P. and Butterbach-Bahl, K., (2020). The effects of climate on decomposition of cattle, sheep and goat manure in Kenyan tropical pastures. *Plant and Soil*, 451(1-2), pp. 325- 343. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04528-x>

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αντωνάκος Ιωάννης, (2018). «Εναλλακτική διαχείριση πράσινων αποβλήτων ΟΤΑ.

Μελέτη περίπτωσης: Δήμος Νίκαιας – Αγίου Ιωάννη Ρέντη». Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, ΠΜΣ Διαχείριση Αποβλήτων

Αραβανή Β., (2023). Integrated management and exploitation of agricultural residues: application to energy production, Πανεπιστήμιο Πατρών. Σχολή Πολυτεχνική.

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος. Διδακτορική Διατριβή, Αγρίνιο

Ασchonίτης Β., (2020). Η νέα ΚΑΠ, οικοσυστημικές υπηρεσίες και γεωργία ακριβείας.

Ινστιτούτου Εδαφοϋδατικών Πόρων ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο για το βαμβάκι. Λάρισα.

Βέρρας Ν., (2020). Διαχείριση και Αξιοποίηση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων. Μελέτη

Περίπτωσης, για την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας. ΕΑΠ, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Διαχείριση Αποβλήτων, Πάτρα

Βγενόπουλος Ν., (2018). Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων. Μελέτη

περίπτωσης στη Δυτική Ελλάδα, ΕΑΠ, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Διαχείριση Αποβλήτων, Πάτρα

Γέμτος, Φ., (2022). Συμβολή της Γεωργίας στην αντιμετώπιση της κλιματικής

αλλαγής. Ανακτήθηκε από, <https://www.ypethe.gr/archive/klimatiki-allagi-0>

Γεωργακάκης, Δ., (2011). Διαχείριση Αποβλήτων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών,

Αθήνα.

Γεωργακάκης Δ., (2017). Διαχείριση αποβλήτων, Δευτεροβάθμια

Επεξεργασία Γεωργο-Βιομηχανικών αποβλήτων, Πανεπιστημιακές

Σημειώσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Γιαλαμά Π., (2023). ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ

ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ: ΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ. Μεταπτυχιακή

Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, Μάιος.

Γλουστίανου Κ., (2017). «Περιβαλλοντική και οικονομική ανάλυση των τοπικών

σχεδίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων στο δήμο Λαμιέων». ΣΧΟΛΗ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΒΙΩΣΙΜΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ» ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Δαφερέρας, Ν., (2021). Διαχείριση και αξιοποίηση γεωργικών και κτηνοτροφικών

αποβλήτων στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου με αναερόβια χώνευση για την

παραγωγή βιοαερίου, Μεταπτυχιακή Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό

Πανεπιστήμιο, Αθήνα, Μάιος.

Δέλιος Κ., Κουτρούλης Α., & Χηνητήρη Ε., (2014). Επεξεργασία οργανικών

αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας, ΤΕΙ Αν. Μακεδονίας και Θράκης,

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., Μάιος

Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, (2021). Κοινή γεωργική πολιτική και κλίμα

Οι εκπομπές γεωργικής προέλευσης παραμένουν αμείωτες, μολονότι το ήμισυ

των δαπανών της ΕΕ για το κλίμα συνδέεται με τη γεωργία. Ειδική έκθεση

16/2021

Ευρωπαϊκή Ένωση, (2019). Η κοινή γεωργική πολιτική μετά το 2020:

περιβαλλοντικά οφέλη και απλούστευση. Ευρωπαϊκή Ένωση.

Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, (2020). Έκθεση της επιτροπής προς το

- Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το συμβούλιο για την πρόοδο που έχει συντελεστεί στην εφαρμογή της οδηγίας (ΕΕ) 2016/2284 σχετικά με τη μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων. Βρυξέλλες, 26.6.2020, COM(2020) 266 final
- ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, (2018). Ανακοίνωση της Επιτροπής σχετικά με την τεχνική καθοδήγηση για την ταξινόμηση των αποβλήτων. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. 9 Απριλίου 2018, 2018/C 124/01
- ΕΣΔΑ, (2020). «Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων», Αθήνα
- Ζαφείρης Χ., (2017). Ενεργειακή Αξιοποίηση Βιοαερίου στην Ελλάδα, Παρουσίαση, Building Green Open Space, Building Green Expo.
- ΚΑΠ, (2020). «Κοινή Αγροτική Πολιτική: ΒΙΩΣΙΜΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΚΑΙ ΦΥΛΑΞΗΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ », Κύπρος
- Καρτάλης, Κ., (2017). Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη. Αθήνα: διαΝΕΟσις, Οργανισμός Έρευνας & Ανάλυσης.
- Κερατιώτης Χ.,(2017). Διαχείριση κτηνοτροφικών αποβλήτων στην Περιφέρεια Κρήτης, ΕΜΠ, Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Αθήνα, Οκτώβριος
- Κιτσάρα, Γ., (2020). LIFE-IP AdaptinGR: Ενισχύοντας την εφαρμογή πολιτικής προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα. Αθήνα: Ινστιτούτο Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης.
- Κολέτσιος Ζ.Α., (2023). Διαχείριση γεωργικών αποβλήτων: Η περίπτωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μεταπτυχιακή Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, Ιούνιος.
- Κοντάνας, Α., (2019). Βέλτιστη διαχείριση κτηνοτροφικών αποβλήτων μέσω αναερόβιας χώνευσης στην περιφερειακή ενότητα Ξάνθης: Σύγκριση συγκεντρωτικών και αποκεντρωτικών σεναρίων διαχείρισης. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Ξάνθη.
- Κουλούρη Ο., (2018). Διαχείριση γεωργικών- κτηνοτροφικών αποβλήτων σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, ΕΑΠ, Σχολή Θετικών Επιστημών και

Τεχνολογίας, ΜΠΣ Διαχείριση Αποβλήτων (ΔΙΑ), Ορεστιάδα, Ιούλιος

- Λεπτοκαρίδης, Ι., (2021). Ενεργειακή αξιοποίηση γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων : η περίπτωση του Νομού Σερρών. Διπλωματική Εργασία Ε.Α.Π. Αθήνα Απόβλητα, Θεσσαλονίκη.
- Μανιός Θ., (2016). Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων, ΑΤΕΙ Κρήτης, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τόμος Α, Ηράκλειο.
- Μανιός Θ., (2016). Διαχείριση Γεωργικών Αποβλήτων, ΑΤΕΙ Κρήτης, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τόμος Β, Ηράκλειο.
- Μαρίνης Ι., (2017). Διαχείριση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων και Εξεύρεση Βέλτιστου συστήματος Επεξεργασίας, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Σχ. Χημικών Μηχανικών, Τομέας Χημικών Επιστημών.
- Μελά, Δ. Κ., (2019). Αξιοποίηση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων. ΕΑΠ- Γραπτή Εργασία
No 5, Στερεά
- Μπίμη Χ., (2019). Δείκτες ατμοσφαιρικής ποιότητας και η σχέση τους με το Ευρωπαϊκό και Διεθνές Νομοθετικό πλαίσιο. Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, ΠΜΣ Διαχείριση Αποβλήτων.
- Νάτση Α., (2023). «Συν-επίδραση της προηγούμενης καλλιέργειας και πρακτικών της γεωργίας διατήρησης στην ανάπτυξη και σε φυσιολογικά χαρακτηριστικά σκληρού σίτου». Μεταπτυχιακή Εργασία. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΒΟΛΟΣ
- Παππάς Χ., (2020). «ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ AGRO 2 ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ». ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Π.Μ.Σ.: ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ

ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ,
Αθήνα

Παπανάγνου Π., (2012). Η βιοενέργεια και τα βιοκαύσιμα και ο ρόλος τους στην
περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την ώθηση της βιοοικονομίας. Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε.
Πανελλήνια Ένωση Εκπαιδευτικών για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.
Τεύχος: 16 - 17 (61 - 62)

Παρλαβαντζας Κ., (2021). «ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ
ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕΣΩ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΜΒΟΛΗ ΑΥΤΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ». Μεταπτυχιακή
Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα,

Ρουμπάτος Γ., (2022). ΓΕΩΡΓΟΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ Η
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ. Μεταπτυχιακή Εργασία, Ελληνικό
Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, Ιούνιος.

Σιάνου Α., (2018). Διαχείριση και Αξιοποίηση Κτηνοτροφικών Αποβλήτων με
Αναερόβια Χώνευση για την Παραγωγή Βιοαερίου, Μεταπτυχιακή Εργασία,
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, ΠΜΣ Διαχείριση Αποβλήτων.

Σκάρλα Π. Γ., (2020). ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ
ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ
ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ.
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, Π.Μ.Σ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σκορίλας Α., (2020). Τα φυτοφάρμακα στη γεωργία: Είδη, χρήσεις, μέθοδοι ελέγχου
της παρουσίας τους στα τρόφιμα, επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο

περιβάλλον. Μεταπτυχιακή Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,
Πάτρα, Ιούνιος.

Στρατίκης Μ., Καραμέρος Κ., (2022). Η ολοκληρωμένη διαχείριση καλλιεργειών
φυτικής παραγωγής στην Ελλάδα. Συγκριτική μελέτη των προτύπων Agro 2
και EureGAP. Πανεπιστήμιο Πατρών. Τμήμα Γεωπονίας

Τσιράκη, Μ., (2022). ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ
ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ. Ιωάννινα:
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ / ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ from:
https://dagri.uoi.gr/wpcontent/uploads/2021/04/SHMEIOSEIS_DIAXEIRISH_APOVLHTON.pdf

Χρήστου Μ., (2017). «Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα και προοπτικές».
BIOMASS DAY "Η Αξιοποίηση της Βιομάζας στη Σύγχρονη
Πραγματικότητα" Μέρος I: Bioenergy for Business, Στερεά Βιοκαύσιμα,
Pellets. 7 Απριλίου 2017 Ανακτήθηκε στις 15 Δεκεμβρίου 2018 από
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/3_20170407_Biomass%20Day_%CE%A7%CE%A1%CE%97%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%A5.pdf

Ψημμένος Α., (2021). Παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο με
τη χρήση μείγματος Κτηνοτροφικών, Γαλακτοκομικών και γεωργικών
αποβλήτων, Μεταπτυχιακή Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,
Πάτρα,
Ιούνιος .

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

Γενική Γραμματεία Ενωσιακών Πόρων και Υποδομών. (2022). Εγκατάσταση νέων

γεωργών. Ανακτήθηκε από,

<http://www.agrotikianaptixi.gr/el/content/ypometro-61-egkatastasi-neon-georgon>

Ευρωπαϊκή Ένωση, (2018)

https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_en

Ευρωπαϊκή Ένωση, (2023). Παραγωγή απορριμμάτων ανά κατηγορία αποβλήτων

<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00108/default/table?lang=en>

Demertzis, K. (2019). Κλιματική αλλαγή. Ανακτήθηκε από,

https://www.researchgate.net/publication/332539194_Klimatike_Allage

SICAB, (2020). China Agricultural Waste Treatment Industry

<https://www.sicab.net/wp-content/uploads/2020/05/09.-China-Agricultural-Waste-Treatment-Industry-Report.pdf>

Ευρωπαϊκή Ένωση, (2007). ΕΚΘΕΣΗ σχετικά με τη βιοτεχνολογία: προοπτικές και προκλήσεις για την ευρωπαϊκή γεωργία. Ανακτήθηκε από:

https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-6-2007-0032_EL.html

European Commission (2019). Climate change. Retrieved from,

https://climate-pact.europa.eu/about/climate-change_el

European Commission (2020). Causes of climate change. Retrieved from,

https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_en

European Union. (2020). What is climate change? Retrieved from,

https://europa.eu/youth/get-involved/sustainable-development/whatclimatechange_en

[https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-frameworkdirective_el\(2023\)](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-frameworkdirective_el(2023))

<https://www.statistics.gr/el/statistics/agr> (2021)

<https://www.epa.gov/agstar/agstar-data-and-trends> (2019)

<http://www.rae.gr/geo/> (2020)

Ευρωπαϊκή Ένωση (2020). Wast statistics

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics

Ευρωπαϊκή Ένωση (2024). Συμφωνία σύνδεσης ΕΕ-Κεντρικής Αμερικής.
Ανακτήθηκε από:

<https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/el/content/symfonia-syndesis-ee-kentrikis-amerikis>

<https://www.farmerevolution.gr/articles/ximika-i-organika-lipasmata/> (2023)

Γιατί βιομάζα; (2022) Ανακτήθηκε από:

<https://hellabiom.gr/why-biomass/>

Περιβάλλον και κλιματική αλλαγή. Ανακτήθηκε από:

<https://eur-lex.europa.eu>

ΕΟΑΝ (Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης): ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ & ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ. Ανάκτηση από:

<https://www.eoan.gr>

ECO - Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης. Ανακτήθηκε από:

http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=77&catid=11&Itemid=485&lang=en