



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

Μεταπτυχιακή (Διπλωματική) Εργασία

Τεχνολογίες Ανάκτησης Θρεπτικών από
Ροές Αποβλήτων

Όνομα ΜΦ: Μαρία Γιάγκου

Επιβλέπουσα: Μαρία Λοιζίδου

Μέλη: Αικατερίνη Ιωάννα Χαραλάμπους,
Δημήτριος Μαλαμής

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Αθήνα, 2022

I. Πρόλογος

Ολοκληρώνοντας την μεταπτυχιακή μου διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Ομότιμη Καθηγήτρια Λοϊζίδου Μαρία, η οποία υπήρξε η επιβλέπουσα καθηγήτρια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος και τη συνεργασία καθόλη την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Για τους ίδιους λόγους θα ήθελα να ευχαριστήσω καθηγήτρια Αικατερίνη Ιωάννα Χαραλάμπους και τον Δρ. Δημήτρη Μαλαμή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Δρ. Μαρία Κυριαζή, τη Δρ. Γιέλιτσα Νοβάκοβιτς και τη Δρ. Ιωάννα Γεωργία Αθανασούλια για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά την έρευνα, συγγραφή και παρουσίαση αυτής της εργασίας.

II. Πίνακας Περιεχομένων

I. Πρόλογος.....	3
II. Πίνακας Περιεχομένων.....	4
III. Πίνακας Ακρονυμίων.....	7
IV. Κατάλογος Πινάκων.....	8
V. Πίνακας Εικόνων.....	9
VI. Περίληψη.....	11
VII. Abstract.....	12
VIII. Σύνοψη.....	13
1. Αναγκαιότητα παραγωγής λιπασμάτων βιολογικής βάσης.....	16
1.1 Παράγοντες διαμόρφωσης εδάφους.....	16
1.2 Κατηγορίες & χαρακτηριστικά λιπασμάτων.....	18
1.2.1 Λιπάσματα Βιολογικής Βάσης.....	27
1.3 Το πρόβλημα της φτωχοποίησης του εδάφους & η αναγκαιότητα χρήσης BBFs	28
1.4 Οφέλη και αποτελεσματικότητα των BBFs στην ενίσχυση της γεωργίας....	30
1.5 Συστατικά λιπασμάτων.....	31
1.5.1 Μακροθρεπτικά συστατικά.....	31
1.5.2 Μικροθρεπτικά συστατικά.....	33
1.5.3 Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από ροές αποβλήτων.....	37
1.5.4 Καταγραφή συστατικών των BBFs σε λύματα (Πιθανά συστατικά BBFs)	37
2. Τεχνολογίες επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων από διάφορες πηγές – Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών.....	43
2.1 Το πρόβλημα.....	43
2.2 Ανίχνευση ροών υγρών αποβλήτων (στην Ευρώπη των ‘28’).....	43
2.3 Τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών από ρεύματα υγρών αποβλήτων.....	47
3. Διαθέσιμες τεχνολογίες για την ανάκτηση φωσφόρου από λύματα στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας.....	50
3.1 Εισαγωγικά στοιχεία.....	50
3.1.1 Κύριες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που εφαρμόζονται σε μονάδες πλήρους κλίμακας υπό λειτουργία ή υπό άδεια/κατασκευή.....	54

3.1.2	Κύριες τεχνολογίες P-ανάκτησης από λύματα που εφαρμόζονται σε μονάδες Technology readiness ,TR6+	61
3.1.3	Κύριες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που εφαρμόζονται σε μονάδες (Technology readiness levels, TRL 6+).....	63
3.1.4	Πρόσθετες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου	67
3.1.5	Τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που βρίσκονται σε στάδιο Έρευνας & Ανάπτυξης.....	72
3.1.6	Τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που δεν είναι πλέον υπό ανάπτυξη.....	76
3.1.7	Προτάσεις STRUBIAS για τον κανονισμό της ΕΕ για τα λιπάσματα...	78
3.1.8	Βιβλιογραφική ανασκόπηση τεχνολογιών ανάκτησης φωσφόρου και άλλων θρεπτικών συστατικών αξιοποιήσιμων στην παραγωγή BBF.....	79
3.2	Εναλλακτική λύση για τη διαχείριση της λυματολάσπης στο μέλλον με θερμική μετατροπή	84
3.3	Οι σημαντικότερες τεχνολογικές εναλλακτικές για την ανάκτηση προϊόντων προστιθέμενης αξίας / παραγωγή BBFs	85
3.3.1	Ανάκτηση φωσφόρου από τα λύματα στο Amersfoort	86
3.3.2	Ανάκτηση P από στάχτες λυματολάσπης, οστεάλευρου και στρουβίτη	86
3.3.3	Ανάκτηση αζώτου από λυματολάσπη	87
4.	Διαθέσιμες τεχνολογίες για την ανάκτηση Αζώτου, Καλίου και άλλων θρεπτικών συστατικών από λύματα στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας.	89
4.1	Εισαγωγικά στοιχεία	89
4.2	Τεχνολογίες ανάκτησης αζώτου	90
4.3	Τεχνολογία ανάκτησης αζώτου ‘iHydroMET’	90
5.	Χαρτογράφηση αστικών αποβλήτων στην Ευρώπη.....	93
5.1	Εισαγωγικά στοιχεία	93
5.2	Χαρτογράφηση αστικών αποβλήτων Ελλάδα.....	96
5.3	Ανισορροπίες θρεπτικών (ρεύματα WW, ανάγκη για θρεπτικά σε σοδιές κλπ)	107
6.	Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών ανάκτησης θρεπτικών	112
7.	Οδηγίες & Στρατηγικές της ΕΕ	122
8.	Διάχυση αποτελεσμάτων.....	131
8.1	Ευρωπαϊκή πλατφόρμα βιώσιμου φωσφόρου (ESPP)	131
8.2	Συνέδρια	132
8.3	Κίνηση προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον	134

8.3.1	Κυκλική Οικονομία.....	134
8.4	Προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν κατά τη μετάβαση σε λιπάσματα με σύσταση βιολογικής βάσης	135
8.5	Προβλήματα και προτάσεις αντιμετώπισης στην εφαρμοσιμότητα λιπασμάτων βιολογικής βάσης	136
9.	Συμπεράσματα.....	139
10.	Βιβλιογραφία.....	142
	Αναφορές.....	147

III. Πίνακας Ακροθυμίων

Bio-based fertilizers, BBFs
sewage sludge ash, SSA
European Sustainable Phosphorus Platform, ESPP
wastewater treatment, WWT
biological nitrogen fixation, BNF
Phosphorus-soluble bio fertilizers, PSB
Phosphorus mobilizing bio fertilizers, PMB
Wastewater, WW
Wastewater Treatment Plant, WWTP
Enhanced biological phosphorus removal, EBPR
Collective systems of extended Producer Responsibility, CPR
German Phosphorus Platform, DPP
Netherlands Nutrient Platform, NNP
Israel Chemicals, ICL
Meat and Bone Meal, MBM
Technology readiness levels, TRL
Population Equivalent, p.e
anammox, Anaerobic Ammonium Oxidation
Ευρωπαϊκή Ένωση,EE
Άζωτο,N
Φώσφορο,P
Κάλιο,K
Αλουμίνιο,Al
Σίδηρος, Fe
Μαγνήσιο, Mg
Θείο, S
K-Solubilizing microorganisms, KSM
Dry Sludge, DS
Κάδμιο, Cd
Υδράργυρος,Hg
Μόλυβδος, Pb
Φωσφορικό σίδηρο ,FeP
Bio-based fertilizers, BBFs
sewage sludge ash, SSA
European Sustainable Phosphorus Platform, ESPP

IV. Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 Σύσταση θρεπτικών συστατικών σε οργανικά λιπάσματα.....	19
Πίνακας 1.2 Σύσταση θρεπτικών συστατικών σε οργανό-ανόργανα λιπάσματα.....	20
Πίνακας 1.3 Σύσταση θρεπτικών συστατικών σε ανόργανα λιπάσματα.....	23
Πίνακας 1.4 Σύσταση μικροθρεπτικών συστατικών (% κατά μάζα)	35
Πίνακας 1.5 Μικροθρεπτικά συστατικά & οι λειτουργίες τους.....	36
Πίνακας 1.6 Φυσικοί και χημικοί παράμετροι των λυμάτων	37
Πίνακας 1.7 Θρεπτικά συστατικά που περιέχονται σε λύματα	38
Πίνακας 1.8 Οργανικά περιεχόμενο λυμάτων.....	39
Πίνακας 1.9 Βαρέα μέταλλα και Ιχνοστοιχεία σε λύματα	39
Πίνακας 1.10 Παθογόνοι μικρο- και μακροοργανισμοί σε λύματα	40
Πίνακας 2.1 Βιομηχανίες προέλευσης αστικών λυμάτων στην Ευρώπη των *28	45
Πίνακας 3.1 Επισκόπηση αναπτυγμένων διαδικασιών για την ανάκτηση φωσφόρου (Schönberg, Raupenstrauch, & Ponak, n.d.)	53
Πίνακας 3.2 Χημική σύνθεση του προϊόντος ανάκτησης που λαμβάνεται από την τέφρα ιλύος καθαρισμού λυμάτων	70
Πίνακας 3.3 Επισκόπηση της υγρής-χημικής διαδικασίας που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση P από SSA	72

V. Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1 Διάγραμμα ροής που απεικονίζει για το κλείσιμο του κύκλου θρεπτικών συστατικών λιπασμάτων: Ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών από οργανικά απόβλητα με πρόσθετες επεξεργασίες: καύση, εξαγωγή τέφρας και παραγωγή λιπασμάτων (Kirchmann, Börgesson, Kätker, & Cohen, 2017)	30
Εικόνα 2.1 Διάγραμμα ανάκτησης των θρεπτικών συστατικών από πηγές αποβλήτων και η αξιοποίησή τους (Chojnacka, Moustakas, & Witek-Krowiak, 2020)	47
Εικόνα 2.2. Τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών από δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων	48
Εικόνα 3.1. Ροές φωσφόρου (kt ανά χρόνο) στη κτηνοτροφική περιοχή της Φλάνδρας (Βέλγιο) (Kehrein et al., 2020).....	51
Εικόνα 3.2. Μέθοδοι ανάκτησης φωσφόρου.....	62
Εικόνα 3.3. Απεικόνιση της διεργασίας ‘PolFerAsh’ (Gorazda et al., 2014)	67
Εικόνα 3.4. Σχηματικό διάγραμμα από συνδυασμένη διαδικασία για την αξιοποίηση της λυματολάσπης (Wzorek, 2018)	68
Εικόνα 3.5 Απλοποιημένο σχήμα διαδικασίας της διαδικασίας ‘SESAL-Phos’	69
Εικόνα 3.6. Σχηματική απεικόνιση της LeachPhos διαδικασίας (Lema & Suarez, n.d.).	70
Εικόνα 3.7. Σχηματική απεικόνιση από την EcoPhos διαδικασία	77
Εικόνα 4.1. Α) Σχηματική απεικόνιση του αναβαθμισμένου συστήματος iHydroMET με δέκα μονάδες αντιδραστήρα μαζί με τη μονάδα επεξεργασίας UV. Β) Σχηματική διαμόρφωση μιας μονάδας αντιδραστήρα με τα κύρια εξαρτήματα. Κάθε αντιδραστήρας λειτουργούσε επίσης ως μονάδα μικροβιακών κυψελών καυσίμου (Yadav, Sahoo, & PatiL, 2021).	91
Εικόνα 5.1 Μια επικόπηση των τρεχόντων έργων ανακύκλωσης φωσφόρου στην Ελβετία	95
Εικόνα 5.2 Χάρτης επεξεργασίας αστικών λυμάτων	96
Εικόνα 5.3 Χάρτης επεξεργασίας αστικών λυμάτων στην Κατερίνη.....	97
Εικόνα 5.4 Χάρτης επεξεργασίας αστικών λυμάτων στην Αττική	98
Εικόνα 5.5 Συγκεντρωτική απόδοση για τις επεξεργασίες λυμάτων	99
Εικόνα 5.6 Κατάσταση συμμόρφωσης στην πόλη της Κατερίνης.....	100
Εικόνα 5.7 Κατάσταση συμμόρφωσης στην πόλη των Μεγάρων	100
Εικόνα 5.8 Κατάσταση συμμόρφωσης στην πόλη της Αθήνας.....	100
Εικόνα 5.9 Επίπεδο επεξεργασίας των λυμάτων στην Κατερίνη.....	101
Εικόνα 5.10 Επίπεδο επεξεργασίας λυμάτων στον Αρμένη της Κρήτης.....	102
Εικόνα 5.11 Χάρτης με πρόσθετα στάδια επεξεργασίας	103
Εικόνα 5.12 Πρόσθετα στάδια επεξεργασίας στίλβωσης στην πόλη της Κατερίνης	103
Εικόνα 5.13 Πρόσθετα στάδια επεξεργασίας στο Λαύριο Αττικής	104
Εικόνα 5.14 Πρόσθετα στάδια επεξεργασίας στο Μαρκόπουλο Αττικής	104
Εικόνα 5.15 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στην Ελλάδα...	105
Εικόνα 5.16 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην Κατερίνη	106
Εικόνα 5.17 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στην Άνδρο	106
Εικόνα 5.18 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στα Μέγαρα....	106

Εικόνα 5.19 Τύποι ευαισθησίας N,P και συνδιασμοί αυτών στην Ευρώπη	108
Εικόνα 5.20 Τύποι ευαισθησίας N,P και συνδιασμοί αυτών στην Ελλάδα[36][37] ..	109

VI. Περίληψη

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο τη μελέτη των θρεπτικών συστατικών και την ανάκτηση αυτών από αστικά και βιομηχανικά λύματα, για την δημιουργία λιπασμάτων βιολογικής βάσης.

Οι τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών δίνουν τη δυνατότητα ανακύκλωσης των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών από ροές αποβλήτων για την καλλιέργεια των φυτών. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου και τα τελευταία χρόνια βρίσκονται ήδη σε λειτουργία σε πλήρη κλίμακα. Η χρήση όμως των φωσφορικών ενώσεων μπορεί να προκαλέσει διάφορες ρυπάνσεις, για αυτό πρέπει να γίνει εφαρμογή ενός μοντέλου κυκλικής οικονομίας με στόχο τη βελτίωση της χρήσης των φυσικών πόρων. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι αναπτυγμένες διαδικασίες για την ανάκτηση φωσφόρου έχουν ως είσοδο λύματα από επεξεργασμένο νερό, λυματολάσπη και τέφρα λυματολάσπης, η ανάκτηση μπορεί να γίνει και από απόβλητα ζωϊκής προέλευσης, όμως στην συγκεκριμένη εργασία αναφερόμαστε μόνο σε λύματα.

Στην διπλωματική αυτή εργασία έγινε και αναφορά στα αστικά απόβλητα της Ελλάδας με τη βοήθεια χαρτών. Χάρτες, δηλαδή που απεικονίζουν επεξεργασίες αστικών λυμάτων με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας και την επεξεργασία αστικών λυμάτων στις χώρες τις ΕΕ-28. Βασίζεται σε δεδομένα του 2018, τα οποία αναφέρθηκαν από αυτές τις χώρες το 2020.

Οι όροι του ανταγωνισμού μεταξύ των λιπασμάτων που παράγονται από εγχώριες οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες σύμφωνα με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και των λιπασμάτων που παράγονται σύμφωνα με ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας ευνοούν τα δεύτερα. Αυτή η στρέβλωση του ανταγωνισμού εμποδίζει τις επενδύσεις στην κυκλική οικονομία. Την ίδια στιγμή, τα οικιακά απόβλητα (ιδίως η λυματολάσπη) περιέχουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου, οι οποίες –εάν ανακυκλωθούν σύμφωνα με ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας– θα μπορούσαν ενδεχομένως να καλύψουν περίπου το 20–30 % της ζήτησης φωσφορικών λιπασμάτων στην ΕΕ.

Αυτή η εργασία ήταν μια επιτυχημένη προσπάθεια για καλή χρήση των προσβάσιμων βάσεων δεδομένων και των διαδραστικών πλατφορμών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με τη διάθεση των λυμάτων στην ευρωπαϊκή γη και ύδατα, για την αντιμετώπιση των ανισορροπιών θρεπτικών ουσιών στο ευρωπαϊκό έδαφος, της έλλειψης ορισμένων ορυκτών πόρων και της ανάγκης για εισαγωγή των θρεπτικών ουσιών στην ΕΕ με έμφαση τη μείωση της εξάντλησης των ορυκτών πόρων.

Λέξεις κλειδιά: τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών, λύματα, αστικά απόβλητα, λιπάσματα βιολογικής βάσης

VII. Abstract

The aim of the present study was to study the nutrients and their recovery from urban and industrial wastewater through technologies, for the creation of biological fertilizers.

Nutrient recovery technologies make it possible to recycle the nutrients needed to grow plants from waste streams. To date, numerous phosphorus recovery technologies have been developed and in recent years are already in full operation. However, the use of phosphates can cause various pollutants, so a circular economy model must be applied in order to improve the use of natural resources. It is important to mention that the developed procedures for the recovery of phosphorus have as input sewage from treated water, sewage sludge and sewage ash, the recovery can be done from waste of animal origin, but in this work we refer only to sewage.

In this dissertation, reference was made to the municipal waste of Greece with the help of maps. Maps depicting urban waste water treatment with the latest information on the implementation of the Directive and urban waste water treatment in EU-28 countries. It is based on data from 2018, which were reported by these countries in 2020.

In summary, the conditions of competition between fertilizers produced from domestic organic or secondary raw materials according to the circular economy model and fertilizers produced according to a linear economy model favor the latter. This distortion of competition hinders investment in the circular economy. At the same time, household waste (especially sewage sludge) contains large amounts of phosphorus, which - if recycled according to a circular economy model - could possibly cover around 20–30 % of phosphate fertilizer demand in the EU.

This work was a successful attempt to make good use of European Commissions' accessible databases and interactive platforms regarding disposal of waste water in the European land and water, towards dealing with nutrient imbalances in the European soil, the lack of certain mineral resources and the need to import nutrients in the EU focusing on a reduction of mineral resource depletion.

Key words: nutrient recovery technologies, wastewater, urban wastewater bio-based fertilizers

VIII. Σύνοψη

Η φιλοδοξία είναι να δημιουργηθεί μια αγορά για ανακυκλωμένα θρεπτικά συστατικά στην οποία: Όσο το δυνατόν περισσότερα θρεπτικά συστατικά ανακτώνται από τα «απόβλητα» ρεύματα (αστικά και βιομηχανικά λύματα, λάσπη) και ανακυκλώνονται σε πολύτιμα νέα προϊόντα (λιπάσματα, ζωοτροφές, χημικά). Τα ανακτημένα θρεπτικά συστατικά εξάγονται για να συμβάλουν στη βελτίωση του εδάφους και στην επισιτιστική ασφάλεια αλλού, σε περίπτωση πλεονάσματος

Στην πράξη οι παραπάνω στόχοι επιτυγχάνονται με ανάπτυξη καινοτόμων διατομεακών επιχειρηματικών περιπτώσεων για την ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών, τη βελτίωση της νομοθεσίας που βοηθά στη μετατροπή των «απόβλητων» σε πόρους, δημιουργία ευαισθητοποίησης σχετικά με τη βιώσιμη διαχείριση των θρεπτικών συστατικών

Οι περιβαλλοντικές προτεραιότητες θα διαφέρουν μεταξύ χωρών και περιοχών. Η εντατικοποίηση της γεωργίας μπορεί να είναι βιώσιμη, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει αποτελεσματική διαχείριση όλων των θρεπτικών συστατικών των φυτών. Η συμμετοχή της μη κυβέρνησης και του ιδιωτικού τομέα είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική τόνωση της χρήσης των εισροών θρεπτικών συστατικών των φυτών, με την κατάλληλη παρακολούθηση από τις κυβερνήσεις της αποτελεσματικής, δίκαιης και χωρίς ρύπανση διανομής αυτών των εισροών. Φαίνεται ότι οι πολιτικές στήριξης της κυβέρνησης είναι πολύ σημαντικές για να διασφαλιστεί ότι μόνο οργανικά λιπάσματα υψηλής ποιότητας μπορούν να πωλούνται νόμιμα.

Οι όροι του ανταγωνισμού μεταξύ των λιπασμάτων που παράγονται από εγχώριες οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες σύμφωνα με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και των λιπασμάτων που παράγονται σύμφωνα με ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας ευνοούν τα δεύτερα. Αυτή η στρέβλωση του ανταγωνισμού εμποδίζει τις επενδύσεις στην κυκλική οικονομία.

Ο σχεδιασμός και οι τεχνολογίες που μπορούν να βοηθήσουν στην αξιοποίηση και επαναχρησιμοποίηση γεωργικών υποπροϊόντων και άλλων συστατικών βιοαποβλήτων ως πρώτων υλών (είτε είναι πρωτογενείς είτε δευτερεύουσες) για τη βιομηχανία λιπασμάτων, μπορούν ενδεχομένως να βοηθήσουν στην ανάπτυξη αποτελεσματικών λύσεων ανάκτησης θρεπτικών συστατικών, τεχνολογιών βιοδιυλιστηρίου που μπορούν να βοηθήσουν στην επίτευξη μια πιο αποτελεσματική αλυσίδα αξίας λιπασμάτων και γεωργίας. Ένα πλεονέκτημα θα ήταν η μειωμένη εξάρτηση από τις εισαγωγές, ιδίως για τις πρώτες ύλες, η ελαχιστοποίηση της εξάντλησης των πόρων και ακόμη και η πιθανή μείωση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της βιομηχανίας λιπασμάτων.

Η εν λόγω αντικατάσταση μπορεί να πραγματοποιηθεί εάν ληφθούν υπόψη οι προτιμήσεις των αγροτών και αυτές είναι η τιμή (θα πρέπει να είναι 65% χαμηλότερη από αυτή των χημικών λιπασμάτων). Τα πρόσθετα χαρακτηριστικά θα πρέπει να περιλαμβάνουν υψηλή βιοδιαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα και υγιεινή των βιολογικών λιπασμάτων. Εάν πληρούνταν αυτά τα κριτήρια, θα υπήρχε πιθανότητα αντικατάστασης των χημικών λιπασμάτων με τα αντίστοιχα BBFs.

Αυτά τα ζητήματα βιωσιμότητας του φωσφόρου σχετίζονται στενά με άλλες προκλήσεις όπως η διαχείριση αζώτου, η επεξεργασία νερού, τα απόβλητα τροφίμων, η διάβρωση του εδάφους, οι ρύποι και η ασφάλεια των τροφίμων. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας φωσφόρου και η εφαρμογή της στη βιομηχανία, τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την επεξεργασία και τη διατροφή τροφίμων και τη διαμόρφωση επαναχρησιμοποίησης φωσφόρου, στρατηγικών ανάκτησης και ανακύκλωσης μπορούν να εξοικονομήσουν χρήματα, να μειώσουν τα συστατικά ρύπανσης από θρεπτικά συστατικά και να δημιουργήσουν μεγάλη απασχόληση σχετικά με την κυκλική οικονομία

Την ίδια στιγμή, τα οικιακά απόβλητα (ιδίως η λυματολάσπη) περιέχουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου, οι οποίες –εάν ανακυκλωθούν σύμφωνα με ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας– θα μπορούσαν ενδεχομένως να καλύψουν περίπου το 20–30 % της ζήτησης φωσφορικών λιπασμάτων στην ΕΕ. Ωστόσο, οι σχετικές επενδυτικές δυνατότητες παραμένουν ανεκμετάλλευτες σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στις προαναφερθείσες δυσκολίες πρόσβασης στην εσωτερική αγορά.

Ωστόσο, τα υπάρχοντα εθνικά πρότυπα και κανονισμοί για την ποιότητα και την ασφάλεια αμφισβητούν τη βιωσιμότητα των BBF (και των οργανικών λιπασμάτων) στο πεδίο εφαρμογής των λιπασμάτων. Ως εκ τούτου, περισσότερα από τα μισά από τα κατασκευασμένα BBF είναι περιορισμένα στη χώρα προέλευσής τους, ανεξάρτητα από το ισοζύγιο προσφοράς-ζήτησης μεταξύ των χωρών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο |

1. Αναγκαιότητα παραγωγής λιπασμάτων βιολογικής βάσης

1.1 Παράγοντες διαμόρφωσης εδάφους

Ο σχηματισμός του εδάφους, επηρεάζεται από το κλίμα το οποίο επηρεάζει τόσο τις φυσικές όσο και τις βιογεωχημικές διαδικασίες που καθορίζουν τη σύσταση οποιουδήποτε εδάφους. Για παράδειγμα, τα εδάφη που αναπτύσσονται στα ξηρά και θερμά οικοσυστήματα της ερήμου ορίζονται από κλιματικώς περιοριστικές καιρικές συνθήκες που οδηγούν σε δημιουργία εδάφους με χονδροειδή υφή, χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, υψηλό pH, πιθανή συσσώρευση αλάτων και ανθρακικών. Στο άλλο άκρο βρίσκονται τα εδάφη των υγρών πεδινών τροπικών περιοχών, όπου χιλιετίες υψηλών βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών είχαν ως αποτέλεσμα έδαφος με υψηλές συγκεντρώσεις ανδρανών αργιλικών ενώσεων και μεταλλικών στοιχείων του εδάφους π.χ. οξείδια μετάλλων του σιδήρου που δίνουν σε αυτά τα εδάφη το χαρακτηριστικό (κοκκινωπό τους χρώμα) και χαμηλό pH. Ως εκ τούτου, η χρόνια επίδραση του κλίματος έχει κεντρικό ρόλο στη σύσταση του εδάφους, συμπεριλαμβανομένης της διαμόρφωσης, της βιολογικής δραστηριότητας και της ποικιλότητας του εδάφους. Αντίθετα, η σύγχρονη ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους λειτουργούν σε πολύ μικρότερες χρονικές περιόδους. Ειδικότερα, η υγρασία του εδάφους θα διαδραματίσει βασικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή, επειδή περιορίζει τη διαπνοή και τη φωτοσύνθεση των φυτών που κατά συνέπεια επηρεάζουν τους κύκλους του νερού και των θρεπτικών συστατικών. Τα πρότυπα υγρασίας του εδάφους και η παροχή διαθέσιμου νερού για τα φυτά θα τροποποιηθούν από συχνές ακραίες συνθήκες ζέστης, ξηρασίας, έντονων καταιγίδων, καθώς και αλλαγές στα υδρολογικά πρότυπα.

Η θέρμανση του εδάφους και η επίδρασή της στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης και στην αποθήκευση άνθρακα είναι μια συχνά αναφερόμενη επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Ιδιαίτερη ανησυχία προκαλεί η απόψυξη και η αποστράγγιση των βόρειων μόνιμων εδαφών και η σχετική αύξηση της αποσύνθεσης οργανικής ύλης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από αυτά τα κρυσοδικά εδάφη. Η απόψυξη των πλούσιων σε οργανικά εδαφών έχει επίσης θεωρηθεί ως η κινητήρια δύναμη για την αύξηση της συχνότητα μεγάλων, καταστροφικών πυρκαγιών, οι οποίες θα οδηγήσουν στην απώλεια της επιφανειακής βλάστησης και της οργανικής ύλης του εδάφους. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του απανθρακωμένου φυτικού υλικού, το οποίο μπορεί να βελτιώσει τον κύκλο των θρεπτικών συστατικών. Εναλλακτικά, το λιώσιμο του μόνιμου παγετού σε επίπεδα ή κοίλα βόρεια τοπία μπορεί να οδηγήσει σε άνοδο των υδάτινων επιπέδων ή/και σε εδάφη με κακή στράγγιση, γεγονός που με τη σειρά του μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της υγείας των δασών και σε εκτεταμένη θνησιμότητα δέντρων.

Οι ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τη φύση των κλιματικών μεταβλητών. Για παράδειγμα, οι αυξημένες ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλότερους ρυθμούς αποσύνθεσης της οργανικής ύλης του εδάφους, μειωμένη γονιμότητα του εδάφους, αλλοιωμένη δομή της μικροβιακής κοινότητας και αυξημένη απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας περαιτέρω

θέρμανση (φαινόμενο θετικής ανάδρασης). Επιπλέον, οι αυξανόμενες θερμοκρασίες αναμένεται να οδηγήσουν σε ερημοποίηση μέσω της εξάντλησης θρεπτικών ουσιών, της χαμηλής περιεκτικότητας σε νερό και των υψηλών ρυθμών εξάτμισης που οδηγούν σε αλάτωση και αιολική διάβρωση.

Η αυξημένη ποσότητα και η ένταση των βροχοπτώσεων που προβλέπεται για τις μεσογειακές περιοχές αναμένεται να αυξήσει τα ποσοστά διάβρωσης του εδάφους, ειδικά σε περιοχές που δεν διαθέτουν προστατευτική βλάστηση. Αυτό πιθανότατα θα επιδεινωθεί από ακραία καιρικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένων περισσότερων πλημμυρών, κυκλώνων και ξηρασιών. Οι κυμαινόμενοι κύκλοι υγρού και ξηρού μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε περισσότερες πυρκαγιές που συνεισφέρουν στην τρέχουσα παγκόσμια κρίση υποβάθμισης των εδαφών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι πιο υγρές συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένη παραγωγή βιομάζας και, επομένως, σε μεγαλύτερο κίνδυνο πυρκαγιάς (υποθέτοντας ότι το οικοσύστημα δεν περιορίζεται από άλλους παράγοντες). Όταν ένα υγρό έτος (α) ακολουθείται από εξαιρετικά ξηρές συνθήκες, η συσσωρευμένη βιομάζα του υγρού έτους μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά φορτία καυσίμων κατά το ξηρό έτος, γεγονός που θα αυξήσει την πιθανότητα καταστροφικών πυρκαγιών. Τα εδάφη του πλανήτη αλλάζουν με πρωτοφανή ρυθμό λόγω φυσικών και ιδιαίτερα, ανθρωπογενών παραγόντων. Επομένως, είναι λογικό να αναμένεται ότι αυτές οι αλλαγές θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μείωση της παγκόσμιας ασφάλειας των τροφίμων και των φυσικών πόρων και να περιορίσουν περαιτέρω την ικανότητα του εδάφους να συμβάλει στη σταθεροποίηση του κλίματος.

Οι κοινωνικοοικονομικές και πολιτικές επιπτώσεις αυτών των πιθανών αλλαγών είναι εξαιρετικά δυσμενείς και απαιτούν άμεση βιώσιμη διαχείριση του εδάφους. Η βιώσιμη διαχείριση του εδάφους πρέπει να βασίζεται στις τελευταίες σχετικές επιστημονικές εξελίξεις και να έχει ως στόχο τη διατήρηση της υγείας του εδάφους και του οικοσυστήματος. (Aladjajjyan et. al., 2016)

1.2 Κατηγορίες & χαρακτηριστικά λιπασμάτων

Στην παράγραφο που ακολουθεί παρατίθενται οι ορισμοί και οι διάφορες κατηγορίες λιπασμάτων καταλήγοντας στα λιπάσματα βιολογικής βάσης (Bio-based fertilizers) που εφεξής θα συμβολίζονται ως BBF. Τα συστατικά και τα χαρακτηριστικά των λιπασμάτων καθορίζονται από τους κανόνες της ΕΕ και την νομοθεσία της Ελλάδας. Διάφοροι περιορισμοί που απαντώνται κατά την εφαρμογή τους θα συζητηθούν περαιτέρω σε επόμενα κεφάλαια της εργασίας. Παρόλο που η αξιοποίηση των λιπασμάτων βιολογικής προέλευσης (ζωικά απόβλητα) τα οποία θα αναφέρονται ως βιολιπάσματα, είναι ευεργετική για τον εμπλουτισμό των θρεπτικών συστατικών του χώματος, στην παρούσα εργασία η μελέτη τους είναι περιορισμένη αφού είναι εκτός των στόχων της.

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) 2019/1009 του ΕΚ και του Συμβουλίου της 5ης Ιουνίου 2019 για τη θέσπιση κανόνων σχετικά με τη διάθεση προϊόντων λίπανσης της ΕΕ στην αγορά και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 και (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2003/2003 σημειώνεται ότι: «Ως προϊόν λίπανσης ορίζεται κάθε ουσία, μείγμα, μικροοργανισμός ή οποιοδήποτε άλλο υλικό που χορηγείται ή προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε φυτά ή στη ριζόσφαιρά τους ή σε μανιτάρια ή στη μυκητόσφαιρά τους ή προορίζεται να αποτελέσει αυτή τη ριζόσφαιρα ή μυκητόσφαιρα, είτε σε καθαρή μορφή είτε αναμειγμένο με άλλο υλικό, με σκοπό να παράσχει θρεπτικά στοιχεία στα φυτά ή στα μανιτάρια ή να βελτιώσει την αποδοτικότητα της θρέψης τους. Επίσης στο άρθρο 4 «Απαιτήσεις προϊόντων» σημειώνεται ότι: 1. Κάθε προϊόν λίπανσης της ΕΕ: α) ικανοποιεί τις απαιτήσεις που καθορίζονται στο παράρτημα Ι για την αντίστοιχη κατηγορία λειτουργίας προϊόντος, β) ικανοποιεί τις απαιτήσεις που καθορίζονται στο παράρτημα ΙΙ για την αντίστοιχη κατηγορία ή τις αντίστοιχες κατηγορίες συστατικών υλικών και γ) επισημαίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις επισήμανσης που καθορίζονται στο παράρτημα ΙΙΙ. 2. Για τυχόν πτυχές που δεν καλύπτονται από το παράρτημα Ι ή ΙΙ, τα προϊόντα λίπανσης της ΕΕ δεν συνιστούν κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου, των ζώων ή των φυτών, για την ασφάλεια ή για το περιβάλλον.

Τα λιπάσματα διακρίνονται σε οργανικά (στερεά ή υγρά), οργανο-ανόργανα (στερεά ή υγρά), και ανόργανα (μακροθρεπτικά ή μικροθρεπτικά). Άλλες υποκατηγορίες είναι τα διαλυτά στα νερό λιπάσματα, τα λιπάσματα χαμηλής διαλυτότητας, τα κοκκώδη λιπάσματα, τα λιπάσματα με εξωτερική επίστρωση και τα νανο-λιπάσματα.

- Τα Οργανικά λιπάσματα είναι προϊόντα επεξεργασίας αυτούσιων υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, που περιέχουν τα θρεπτικά στοιχεία σε οργανική μορφή, και η κύρια συμβολή τους στην ανάπτυξη των φυτών είναι η παροχή των στοιχείων αυτών. Ένα οργανικό δηλαδή λίπασμα περιέχει οργανικό άνθρακα (Corg) και θρεπτικά στοιχεία αποκλειστικά βιολογικής προέλευσης. Οργανικά λιπάσματα ως παράδειγμα μπορεί να παρασκευάζονται από κατάλοιπα ιχθυοτροφείων, φύκια ή τύρφες. Για τις ανάγκες του παρόντος κώδικα, στα οργανικά λιπάσματα δεν περιλαμβάνονται τα κτηνοτροφικά απόβλητα.

Πίνακας 1.1 Σύσταση θρεπτικών συστατικών σε οργανικά λιπάσματα

Θρεπτικά Συστατικά	Στερεό Οργανικό Λίπασμα		Υγρό Οργανικό Λίπασμα		Κανόνες Ανεκτικότητας των Οργανικών Λιπασμάτων
	1 κύριο συστατικό	>1 κύριο συστατικό	1 κύριο συστατικό	>1 κύριο συστατικό	
Άζωτο (N)- Ολικό Άζωτο	2,5% κατά μάζα	1% κατά μάζα	2% κατά μάζα	1% κατά μάζα	±50 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
ΡΦώσφορος (P)-P₂O₅	2% κατά μάζα	1% κατά μάζα	1% κατά μάζα	1% κατά μάζα	±50 % RD,κατ' ανώτατο όριο 1,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Κάλιο (K)- K₂O	2% κατά μάζα	1% κατά μάζα	2% κατά μάζα	1% κατά μάζα	±50 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Μαγνήσιο (Mg) -MgO	-	-	-	-	±25 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Σίδηρος (Ca)- CaO	-	-	-	-	
Θείο (S)-SO₃	-	-	-	-	
Νάτριο (Na) -Na₂O	-	-	-	-	
C_{org}	15% κατά μάζα	15% κατά μάζα	5% κατά μάζα	5% κατά μάζα	±20 % RD, κατ' ανώτατο όριο 2,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Ολικό άθροισμα θρεπτικών συστατικών	4% κατά μάζα	4% κατά μάζα	3% κατά μάζα	3% κατά μάζα	
Ολικό άθροισμα μικροθρεπτικών συστατικών	-	-	-	-	-
N_{org}	-	-	-	-	±50 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Οργανικό άνθρακας (C_{org})/ολικό άζωτο (N)	-	-	-	-	± 20 % RD,κατ' ανώτατο όριο 2,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία	-	-	-	-	± 5,0 κατ' ανώτατο όριο ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Ποσότητα	-	-	-	-	1,5 % RD της δηλωθείσας αξίας

- Ένα οργανο-ανόργανο λίπασμα είναι συνδυασμένο παρασκεύασμα από: α) ένα ή περισσότερα ανόργανα λιπάσματα, όπως ορίζονται στην ΚΛΠ 1 (Κατηγορίες λειτουργίας προϊόντος) (Γ), και β) ένα ή περισσότερα υλικά που περιέχουν: οργανικό άνθρακα (Corg) και θρεπτικά στοιχεία αποκλειστικά βιολογικής προέλευσης.

Πίνακας 1.2 Σύσταση θρεπτικών συστατικών σε οργανό-ανόργανα λιπάσματα

Θρεπτικά Συστατικά	Στερεό Οργανό-Ανόργανο Λίπασμα		Υγρό Οργανό-Ανόργανο Λίπασμα		Κανόνες Ανεκτικότητας των Οργανό-Ανόργανων Λιπασμάτων
	1 κύριο συστατικό	>1 κύριο συστατικό	1 κύριο συστατικό	>1 κύριο συστατικό	
Άζωτο (N)- Ολικό Άζωτο	2,5%κατά μάζα, 1 % κατά μάζα θα είναι N _{org}	2% κατά μάζα, 0,5 % κατά μάζα θα είναι N _{org}	2% κατά μάζα, 0,5 % κατά μάζα θα είναι N _{org}	2% κατά μάζα, 0,5 % κατά μάζα θα είναι N _{org}	Ανόργανο N ±25 % RD, κατ' ανώτατο όριο 2,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
ΡΦώσφορος (P)-P₂O₅	2% κατά μάζα	2% κατά μάζα	2% κατά μάζα	2% κατά μάζα	±25 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Κάλιο (K)- K₂O	2% κατά μάζα	2% κατά μάζα	2% κατά μάζα	2% κατά μάζα	±25 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Μαγνήσιο (Mg) -MgO	-	-	-	-	±25 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Σίδηρος (Ca)- CaO	-	-	-	-	
Θείο (S)-SO₃	-	-	-	-	
Νάτριο (Na) -Na₂O	-	-	-	-	±25 % RD, κατ' ανώτατο όριο 0,9 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
C_{org}	7,5% κατά μάζα	7,5% κατά μάζα	3% κατά μάζα	3% κατά μάζα	±20 % RD, κατ' ανώτατο όριο 2,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Ολικό άθροισμα θρεπτικών συστατικών	8% κατά μάζα	8% κατά μάζα	6% κατά μάζα	6% κατά μάζα	
Ολικό άθροισμα μικροθρεπτικών συστατικών	-	-	-	-	-
N_{org}	-	-	-	-	±50 % RD, κατ' ανώτατο όριο 1,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Οργανικό άνθρακας (C_{org})/ολικό άζωτο (N)	-	-	-	-	-
Περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία	-	-	-	-	± 5,0 ποσοστιαίες μονάδες κατ'απόλυτη τιμή
Ποσότητα	-	-	-	-	1,5 % RD κατ' απόλυτη τιμή
Εξουδετερωτική αξία	-	-	-	-	-
Κοκκομετρία	-	-	-	-	-
Συγκέντρωση δηλωμένης περιεκτικότητας σε μορφές μικροθρεπτικών συστατικών ≤ 2 %	-	-	-	-	± 20 % κατ' απόλυτη τιμή
Συγκέντρωση δηλωμένης περιεκτικότητας σε μορφές μικροθρεπτικών συστατικών > 2 % και ≤ 10 % Συγκέντρωση > 10 %	-	-	-	-	± 20 % της δηλωθείσας αξίας πάνω από το κατ' ανώτατο όριο 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές

Συγκέντρωση > 10%	-	-	-	-	± 1,0 ποσοστιαίες μονάδες κατ' απόλυτη τιμή
-------------------	---	---	---	---	---

- **Ανόργανο λίπασμα:** χημικό λίπασμα στο οποίο τα δηλούμενα θρεπτικά συστατικά περιέχονται υπό ανόργανη μορφή, που λαμβάνεται με εκχύλιση ή με φυσικές ή/και χημικές διεργασίες. Κατά συνθήκη, θεωρούνται ως ανόργανα λιπάσματα το ασβεστοκυαναμίδιο, η ουρία, καθώς και τα προϊόντα συμπύκνωσης και συνδυασμού αυτής και τα λιπάσματα που περιέχουν θρεπτικά ιχνοστοιχεία υπό μορφή χηλικού ή άλλου συμπλόκου. Στο πλαίσιο του παρόντος κώδικα, καλείται «αζωτούχο ανόργανο λίπασμα» όταν περιλαμβάνει άζωτο στα δηλούμενα θρεπτικά συστατικά. (Ένωσης, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής, n.d.)

Πίνακας 1.3 Σύσταση θρεπτικών συστατικών σε ανόργανα λιπάσματα

Θρεπτικά Συστατικά	Στερεά Ανόργανα Μακροθρεπτικά Λιπάσματα		Σύνθετο Στερεό Ανόργανο Μακροθρεπ- τικό Λίπασμα	Ευθύ ή Σύνθετο Στερεό Ανόργανο Μακροθρεπ- τικό Λίπασμα Νιτρικό Αμμώνιο Υψηλής Περιεκτικότη- τας σε Άζωτο	Υγρό Ανόργανο Μακροθρεπτικό Λίπασμα		Σύνθετο Υγρό Ανόργανο Μακροθρεπ- τικό Λίπασμα	Σύνθετο Ανόργανο Μικροθρεπ- τικό Λίπασμα	Κανόνες Ανεκτικότη- τας Ανόργανων Λιπασμάτων
	1 μακροθρεπ- τικό (N, P, K, Ca, Mg, Na, S)	1 κύριο μακροθρεπ- τικό (N, P, K) και ≥1 δευτερεύο- ν μακροθρεπ- τικό (Ca, Mg, Na, S)	•>1 κύριο μακροθρεπ- τικό (N, P, K) •>1 δευτερεύον μακροθρεπ- τικό (Ca, Mg, Na, S)	-	1 μακροθρεπ- τικό (N, P, K, Ca, Mg, Na, S)	1 κύριο μακροθρεπ- τικό (N, P, K) and ≥1 δευτερεύοντ- α μακροθρεπ- τικά (Ca, Mg, Na, S).	•>1 κύριο μακροθρεπ- τικό (N, P, K) •>1 δευτερεύον μακροθρεπ- τικό (Ca, Mg, Na, S)	-	-
Άζωτο (N)- Ολικό Άζωτο	10% κατά μάζα	3% κατά μάζα	3% κατά μάζα	≥28 % μάζα ως αποτέλεσμα νιτρικού	5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	-	± 20 % RD της δηλωμένης

				αμμονίου (NH ₄ NO ₃).					τιμής κατ' ανώτατο όριο 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
ΡΦώσφορος (P)-P₂O₅	12% κατά μάζα	3% κατά μάζα	3% κατά μάζα	-	5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	-	± 20 % RD της δηλωμένης τιμής κατ' ανώτατο όριο 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Κάλιο (K)- K₂O	6% κατά μάζα	3% κατά μάζα	3% κατά μάζα	-	3% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	-	± 20 % RD της δηλωμένης τιμής κατ' ανώτατο όριο 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Μαγνήσιο (Mg) -MgO	5%κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	-	2% κατά μάζα	0,75% κατά μάζα	0,75% κατά μάζα	-	± 25 % RD της
Σίδηρος (Ca)- CaO	12% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	-	6% κατά μάζα	0,75% κατά μάζα	0,75% κατά μάζα	-	δηλωμένης τιμής κατ'

Θείο (S)-SO₃	10% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	1,5% κατά μάζα	-	5% κατά μάζα	0,75% κατά μάζα	0,75% κατά μάζα	-	ανώτατο όριο 1,0 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
Νάτριο (Na) - Na₂O	1% κατά μάζα (ολικό Na ₂ O<40% μάζας)	1% κατά μάζα (ολικό Na ₂ O<40% μάζας)	1% κατά μάζα (ολικό Na ₂ O<40% μάζας)	-	1% κατά μάζα (ολικό Na ₂ O<40% μάζας)	0,5% κατά μάζα (ολικό Na ₂ O<20% μάζας)	0,5% κατά μάζα (ολικό Na ₂ O<20% κατά μάζα)	-	- 25 % της δηλωμένης περιεκτικότητας, μέγιστο 0,9 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές, + 50 % της δηλωμένης περιεκτικότητας, κατ' ανώτατο όριο 1,8 ποσοστιαίες μονάδες σε απόλυτες τιμές
C_{org}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ολικό άθροισμα θρεπτικών συστατικών	18% κατά μάζα	18% κατά μάζα	18% κατά μάζα	-	7% κατά μάζα	7% κατά μάζα	7% κατά μάζα	-	-

Ολικό άθροισμα μικροθρεπτικών συστατικών	-	-	-	-	-	-	-	α) 2 % κατά μάζα για λιπάσματα σε υγρή μορφή, β) 5 % κατά μάζα για λιπάσματα σε στερεή μορφή	-
N_{org}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Οργανικό άνθρακας (C_{org})/ολικό άζωτο (N)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ποσότητα	-	-	-	-	-	-	-	-	± 1 % RD of the declared value

Παρά τις δομικές διαφορές, όλες οι υποκατηγορίες εμφανίζουν ιδιότητες ελεγχόμενης απελευθέρωσης μακρο ή μικρο-στοιχείων.

1.2.1 Λιπάσματα Βιολογικής Βάσης

Ως λίπασμα βιολογικής βάσης ορίζεται το λίπασμα του οποίου τα συστατικά προέρχονται από επεξεργασία λυμάτων. Ως λιπάσματα και τα BBFs είναι σύνηθες να περιέχουν μικροοργανισμούς που τους προσδίδουν ευεργετικές ιδιότητες για την ανάπτυξη των φυτών. Τα μικροβιακά στελέχη ακολουθούν διάφορους μηχανισμούς για την ενίσχυση της πρόσληψης θρεπτικών ουσιών, τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους και την αύξηση της αποδόσης των καλλιεργειών. Αυτοί είναι η αποδέσμευση του αζώτου (N), η διαλυτοποίηση καλίου (K) και φωσφόρου (P), η απέκκριση φυτοορμονών, η παραγωγή ουσιών που καταστέλλουν φυτοπαθογόνα, η προστασία των φυτών από τα βιοτικά στρες και τα ανταγωνιστικά φυτά (ζιζάνια). Η εφαρμογή μικροβιακών εμβολιασμών θεωρείται ότι ξεπερνά τις ελλείψεις που σχετίζονται με τις τεχνικές καλλιέργειας που βασίζονται σε χημικά, επομένως η έρευνα για την ευρεία διάδοση οργανικών λιπασμάτων είναι ένα από τα κύρια επιστημονικά έργα για την ανάπτυξη βιώσιμης γεωργίας. (Maćik, Gryta, & Frac, 2020)

Στην αρχή των πρακτικών λίπανσης, τα χημικά λιπάσματα, δηλαδή κάθε βιομηχανικώς παρασκευασμένο λίπασμα, περιλάμβαναν μόνο μακροθρεπτικά συστατικά: άζωτο, φώσφορο και κάλιο. Λόγω της χρήσης εντονότερων συστημάτων παραγωγής, άρχισαν να αδειάζουν οι δεξαμενές μικροθρεπτικών συστατικών των εδαφών και τα λιπάσματα μικροθρεπτικών ουσιών έγιναν απαραίτητα. Αν και η συνολική περιεκτικότητα του εδάφους σε μικροστοιχεία (ψευδάργυρος, χαλκός, σίδηρος, μαγγάνιο) φαίνεται επαρκής, τα επίπεδα βιοδιαθέσιμων και διαλυτών μορφών είναι ανεπαρκή για να καλύψουν τις ανάγκες των φυτών. Για παράδειγμα, ο διαθέσιμος ψευδάργυρος για τα φυτά σε εδάφη (που εκχυλίζεται με πενταοξική διαιθυλενοτριάμινη) (DTPA) είναι μόνο το 1% του συνολικού ψευδαργύρου.

Η υπερβολική χρήση ανόργανων λιπασμάτων, ιδίως φωσφόρου και καλίου, τα οποία πρέπει να εξορύσσονται από αποθέματα που διατηρούνται σε πετρώματα και ορυκτά, θέτει μεγάλες απειλές για τη μελλοντική επισιτιστική ασφάλεια. Η υψηλή ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή συνθετικών λιπασμάτων καθιστά τη γεωργία και τη γονιμότητα του εδάφους, ιδιαίτερα εξαρτώμενη από την τιμή του πετρελαίου. Ο συνολικός όγκος των ορυκτών λιπασμάτων αζώτου και φωσφόρου που χρησιμοποιήθηκαν στη γεωργία της ΕΕ-28 ήταν 11,2 Mt το 2018 και η τάση τα τελευταία δύο χρόνια είναι παρόμοια. Στο πλαίσιο του, η χρήση λιπασμάτων αζώτου ανά εκτάριο δεν μειώνεται στην ΕΕ-28, ενώ η χρήση λιπάσματος φωσφόρου ανά εκτάριο έχει μειωθεί σχεδόν κατά 15 %. Σε ένα γεωργοπεριβαλλοντικό πλαίσιο, η υπερβολική χρήση λιπασμάτων αζώτου και φωσφόρου μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση των υδάτων, συμβάλλοντας στον ευτροφισμό, τον εμπλουτισμό, δηλαδή, των νερών με αζωτούχες ή/και φωσφορικές ενώσεις, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της ανάπτυξης των φυκών και των ανώτερων μορφών φυτικής ζωής, τη συνακόλουθη ανεπιθύμητη διαταραχή της οικολογικής ισορροπίας των οργανισμών που ζουν στα νερά, και τελικά την υποβάθμιση της ποιότητας των συγκεκριμένων νερών.

Από τη χρήση λιπασμάτων αζώτου, μπορεί να προκύψουν εκπομπές αζώτου, συμβάλλοντας στην οξίνιση και στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, τα ορυκτά λιπάσματα αζώτου παράγονται χρησιμοποιώντας υψηλές ποσότητες ενέργειας (αέριο)

και ως εκ τούτου συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στην εξάντληση των ορυκτών καυσίμων.

Παρόμοια, περιβαλλοντικά προβλήματα παρουσιάζονται επίσης κατά την παραγωγή ορυκτών λιπασμάτων φωσφόρου. Σχετίζονται με τη μόλυνση των φωσφορικών πετρωμάτων με Δυνητικά τοξικά στοιχεία (Potentially Toxic Elements, PTE) και άλλα στοιχεία, και εφόσον απελευθερωθούν στο περιβάλλον ή μεταφερθούν στο έδαφος, ενδέχεται να αποτελέσουν κίνδυνο για τα οικοσυστήματα και τον άνθρωπο.

Τα λιπάσματα με βάση τη βιομάζα χαρακτηρίζονται από υψηλότερη βιοδιαθεσιμότητα και επιβράδυνση της απελευθέρωσης θρεπτικών ουσιών στο έδαφος. Αυτός ο τύπος λιπασμάτων βιολογικής βάσης είναι πλήρως βιοδιασπώμενος, γεγονός που μειώνει τις αρνητικές επιπτώσεις των λιπασμάτων στο περιβάλλον. Μια σύγκριση της αποτελεσματικότητας του λιπάσματος που παράγεται με τεχνολογία βιοπροσρόφησης με τα συμβατικά λιπάσματα έδειξε ότι απορροφώνται εύκολα από τα φυτά και χαρακτηρίζονται από σταδιακή απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών.

Πιο συγκεκριμένα, για το λίπασμα βιολογικής προέλευσης, δεδομένου ότι είναι τεχνικά ζωντανό, μπορεί να συσχετιστεί συμβιωτικά με τις ρίζες των φυτών. Οι εμπλεκόμενοι μικροοργανισμοί θα μπορούσαν εύκολα και με ασφάλεια να μετατρέψουν σύνθετο οργανικό υλικό σε απλές ενώσεις, έτσι ώστε να απορροφώνται εύκολα από τα φυτά. Η λειτουργία των μικροοργανισμών έχει μεγάλη διάρκεια, με αποτέλεσμα να βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους, να διατηρεί το φυσικό περιβάλλον του εδάφους, να αυξάνει την απόδοση της καλλιέργειας κατά 20-30%, να αντικαθιστά το χημικό άζωτο και το φώσφορο κατά 30% και να διεγείρει την ανάπτυξη των φυτών. Μπορεί επίσης να παρέχει προστασία από την ξηρασία και από ορισμένες ασθένειες που μεταδίδονται στο έδαφος. (Maćik et al., 2020)

1.3 Το πρόβλημα της φτωχοποίησης του εδάφους & η αναγκαιότητα χρήσης BBFs

Ο αυξανόμενος πληθυσμός απαιτεί την εντατικοποίηση των καλλιεργειών κάτι που συμβάλλει στη φτωχοποίηση των εδαφών και έτσι αναγκάζει τους αγρότες να εφαρμόζουν εντατική λίπανση με θρεπτικά στοιχεία.

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους που απασχολεί όλες τις χώρες και τις ηπείρους. Ένας παγκόσμιος στόχος είναι η εξυγίανση του εδάφους για την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας προϊόντων από τις καλλιέργειες και την επίτευξη μεγαλύτερης βιωσιμότητας της γεωργίας.

Σίγουρα, οι ακριβείς τεχνικές λίπανσης αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του μέλλοντος της γεωργίας, όπου τα θρεπτικά συστατικά θα παρέχονται ελεγχόμενα με ελαχιστοποιημένες απώλειες στο περιβάλλον, όπως είναι η έκπλυση των στοιχείων λίπανσης στα υπόγεια ύδατα. Αυτό θα δράσει συνεργιστικά στην αποτροπή ενός ακόμα προβλήματος, του ευτροφισμού των επιφανειακών υδάτων λόγω της παρουσίας αζώτου και φωσφόρου, που προέρχονται από λιπάσματα γεωργικών αγρών που θα συζητηθεί αργότερα στην παράγραφο 5.3. Η κινητική της απελευθέρωσης θρεπτικών συστατικών θα πρέπει επομένως να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των φυτών και στην κινητική της πρόσληψης από το φυτό.

Ο φώσφορος είναι ένας πεπερασμένος πόρος και τα αποθέματα της Ευρώπης πολύ μικρά. Ο κύκλος ανάκτησης αζώτου είναι ενεργοβόρος και έχει αντίκτυπο στον κύκλο παραγωγής τροφίμων. Τόσο το άζωτο όσο και ο φώσφορος μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ποιότητα του νερού και του αέρα. Η ευρωπαϊκή γεωργία βασίζεται παραδοσιακά στις εισαγωγές και εξακολουθεί να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα χημικά λιπάσματα, παρά το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση βιολογικών λιπασμάτων.

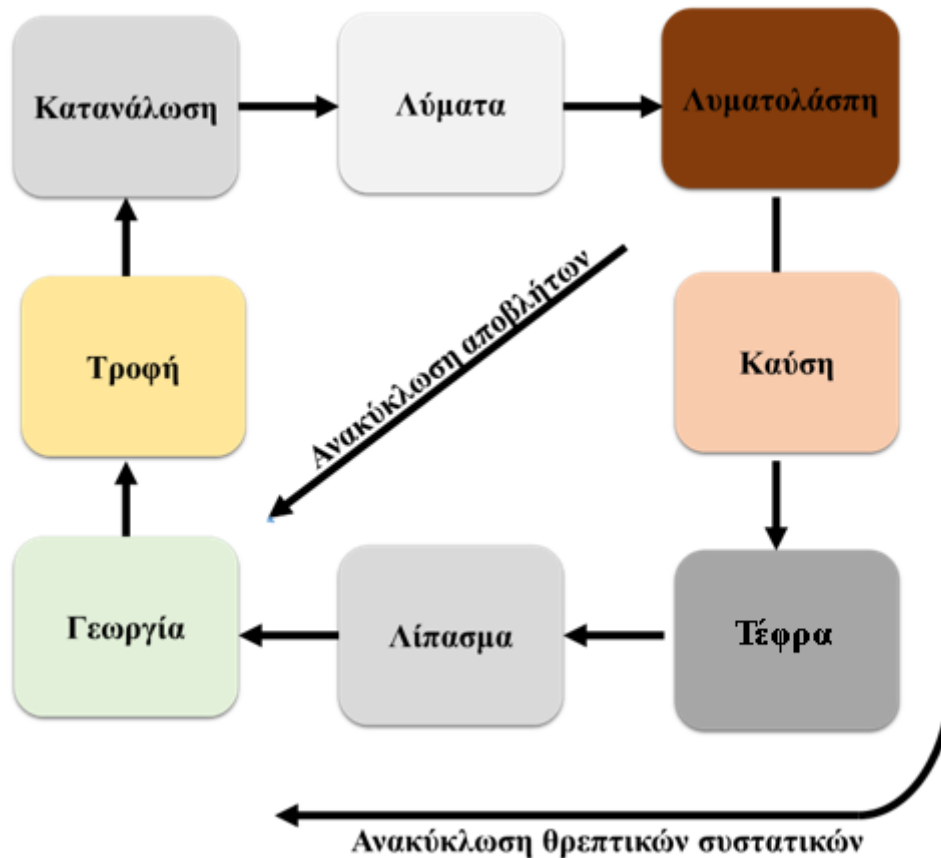
Τα λιπάσματα βιολογικής βάσης (BBFs) μπορούν να βοηθήσουν στον μετριασμό των βασικών προκλήσεων που συνδέονται με τα παραδοσιακά λιπάσματα.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει ως στόχο για το 2030 τη μείωση κατά 30% των μη ανανεώσιμων πόρων στην παραγωγή λιπασμάτων. Προς αυτήν την κατεύθυνση θα μπορούσε να συνεισφέρει η δημιουργία κινήτρων για την αξιοποίηση αποβλήτων και η επιβολή προστίμων για χρήση μη ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Οι μεγάλες ποσότητες καθημερινά παραγόμενων αστικών αποβλήτων μπορούν να αποτελέσουν συνεχή πηγή σημαντικών θρεπτικών συστατικών. Τα απόβλητα αυτά περιέχουν πολύτιμα υλικά, που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, αποτελώντας απώλεια για τη βιομηχανία λιπασμάτων, ενώ παράλληλα αποτελούν σημαντική επιβάρυνση για το περιβάλλον.

Τα αστικά και βιομηχανικά λύματα μπορούν να αποτελέσουν μια σημαντική πηγή για την ανάκτηση συστατικών βιολιπασμάτων. Για να επιτευχθεί η ανάκτηση αυτών των συστατικών, καινοτόμες τεχνολογίες θα έπρεπε να εγκατασταθούν εντός ή πολύ κοντά στις υπάρχουσες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων. Με αυτό τον τρόπο θα αποφεύγονταν οι κίνδυνοι υγιεινής που συνεπάγεται η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων ή ιλύος που προέρχεται από την επεξεργασία τους και θα επηρεάζονταν θετικά η οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων. (Tuhy et al., 2014)

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι μελέτη της αξιοποίησης των θρεπτικών συστατικών που προκύπτουν από την επεξεργασία λυμάτων (wastewater treatment, WWT) για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης.



Εικόνα 1.1 Διάγραμμα ροής που απεικονίζει για το κλείσιμο του κύκλου θρεπτικών συστατικών λιπασμάτων: Ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών από οργανικά απόβλητα με πρόσθετες επεξεργασίες: καύση, εξαγωγή τέφρας και παραγωγή λιπασμάτων (Kirchmann, Börjesson, Kätker, & Cohen, 2017)

1.4 Οφέλη και αποτελεσματικότητα των BBFs στην ενίσχυση της γεωργίας

Τα BBFs αποτελούν μέσα για τον εμπλουτισμό του εδάφους με θρεπτικά συστατικά και συγκεκριμένα φωσφόρου και για την πρόληψη ελλείψεων αζώτου.

Το έδαφος είναι η κύρια πηγή θρεπτικών συστατικών για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων (προϊόντα διατροφής (σιτιρά, φρούτα, λαχανικά και όσπρια), προϊόντα κτηνοτροφικής ζήτησης (π.χ. τριφύλλι ή άλλων υποπροϊόντων όπως είναι το σανό, προϊόντων βιομηχανικής ζήτησης (βαμβάκι, λινάρι) και καλλωπιστικών φυτών. Η ζήτηση για θρεπτικά συστατικά αλλάζει με τη φάση ανάπτυξης ενός φυτού. Τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, τα οποία θα αναλυθούν εκτενέστερα στην παράγραφο 1.6, είναι ενώσεις που επηρεάζουν τον κύκλο ανάπτυξης και το μεταβολισμό των φυτών. Γενικά, τα θρεπτικά συστατικά είναι υπεύθυνα για την αποθήκευση ενέργειας και το μεταβολισμό, τη μεταφορά ηλεκτρονίων και τη δραστηριότητα των ενζύμων. Λόγω των λειτουργιών που επιτελούν στον κύκλο ζωής ενός φυτού, δεν μπορούν να αντικατασταθούν με άλλα συστατικά και είναι απαραίτητα για όλα τα φυτά.

Λαμβάνοντας υπόψη τις αυξανόμενες απαιτήσεις κατανάλωσης και τους κινδύνους που προκύπτουν από την υπερβολική χρήση συνθετικών, χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, το BBF ως λίπασμα θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη

μη τοξική εναλλακτική λύση στα συνθετικά αγροχημικά, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου των μυκήτων και της ελαχιστοποίησης της μόλυνσης από μυκοτοξίνες. (Maçik et al., 2020)

Έχει αποδειχθεί ότι για την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας καλλιεργειών, οργανικά λιπάσματα με ικανότητα αζωτοδέσμευσης και διαλυτοποίησης του φωσφόρου θα οδηγούσαν στο μεγαλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Τα λιπάσματα βιολογικής βάσης προάγουν επίσης υγιές έδαφος, συνεισφέροντας στη βιωσιμότητα της γεωργίας. (Alhassan, Umar, Epenu, Utono, & Yusuf, 2021)

1.5 Συστατικά λιπασμάτων

1.5.1 Μακροθρεπτικά συστατικά

1.5.1.1 Άζωτο

Τα λιπάσματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τη μορφή με την οποία βρίσκεται το άζωτο σε αυτά:

- Τα λιπάσματα με νιτρικό άζωτο, σε αυτά συμπεριλαμβάνεται και η νιτρική αμμωνία και
- Τα αζωτούχα λιπάσματα, δηλαδή λιπάσματα που περιέχουν, άζωτο σε δηλωτέα περιεκτικότητα, σε στερεή ή υγρή μορφή, είτε οργανικά είτε ανόργανα.

Το άζωτο είναι ένα από τα πιο απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των φυτών και παίζει καθοριστικό ρόλο στη φυτική παραγωγή. Είναι ένα βασικό μακροθρεπτικό συστατικό σε όλες τις ενζυμικές αντιδράσεις στα κύτταρα των φυτών και βασικό συστατικό των μορίων της χλωροφύλλης.

Η Βιολογική Δέσμευση Αζώτου (Biological Nitrogen Fixation, BNF) είναι η μετατροπή αδρανούς ατμοσφαιρικού αζώτου σε μία μεταβολικά χρήσιμη μορφή, όπως για παράδειγμα η αμμωνία, από μικροοργανισμούς που δεσμεύουν το άζωτο μέσω μιας καταλιόμενης από ένα σύνθετο μεταλλοένζυμο (νιτρογενάση) αντίδρασης. Οι μικροοργανισμοί που είναι ικανοί για δέσμευση αζώτου διακρίνονται σε συμβιωτικούς και μη συμβιωτικούς. Συμβιωτικοί οργανισμοί, κυρίως βακτήρια από την οικογένεια των Rhizobiaceae, αναπτύσσουν αμοιβαίες σχέσεις με ξενιστές, ψυχανθή φυτά. Οι ελεύθεροι ζωντανοί και ενδοφυτικοί μικροοργανισμοί που συμβάλλουν στην BNF που δεν αναπτύσσουν τέτοιες σχέσεις ονομάζονται μη συμβιωτικοί. (Maçik et al., 2020)

1.5.1.2 Φώσφορος

Ομοίως με το άζωτο, ο φώσφορος είναι το επόμενο απαραίτητο μακροθρεπτικό συστατικό, που απαιτείται σε εξαιρετικά αφομοιώσιμες μορφές, για τη μεγιστοποίηση της ανάπτυξης και παραγωγής των φυτών. Συμμετέχει σε μονοπάτια ενζύμων που ρυθμίζουν το μεταβολισμό των φυτών, στη φωτοσύνθεση και τη μεταφορά ενέργειας και σε πολλές άλλες σημαντικές διεργασίες.

Η έλλειψη φωσφόρου στα νεαρά φυτά μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερημένη ανάπτυξη. Υπάρχουν δύο μορφές φωσφόρου που απαντώνται στο έδαφος: α) ο διαλυτός φώσφορος και β) ο αδιάλυτος φώσφορος, που διακρίνεται σε οργανικές και ανόργανες ενώσεις. Ο φώσφορος μπορεί να απορροφηθεί ως $H_2PO_4^-$ και HPO_4^{2-} , αλλά περίπου το 95-99% του φωσφόρου του εδάφους παρουσιάζεται σε αδιάλυτες μορφές

που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα φυτά. Ένας κοινός τρόπος αντιμετώπισης της ανεπάρκειας φωσφόρου είναι η εφαρμογή φωσφορικών λιπασμάτων - ορυκτών με τη μορφή φωσφορικού μονοασβεστίου ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) ή φωσφορικού μονοκαλίου (KH_2PO_4).

Ωστόσο, η μακροχρόνια εφαρμογή φωσφορικών λιπασμάτων παρουσιάζει σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορεί να περιορίσει την ποσότητα του φυσικού φωσφόρου. Έχει αναφερθεί ότι ένα μεγάλο ποσοστό φωσφόρου στα ορυκτά λιπάσματα καθίσταται μη διαθέσιμο για τα φυτά. Παρόμοια κατάσταση συμβαίνει σε αλκαλικά εδάφη όπου σχηματίζονται χημικοί δεσμοί με μαγνήσιο και ασβέστιο. Τα βιολιπάσματα που βασίζονται σε μικροβιακά στελέχη που ασκούν δράση διαλυτοποίησης φωσφόρου είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας του φωσφόρου στα γεωργικά εδάφη με φιλικές προς το περιβάλλον επιπτώσεις στη χρήση ορυκτών λιπασμάτων φωσφόρου.

Τα βακτηριακά στελέχη, που έχει βρεθεί ότι αυξάνουν τη διαθεσιμότητα των φωσφορικών αλάτων του εδάφους για τα φυτά, περιλαμβάνουν την *Pseudomonas spp.*, *Agrobacterium spp.* και *Bacillus circulans*. Άλλα βακτήρια που είναι ικανά να διαλυτοποιήσουν φώσφορο περιλαμβάνουν στελέχη των ακόλουθων γενών: *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Kushneria*, *Paenibacillus*, *Ralstonia*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Bradyrhizobium*, *Thurkholderia* και *Simonbacilla*. Εκτός από τα βακτήρια και μύκητες έχουν αναφερθεί ότι είναι χρήσιμοι όσον αφορά τη διαλυτοποίηση του φωσφόρου.

Με βάση την εφαρμογή βακτηρίων που διαλυτοποιούν φώσφορο και μικροοργανισμών που κινητοποιούν φώσφορο έχουν διακριθεί δύο τύποι φωσφορό-βιολιπασμάτων: Φωσφοροδιαλυτοποιητικά βιολιπάσματα (Phosphorus-soluble bio fertilizers, PSB) και Βιολιπάσματα που κινητοποιούν φωσφόρο (Phosphorus mobilizing bio fertilizers, PMB). (Maćik et al., 2020)

1.5.1.3 Κάλιο

Το κάλιο είναι το τρίτο μακροθρεπτικό συστατικό απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών και τις μεταβολικές διεργασίες που συμβαίνουν στα κύτταρα των φυτών. Συμμετέχει στη φωτοσύνθεση, την ενεργοποίηση των ενζύμων, τη σύνθεση πρωτεϊνών και την αποδόμηση του σακχάρου. Αυτό το μακροθρεπτικό συστατικό παρουσιάζεται στο έδαφος με τις ακόλουθες μορφές και η συνολική ποσότητα καλίου στο έδαφος κυμαίνεται από 0,04% έως 3%. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος του καλίου στο έδαφος (90–98%) είναι ορυκτό κάλιο.

Διάφορες ομάδες μικροοργανισμών όπως βακτήρια και μύκητες βρέθηκαν να αυξάνουν τη διαθεσιμότητα καλίου λόγω της παραγωγής ενός αριθμού οργανικών οξέων (κιτρικό, οξαλικό, τρυγικό, ηλεκτρικό, κουμαρικό, συριγγικό και μηλικό οξύ) και πολυσακχαριτών, καθώς και σύμπλοκωσης και ιοντοαλλαγής. Οι μηχανισμοί που εμπλέκονται στη διαλυτοποίηση του καλίου περιλαμβάνουν τον μετασχηματισμό του μη διαθέσιμου καλίου σε διαθέσιμη μορφή. Το βακτήριο *Frateriuria aurantialis* αναφέρεται ότι είναι ένας αποτελεσματικός κινητοποιητής καλίου και χρησιμοποιείται σε εμπορικά λιπάσματα βιολογικής προέλευσης όπως Symbion-K, Biosol-K και K Sol B.A, Prajapati et al. (2013). Η μελέτη έδειξε επίσης, ότι το βακτήριο *Enterobacter hormaeche* βοηθάει σημαντικά στην αύξηση περιεκτικότητας σε κάλιο και χλωροφύλλη στις μπάμιες. Οι *Arbuscular mycorrhizal* μύκητες είναι γνωστό ότι αυξάνουν τη διαθεσιμότητα του καλίου. Σύμφωνα με τους Wu et al. (2005) ο διπλός εμβολιασμός με *G. intraradices* και *G. mosseae* αύξησε την πρόσληψη καλίου στον αραβόσιτο.

Τα βιολιπάσματα που περιέχουν μικροοργανισμοί διαλυτοποίησης του καλίου (K-Solubilizing microorganisms, KSM) είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο στη γεωργία καθώς αυξάνουν την πρόσληψη καλίου από τα φυτά, βελτιώνουν τη γονιμότητα του εδάφους και την ποιότητα των καλλιεργειών, βελτιώνουν ακόμα τη δράση των αυτόχθονων μικροοργανισμών του εδάφους και ελαχιστοποιούν τη χρήση ορυκτών λιπασμάτων καλίου. (Maćik et al., 2020)

1.5.2 Μικροθρεπτικά συστατικά

Τα μικροθρεπτικά συστατικά έχουν μεγάλη σημασία για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών και παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της μορφολογίας και της ανατομίας τους. Συχνά αναφέρονται ως ιχνοστοιχεία επειδή η περιεκτικότητά τους σε ξηρή ουσία δεν υπερβαίνει το 0,01%. Η ανεπάρκεια ακόμη και ενός από τα μικροθρεπτικά συστατικά μπορεί να προκαλέσει ασθένειες και να διαταράξει τη σωστή βλάστηση των φυτών. Η βιοδιαθεσιμότητα των μικροστοιχείων εξαρτάται από το pH του εδάφους και τη γονιμότητά του, καθώς και από την παρουσία άλλων ιόντων (συνέργεια ή ανταγωνισμό).

Είναι πολύ σημαντικό να διαχειρίζονται οι διαθέσιμοι θρεπτικοί πόροι WW με υπεύθυνο και βιώσιμο τρόπο, προκειμένου να διατηρηθεί η γονιμότητα του εδάφους, ώστε να μπορούμε να αποκτήσουμε άφθονα, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, υψηλής ποιότητας και οικονομικά τρόφιμα για τον παγκόσμιο πληθυσμό και των ζώων. Εκτός από το άζωτο, φώσφορο, κάλιο, τα μικροθρεπτικά συστατικά είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά των καλλιεργειών που υποστηρίζουν επίσης θεμελιώδεις

διαδικασίες των φυτών, την υγεία, την ανάπτυξη και την παραγωγή τους και ενισχύουν την αποτελεσματικότητα των λιπασμάτων. Δυστυχώς, είναι επίσης συχνά σε έλλειψη για καλλιέργειες.

Αυτά τα μικροθρεπτικά συστατικά και ο ειδικός τους ρόλος παρατίθενται παρακάτω:

- Βόριο: Αυτό το σημαντικό θρεπτικό συστατικό διασφαλίζει την υγιή ανάπτυξη των κυττάρων και βοηθά στο σχηματισμό της γύρης. Η έλλειψη βορίου μπορεί επίσης να εμποδίσει την ανάπτυξη των φυτών.
- Χλώριο: Χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς κόκκους, όπως το σιτάρι. Το χλώριο βοηθά τα φυτά να διαχειρίζονται το στρες του νερού και να αντιστέκονται σε μυκητιακές ασθένειες.
- Χαλκός: Ο χαλκός παίζει ουσιαστικό ρόλο ως καταλύτης, προάγοντας χημικές αντιδράσεις χωρίς να γίνεται προϊόν αυτών των αντιδράσεων. Βοηθά επίσης στον σχηματισμό πρωτεϊνικών χρωστικών στα ερυθρά αιμοσφαίρια, καθιστώντας το βασικό μικροθρεπτικό συστατικό για τα ζώα και τον άνθρωπο.
- Σίδηρος: Αυτό το θρεπτικό συστατικό λειτουργεί ως καταλύτης στο σχηματισμό χλωροφύλλης και προάγει τη λειτουργία των ριζών σε όσπρια όπως τα φιστίκια και τα φασόλια.
- Μαγγάνιο: Ένας άλλος καταλύτης χλωροφύλλης, το μαγγάνιο βοηθά επίσης στη ρύθμιση πολλών φυτικών ενζύμων. Η διασφάλιση ότι τα φυτά έχουν αρκετό μαγγάνιο μεταφράζεται σε τροφή πλούσια σε μαγγάνιο για τον άνθρωπο.
- Μολυβδαίνιο: Αυτό το θρεπτικό συστατικό βοηθά τα φυτά να χρησιμοποιούν το άζωτο και τον φώσφορο (δύο από τα «3 μεγάλα» θρεπτικά συστατικά) πιο αποτελεσματικά και δίνει στους αγρότες μεγαλύτερες αποδόσεις και μεγαλύτερη απόδοση στην επένδυσή τους σε λιπάσματα.
- Ψευδάργυρος: Αυτό το ζωτικής σημασίας θρεπτικό συστατικό παίζει βασικό ρόλο στην ανθρώπινη υγεία καθώς και στην υγεία των φυτών. Βοηθά τα φυτά να σχηματίσουν πρωτεΐνες, άμυλα και αυξητικές ορμόνες,

Πίνακας 1.4 Σύσταση μικροθρεπτικών συστατικών (% κατά μάζα)

Μικροθρεπτικά Συστατικά	Στερεό οργανό- ορυκτό λίπασμα	Υγρό οργανό-ορυκτό λίπασμα		Σύνθετο ανόργανο μικροθρεπτικό λίπασμα	
	Προορίζεται για χρήση σε καλλιέργειες ή λιβάδια	Προορίζεται για κηπουρική χρήση		Μη χηλικό, μη σύμπλοκο	Χηλικά ή σύμπλοκα
Βόριο (B)	0.01	0.01	0.01	0.2	n.a.
Κοβάλτιο (Co)	0.002	n.a.	0.002	0.02	0.02
Σίδηρος (Fe)	0.5	0.02	0.02	2	0.3
Μαγγάνιο (Mn)	0.1	0.01	0.01	0.5	0.1
Μολυβδαίνιο (Mo)	0.001	0.001	0.001	0.02	n.a.
Χαλκός (Cu)	0.01	0.002	0.002	0.5	0.1
Ψευδάργυρος (Zn)	0.01	0.002	0.002	0.5	0.1

Μία εξεταζόμενη καλλιέργεια που τροφοδοτήθηκε με ψευδάργυρο βρέθηκε αποτελεσματικότερη σε σύγκριση με τα φυτά που τροφοδοτήθηκαν με συμβατικά λιπάσματα αναφοράς - ανόργανα άλατα. Επιπλέον, η χρήση της ίδιας δόσης συμβατικών λιπασμάτων με τη μορφή ορυκτών αλάτων ανέστειλε την ανάπτυξη των φυτών, ενώ τα λιπάσματα που λαμβάνονται με βιοαπορρόφηση, όχι μόνο διεγείρουν την ανάπτυξη των φυτών, αλλά οδηγούν και στον εμπλουτισμό των φύτρων με μικροστοιχεία.

Εκτός από τα αναφερόμενα μεταλλικά στοιχεία, άλλα στοιχεία, όπως το νάτριο, το πυρίτιο, το αλουμίνιο, το βανάδιο ή το κοβάλτιο, επηρεάζουν ευνοϊκά τις διαδικασίες ανάπτυξης ορισμένων ειδών.

Πίνακας 1.5 Μικροθρεπτικά συστατικά & οι λειτουργίες τους

Μικροθρεπτικό συστατικό	Λειτουργία	Συμπτώματα ανεπάρκειας	Αναφορές
Σίδηρος	Παρουσιάζεται με τη μορφή Fe ²⁺ , Fe ³⁺ ή χηλικών ενώσεων. Συμμετέχει στη μεταφορά ηλεκτρονίων ως συστατικό οξειδωτικών ενζύμων. Είναι απαραίτητο υπόστρωμα για τη σύνθεση της χλωροφύλλης, συμμετέχει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής	Χλώρωση, που προσβάλλει κυρίως νεαρά φύλλα. Αλλαγή στο χρώμα των φυτικών οργάνων από πράσινο σε λευκό	(Kobayashi et al., 2019)
Χαλκός	Λαμβάνεται από το έδαφος με τη μορφή Cu ²⁺ ή χηλικών ενώσεων. Συστατικό πολλών σημαντικών ενζύμων που υπάρχουν στα φυτά. Αυξάνει την αντοχή των φυτών σε μυκητιασικές και βακτηριακές ασθένειες.	Λεύκανση φύλλων και αυτιών. Επιβράδυνση των διαδικασιών ωρίμανσης	(Yruela, 2005)
Ψευδάργυρος	Επηρεάζει τις καταλυτικές ιδιότητες των ενζύμων. Συμμετέχει στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών. Συμμετέχει στη γονιδιακή μεταγραφή.	Διαταράσσει τη σύνθεση αυξητικών - ορμονών που είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη των φυτών και το μέγεθος των καρπών, η στίγματα στα φύλλα και οι λαμβανόμενες καλλιέργειες είναι υπανάπτυκτες	(Brown et al., 1993)
Βόριο	Βασικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων. Ρυθμίζει τους βιοχημικούς μετασχηματισμούς οργανικών ενώσεων. Διεγείρει την ενσωμάτωση του φωσφόρου σε δομές νουκλεϊκών οξέων. Υπεύθυνος για την ορμονική ισορροπία των φυτών. Διεγείρει τις διαδικασίες ανθοφορίας και καρποφορίας.	Διαταραχές στην ανάπτυξη των φυτών: οι καρποί είναι μικρού μεγέθους και ραγισμένοι, τα φύλλα κιτρινίζουν και πέφτουν. Εξαιρετικά ευαίσθητα σε ανεπαρκή ποσότητα βορίου στο υπόστρωμα είναι τα παντζάρια, οι πατάτες, η ελαιοκράμβη και τα οπωροφόρα δέντρα.	(Camacho-Cristóbal et al., 2008)
Μαγγάνιο	Σχηματίζει χηλικούς δεσμούς μεταξύ του υποστρώματος και της πρωτεΐνης. Διεγείρει τις καταλυτικές ιδιότητες των ενζύμων που εμπλέκονται στη διαδικασία της αναπνοής. Συμμετέχει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.	Χλώρωση και στο επόμενο στάδιο μαύρισμα και πτώση των φύλλων.	(Millaleo et al., 2010)
Μολυβδαίνιο	Έχει οξειδο-αναγωγικές ιδιότητες που συμβάλλουν στη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου, καθώς και στην αμμωνιοποίηση.	Πιο ορατό στα όσπρια. Οδηγεί σε μείωση της ποσότητας χλωροφύλλης, ξήρανση των κορυφών των στελεχών και κατσαρώματος των άκρων των φύλλων.	(Kaiser et al., 2005)

1.5.3 Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από ροές αποβλήτων

1.5.3.1 Βιοάνθρακας

Η ανάκτηση θρεπτικών ουσιών από τα απόβλητα είναι απαραίτητη και διαφορετικές τεχνικές, όπως η πυρόλυση, η αντίστροφη ώσμωση, η ηλεκτροδιάλυση κ.α, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτησή τους. Οι διαδικασίες παραγωγής του βιοάνθρακα περιλαμβάνουν πυρόλυση και είναι μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος για τη λήψη θρεπτικών ουσιών από τα απόβλητα. Ο βιοάνθρακας μπορεί να γίνει ένα αποτελεσματικό βελτιωτικό της ανάπτυξης των φυτών, καθώς και ένα κανονικό συμπλήρωμα ζωοτροφών. Ωστόσο, καμία τεχνολογία δεν μπορεί να ανακτήσει αποτελεσματικά όλα τα θρεπτικά συστατικά από τα απόβλητα. Επομένως, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός των τεχνικών λαμβάνοντας υπόψη τις διαδικασίες συσσώρευσης, απελευθέρωσης και εκχύλισης/ανάκτησης θρεπτικών συστατικών.

1.5.4 Καταγραφή συστατικών των BBFs σε λύματα (Πιθανά συστατικά BBFs)

Πίνακας 1.6 Φυσικοί και χημικοί παράμετροι των λυμάτων

Φυσικές Παράμετροι	Χημικές Παράμετροι
Ολικά στερεά (%)	Αλκαλικότητα (ως CaCO ₃ , mg/l)
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS, mg/l)	Οξύτητα/Βασικότητα (pH)
Εναιωρούμενα στερεά (SS, mg/l)	Αναλογία προσρόφησης νατρίου SAR = $\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$, ιοντικές συγκεντρώσεις σε me/l 0-10 (χαμηλό Na Νερό – μικρός κίνδυνος) 10-18 (μέτριο νερό με Na - προβλήματα σε εδάφη λεπτής υφής και ευαίσθητα σε νάτριο φυτά, ειδικά σε συνθήκες χαμηλής έκπλυσης) 18-26 (υψηλό Νερό - Προβλήματα στα περισσότερα εδάφη, Απαιτούνται καλά ανθεκτικά στο αλάτι φυτά μαζί με ειδική διαχείριση όπως η χρήση γύψου) >26 (πολύ υψηλό Na Νερό – μη ικανοποιητικό εκτός από υψηλή αλατότητα (>2,0 ms/m), υψηλά επίπεδα ασβεστίου και χρήση γύψου)
Ποσοστό διαλυτού νατρίου (%)	BOD ₅ (mg/l) BOD5 (mg/l) *Βιοχημική ζήτηση οξυγόνου στους 20 °C για 5 ημέρες ως μέτρο της βιοαποδομήσιμης οργανικής ύλης στα λύματα
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (E _{cw} ή EC, μS/cm)	Χημική ζήτηση οξυγόνου (COD, mg/l)

Θερμοκρασία (°C)	Συνολικό οργανικό περιεχόμενο (TOC, mg/l)
Χρώμα/Θολότητα (NTU/JTU, Νεφελομετρικές μονάδες θολότητας/Μονάδες θολότητας Jackson)	
Σκληρότητα (mg ισοδύναμο CaCO ₃ /l)	
Ιζήματα (g/l)	

Πίνακας 1.7 Θρεπτικά συστατικά που περιέχονται σε λύματα

Θρεπτικά Συστατικά που περιέχονται σε WW (mg/l)
Άζωτο
Ολικό άζωτο
Αμμώνιο NH ₃ -N
Οργανικό-N
Νιτρικό-άζωτο (NO ₃ -N)
Κάλιο (K)
Ολικός φώσφορος
Ορθό-P
Φωσφορικός Φώσφορος (PO ₄ -P)
Ασβέστιο (Ca ⁺⁺)
Μαγνήσιο (Mg ⁺⁺)
Νάτριο (Na ⁺)
Ανθρακικό (CO ₃ ⁻)
Διττανθρακικά (HCO ₃ ⁻)
Χλώριο (Cl)
Θειικό (SO ₄ ⁻)
Γράσο
Βόριο (B)
Αναλογία προσρόφησης νατρίου (SAR)

Πίνακας 1.8 Οργανικά περιεχόμενο λυμάτων

Οργανικό περιεχόμενο WW(mg/l)
Aldrin & dieldrin
Βενζόλιο
Βενζο-α-πυρένιο
Τετραχλωράνθρακα
Chlordane
Χλωροφόρμιο
2,4-Διχλωροφαινοξυοξικό οξύ
DDT
1,2 Διχλωροαιθάνιο
1,1 Διχλωροαιθυλένιο
Επταχλωρικό και εποξειδίο επταχλωρίου
Εξαχλωροβενζόλιο
Λινδάνιο
Methoxychlor
Πενταχλωροφαινόλη
Τετραχλωροαιθυλένιο
2,4,6 Τριχλωροαιθυλένιο
Τριχλωροφαινόλη

Πίνακας 1.9 Βαρέα μέταλλα και Ιχνοστοιχεία σε λύματα

Βαρέα Μέταλλα (mg/l)	Ιχνοστοιχεία (mg/l)
Αρσενικό (As)	Αλουμίνιο
Κάδμιο (Cd)	Βηρύλλιο (Be)
Χρόμιο (Cr)	Κοβάλτιο (Co)
Χαλκός (Cu)	Φόρριο (F)
Μόλυβδος (Pb)	Σίδηρος (Fe)
Υδράργυρος (Hg)	Λίθιο (Li)
Νικέλιο (Ni)	Μαγγάνιο (Mn)
Ψευδάργυρος (Zn)	Μολυβδαίνιο (Mo)
Σελήνιο (Se)	Σελήνιο (Se)
Κυανιούχο	Κασσίτερος (Sn)
Φθοριούχος	Τιτάνιο (Ti)
Νιτρικό άλας	Βολφραίμιο (W)
	Βανάδιο (V)

Πίνακας 1.10 Παθογόνοι μικρο- και μακροοργανισμοί σε λύματα

Παθογόνοι μικρο-, μακροοργανισμοί (units/100ml, /l, pfu/ml)
Viruses (mg/ml)
<i>Polio-, echo- and coxsacki enteroviruses</i>
<i>Rota virus</i>
<i>Hepatitis A</i>
<i>Norwalk virus</i>
<i>Adenovirus</i>
<i>Reovirus</i>
<i>Echovirus</i>
Bacteria (CFU/m³)
<i>Entero-toxigenic, invasive, pathogenic E. coli</i>
<i>Salmonella spp.</i>
<i>Shigella spp.</i>
<i>Vibrio cholera</i>
<i>Yersinia</i>
<i>Campylobacter</i>
<i>Leptospira</i>
Protozoa
<i>Entamoeba histolytica</i>
<i>Cryptosporidium</i>
<i>Giardia lamblia</i>
<i>Entamoeba coli</i>
<i>Cryposporidium parvum</i>
<i>Ascaris lumbricoides</i>
<i>Ancylostoma</i>
<i>Nectar</i>
<i>Trichuris</i>
<i>Tenia solium</i>
<i>Trichuris trichuria</i>
Helminths
<i>Ascaris Lumbricoides</i>
<i>Ascaris suum</i>
<i>Hookworms</i>
<i>Schistosoma mansoni</i>
<i>Taenia saginata</i>
<i>Trichuris trichiura</i>

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) 2019/1009 του ΕΚ και του Συμβουλίου της 5ης Ιουνίου 2019 για τη θέσπιση κανόνων σχετικά με τη διάθεση προϊόντων λίπανσης της ΕΕ στην αγορά και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 και (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2003/2003 αναφέρεται ότι: «Οι επιμολυντές στα προϊόντα λίπανσης της ΕΕ, όπως το κάδμιο, ενδεχομένως να έθεταν σε κίνδυνο την υγεία του ανθρώπου, των ζώων ή των φυτών, την ασφάλεια ή το περιβάλλον, καθώς συσσωρεύονται στο περιβάλλον και εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα. Ως εκ τούτου, η περιεκτικότητα αυτών των προϊόντων σε τέτοιες ουσίες θα πρέπει να είναι περιορισμένη. Επιπλέον, η παρουσία προσμείξεων,

ιδίως πολυμερών αλλά και μετάλλου και γυαλιού, στα προϊόντα λίπανσης της ΕΕ που παράγονται από βιολογικά απόβλητα θα πρέπει είτε να αποτρέπεται είτε να περιορίζεται στον βαθμό που αυτό είναι τεχνικώς εφικτό, μέσω ανίχνευσης τέτοιων προσμειξέων στα χωριστά συλλεγόμενα βιολογικά απόβλητα πριν από την επεξεργασία.

Κύρια Συμπεράσματα

- Το έδαφος επηρεάζεται σημαντικά από το κλίμα, το οποίο συμβάλλει στη σύσταση του εδάφους τόσο με φυσικές όσο και με βιογεωχημικές διαδικασίες.
- Οι αυξημένες ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερους ρυθμούς αποσύνθεσης της οργανικής ύλης του εδάφους, προκαλώντας έτσι μειωμένη γονιμότητα και αυξημένη απελευθέρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα.
- Οι απότομες αλλαγές του κλίματος και συγκεκριμένα η διάβρωση του εδάφους λόγω των βροχοπτώσεων, αλλά και έντονη ξηρασία και οι πυρκαγιές, συμβάλλουν στο πρόβλημα της φτωχοποίησης των εδαφών και γίνεται επιτακτική η ανάγκη χρήσης των λιπασμάτων βιολογικής βάσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο |

2. Τεχνολογίες επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων από διάφορες πηγές – Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών

2.1 Το πρόβλημα

Η Πράσινη Συμφωνία είναι η νούμερο ένα προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και καθορίζει ως στόχο τη μείωση των απωλειών θρεπτικών συστατικών κατά 50% έως το 2030.

Τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων (wastewater treatment plants, WWTP) συνδέονται με παγκόσμιους κύκλους θρεπτικών συστατικών επειδή ένα κλάσμα του αζώτου και του φωσφόρου που χρησιμοποιούνται ως λίπασμα στη γεωργία καταλήγει στο ρεύμα των λυμάτων. Μια παγκόσμια εκτίμηση υποδηλώνει ότι η παραγωγή λιπασμάτων αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 1% των παγκόσμιων εκπομπών ανθρωπογενών αερίων θερμοκηπίου (GHG) και της ζήτησης ενέργειας. Πάνω από το 90% αυτών των εκπομπών σχετίζονται με την παραγωγή λιπάσματος αμμωνίου (NH_4).

Σε σύγκριση με το άζωτο, η ανάκτηση του φωσφόρου θεωρείται επιτακτική επειδή είναι ένας μη ανανεώσιμος πόρος ο οποίος προβλέπεται να εξαντληθεί σε μερικά χρόνια. Η εξόρυξη φωσφόρου από πετρώματα έχει σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα επειδή παράγει υποπροϊόντα όπως ο γύψος, τα οποία είναι συχνά μολυσμένα με ραδιενεργά στοιχεία και βαρέα μέταλλα και δεν απορρίπτονται με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Ο φώσφορος εισέρχεται στο ρεύμα των λυμάτων μέσω των περιττωμάτων, των αστικών αποβλήτων και των βιομηχανικών λυμάτων, σε συγκέντρωση περίπου 6 mg φωσφόρου ανά λίτρο. Τα υγρά απόβλητα μπορεί να περιέχουν 4-16mg/L φωσφόρου, ενώ η ημερήσια κατανάλωση φωσφόρου για τους ενήλικες είναι 800mg. Εάν η εισροή φωσφόρου δεν αφαιρεθεί κατά τη διαδικασία επεξεργασίας, θα περάσει στα επιφανειακά ύδατα προκαλώντας ευτροφισμό και σημαντική υποβάθμιση των οικοσυστημάτων και της ποιότητας νερού. (Ταμπακίδης, n.d.).

2.2 Ανίχνευση ροών υγρών αποβλήτων (στην Ευρώπη των '28')

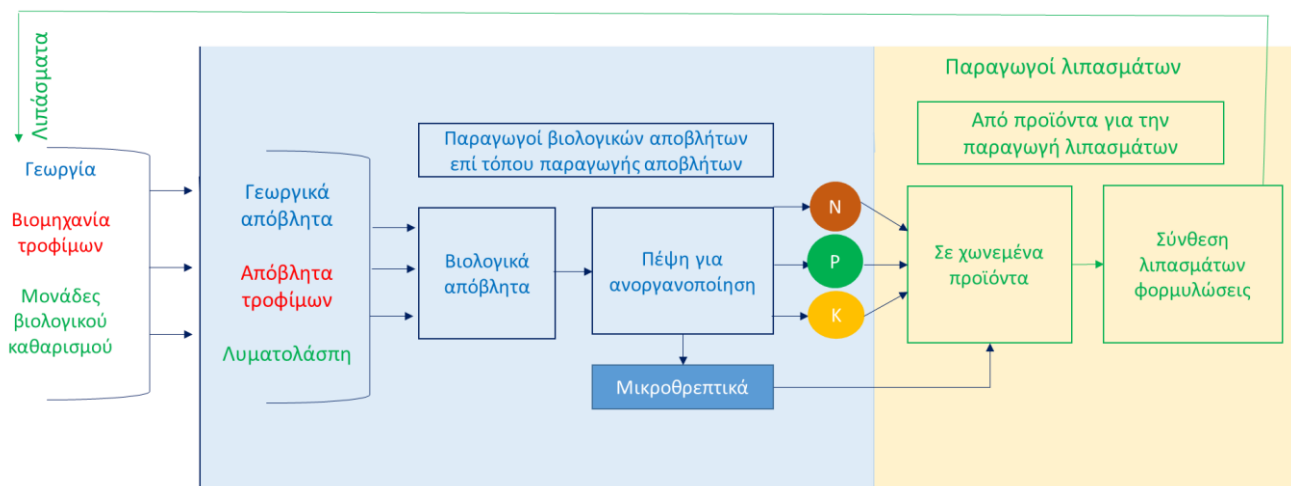
Στην παρούσα εργασία έγινε καταγραφή των πιθανών πηγών αποβλήτων στην Ευρώπη των '28'. Έμφαση δόθηκε στα ρεύματα λυμάτων (Wastewater, WW). Στον

Πίνακας 2.1 παρατίθενται οι βιομηχανίες από τις οποίες προέρχονται τα αστικά λύματα, που αν κατεργαστούν με την κατάλληλη τεχνολογία θα προκύψουν ως προϊόν εξόδου θρεπτικά συστατικά για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης.

Εγκαταστάσεις προέλευσης αστικών λυμάτων
Εντατική υδατοκαλλιέργεια
Επεξεργασία και μεταποίηση που προορίζεται για την παραγωγή τροφίμων και ποτών από φυτικές πρώτες ύλες
Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί και άλλες εγκαταστάσεις καύσης
Εγκαταστάσεις διάθεσης μη επικίνδυνων αποβλήτων
Βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής χαρτοπολτού από ξυλεία ή παρόμοια ινώδη υλικά
Εγκαταστάσεις ανάκτησης ή διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων
Μονάδες επεξεργασίας βιομηχανικών λυμάτων που λειτουργούν ανεξάρτητα και εξυπηρετούν μία ή περισσότερες δραστηριότητες που καλύπτονται από το παράρτημα 1 του κανονισμού 166/2006
Επεξεργασία και επεξεργασία γάλακτος
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών ανόργανων χημικών ουσιών: Οξέα, όπως χρωμικό οξύ, υδροφθορικό οξύ, φωσφορικό οξύ, νιτρικό οξύ, υδροχλωρικό οξύ, θειικό οξύ, ελαιούχο οξύ, θειώδη οξεία
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα λιπασμάτων φωσφόρου, αζώτου ή καλίου (απλά ή σύνθετα λιπάσματα)
Εγκαταστάσεις για την εντατική εκτροφή χοίρων με 2.000 θέσεις για χοίρους παραγωγής (πάνω από 30 kg)
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών οργανικών χημικών ουσιών: Απλοί υδρογονάνθρακες (γραμμικοί ή κυκλικοί, κορεσμένοι ή ακόρεστοι, αλειφατικοί ή αρωματικοί)
Εγκαταστάσεις για την αποτέφρωση μη επικίνδυνων αποβλήτων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας 2000/76/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 4ης Δεκεμβρίου 2000, για την αποτέφρωση αποβλήτων
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών ανόργανων χημικών ουσιών: Άλατα, όπως χλωριούχο αμμώνιο, χλωρικό κάλιο, ανθρακικό κάλιο, ανθρακικό νάτριο, υπερβορικό, νιτρικός άργυρος
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών οργανικών χημικών ουσιών. Σημείωση για τους δημοσιογράφους, χρησιμοποιήστε δραστηριότητα Επιπέδου 3 π.χ. 4(α)(iii), κατά προτίμηση έναντι του 4(α). Κατηγορία δραστηριότητας επιπέδου 2 (δηλαδή 4(α)) για χρήση μόνο όπου το Επίπεδο 3 δεν είναι διαθέσιμο.
Βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή χαρτιού και χαρτονιού και άλλων προϊόντων πρωτογενούς ξύλου (όπως μορισανίδες, ινοσανίδες και κόντρα πλακέ)
Εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν χημική ή βιολογική διεργασία για την παραγωγή βασικών φαρμακευτικών προϊόντων σε βιομηχανική κλίμακα
Χώροι υγειονομικής ταφής (εξαιρουμένων των χώρων υγειονομικής ταφής αδρανών αποβλήτων και των χώρων υγειονομικής ταφής, οι οποίοι έκλεισαν οριστικά πριν από τις 16.7.2001 ή για τους οποίους η φάση μετέπειτα φροντίδας απαιτείται από τις αρμόδιες αρχές σύμφωνα με το άρθρο 13 της Οδηγίας 1999/31/EK του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 για
Υπαίθρια εξόρυξη και λατομεία
Επεξεργασία και μεταποίηση που προορίζεται για την παραγωγή τροφίμων και ποτών από ζωικές πρώτες ύλες (εκτός από γάλα)
Σφαγεία
Επεξεργασία και μεταποίηση που προορίζεται για την παραγωγή προϊόντων τροφίμων και ποτών.

Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών οργανικών χημικών: Βαφές και χρωστικές ουσίες
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών οργανικών χημικών ουσιών: Υδρογονάνθρακες που περιέχουν οξυγόνο όπως αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, καρβοξυλικά οξέα, εστέρες, οξικά, αιθέρες, υπεροξείδια, εποξειδικές ρητίνες
Διυλιστήρια ορυκτελαίων και φυσικού αερίου
Εγκαταστάσεις επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων και πλαστικών υλικών με ηλεκτρολυτική ή χημική διεργασία
Εγκαταστάσεις παραγωγής εκρηκτικών και πυροτεχνικών προϊόντων σε βιομηχανική κλίμακα
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών φυτοϋγειονομικών προϊόντων και βιοκτόνων
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών οργανικών χημικών ουσιών: Αζωτούχοι υδρογονάνθρακες όπως αμίνες, αμίδια, νιτρώδες ενώσεις, νιτροενώσεις ή νιτρικές ενώσεις, νιτρίλια, κυανικά, ισοκυανικά
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών ανόργανων χημικών ουσιών: Αέρια, όπως αμμωνία, χλώριο ή υδροχλώριο, φθόριο ή υδροφθόριο, οξείδια του άνθρακα, ενώσεις θείου, οξείδια του αζώτου, υδρογόνο, διοξείδιο του θείου
Εγκαταστάσεις για την παραγωγή χυτοσιδήρου ή χάλυβα (πρωτογενής ή δευτερογενής τήξη) συμπεριλαμβανομένης της συνεχούς χύτευσης
Εγκαταστάσεις φρύξης ή πυροσυσσωμάτωσης μεταλλευμάτων (συμπεριλαμβανομένου θείουχου μεταλλεύματος).
Εγκαταστάσεις διάθεσης ή ανακύκλωσης σφαγίων και ζωικών απορριμμάτων
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών ανόργανων χημικών ουσιών. Σημείωση για τους δημοσιογράφους, χρησιμοποιήστε δραστηριότητα Επίπεδου 3 π.χ. 4(β)(i), κατά προτίμηση έναντι του 4(β). Κατηγορία δραστηριότητας επιπέδου 2 (δηλαδή 4(β)) για χρήση μόνο όπου το Επίπεδο 3 δεν είναι διαθέσιμο.
Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα βασικών οργανικών χημικών ουσιών: Βασικά πλαστικά υλικά (πολυμερή, συνθετικές ίνες και ίνες με βάση την κυτταρίνη)
Υπόγεια εξόρυξη και συναφείς εργασίες
Εγκαταστάσεις επεξεργασίας σιδηρούχων μετάλλων, Μύλοι θερμής έλασης
Εγκατάσταση για την παραγωγή μη σιδηρούχων ακατέργαστων μετάλλων από μεταλλεύματα, συμπυκνώματα ή δευτερογενείς πρώτες ύλες με μεταλλουργική, χημική ή ηλεκτρολυτική διαδικασία

Δεδομένου ότι η βιομάζα των αποβλήτων ποικίλλει ανάλογα με την προέλευσή τους, πρέπει να υποστεί επεξεργασία με διαφορετικές μεθόδους.



Εικόνα 2.1 Διάγραμμα ανάκτησης των θρεπτικών συστατικών από πηγές αποβλήτων και η αξιοποίησή τους (Chojnacka, Moustakas, & Witek-Krowiak, 2020)

Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογίες λιπασμάτων χρησιμοποιούν ολοένα και περισσότερο ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όμως η πλειονότητα των βιομηχανικών προϊόντων εξακολουθεί να βασίζεται σε κοιτάσματα ορυκτών και ορυκτά καύσιμα. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει ως στόχο τη μείωση κατά 30% των μη ανανεώσιμων πόρων στην παραγωγή λιπασμάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν υπάρχουν κίνητρα για αξιοποίηση αποβλήτων και πρόστιμα για χρήση μη ανανεώσιμων πρώτων υλών. Αυτό θα επιτρέψει τη μείωση του ευτροφισμού των επιφανειακών υδάτων λόγω της παρουσίας αζώτου και φωσφόρου, που προέρχονται από λιπάσματα γεωργικών αγρών.

Κατά την μελέτη νέας παραγωγής λιπασμάτων, είναι σημαντικό να διερευνηθεί σε πραγματικό σύστημα (χωράφι) η επίδρασή τους στην ποιότητα του εδάφους και στην απόδοση των καλλιεργειών. Κατά την ανάπτυξη μιας νέας τεχνολογίας παραγωγής λιπασμάτων μέσω της αξιοποίησης των λυμάτων, είναι σημαντικό να διατηρηθεί η ισορροπία των θρεπτικών συστατικών, και να μελετηθεί η οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση.

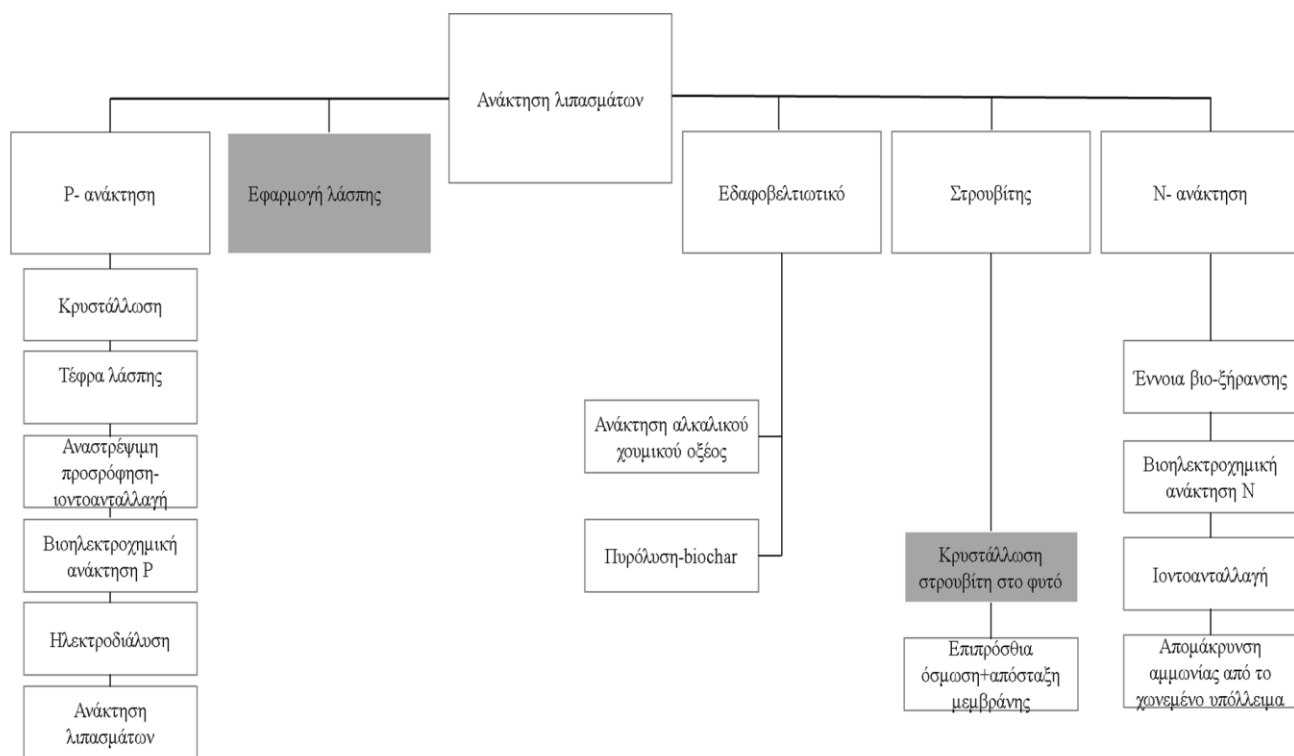
Η αύξηση των εγκαταστάσεων παραγωγής συνθετικών και χημικών λιπασμάτων αποτελεί εμπόδιο στην εφαρμογή των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ως πηγή θρεπτικών τα λύματα. Μία άλλη περιοριστική παράμετρος για την παραγωγή λιπασμάτων από λύματα είναι η ανάγκη για ποιοτικά και ποσοτικά σταθερή παροχή λυμάτων. (Chojnacka, Moustakas, & Witek-Krowiak, 2020)

2.3 Τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών από ρεύματα υγρών αποβλήτων

Η ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από λύματα μελετάται ευρέως τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα να έχουν προταθεί αρκετές τεχνολογίες παγκοσμίως. Δεδομένου ότι η αποτελεσματικότητα της ανάκτησης θρεπτικών συστατικών μειώνεται τυπικά με χαμηλότερες συγκεντρώσεις στο ρεύμα των λυμάτων, έχει προταθεί ένα διαδοχικό πλαίσιο τριών βημάτων:

1. Συσσώρευση θρεπτικών συστατικών με βιολογικές, χημικές ή φυσικές μεθόδους.

2. Απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών με βιολογικές, χημικές ή θερμικές μεθόδους.
3. Εκχύλιση και ανάκτηση θρεπτικών συστατικών με τη μορφή συμπυκνωμένου λιπάσματος, με χημικές ή φυσικές μεθόδους.



Εικόνα 2.2. Τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών από δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων

Η γκρι σκίαση υποδηλώνει τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα σε δημοτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Τα μη σκιασμένα κουτιά δείχνουν τεχνολογίες που δεν εφαρμόζονται ευρέως.

Ένα μειονέκτημα που εμποδίζει την ενεργειακά και οικονομικά αποδοτική ανάκτηση θρεπτικών ουσιών από τα λύματα είναι οι σχετικά χαμηλές ποσότητες που μπορούν να ληφθούν σε σύγκριση με τα συστήματα παραγωγής χημικών λιπασμάτων.

Κύρια Συμπεράσματα

- Τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων με διάφορες τεχνολογίες συλλέγουν τα λύματα, είτε αστικά είτε βιομηχανικά και επιτυγχάνουν την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών, κυρίως αζώτου, φωσφόρου και καλίου, για την δημιουργία λιπασμάτων βιολογικής βάσης.
- Τα θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται στον πλανήτη μας, είναι απαραίτητα για τη παραγωγή των λιπασμάτων και τείνουν να εξαντληθούν, μιας και δεν είναι ανανεώσιμα, λόγω του υπερπληθυσμού που κυριαρχούν στη Γη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο |

3. Διαθέσιμες τεχνολογίες για την ανάκτηση φωσφόρου από λύματα στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας.

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

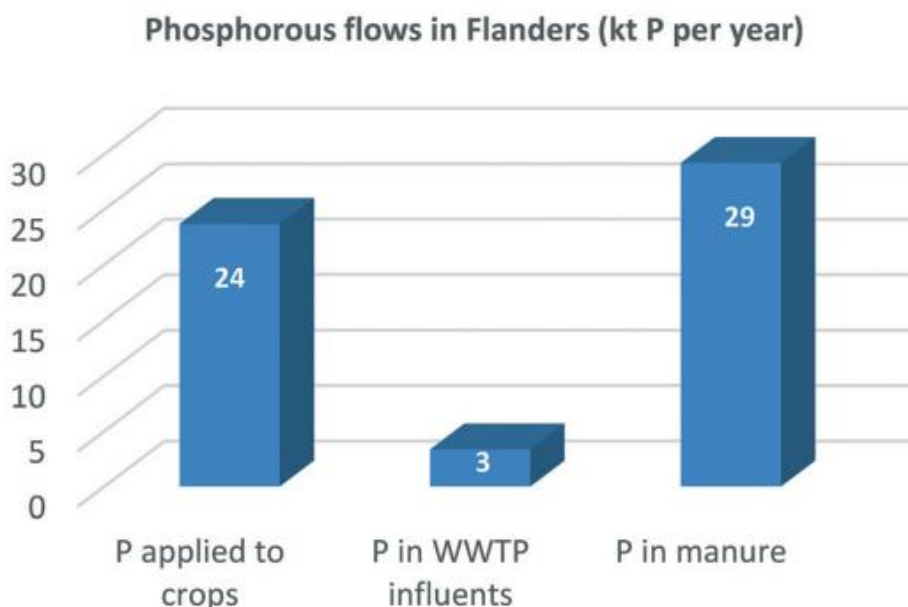
Τα παγκόσμια αποθέματα φωσφορικών αλάτων μειώνονται με ανησυχητικό ρυθμό και η εξάντληση τους θα ήταν καταστροφική για την περαιτέρω παραγωγή τροφίμων, καθώς είναι ένα απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυτών. Οι τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών (Nutrient Recovery, NR) δίνουν τη δυνατότητα ανακύκλωσης αυτής της πολύτιμης θρεπτικής ουσίας από ροές WW. Ο κύριος μοχλός για την υποστήριξη της εμπορευματοποίησης των ανεπτυγμένων τεχνολογιών ανάκτησης είναι η δυνατότητα διείσδυσης στην αγορά των BBF, η οποία αναμένεται να σημειώσει σημαντική ανάπτυξη τα επόμενα χρόνια. Τα BBF έχουν πιο ήπια επίδραση από τα ορυκτά λιπάσματα. Τα BBF ασκούν την επίδρασή τους αργά, παρέχοντας θρεπτικά συστατικά σταθερά στα φυτά.

Πολυάριθμες νέες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου έχουν αναπτυχθεί για διάφορα στάδια επεξεργασίας των WWTP, και τα τελευταία χρόνια ορισμένες από αυτές έχουν εφαρμοστεί σε πλήρη κλίμακα. Δεδομένου ότι η παγκόσμια ζήτηση για λιπάσματα αναμένεται να αυξάνεται κατά 4% ετησίως λόγω της πληθυσμιακής αύξησης, είναι πιθανό η ανάκτηση λιπασμάτων φωσφόρου από τα λύματα να αποκτήσει περαιτέρω σημασία στο μέλλον. Το κόστος αυτού του είδους ανάκτησης όμως υπερβαίνει πολλές φορές το κόστος του λιπάσματος που προέρχεται από ορυκτό φώσφορο.

Εκτός από τα συμβατικά λιπάσματα, η κοπριά από την κτηνοτροφική παραγωγή ανταγωνίζεται επίσης το λίπασμα που ανακτάται από τα λύματα. Δείχνουν ότι, στη Φλάνδρα, ο φώσφορος που εισέρχεται σε WWTP θα μπορούσε να καλύψει μόνο το 14% της συνολικής τοπικής ζήτησης λιπασμάτων φωσφόρου, ενώ ο φώσφορος που περιέχεται στην κοπριά θα μπορούσε να καλύψει το 100% της ζήτησης. Ως εκ τούτου, είναι πιθανό ότι το λίπασμα με βάση το φωσφόρο που προέρχεται από λύματα να είναι περιττό σε περιοχές με έντονη κτηνοτροφική δραστηριότητα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.

Ο φώσφορος μπορεί να ανακτηθεί σε ένα WWTP σε διαφορετικά στάδια της διαδικασίας. Αν και το 30% του εισερχόμενου φωσφόρου δεν διαλυτοποιείται ως φωσφορικό άλας (PO_4^{3-}) αλλά συνδέεται με οργανικά, μεγάλο μέρος του οποίου πιθανότατα θα διαλυτοποιηθεί με υδρόλυση στον κύριο διαυγαστή στην αρχή της διαδικασίας. Επομένως, μετά την αρχική επεξεργασία, ο φώσφορος είναι κυρίως παρόν στην υγρή φάση. Μετά από δευτερογενή επεξεργασία είτε με διαδικασία ενισχυμένης βιολογικής αφαίρεσης φωσφόρου (Enhanced biological phosphorus removal, EBPR) είτε με συλλογικά συστήματα εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Collective Systems of Extended Producer Responsibility, CPR), ή και με τα δύο, το 90% του εισερχόμενου φωσφόρου περιέχεται στη λάσπη είτε ως φωσφορικά άλατα μετάλλων είτε ως πολυφωσφορικά στη βιομάζα. Ως εκ τούτου, μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικό να εφαρμοστεί ένα βήμα ανάκτησης μετά τη διαδικασία βιολογικής

επεξεργασίας – για παράδειγμα, ανάκτηση από τέφρα αποτέφρωσης ιλύος. Αυτό μπορεί να επιτύχει ποσοστό ανάκτησης έως και 90%.



Εικόνα3.1. Ροές φωσφόρου (kt ανά χρόνο) στη κτηνοτροφική περιοχή της Φλάνδρας (Βέλγιο) (Kehrein et al., 2020)

Οι τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου, στοχεύουν ιδιαίτερα στις επιχειρησιακές πληροφορίες σχετικά με τις διαδικασίες που λειτουργούν σήμερα σε πλήρη κλίμακα για την ανάκτηση φωσφόρου από τα λύματα. Στη συγκεκριμένη εργασία θα γίνει αναφορά στις διεργασίες που έχουν ως υλικά εισόδου αστικά λύματα, λυματολάσπη, βιομηχανικά απόβλητα και τέφρα. [Κατάλογος τεχνολογιών ανάκτησης φωσφόρου]

Ο φώσφορος, ως βάση του σύγχρονου γεωργικού συστήματος και της επισιτιστικής ασφάλειας, δεν αντιμετωπίζεται με βιώσιμο τρόπο, ειδικά στην Ευρώπη. Η ρύπανση που προκαλείται από φωσφορικές ενώσεις και η σπανιότητα των φυσικών φωσφορικών πετρωμάτων είναι μια μεγάλη πρόκληση για τη βιομηχανία του φωσφόρου. Θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας για τη βελτιστοποίηση της χρήσης των φυσικών πόρων μέσω κλειστών ροών υλικών και ενέργειας και την ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων, αποτρέποντας την περιβαλλοντική ρύπανση.

Οι ροές κλειστού βρόχου υλικών στην παραγωγή, διανομή και κατανάλωση με τη βιώσιμη και μειωμένη χρήση προϊόντων φωσφόρου θεωρείται η καλύτερη λύση για την Ευρώπη. Ο φώσφορος χάνεται στον ανθρωπογενή κύκλο του φωσφόρου όταν, μετά την επεξεργασία των λυμάτων, το μεγαλύτερο μέρος της ιλύος λυμάτων απορρίπτεται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Ο αχρησιμοποίητος φώσφορος σε αυτό το ρεύμα αντιπροσωπεύει το 7% του φωσφόρου που εξορύσσεται παγκοσμίως. Λαμβάνοντας υπόψη εναλλακτικά υλικά για την παραγωγή λιπασμάτων, τα υπολείμματα ορυκτών μετά τη θερμική επεξεργασία της ιλύος λυμάτων φαίνεται να είναι μια βιώσιμη επιλογή. Η τελική μορφή στερεού υπολείμματος μετά την αεριοποίηση ή την

αποτέφρωση είχε περιεκτικότητα σε φώσφορο που ήταν συγκρίσιμη με τα φτωχά φωσφορικά πετρώματα.

Αυτός ο φώσφορος μπορεί να ανακτηθεί επιλεκτικά με τη χρήση μεθόδων εκχύλισης που χωρίζονται στις ακόλουθες ομάδες: όξινη έκπλυση με H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , H_3PO_4 και κιτρικό και οξαλικό οξύ.

Οι παραπάνω τεχνολογίες δοκιμάστηκαν και κλιμακώθηκαν μόνο για SSA – τέφρα ιλύος λυμάτων (υπόλειμμα μετά την αποτέφρωση λυματολάσπης), ορισμένες από αυτές είναι διαθέσιμες σε μεγάλη κλίμακα: P Tetra-Phos (Remondis) (Lehmkuhl, 2015), Leachphos BSH Umweltservice (2015), Ecophos ή SESAL-Phos. Έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες σχετικά με την ανάκτηση φωσφόρου και άλλων θρεπτικών ουσιών από στερεά υπολείμματα αεριοποίησης που διαφέρουν ως προς τις τεχνικές ανάκτησης ή τη θερμική επεξεργασία της λυματολάσπης. Επιτεύχθηκε ανάκτηση έως και 70% του φωσφόρου από υπολείμματα αεριοποίησης χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας μια διεργασία ηλεκτροδιάλυσης. Λόγω της υψηλής παρουσίας δεσμεύσεων αλουμινίου και φωσφορικού σιδήρου(III), οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν ένα δεύτερο στοιχείο με αλκαλικό διάλυμα, όπου ο φώσφορος διαλυτοποιήθηκε από φωσφορικό αργίλιο και σίδηρο. Η περιεκτικότητα σε αργίλιο, σίδηρο, μαγνήσιο και τα βαρέα μέταλλα ήταν συγκρίσιμη με το φωσφορικό οξύ υγρής διεργασίας. (Gorazda et al., 2018)

Στον παρακάτω **Error! Reference source not found.** παρατηρείται ένα σύνολο από διαδικασίες που έχουν αναπτυχθεί για την ανάκτηση του φωσφόρου από λύματα, λυματολάσπη αλλά και από τέφρα λυματολάσπης.

Πίνακας 3.1 Επισκόπηση αναπτυγμένων διαδικασιών για την ανάκτηση φωσφόρου (Schönberg, Raupenstrauch, & Ponak, n.d.)

Λύματα/ νερό επεξεργασίας	Λυματολάσπη / χωνεμένη λάσπη	Τέφρα λυματολάσπης
Adsorption-process	Air Prex / MAP-process	AshDec (SUSAN)
Air Prex/ MAP-process	Aqua Reci	BioCon
CSIR fluid bed reactor	ATZ-iron bath reactor	Bioleaching
DHV Crystallactor	CAMBI	Ecophos
Ebara	Elophos	iron bath reactor (ATZ)
Ekobalans	ExtraPhos (Budenheimer process)	Eberhard-Verfahren
Kurita fixed bed	FIX-Phos	EPHOS
Magnet separator	Gifhorner-process	EuPhoRe
MAP Kristallisation Treviso	KEMIKOND	Inocre
Precipitation / flocculation filtration	Kemira-KREPRO	Kubota
NuReBas-process	KREPRO	LEACHPHOS
NuReSys	Leachphos/ Zar	Mephrec (KRN)
Ostara PEARL™	LOPROX	PARAFORCE
Phosiedi	MEPHREC	PASCH
Phosnix	NuReSys	PhosRec (Koop Schiefer)
PHOSPHAQ	Peco	RECOPHOS (AT)
PHOSTRIP	Phostrip	RecoPhos (DE)/Seraplant
PRISA	POPROX-process	Rhenania
P-RoC (Prophos)	PRISA	SEPHOS
RECYPHOS	PROXNAN	SESAL(-Phos)
REPHOS	Seaborne	TetraPhos
RIM NUT Ion-changer	SESAL-Phos	Thermphos
Struvia	Stuttgarter process	
Sydney Water Board Reactor	Unitika-Phosnix	
	Pyrolyse/HTC-process	

Ακολουθεί ανάλυση των πιο αντιπροσωπευτικών διαδικασιών για την τεχνολογία ανάκτησης φωσφόρου. Ο διαχωρισμός των παρακάτω διεργασιών γίνεται με βάση την κατάσταση λειτουργίας τους και το πόσο αποδοτικά θα είναι τα προϊόντα εξόδου τους. [1]

3.1.1 Κύριες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που εφαρμόζονται σε μονάδες πλήρους κλίμακας υπό λειτουργία ή υπό άδεια/κατασκευή

Στην τεχνολογία ανάκτησης φωσφόρου από λύματα, οι διαδικασίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τα προϊόντα εξόδου τους, την περιγραφή τους αλλά και την κατάσταση λειτουργίας τους. Όμως τα υλικά εισόδου είναι ίδια σε κάθε διαδικασία. Διαφέρουν ως προς την κατάσταση λειτουργίας τους.

- 1) Τεχνολογία που εφαρμόζεται σε βιομηχανίες παραγωγής λιπασμάτων με ανακυκλωμένο φώσφορο

Member: ESPP, DPP, NNP

Πρώτη ύλη: α) Τέφρα αποτέφρωσης λυματολάσπης, από εργασίες αποχέτευσης με χρήση βιολογικής ή/και χημική απομάκρυνση φωσφόρου
β) τέφρα ζωικού υποπροϊόντου
γ) ανακτημένα φωσφορικά άλατα.

Προϊόντα: Πρότυπα ανόργανα λιπάσματα. Η μονάδα παραγωγής λιπασμάτων πρέπει να διαθέτει άδεια λειτουργίας που να επιτρέπει την επεξεργασία αποβλήτων.

Περιγραφή διαδικασίας: Τα ανακτημένα υλικά αναμειγνύονται στη διαδικασία παραγωγής λιπασμάτων με βάση τη φωσφορική πέτρα ή το φωσφορικό οξύ, είτε κατά τη διάρκεια όξινης επίθεσης του βράχου, είτε μετά από αυτό το στάδιο όταν το προϊόν εξακολουθεί να έχει υπολειμματική οξύτητα (οξίνιση), εξασφαλίζοντας έτσι τη διαθεσιμότητα του φωσφόρου σε στάχτες στα φυτά. Οι προσμείξεις σε τέφρα αραιώνονται στο τελικό προϊόν. Αυτό είναι νόμιμο σύμφωνα με τον κανονισμό της ΕΕ υπό την προϋπόθεση ότι η τέφρα δεν είναι "Επικίνδυνη". Το τελικό προϊόν λιπασμάτων καλύπτεται από τον κανονισμό της ΕΕ για τα προϊόντα λίπανσης «STRUBIAS».

Κατάσταση λειτουργίας: Δοκιμασμένες εγκαταστάσεις πλήρους κλίμακας και βιομηχανικές εγκαταστάσεις λειτουργούν σήμερα στην ICL Ολλανδίας (εγκαινιάστηκε τον Μάρτιο του 2019) και στη Γερμανία (αρκετές εκατοντάδες τόνοι τέφρας και στρουβιτών που έχουν υποστεί επεξεργασία μέχρι σήμερα). Σχεδιάζεται παραγωγή από 100% στάχτες (χωρίς ανάμειξη με φωσφορίτη). Η χρήση τέφρας στην παραγωγή λιπασμάτων έχει επίσης δοκιμαστεί στη Fertiberia Spain (τέφρα πυρηνόξυλου-MBM σε εργαστηριακή κλίμακα) [2]

- 2) Τεχνολογία Ash2Phos – Easy mining (Εύκολη εξόρυξη)

Member ESPP, DPP

Από την ανάκτηση φωσφόρου από λύματα σημαντική είναι η Ash2Phos – Easy mining, αφού η διαδικασία αποτελείται από πολλές διαδοχικές χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται σε θερμοκρασία δωματίου (αν και ένα βήμα της διαδικασίας μπορεί να ωφεληθεί από μια θερμοκρασία 40 ° C). Δεν χρειάζεται σκάφη υπό πίεση ή να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένα υλικά για τον εξοπλισμό. Η ισορροπία μάζας της

διαδικασίας είναι ευνοϊκή, καθώς όλες οι χημικές ουσίες εισόδου γίνονται μέρος των προϊόντων. Το προϊόν μπορεί επίσης να χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για λιπάσματα άζωτο, φώσφορο, κάλιο.

Πρώτη ύλη: Τέφρα αποτέφρωσης ιλύος λυμάτων, από εργασίες αποχέτευσης με βιολογική ή/και χημική απομάκρυνση φωσφόρου.

Προϊόντα: Φωσφορικό Ca, μπορεί να μετατραπεί σε:

- Υπερφωσφορικό,
- Δι-ασβέστιο φωσφορικό άλας (DCP),
- Μονο-αμμώνιο φωσφορικό άλας (MAP).

Το προϊόν μπορεί επίσης να χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη (N P K) για λιπάσματα.

- Χλωριούχο σίδηρο ως πηκτικό για επεξεργασία λυμάτων
- Υδροξείδιο του αργιλίου ως ακατέργαστο υλικό για πηκτικά και άλλες βιομηχανικές εφαρμογές
- Φωσφορικά άλατα ζωοτροφών (με την επιφύλαξη νομικών διατάξεων)

Περιγραφή διαδικασίας Η τέφρα ιλύος λυμάτων διαλύεται σε υδροχλωρικό οξύ (θερμοκρασία περιβάλλοντος, χωρίς πίεση). Το υπόλειμμα τέφρας που δεν διαλύεται σε οξύ αποτελείται κυρίως από ανόργανα πυριτικά άλατα, και μετά τον διαχωρισμό και το πλύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί π.χ. στις βιομηχανίες τσιμέντου ή σκυροδέματος. Οι ενώσεις φωσφόρου, σιδήρου και αλουμινίου διαχωρίζονται από το όξινο διάλυμα και μεταξύ τους με ειδικές αντιδράσεις διάλυσης και καθίζησης, σε διαδικασίες που χαρακτηρίζονται από εσωτερική ανακυκλοφορία χημικών. Το υπόλοιπο όξινο διάλυμα εξουδετερώνεται και υποβάλλεται σε επεξεργασία για την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων.

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλοτικό στην Σουηδία: Uppsala, 50 kg τέφρα/ημέρα και Helsingborg, 600 kg/ημέρα τέφρα. Πλήρης κλίμακας:- 30 000 t/y τέφρα, Helsingborg, Σουηδία (permit application ongoing), με Kemira - 60 000 t/y τέφρας planned, Bitterfeld-Wolfen, κοντά στο Βερολίνο. [3]

3) Τεχνολογία TetraPhos (Remondis)
Member of DPP

Πρώτη ύλη: Τέφρα αποτέφρωσης λυματολάσπης, από εργασίες αποχέτευσης με χρήση βιολογικής ή/και χημικής αφαίρεσης φωσφόρου.

Προϊόντα: Φωσφορικό οξύ – γύψος - σίδηρος και αργίλιο - άλατα - υπολείμματα ορυκτής τέφρας

Περιγραφή διαδικασίας: i) Η τέφρα ξεπλένεται χρησιμοποιώντας φωσφορικό οξύ, έτσι διαλυτοποιείται ο φώσφορος και το ασβέστιο αλλά όχι το μεγαλύτερο μέρος του σιδήρου ή των βαρέων μετάλλων

- ii) Προσθήκη σουλφιδίου για καταβύθιση βαρέων μετάλλων και μεγιστοποίηση της αναλογίας αυτών που παραμένουν στην έκπλυση τέφρας (στερεό κλάσμα)
- iii) Διαχωρισμός στερεού-υγρού
- iv) Από το υγρό κλάσμα (εμπλουτισμένο φωσφορικό οξύ), το ασβέστιο καθιζάνει ως γύψος, με προσθήκη θεικού οξέος και ο γύψος διαχωρίζεται με φίλτρο ιμάντα κενού και πλύσιμο νερού.
- v) Το προκύπτον φωσφορικό οξύ επιστρέφει μερικώς πίσω στη διαδικασία έκπλυσης. Η πρόσθετη παραγωγή οξέος καθαρίζεται με ιοντοεναλλάκτη και προαιρετικά μεμβράνη νανο-διήθησης
- vi) Το προκύπτον καθαρισμένο φωσφορικό οξύ στη συνέχεια συμπυκνώνεται (κατά προτίμηση χρησιμοποιώντας δευτερεύουσα θερμότητα, π.χ. από έναν αποτεφρωτή ιλύος)
- vii) Η αναγέννηση της ρητίνης με την ανταλλαγή ιόντων παράγει (χρησιμοποιώντας υδροχλωρικό οξύ) ένα διάλυμα μεταλλικού άλατος, το οποίο μπορεί δυνητικά να ανακυκλωθεί σε έργα αποχέτευσης για απομάκρυνση φωσφόρου

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλότος: Elverlingsen, Germany, 50 kg/h τέφρας. Πλήρης κλίμακας: Hamburg, Germany (Υπό κατασκευή) Διακίνηση: 20,000 t/y τέφρας.[4]

4) EuPhore

Πρώτη ύλη: Αφυδατωμένα λύματα ιλύς., Πλούσιος σε φώσφορο βιομάζας.

Προϊόντα: Φωσφορική σόρευση η οποία παρατηρείται σε λιπάσματα της ΕΕ, κανονισμός προδιαγραφών ανάλογα με την είσοδο ποιότητα τέφρας.

Περιγραφή διαδικασίας Η διαδικασία EuPhoRe χρησιμοποιεί ειδικά σχεδιασμένο αποτεφρωτήρα περιστροφικού κλιβάνου. Τα καυσαέρια, είτε π.χ. από την αποτέφρωση στερεών αποβλήτων, ή από την ίδια τη διαδικασία EuPhoRe, χρησιμοποιείται για την ξήρανση της λάσπης λυμάτων και για τη διασφάλιση συνθηκών μείωσης σε μέρος του αντιδραστήρα. Ο κλιβάνος λειτουργεί με διαφορετικές ζώνες, αναγωγής και οξειδωσης, έως και 1000 ° C (εξασφαλίζοντας καταστροφή οργανικών μολυσματικών ουσιών). Προστίθενται χλωριούχα αλκάλια και/ή γήινα αλκάλια για να εξασφαλιστεί η μείωση του μέρους του μετάλλου και η απομάκρυνση στην αέρια φάση. Τα βαρέα μέταλλα αφαιρούνται από τα καυσαέρια και καταλήγουν σε ένα ρεύμα αποβλήτων. Όλα τα άλλα ορυκτά, συμπεριλαμβανομένου του σιδήρου και του αλουμινίου, παραμένουν στην τέφρα.

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλότος: Ντίνσλακεν Γερμανία 100kg αφυδατωμένη ιλύος/ώρα. Υφιστάμενες μονάδες πλήρους κλίμακας που χρησιμοποιούν παρόμοιους κλιβάνους (αλλά όχι για αποκατάσταση φωσφόρου) λειτουργούν σε Ελβετία στο Offtringen (30.000 t/y) και Urvier (15.000 t/y). Δύο εγκαταστάσεις πλήρους κλίμακας είναι υπό κατασκευή στη Γερμανία στο Offenbach (100 kt/y) και Μανχάιμ (135 kt/y). Σχεδιάζονται αρκετές άλλες εγκαταστάσεις στην Ευρώπη. [5]

5) TerraNova (HTC) Member of DPP

Εξίσου σημαντική είναι και η TerraNova (HTC) η οποία βασίζεται σε μια τεχνολογία που μιμείται τη δημιουργία φυσικού άνθρακα και τον επιταχύνει πολύ σημαντικά. Για να γίνει αυτό, η ιλύς λυμάτων "ανθρακώνεται" για δύο ώρες σε θερμοκρασία περίπου 200°C και υπό πίεση 20 έως 35bar, εξαιρουμένου του αέρα. Αυτή η διαδικασία το μετατρέπει σε καύσιμο σαν τον λιγνίτη. Αυτό το καύσιμο, σε αντίθεση με τη λάσπη λυμάτων, δεν περιέχει σχεδόν καθόλου νερό. Χάρη στο υψηλό ενεργειακό του περιεχόμενο μπορεί να καεί για να παράγει ενέργεια σε λιγνιτικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας από άνθρακα ή για να μειώσει τις ενεργειακές απαιτήσεις σε τσιμεντοβιομηχανίες ή μονάδες αποτέφρωσης αποβλήτων.

Ως πρόσθετο προϊόν, η HTC αποδίδει επίσης το νερό που εξάγεται από τη λάσπη λυμάτων. Αυτό το διήθημα HTC είναι χαμηλό σε ρύπους, αποστειρωμένο και πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, επειδή περιέχει μεγάλο ποσοστό φωσφόρου από τα απόβλητα. Ο φώσφορος ανακτάται ως μέρος της διαδικασίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ιδιαίτερα πλούσιο οργανικό λίπασμα, το οποίο έχει αποδειχθεί σε πραγματικές συγκρίσεις με κοινά εμπορικά λιπάσματα.

Εάν συνδυαστεί με μια υπάρχουσα πέψη ιλύος, η απόδοση του βιοαερίου θα αυξηθεί κατά επιπλέον 10% λόγω της συζύμωσης της περίσσειας νερού της HTC-βελτιώνοντας έτσι σημαντικά την επιτόπια παραγωγή ενέργειας. Τα συστήματα διαθέτουν εξαιρετικά αποδοτική ανάκτηση θερμότητας, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση θερμότητας της διαδικασίας HTC. Μέσω της αληθινά συνεχούς λειτουργίας των εγκαταστάσεων χωρίς καμία πτώση πίεσης και θερμοκρασίας και με λίγα μόνο κινούμενα μέρη μπορεί να εξασφαλιστεί μέγιστη αξιοπιστία.

Πρώτη ύλη: Ακατέργαστη ή χωνεμένη ιλύς μετά από αφυδάτωση, από WWTPS που λειτουργούν βιολογικά ή/και χημικά με αφαίρεση φωσφόρου

Προϊόντα: Μαγνήσιο/Ασβέσιο, φωσφορικό άλας

Περιγραφή διαδικασίας: 1) Διαδικασία συνεχούς υδροθερμικής υδρόλυσης σε 175 ° C, 20-25bar.

2) Οξική κατεργασία υδρολυμένης ιλύος για διάλυση του φωσφόρου.

3) Μηχανικός διαχωρισμός σε στερεό "άνθρακα" χαμηλού φωσφόρου και υγρό διήθημα πλούσιο σε φώσφορο.

4) Καταβύθιση φωσφορικών από το υγρό για την παραγωγή φωσφορικού άλατος ασβεστίου/Μαγνησίου.

Κατάσταση λειτουργίας: Μονάδα πλήρους κλίμακας που λειτουργεί με αφυδατωμένη λάσπη λυμάτων στην Κίνα (από το 2016), χωρητικότητα εισόδου 2 t/h. Εργοστάσιο επίδειξης στο Ruhrverband/Duisburg Γερμανίας, ικανότητα εισόδου 250 kg/h.[6]

6) Kubota Surface Melting Furnace (KSMF)

Πρώτη ύλη: Αποξηραμένα λύματα ιλύος ή ιλύς τέφρα αποτέφρωσης, από εργασίες αποχέτευσης με βιολογικά ή/και χημική αφαίρεση φωσφόρου.

Προϊόντά: Σκωρία που περιέχει φώσφορο.

Περιγραφή διαδικασίας: Θερμική επεξεργασία με θερμοκρασία πυρήνα 1300 ° C. Το οξείδιο του σιδήρου προστίθεται για να συγκρατεί τον φώσφορο στη στερεά σκωρία ενώ μέρος των βαρέων μετάλλων, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος εξατμίζονται και απομακρύνονται. Προστίθεται υδροξείδιο του ασβεστίου για τη βελτίωση της διαθεσιμότητας των φυτών φωσφόρου στη σκωρία. Το 90% της εισόδου φωσφόρου είναι σε σκωρία. Η σκωρία δείχνει 95% διαλυτότητα σε φώσφορο.

Κατάσταση λειτουργίας: 30+ φούρνοι πλήρους κλίμακας σε λειτουργία στην Ιαπωνία, συμπεριλαμβανομένων 11 επεξεργασία ιλύος αποχέτευσης.[7]

7) PHOS4Green (Glatt)

Πρώτη ύλη: Ιλύς λυμάτων τέφρα αποτέφρωσης

Προϊόντα: Λιπάσματα φωσφόρου ή άζωτο, φώσφορο, κάλιο

Περιγραφή διαδικασίας: Η τέφρα αντιδρά με φωσφορικό οξύ για να καταστήσει το περιεχόμενο φωσφόρου της τέφρας περισσότερο διαθέσιμο. Σε αυτό το εναιώρημα μπορούν να προστεθούν άλλα στοιχεία (άζωτο, κάλιο, μαγνήσιο, θείο, ιχνοστοιχεία). Το προκύπτον υλικό στη συνέχεια κοκκοποιείται για την παραγωγή σφαιριδίων λιπάσματος. Τα βαρέα μέταλλα, ο σίδηρος, το αργίλιο, το πυρίτιο και άλλα ορυκτά που υπάρχουν στη λάσπη λυμάτων παραμένουν στο τελικό προϊόν.

Κατάσταση λειτουργίας: Εργαστήριο και πιλοτικές εγκαταστάσεις κλίμακας που δοκιμάζονται στο Τεχνολογικό Κέντρο του Γκλατ στο Ο Γουέιμαρ. Χειριστής έως 30 kg/h τέφρα εισαγωγής που χρησιμοποιείται συνεχώς για μια σειρά δοκιμών πολλών ημερών για διαφορετικά υλικά εισόδου. Ένα εργοστάσιο πλήρους κλίμακας (30 000 t/y τέφρα) είναι κάτω από θέση σε λειτουργία στο Χάλντενσλεμπεν (Γερμανία) με τον Σεραπλάντ. Εμπειρία Glatt στη κοκκοποίηση λιπασμάτων [8]

8) Εκπλύση αλκαλικής τέφρας μετα -ύδατος

Πρώτη ύλη: Ιλύς λυμάτων τέφρα αποτέφρωσης, από εργασίες αποχέτευσης με χρήση χημικής ή βιολογικής αφαίρεση φωσφόρου.

Προϊόντα: CaP (υδροξυαπατίτης) για χρήση ως λίπασμα ή σε παραγωγή λιπασμάτων. Καταχωρήθηκε ως λίπασμα στην Ιαπωνία (2009) και αποδεικνύεται σε δοκιμές φυτών.

Περιγραφή διαδικασίας: 1) Αραιωμένο υδροξείδιο νατρίου χρησιμοποιείται για την έκπλυση τέφρα αποτέφρωσης ιλύος λυμάτων (90 λεπτά, 50-70°C)
2) Μετά από τη διήθηση, το φωσφορικό ασβέστιο προκύπτει από την έκπλυση, στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός (ιζηματισμός) και στη συνέχεια ξηραίνονται.
3) Η έκπλυση του φωσφόρου στην τέφρα περιορίζεται σε περίπου 30% προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η έκπλυση βαρέων μετάλλων.
4) Η υπόλοιπη τέφρα αντιμετωπίζεται με το πολυφωσφορικό διάλυμα θειικού άλατος για να ακινητοποιήσει εναπομείναντα μέταλλα. Αυτή η υπολειμματική τέφρα τώρα έχει ελαφρώς υψηλότερη μάζα από ό,τι αρχικά (30% υγρασία) και χρησιμοποιείται ως κατασκευαστικό υλικό ή για τροποποίηση του εδάφους.

Κατάσταση λειτουργίας: Δύο μονάδες πλήρους κλίμακας που λειτουργούν σε Ιαπωνία: Gifu, από το 2010, 5 t/day τέφρα και το Τοτόρι, από το 2014, τέφρα 2 t/day (λήψη τέφρα από έναν μονο-αποτεφρωτήρα θεραπεία της ιλύος από συνολικά 90.000 κατοίκους). [9]

9) Τεχνολογία ενισχυμένου Στρουβίτη: Biological Members of ESPP / DPP

Πρώτη ύλη: Ισχύει μόνο για μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που λειτουργούν με βιολογική αφαίρεση φωσφόρου, συνήθως με πέψη λάσπης (AD).

Προϊόντα: Στρουβίτης.

Περιγραφή διαδικασίας: Τα ρεύματα επιστροφής ιλύος ή οι παράπλευρες ροές στη διαδικασία βιολογικής επεξεργασίας προσαρμόζονται για να βελτιστοποιήσουν τη διαλυτή απελευθέρωση ορθοφωσφόρου και να αυξήσουν τον διαθέσιμο φώσφορο για καταβύθιση στρουβίτη, επιτρέποντας την ανάκτηση 20 - 35 % των εισροών λυμάτων φωσφόρου ως στρουβίτη. Αυτός ο ρυθμός μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω στο 45 - 50 % με διαδικασίες που υδρολύουν τη λάσπη λυμάτων για να καταστήσουν τον φωσφόρο διαλυτό.

Κατάσταση λειτουργίας: Ostara WAASTRIP λειτουργεί σε 12 wwtps παγκοσμίως, ανακάμπτοντας 45 - 50% της εισροής wwtp P.

Phosphogreen στο Aarhus Åby, από το 2013: ανάκτηση 45-50% της εισροής wwtps φωσφόρου επιτυγχάνεται όσο η δοσολογία σιδήρου δεν απαιτείται σε λειτουργία wwtp.

NuReSys (Apeldoorn Hybrid Μονάδα): 30% ανάκτηση wwtp εισροή P.

Veolia Phosphogreen: πιλοτική κλίμακα δοκιμές σε 3 τοποθεσίες. [10]

10) Struvite enhanced: acid (MSE-mobile)
Member of DPP

Πρώτη ύλη: Λυματολάσπη πριν από την αποξήρανση, από εργασίες λυμάτων που χρησιμοποιούν χημική ή βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου.

Προϊόντα: Στρουβίτης & φωσφορούχος αφυδατωμένη λάσπη λυμάτων (κέικ φίλτρου)

Περιγραφή διαδικασίας: 1) Το θειικό οξύ προστίθεται στη λάσπη λυμάτων, για τη διάλυση του φωσφόρου

2) Διαχωρισμός στερεού/υγρού με πρέσα φίλτρου

3) Το κέικ φίλτρου που έχει εξαντληθεί από φωσφόρο περιέχει <2% φωσφόρου

4) Το όξινο υγρό υποβάλλεται σε επεξεργασία με κιτρικό οξύ (για σύμπλεξη και απομάκρυνση μεταλλικών ιόντων) και στη συνέχεια εξουδετερωμένο με υδροξείδιο του νατρίου και προστίθεται οξείδιο μαγνησίου για την καθίζηση του στρουβίτη 40-60% του φωσφόρου στην εισροή λυματολάσπης που απορροφάται στο στρουβίτη.

Κατάσταση λειτουργίας: Ένα κινητό (δύο δοχεία) έχει πραγματοποιηθεί πιλοτική κλίμακα λειτουργεί από το 2016 στις 7 εργασίες αποχέτευσης. Χωρητικότητα 50 t/ημέρα εισροή λυματολάσπης.[11]

11) Sludge lysis

Πρώτη ύλη: Υδατικά υγρά λυμάτων ή ιλύς λυμάτων

Προϊόντα: Η λύση δεν είναι από μόνη της μια διαδικασία ανάκτησης θρεπτικών συστατικών αλλά διασπά οργανική ύλη και διαλύει τον φώσφορο, καθιστώντας έτσι ο διαθέσιμος φώσφορος για στρουβίτη ή άλλες διαδικασίες καθίζησης.

Περιγραφή διαδικασίας: Η θερμική υδρόλυση Cambi λειτουργεί τυπικά στους 150-170 ° C, 6 bar, 20-40 λεπτά. Η διάσπαση των πτητικών στερεών βελτιώνει την παραγωγή μεθανίου από αναερόβιους χωνευτές και μειώνει τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής στο χωνευτή, καθώς και την απελευθέρωση φωσφόρου σε διάλυμα (ορθοφωσφορικό).

Κατάσταση λειτουργίας: 55 μονάδες Cambi πλήρους κλίμακας λειτουργεί σε όλο τον κόσμο. [12]

12) Pyreg (pyrolysis)

Member of DPP

Πρώτη ύλη: Λυματολάσπη (ελάχιστη θερμογόνος δύναμη 10 MJ/kg, δηλαδή περίπου 80% DS). Υλικά βιομάζας.

Προϊόντα: Pyreg biochar (από λάσπη λυμάτων) καταχωρημένο ως λίπασμα στη Σουηδία (PYREGphos). Ωστόσο, το βιοκαύσιμο ιλύος λυμάτων δεν περιλαμβάνεται στον ισχύοντα κανονισμό ΕΕ για τα προϊόντα λίπανσης STRUBIAS.

Περιγραφή διαδικασίας: Λειτουργεί αντιδραστήρας ανθρακώματος με δύο βίδες στους 500 - 800 ° C. Αυτή η θερμοκρασία έχει ως αποτέλεσμα ένα βιοκατάστημα με ευκίνητη περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα <1%.

Κατάσταση λειτουργίας: Σχεδόν 30 μονάδες πλήρους κλίμακας σε λειτουργία σήμερα (εισροή 1000 - 4000 t/y), εκ των οποίων οι 4 χρησιμοποιούν λάσπη λυμάτων:

- Unkel, Γερμανία (1200 τ DS/y, από το 2015)
- Homburg, Γερμανία (1200 τ DS/y, από το 2016)
- Redwood, Καλιφόρνια (1200 τ DS/y, από το 2016)
- Hammenhög, Σουηδία (1200τ DS/y, από το 2016) [13]

3.1.2 Κύριες τεχνολογίες P-ανάκτησης από λύματα που εφαρμόζονται σε μονάδες Technology readiness ,TR6+

1) AguaDB

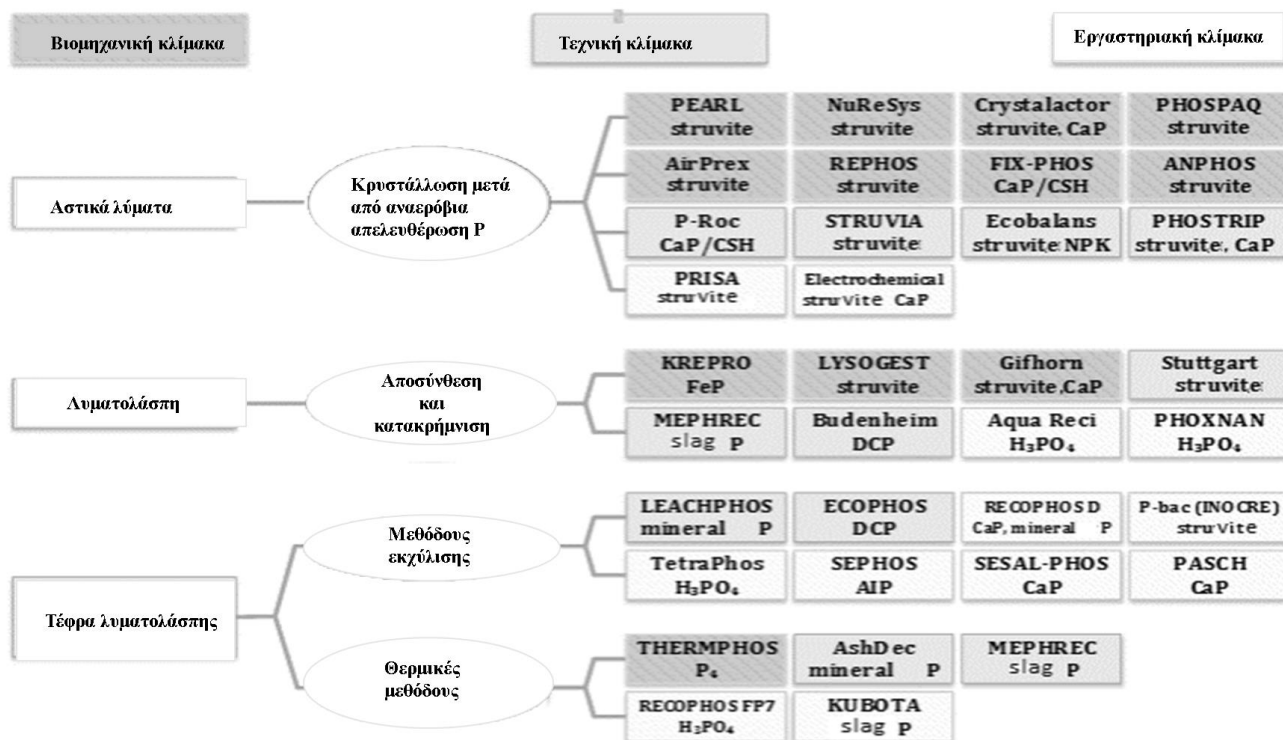
Πρώτη ύλη: Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από επεξεργασία πόσιμου νερού. Πιθανή προσαρμογή για τριτογενή αφαίρεση αζώτου σε εγκαταστάσεις λυμάτων.

Προϊόντα: Διάλυμα νιτρικών με κάλιο, θείο, ασβέστιο και μαγνήσιο για τοπική γονιμοποίηση.

Περιγραφή διαδικασίας: Η ανταλλαγή ιόντων χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως για την απομάκρυνση των νιτρικών από το πόσιμο νερό, αλλά χρησιμοποιεί αλάτι για αναγέννηση. Αυτό δημιουργεί μια φυτοτοξική άλμη νιτρικού νατρίου, η οποία πρέπει να απορριφθεί. Η διαδικασία Agua DB χρησιμοποιεί ποτάσα ποιότητας νερού (KCl) για αναγέννηση, αντί για αλάτι, σε σημαντικά χαμηλότερες ποσότητες, δημιουργώντας έτσι υγρά πλούσια σε θειικό, νιτρικό και κάλιο, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γονιμοποίηση στην τοπική γεωργία. Αυτά μπορούν να αντικαταστήσουν εν μέρει τα συνθετικά λιπάσματα και να μειώσουν τη χρήση ποτάσας από τους αγρότες, μειώνοντας έτσι την αλατότητα (εισροή CL) στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις

Κατάσταση λειτουργίας: Ένα πιλοτικό πρόγραμμα τριών μηνών με την Affinity Water (μια βρετανική εταιρεία πόσιμου νερού που παρέχει 3,6 εκατομμύρια ανθρώπους), έδειξε αποτελεσματική απομάκρυνση νιτρικών έως 5 mgN/L. Το προκύπτον διάλυμα λίπανσης αποδείχθηκε ότι είναι αποτελεσματικό για χρήση στην υδροπονία.[14]

Συμπληρώνοντας τα δεδομένα του **Error! Reference source not found.**, πολλές τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί για την ανάκτηση φωσφόρου από λύματα, λυματολάσπη, τέφρα λυματολάσπης (Εικόνα 3.2) ή άλλα απόβλητα (κόκκαλα, κρεατοστεάλευρα) για να κλείνει ο κύκλος του φωσφόρου.



Εικόνα 3.2. Μέθοδοι ανάκτησης φωσφόρου.

Βασικά, μπορούν να διακριθούν δύο τρόποι διαχείρισης της τέφρας από την αποτέφρωση της λυματολάσπης:

- A. οι μέθοδοι υγρής χημικής εκχύλισης και
- B. οι θερμοχημικές μέθοδοι.

Η κύρια ιδέα πίσω από τις μεθόδους εκχύλισης είναι η διεξαγωγή της εκχύλισης τέφρας με την εφαρμογή διαλυμάτων οξέων, αλκαλίων ή της αλληλουχίας τους ή νερού σε υπερκρίσιμη κατάσταση, ως παράγοντας έκπλυσης. Το πιο συχνά απαντώμενο διάλυμα είναι η εκχύλιση τέφρας με την εφαρμογή των εξής όξινων διαλυμάτων: H₂SO₄, HCL, HNO₃, H₃PO₄ με pH > 2. Η εξόρυξη τέφρας με την εφαρμογή υδροχλωρικού οξέος και θεικού οξέος συνδέεται με τη δημιουργία πρόσθετων αποβλήτων με τη μορφή χλωριούχου ασβεστίου ή φωσφογύψου (εκτός από τα υπολείμματα που μένουν μετά την εξαγωγή τέφρας). Επιπλέον, το ασβέστιο, το οποίο είναι δευτερεύον συστατικό στα λιπάσματα, χάνεται μαζί με τα απόβλητα. Ως εκ τούτου, επιβεβαιώθηκε ότι η εφαρμογή της έκπλυσης τέφρας με νιτρικό οξύ και φωσφορικό οξύ, εξακολουθεί να παραμένει η πιο ευνοϊκή λύση για τον λόγο της παραγωγής εκχυλισμάτων πλούσιων σε ενώσεις αζώτου και φωσφόρου, χωρίς να δημιουργούνται πρόσθετα απόβλητα.

Οι θερμοχημικές μέθοδοι, οι οποίες περιλαμβάνουν τη διαδικασία παραγωγής φωσφόρου σε ηλεκτρικό κλίβανο και φρύξη τέφρας με δότη χλωρίου, προϋποθέτουν χαμηλή περιεκτικότητα σιδήρου στην τέφρα. Ως εκ τούτου, οι λύσεις που προτείνονται στη βιβλιογραφία στην περίπτωση της τέφρας στην Πολωνία θα έχουν περιορισμένη εφαρμογή (περαιτέρω ανάλυση γίνεται στην Παράγραφο 3.1.3) Στη θερμοχημική μέθοδο, η οποία συνίσταται σε φρύξη τέφρας με δότη χλωρίου, αφαιρούνται τα βαρέα μέταλλα που αποτελούν πτητικές μορφές, ωστόσο οι ενώσεις του σιδήρου και του

αργιλίου παραμένουν στη στερεά φάση. Η διαδικασία είναι ενεργοβόρα καθώς η τέφρα απαιτεί πρόσθετη θέρμανση σε θερμοκρασία περίπου 1000°C. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί ένα σύστημα επεξεργασίας αερίων που περιέχουν πτητικά χλωρίδια βαρέων μετάλλων. Η περιεκτικότητα των διαθέσιμων φωσφορικών αλάτων στα λαμβανόμενα προϊόντα στο επίπεδο του 82% σημαίνει ότι περίπου το 18% του φωσφόρου που περιέχεται στο λίπασμα εξακολουθεί να παραμένει στη μορφή που δεν είναι διαθέσιμη για τα φυτά

3.1.3 Κύριες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που εφαρμόζονται σε μονάδες (Technology readiness levels, TRL 6+)

Η ανάκτηση φωσφόρου από λύματα (TRL 6+) τεχνολογία έχει σαν είσοδο λύματα – λάσπης-τέφρας, σαν έξοδο βιβιανίτη φωσφορικό σίδηρο, αργίλιο. Διαφέρει στον τρόπο διαδικασίας αλλά και στην κατάσταση λειτουργίας.

1) ‘Phos4Life’ (ZAR – Técnicas Reunidas)

Member of ESPP

Πρώτη ύλη: Τέφρα αποτέφρωσης λυματολάσπης, από εργασίες λυμάτων χρησιμοποιώντας βιολογική ή/και χημική αφαίρεση φωσφόρου.

Προϊόντα : Φωσφορικό οξύ τεχνικής ποιότητας. Κέικ φίλτρου πυριτίου προς βιομηχανίες τσιμέντου/σκυροδέματος Συμπύκνωμα βαρέων μετάλλων. Διάλυμα χλωριούχου Fe-III ως πηκτικό για την επεξεργασία λυμάτων.

Περιγραφή διαδικασίας: i) Εκχύλιση τέφρας σε θειικό οξύ για διάλυση φωσφόρου, διαχωρισμός στερεού/υγρού με διήθηση.

ii) Διαχωρισμός σιδήρου, αλουμινίου και βαρέων μετάλλων με εκχύλιση διαλύτη

iii) Συγκέντρωση αραιού οξέος σε φωσφορικό οξύ τεχνικής ποιότητας με εξάτμιση

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλοτικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο Tecnicas Reunidas στη Μαδρίτη Ισπανία.

Εφαρμογή πλήρους κλίμακας (30.000 t/y τέφρας) που σχεδιάστηκε στο Solothurn, Ελβετία. [15]

2)‘RAVITA’ (Helsinki HSY) Helsinki Region Environmental Services

Πρώτη ύλη: Χημική μετα-κατακρήμνιση και μετά αποκατάσταση φωσφόρου από την προκύπτουσα πλούσια σε λάσπη με φώσφορο. Επίσης, ανάκτηση αζώτου από υγρό αφυδάτωσης λυματολάσπης.

Προϊόντα : Φωσφορικό οξύ. Ανάκτηση χημικών σιδήρου/αλουμινίου για χρήση ως πηκτικά στην απομάκρυνση φωσφόρου από τα wwtp. Φωσφορικό αμμώνιο.

Περιγραφή διαδικασίας: i) Τριτοβάθμια μετά την καθίζηση, χρησιμοποιώντας πηκτικά σιδήρου ή αλουμινίου, στη συνέχεια διαχωρισμός με π.χ. δίσκοι φίλτρα, για να δημιουργήσουν μια ιλύ πλούσια σε φώσφορο.

Αυτό μπορεί να εγκατασταθεί σε μικρότερα wwtps, στη συνέχεια η ιλύς να μεταφερθεί στην κεντρική επεξεργασία. Τα βαρέα μέταλλα είναι χαμηλά σε αυτή τη μετα-κατακρήμνιση, διευκολύνοντας έτσι την ανάκτηση.

ii) Διάλυση αυτής της ιλύος σε φωσφορικό οξύ.

iii) Συνεχής εκχύλιση διαλύτη-διαλύτη για διαχωρισμό αλάτων σιδήρου και αργιλίου σε διάλυμα (μπορεί να ανακυκλωθεί ως πηκτικά) και φωσφορικό οξύ

v) Συνδυασμός με ανάκτηση αζώτου (απομάκρυνση αμμωνίας από δευτερεύοντα υγρά αφυδάτωσης ιλύος) για παραγωγή φωσφορικού αμμωνίου.

Κατάσταση λειτουργίας: Μετα-κατακρήμνιση: 1000 πιλότος για τριτοβάθμια αφαίρεση φωσφόρου που λειτουργεί από το 2017 (επιτυγχάνοντας απόρριψη 0,4 mgP/l wwtp). Ανάκτηση φωσφόρου: 1.000 πιλοτικό υπό κατασκευή, εκκίνηση 2020. [16]

3) 'Extraphos' (Prayon)

Πρώτη ύλη: Χωνευμένα λύματα λάσπη

Προϊόντα : Φωσφορικό ασβέστιο

Περιγραφή διαδικασίας: i) Το υγροποιημένο CO₂ (τυπικό προϊόν αερίου) χρησιμοποιείται για τη μερική διάλυση του φωσφόρου μέσα υγρή ιλύς σε διαλυτή μορφή (θερμοκρασία περιβάλλοντος, πίεση λειτουργίας περίπου 10 bar).

ii) Διαχωρισμός στερεού/υγρού

iii) Το υγρό κλάσμα χρησιμοποιείται για την ανάκτηση φωσφόρου, με απελευθέρωση πίεσης και λίγη προσθήκη ασβέστη, με αποτέλεσμα την καθίζηση φωσφορικού ασβεστίου Ο σίδηρος, το αλουμίνιο, τα βαρέα μέταλλα και ο οργανικός άνθρακας παραμένουν κυρίως στο στερεό κλάσμα. Δοκιμές απομάκρυνσης ρύπων με χρήση οξέος, η οξίνιση είναι σε εξέλιξη

Κατάσταση λειτουργίας: Διαδικασία που αναπτύχθηκε αρχικά από Budenheim με πιλότο:Με όγκο 1 m³. Η τεχνολογία ανήκει πλέον στην Prayon.[17]

4) 'ViViMAG' (WETSUS)- Member of ESPP

Πρώτη ύλη: Χωνευμένη ιλύς λυμάτων, πριν από την αφυδάτωση, από wwtp χρησιμοποιώντας άλατα σιδήρου για χημική αφαίρεση του φωσφόρου.

Προϊόντα: Βιβιανίτης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα σιδήρου. Με δυνατότητα επεξεργασίας σε λίπασμα φωσφόρου και καλίου και σιδηροπηκτικά για χρήση σε wwtps

Περιγραφή διαδικασίας: Κατακρήμνιση φωσφορικού σιδήρου με τη μορφή βιβιανίτη, με αναγωγή σιδήρου (III) σε σιδήρου (II) σε αναερόβιες συνθήκες (χωνευτή), στη συνέχεια ανάκτηση του βιβιανίτη με μαγνητικό διαχωρισμό. Ο βιβιανίτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα σιδήρου για τη θεραπεία της χλωρίωσης σιδήρου, για παράδειγμα, θησαυροί ελιάς. Προαιρετική εξαγωγή φωσφόρου από βιβιανίτη σε υγρό λίπασμα φωσφόρου, καλίου και ανακύκλωση σιδήρου ως πηκτικό σε wwtp.

Κατάσταση λειτουργίας: Συνεχής πιλότος 1 m³/h για μαγνητικό διαχωρισμό βιβιανίτη που δοκιμάστηκε στο Nieuwveer wwtp, NL. [18]

5) AshDec (Outotec)-
Member of ESPP

Πρώτη ύλη: Όλες οι στάχτες με περιεχόμενο P > 7%

Προϊόντα: Τροποποιημένο φωσφορικό Rhenania (νάτριο-φωσφορικό Ca) Διαλυτότητα P_{rac} > 80%. κοκκώδες υλικό με περιεκτικότητα σε P₂O₅ 15-20% (ανάλογα με την είσοδο-τέφρα). Χωρίς οργανική ύλη, το προϊόν μπορεί να αναμειχθεί με όλα τα άλλα προϊόντα λίπανσης

Περιγραφή διαδικασίας: Η τέφρα αναμιγνύεται με έναν φορέα νατρίου (Na₂CO₃, NaHCO₃ ή Na₂SO₄) και θερμαίνεται στους περίπου 850-900 ° C σε περιστροφικό κλίβανο για να τροποποιηθούν οι φωσφορικές ενώσεις σε ουδέτερο διαλυτό CaNaPO₄ (φωσφορικό Rhenania). Ορισμένα βαρέα μέταλλα αφαιρούνται (Cd, Hg, Pb) και συλλαμβάνονται σε ένα φίλτρο σακούλας από όπου μπορούν να διαχωριστούν από το προϊόν λίπανσης ως ένα μικρό ρεύμα αποβλήτων (3% του υλικού εισόδου).

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλότος (300 kg/h), σε λειτουργία για αρκετά χρόνια, συνεχείς εκστρατείες παραγωγής για παραγωγή έως και αρκετών εκατοντάδων τόνων στη σειρά. [19]

6) Kemira iron/aluminium phosphate
Member of ESPP

Πρώτη ύλη: Αναβάθμιση υφιστάμενων έργων επεξεργασίας λυμάτων

Προϊόντα: Φωσφορικό σίδηρο ή αργίλιο

Περιγραφή διαδικασίας: i) Βελτιστοποίηση πρωτογενούς και δευτερογενούς (βιολογικής) επεξεργασίας με δοσολογία πολυμερούς με αλγόριθμους ελέγχου που δίνουν αυξημένη παραγωγή βιοαερίου

ii) Τριτοβάθμια απομάκρυνση φωσφόρου με πηκτικά σιδήρου και/ή αλουμινίου, αλγόριθμοι ελέγχου, διαχωρισμός με καθίζηση και/ή φυγοκέντρωση για να παραχθεί μια ιλύς πλούσια σε P, <10% C-org, που περιέχει P > 50% της εισερχόμενης. Wwtp

εγκατεστημένο φώσφορο σε μικρότερα wwtps και ανακτημένο υλικό επεξεργασμένο σε κεντρική διαδικασία επεξεργασίας.

iii) Προαιρετικά περαιτέρω επεξεργασία της ιλύος πλούσια σε φώσφορο, με ξήρανση, κοκκοποίηση ή διαχωρισμό φωσφόρου και σιδήρου ή αργιλίου για παραγωγή φωσφορικού οξέος, φωσφορικού άλατος και πηκτικού σιδήρου ή αργιλίου για επεξεργασία νερού

Κατάσταση λειτουργίας: Δοκιμάστηκε σε πλήρη κλίμακα σε δύο wwtps (63.000 pe και 130.000 pe) για 1-7 μήνες και σε πιλοτική κλίμακα σε τρία wwtps για 2-3 μήνες. Οι κόκκοι φωσφορικού σιδήρου έχουν δοκιμαστεί ως λίπασμα σε δοκιμές δοχείων με χόρτο σίκαλης. Κόκκοι λιπασμάτων αζώτου, φωσφόρου και καλίου συμπεριλαμβανομένου φωσφορικού σιδήρου.[20]

7)ePhos (Fraunhofer IGB) –
Member of ESPP

Πρώτη ύλη: Υγρό αφυδάτωσης λυματολάσπης

Προϊόντα: Στρουβίτης (φωσφορικό αμμώνιο μαγνησίου)

Περιγραφή διαδικασίας: Ηλεκτροχημική καταβύθιση στρουβίτη, χρησιμοποιώντας θυσιαζόμενη άνοδο μαγνησίου και χωρίς χημικές εισροές

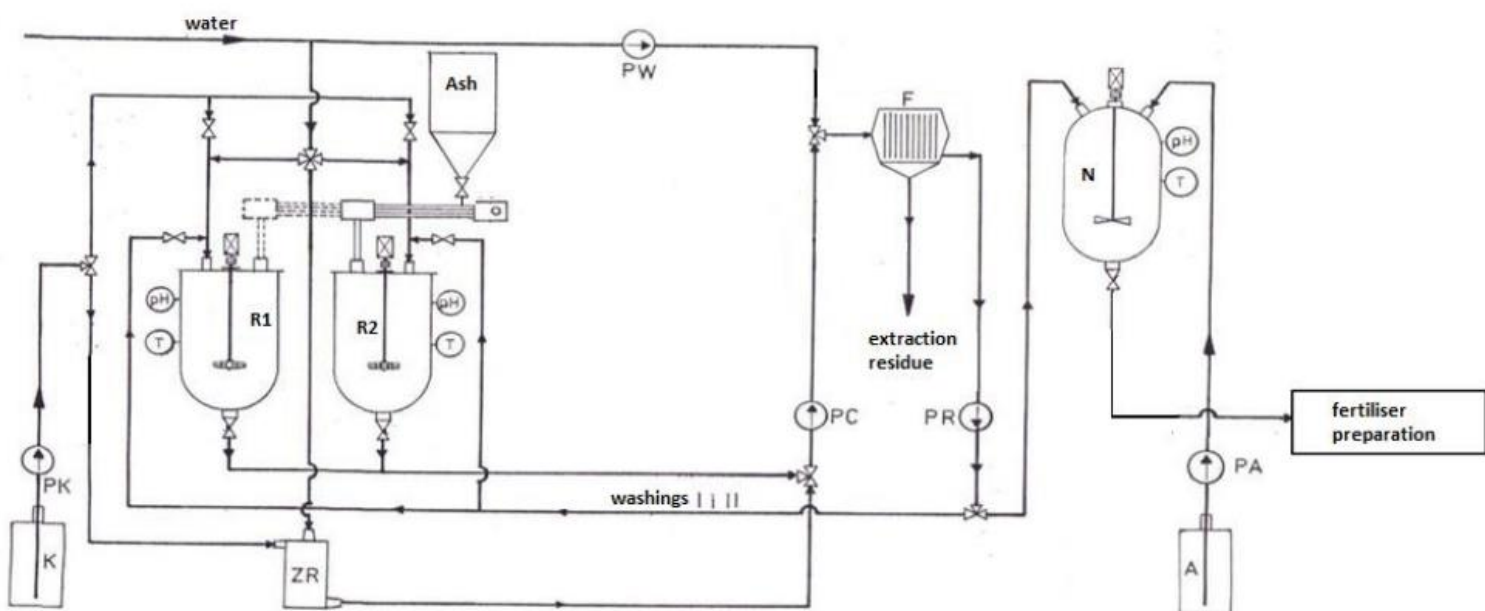
Κατάσταση λειτουργίας: Πλήρης εγκατάσταση 2017 OVIVO (ΗΠΑ)

8) Στην κατηγορία ανάκτηση φωσφόρου από λύματα (TRL 6+) σημαντική διαδικασία είναι και η ePhos (Fraunhofer IGB). Χρησιμοποιείται για την ανάκτηση φωσφορικών και αμμονίου από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Οι ουσίες καθιζάνουν σε μια ηλεκτροχημική διαδικασία ως φωσφορικό αμμώνιο μαγνησίου (στρουβίτης) που είναι ένα υψηλής ποιότητας λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας στη γεωργία ως λίπασμα. Τα λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης επιτρέπουν την αποδέσμευση των συστατικών τους και τη διάθεσή τους στα φυτά με βραδείς ρυθμούς, μειώνοντας τον κίνδυνο απωλειών (π.χ. λόγω έκπλυσης) της διαθέσιμης για τα φυτά ποσότητας. Λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης υπάρχουν είτε ανόργανα είτε οργανικά. (Ένωσης, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής, n.d.) Το κύριο πλεονέκτημα της διαδικασίας ePhos® είναι ότι δεν προστίθενται καθόλου χημικά. Το μαγνήσιο που απαιτείται για τον σχηματισμό στρουβίτη προστίθεται μέσω μιας θυσιαζόμενης ανόδου σε ένα κύτταρο ηλεκτρόλυσης. [21]

3.1.4 Πρόσθετες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου

1) Τεχνολογία ‘PolFerAsh’

Στην εξεταζόμενη τεχνολογία ‘PolFerAsh’ (Πολωνικά λιπάσματα από τέφρα), η τέφρα της λυματολάσπης εκπλένεται με τη χρήση φωσφορικού και νιτρικού οξέος ή του μείγματός του για τη διάλυση ενώσεων φωσφόρου από τέφρα λυματολάσπης (Sewage Sludge Ash, SSA) και την επίτευξη υψηλού ποσοστού ανάκτησης φωσφόρου (περίπου 70-99%), χωρίς πρόσθετο καθαρισμό των στραγγισμάτων. Τέτοιοι παράγοντες προτάθηκαν λόγω της υψηλής συγκέντρωσης φωσφόρου και δεν σχηματίστηκε πρόσθετο παραπροϊόν με τη μορφή CaSO_4 ή CaCl_2 κατά την εκχύλιση με θειικό ή υδροχλωρικό οξύ. Στο δεύτερο στάδιο μετά τη διήθηση, τα εκχυλίσματα εξουδετερώνονται με τη χρήση ενυδατωμένου CaO ή αμμωνίας για την παραγωγή στερεών λιπασμάτων με τη μορφή φωσφορικού ασβεστίου, φωσφορικού αμμωνίου ή μείγματος και των δύο (Εικόνα3.3). (Gorazda et al., 2014)



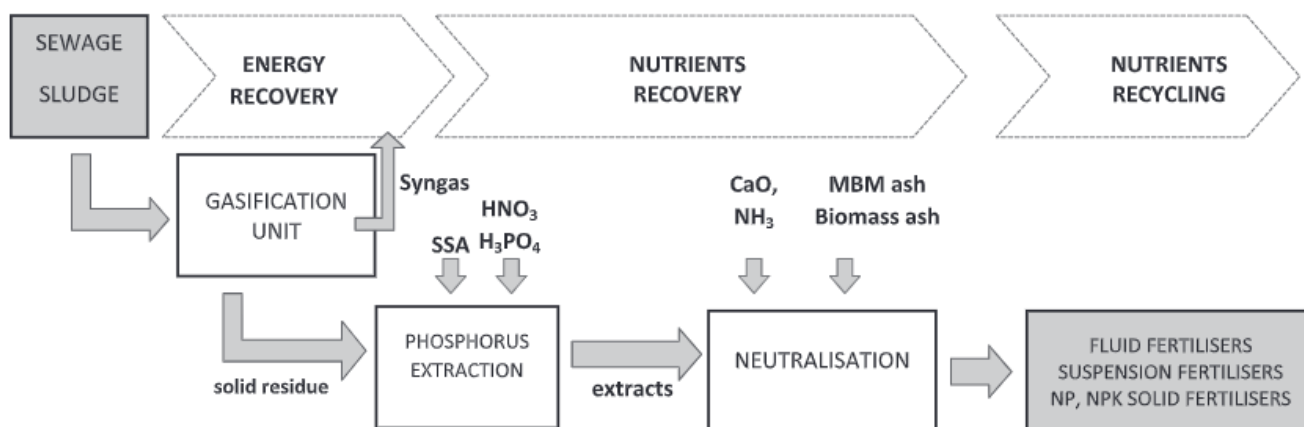
Εικόνα3.3. Απεικόνιση της διεργασίας ‘PolFerAsh’ (Gorazda et al., 2014)

Επομένως, στη δοκιμασμένη τεχνολογία ‘PolFerAsh’, χρησιμοποιήθηκε μόνο φωσφορικό οξύ ή νιτρικό οξύ για τη διάλυση ενώσεων φωσφόρου από τα υπολείμματα αεριοποίησης. Επιτεύχθηκε υψηλός ρυθμός ανάκτησης φωσφόρου χωρίς τον πρόσθετο καθαρισμό των εκπλυμάτων. Μια κατάλληλη σύνθεση στερεάς προς υγρή φάση είναι δυνατή με λειτουργία σε διαλύματα χαμηλής συγκέντρωσης οξέων.

Ο κύριος στόχος της έρευνας ήταν η μεταφορά του φωσφόρου από τα στερεά υπολείμματα αεριοποίησης σε διαθέσιμη για τα φυτά μορφή, καθώς και μακρο- και μικροθρεπτικά συστατικά και η μείωση των συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων στα τελικά στραγγίσματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή

φωσφορικών λιπασμάτων. Μετά την αεριοποίηση (Εικόνα3.4), τα υπολείμματα χαρακτηρίστηκαν και συγκρίθηκαν με την τέφρα λυματολάσσης από πολωνικές μονάδες μονοαποτέφρωσης και εμπορεύσιμες φωσφορικές πρώτες ύλες. Η όξινη εκχύλιση με νιτρικό και/ή φωσφορικό οξύ χρησιμοποιήθηκε ως η πλέον προτιμώμενη μέθοδος για επιλεκτική ανάκτηση φωσφόρου με τις υψηλότερες αποδόσεις εκχύλισης (πάνω από 70%).

Ως αποτέλεσμα, τα στραγγίσματα είναι κατάλληλα για παραγωγή φωσφορικών λιπασμάτων. Η σύνθεση του εκχυλίσματος συγκρίθηκε με τις ρυθμιστικές παραμέτρους για τα λιπάσματα εναιωρήματος και με τη σύνθεση φωσφορικού οξέος βιομηχανικής ποιότητας που παράγεται από διαφορετικές πρώτες ύλες. Συζητήθηκε επίσης η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα, ιδίως σε κάδμιο . (Gorazda et al., 2018)

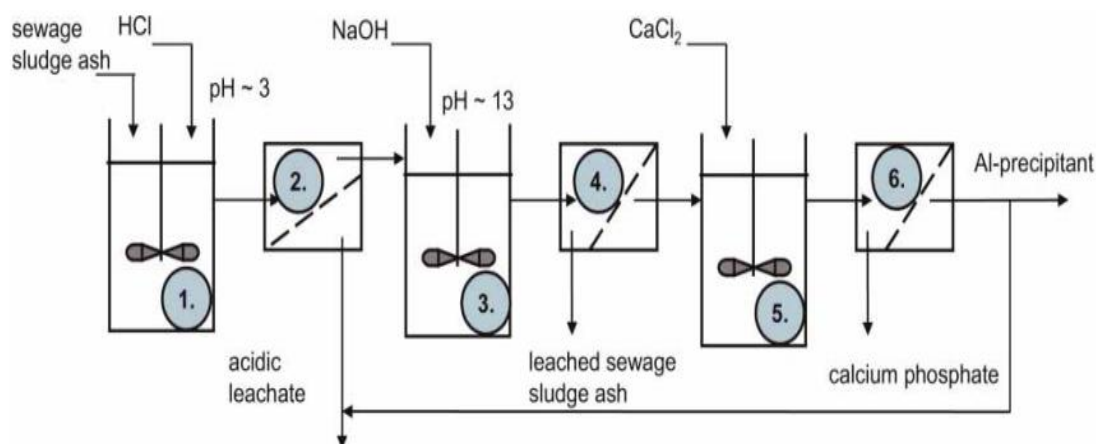


Εικόνα3.4. Σχηματικό διάγραμμα από συνδυασμένη διαδικασία για την αξιοποίηση της λυματολάσσης (Wzorek, 2018)

2) Διαδικασία 'SESAL-Phos'

Η τέφρα της λυματολάσπης επεξεργάζεται με τη βέλτιστη ποσότητα HCl, ακολουθούμενη από διαχωρισμό του οξέος από το ίζημα με φυγόκεντρο. Το υπόλοιπο υπόλειμμα εκπλένεται με HCl για να απομακρυνθεί το ασβέστιο, το οποίο διαλύεται και παγιδεύεται στους πόρους του στερεού. Στο επόμενο βήμα, η στάχτη λυματολάσπης που έχει απαλαχθεί από ασβέστιο εκπλένεται με NaOH που διαλύει περίπου το 67% του P_{total} και το 39% του Al_{total} . Το στερεό υπόλειμμα και το διάλυμα NaOH διαχωρίζονται με φυγοκέντρηση ανακτώντας περίπου 60% P_{total} . (Εικόνα 3.5)

Στη συνέχεια, το αλκαλικό διάλυμα από την έκπλυση εισέρχεται σε έναν αναδεδυμένο αντιδραστήρα για καθίζηση φωσφορικού ασβεστίου με την προσθήκη $CaCl_2$. Τα αλκαλικά στραγγίσματα και το αργίλιο που περιέχονται σε αυτό θα μπορούσαν στη συνέχεια να ανακυκλωθούν με καθίζηση στην επεξεργασία των λυμάτων, αν και αυτό πρέπει να επιβεβαιωθεί σε περαιτέρω έρευνα.



Εικόνα 3.5 Απλοποιημένο σχήμα διαδικασίας της διαδικασίας 'SESAL-Phos'

Τα στάδια της διαδικασίας SESAL-Phos στην Εικόνα 3.5 είναι τα εξής:

1. Όξινη έκλυση για διάλυση φωσφορικού ασβεστίου και ταυτόχρονο σχηματισμό φωσφορικού αργιλίου
2. Διαχωρισμός όξινου στραγγίσματος με διαλυμένο ασβέστιο και βαρέα μέταλλα για εξουδετέρωση. Καταβυθίζονται βαρέα μέταλλα.
3. Προσθήκη NaOH για διάλυση φωσφορικού αργιλίου.
4. Διαχωρισμός του αλκαλικού στραγγίσματος από την υπόλοιπη τέφρα
5. Καθίζηση του προϊόντος ανάκτησης.
6. Διαχωρισμός του φωσφορικού ασβεστίου. Το διαλυμένο αργίλιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καταβυθιστικό στην επεξεργασία λυμάτων

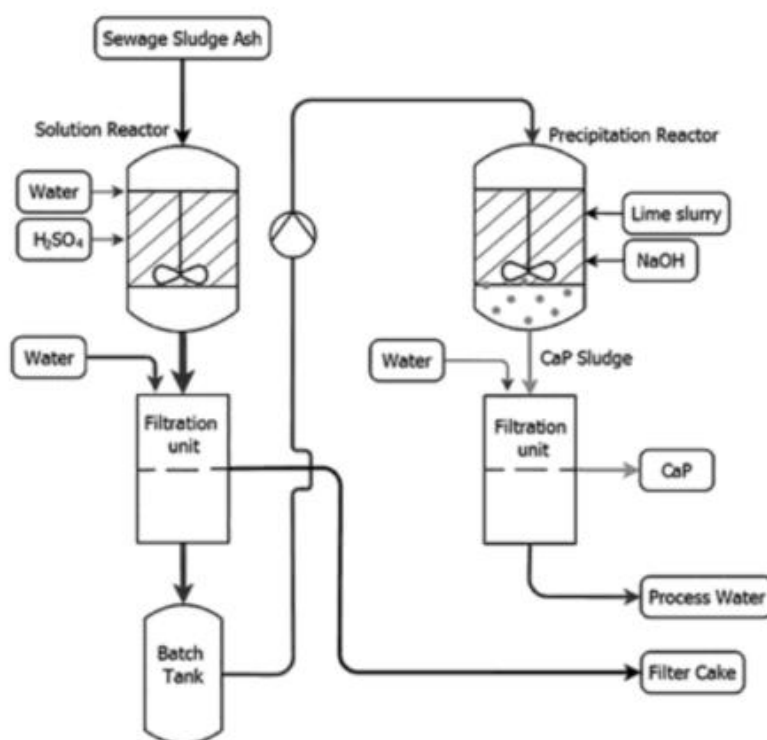
Το όξινο νερό της διεργασίας (pH3) πρέπει να εξουδετερωθεί για να μπορέσει να απορριφθεί προκειμένου να προκληθεί η καθίζηση βαρέων μετάλλων. Η χημική σύνθεση αυτού του προϊόντος ανάκτησης δίνεται στον Πίνακα 3.2 Χημική σύνθεση του προϊόντος ανάκτησης που λαμβάνεται από την τέφρα ιλύος καθαρισμού λυμάτων Πίνακας 3.2

Πίνακας 3.2 Χημική σύνθεση του προϊόντος ανάκτησης που λαμβάνεται από την τέφρα ιλύος καθαρισμού λυμάτων

P (g/kg)	K (g/kg)	Mg (g/kg)	Ca (g/kg)	Fe (g/kg)	Al (g/kg)	Cu (g/kg)	Zn (g/kg)	Cd (g/kg)
152.9	0.08	0.20	297.5	0.02	1.34	4.5	20.75	0.074
Cr	Ni (g/kg)	Na (g/kg)	Mn (g/kg)	As (g/kg)	Tl (g/kg)	Pb (g/kg)	U (g/kg)	
n.d.	0.203	35.6	0.001	27.93	n.d.	3.374	2.043	

LeachPhos

Η διαδικασία LeachPhos έχει αναπτυχθεί και κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την BSH UmweLtservice GmbH. Το SSA αναμιγνύεται με θειικό οξύ για την έκπλυση του φωσφόρου που ακολουθείται από μια επακόλουθη διήθηση που διαχωρίζει το SSA από το έκπλυση. Στη συνέχεια, ο φώσφορος ανακτάται ως CaP (συνδιασμός ασβεστίου και φωσφόρου) ή MAP(η σύνθεση του στρουβίτη αλλιώς). Το εργοστάσιο επίδειξης λειτούργησε το 2012/2013 από την εταιρεία BSH που επεξεργάστηκε 40 τόνους SSA με ρυθμό 2 τόνους SSA/h.Ο Πίνακας 3.2 δίνει μια επισκόπηση ή τα δύο υγρά χημικά prosecco για την ανάκτηση φωσφόρου από το SSA αναφέροντας την απόδοση ανάκτησής τους καθώς και τις απαιτήσεις σε ενέργεια και χημικά. Εικόνα 3.6.



Εικόνα 3.6. Σχηματική απεικόνιση της LeachPhos διαδικασίας (Lema & Suarez, n.d.).

Οι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι το 90% της μάζας του αρχικού φωσφόρου ανακτήθηκε ανάλογα με τις συνθήκες έκπλυσης με θειικό ή οξαλικό οξύ. Το υπερκρίσιμο νερό (SCW) της AceLa χρησιμοποίησε για την ανάκτηση ενέργειας από τη λυματολάσπη σε συνδυασμό με την ανάκτηση φωσφόρου από το στερεό υπολείμμα που παράγεται στη διαδικασία. Η όξινη έκπλυση επιτρέπει την ανάκτηση περισσότερο από 95% του φωσφόρου από τέτοια υπολείμματα.

Οι τιμές των λιπασμάτων με βάση το κάλιο έχουν αυξηθεί έως και τέσσερις φορές κατά την περίοδο 2007–2009 και υπάρχουν ζητήματα σχετικά με την προμήθεια λιπασμάτων με βάση το κάλιο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μεταλλεύματα ποτάσας (η κύρια πηγή καλίου) έχουν περιορισμένη διανομή σε παγκόσμιο επίπεδο, με το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας ποτάσας να εξορύσσεται στον Καναδά και την Ευρώπη. Έτσι, υπάρχουν επί του παρόντος πολύ λίγα περιθώρια για πολλές αναπτυσσόμενες χώρες να είναι αυτόνομες όσον αφορά την προμήθεια καλίου μέσω συμβατικών λιπασμάτων. Η ζήτηση για τρόφιμα για έναν συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό και οι συνεχείς εξελίξεις για τη δημιουργία ενέργειας από βιομάζα (που παρέχουν συγκεντρωμένες πλευρικές ροές θρεπτικών συστατικών) θα οδηγήσουν τη ζήτηση για θρεπτικά συστατικά από εναλλακτικές πηγές προς τα πάνω στο μέλλον.

Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών στις ροές αποβλήτων είναι σχετικά χαμηλές (1–200 mg/L) σε σύγκριση με τα συνθετικά ανόργανα λιπάσματα και η πλειονότητα των διαθέσιμων θρεπτικών πόρων βρίσκεται στις πιο αραιές ροές αποβλήτων. Δεδομένου ότι η αποτελεσματικότητα της ανάκτησης θρεπτικών ουσιών τυπικά μειώνεται με τη συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών στα απόβλητα, ένα πλαίσιο τριών βημάτων για την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών προτείνεται εδώ προκειμένου να επιτευχθούν τα καλύτερα συνολικά αποτελέσματα. Αυτά είναι τα βήματα (δίνονται με διαδοχική σειρά) για: (1) συσσώρευση θρεπτικών ουσιών, (2) απελευθέρωση θρεπτικών ουσιών και (3) εκχύλιση θρεπτικών συστατικών. Δηλαδή, τα θρεπτικά συστατικά σε ροές αραιωμένων αποβλήτων πρέπει να συσσωρεύονται προκειμένου οι επακόλουθες τεχνικές απελευθέρωσης, όπως φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 3.3 να μπορούν να κινητοποιήσουν τα θρεπτικά συστατικά για τελική ανάκτηση με τη μορφή συμπυκνωμένων προϊόντων για ωφέλιμη επαναχρησιμοποίηση.

Πίνακας 3.3 Επισκόπηση της υγρής-χημικής διαδικασίας που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση P από SSA

	EcoPhos	LeachPhos
Process sequence	Leaching of ashes Filtration of ashes Ion exchange targeting Mg/Ca ions Ion exchange targeting Fe/Mg ions Up-concentration of phosphoric acid by evaporation	Leaching of ashes Filtration of ashes With the filtrate of '2', precipitation of CaP Filtration of CaP precipitate
Acid used for leaching	Phosphoric acid (recycled from production)	Sulphuric acid
Other chemicals used	Hydrochloric acid (resin regeneration)	Lime slurry, NaOH
P recovery efficiency	97%	70%
Electricity demand	0.03 kWh/kg ash treated or 0.2 kWh/kgP recovered (assuming 15% P in ash)	1.6 kWh/kgP recovered
Chemical demand	0.9 L HCl (37%)/kg ash treated, or 2.7 kg HCl/kgP recovered (assuming 15% P in ash) 0.3 g resin/kg ash treated, or 2.1 g resin/kgP recovered (assuming 15% P in ash)	5.6 kg H ₂ SO ₄ /kgP 0.6 kg NaOH/kgP 3.9 kg Ca(OH) ₂ /kgP
Comments	Potential simultaneous metals recovery (Mg/Ca, Al/Fe)	

3.1.5 Τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που βρίσκονται σε στάδιο Έρευνας & Ανάπτυξης

Η τεχνολογίες σε κλίμακα E&A έχουν για είσοδο λυματολάσπη –τέφρα, ενώ για έξοδο φωσφορικά άλατα, λευκός φώσφορος. Διαφορετικές περιγραφές, τα περισσότερα είναι σε πιλοτική κατάσταση.

1) CarboREM

Πρώτη ύλη: Χωνευμένη αφυδατωμένη λάσπη λυμάτων (10-15% DS)

Προϊόντα: Ιζήματα φωσφορικών αλάτων

Περιγραφή διαδικασίας: i) HTC (υδροθερμική άνθρακα) σε 200 ° C

ii) Διαχωρισμός φίλτρου υδροχλωρίου, που περιέχει 55-70% του συνολικού φωσφόρου

iii) Διάλυση σε οξύ

iv) Προσθήκη αλκαλίων για καταβύθιση φωσφορικού άλατος

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλοτικό. Εγκαταστάθηκε το 2019 στο εργοστάσιο λυματολάσπης Ecoopera και βρίσκεται στο εργοστάσιο ιλύος Ecoopera Sewage, Mezzocorona (TN) Ιταλία, με χωρητικότητα: 1,4 t/h λυμάτων λυμάτων. [22]

2) RecoPhos thermaL (ItaLmatch) Member ESPP

Πρώτη ύλη: Τέφρα αποτέφρωσης ιλύος λυμάτων, από έργα αποχέτευσης με βιολογική και/ή χημική απομάκρυνση φωσφόρου.

Προϊόντα: Λευκός φώσφορος (στοιχειακό φώσφορο P₄), κρίσιμη πρώτη ύλη για ηλεκτρονική και χημική βιομηχανία φωσφόρου

Περιγραφή διαδικασίας: Ηλεκτρική επαγωγή θερμαινόμενος αντιδραστήρας InduCarb, θερμαίνει τέφρα με οπτάνθρακα ή γραφίτη στους 1500°C. Ο φώσφορος (στοιχειακό φώσφορο) απελευθερώνεται σε μορφή αερίου, το οποίο μπορεί να αντιδράσει σε PCL₃ (χημικός φορέας για βιομηχανική χημεία οργανικού φωσφόρου) ή σε φωσφορικό οξύ υψηλής καθαρότητας (βαθμός ηλεκτρονικής).

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλοτικό. Δέχεται για είσοδο 10 kg/h. Έχει δοκιμαστεί στο Leoben της Αυστρίας το 2015. [23]

3) 'FLashphos' (Uni. Stuttgart, ItaLmatch) ItaLmatch: Member ESPP

Πρώτη ύλη: Αποχετευμένη λάσπη λυμάτων ή άλλα οργανικά απόβλητα που περιέχουν P.

Προϊόντα: Στοιχειακό φώσφορο, λευκός φώσφορος

Περιγραφή διαδικασίας: Τα υλικά εισόδου ξηραίνονται και αλέθονται, κατόπιν εξαερώνονται σε υψηλές θερμοκρασίες με CaO (ασβέστη) ως αναγωγικό παράγοντα για την παραγωγή στοιχειακού φωσφόρου (P₄). Η διαδικασία ισχυρίζεται ότι παράγει επίσης ένα υλικό τσιμέντου και ένα αξιόλογο κράμα μετάλλου σιδήρου (έτσι χρησιμοποιούνται τα άλατα σιδήρου που χρησιμοποιούνται στην απομάκρυνση φωσφόρου από λύματα).

Κατάσταση λειτουργίας: Το FLashPhos βασίζεται σε διαφορετικές τεχνολογίες των συνεργατών του έργου που θα αναπτυχθούν και θα ενοποιηθούν στα καλύτερα πρότυπα. Η διαδικασία θα ενσωματωθεί στην υπάρχουσα βιομηχανική υποδομή (εργοστάσια τσιμέντου). Χρηματοδότηση ύψους 12 εκατομμυρίων ευρώ στο πλαίσιο του προγράμματος Ορίζοντας 2020 που ανακοινώθηκε τον Ιούνιο του 2021 για την κατασκευή και δοκιμή 2 τόνου/ημέρα. Πιλοτική μονάδα εισροής ξηράς ουσίας. [24]

4) Parforce,
Member of DPP

Πρώτη ύλη: Τέφρα αποτέφρωσης λυματολάσπης, άλλες στάχτες, φωσφορικά ή άλλα δευτερεύοντα υλικά. Ο στρουβίτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη: ασβεστοποιείται για την αφαίρεση της αμμωνίας και την εξάλειψη της οργανικής ύλης.

Προϊόντα: Φωσφορικό οξύ

Περιγραφή διαδικασίας: i) Ώξινη πέψη χρησιμοποιώντας HCL ή HNO₃, για την παραγωγή ακατέργαστου φωσφορικού οξέος

ii) Διαχωρισμός στερεού-υγρού

iii) Εάν το υλικό εισόδου είναι στάχτη λάσπης λυμάτων, τότε εξάγεται σίδηρο και αργίλιο (πριν από την ηλεκτροδιάλυση) είτε με ανταλλαγή ιόντων είτε με εξαγωγή διαλύτη

iv) Ηλεκτροδύλιση μεμβράνης για διαχωρισμό μεταλλικών κατιόντων (ειδικά Ca, Mg και βαρέων μετάλλων) σε συμπυκνωμένο διάλυμα άλατος. Χλωριούχο ασβέστιο (CaCl₂) / νιτρικό άλας (NO₃) μπορεί να ανακτηθεί από αυτό το διάλυμα μετά από καθίζηση βαρέων μετάλλων.

v) Συγκέντρωση του υπολειπόμενου φωσφορικού οξέος ή στρουβίτη μπορεί να καταβυθιστεί από το οξύ

vi) Μέρος του φωσφόρου διέρχεται από τις μεμβράνες ηλεκτροδιάλυσης. Για να επιτευχθεί ανάκτηση 80% φωσφόρου, αυτό πρέπει να καταβυθιστεί με ασβέστη, μετά τον διαχωρισμό των βαρέων μετάλλων και το φωσφορικό ασβέστιο (Ca₃(PO₄)₂) να επανέλθει στο στάδιο (1)

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλοτικό. Συνεχής ηλεκτροδιάλυση, χωρητικότητα περίπου 1 t/day εισερχόμενο υλικό. Έχει δοκιμαστεί για διαφορετικά υλικά το 2018 και το 2019 στο TU Bergakademie Freiberg, στη Γερμανία. [25]

5) RSR (Green Sentinel) (Recovered Sludge Resources)

Πρώτη ύλη: Αποχετευμένη ιλύς λυμάτων (μετά από πρέσα φίλτρου ή φυγοκέντρηση)

Προϊόντα: Ένα μικτό υδατικό διάλυμα ορυκτών, συμπεριλαμβανομένων των φωσφορικών αλάτων με 75% νερό / 25% μέταλλα β/β, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδος στην παραγωγή ορυκτών λιπασμάτων.

Το διάλυμα είναι pH 3 και περιέχει:

- 1,5 - 4 % φώσφορο
- 2-4 % ασβέστιο
- 0,5 - 1,5 % κάλιο
- Θεικά, χλωριούχα κ.λ.π.

Ο σίδηρος είναι <1,3 %, τα βαρέα μέταλλα είναι χαμηλά, π.χ. Cd, Hg, Cr <13ppm, Cu και Zn <50-500ppm. Ο οργανικός άνθρακας είναι <30ppm, εναλλακτικό καύσιμο -

συγκρίσιμο με τα pellets (περιεκτικότητα σε νερό <10%, θερμική αξία 4.800 MWh/t) ή, μια εκλεπτυσμένη λάσπη που μπορεί να κομποστοποιηθεί.

Περιγραφή διαδικασίας: Η μονάδα RSR χρησιμοποιεί έναν ειδικό διαλύτη για τη ρύθμιση της τιμής του pH και την εξασφάλιση υψηλής αφυδάτωσης της ιλύος για την εξαγωγή έως και 75% του φωσφόρου (και άλλων ορυκτών) από την αφυδατωμένη λάσπη σε υδατικό διάλυμα. Ο διαλύτης ανακυκλώνεται για να εμπλουτίσει το υδατικό διάλυμα με φώσφορο και μέταλλα. Προαιρετικά, μπορεί να καταβυθιστεί στερεό φωσφορικό άλας από αυτό το διάλυμα (ως μίγμα βρουσίτη, στρουβίτη). Τα βαρέα μέταλλα εξάγονται επίσης από τον διαλύτη και στη συνέχεια καθιζάνουν σε ξεχωριστό στερεό κλάσμα για διάθεση (περ. 60-80% π.χ. Hg, Cu, Zn, Fe σε αφυδατωμένη λάσπη διαχωρίζονται σε αυτό το κλάσμα). Το υπόλοιπο οργανικό κλάσμα μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία είτε με ξήρανση για παραγωγή καυσίμου είτε επεξεργάζεται για κομποστοποίηση

Κατάσταση λειτουργίας: Οι πιλοτικές εγκαταστάσεις έχουν δοκιμαστεί σε 8 kg αφυδατωμένης ιλύος/h για 2 εβδομάδες. Μια πρώτη ημι-πλήρους κλίμακας εγκατάσταση ανατέθηκε για τις εργασίες αστικών λυμάτων Wels, Αυστρία (165.000 pe, λειτουργία χημικής απομάκρυνσης φωσφόρου), η οποία προγραμματίζεται να τεθεί σε λειτουργία στα μέσα του 2022 Αυτό θα επεξεργαστεί αρχικά 2.500 tn/year εισροής αφυδατωμένης ιλύος υγρού βάρους, δηλαδή 30% των λυμάτων από τα έργα. Η επέκταση για την επεξεργασία του 100% της λάσπης των έργων σχεδιάζεται ως δεύτερο στάδιο. [26]

6) ‘Susphos’ Ανακύκλωση φωσφόρου από στάχτες και ιζήματα

Πρώτη ύλη: Μέχρι στιγμής έχουν δοκιμαστεί μέχρι σήμερα: η τέφρα αποτέφρωσης λυματολάσπης και ο στρουβίτης. Έχουν όμως προγραμματιστεί: άλλα πλούσια σε φωσφορικά υλικά με χαμηλά επίπεδα οργανικών, όπως π.χ. ο βιβιανίτης.

Προϊόντα: Φωσφορικό οξύ, ή φωσφορικό μονο- ή διαμμώνιο (ποιότητα λιπάσματος ή επιβραδυντικό φλόγας). Άλατα σιδήρου / αργιλίου ως υδατικό διάλυμα: μπορούν να ανακυκλωθούν σε λύματα για απομάκρυνση φωσφόρου. Στερεά θειικά άλατα μαγνησίου (εάν εισάγεται στρουβίτης), ανακυκλώνονται με λύματα λειτουργεί για κατακρημνίσεις στρουβίτη. Η μεταλλική αδιάβροχη ουσία (που περιέχει άμμο, γύψο, οξειδία σιδήρου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία κατασκευών.

Περιγραφή διαδικασίας: Τα υλικά εισόδου προσβάλλονται με συμπυκνωμένο θειικό οξύ. Το προκύπτον φωσφορικό οξύ καθαρίζεται χρησιμοποιώντας ιδιόκτητη διαδικασία εκχύλισης οργανικού διαλύτη, χωρίς να απαιτείται ανταλλαγή ιόντων ή μεμβρανόφιльтра. Το οξύ έχει χαμηλά επίπεδα ακαθαρσιών και συγκέντρωση > 50% P₂O₅ (από τέφρα), επειδή η μόνη είσοδος νερού είναι στο θειικό οξύ. Ο σίδηρος και το αργίλιο είναι 99% αφαιρείται από το φωσφορικό οξύ και εν μέρει ανακτάται για ανακύκλωση, εν μέρει στερεωμένο στο ρεύμα των αδιάλυτων ορυκτών. Το φωσφορικό μονο- ή διαμμώνιο μπορεί να καταβυθιστεί από το φωσφορικό οξύ με αντίδραση με

αέριο αμμωνίας. Τα βαρέα μέταλλα απομακρύνονται σε μεγάλο βαθμό και καθίστανται αδρανή σε αδιάλυτα μεταλλικά στοιχεία ασβεστίου: π.χ. > 95% Cd, Hg, Cu, Zn

Κατάσταση λειτουργίας: Πιλοτικό. Δέχεται υλικό 25 kg/day. Λειτουργούσε στο Leeuwarden (NL) για 8 μήνες για στρουβίτη ενώ οι δοκιμές με τέφρα αποτέφρωσης λυματολάσπης βρίσκονται σε εξέλιξη από τον Μάιο του 2021. Προβλέπεται εργοστάσιο πλήρους κλίμακας 50.000 t/y στις Κάτω Χώρες, με στόχο τη λειτουργία το 2023-2024. [27]

Σε αυτές τις τεχνολογίες που βρίσκονται σε κλίμακα E & A αναφέρονται συμπληρωματικά της εφαρμογής λιπασμάτων βιολογικής προέλευσης κάποιες τεχνολογίες διαχείρισης κοπριάς με σημαντική διαδικασία αυτή της GENIAAL (Nijhuis). Το πρώτο βήμα του GENIAAL είναι ο διαχωρισμός της κοπριάς ή του χωνεύματος (το στερεό/υγρό κλάσμα μετά από κοπριά σε βιοαέριο) σε ένα στερεό και υγρό κλάσμα με καράφα χωρίς χρήση πολυμερούς. το δεύτερο βήμα είναι η επεξεργασία του υγρού κλάσματος με τεχνολογία επίπλευσης όπου ένα μεγάλο μέρος των συνολικών αιωρούμενων στερεών θα αφαιρεθεί από το υγρό κλάσμα. Το τρίτο βήμα είναι η επεξεργασία του υγρού κλάσματος με ένα απογυμνωτή αμμωνίας και ένα σύστημα ανάκτησης, παράγοντας λίπασμα αζώτου με βάση το αμμώνιο. το τέταρτο βήμα είναι η επεξεργασία του υγρού κλάσματος με διήθηση μεμβράνης που ακολουθείται από εξάτμιση σε οργανικό λίπασμα καλίου και καθαρό νερό.

Τέλος, ιδιαίτερης σημασίας είναι και η N₂-AppLied. Χρησιμοποιώντας ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια και αέρα, ένας αντιδραστήρας πλάσματος διορθώνει N δημιουργώντας οξείδια αζώτου, τα οποία αντιδρούν με αμμωνία σε κοπριά ή χωνεύονται για να σχηματίσουν νιτρικό αμμώνιο, μειώνοντας έτσι το pH και σταθεροποιώντας το άζωτο, μειώνοντας τις εκπομπές αμμωνίας και αερίων θερμοκηπίου κατά την αποθήκευση και την εφαρμογή στο πεδίο. Μετά τον διαχωρισμό στερεού/υγρού, το υγρό κλάσμα της κοπριάς ή του χωνεύματος μπορεί να διαχειριστεί ως υγρό λίπασμα αζώτου και το μεγαλύτερο μέρος του φωσφόρου θα παραμείνει στο στερεό κλάσμα.

3.1.6 Τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου από λύματα που δεν είναι πλέον υπό ανάπτυξη

Μετά την καταγραφή των τεχνολογιών για την ανάκτηση του φωσφόρου, του αζώτου αλλά και του καλίου, έγινε μια επισήμανση για τις σημαντικότερες διαδικασίες από τις τέσσερις αυτές κατηγορίες, πλην την επί του παρόντος που δεν βρίσκεται σε λειτουργία.

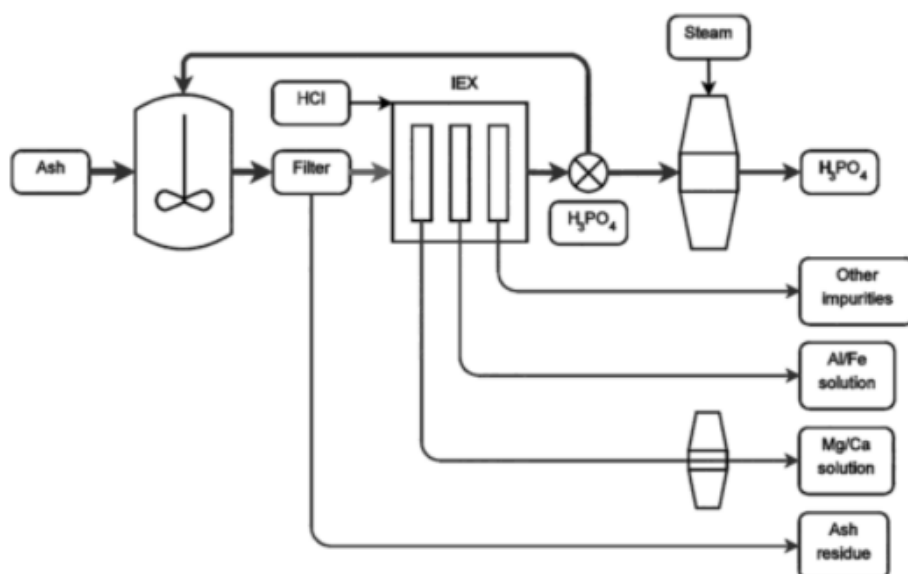
1) 'Ecorphos'

Πρώτη ύλη: Τέφρα αποτέφρωσης ιλύος λυμάτων, από έργα αποχέτευσης με βιολογική και/ή χημική απομάκρυνση φωσφόρου.

Προϊόντα: Λιπάσματα / τεχνικό / ζωοτροφής φωσφορικό οξύ ή DCP (φωσφορικό ασβέστιο). Χρήση ζωοτροφών υπό νόμιμους όρους.

Περιγραφή διαδικασίας: Τα φωσφορικά άλατα που υπάρχουν στην τέφρα διαλύονται χρησιμοποιώντας φωσφορικό οξύ. Τα αδιάλυτα που περιέχουν μέταλλα πηγαίνουν σε ένα ρεύμα αποβλήτων, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 3.7. Το όξινο διάλυμα καθαρίζεται με ιοντοανταλλαγή. Οι ρητίνες ανταλλαγής ιόντων αναγεννούνται χρησιμοποιώντας υδροχλωρικό οξύ, αποδίδοντας κυρίως χλωριούχο ασβέστιο (το οποίο μπορεί να απορριφθεί στη Βόρεια Θάλασσα) και χλωριούχο αργίλιο που ανακυκλώνεται ως πηκτικό για την επεξεργασία λυμάτων.

Κατάσταση λειτουργίας: Δέχεται ποσότητα 220.000 t/y για τη μονάδα παραγωγής DCP που λειτουργεί από τον Νοέμβριο του 2017 στο Dunkerque της Γαλλίας, χρησιμοποιώντας την ίδια διαδικασία με υλικό εισόδου χαμηλής ποιότητας φωσφορικού πετρώματος. Η δεύτερη γραμμή τέφρας εισροής 100.000 t/y ανακοινώθηκε σε αυτόν τον τόπο για τέφρα αποτέφρωσης λυμάτων που δεν έχουν προγραμματιστεί μετά την πτώχευση του EcoPhos το 2019. [28]



Εικόνα 3.7. Σχηματική απεικόνιση από την EcoPhos διαδικασία

3.1.7 Προτάσεις STRUBIAS για τον κανονισμό της ΕΕ για τα λιπάσματα

Το Ευρωπαϊκό Συνέδριο Βιώσιμου Φωσφόρου (European Sustainable Phosphorus Platform, ESPP) έχει υποβάλει σχόλια στα σχέδια προτάσεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για κριτήρια της ΕΕ για ανακτημένα άλατα στρουβίτη και φωσφορικά άλατα, ανακύκλωση στάχτης και για βιοχημικά, ως λιπάσματα κυκλικής οικονομίας (Circular Economy, CE) υπό την αναθεώρηση του κανονισμού της ΕΕ για τα λιπάσματα (STRUBIAS). Το ESPP εκφράζει την ικανοποίησή του για το ότι σημειώνεται πρόοδος προς την ευρωπαϊκή έγκριση αυτών των υλικών ως λιπασμάτων, διότι αυτό θα διευκολύνει την κυκλική οικονομία των θρεπτικών συστατικών και θα ανοίξει την αγορά της ΕΕ για τεχνολογίες ανακύκλωσης θρεπτικών συστατικών.

Το ESPP υποστηρίζει πλήρως την ανάγκη διασφάλισης ότι όλα τα ανακυκλωμένα λιπάσματα είναι ασφαλή για την υγεία και το περιβάλλον και προσφέρει αγρονομικές ιδιότητες για τους αγρότες, αλλά προτείνει ότι τα κριτήρια για τα ανακυκλωμένα προϊόντα δεν θα πρέπει να αντιγράφουν κριτήρια που ισχύουν ήδη για όλα τα λιπάσματα CE που τοποθετούνται σε την αγορά. Το ESPP εκφράζει επίσης ανησυχία για περιττές επιπλοκές και πολλαπλασιασμό κριτηρίων που θα αποτρέψουν την καινοτομία και θα μπερδέψουν την εφαρμογή, για παράδειγμα για τη διαδικασία/χρόνο για τα βιοχημικά (αντί να χρησιμοποιούν απλούς δείκτες αποδοτικότητας της διαδικασίας σε υποβαθμισμένα οργανικά ή σύνθετους λόγους ορυκτών για τύπους στάχτης χρησιμοποιείται ήδη ευρέως ως λίπασμα, όπως η τέφρα του κρέατος και των οστών). Το ESPP εκφράζει ιδιαίτερες ανησυχίες σχετικά με τα προτεινόμενα κριτήρια για την ανακύκλωση στάχτης στην παραγωγή βιομηχανικών λιπασμάτων. Αυτό θα πρέπει να είναι μια σημαντική οδός ανακύκλωσης φωσφόρου, καθώς θεσπίζεται νομοθεσία στη Γερμανία και την Ελβετία που απαιτεί ανακύκλωση φωσφόρου από λύματα, επειδή τα 2/3 και το 100% αντίστοιχα της λάσπης λυμάτων αποτεφρώνεται σε αυτές τις χώρες, έτσι ώστε η ανάκτηση φωσφόρου να γίνεται από τέφρα.

Η προτεινόμενη διατύπωση θα αποκλείσει όλες τις οδούς ανακύκλωσης φωσφόρου από τις στάχτες αποτέφρωσης ιλύος λυμάτων που είναι σήμερα σε λειτουργία (διαδικασία Ζυρίχης μέσω παραγωγής φωσφορικού οξέος, θερμική ανάκτηση AshDec, διαδικασία Ecophos μέσω υδροχλωρικής εξαγωγής, χρήση τέφρας σε υφιστάμενα εργοστάσια λιπασμάτων επεξεργασίας φωσφορικών πετρωμάτων) - όχι για οποιονδήποτε λόγο ασφάλειας, αλλά λόγω ακατάλληλης διατύπωσης (εξαιρουμένης της χρήσης διαφόρων χημικών στην επεξεργασία) και λόγω του μηχανισμού εφαρμογής κριτηρίων. Αυτό το πρόβλημα είναι ενδεικτικό των θεμελιωδών ρωγμών της δημιουργίας του κανονισμού για τα λιπάσματα, παρόμοια με την παραβίαση της χρήσης βιομηχανικών υποπροϊόντων στην παραγωγή ορυκτών λιπασμάτων: η τρέχουσα διατύπωση του κανονισμού θα αποκλείσει τα περισσότερα φωσφορικά λιπάσματα που πωλούνται σήμερα στην Ευρώπη, επειδή χρησιμοποιείται θειικό οξύ στην παρασκευή τους είναι ένα υποπροϊόν της δύλισης πετρελαίου. Μια τροπολογία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (IMCO 281) επιχειρεί να «επιδιορθώσει» αυτήν την εκπομπή για βιομηχανικά υποπροϊόντα, αλλά το ίδιο ελάττωμα δημιουργεί προβλήματα στην επεξεργασία της στάχτης.

Το ESPP πιστεύει ότι η χρήση στάχτης στις διαδικασίες παραγωγής λιπασμάτων, για την αντικατάσταση των εισαγόμενων φωσφορικών πετρωμάτων, θα πρέπει να διευκολυνθεί με την εφαρμογή των ίδιων κριτηρίων με την κατασκευή λιπασμάτων από παρθένα υλικά, υπό τον όρο ότι διασφαλίζεται η παρακολούθηση πιθανών ρύπων που δημιουργούνται από αποτέφρωση (διοξίνες, PAH) στην τέφρα και δεν εισάγεται στο περιβάλλον. Αυτός είναι ένας σημαντικός δρόμος για την επιτάχυνση της κυκλικής διατροφής και τη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από εισαγόμενα φωσφορικά πετρώματα, τα οποία περιλαμβάνονται στον κατάλογο κρίσιμων πρώτων υλών της ΕΕ.[29]

Τέλος, υπάρχει και μια ακόμα τεχνολογία η οποία πλέον δεν είναι υπό ανάπτυξη και έχει για είσοδο τέφρα αποτέφρωσης ιλύος λυμάτων από έργα αποχέτευσης με βιολογική και/ή χημική αφαίρεση φωσφόρου. Η έξοδος της αποτελείται από λιπάσματα / τεχνικό / ζωοτροφής φωσφορικό οξύ ή DCP (διαβασικό φωσφορικό ασβέστιο) και είναι κατάλληλο για χρήση ζωοτροφών υπό νόμιμους όρους.

3.1.8 Βιβλιογραφική ανασκόπηση τεχνολογιών ανάκτησης φωσφόρου και άλλων θρεπτικών συστατικών αξιοποιήσιμων στην παραγωγή BBF

Τα διαθέσιμα μέσα που αξιοποιούνται για την απογραφή των διαθέσιμων στρατηγικών ανάκτησης θρεπτικών συστατικών είναι τα ακόλουθα:

- R-PoL: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση στρατηγικών ανάκτησης φωσφόρου προσανατολισμένων σε φορείς χάραξης πολιτικής και λήψης αποφάσεων σε επίπεδο επιχειρήσεων.
- R-Sci: Βιβλιογραφική ανασκόπηση που δημοσιεύτηκε σε επιστημονικό περιοδικό δίνοντας μια κριτική ανασκόπηση διαφορετικών στρατηγικών ανάκτησης φωσφόρου.
- T-Sci: Βιβλιογραφική ανασκόπηση που δημοσιεύτηκε σε επιστημονικό περιοδικό με ανασκόπηση που εστιάζει σε μία τεχνολογία ή στρατηγική.
- LCA: Βιβλιογραφική ανασκόπηση που δίνει μια ποσοτική σύγκριση μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών, κατά προτίμηση σε βάση Life Cycle Analysis.
- Other: Ιστοσελίδες, νομοθεσίες, άλλες πηγές σχετικών πληροφοριών.”

Παρατίθενται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης:

1. Τεχνολογίες κρυστάλλωσης στρουβίτη και χρήση στρουβίτη στη γεωργία

Τα ρεύματα: Λύματα, λύματα κοπριάς και άλλα απόβλητα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά

Προϊόντα ανάκτησης: Επικεντρώνεται στην ανάκτηση φωσφορικών και αζώτου μέσω καταβύθισης στρουβίτη.

Κατηγορία T-Sci (Rahman et al., 2014)

2. Διαδικασίες φυτών και μικροοργανισμών, πέψη και βιολίπανση, μεμβράνες, καθίζηση, απορρόφηση, μαγνητική σύνδεση, απογύμνωση υγρού/αερίου, ηλεκτροδιάλυση και θερμική επεξεργασία.

Τα ρεύματα: Λύματα, ιλύς, βιομάζα

Προϊόντα ανάκτησης: Εστιάζεται στα άζωτο, φώσφορο, κάλιο
Κατηγορία R-Sci (Mehta, Khunjar, Nguyen, Tait, & Batstone, 2015)

3. Διάλυση οξέος - καθίζηση αλκαλίων - Εκχύλιση οξέος -βάσης δύο σταδίων
Τα ρεύματα: Τέφρα αποτέφρωσης αστικών στερεών αποβλήτων
Προϊόντα ανάκτησης: Προορίζεται να ανακτήσει φώσφορο και τα αργίλιο, χαλκό, μαγγάνιο και ψευδάργυρο
Κατηγορία T-Sci (Kalmykova & Karlfeldt Fedje, 2013)

4. Απορρόφηση φωσφόρου από υλικά με βάση τα ορυκτά
Τα ρεύματα: Διαλύματα που παρασκευάζονται στο εργαστήριο Θαλασσινό νερό Lake Water Wastewater
Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορο
Κατηγορία: T-Sci (Wendling, Blomberg, Sarlin, Priha, & Arnold, 2013)

5. Αξιολόγηση του LCA για ενεργοποιημένη ιλύ, μικροβιακό καύσιμο και μικροβιακά ηλεκτρολυτικά κύτταρα, προηγμένες διαδικασίες οξείδωσης, βιοαντιδραστήρες μεμβράνης
Τα ρεύματα: Λύματα, ιλύς
Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορο με επαναχρησιμοποίηση ιλύος στη γεωργία σε ορισμένα από τα LCA
Κατηγορία LCA(Corominas et al., 2013)

6. Εκχύλιση με οξύ. Θερμοχημικές μέθοδοι. Ακίνητοποίηση
Τα ρεύματα: Απορριμμένη τέφρα ιλύος λυμάτων (incinerated sewage sludge ash,ISSA)
Προϊόντα ανάκτησης: Τεχνολογίες ανάκτησης φωσφορικών αλάτων από τέφρα ιλύος λυμάτων. Επίσης, γίνεται συζήτηση για πολλές εναλλακτικές λύσεις για τη χρήση ιλύος λυμάτων, συμπεριλαμβανομένης της υποβολής πρώτων υλών στην παραγωγή τούβλων και τσιμέντου.
Κατηγορία T-Sci (Donatello & Cheeseman, 2013)

7. Εφαρμογή γης με βιολογικά στερεά, διαχωρισμός ούρων, ελεγχόμενη κρυστάλλωση στρουβίτη και ανάκτηση θρεπτικών συστατικών μέσω υδατοειδών
Τα ρεύματα: Δημοτικά λύματα
Προϊόντα ανάκτησης: Η ανασκόπηση επικεντρώνεται σε τρεις κύριους πόρους ανακύκλωσης: ενέργεια, θρεπτικά συστατικά και νερό. Όπου ο φώσφορος αναφέρεται ως μέρος της ανάκτησης θρεπτικών συστατικών
Κατηγορία R-Sci (Mo & Zhang, 2013)

8. Τεχνολογίες ελέγχου κλιμάκωσης στρουβίτη: δοσολογία σιδήρου, καταβύθιση στρουβίτη.
Τα ρεύματα: Χωνεμένη ιλύς από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων
Προϊόντα ανάκτησης: Ανάκτηση φωσφόρου με σχηματισμό στρουβίτη
Κατηγορία T-Sci (Sharp et al., 2013)

9. Έννοιες διαχωρισμού πηγής. Θεραπεία ούρων, μαύρου νερού και γκρίζου νερού
Τα ρεύματα: Έννοιες διαχωρισμού πηγής. Θεραπεία ούρων, μαύρου νερού, απορριμμάτων κουζίνας και γκρίζου νερού

Προϊόντα ανάκτησης: Η εστίαση είναι στην επεξεργασία των εννοιών που διαχωρίζονται από την πηγή, με κάποια προσοχή στην ανακύκλωση P Θερμική επεξεργασία τέφρας λυματολάσπης.

Κατηγορία T-Sci (Tervahauta, Hoang, Hernández, Zeeman, & Buisman, 2013)

10. Φωσφορική κατακρήμνιση και κρυστάλλωση φωσφορικού άλατος από λάσπη λυμάτων ή τέφρα ιλύος λυμάτων με ή χωρίς διαδικασία έκπλυσης. Θερμική επεξεργασία τέφρας λυματολάσπης.

Τα ρεύματα: λύματα, ιλύς λυμάτων, τέφρα ιλύος λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορο

Κατηγορία LCA (Egle, Rechberger, & Zessner, 2014)

11. Διήθηση με χημικά αντιδραστικά υποστρώματα -Προσρόφηση φωσφόρου από πολυμερή/ νανοϋλικά -Ανάκτηση φωσφόρου ως στρουβίτη

Τα ρεύματα: Δημοτικά λύματα, λύματα ποταμού

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορο

Κατηγορία R-Sci (Pratt, Parsons, Soares, & Martin, 2012)

12. Η έκθεση επικεντρώνεται στις τεχνολογίες απομάκρυνσης και ανάκτησης θρεπτικών συστατικών από τα λύματα με μεγάλη έμφαση στην ανάκτηση φωσφορικών. Συζητούνται οι κλασικές τεχνολογίες απομάκρυνσης φωσφόρου καθώς και τεχνολογίες ανάκτησης έτοιμες για αγορά όπως η καταβύθιση στρουβίτη. Επίσης συζητούνται τεχνολογίες που χρησιμοποιούν φύκια και μερικές τεχνολογίες ανάπτυξης για ανάκτηση φωσφορικών

Τα ρεύματα: Λύματα, λύματα ιλύος

Προϊόντα ανάκτησης Η έκθεση επικεντρώθηκε στην αφαίρεση φωσφόρου και την ανάκτηση, αλλά επίσης συζητούνται τεχνολογίες για την απομάκρυνση αζώτου.

Κατηγορία R-PoL

13. Αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) διαφόρων τεχνικών, συμπεριλαμβανομένου του μετασχηματισμού ιλύος (πέψη, καύση χαμηλής και υψηλής θερμοκρασίας, κομποστοποίηση, παραγωγή πρώτων υλών τσιμέντου, χαμηλής θερμοκρασίας ενανθράκωση, ξηρή κοκκοποίηση, αεριοποίηση πυρόλυσης) και τεχνικές ανάκτησης φωσφόρου

Τα ρεύματα: Λυματολάσπη, απόβλητα τροφίμων

Προϊόντα ανάκτησης: Επικεντρώνεται στο φώσφορο και την ανάκτηση ενέργειας

Κατηγορία LCA

14. Εφαρμογή εδάφους των βιολογικών στερεών από την ιλύ αποχέτευσης (κανονισμοί, οφέλη, προφυλάξεις και βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης). Γίνεται περιγραφή της σύνθεσης των βιο-στερεών. Τα άζωτο, φώσφορος, κάλιο, τα μικροθρεπτικά συστατικά και η οργανική ύλη ποσοτικοποιούνται.

Τα ρεύματα: Βιοσυστατικά από λάσπη λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Η γεωργική εφαρμογή των βιο-στερεών συνεπάγεται ανακύκλωση φωσφόρου και αζώτου και οργανικής ύλης.

Κατηγορία T-Sci (Lu, He, & Stoffella, 2012)

15. Τεχνολογίες αφαίρεσης φωσφόρου: χημική καθίζηση, βιολογική αφαίρεση φωσφόρου, τριτογενής διήθηση με φίλτρα κοκκώδους μέσου, βιοαντιδραστήρες μεμβράνης, αντίστροφη όσμωση, αποκεντρωμένες τεχνολογίες.

Τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου: από πλούσια σε θρεπτικά συστατικά υγρά μετά την πέψη (καταβύθιση στρουβίτη), Εμπλουτισμός στη λάσπη και ανάκτηση από στάχτες λάσπης.

Τα ρεύματα: λύματα, ιλύς λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία R-PoL (European Sustainable Phosphorus Platform, n.d.)

16. Απορρόφηση χρησιμοποιώντας φυσικά και τροποποιημένα αγροτικά υποπροϊόντα

Τα ρεύματα: λύματα

Προϊόντα ανάκτησης: Ανακύκλωση φωσφόρου με άμεση εφαρμογή των χρησιμοποιημένων προσροφητικών ως λιπασμάτων

Κατηγορία T-Sci (An, Nguyen, Ngo, Guo, & Nguyen, 2012)(An et al., 2012)

17. Έλεγχος φωσφορικών αλάτων σε ροές επιστροφής με ενισχυμένη απομάκρυνση βιολογικού φωσφόρου (EBPR): κατακρήμνιση με σίδηρο ή μέσω βροχόπτωσης στρουβίτη

Τα ρεύματα: αερόβια και αναερόβια θεραπεία, καταβύθιση στρουβίτη

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία T-Sci (Ronald Latimer, n.d.)

18. Ανάκτηση φωσφορικών αλάτων από λάσπη με έμφαση στην ανάκτηση από τέφρα ιλύος λυμάτων: άμεση εφαρμογή, Themrphos, Ashdec, Mephrec, wetchemical)

Τα ρεύματα: λύματα, ιλύς λυμάτων, τέφρα ιλύος λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία R-Sci (Petzet, Peplinski, Bodkhe, & Cornel, 2011)

19. Φωσφορική κατακρήμνιση και κρυστάλλωση φωσφορικού άλατος από λάσπη λυμάτων ή τέφρα ιλύος λυμάτων με ή χωρίς διαδικασία έκπλυσης. Θερμική επεξεργασία τέφρας λυματολάσπης.

Ρεύματα τρέχουν: λύματα, ιλύς λυμάτων, τέφρα ιλύος λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία R-PoL (Sartorius, n.d.)

20. Φωσφορική κατακρήμνιση και κρυστάλλωση φωσφορικού άλατος από λάσπη λυμάτων ή τέφρα ιλύος λυμάτων με ή χωρίς διαδικασία έκπλυσης. Θερμική επεξεργασία τέφρας λυματολάσπης.

Τα ρεύματα: λύματα, ιλύς λυμάτων, τέφρα ιλύος λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία R-PoL (Pinnekamp, 2011)

21. Κρυστάλλωση και καθίζηση. Υγρές χημικές και θερμοχημικές μέθοδοι
Τα ρεύματα: Δημοτική ιλύς λυμάτων, Δημοτική λυματολάσπη τέφρα χωνευμένων αποβλήτων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία R-PoL (Nieminen, n.d.)

22. Διάφορες συγκεντρωτικές και αποκεντρωμένες τεχνολογίες.

Τα ρεύματα: Μαύρα νερά, οικιακά λύματα, ούρα, μικτά λύματα, τέφρα, κοπριά

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος και άλλα θρεπτικά συστατικά, ενέργεια και πόσιμο νερό

Κατηγορία R-PoL (Schröder, Cordell, Smit, & Rosemarin, n.d.)

23. Εφαρμογή εδάφους και λιπασματοποίηση βιοστερεών

Τα ρεύματα: Βιοσυστατικά από λάσπη λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Η γεωργική εφαρμογή των βιο-στερεών συνεπάγεται ανακύκλωση φωφόρου, αζώτου και οργανικής ύλης

Κατηγορία Άλλο (Egle et al., 2014)

24. Καλύπτει τρέχουσες και μελλοντικές τεχνολογίες

Τα ρεύματα: Λύματα

Προϊόντα ανάκτησης: Πρώτα θρεπτικά συστατικά αλλά και άλλοι πόροι (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, οικοδομικό υλικό)

Κατηγορία R-PoL (Drosg, Fuchs, Al, Madsen, & Linke, 2015)

25. Βροχόπτωση ως σύμπλοκα στρουβίτη, υδροξυαπατίτη, αδιάλυτα φωσφορικά μέταλλα,

Τα ρεύματα: Δημοτικά λύματα, λύματα αγροτικών, υπερκείμενο αφυδατωμένης λάσπης.

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορο και άζωτο

Κατηγορία T-Sci

26. Αξιολογεί και προτείνει στρατηγικές διαχείρισης για βιώσιμη χρήση του βιοσυστατικού στη γεωργία. Η αξιολόγηση βασίζεται σε προσαρμοσμένες οφειλές φωφόρου, οι οποίες αποτελούν μια ευρέως διαδεδομένη προσέγγιση στην πολιτική διαχείρισης φωφόρου των ΗΠΑ.

Τα ρεύματα: Βιοσυστατικά από λάσπη λυμάτων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία T-Sci (Elliott & O'Connor, 2007)

27. Ανάκτηση φωσφορικών με τη χρήση δευτερογενών φωσφορικών πηγών αντί για φωσφορικά πετρώματα στην παραγωγή λευκού φωφόρου

Τα ρεύματα: Λυματολάσπη, Βιομηχανικοί και ατμοί απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων

Προϊόντα ανάκτησης: Φώσφορος

Κατηγορία T-Sci (Schipper et al., 2001)

28. Εστίαση στην υγιεινοποίηση της ιλύος λυμάτων και άλλων αποβλήτων πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά για χρήση ως βιοστερεά/λίπασμα στη γεωργία.

Τα ρεύματα: Λάμψη λυμάτων, κοπριά, λιπάσματα από απόβλητα υλικά

Προϊόντα ανάκτησης: Ο ιστότοπος επικεντρώνεται στη χρήση βιοστερεών/ απόβλητα ιλύος ως λίπασμα. Αυτό περιλαμβάνει την ανακύκλωση φωσφορικών, αλλά και αζώτου και οργανικής ύλης

Κατηγορία: Άλλο [30]/[31]

3.2 Εναλλακτική λύση για τη διαχείριση της λυματολάσπης στο μέλλον με θερμική μετατροπή

Άλλη τεχνολογία είναι και η θερμική μετατροπή (καύση, συν-καύση, αεριοποίηση και πυρόλυση) η οποία φαίνεται να είναι η πιο υποσχόμενη εναλλακτική λύση για τη διαχείριση της λυματολάσπης στο μέλλον. Η αεριοποίηση είναι η διαδικασία μετατροπής ενός στερεού υλικού σε αέριο καύσιμο με επεξεργασία της στερεής πρώτης ύλης σε μια γεννήτρια (αεριοποιητής) με O_2 , αέρα και υδρατμούς ή με μείγματα αυτών. Η αεριοποίηση έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με μια παραδοσιακή διαδικασία καύσης, όπως υψηλότερη ανάκτηση ενέργειας και χαμηλότερο κόστος ελέγχου των ατμοσφαιρικών εκπομπών. Η ιλύς λυμάτων έχει αναγνωριστεί ως πιθανά καύσιμα, αλλά όχι ομοιόμορφα χαρακτηριστικά και οι διαφορετικές μορφές τους προκαλούν ότι υπάρχουν διάφοροι τρόποι μετατροπής τους σε χρήσιμα προϊόντα. Μπορεί να είναι υγρό και αέριο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για διάφορες εφαρμογές, όπως θέρμανση, μαγείρεμα, παραγωγή ενέργειας, μεταφορά και ούτω καθεξής. Τεχνολογίες αεριοποίησης λυμάτων-λάσπης και διαφορετικοί τύποι αεριοποιητών βιομάζας ανάλογα με τις απαιτήσεις και, βασικά, ταξινομούνται ως αεριοποιητές τύπου σταθερής και ρευστοποιημένης κλίνης.

Καθώς τα συστήματα αεριοποίησης περιλαμβάνουν μια αλληλεπίδραση αέρα/οξυγόνου/ατμού και βιομάζας στον αεριοποιητή τύπου σταθερής κλίνης, επομένως μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν είτε αέρας/οξυγόνο είτε ατμός με τη βιομάζα όπως, κατωφέρεια, ανοδική ροή, και αεριοποιητές εγκάρσιας βύθισης. Ένα πιο αποτελεσματικό σενάριο για την αεριοποίηση της λυματολάσπης είναι ο συνδυασμός της διαδικασίας παραγωγής καυσίμου με την ανάκτηση φωσφόρου. Μετά τη μετατροπή της λυματολάσπης, τα υπολείμματα είναι μια απολυμανθείσα πηγή ορυκτών και ορισμένων οργανικών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων πολύτιμων συστατικών λίπανσης, γεγονός που τα καθιστά πιθανό υποκατάστατο του φυσικού φωσφόρου. (Βενταφρίντας, n.d.)

3.3 Οι σημαντικότες τεχνολογικές εναλλακτικές για την ανάκτηση προϊόντων προστιθέμενης αξίας / παραγωγή BBFs

Η ζωή στη γη εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα των θρεπτικών συστατικών. Ο φώσφορος είναι βασικό συστατικό των λιπασμάτων και ζωτικής σημασίας για το παγκόσμιο σύστημα προμήθειας τροφίμων. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει εναλλακτική λύση για τον φώσφορο, πρέπει επειγόντως να τον ανακτήσουμε από τα «απόβλητα» μας, να τον ανακυκλώσουμε και να τον χρησιμοποιήσουμε πιο βιώσιμα.

Ενώ η παγκόσμια ζήτηση για φώσφορο και άλλα θρεπτικά συστατικά αυξάνεται, τα αποθέματα μειώνονται. Επιπλέον, τα αποθέματα συγκεντρώνονται σε λίγες μόνο χώρες. Ο πιθανός αντίκτυπος στην παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια είναι τεράστιος.

Η φιλοδοξία είναι να δημιουργηθεί μια αγορά για ανακυκλωμένα θρεπτικά συστατικά στην οποία:

1. Όσο το δυνατόν περισσότερα θρεπτικά συστατικά ανακτώνται από τα «απόβλητα» ρεύματα (λύματα, λάσπη, κοπριά) και ανακυκλώνονται σε πολύτιμα νέα προϊόντα (λιπάσματα, ζωοτροφές, χημικά)
2. Τα ανακτημένα θρεπτικά συστατικά εξάγονται για να συμβάλουν στη βελτίωση του εδάφους και στην επισιτιστική ασφάλεια αλλού, σε περίπτωση πλεονάσματος (όπως για παράδειγμα στην ολλανδική αγορά).

Στην πράξη οι παραπάνω στόχοι επιτυγχάνονται με:

- Ανάπτυξη καινοτόμων διατομεακών επιχειρηματικών περιπτώσεων για την ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών
- Βελτίωση της νομοθεσίας που βοηθά στη μετατροπή των «απόβλητων» σε πόρους
- Δημιουργία ευαισθητοποίησης σχετικά με τη βιώσιμη διαχείριση των θρεπτικών συστατικών
- Σύνδεση μιας κοινής ατζέντας γνώσης με τη ζήτηση των επιχειρήσεων. [38]

3.3.1 Ανάκτηση φωσφόρου από τα λύματα στο Amersfoort

Omzetpunt Amersfoort, ένα «Εργοστάσιο ενέργειας και πόρων»

Το Water board Vallei en VeLuwe διαθέτει ένα «εργοστάσιο ενέργειας και πόρων» από το 2016 στο Amersfoort. Είναι η πρώτη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στην Ολλανδία που παράγει ανακυκλωμένο P που μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας στη γεωργία και την κηπουρική.

Το συμβούλιο νερού έχει μετατρέψει τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων σε «εργοστάσιο» που παράγει ενέργεια και πόρους. Εκτός από την παραγωγή βιοαερίου από τη λάσπη των λυμάτων, ο φώσφορος ανακτάται με τη μορφή στρουβίτη. Με τη χρήση της τεχνολογίας PearL από την Ostara, παράγονται περίπου 900 τόνοι λιπασμάτων υψηλής ποιότητας ετησίως. Η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, που ονομάζεται Omzetpunt Amersfoort, κατέστη εν μέρει δυνατή με επιδότηση LIFE+ της Ευρωπαϊκής Ένωσης..

Η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων παράγει επαρκή ποσότητα ενέργειας για να την καταστήσει πλήρως ενεργειακά ουδέτερη, με πλεόνασμα που καλύπτει τις ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας περίπου 600 νοικοκυριών. Η ενέργεια που παράγεται στο Amersfoort και στο ApeLdoorn χρησιμοποιείται επίσης για να καταστήσει ενεργειακά ουδέτερες τις άλλες 14 μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στην περιοχή ελέγχου του υδροηλεκτρικού σκάφους VaLLeI en VeLuwe.

Η συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιήθηκε το 2016 και κόστισε πάνω από 10 εκατ. ευρώ με επιδότηση LIFE+ της Ευρωπαϊκής Ένωσης.[39]

3.3.2 Ανάκτηση P από στάχτες λυματολάσπης, οστεάλευρου και στρουβίτη

Ο στόχος του ICL FertiLizers είναι να αντικαταστήσει τη χρήση περιορισμένων διαθέσιμων εξορυσσόμενων πετρωμάτων φωσφόρου από φώσφορο από τέφρα λυματολάσπης, τέφρα από κρεατοστεάλευρα και τέφρα ξύλου και στρουβίτη. Το 2025, 25.000 τόνοι φωσφόρου ετησίως από φωσφορικά πετρώματα πρέπει να αντικατασταθούν από P από δευτερογενείς πρώτες ύλες.

Με την αποκλειστική τεχνολογία των ICL FertiLizers, η αδιάλυτη τέφρα πλούσια σε φώσφορο (περιεκτικότητα σε P_2O_5 είναι περίπου 30%) μετατρέπεται μέσω χημικής μετατροπής σε διαλυτά P_2O_5 και K_2O . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα προϊόν λιπάσματος, το οποίο είναι κατάλληλο για εξαγωγές στην ευρωπαϊκή αγορά.

Επιπλέον, η ICL έχει αποκτήσει μια νέα τεχνολογία, την RecoPhos, η οποία καθιστά δυνατή την ανάκτηση προϊόντων φωσφόρου υψηλής ποιότητας από τα λύματα. Η τεχνολογία RecoPhos επιτρέπει στο ICL να μετατρέπει τη λυματολάσπη σε λευκό φώσφορο ή φωσφορικό οξύ. Η ICL στοχεύει στην κατασκευή τεσσάρων εγκαταστάσεων πλήρους κλίμακας στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Η επένδυση ανέρχεται στα 2 εκατ. €.[40]

3.3.3 Ανάκτηση αζώτου από λυματολάσπη

Ο αέρας που χρησιμοποιείται για τον αερισμό του κομπόστ στο στεγνωτήριο βιολογικής σήραγγας της GMB BioEnergie εμπλουτίζεται με αμμωνία και η εκπομπή του αέρα έχει οδηγήσει σε προβλήματα οσμής στο παρελθόν. Τώρα, η GMB BioEnergie θεωρεί αυτόν τον αέρα ως μια χρήσιμη πηγή θρεπτικών συστατικών. Το θειικό οξύ δεσμεύει το αμμωνιακό άζωτο, δημιουργώντας θειικό αμμώνιο, το οποίο είναι ένα αζωτούχο λίπασμα θείου που είναι επίσημα αναγνωρισμένο και εμπορεύσιμο. Το θειικό αμμώνιο περιέχει 80 kg άζωτο και 90 kg θείο ανά τόνο. Επιπλέον, χάρη σε αυτή τη διαδικασία τα προβλήματα δυσοσμίας έχουν πια λυθεί.

Το πλεονέκτημα της μεγάλης κλίμακας ανάκτησης αζώτου από τη λάσπη λυμάτων είναι ότι οι αζωτούχες ενώσεις στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων είναι συνήθως οι πιο κρίσιμες ενώσεις προς απομάκρυνση, για τις οποίες απαιτείται μεγάλη προσπάθεια για να απελευθερωθεί τελικά το Νξανά στην ατμόσφαιρα. Επίσης η βιομηχανική εξαγωγή αζώτου μέσω της διαδικασίας Haber-Bosch απαιτεί πολλά ορυκτά καύσιμα (φυσικό αέριο). Παγκοσμίως, περίπου το 3,3% της συνολικής παραγωγής φυσικού αερίου χρησιμοποιείται για την παραγωγή αζώτου, αντιπροσωπεύοντας το 0,75% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας του θειικού αμμωνίου, είναι επομένως μοναδικό. Η διαδικασία βρίσκεται σε λειτουργία.[41]

Κύρια Συμπεράσματα

- Οι τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών δίνουν τη δυνατότητα ανακύκλωσης των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών για την καλλιέργεια των φυτών, από τις ροές αποβλήτων.
- Έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου και τα τελευταία χρόνια βρίσκονται ήδη σε λειτουργία σε πλήρη κλίμακα.
- Η χρήση των φωσφορικών ενώσεων μπορεί να προκαλέσει διάφορες ρυπάνσεις, για αυτό πρέπει να γίνει εφαρμογή ενός μοντέλου κυκλικής οικονομίας με στόχο τη βελτίωση της χρήσης των φυσικών πόρων.
- Οι αναπτυγμένες διαδικασίες για την ανάκτηση φωσφόρου έχουν ως είσοδο λύματα από επεξεργασμένο νερό, λυματολάσπη και τέφρα λυματολάσπης, η ανάκτηση μπορεί να γίνει και από απόβλητα ζωϊκής προέλευσης, όμως στην συγκεκριμένη εργασία αναφερόμαστε μόνο σε λύματα.
- Μερικές κύριες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου που βρίσκονται σε λειτουργία είναι η «PolFerAsh», όπου αφορά τα Πολωνικά λιπάσματα από τέφρα και η LeachPhos, όπου ο φώσφορος ανακτάται ως CaP ή MAP, δηλαδή συνδιασμός ασβεστίου και φωσφόρου, ή/και στρουβίτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο |

4. Διαθέσιμες τεχνολογίες για την ανάκτηση Αζώτου, Καλίου και άλλων θρεπτικών συστατικών από λύματα στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας.

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Μέχρι σήμερα, δεν έχει διαμορφωθεί μία ενιαία τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων που να δύναται να ανακτήσει με υψηλή απόδοση όλα τα θρεπτικά συστατικά (άζωτο, φώσφορο και κάλιο) από ένα ρεύμα αποβλήτων.

Μία οικονομικά προσοδοφόρα λύση για μία ολοκληρωμένη διαδικασία ανάκτησης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη ακόμη και τη γεωγραφική τοποθεσία, επειδή οι εφικτές από οικονομικής απόψης ανακτήσεις θρεπτικών μπορεί να διαφέρουν σε περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο. Η βέλτιστη τεχνολογική λύση ανάκτησης μπορεί να εξαρτάται επίσης και από ένα συγκεκριμένο πλαίσιο που ορίζεται είτε από τον παραγωγό ενός λύματος είτε από τον τελικό χρήστη των θρεπτικών συστατικών.

Πιο συγκεκριμένα, οι παραγωγοί βιομηχανικών αποβλήτων (όπως οι βιομηχανίες τροφίμων ή ακόμα και κάποιοι μεγάλοι αγροτικοί συνεταιρισμοί) μπορεί να αξιοποιούν πιο σύνθετες τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών, λόγω της εξοικονόμησης κόστους από την ανάκτηση ενέργειας. Αντίθετα, στα πλαίσια της αγροτικής οικονομίας μπορεί να στοχεύουν σε μία πιο απλή διαχείριση ενός λύματος με συστήματα επεξεργασίας χαμηλού κόστους για την ανάκτηση όμως κατά βάση θρεπτικών συστατικών χαμηλής αξίας. (Mehta et al., 2015)

Η απομάκρυνση του αζώτου από τα λύματα μπορεί να γίνει με διάφορες φυσικές, χημικές, βιολογικές μεθόδους και άλλες τεχνολογίες.

Στις φυσικές μεθόδους συγκαταλέγεται η διήθηση, η ηλεκτρόλυση, η αντίστροφη όσμωση, καθώς και η απαέρωση της αμμωνίας. (Μέγαρης Κωνσταντίνος, 2020)

Στις χημικές μεθόδους διακρίνεται η χλωρίωση, η χημική ιζηματοποίηση, η προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα, καθώς και η ιοντοανταλλαγή.

Στις υπόλοιπες τεχνολογίες ή μεθόδους απομάκρυνσης της αμμωνίας από υδατικά διαλύματα περιλαμβάνονται η φωτοκαταλυτική οξείδωση, η απογύμνωση με αέρα, ο αερισμός/οξυγόνωση, η απορρόφηση και ο όξινος καθαρισμός αερίων. Ωστόσο, οι τεχνολογίες αυτές δεν έχουν εδραιωθεί πλήρως και βρίσκονται ακόμα υπό διερεύνηση. (Ροντογιάννη Ευαγγελία, 2012).

Επιπλέον, το άζωτο μπορεί να ανακτηθεί μερικώς με τη μορφή στρουβίτη. Εναλλακτικά, μπορεί να απελευθερωθεί ως αμμωνία και να ανακτηθεί ως άλας αμμωνίας μέσω αερόβιας επεξεργασίας και εκπλύσεων με οξέα. Η αμμωνία μπορεί ακόμα και να μετατραπεί μερικώς ή ολικώς σε νιτρικά άλατα. Η πρόκληση της επόμενης δεκαετίας είναι να αναπτυχθούν αξιόπιστες μέθοδοι που να παράγουν διαλύματα αζώτου από την ανάκτηση νερού. (Κλειώ Αγγιστάλη, 2020)

4.2 Τεχνολογίες ανάκτησης αζώτου

Η ανάκτηση αζώτου από τα αστικά λύματα με τη διαδικασία Haber–Bosch θα μπορούσε να εξοικονομήσει ενέργεια που παράγεται από ορυκτά καύσιμα και η οποία θα χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή λιπασμάτων με βάση το άζωτο. Η διαδικασία Haber, που ονομάζεται επίσης διαδικασία Haber–Bosch, είναι μια διαδικασία δέσμευσης αζώτου και είναι η κύρια βιομηχανική διαδικασία για την παραγωγή αμμωνίας σήμερα. Η διαδικασία αυτή, χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή λιπασμάτων, όμως κατά τη διάρκεια του Α' Παγκοσμίου Πολέμου παρείχε στη Γερμανία μια πηγή αμμωνίας για την παραγωγή εκρηκτικών . [32]

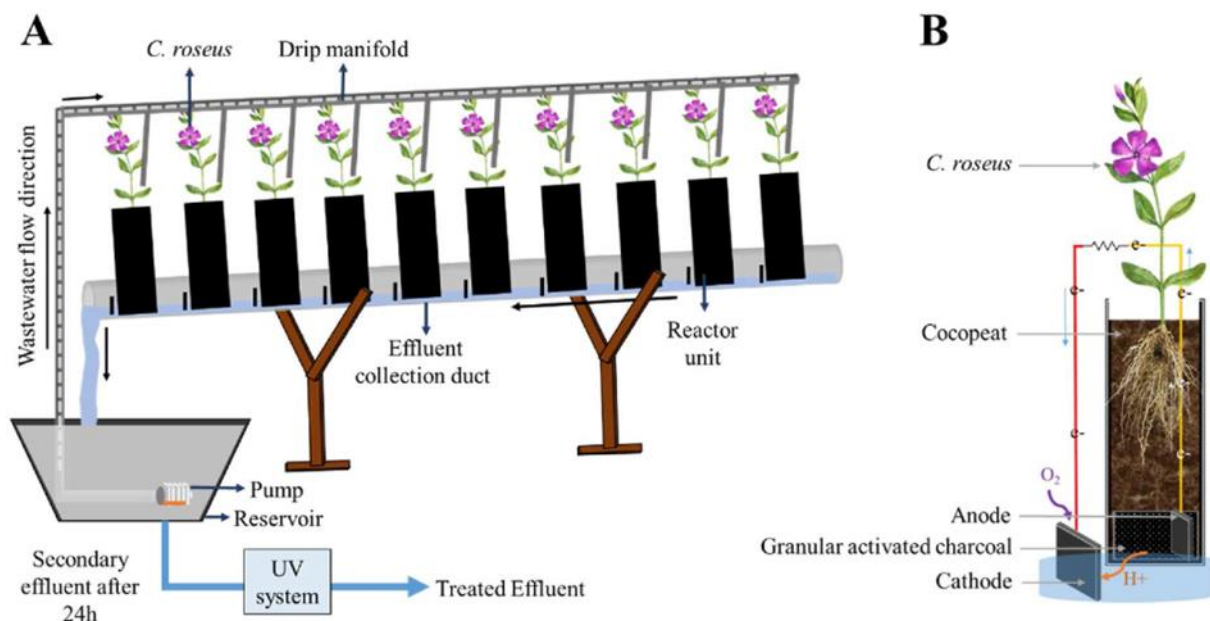
Συνήθως, τουλάχιστον το 75% του εισερχόμενου αζώτου κατά την επεξεργασία λυμάτων είναι διαλυτοποιημένο αμμώνιο (NH_4^+). Αυτό το κλάσμα είναι πολύ αραιωμένο, γεγονός που καθιστά την ανάκτηση αμμωνίου μια ενεργοβόρα διαδικασία και επομένως πολύ δαπανηρή. Σε τυπικές συγκεντρώσεις αστικών λυμάτων 20–70 mg αζώτου ανά L, οι φυσικοχημικές τεχνολογίες ανάκτησης αμμωνίας (π.χ. απογύμνωση και θερμική εξάτμιση) δεν θα ήταν οικονομικές. Κατά την κλασική όμως διαδικασία ενεργοποιημένης λάσπης (Classical Activated Sludge, CAS), που είναι μία τεχνική επεξεργασίας λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων με τη χρήση αερισμού παράγεται μία βιολογική λάσπη που αποτελείται από βακτήρια και πρωτόζωα. Η αμμωνία μετατρέπεται μέσω μίας βιολογικής οδού σε αέριο άζωτο που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Το 25% του εισερχόμενου οργανικού αζώτου αποτελείται εν μέρει από ουρία και υδρολυμένες πρωτεΐνες, οι οποίες υπάρχουν και οι δύο σε διαλυμένη μορφή. [33]

Κατά συνέπεια, οι αναφερόμενες τιμές των εισερχόμενων ρευμάτων αζώτου που καταλήγουν ως οργανικό άζωτο στη λάσπη κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας CAS είναι μόνο περίπου 20 %. Οι τρέχουσες τεχνολογίες ανάκτησης αζώτου περιορίζονται συνήθως σε αυτό το μικρό κλάσμα αζώτου. Εξαιτίας αυτού, τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγαλύτερη προσοχή σε περισσότερες τεχνολογίες βιολογικής απομάκρυνσης αζώτου. Τέτοια τεχνολογία είναι η Αναερόβια Οξείδωση Αμμωνίου (anammox, Anaerobic Ammonium Oxidation). Ωστόσο, εάν κάποιος κάνει μία εκτενή επισκόπηση των οικονομικών περιορισμών στην ανάκτηση αζώτου θα διαπιστώσει ότι η βιωσιμότητα των εναλλακτικών αυτών τεχνολογιών δεν έχει ακόμα εξασφαλιστεί.

4.3 Τεχνολογία ανάκτησης αζώτου ‘iHydroMET’

Μια άλλη τεχνολογία ανάκτησης του αζώτου είναι η ‘iHydroMET’, η οποία βασίζεται στην καινοτόμο ενσωμάτωση φυσικοχημικών, βιολογικών και βιοηλεκτροχημικών διεργασιών σε ένα σύστημα αντιδραστήρα, με σκοπό την ταυτόχρονη απομάκρυνση διάφορων ρυπαντών που υπάρχουν στα αστικά λύματα. Σε μια μελέτη σχεδιασμού της ιδέας, η χαμηλού κόστους και απλή αυτή προσέγγιση απέδειξε τις δυνατότητές της για επεξεργασία λυμάτων μαζί με ταυτόχρονη ανάκτηση θρεπτικών συστατικών. Πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής που απεικονίζεται στην Εικόνα 4.1 η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε με μη βελτιστοποιημένα χαρακτηριστικά της μονάδας του αντιδραστήρα, δηλαδή απλά υλικά

για τη διάταξη στήριξης των δενδρυλίων και μία απλή διάταξη ηλεκτροδίων σε κάθε δενδρύλιο. (Yadav, Sahoo, & Patil, 2021)



Εικόνα 4.1. Α) Σχηματική απεικόνιση του αναβαθμισμένου συστήματος iHydroMET με δέκα μονάδες αντιδραστήρα μαζί με τη μονάδα επεξεργασίας UV. Β) Σχηματική διαμόρφωση μιας μονάδας αντιδραστήρα με τα κύρια εξαρτήματα. Κάθε αντιδραστήρας λειτουργούσε επίσης ως μονάδα μικροβιακών κυψελών καυσίμου (Yadav, Sahoo, & Patil, 2021).

Άλλες τεχνολογίες ανάκτησης αζώτου και καλίου είναι και οι Ash2Phos, PHOS4Green (GLatt), ViViMAG (WETSUS), AguaDB και RSR (Recovered Sludge Resources) (Green SentinelL) για τις οποίες έγινε περιγραφή στις τεχνολογίες ανάκτησης του φωσφόρου στην Παράγραφο 3.1.1

Κύρια Συμπεράσματα

- Εκτός από φώσφορο, μπορεί να γίνει και ανάκτηση αζώτου από αντίστοιχες τεχνολογίες επεξεργασίας λυμάτων.
- Μέχρι σήμερα δεν έχει διαμορφωθεί μια ενιαία τεχνολογία που να δύναται να ανακτήσει με υψηλή απόδοση το άζωτο.
- Τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου ανακτούν παράλληλα και άζωτο όπως είναι η Ash2Phos, PHOS4Green (GLatt) κ.α.
- Υπάρχουν και δύο κατηγορίες που ανακτούν αποκλειστικά άζωτο, η τεχνολογία Haber-Bosch και η 'iHydroMET'

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο |

5. Χαρτογράφηση αστικών αποβλήτων στην Ευρώπη

5.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Μετά την ανάλυση των τεχνολογιών ανάκτησης των θρεπτικών συστατικών που είναι απαραίτητα για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης από ροές αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, θεωρήσαμε σημαντικό να αναλύσουμε τις ροές αυτές και σε επίπεδο χαρτών. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των αστικών ροών αποβλήτων στην Ελλάδα, απεικονίζοντας τις περιοχές όπου υπάρχουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας των αποβλήτων, το φορτίο που συλλέγεται από αυτά αλλά και τις τεχνολογίες επεξεργασίας που χρησιμοποιούν για την ανάκτηση των θρεπτικών συστατικών. Τα δεδομένα αυτά δημιουργήθηκαν για να παρατηρούμε αν οι επεξεργασίες των λυμάτων συμμορφώνονται με τα όρια των Οδηγιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Αναφορά έγινε μόνο στα αστικά απόβλητα, αφού ακόμα δεν έχει δημιουργηθεί παρόμοια πλατφόρμα για ροές βιομηχανικών αποβλήτων.

Οι ισχύοντες κανονισμοί για τα λιπάσματα του 2003 εξασφαλίζουν ελεύθερη ροή στην ενιαία αγορά, ειδικά για τα συμβατικά μη οργανικά λιπάσματα που συνήθως εξορύσσονται ή παράγονται χημικά. Αυτές οι διαδικασίες καταναλώνουν πολλή ενέργεια και εκπέμπουν πολύ CO₂. Τα καινοτόμα λιπάσματα που παράγονται από οργανικά υλικά δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής των ισχυόντων κανονισμών για τα λιπάσματα. Ως εκ τούτου, το εάν μπορούν να εισέλθουν στην ενιαία αγορά εξαρτάται από την αμοιβαία αναγνώριση μεταξύ των κρατών μελών, κάτι που συχνά τους δυσκολεύει λόγω διαφορετικών εθνικών κανονισμών.

Οι ισχύοντες κανονισμοί για τα λιπάσματα επίσης δεν λαμβάνουν υπόψη την περιβαλλοντική ρύπανση του εδάφους, των υπόγειων υδάτων, του θαλασσινού νερού και την ποιότητα των παραγόμενων αγροτικών προϊόντων. Η σημερινή έρευνα, η καινοτομία και οι επενδύσεις αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς, συμβάλλοντας στην κυκλική οικονομία δημιουργώντας τοπικές θέσεις εργασίας και δημιουργώντας αξία από δευτερογενείς πρώτες ύλες που διαφορετικά θα απορρίπτονταν ως απόβλητα. Ως εκ τούτου, προκύπτουν επιχειρηματικές ευκαιρίες πολύ σημαντικές για τις εταιρείες που παράγουν οργανικά λιπάσματα. Υπολογίζεται ότι εάν ανακυκλωθούν περισσότερα βιολογικά απόβλητα, μπορεί να αντικατασταθεί έως και το 30% των μη οργανικών λιπασμάτων.

Η ΕΕ εισάγει επί του παρόντος περίπου 6 εκατομμύρια τόνους φωσφορικών αλάτων κάθε χρόνο, αλλά έως και το 30% μπορεί να αντικατασταθεί από εξόρυξη ιλύος, βιοαποδομήσιμα απόβλητα, κρεατοστεάλευρα ή κοπριά. Το σχέδιο κανονισμού θα υποβληθεί στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο για έγκριση. Μόλις εκδοθεί, θα τεθεί σε ισχύ αμέσως μετά τη μεταβατική περίοδο χωρίς να χρειάζεται αλλαγή θέσεων, κάτι που θα προετοιμάσει τις εταιρείες και τις δημόσιες αρχές για τους νέους κανόνες. [34]

Στόχος είναι η μείωση της περισσειας θρεπτικών ουσιών, ιδίως του αζώτου και του φωσφόρου, κατά τουλάχιστον 50%, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι η γονιμότητα του εδάφους δεν θα υποβαθμιστεί. Μέχρι το 2030, η χρήση των συνθετικών λιπασμάτων πρέπει να μειωθεί τουλάχιστον κατά 20%, οδηγώντας στη χρήση λιπασμάτων βιολογικής βάσης. Λόγω της υπερβολικής χρήσης και της αδυναμίας των

φυτών να απορροφήσουν όλα τα θρεπτικά συστατικά που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, η περίσσεια θρεπτικών συστατικών στο περιβάλλον (ιδιαίτερα αζώτου και φωσφόρου) είναι μια άλλη σημαντική πηγή ρύπανσης του αέρα, του εδάφους και του νερού με επιπτώσεις στο κλίμα. Η περίσσεια αυτή των θρεπτικών συστατικών οδηγεί επίσης σε ελάττωση της βιοποικιλότητας σε ποτάμια, λίμνες, υδροβιότοπους και θάλασσες.

Αυτοί οι στόχοι θα επιτευχθούν μέσω της πλήρους εφαρμογής και επιβολής της σχετικής περιβαλλοντικής και κλιματικής νομοθεσίας, σε συνεργασία με τα κράτη μέλη για τη μείωση του απαιτούμενου φορτίου θρεπτικών ουσιών μέσω ισορροπημένης λίπανσης και βιώσιμης διαχείρισης θρεπτικών ουσιών και καλύτερης διαχείρισης αζώτου και φωσφόρου σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Οι χώρες μέλη θα αναπτύξουν ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης για τη διαχείριση της διατροφής για την αντιμετώπιση της ρύπανσης κατά την παραγωγή των τροφίμων στην πηγή της και τη βελτίωση της βιωσιμότητας του κτηνοτροφικού τομέα. Επιπλέον, σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, τα κράτη μέλη θα πρέπει να επεκτείνουν την εφαρμογή ειδικών τεχνικών λίπανσης και βιώσιμων γεωργικών πρακτικών στην εντατική κτηνοτροφία και στα κέντρα ανακύκλωσης οργανικών αποβλήτων για να παραχθούν λιπάσματα βιολογικής βάσης.

Αυτό θα επιτευχθεί με τη λήψη μέτρων που τα κράτη μέλη ενσωματώνουν στα στρατηγικά τους σχέδια για την Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ), όπως το Εργαλείο Βιωσιμότητας των Γεωργικών Επιχειρήσεων για τη διαχείριση των θρεπτικών ουσιών, τις επενδύσεις και τις συμβουλευτικές υπηρεσίες της ΕΕ.

Σε αυτήν την προσπάθεια πρέπει να ενταχθούν και οι κορυφαίες εταιρείες που παράγουν βιολιπάσματα οι οποίες είναι οι εξής:

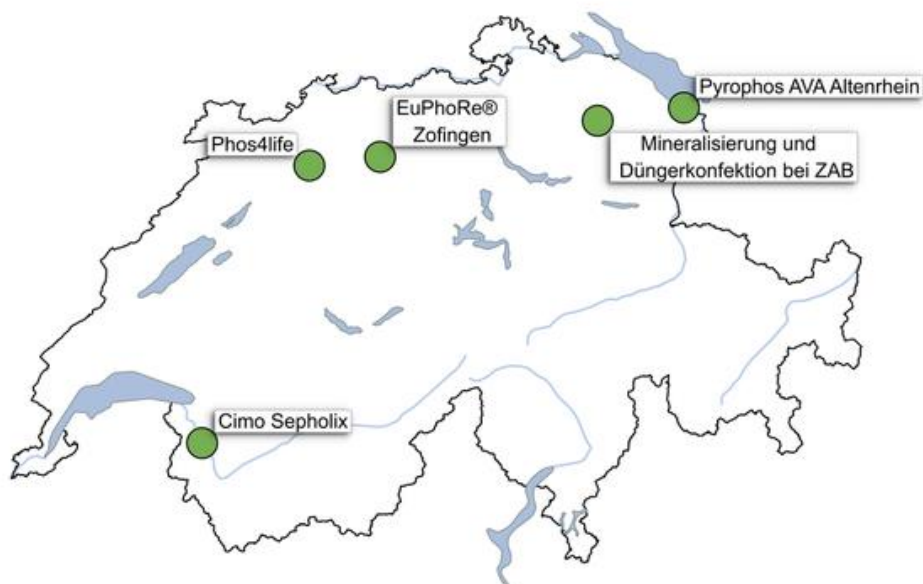
- Novozymes A/S
- Rizobacter Argentina S.A.
- Lallemand Inc.
- National Fertilizers Limited
- Madras Fertilizers Limited
- Gujarat State Fertilizers & Chemicals Ltd.
- T Stanes & Company Limited
- Camson Bio Technologies Limited
- Rashtriya Chemicals & Fertilizers Ltd.
- Biomax
- Symborg
- Agri Life
- Kiwa Bio-Tech Products Group Corporation.[35]

Η εκπαίδευση των καλλιεργητών για την εφαρμογή ενός Προγράμματος Ολοκληρωμένης Φυτοπροστασίας (ΠΟΦ), εξοικονόμησης νερού και Μέτρων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) μειώνει περαιτέρω την έκθεση και τον κίνδυνο χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων, συμβάλλοντας παράλληλα στους γενικούς στόχους της οδηγίας. Η στρατηγική της ΕΕ στοχεύει στην παραγωγή της απαραίτητης ποσότητας τροφίμων με βιώσιμο τρόπο. Παρόλα αυτά σε πολλές χώρες όπως και στην

Ελλάδα οι αγροτικοί σύνδεσμοι ανησυχούν ιδιαίτερα για την οικονομική βιωσιμότητα αυτών των αλλαγών.

Ως εκ τούτου, θα πρέπει να εξεταστεί ο αντίκτυπος της εφαρμογής αυτών των μέτρων στη βιωσιμότητα της ελληνικής γεωργίας, με τον εντοπισμό πηγών χρηματοδότησης, την τεκμηρίωση των βέλτιστων γεωργικών πρακτικών και την εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού στις νέες τεχνολογίες και τις βέλτιστες γεωργικές πρακτικές.

Απώτερος στόχος πρέπει να είναι η συμφωνία με όλους τους ενδιαφερόμενους στον αγροτικό τομέα για τον καθορισμό ποσοτικών και ποιοτικών στόχων, οι οποίοι θα αποτελούν μέρος ενός συγκεκριμένου οδικού χάρτη για δίκαιη και μακροπρόθεσμη προσαρμογή στη νέα στρατηγική της ΕΕ.

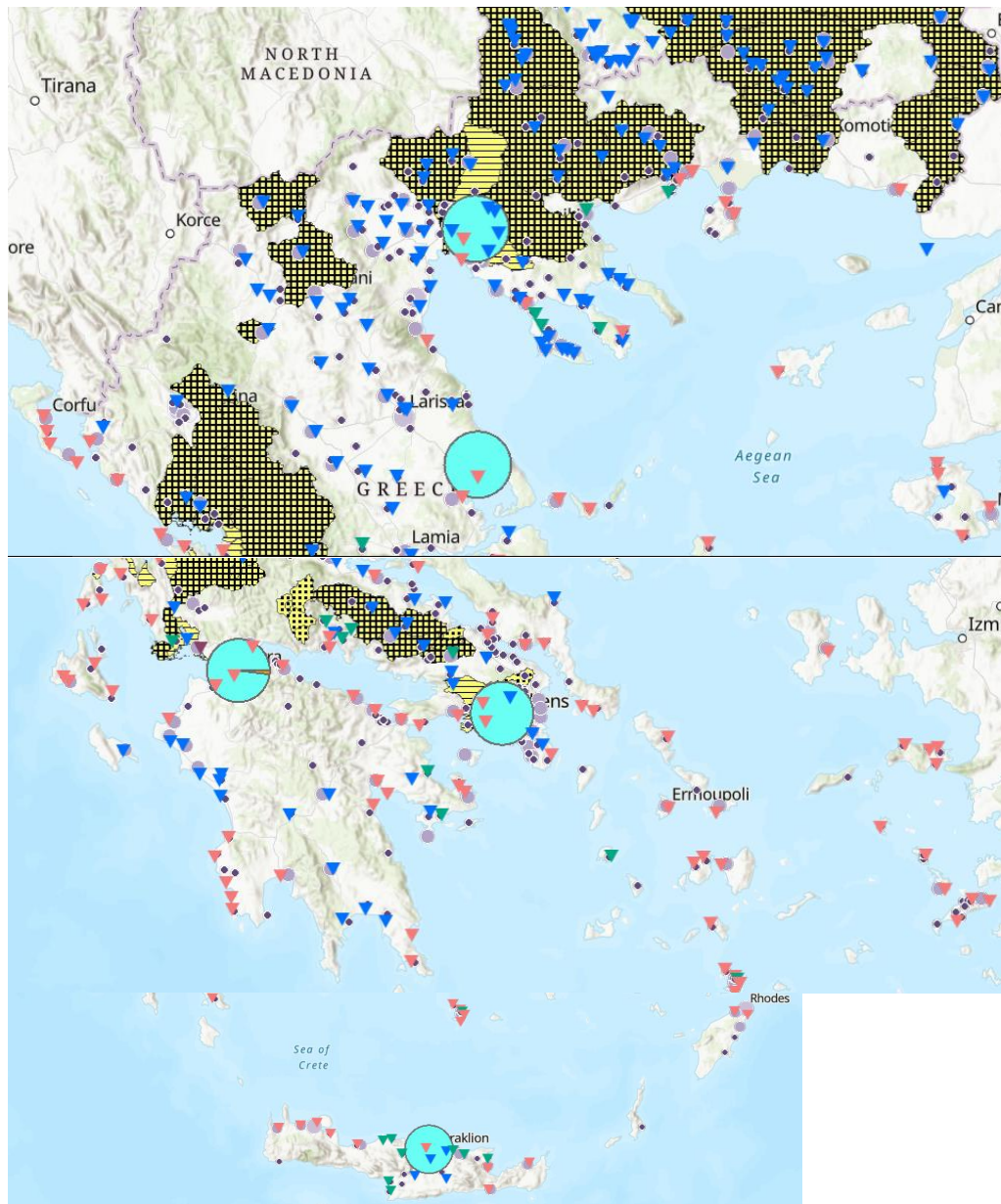


Εικόνα 5.1 Μια επικόπηση των τρεχόντων έργων ανακύκλωσης φωφόρου στην Ελβετία

5.2 Χαρτογράφηση αστικών αποβλήτων Ελλάδας

Ο χάρτης που παρουσιάζεται παρακάτω στην Εικόνα 5.2 απεικονίζει τις επεξεργασίες αστικών λυμάτων και δείχνει τις πιο πρόσφατες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (UWWTD) στις χώρες της ΕΕ-28 και στην Ισλανδία. Βασίζεται σε δεδομένα του 2018, τα οποία αναφέρθηκαν από αυτές τις χώρες το 2020.

Σε αυτή την διπλωματική εργασία θα αναφερθούμε μόνο στην Ελλάδα.



Εικόνα 5.2 Χάρτης επεξεργασίας αστικών λυμάτων

Οι χρήστες αυτού του χάρτη μπορούν να συγκρίνουν το επίπεδο συμμόρφωσης με την Οδηγία και την υποδομή επεξεργασίας λυμάτων σε όλη την Ευρώπη ή εντός των χωρών. Επίσης, μπορούν να εξάγουν συμπεράσματα για την ποιότητα του νερού στα υδάτινα οικοσυστήματα αφού μία σημαντική παράμετρος αυτής είναι το επίπεδο επεξεργασίας των λυμάτων.

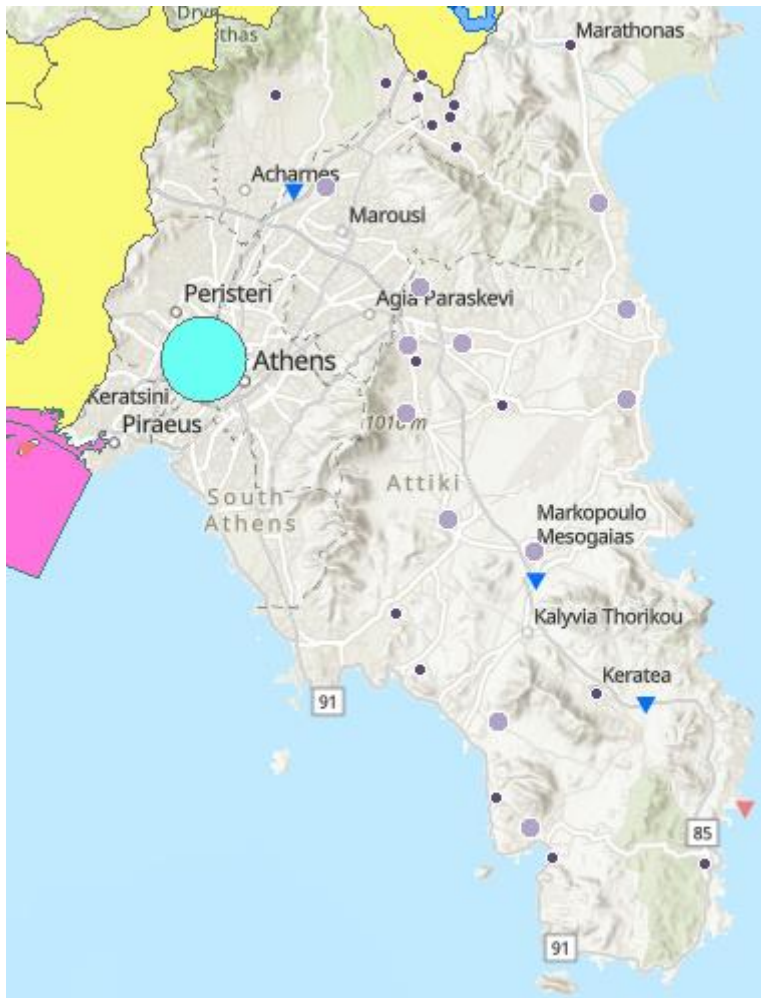
Στον νομό Πιερίας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.3 παρατηρούμε ότι στην Κατερίνη υπάρχει ένας κύκλος, ● αυτό σημαίνει ότι το μέγεθός της είναι μεγαλύτερος του 100.000 p.e. ισοδύναμου πληθυσμού. Το παραγόμενο φορτίο είναι 120.000 p.e, όμως από αυτό συλλέγεται και εισέρχεται σε μονάδες επεξεργασίας το 118.800 p.e. Για την αφαίρεση του φωσφόρου χρησιμοποιούνται η πρωτοβάθμια και η δευτεροβάθμια επεξεργασία, ενώ για την αφαίρεση αζώτου χρησιμοποιείται άλλη επεξεργασία.



Εικόνα 5.3 Χάρτης επεξεργασίας αστικών λυμάτων στην Κατερίνη

Στον νομό όμως παρατηρούμε επίσης τρίγωνα ▲, ▲ και μικρούς ● κύκλους. Το ▲ τρίγωνο βρίσκεται στην περιοχή της παραλία της Σκοτίνας όπου είναι ο Θερμαϊκός κόλπος και σημαίνει πως η απόρριψη των λυμάτων γίνεται σε παράκτια ύδατα. Από την άλλη το ▲ τρίγωνο δείχνει ότι η απόρριψη γίνεται σε γλυκά νερά. Τέλος, οι μωβ κύκλοι σημαίνουν πως οι συγκεκριμένες περιοχές αποτελούνται από 2.000 - 10.000 p.e.

Η Εικόνα 5.4. απεικονίζει τις επεξεργασίες λυμάτων στον νομό Αττικής. Με μια πρώτη ματιά βλέπουμε πως έχουν τα ίδια σχέδια με τον νομό της Πιερίας (▲, ▲, ●, ●), εκτός όμως από κάποιες μεγάλες επιφάνειες ■ ■, αλλά και έναν μεγάλο κύκλο ○.



Εικόνα 5.4 Χάρτης επεξεργασίας αστικών λυμάτων στην Αττική

Αναλυτικότερα, ο κύκλος βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας, και μας υποδεικνύει το επίπεδο επεξεργασίας λυμάτων σε οικισμούς αλλά σε μεγάλες πόλεις και ότι χρησιμοποιείται αυστηρότερη επεξεργασία συγκριτικά με άλλες πόλεις. Το παραγόμενο φορτίο στην Αθήνα είναι 5.200.000 p.e, και από αυτό συλλέγεται και εισέρχεται σε μονάδες επεξεργασίας το 5.205.100 p.e.

Έπειτα, η [pink box] επιφάνεια που δείχνει τις περιοχές στις οποίες γίνεται απόρριψη του επεξεργασμένου λύματος. Στην παράκτια αυτή περιοχή, έκτασης 6.93km², φαίνεται να υπάρχει συσσώρευση αζώτου.

Σχετικά τώρα με την [yellow box] επιφάνεια αντιπροσωπεύει τις λεκάνες απορροής των περιοχών υποδοχής των λυμάτων όπου και τις καθιστούν ευαίσθητες. Στις συγκεκριμένες λεκάνες παρατηρείται επίσης συσσώρευση αζώτου.

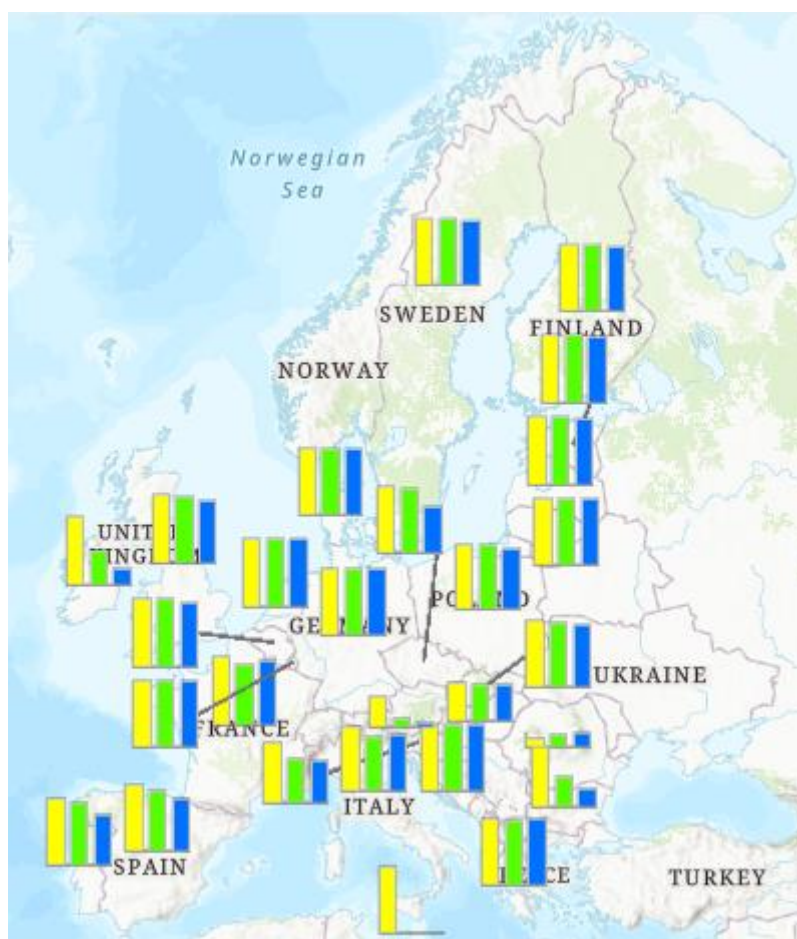
Για την ανάλυση των κύκλων επιλέξαμε ενδεικτικά ένα [purple circle] και ένα [light purple circle]. Στην περιοχή του Μαρκόπουλου παρατηρούμε [light purple circle] κύκλο, έχει δηλαδή p.e από 10.001-100.000. Το παραγόμενο φορτίο σε αυτήν την περιοχή είναι 17.000p.e και από αυτό συλλέγεται και εισέρχεται σε μονάδες επεξεργασίας το 5.270p.e. Οι επεξεργασίες που πραγματοποιούνται αφορούν την αφαίρεση φωσφόρου για την οποία χρησιμοποιείται πρωτοβάθμια επεξεργασία, διήθηση με άμμο και δευτεροβάθμια επεξεργασία, ενώ για την αφαίρεση αζώτου χρησιμοποιείται άλλη επεξεργασία. Για περιοχή με [dark purple circle] κύκλο επιλέξαμε αυτή του Μαραθώνα, έχει δηλαδή από 2.000-10.000p.e. Όμως, δεν

υπάρχουν στοιχεία για το τι επεξεργασία χρησιμοποιείται, ούτε και για το παραγόμενο φορτίο που εισέρχεται και συλλέγεται.

Η UWWTD περιέχει απαιτήσεις για ένα σύστημα συλλογής λυμάτων και για δευτερογενή επεξεργασία (που περιλαμβάνει βιολογικό καθαρισμό με δευτερογενή καθίζηση) και αυστηρότερη επεξεργασία των λυμάτων. Ένας οικισμός είναι μια περιοχή, όπου ο πληθυσμός και/ή η οικονομική δραστηριότητα είναι επαρκώς συγκεντρωμένοι ώστε το UWW να συλλέγεται και να μεταφερθεί σε μια μονάδα επεξεργασίας (UWWTP) ή σε ένα τελικό σημείο απόρριψης.

Τα ακόλουθα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της νομικής συμμόρφωσης με αυτές τις απαιτήσεις παρουσιάζονται ως εξής σε συνοπτικά διαγράμματα στην Εικόνα 5.5 :

- Συμμόρφωση στις απαιτήσεις για συστήματα συλλογής (κίτρινη στήλη)
- Απαιτήσεις για την επεξεργασία των συλλεγόμενων λυμάτων (πράσινη στήλη)
- Απαιτήσεις για πιο αυστηρή επεξεργασία σε ευαίσθητες περιοχές και λεκάνες απορροής (μπλε στήλη).



Εικόνα 5.5 Συγκεντρωτική απόδοση για τις επεξεργασίες λυμάτων

Όταν η συνολική κατάσταση συμμόρφωσης εμφανίζεται ως «μη σχετική», η προθεσμία εφαρμογής για καθεμία από τις τρεις απαιτήσεις δεν έχει λήξει, επομένως η αξιολόγηση νομικής συμμόρφωσης δεν ήταν σχετική.

Για παράδειγμα αν επιλέξω για την Ελλάδα την πόλη της Κατερίνης όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.6 παρατήρουμε ότι υπάρχει ●. Αυτό σημαίνει συμμόρφωση σε επίπεδο οικισμών που δημιουργείται φορτίο < 150.000 p.e. το οποίο συμμορφώνεται στην νομική αξιολόγηση.



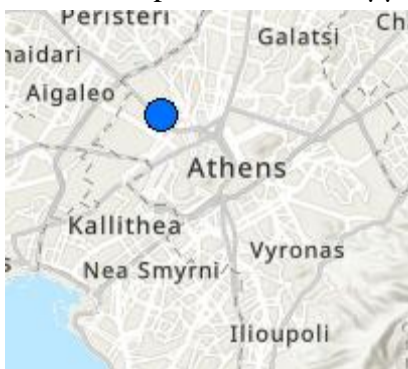
Εικόνα 5.6 Κατάσταση συμμόρφωσης στην πόλη της Κατερίνης

Για τα Μέγαρα όπως διακρίνεται και στην Εικόνα 5.7 έχουμε έναν ● κύκλο που σημαίνει ότι σε επίπεδο οικισμών που δημιουργείται φορτίο < 150.000 p.e., δεν συμμορφώνεται στην νομική αξιολόγηση.



Εικόνα 5.7 Κατάσταση συμμόρφωσης στην πόλη των Μεγάρων

Τέλος, για την πόλη της Αθήνας, που απεικονίζεται στην Εικόνα 5.8 παρατηρείται ● που σημαίνει συμμόρφωση σε επίπεδο οικισμών που δημιουργείται φορτίο > 1.000.000 p.e. το οποίο συμμορφώνεται στην νομική αξιολόγηση.



Εικόνα 5.8 Κατάσταση συμμόρφωσης στην πόλη της Αθήνας

Οι παρακάτω χάρτες δείχνουν το επίπεδο από τους τύπους επεξεργασίας που αναφέρθηκαν για εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων για οικισμούς $\geq 2\ 000$ p.e.

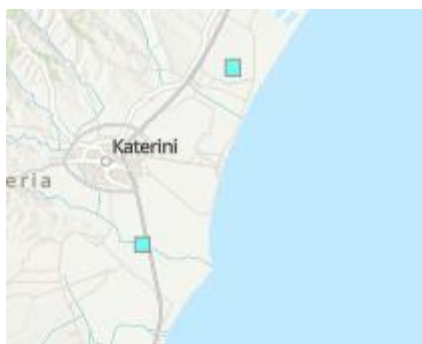
Σε κλίμακες που είναι 1:5.000.000 ή πιο λεπτομερείς, το επίπεδο χρησιμοποιεί χρωματιστά τετράγωνα για να εμφανίσει τους τύπους επεξεργασίας που αναφέρονται σε όλα τα μεμονωμένα UWWTP, για οικισμούς $\geq 2\ 000$ p.e.

Η κατηγορία «χωρίς επεξεργασία» περιλαμβάνει επεξεργασίες λυμάτων:

- για τις οποίες δεν υπάρχει επεξεργασία·
- για την οποία δεν αναφέρθηκε η επεξεργασία·
- επεξεργασία μείγματος βιομηχανικών και οικιακών λυμάτων, όπου η μονάδα επεξεργασίας δεν είναι εξοπλισμένη με συμβατικές εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.

Το υπάρχον μοντέλο δεδομένων δεν κάνει περαιτέρω διάκριση μεταξύ των περιπτώσεων που αναφέρονται παραπάνω.

Για την Κατερίνη όπως φαίνεται και στην εικόνα Εικόνα 5.9 παρατηρούμε ■ τετραγωνάκι το οποίο δείχνει πως θα πρέπει να γίνει πιο αυστηρή αντιμετώπιση σε σύγκριση με άλλες περιοχές. Έτσι, πραγματοποιείται πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία.



Εικόνα 5.9 Επίπεδο επεξεργασίας των λυμάτων στην Κατερίνη

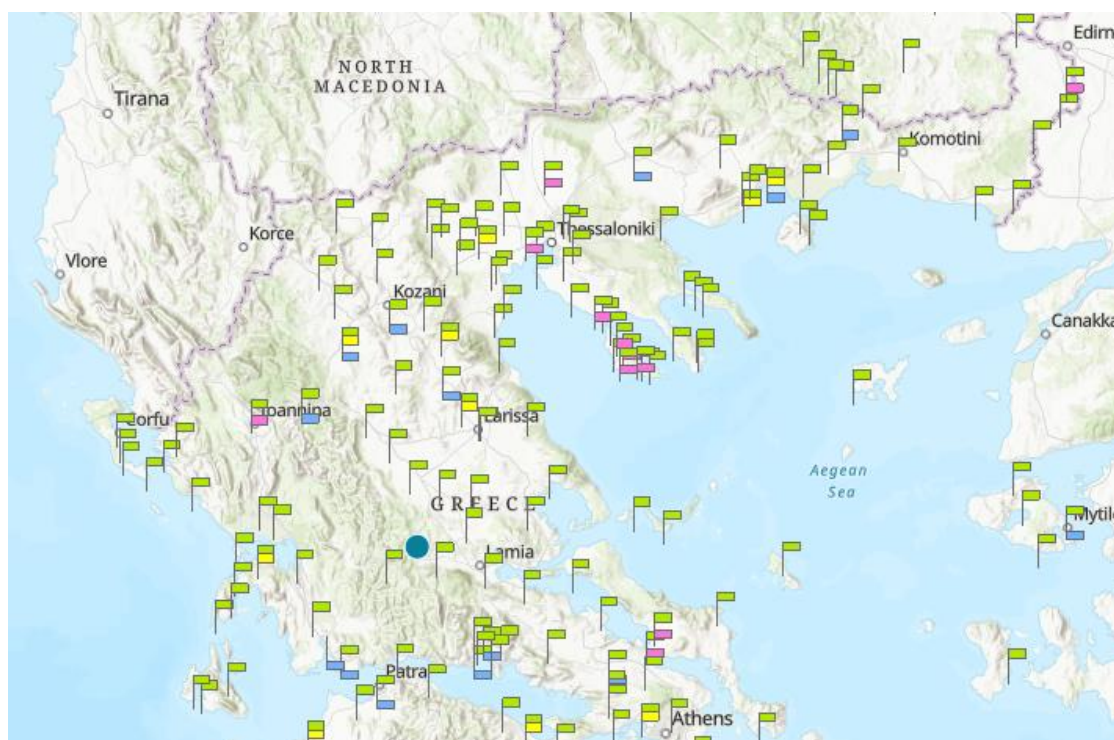
Όσον αφορά τώρα την περιοχή Αρμένη της Κρήτης παρατηρούμε ένα ■, όπως και απεικονίζεται στην παρακάτω Εικόνα 5.10, το οποίο σημαίνει πως στα λύματα εκεί γίνεται δευτεροβάθμια επεξεργασία.

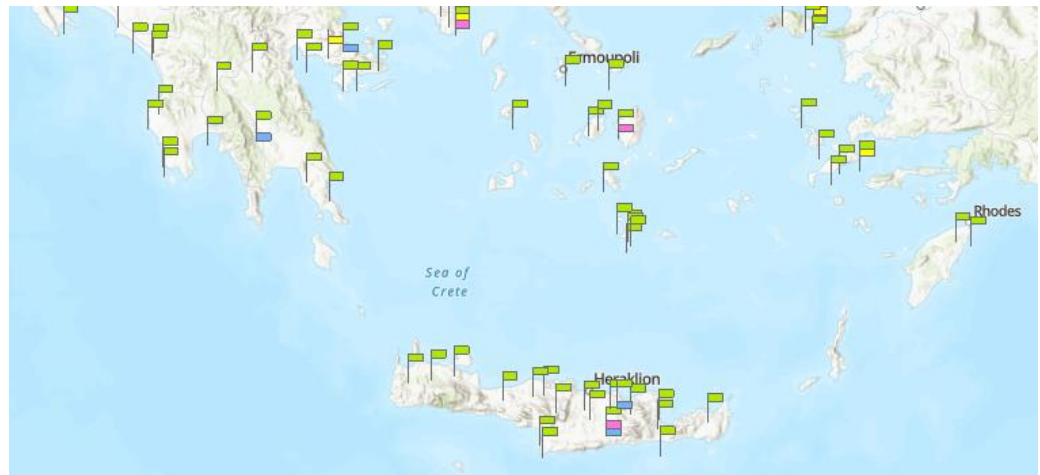


Εικόνα 5.10 Επίπεδο επεξεργασίας λυμάτων στον Αρμένη της Κρήτης

Αυτή η κατηγορία, εγκαταστάσεις επεξεργασίας με πρόσθετα στάδια επεξεργασίας, εμφανίζει όλες τις μονάδες επεξεργασίας που αναφέρθηκαν για οικισμούς ≥ 2000 π.ε., οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με πρόσθετα στάδια επεξεργασίας π.χ. απολύμανση, διήθηση με άμμο και άλλα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.11 . Άλλες (πιο αυστηρές) επεξεργασίες που αναφέρθηκαν από τα κράτη μέλη αναλύονται περαιτέρω στους ακόλουθους τύπους πρόσθετων σταδίων επεξεργασίας στίλβωσης:

- απολύμανση (χλωρίωση, UV, οζονισμός).
- διήθηση άμμου
- μικροδιήθηση (π.χ. διήθηση με μεμβράνη).
- άλλα είδη απροσδιόριστης πρόσθετης θεραπείας.





Εικόνα 5.11 Χάρτης με με πρόσθετα στάδια επεξεργασίας

Συγκεκριμένα για την πόλη της Κατερίνης, Εικόνα 5.12 παρατηρείται πράσινη σημαία. Αυτό δείχνει πως οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρησιμοποιούν πρόσθετα στάδια επεξεργασίας και πιο συγκεκριμένα αυτό της απολύμανσης (χλωρίωση, UV ή οζονισμό). Ακόμη, το σύστημα συλλογής συνδέεται με το UWWTP και χρησιμοποιείται πρωταβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία για την αφαίρεση φωσφόρου.

Η πόλη ανέρχεται στα 130.000p.e , τα απόβλητα που συλλέγονται φτάνουν τα 126.392p.e. και ο όγκος των λυμάτων ανά χρόνο φτάνει τα 11.734.750(m³/year).



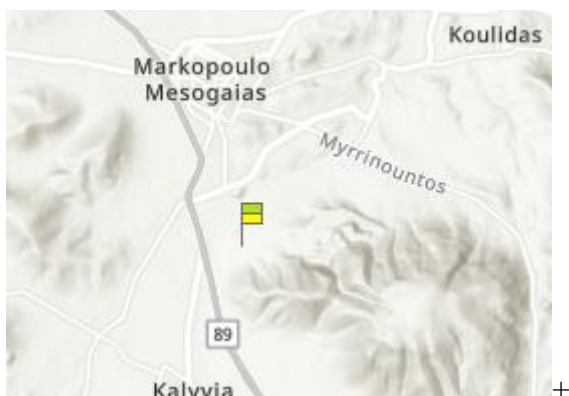
Εικόνα 5.12 Πρόσθετα στάδια επεξεργασίας στίλβωσης στην πόλη της Κατερίνης

Για το Λαύριο, Εικόνα 5.13, παρατηρούμε ότι υπάρχει σημαία με τρία διαφορεικά χρώματα, αυτό σημαίνει πως οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρησιμοποιούν πρόσθετα στάδια επεξεργασίας και συγκεκριμένα αυτό της απολύμανσης (χλωρίωση, με UV ή οζονισμό), τη διήθηση άμμου και με μικροδιήθηση (π.χ. διήθηση με μεμβράνη). Το Λαύριο έχει 35.000 p.e, τα απόβλητα που εισέρχονται είναι 18.000 p.e. ενώ τα λύματα είναι «μηδενικά» σε όγκο ανά χρόνο, δηλαδή καταλήγουν στις λεκάνες απορροής χωρίς καμία επεξεργασία.



Εικόνα 5.13 Πρόσθετα στάδια επεξεργασίας στο Λαύριο Αττικής

Για το Μαρκόπουλο, Εικόνα 5.14, παρατηρούμε δύο σημαίες , μια κίτρινη και μια πράσινη αυτό σημαίνει ότι οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας χρησιμοποιούν πρόσθετα στάδια επεξεργασίας και συγκεκριμένα αυτό της απολύμανσης (είτε με χλωρίωση, UV ή οζονισμό), και τη διήθηση άμμου. Η περιοχή του Μαρκόπουλου έχει 40.000 p.e, τα απόβλητα που εισάγονται είναι 5.270p.e., ενώ τα λύματα επεξεργασίας είναι μηδενικά σε όγκο ανά χρόνο, δηλαδή καταλήγουν στις λεκάνες απορροής χωρίς καμία επεξεργασία.



Εικόνα 5.14 Πρόσθετα στάδια επεξεργασίας στο Μαρκόπουλο Αττικής

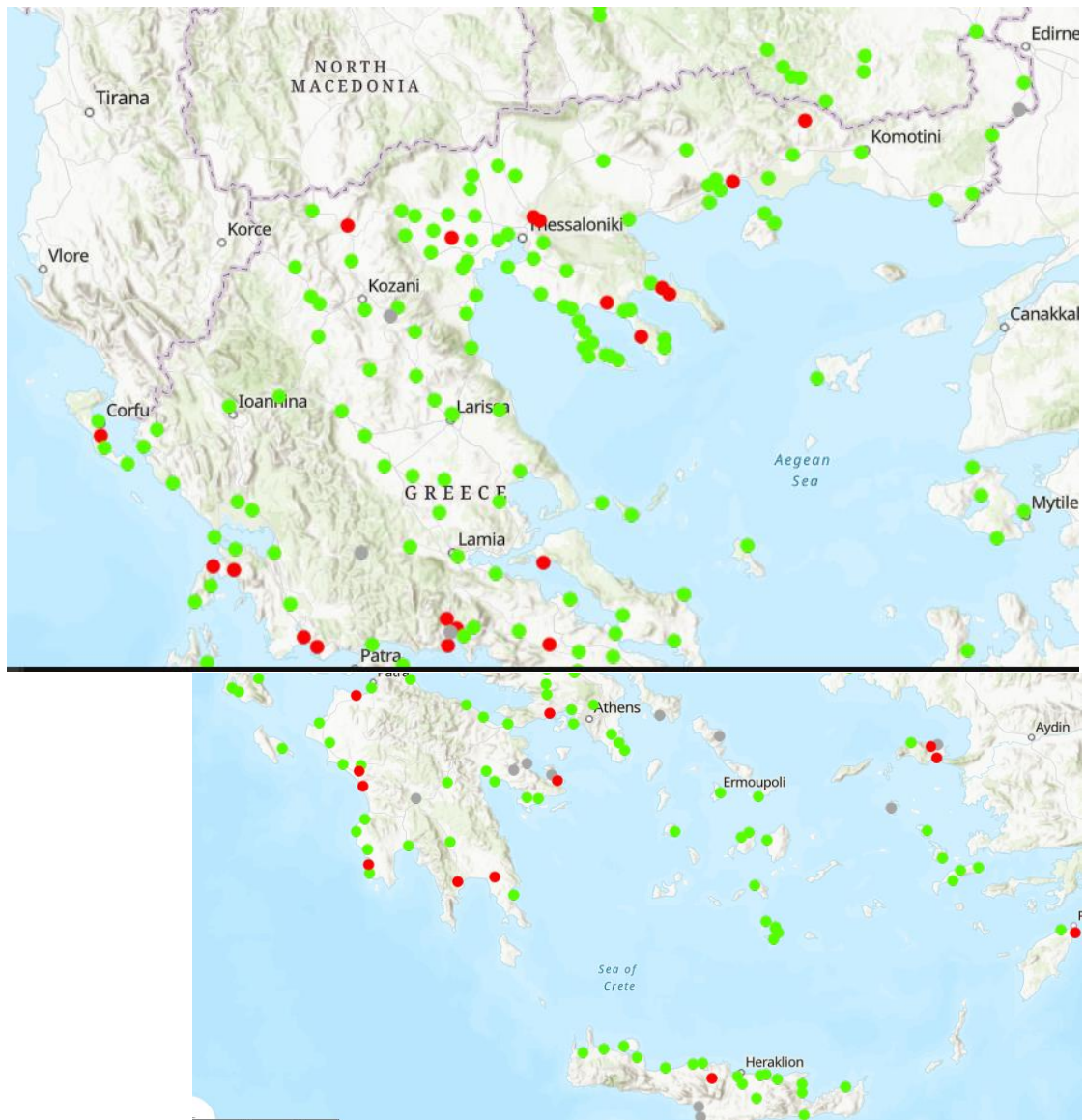
Αυτό το επίπεδο, Εικόνα 5.15, εμφανίζει τη συνολική απόδοση (δηλαδή τη συμμόρφωση μεμονωμένων μονάδων επεξεργασίας με τα πρότυπα εκροής που ορίζονται από την Οδηγία).

Η αξιολόγηση εξετάζει εάν οι συγκεντρώσεις των λυμάτων της ζήτησης βιολογικού οξυγόνου (BOD), της ζήτησης χημικού οξυγόνου (COD), του ολικού αζώτου (Ntotal) και του ολικού φωσφόρου (Ptotal) συμμορφώνονται με τα πρότυπα εκροής για τη σχετική κατηγορία μεγέθους εγκαταστάσεων.

Εφαρμόστηκαν αρχές για τον προσδιορισμό της συνολικής (συγκεντρωτικής) συμμόρφωσης:

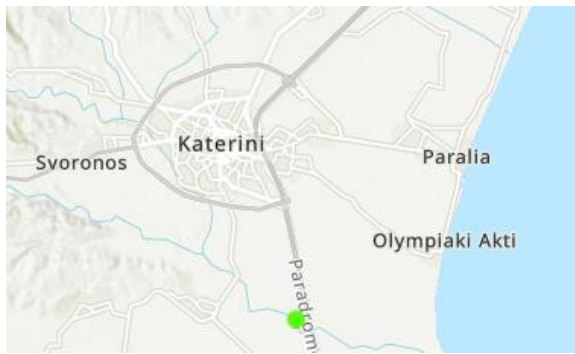
- όταν τα δεδομένα παρακολούθησης δεν υπερβαίνουν την οριακή τιμή για τουλάχιστον μία παράμετρο, η συνολική συμμόρφωση με την απόδοση είναι «αποτυχία», ανεξάρτητα από τον αριθμό των εγγραφών που αναφέρονται ως «μη σχετικές».

- όταν τα δεδομένα παρακολούθησης υπερέβαιναν την οριακή τιμή για τουλάχιστον μία παράμετρο και για τις υπόλοιπες παραμέτρους η απόδοση αναφέρθηκε ως «μη σχετική», η συνολική συμμόρφωση με την απόδοση θα ήταν «επιτυχής».
- όπου η απόδοση αναφέρθηκε ως «μη σχετική» για όλες τις παραμέτρους, τότε η συνολική συμμόρφωση με τις επιδόσεις θα εμφανιζόταν ως «δεδομένα μη διαθέσιμα». Μια τέτοια κατάσταση μπορεί να προκύψει για μονάδες που εξυπηρετούν οικισμούς για τους οποίους η προθεσμία υλοποίησης δεν έχει λήξει.



Εικόνα 5.15 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στην Ελλάδα

Ξεκινώντας από την πόλη της Κατερίνης παρατηρούμε ● κύκλο (Εικόνα 5.16, που σημαίνει ότι τα δεδομένα παρακολούθησης υπερέβαιναν την οριακή τιμή για τουλάχιστον μία παράμετρο και για τις υπόλοιπες παραμέτρους η απόδοση αναφέρθηκε ως «μη σχετική», η συνολική συμμόρφωση με την απόδοση θα ήταν «επιτυχής».



Εικόνα 5.16 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην Κατερίνη

Έπειτα, στον νησί της Άνδρου υπάρχει ένας ● κύκλος, Εικόνα 5.17, που σημαίνει ότι η απόδοση αναφέρθηκε ως «μη σχετική» για όλες τις παραμέτρους, τότε η συνολική συμμόρφωση με τις επιδόσεις θα εμφανιζόταν ως «δεδομένα μη διαθέσιμα». Μια τέτοια κατάσταση μπορεί να προκύψει για μονάδες που εξυπηρετούν οικισμούς για τους οποίους η προθεσμία υλοποίησης δεν έχει λήξει.



Εικόνα 5.17 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στην Άνδρο

Τέλος, σχετικά με την περιοχή των Μεγάρων παρατηρούμε έναν ● κύκλο, Εικόνα 5.18, που υποδηλώνει ότι τα δεδομένα παρακολούθησης δεν υπερβαίνουν την οριακή τιμή για τουλάχιστον μία παράμετρο, η συνολική συμμόρφωση με την απόδοση είναι «αποτυχία».



Εικόνα 5.18 Συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας στα Μέγαρα

5.3 Ανισορροπίες θρεπτικών (ρεύματα WW, ανάγκη για θρεπτικά σε σοδιές κλπ)

Σύμφωνα με την Οδηγία του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (91 /271 /ΕΟΚ) αναφέρονται: Κριτήρια προσδιορισμού ευαίσθητων και λιγότερο ευαίσθητων περιοχών. Συγκεκριμένα:

Ευαίσθητες περιοχές

Μια υδάτινη μάζα χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητη περιοχή, αν εμπίπτει σε μία από τις εξής ομάδες: α) φυσικές λίμνες γλυκών υδάτων, εκβολές ποταμών και παράκτια ύδατα όπου παρουσιάζεται ευτροφισμός ή όπου μπορεί, στο εγγύς μέλλον, να παρουσιασθεί ευτροφισμός αν δεν ληφθούν προστατευτικά μέτρα.

Όταν εξετάζεται ποια θρεπτικά συστατικά πρέπει να μειωθούν με περαιτέρω επεξεργασία, μπορούν να λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία: i) λίμνες και ρεύματα τα οποία καταλήγουν σε λίμνες/ταμιευτήρες/κλειστούς όρμους που διαπιστώνεται ότι έχουν ασθενή εναλλαγή ύδατος, οπότε μπορεί να συμβεί συσσώρευση. Στις περιοχές αυτές, η επεξεργασία πρέπει να περιλαμβάνει την αφαίρεση του φωσφόρου, εκτός εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι η αφαίρεση δεν θα επηρεάσει το επίπεδο ευτροφισμού. Όπου πραγματοποιούνται απορρίψεις από μεγάλους οικισμούς, μπορεί επίσης να εξεταστεί η αφαίρεση του αζώτου, ii) εκβολές ποταμών, όρμοι και άλλα παράκτια ύδατα που διαπιστώνεται ότι έχουν ασθενή εναλλαγή ύδατος ή που δέχονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών.

Οι απορρίψεις από μικρούς οικισμούς συνήθως είναι δευτερεύουσας σημασίας στις περιοχές αυτές αλλά, για τους μεγάλους οικισμούς, η επεξεργασία πρέπει να περιλαμβάνει την αφαίρεση του φωσφόρου ή/και του αζώτου, εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί ότι η αφαίρεση αυτή δεν θα επηρεάσει το επίπεδο ευτροφισμού · β) επιφανειακά γλυκά ύδατα προοριζόμενα για την άντληση πόσιμου νερού τα οποία θα μπορούσαν να περιέχουν νιτρικά ιόντα σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από εκείνη που προβλέπουν οι συναφείς διατάξεις της οδηγίας 75/440/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 1975 περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα κράτη μέλη (') αν δεν ληφθούν προστατευτικά μέτρα· γ) περιοχές όπου περαιτέρω επεξεργασία από την προδιαγραφόμενη στο άρθρο 4 της παρούσας οδηγίας είναι αναγκαία, για την τήρηση των οδηγιών του Συμβουλίου. Β.

Λιγότερο ευαίσθητες περιοχές

Μια θαλάσσια υδάτινη μάζα ή περιοχή μπορεί να χαρακτηρίζεται ως λιγότερο ευαίσθητη περιοχή αν τα απορριπτόμενα λύματα δεν θίγουν το περιβάλλον λόγω της μορφολογίας, της υδρολογίας ή των ειδικών υδραυλικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή. Κατά τον προσδιορισμό των λιγότερο ευαίσθητων περιοχών, τα κράτη μέλη λαμβάνουν υπόψη τον κίνδυνο μεταφοράς του απορριπτόμενου φορτίου σε γειτονικές περιοχές, όπου μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς το περιβάλλον.

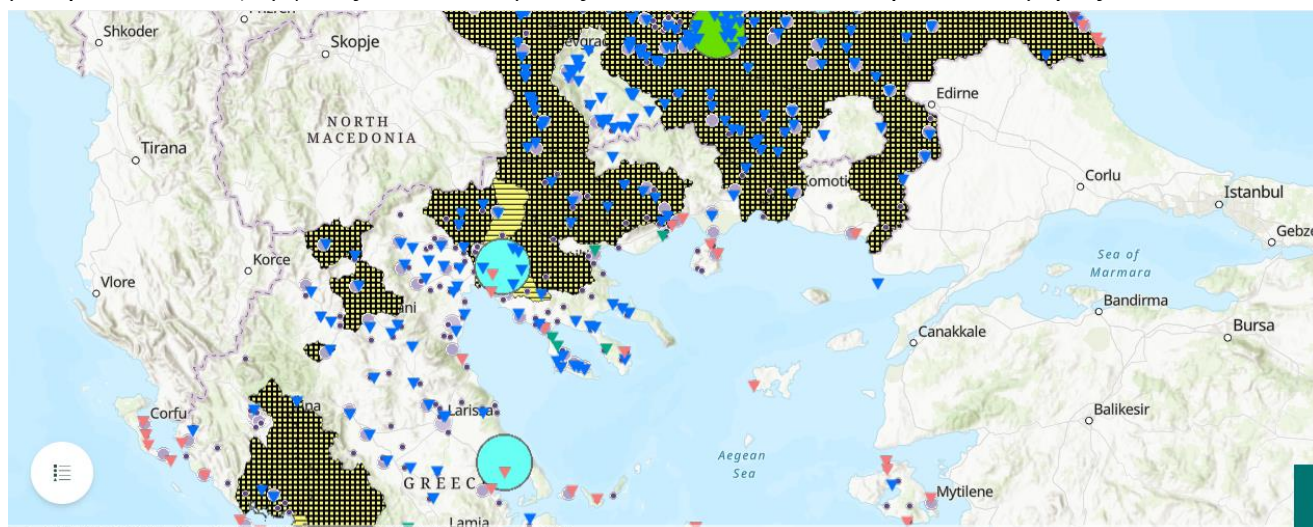
Τα κράτη μέλη αναγνωρίζουν τις ευαίσθητες περιοχές που υπάρχουν εκτός της εθνικής τους δικαιοδοσίας. Κατά τον προσδιορισμό των λιγότερο ευαίσθητων

περιοχών, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής στοιχεία: Ανοικτοί όρμοι, εκβολές ποταμών και άλλα παράκτια ύδατα με καλή εναλλαγή ύδατος και στα οποία δεν παρουσιάζεται ευτροφισμός ή εξάντληση οξυγόνου ή στα οποία θεωρείται απίθανο να παρουσιαστεί ευτροφισμός ή εξάντληση οξυγόνου εξαιτίας της απόρριψης αστικών λυμάτων.

Αυτό το επίπεδο δείχνει ευαίσθητες περιοχές όπως ορίζονται από τα κράτη μέλη. Αυτό το στρώμα εμφανίζει τις περιοχές που λαμβάνουν απορρίψεις από οικισμούς. Το στρώμα ορίζει λεκάνες απορροής ευαίσθητων περιοχών, περιοχές που ορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 8 της Οδηγίας και κανονικές περιοχές όπου δεν απαιτείται αυστηρότερη επεξεργασία των λυμάτων.

Επιπλέον, το στρώμα υποδεικνύει επίσης συγκεκριμένους τύπους ευαισθησίας: άζωτο, φώσφορο, άζωτο και φώσφορο και άλλους τύπους ευαισθησίας, που καθορίζουν τις απαιτήσεις ανά τύπο αυστηρότερης επεξεργασίας. Η ημερομηνία προσδιορισμού προσδιορίζει πότε ορίστηκε μια ευαίσθητη περιοχή. Ο τύπος της ευαίσθητης περιοχής προσδιορίζεται: ποτάμι, λίμνη, παράκτιο νερό, μεταβατικό νερό ή λεκάνη απορροής. Καθορίζει επίσης ποιο άρθρο του UWWTD ορίστηκε η ευαίσθητη περιοχή (π.χ.: Το A523 είναι μια ευαίσθητη περιοχή που ορίζεται σύμφωνα με τα άρθρα 5.2 και 5.3 της Οδηγίας).

Το επίπεδο καταρτίστηκε με βάση χωρικά δεδομένα που αναφέρθηκαν από τα κράτη μέλη. Οι λεκάνες απορροής εμφανίζονται σε όλες τις κλίμακες, ενώ ο τύπος ευαισθησίας (που φαίνεται με την εκκόλαψη των πολυγώνων των λεκανών απορροής) εμφανίζεται σε κλίμακες που είναι λιγότερο λεπτομερείς από 1:1 000 000. Οι επιμέρους περιοχές υποδοχής (ευαίσθητα ποτάμια, ακτές, λίμνες, παράκτιες περιοχές και μεταβατικά ύδατα) εμφανίζονται σε κλίμακες που είναι 1:2 000 000 ή πιο λεπτομερείς.



Εικόνα 5.19 Τύποι ευαισθησίας N,P και συνδιασμοί αυτών στην Ευρώπη

Όπως φαίνεται στον χάρτη που απεικονίζεται στην Εικόνα 5.20, στην Ελλάδα διακρίνουμε περιοχές με κάθετες γραμμές |||, οριζόντιες γραμμές —, αλλά και συνδυασμό αυτών $\begin{matrix} \text{|||} \\ \text{—} \end{matrix}$. Οι οριζόντιες γραμμές αφορούν την ευαισθησία σε άζωτο, οι κάθετες σε φώσφορο ενώ ο συνδυασμός των γραμμών δείχνουν την ευαισθησία σε άζωτο και φώσφορο μαζί.



Εικόνα 5.20 Τύποι ευαισθησίας N, P και συνδιασμοί αυτών στην Ελλάδα[36][37]

Κύρια Συμπεράσματα

- Έγινε αναφορά στα αστικά απόβλητα της Ελλάδας με τη βοήθεια χαρτών, που απεικονίζουν επεξεργασίες αστικών λυμάτων με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας και την επεξεργασία αστικών λυμάτων στις χώρες τις ΕΕ-28.
- Σκοπός της συγκεκριμένης ανάλυσης ήταν να αντιληφθούν οι θεατές και να συγκρίνουν το επίπεδο συμμόρφωσης με την Οδηγία και την υποδομή επεξεργασίας λυμάτων σε όλη την Ευρώπη ή και εντός των χωρών.
- Το επίπεδο επίδρασης των αστικών λυμάτων στα υδάτινα οικοσυστήματα καθορίζεται από την καλή επεξεργασία των λυμάτων και την ευαισθησία του νερού στο οποίο απορρίπτονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° |

6. Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών ανάκτησης θρεπτικών

Παρόλο που οι τεχνολογίες παρασκευής (μετά την ανάκτηση των θρεπτικών συστατικών) – διακίνησης – εμπορίας και εφαρμογής λιπασμάτων βιολογικής βάσης είναι χαμηλότερου κόστους και φιλικότερες προς το περιβάλλον, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στην εφαρμοσιμότητά τους. Οι περιορισμοί αυτοί θα αναλυθούν εκτενώς στο παρόν κεφάλαιο.

Σε γενικά πλαίσια, περιλαμβάνουν παράγοντες που δε μπορούν να προμελετηθούν όπως είναι το περιβάλλον (κλίμα, εξάρτηση από την εποχή), η οικονομική κατάσταση των άμεσα εμπλεκόμενων (προσφορά – ζήτηση), η άγνοια, παράγοντες στους οποίους δε μπορεί (ακόμα) να δοθεί προτεραιότητα όπως είναι η ανάπτυξη τεχνολογίας (ανάγκη για συνεχή εκσυγχρονισμό), οι υποδομές, και παράγοντες που αφορούν στην αναβάθμιση της τρέχουσας κατάστασης όπως είναι οι απαιτήσεις για ποιότητα, το μάρκετινγκ κ.λ.π..

Παρακάτω, παρατίθενται στην αρχή συνοπτικά και στη συνέχεια με μεγαλύτερη επεξηγηματικότητα κάποιοι από τους κύριους λόγους δυσκολίας εφαρμογής των λιπασμάτων βιολογικής βάσης σε σύγκριση με τα συμβατικά λιπάσματα:

1. Παρόλο που οι οργανικές πηγές λιπασμάτων μπορούν και πρέπει να συμβάλουν περισσότερο στον εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά συστατικά, φαίνεται ότι η εξάρτηση από τη χρήση ορυκτών λιπασμάτων για την κάλυψη των αναγκών σε τρόφιμα των ανθρώπινων πληθυσμών, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες δε μπορεί να ξεπεραστεί.

2. Υπάρχει έλλειψη στρατηγικής επίλυσης προβλημάτων γεωργικής έρευνας που να σχετίζεται με τη διαχείριση των καλλιεργειών φυτών και την ενσωμάτωση ορυκτών και οργανικών πηγών φυτικών θρεπτικών συστατικών στο έδαφος.

3. Υπάρχει ανάγκη για προσαρμοσμένες στις ανάγκες των γεωργών προσεγγίσεις των τεχνολογιών παραγωγής και διαχείρισης λιπασμάτων βιολογικής βάσης.

4. Είναι ανάγκη να διευκρινιστεί στις εθνικές κυβερνήσεις ότι στις περισσότερες περιπτώσεις των αναπτυσσόμενων χωρών, η προσοχή στο μέλλον των γεωργικών τους τομέων είναι ύψιστης σημασίας, συμπεριλαμβανομένων των μακροοικονομικών ζητημάτων και άλλων συναφών τομεακών πολιτικών που επηρεάζουν τις μεταφορές και την ενέργεια.

5. Λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες προβλέψεις για την παραγωγική ικανότητα, οι τιμές των λιπασμάτων είναι πιθανό να αυξηθούν, ιδίως εκείνων των φωσφορικών αλάτων (εξαιτίας των μεταφορών και της ενέργειας που αναφέρθηκαν παραπάνω).

6. Ενώ σε ορισμένες περιοχές είναι δυνατή και επιθυμητή η αξιοποίηση λιπασμάτων βιολογικής προέλευσης αλλά και βιολογικής βάσης, η αυξημένη χρήση συμβατικών λιπασμάτων είναι απαραίτητη για να αποφευχθεί η χαμηλή παραγωγή βιομάζας στην περιοχή.

7. Αν και οι αγρότες συχνά εκτιμούν την ανάγκη για εισροές λιπασμάτων, αυτό δεν μεταφράζεται ακόμη σε αποτελεσματική ζήτηση λιπασμάτων βιολογικής βάσης λόγω των ανασφαλών (λόγω άγνοιας μέχρι σήμερα) προμηθειών και σε ορισμένες

περιπτώσεις επειδή οι αγρότες δεν λαμβάνουν υποστήριξη στην αξιοποίηση των λιπασμάτων βιολογικής βάσης για να ξεπεραστούν κίνδυνοι που συνδέονται με την παραγωγή τροφίμων σε οριακές γεωροκλιματικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες.

8. Υπάρχει ανισορροπία στην παροχή αζώτου, φωσφόρου και καλίου (με τις εφαρμογές των δύο τελευταίων θρεπτικών συστατικών να είναι συχνά πολύ χαμηλές) ιδιαίτερα στην εντατική καλλιέργεια αλλά κυρίως σε εκτάσεις με αλλαγές στην αλληλουχία των καλλιεργειών που καθιστά λιγότερο αποτελεσματικές τις τρέχουσες πρακτικές διαχείρισης των ανακτημένων θρεπτικών συστατικών για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης.

9. Αρχίζουν να εμφανίζονται ελλείψεις στην παρουσία δευτερευόντων θρεπτικών και μικροθρεπτικών συστατικών στα λιπάσματα βιολογικής βάσης ιδιαίτερα όταν αυτά πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε εδάφη που έχουν έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή αβέβαιη παροχή νερού.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόβλημα προμήθειας πρώτων υλών για λιπάσματα φωσφόρου και καλίου έχει πλέον γίνει πραγματικότητα και δεν αποτελεί μελλοντικό σενάριο επομένως, τα προβλήματα που σημειώθηκαν είναι απαραίτητα εκτός από πρέπει να αντιμετωπιστούν και να ξεπεραστούν.[42] (Paarlberg & International Food Policy Research Institute., 2000)

Επεξηγηματικότερα τα κυριότερα εμπόδια της εφαρμογής λιπασμάτων βιολογικής βάσης αφορούν:

i. στην απουσία εξειδικευμένου τεχνικού προσωπικού

Ανεπαρκές προσωπικό και πείρα, καθώς και το ειδικό τεχνικό προσωπικό που δεν είναι αρκετά επαγγελματικό, μπορεί να οδηγήσει σε τεχνικά προβλήματα στην εφαρμογή της τεχνολογίας παραγωγής λιπασμάτων βιολογικής προέλευσης. Η έλλειψη τεχνικών πληροφοριών και δεξιοτήτων για την εφαρμογή λιπασμάτων βιολογικής βάσης από επεξεργασία λυμάτων είναι το κύριο εμπόδιο στην υψηλή ένταση, επειδή οι παραγωγοί γεωργικών προϊόντων δεν λαμβάνουν την κατάλληλη καθοδήγηση σχετικά με την εφαρμογή τους.

Το πρόγραμμα εφαρμογής δεν είναι καλά οργανωμένο και δεν υπάρχει ελεύθερος χρόνος για την εφαρμογή βιολογικού λιπάσματος κατά την περίοδο φύτευσης η έλλειψη τεχνικής γνώσης εμβολιασμού από το προσωπικό και τους αγρότες είναι ένα άλλο σημαντικό ζήτημα. Το μεγαλύτερο μέρος του προσωπικού μάρκετινγκ και πωλήσεων δεν γνωρίζει την ακριβή τεχνική εμβολιασμού. Τα βιολογικά λιπάσματα είναι ζωντανοί οργανισμοί που απαιτούν κατάλληλο χειρισμό, μεταφορά και αποθήκευση.

Η έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού σε συγκεκριμένους τομείς είναι ένας από τους μεγαλύτερους περιορισμούς και αυτό διότι τα λιπάσματα δεν είναι συγκεκριμένα μόνο για μια καλλιέργεια αλλά και για ειδικό τύπο εδάφους.

ii. στα μικροβιακά στελέχη που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης

Η χρήση ακατάλληλων και αναποτελεσματικών μικροβιακών στελεχών για την παραγωγή βιολογικών λιπασμάτων θα έχει ως αποτέλεσμα μικρό αριθμό μικροοργανισμών, που αποτελεί σημαντικό περιορισμό. Επιπλέον, σε σύγκριση με άλλα μικροβιακά στελέχη υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, τα επιλεγμένα μικροβιακά στελέχη θα πρέπει να είναι ανταγωνιστικά. Πρέπει επίσης να μπορούν να επιβιώσουν σε υγρά μέσα.

Ένα άλλο πρόβλημα μπορεί να είναι τα υψηλά επίπεδα ρύπων. Επομένως, το καλύτερο προϊόν πρέπει να περιέχει καλά και αποτελεσματικά στελέχη στη σωστή συγκέντρωση (πληθυσμός) και να είναι απαλλαγμένο από άλλους μικροοργανισμούς. Επιπλέον, στην περίπτωση των προβληματικών εδαφών (όξινα, αλμυρά και αλκαλικά) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν βιολογικά λιπάσματα λόγω της μειωμένης αποτελεσματικότητάς τους. Όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή, η εφαρμογή βιολογικού λιπάσματος είναι επίσης ανεπιτυχής. Αν η περιεκτικότητα του εδάφους σε φώσφορο δεν είναι ιδανική, το αποτέλεσμα της εφαρμογής βιολογικού λιπάσματος μπορεί να αναμένεται να μην είναι ικανοποιητικό.

Τέλος, τα λιπάσματα βιολογικής προέλευσης την ώρα της καλλιέργειας έχουν την τάση να αλλάζουν τη λειτουργικότητά τους με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος της παραγωγής αλλά και τον ποιοτικό έλεγχο της συγκεκριμένης διαδικασίας

iii. στην ποιότητα των μονάδων παραγωγής

Η έλλειψη επαγγελματιών στις παραγωγικές μονάδες θα οδηγήσει σε ακατάλληλο χειρισμό και εργασία στην παραγωγική διαδικασία. Η ποιότητα του μέσου καλλιέργειας. Η αδυναμία χρήσης μέσου κατάλληλου για πολλαπλασιασμό βακτηρίων είναι ο κύριος λόγος για τη μείωση της διάρκειας ζωής των βιολογικών λιπασμάτων. Ανάλογα με τη διαθεσιμότητα και το κόστος της μονάδας παραγωγής, πρέπει να επιλεγεί το υλικό μεταφοράς. Ένας φορέας υψηλής ποιότητας πρέπει να έχει καλή ενυδατική ικανότητα, χωρίς τοξικές ουσίες, να διασκορπίζεται εύκολα και να ρυθμίζεται εύκολα η τιμή του pH. Ακόμα, όμως δεν υπάρχει κάποιος ικανός φορέας. Ο οποίος θα είναι κατάλληλος να βοηθάει στην ανάπτυξη των βιολιπασμάτων υπό κλιματολογικές συνθήκες.

Στα βιολογικά λιπάσματα που βασίζονται σε φορείς, οι μικροοργανισμοί μπορούν να διατηρήσουν ζωνρότητα μόνο για έξι μήνες. Δεν είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία και σε θερμοκρασίες άνω των 30°C. Επομένως, τα βιολογικά λιπάσματα με βάση τους φορείς έχουν κακή επίδραση και είναι πολύ δημοφιλή στους αγρότες. Πιθανά μέτρα για τη μείωση αυτών των ελλείψεων περιλαμβάνουν τη χρήση αποστειρωμένων μέσων και την εγκατάσταση μιας κεντρικής μονάδας με εξοπλισμό αποστείρωσης, τον προσδιορισμό των δημοσίων φορέων σε διάφορες χώρες με βάση τη διαθεσιμότητα και τις συμβουλές προς τους παραγωγούς.

Η διάρκεια ζωής των μικροοργανισμών σε υγρό οργανικό λίπασμα είναι δύο χρόνια. Είναι ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες (55°C) και στην υπεριώδη ακτινοβολία. Δεδομένου ότι είναι σε υγρή μορφή, η εφαρμογή τους και στον τομέα αυτό είναι πολύ απλή και εύκολη. Αυτά τα προϊόντα χρησιμοποιούνται με τη βοήθεια ψεκαστών χειρός, ηλεκτρικών ψεκαστών, δεξαμενών υδρομασάζ κ.λπ.

iv. στους περιορισμούς των υποδομών

α. Εγκαταστάσεις παραγωγής

Η έλλειψη κατάλληλων εγκαταστάσεων παραγωγής οφείλεται κυρίως στους περιορισμούς των υποδομών. Επιπλέον, η ανεπαρκής προμήθεια πρώτων υλών και η έλλειψή τους την κατάλληλη στιγμή μπορεί να δημιουργήσει άλλο πρόβλημα. Η εμπορία λιπασμάτων βιολογικής βάσης είναι ανεπαρκής και υπάρχει έλλειψη τακτικής ενημέρωσης σχετικά με τη χρήση λιπασμάτων βιολογικής βάσης, γεγονός που δημιουργεί αβεβαιότητα και κινδύνους για τους αγρότες.

β. Εξοπλισμός

Η στέρηση του βασικού εξοπλισμού, τροφοδοσίας κ.λπ. Αυτό οδηγεί σε αύξηση της εργασίας, γιατί σε αυτή την περίπτωση η διαδικασία κατασκευής είναι αργή και χρονοβόρα.

γ. Εργαστήρια, χώροι παραγωγής και αποθήκες

Η διαθεσιμότητα εργαστηρίων, χώρων παραγωγής, αποθηκών και άλλων χώρων είναι πολύ σημαντική. Προκειμένου να επεκταθεί η παραγωγή βιολογικών λιπασμάτων, χρειάζεται περισσότερη γη για την καλλιέργεια φυτών, όπως τα φυτά πράσινης κοπριάς. Η έλλειψη επιδοτήσεων και κανονισμών για την πώληση βιολογικών λιπασμάτων σε λογικές τιμές είναι ένα άλλο σημαντικό σημείο. Ωστόσο, η αυξανόμενη ζήτηση για βιολογικά λιπάσματα και η ευαισθητοποίηση των παραγωγών γεωργικών προϊόντων για τη χρήση τους έχουν προωθήσει την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης και έχουν ενθαρρύνει τους επιχειρηματίες να ασχοληθούν με αυτό.

i. στους οικονομικούς περιορισμούς

α. Χρηματοδότηση

Η έλλειψη επαρκών πόρων και το πρόβλημα της λήψης τραπεζικών δανείων αποτελούν σοβαρό εμπόδιο. Η γενική χρήση και το κόστος των ανόργανων λιπασμάτων αυξάνεται συνεχώς. Ταυτόχρονα, η αποτελεσματική χρήση τους εξακολουθεί να είναι χαμηλή και οι νόμοι και τα περιβαλλοντικά πρότυπα ασκούν πίεση στην εφαρμογή τους. Ως υποκατάστατο, το λίπασμα βιολογικής βάσης έχει υψηλή απόδοση, σχετικά χαμηλό κόστος και ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Προς το παρόν, τα κεφάλαιά τους αυξάνονται συνεχώς

β. Απόδοση των πωλήσεων

Η βιομηχανία βιολογικών λιπασμάτων είναι ευάλωτη λόγω της χαμηλής απόδοσης των πωλήσεων προϊόντων μικρότερων παραγωγικών μονάδων. Πρόκειται για σοβαρό πρόβλημα, γιατί η οργάνωση και λειτουργία των μεγάλων παραγωγικών μονάδων είναι πολύπλευρη και επιστημονικά, οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα που χρήζουν επίλυσης.

i. στους φυσικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς

α. Εποχικότητα στη ζήτηση για λιπάσματα (ανεξαρτήτου βάσης)

Η ζήτηση για λιπάσματα είναι εποχιακή, όπως και η ζήτηση για προμήθειες λιπασμάτων από ανανεώσιμες πηγές, όπως από επεξεργασία λυμάτων, επομένως η παραγωγή και η διανομή λιπασμάτων πραγματοποιείται μόνο ορισμένους μήνες του έτους. Οι παραγωγοί οργανικών λιπασμάτων αντιμετωπίζουν εξίσου την πρόκληση της

ανάπτυξης βελτιωμένων συνθέσεων, της προσαρμογής στις τοπικές συνθήκες και της απόρριψής τους σε ένα σύστημα που ανταποκρίνεται στις χωρικές και χρονικές αλλαγές στην απόκριση των καλλιεργειών. Επομένως, απαιτείται εκτεταμένη επιστημονική έρευνα. Η τεχνολογία της σύνθεσης μπορεί να αναπτυχθεί για να καλύψει αυτές τις απαιτήσεις. Χωρίς τέτοια έρευνα, οι παραγωγοί δεν θα είναι σε θέση να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητες των οργανικών λιπασμάτων.

β. Γεωργικά μέτρα

Η εφαρμογή βιολογικών λιπασμάτων εξαρτάται συνήθως από άλλες γεωργικές δραστηριότητες που πρέπει να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα, αλλά και από το σύντομο χρονικό διάστημα της σποράς/ φύτευσης σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Έτσι, τα λιπάσματα βιολογικής προέλευσης πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες δοσολογίες με βάση τη σύσταση της αντίστοιχης εφαρμογής. Κάθε άλλη ακατάλληλη εφαρμογή φυτοφαρμάκων με κακή ποιότητα και δυνατές δοσολογίες θα ελαττώσουν την απόδοση των λιπασμάτων βιολογικής προέλευσης.

γ. Χαρακτηριστικά του εδάφους

Οι ιδιότητες του εδάφους, όπως η αλατότητα, η οξύτητα, η ξηρότητα, η κατακράτηση υγρασίας κ.λπ., είναι καθοριστικής σημασίας. Υψηλή θερμοκρασία εδάφους ή χαμηλή υγρασία εδάφους, ακραίο pH του εδάφους, κακή διαθεσιμότητα φωσφόρου και μολυβδαινίου και παρουσία μεγάλων φυσικών πληθυσμών ή παρουσία βακτηριοφάγων, πρέπει να ληφθούν υπόψη επειδή επηρεάζουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Για παράδειγμα, η απόδοση στο πεδίο των οργανικών λιπασμάτων όπως τα εμβόλια αζωτοδέσμευσης δεν επηρεάζεται μόνο από τα χαρακτηριστικά των φυτών και τα εμβόλια, αλλά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (δηλ. εδαφικές και κλιματικές συνθήκες), καθώς και από την γεωπονική διαχείριση. Το pH του εδάφους επηρεάζει τον μικροβιακό πληθυσμό, δηλαδή την επιβίωση των στελεχών και την παρουσία θρεπτικών ουσιών. Αυτή η επίδραση και η σχέσεις με την διαθεσιμότητα και την επιβίωση των ωφέλιμων μικροοργανισμών στα βιο-λιπάσματα που εφαρμόζονται στο έδαφος, μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Ένας υγιής πληθυσμός μικροοργανισμών που είναι χρήσιμοι για την ανάπτυξη των φυτών είναι δύσκολο να διατηρηθεί σε χαμηλό pH. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών όπως ο φώσφορος και το μολυβδαίνιο θα έχει αρνητικό αντίκτυπο στον σχηματισμό οξιδίων και θα μειώσει τους πληθυσμούς δέσμευσης αζώτου, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά τη βιολογική δέσμευση αζώτου. Σε ανόργανα εδάφη, το μέγιστο διαθέσιμο εύρος pH του φωσφόρου είναι πολύ μικρό (pH 6,5-7,0). Για το μολυβδαίνιο, αυτή η κατάσταση είναι σχετικά αποδεκτή (5,5-7) και μειώνεται σημαντικά σε ένα pH επιρρεπές στην ξηρασία, επειδή επιτρέπουν στις καλλιέργειες να επιβιώσουν αυξάνοντας την αποδοτικότητα χρήσης νερού.

Αυτό το δυναμικό των βιο-λιπασμάτων είναι ένα πολύ ελπιδοφόρο εργαλείο για την αντιμετώπιση της κατάστασης στις αυξανόμενες περιστασιακές εποχιακές ξηρασίες που συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών. Για παράδειγμα, οι μελέτες πεδίου στην Αφρική έχουν δείξει ότι αζωτοδεσμευτικά εμβόλια βελτιώνουν την απόδοση από αλφάλφα, τριγωνέλλα, φασόλια, μπιζέλια για ζωοτροφή και φασολάκια που καλλιεργούνται σε συνθήκες ξηρασίας.

v. στους περιορισμούς που σχετίζονται με το ανθρώπινο δυναμικό και την ποιότητα της παραγωγής.

α. Αρμοδιότητες του προσωπικού

Οι ανεπαρκείς άνθρωποι, οικονομικοί και υλικοί πόροι θα θέσουν σε κίνδυνο την παραγωγή και χρήση βιολογικών λιπασμάτων. Η έλλειψη ειδικευμένου προσωπικού στις παραγωγικές μονάδες είναι σοβαρό πρόβλημα. Αυτός ο περιορισμός σχετίζεται άμεσα με την έλλειψη κατάλληλης εκπαίδευσης και την απόκτηση τεχνικών δεξιοτήτων για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης. Η βελτίωση της τεχνικής και της ικανότητας προσωπικού για τον ποιοτικό έλεγχο των βιολογικών λιπασμάτων θεωρείται επίσης βασικός δείκτης για την πλήρη εμπορία βιολογικών λιπασμάτων. Φαίνεται ότι οι πολιτικές στήριξης της κυβέρνησης είναι πολύ σημαντικές για να διασφαλιστεί ότι μόνο οργανικά λιπάσματα υψηλής ποιότητας μπορούν να πωλούνται νόμιμα.

β. Εκπαίδευση και κατάρτιση για τα βιολογικά λιπάσματα

Η ακατάλληλη διάθεση οργανικών αποβλήτων συνιστά μεγάλη απειλή για το περιβάλλον και υψηλούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και, ως εκ τούτου, απαιτεί την εκπαίδευση των αγροτών από τους φορείς επέκτασης σχετικά με τον καλύτερο τρόπο χειρισμού των οργανικών αποβλήτων. Τα περισσότερα από αυτά τα απόβλητα είναι βιοαποδομήσιμα και μπορούν να μετατραπούν σε πολύτιμους πόρους που μειώνουν τις κατά τα άλλα αρνητικές επιπτώσεις τους. Η μετατροπή αυτών των άχρηστων υλικών σε πολύτιμους πόρους μπορεί να παρατηρηθεί στην παραγωγή οργανικών λιπασμάτων και στη μετέπειτα χρήση του ως πηγή θρεπτικών συστατικών των φυτών σε εντατική μικρής κλίμακας βιολογική παραγωγή και για τη διατήρηση της υγείας και της παραγωγικότητας του εδάφους. Η εκπαίδευση επέκτασης και η προώθηση της σωστής διαχείρισης απορριμμάτων από την κοινωνία μέσω της παραγωγής οργανικών λιπασμάτων και της επίδειξης της σκοπιμότητας της καλλιέργειας φυτών με χρήση οργανικού λιπάσματος ως κύριας πηγής θρεπτικών συστατικών των φυτών.(Alhassan et al., 2021)

Γενικά, η έλλειψη επαρκούς κατάρτισης στη βιολογική γεωργία και η ανεπαρκής κατανόηση των χαρακτηριστικών του τομέα της βιολογικής γεωργίας είναι τα κύρια προβλήματα. Επιπλέον, υπάρχει έλλειψη κατάλληλης εκπαίδευσης στην τεχνολογία παραγωγής και ανάπτυξης δεξιοτήτων για τη βελτίωση των μεθόδων παραγωγής οργανικών λιπασμάτων, έλλειψη γνώσης της συγκέντρωσης, του χρόνου και της εφαρμογής των βιολογικών λιπασμάτων και έλλειψη κατανόησης των διαφόρων φυτοφαρμάκων. Σημαντικά ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν ως προς τους περιορισμούς που σχετίζονται με το ανθρώπινο δυναμικό και την ποιότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Ακόμα, με την τεχνική εκπαίδευση για την παραγωγή και ποιοτικός έλεγχος του παραγωγού. Τέλος, με την παροχή τεχνικής βοήθειας και εγγυήσεων για τον κατασκευαστή όπου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

γ. Τεχνικές παραγωγής

Λόγω της έλλειψης προδιαγραφών και απαιτήσεων της διαχείρισης παραγωγής και των καταναλωτών, η μεγαλύτερη δυσκολία προκαλείται από την άγνοια των παραγωγών για την ποιότητα των προϊόντων. Η υποστήριξη της κυβέρνησης για την παραγωγή και χρήση βιολογικών λιπασμάτων μπορεί να φέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Πολλές χώρες εξουσιοδοτούν εθνικά ιδρύματα βιοτεχνολογίας να επιλύουν ζητήματα βιοασφάλειας για να διασφαλίσουν ότι τα προϊόντα είναι ασφαλή για τα φυτά, τα ζώα, τον άνθρωπο και το περιβάλλον, δημιουργώντας παράλληλα ένα ευνοϊκό περιβάλλον για καινοτομία. Η επενδυτική τάση στην παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα. Ωστόσο, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος σύντομης διάρκειας ζωής και ανασφαλούς αφαίρεσης βιολογικών λιπασμάτων, η παραγωγή αυτών των λιπασμάτων εξακολουθεί να είναι πολύ περιορισμένη.

δ. Προδιαγραφές για την ποιότητα και ταχείες μέθοδοι ελέγχου της ποιότητας

Ο ποιοτικός έλεγχος και η επίβλεψη των οργανικών λιπασμάτων είναι απαραίτητοι για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τα συνιστώμενα πρότυπα, την ασφάλεια των προϊόντων και την αποτελεσματικότητα των ενεργειών. Ο κίνδυνος πώλησης λιπασμάτων βιολογικής βάσης χαμηλής ποιότητας μέσω διεφθαρμένων πρακτικών πωλήσεων μπορεί να προκαλέσει απώλεια αξιοπιστίας στους αγρότες. Η συμμόρφωση των κατασκευαστών με ορισμένα πρότυπα ποιότητας είναι σημαντική για να διασφαλιστεί ότι μόνο προϊόντα κατάλληλης ποιότητας μπορούν να εισέλθουν στην αγορά. Είναι επίσης σημαντικό να παρακολουθείτε τακτικά τα προϊόντα στην αγορά για να διασφαλίζεται η ποιότητα των προϊόντων σε όλη την αλυσίδα λιανικής.

Η αξιολόγηση ορισμένων προϊόντων-βιολογικών λιπασμάτων έδειξε ότι τα περισσότερα συστατικά δεν συνάδουν με τα συστατικά που αναγράφονται στην ετικέτα του προϊόντος, κυρίως λόγω έλλειψης δραστικών συστατικών ή παρουσίας ακαθαρσιών. Η επιβολή της συμμόρφωσης με τα πρότυπα ποιότητας μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση αυτού του προβλήματος. Οι σαφείς απαιτήσεις ποιότητας θα διευκολύνουν επίσης τη διαδικασία έγκρισης για βιολογικά λιπάσματα. Η έλλειψη ποιοτικών κανονισμών και οι γρήγορες μέθοδοι ποιοτικού ελέγχου είναι οι λόγοι για τη ζημιά στην παραγωγή και τις προδιαγραφές των οργανικών λιπασμάτων.

Τα πρότυπα ποιότητας που βασίζονται στην ονομαστική αξία μεταξύ διαφορετικών χωρών μπορούν να προωθήσουν το περιφερειακό εμπόριο. Μια μέθοδος είναι ο συντονισμός με τα πρότυπα χωρών με πλούσια εμπειρία στη χρήση βιολογικών λιπασμάτων (όπως η Ινδία, η Νότια Αφρική, η Νέα Ζηλανδία, η Γαλλία, η Αυστραλία, ο Καναδάς κ.λπ.). Αυτό θα βελτιώσει την προστασία των καταναλωτών ενώ θα διευκολύνει το διασυνοριακό εμπόριο.

vi. στις νομικές ρυθμίσεις

Η έλλειψη αποτελεσματικής νομικής εποπτείας των βιολογικών λιπασμάτων είναι μια από τις μεγαλύτερες αποδείξεις χαμηλής διαθεσιμότητας και αποδοχής των προϊόντων. Λόγω έλλειψης πληροφοριών, υποδομών και ανθρώπινων πόρων, η έρευνα για τη βελτίωση της γεωργικής χρήσης βιολογικών λιπασμάτων συχνά διακόπτεται και λόγω έλλειψης ευνοϊκού ρυθμιστικού και πολιτικού πλαισίου. Λόγω ανεπαρκών

πολιτικών και ρυθμιστικών πλαισίων, τα πιθανά οφέλη των οργανικών λιπασμάτων παραμένουν σε μεγάλο βαθμό αναξιοποίητα. Η χαμηλή ζήτηση για οργανικά λιπάσματα μπορεί να είναι αποτέλεσμα ενός κακού ρυθμιστικού περιβάλλοντος. Ένα αποτελεσματικό ρυθμιστικό περιβάλλον μπορεί να αποκαλύψει σημαντικά τη δυνατότητα χρήσης οργανικών λιπασμάτων. Για να διασφαλιστεί ότι η δοκιμασμένη τεχνολογία δεν ανταγωνίζεται τα οργανικά λιπάσματα χαμηλής ποιότητας στην αγορά, απαιτούνται λειτουργικές κανονιστικές απαιτήσεις για τη βελτίωση του ποιοτικού ελέγχου, την προώθηση του θεμιτού εμπορίου και την ανάπτυξη της αγοράς οργανικών λιπασμάτων. Η έλλειψη κατάλληλου ρυθμιστικού πλαισίου για την ποιότητα των προϊόντων προωθεί την παραγωγή, διανομή και χρήση βιολογικών λιπασμάτων χαμηλής ποιότητας.

Ένα άλλο εμπόδιο στη χρήση βιολογικών λιπασμάτων είναι η δύσκολη διαδικασία καταχώρισης νέων προϊόντων. Η κακή διαχείριση της καταχώρισης λιπασμάτων και συμπληρωμάτων μπορεί να εμποδίσει την καινοτομία και να περιορίσει την πρόσβαση σε νέα προϊόντα που διαφορετικά θα έπρεπε να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητα των γεωργικών παραγωγών. Οι περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Βόρεια Αμερική και ορισμένες ασιατικές χώρες έχουν κάνει τις κατάλληλες ρυθμίσεις για τον έλεγχο των δυσκολιών αυτής της φύσης και τη δημιουργία ενός καλού επιχειρηματικού περιβάλλοντος για τα οργανικά λιπάσματα. Οι διαδικασίες καθαρής διαχείρισης είναι μια καλή πρακτική που επιτρέπει στις εταιρείες λιπασμάτων βιολογικής βάσης να εργάζονται σε ασφαλές περιβάλλον και να προσελκύουν νέους επενδυτές να συμμετέχουν στην παραγωγή τους.

Ωστόσο, αυτές οι οδηγίες της διοίκησης που δίνονται μέσα από κανονισμούς και αποτελούν πρόβλημα στο να εισαχθούν τα λιπάσματα βιολογικής βάσης στην αγορά, δεν υπάρχουν σε αρκετές χώρες. Είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο το οποίο θα εξασφαλίζει τις πολιτικές, τους νόμους, τους κανονισμούς, τα πρότυπα και τα θεσμικά μέτρα για να παροτρύνει την μελλοντική παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης.

Οι βασικοί περιορισμοί που το πλαίσιο αυτό θα μπορούσε να ξεπεράσει περιλαμβάνουν:

- Ανεπαρκείς ή ελλιπείς πολιτικές και κατευθυντήριες γραμμές για τη ρύθμιση των βιολογικών λιπασμάτων και των βιο-φυτοφαρμάκων
- Πολυάριθμες και συχνά αλληλεπικαλυπτόμενες ρυθμιστικές εντολές από τις αρμόδιες αρχές
- Περιορισμένη ικανότητα, συμπεριλαμβανομένου/ων του προσωπικού, των δεξιοτήτων, και των εργαστηρίων για την παρακολούθηση των προϊόντων
- Ανεπαρκής εφαρμογή του ποιοτικού ελέγχου για τα βιολογικά λιπάσματα και τα βιοφυτοφάρμακα
- Έλλειψη συγκεκριμένων κανόνων, προτύπων και κατευθυντηρίων γραμμών για τα βιο-λιπάσματα και βιο-φυτοφάρμακα
- Ασθενής θεσμικές ρυθμίσεις με περιορισμένη συνεργασία μεταξύ των αρμοδίων αρχών. (Bio-fit project, n.d.)

Κύρια Συμπεράσματα

- Αν και η τεχνολογία λιπασμάτων βιολογικής βάσης είναι σχετικά χαμηλού κόστους και φιλική προς το περιβάλλον, ορισμένοι περιοριστικοί παράγοντες περιορίζουν την εφαρμογή της.
- Υπάρχει έλλειψη στρατηγικής επίλυσης προβλημάτων γεωργικής έρευνας που να σχετίζεται με τη διαχείριση των καλλιεργειών φυτών και την ενσωμάτωση ορυκτών και οργανικών πηγών φυτικών θρεπτικών συστατικών στο έδαφος.
- Η απόδοση εξαρτάται από την τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης.
- Οι αγρότες προτιμούν τη χρήση χημικών παρά λιπασμάτων βιολογικής βάσης γιατί η εφαρμογή των τελευταίων απαιτεί περισσότερη εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7° |

7. Οδηγίες & Στρατηγικές της ΕΕ

Τα καινοτόμα προϊόντα λίπανσης, που συχνά περιέχουν θρεπτικά συστατικά ή οργανικά υλικά ανακυκλωμένα από βιολογικά απόβλητα ή άλλες δευτερογενείς πρώτες ύλες σύμφωνα με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, αντιμετωπίζουν δυσκολίες πρόσβασης στην εσωτερική αγορά λόγω της ύπαρξης δισταμένων κανόνων και προτύπων σε εθνικό επίπεδο.

Ο υφιστάμενος κανονισμός για τα λιπάσματα 'κανονισμός (ΕΕ) 2019/1009 του ΕΚ και του Συμβουλίου της 5ης Ιουνίου 2019 για τη θέσπιση κανόνων σχετικά με τη διάθεση προϊόντων λίπανσης της ΕΕ στην αγορά και για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 και (ΕΚ) αριθ. 1107/2009 και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2003/2003' εγγυάται την ελεύθερη κυκλοφορία, στην εσωτερική αγορά, μιας κατηγορίας εναρμονισμένων προϊόντων που ανήκουν σε έναν από τους τύπους προϊόντων που περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι του εν λόγω κανονισμού. Τα προϊόντα αυτά μπορούν να φέρουν τη σήμανση «λιπάσματα ΕΚ». Οι εταιρείες που επιθυμούν να διαθέσουν στην αγορά προϊόντα άλλου τύπου ως λιπάσματα ΕΚ πρέπει πρώτα να λάβουν έγκριση νέου τύπου με απόφαση της Επιτροπής με την οποία να τροποποιείται το εν λόγω παράρτημα. Σχεδόν όλοι οι τύποι προϊόντων που περιλαμβάνονται επί του παρόντος στον υφιστάμενο κανονισμό για τα λιπάσματα είναι συμβατικά ανόργανα λιπάσματα τα οποία κατά κύριο λόγο εξορύσσονται από ορυχεία ή παράγονται χημικά ακολουθώντας ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας. Επίσης, οι χημικές διεργασίες για την παραγωγή π.χ. αζωτούχων λιπασμάτων είναι ενεργοβόρες και συνεπάγονται υψηλές εκπομπές CO₂.

Ωστόσο, το 50 % περίπου των λιπασμάτων που διατίθενται σήμερα στην αγορά παραμένουν εκτός του πεδίου εφαρμογής του κανονισμού. Αυτό ισχύει για μερικά ανόργανα λιπάσματα και για όλα σχεδόν τα λιπάσματα που παράγονται από οργανικά υλικά, όπως τα ζωικά ή άλλα γεωργικά υποπροϊόντα ή τα ανακυκλωμένα βιολογικά απόβλητα από την τροφική αλυσίδα. Η έρευνα, η καινοτομία και οι επενδύσεις αναπτύσσονται σήμερα με ταχείς ρυθμούς, συνεισφέροντας στην κυκλική οικονομία με τη δημιουργία τοπικών θέσεων εργασίας και με την παραγωγή αξίας από δευτερογενείς πόρους εγχώριας προέλευσης οι οποίοι διαφορετικά θα είχαν χρησιμοποιηθεί απευθείας στο έδαφος ή θα είχαν απορριφθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων, προκαλώντας άσκοπο ευτροφισμό και εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Υπάρχει επίσης μια τάση «υπηρεσιοποίησης» του κλάδου, με αυξανόμενη εξατομίκευση των προϊόντων βάσει αναλύσεων του εδάφους όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το κάθε λίπασμα. ΜΜΕ και άλλες επιχειρήσεις σε ολόκληρη την Ευρώπη ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο να συμμετάσχουν σε αυτή την εξέλιξη. Ωστόσο, η πρόσβαση στην εσωτερική αγορά για τα μεμονωμένα προϊόντα που περιέχουν οργανικά λιπάσματα εξαρτάται επί του παρόντος από την αμοιβαία αναγνώριση και, ως εκ τούτου, συχνά παρεμποδίζεται.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα καινοτόμα λιπάσματα με το υφιστάμενο κανονιστικό σύστημα είναι διττό. Η πρώτη πτυχή του προβλήματος είναι ότι η ενσωμάτωση των τύπων προϊόντων που προέρχονται από οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες στον υφιστάμενο κανονισμό για τα λιπάσματα είναι δύσκολη. Οι

κανονιστικές αρχές διστάζουν λόγω της σχετικά μεταβλητής σύνθεσης και των χαρακτηριστικών αυτών των υλικών. Ο υφιστάμενος κανονισμός για τα λιπάσματα έχει σχεδιαστεί προφανώς για καλώς χαρακτηρισμένα ανόργανα λιπάσματα από πρωτογενείς πρώτες ύλες και δεν διαθέτει τους αυστηρούς ελεγκτικούς μηχανισμούς και τις διασφαλίσεις που απαιτούνται για να δημιουργηθεί εμπιστοσύνη σε προϊόντα από εκ φύσεως μεταβλητές πηγές οργανικών ή δευτερογενών υλών. Επιπλέον, οι συνδέσεις με την υφιστάμενη νομοθεσία για τον έλεγχο των ζωικών υποπροϊόντων και αποβλήτων δεν είναι σαφείς.

Ως εκ τούτου, εξακολουθεί να μην υπάρχει εναρμόνιση των λιπασμάτων με προέλευση σύμφωνα με την κυκλική οικονομία. Σε πολλά κράτη μέλη ισχύουν λεπτομερείς εθνικοί κανόνες και πρότυπα για τέτοια μη εναρμονισμένα λιπάσματα, με περιβαλλοντικές απαιτήσεις (όρια προσμείξεων βαρέων μετάλλων) που δεν ισχύουν για τα λιπάσματα ΕΚ. Επιπλέον, η ελεύθερη κυκλοφορία μεταξύ των κρατών μελών μέσω αμοιβαίας αναγνώρισης έχει αποδειχθεί εξαιρετικά δύσκολη. Ως εκ τούτου, ένας παραγωγός λιπασμάτων προερχόμενος από οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες, ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε ένα κράτος μέλος και επιδιώκει να επεκτείνει την αγορά του στην επικράτεια άλλου κράτους μέλους, έρχεται συχνά αντιμέτωπος με διοικητικές διαδικασίες που καθιστούν απαγορευτικό το κόστος για την επέκταση της αγοράς. Η επακόλουθη αδυναμία δημιουργίας κρίσιμης μάζας δυσχεραίνει τις επενδύσεις σε αυτόν τον σημαντικό τομέα της κυκλικής οικονομίας. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους παραγωγούς που είναι εγκατεστημένοι σε κράτη μέλη με εγχώρια αγορά μικρή σε σχέση με το πλεόνασμα οργανικών ή δευτερογενών πρώτων υλών (συνήθως κοπριάς) που διαθέτουν.

Συνοψίζοντας, οι όροι του ανταγωνισμού μεταξύ των λιπασμάτων που παράγονται από εγχώριες οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες σύμφωνα με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και των λιπασμάτων που παράγονται σύμφωνα με ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας ευνοούν τα δεύτερα. Αυτή η στρέβλωση του ανταγωνισμού εμποδίζει τις επενδύσεις στην κυκλική οικονομία.

Το πρόβλημα επιδεινώνεται από το γεγονός ότι ένα από τα κύρια συστατικά των λιπασμάτων είναι ο φώσφορος, ο οποίος έχει χαρακτηριστεί κρίσιμη πρώτη ύλη από την Επιτροπή. Για τα φωσφορικά λιπάσματα, η ΕΕ σήμερα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εισαγωγή φωσφορίτη που εξορύσσεται εκτός της ΕΕ (πάνω από το 90 % των φωσφορικών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στην ΕΕ εισάγονται, κυρίως από το Μαρόκο, την Τυνησία και τη Ρωσία). Την ίδια στιγμή, τα οικιακά απόβλητα (ιδίως η λυματολάσπη) περιέχουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου, οι οποίες –εάν ανακυκλωθούν σύμφωνα με ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας– θα μπορούσαν ενδεχομένως να καλύψουν περίπου το 20–30 % της ζήτησης φωσφορικών λιπασμάτων στην ΕΕ. Ωστόσο, οι σχετικές επενδυτικές δυνατότητες παραμένουν ανεκμετάλλευτες σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στις προαναφερθείσες δυσκολίες πρόσβασης στην εσωτερική αγορά.

Ο ισχύων κανονισμός για τα λιπάσματα είναι ότι ακόμη και για τα νέα ανόργανα λιπάσματα από πρωτογενείς πρώτες ύλες, η διαδικασία έγκρισης τύπου είναι μακροχρόνια και δεν μπορεί να ακολουθήσει τον κύκλο της καινοτομίας στον τομέα των λιπασμάτων. Ως εκ τούτου, κρίθηκε αναγκαίο να αναθεωρηθεί και να εκσυγχρονιστεί ριζικά η κανονιστική τεχνική προκειμένου να αυξηθεί η ευελιξία όσον

αφορά τις απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν τα προϊόντα, ενώ παράλληλα θα διατηρείται υψηλό επίπεδο προστασίας της υγείας του ανθρώπου, των ζώων και των φυτών, της ασφάλειας και του περιβάλλοντος. Τα ζητήματα που εξετάστηκαν στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω: Αποτελέσματα εκ των υστέρων αξιολογήσεων, διαβουλεύσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη και εκτίμηση επιπτώσεων.

Κατά συνέπεια, ο κυριότερος πολιτικός στόχος της πρωτοβουλίας αυτής είναι η παροχή κινήτρων για την παραγωγή λιπασμάτων στην ΕΕ σε μεγάλη κλίμακα από εγχώριες οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες, σύμφωνα με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, μέσω της μετατροπής αποβλήτων σε θρεπτικές ουσίες για τις καλλιέργειες. Η πρόταση θα διαμορφώσει ένα κανονιστικό πλαίσιο που θα διευκολύνει ριζικά την πρόσβαση στην εσωτερική αγορά για τα λιπάσματα αυτά, εξισώνοντας έτσι τους όρους του ανταγωνισμού σε σχέση με τα ορυκτά ή τα χημικά λιπάσματα που παράγονται σύμφωνα με ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας. Αυτό θα συμβάλει στους ακόλουθους στόχους, που συμβαδίζουν με την κυκλική οικονομία:

- Θα επιτρέψει την αξιοποίηση των δευτερογενών πρώτων υλών, ώστε να βελτιωθεί η αξιοποίηση των πρώτων υλών και να μετατραπούν τα προβλήματα ευτροφισμού και διαχείρισης αποβλήτων σε οικονομικές ευκαιρίες για δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς.
- Θα αυξήσει την αποδοτικότητα των πόρων και θα μειώσει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πρώτων υλών αναγκαίων για την ευρωπαϊκή γεωργία, ιδίως του φωσφόρου.
- Θα ενισχύσει τις επενδύσεις και την καινοτομία στην κυκλική οικονομία, δημιουργώντας έτσι θέσεις εργασίας στην ΕΕ.
- Θα συνεισφέρει στην ανακούφιση του κλάδου των λιπασμάτων από τη σημερινή πίεση για τη μείωση των εκπομπών CO₂ βάσει του συστήματος εμπορίας εκπομπών, αφού θα του επιτρέψει να παράγει λιπάσματα από πρώτες ύλες μικρότερης έντασης άνθρακα.

Η αύξηση της παραγωγής και της εμπορίας καινοτόμων λιπασμάτων θα μπορούσε επίσης να αυξήσει την ποικιλία των λιπασμάτων που διατίθενται στους γεωργούς, γεγονός που μπορεί να συμβάλει ώστε να καταστεί η παραγωγή τροφίμων πιο αποδοτική ως προς το κόστος και τους καταναλισκόμενους πόρους.

Κατά δεύτερον, ο υφιστάμενος κανονισμός για τα λιπάσματα δεν απαντά στις περιβαλλοντικές ανησυχίες που προκύπτουν από τη μόλυνση του εδάφους, των εσωτερικών υδάτων, των θαλάσσιων υδάτων και, τελικά, των τροφίμων από τα λιπάσματα ΕΚ. Ένα πολύ γνωστό ζήτημα είναι η παρουσία καδμίου στα ανόργανα φωσφορικά λιπάσματα. Καθώς δεν υπάρχουν οριακές τιμές σε επίπεδο ΕΕ, ορισμένα κράτη μέλη έχουν επιβάλει μονομερώς όρια για τα επίπεδα καδμίου στα λιπάσματα ΕΚ δυνάμει του άρθρου 114 της ΣΛΕΕ, με αποτέλεσμα η αγορά να κατακερματίζεται σε κάποιον βαθμό, ακόμα και στον εναρμονισμένο τομέα. Η παρουσία προσμειξέων στα λιπάσματα εκείνα που υπόκεινται επί του παρόντος σε εθνικούς κανόνες (π.χ. θρεπτικά συστατικά που προέρχονται από ανακύκλωση λυματολάσπης) εγείρει παρόμοιες ανησυχίες.

Κατά συνέπεια, ένας δεύτερος στόχος της πολιτικής είναι να αντιμετωπιστεί το ζήτημα αυτό και να επιβληθούν εναρμονισμένα όρια για το κάδμιο στα φωσφορικά λιπάσματα. Η θέσπιση τέτοιων οριακών τιμών, που αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση του αρνητικού αντίκτυπου από τη χρήση λιπασμάτων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, θα συμβάλει στη μείωση της συσσώρευσης καδμίου στο έδαφος και της μόλυνσης των τροφίμων και των υδάτων από κάδμιο. Θα εξαλείψει επίσης τον κατακερματισμό της αγοράς, με τη μορφή εθνικών ορίων για το κάδμιο σε ορισμένα κράτη μέλη, που δημιουργεί σήμερα η ανησυχία αυτή.

•Συνοχή με ισχύουσες διατάξεις στον τομέα πολιτικής

Η πρόταση θα καταργήσει τον υφιστάμενο κανονισμό για τα λιπάσματα αλλά θα επιτρέψει στα ήδη εναρμονισμένα λιπάσματα να παραμείνουν στην αγορά εφόσον συμμορφώνονται με τις νέες απαιτήσεις ασφάλειας και ποιότητας. Θα καθορίσει τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες τα λιπάσματα που παράγονται από απόβλητα και ζωικά υποπροϊόντα μπορούν να εξαιρεθούν από τους ελέγχους που προβλέπονται από τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Οκτωβρίου 2009, περί υγειονομικών κανόνων για ζωικά υποπροϊόντα και παράγωγα προϊόντα που δεν προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1774/2002 (κανονισμός για τα ζωικά υποπροϊόντα) και από την οδηγία 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών και να κυκλοφορούν ελεύθερα ως λιπάσματα που φέρουν το σήμα CE. Θα λειτουργεί συμπληρωματικά προς τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1907/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 18ης Δεκεμβρίου 2006, για την καταχώριση, την αξιολόγηση, την αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων (REACH), ο οποίος θα συνεχίσει να ισχύει για τις χημικές ουσίες που περιλαμβάνονται στα προϊόντα λίπανσης.

•Συνοχή με άλλες πολιτικές της Ένωσης

Η πρωτοβουλία υποστηρίζει την ατζέντα της Επιτροπής για την απασχόληση, την ανάπτυξη και τις επενδύσεις, παρέχοντας το κατάλληλο κανονιστικό περιβάλλον για επενδύσεις στην πραγματική οικονομία. Ειδικότερα, η πρωτοβουλία θα αποτελέσει σημαντική και συγκεκριμένη συνεισφορά στη δέσμη μέτρων της Επιτροπής για την κυκλική οικονομία. Θα δημιουργήσει ισότιμους όρους ανταγωνισμού για όλα τα προϊόντα λίπανσης και θα διευκολύνει την αξιοποίηση εγχώριων, δευτερογενών πρώτων υλών.

Επιπλέον, η πρωτοβουλία στηρίζει τον στόχο της δημιουργίας μιας βαθύτερης και δικαιότερης εσωτερικής αγοράς με ενισχυμένη βιομηχανική βάση, μέσω της άρσης των υφιστάμενων φραγμών στην ελεύθερη κυκλοφορία ορισμένων καινοτόμων λιπασμάτων και μέσω της διευκόλυνσης της εποπτείας της αγοράς από τα κράτη μέλη.

Η πρωτοβουλία συνδέεται με τις ακόλουθες πρωτοβουλίες πολιτικής:

•Δέσμη μέτρων για την κυκλική οικονομία:

Η αναθεώρηση του κανονισμού για τα λιπάσματα στοχεύει στη δημιουργία ενός κανονιστικού πλαισίου που να επιτρέπει την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης από επεξεργασία λυμάτων ή άλλες δευτερογενείς πρώτες ύλες, σύμφωνα με τη στρατηγική για τη βιοοικονομία, το οποίο να περιλαμβάνει την παραγωγή ανανεώσιμων βιολογικών πόρων και τη μετατροπή αυτών των πόρων και ροών αποβλήτων σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας. Αυτό θα τονώσει την προμήθεια, από εγχώριες πηγές, θρεπτικών ουσιών για τα φυτά, οι οποίες είναι απαραίτητες για μια βιώσιμη ευρωπαϊκή γεωργία, συμπεριλαμβανομένου του φωσφόρου, που αποτελεί κρίσιμη πρώτη ύλη. Θα συμβάλει επίσης στην καλύτερη εφαρμογή της ιεράρχησης των αποβλήτων, με ελαχιστοποίηση της υγειονομικής ταφής ή της ανάκτησης ενέργειας από βιολογικά απόβλητα, και, ως εκ τούτου, στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν τη διαχείριση των αποβλήτων.

•Στρατηγική για την ενιαία αγορά

Όπως περιγράφεται παραπάνω, ένας πολύ γνωστός φραγμός στην ελεύθερη κυκλοφορία στην εσωτερική αγορά είναι τα απαιτητικά και δισταμένα εθνικά κανονιστικά πλαίσια για τα λιπάσματα που δεν καλύπτονται επί του παρόντος από νομοθεσία εναρμόνισης. Ενώ οι οικονομικοί φορείς συχνά αντιμετωπίζουν τους δισταμένους εθνικούς κανόνες ως απαγορευτικό εμπόδιο για την είσοδο σε νέες αγορές, τα κράτη μέλη θεωρούν τους κανόνες αυτούς αναγκαίους για την προστασία της τροφικής αλυσίδας και του περιβάλλοντος. Λόγω αυτών των ανησυχιών σχετικά με την υγεία και το περιβάλλον, η αμοιβαία αναγνώριση έχει αποδειχθεί εξαιρετικά δύσκολη στον τομέα των μη εναρμονισμένων λιπασμάτων και οι οικονομικοί φορείς έχουν ζητήσει να τους δοθεί η δυνατότητα να αποκτήσουν πρόσβαση σε ολόκληρη την εσωτερική αγορά μέσω της συμμόρφωσης με εναρμονισμένους κανόνες που θα καλύπτουν αυτές τις ανησυχίες σε επίπεδο ΕΕ.

•Ορίζοντας 2020

Η πρόταση θα έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει τις σχετικές ερευνητικές δραστηριότητες που ξεκίνησαν στο πλαίσιο των κοινωνικών προκλήσεων υπ' αριθμό 2 («Επισιτιστική ασφάλεια, βιώσιμη γεωργία και δασοκομία, έρευνα στον τομέα της θάλασσας, της ναυτιλίας και των εσωτερικών υδάτων και βιοοικονομία») και 5 («Δράση για το κλίμα, περιβάλλον, αποδοτικότητα της χρήσης πόρων και πρώτες ύλες»), οι οποίες αποσκοπούν, μεταξύ άλλων, στην παροχή καινοτόμων λύσεων για την αποδοτικότερη και ασφαλέστερη ανάκτηση πόρων από τα απόβλητα, τα λύματα και τα βιολογικά απόβλητα, και να ενθαρρύνει τους ερευνητές να αναπτύξουν καινοτόμα προϊόντα που να συμβαδίζουν με τις ανάγκες της αγοράς, τις κοινωνικές ανάγκες και τις πολιτικές προστασίας του περιβάλλοντος. Η Κοινή Επιχείρηση Βιομηχανιών Βιοπροϊόντων έχει υποδείξει, μεταξύ άλλων, την ανακύκλωση του

φωσφόρου για την παραγωγή λιπασμάτων ως μια αναδυόμενη και οικονομικά ελπιδοφόρα νέα αλυσίδα αξίας από (οργανικά) απόβλητα. Η εύκολη πρόσβαση στην εσωτερική αγορά για τέτοια λιπάσματα αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη αυτών των στόχων και τη μεταφορά των αποτελεσμάτων από την έρευνα στην αγορά. (P. COX, G. ALEMANN, n.d.)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις διακυμάνσεις εντός του ορίζοντα περιλαμβάνουν τη θέση του τοπίου, το μητρικό υλικό, τη βλάστηση, τη λίπανση, την άροση, την αποστράγγιση και τον χρόνο. Η κατακόρυφη κατανομή των ιδιοτήτων του εδάφους μπορεί να ποσοτικοποιηθεί χρησιμοποιώντας συναρτήσεις βάθους εδάφους. Οι ψηφιακές τεχνικές μορφομετρίας του εδάφους μπορούν να βοηθήσουν στον ποσοτικό προσδιορισμό των δισδιάστατων ιδιοτήτων και παραλλαγών του προφίλ εδάφους. (Hartemink et al., 2020)

Τα εδάφη σε όλο τον κόσμο έχουν διαφορετικές ιδιότητες που επηρεάζουν την ικανότητά τους να παρέχουν θρεπτικά συστατικά και νερό για να υποστηρίξουν την παραγωγή τροφίμων και αυτές οι διαφορές προκύπτουν από διαφορετικούς παράγοντες που διαφέρουν από τόπο σε τόπο. Για παράδειγμα, η ηλικία ενός εδάφους - ο χρόνος κατά τον οποίο οι βροχοπτώσεις, τα φυτά και τα μικρόβια μπόρεσαν να αλλάξουν τα πετρώματα στον φλοιό της γης μέσω των καιρικών συνθηκών-- ποικίλλει πολύ, από λίγα μόλις χρόνια όπου το έδαφος έχει εναποτεθεί πρόσφατα από παγετώνες ή ποτάμια, έως εκατομμύρια χρόνια στις λεκάνες του Αμαζονίου ή του Κονγκό. Η ηλικία ενός εδάφους συν το είδος του πετρώματος από το οποίο είναι φτιαγμένο του προσδίδει διαφορετικές ιδιότητες ως βασικό πόρο για τα συστήματα τροφίμων. Η γνώση ορισμένων βασικών στοιχείων του σχηματισμού του εδάφους μας βοηθά να κατανοήσουμε τους πόρους του εδάφους που χρησιμοποιούν οι αγρότες όταν ασχολούνται με την παραγωγή τροφίμων. [43]

Η ανθρωπογενής μετατροπή γης είναι τόσο «παλιά όσο οι λόφοι», προχωρά σε μέγεθος με την ανάπτυξη ενός πολιτισμού, την αύξηση του πληθυσμού, τις ιστορικές απαιτήσεις για χρήση πόρων και την τελική παρακμή. Σύμφωνα με τους Ellis και Ramankutty (2008), μέχρι το έτος 1700, περίπου η μισή χερσαία βιόσφαιρα θεωρούνταν άγρια ενώ η άλλη μισή ήταν σε ημι-φυσική κατάσταση με σχετικά μικρή χρήση σε σχέση με τη γεωργία ή τον οικισμό. Όμως, μέχρι το έτος 2000, η διαχείριση της πλειονότητας της βιόσφαιρας γινόταν από ανθρώπους, με τη γεωργία και τους οικισμούς να οδηγούν το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης. λιγότερο από το 20% της επιφάνειας του εδάφους θεωρήθηκε ημι-φυσική και λιγότερο από το 25% παρέμεινε ως άγρια γη με περιορισμένη ή καθόλου ανθρώπινη επιρροή. Ο ανθρωπογενής μετασχηματισμός της βιόσφαιρας, ιδιαίτερα ξεκινώντας από τη Βιομηχανική Επανάσταση, έχει οδηγήσει εξίσου στην επέκταση της χρήσης γης σε άγριες εκτάσεις και στην εντατικοποίηση της χρήσης γης εντός ημιφυσικών, ανθρωπογενών βιωμάτων, που αναφέρονται ως «ανθρώμοι». Οι αλλαγές χρήσης γης και κάλυψης έχουν οδηγήσει σε ένα πολύπλοκο σύνολο βιοφυσικών και βιογεωχημικών ανατροφοδοτήσεων, όπου οι αλλαγές έχουν αλλάξει τις διαδικασίες του εδάφους όπως το επιφανειακό ενεργειακό ισοζύγιο, τη υδρολογική ροή και το βιογεωχημικό κύκλο των βασικών θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Οι αλλαγές στο επιφανειακό ενεργειακό ισοζύγιο προκύπτουν από την απώλεια της επιφανειακής βλάστησης, η οποία με τη σειρά της αυξάνει τον ρυθμό εξάτμισης και απομακρύνει τη

θερμική ενέργεια από το περιβάλλον έδαφος και τον αέρα. Επιπλέον, υψηλότεροι ρυθμοί προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του εδάφους προκαλούν αυξημένους ρυθμούς αισθητής ροής θερμότητας ή άμεση απελευθέρωση θερμότητας που οφείλεται στις διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του εδάφους και της ατμόσφαιρας.

Αλλαγές στα καθεστώτα υδρολογικής ροής είναι επίσης κοινές μετά την απομάκρυνση της υπερβολικής βλάστησης λόγω των αλλαγμένων ρυθμών εξατμισοδιαπνοής, παρεμπόδισης βροχοπτώσεων, ροής στελέχους και εξάχνωσης χιονιού και επιφανειακής απορροής που συμβαίνουν με την απώλεια ψύξης και προστατευτικών επιφανειών του εδάφους, αντίστοιχα. Περαιτέρω, οι μετατροπές γης αλλάζουν τον ρυθμό αποθήκευσης άνθρακα στο έδαφος λόγω της επίδρασής τους στη φωτοσύνθεση, τη συσσώρευση άνθρακα από την πτώση απορριμμάτων, τη θνησιμότητα των ριζών, την αποσύνθεση οργανικής ύλης, την ετερότροφη αναπνοή και τις απώλειες έκπλυσης και διάβρωσης

Η εντατική γεωργία και η δασοκομία αναγνωρίζονται για τις επιπτώσεις τους στη διάβρωση του εδάφους, την περικοπή του εδαφικού ορίζοντα, την απώλεια της οργανικής ύλης του εδάφους και των σχετικών βασικών θρεπτικών συστατικών και τις αλλαγές στα καθεστώτα υδρολογικής ροής σε μικρά (π.χ. ολίσθηση), μεσαία (μπλοκ συγκομιδής) και μεγάλα (λεκάνες απορροής) κλίμακες. Πάνω από τους άμεσους οδηγούς της αλλαγής του εδάφους τα τελευταία 200 χρόνια, η ανθρώπινη δραστηριότητα οδήγησε τόσο σε εντατικοποίηση (δηλαδή διευρυμένες εισροές για αύξηση της παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας) όσο και σε εκτατικότητα (δηλαδή επέκταση σε νέες περιοχές) στη χρήση γης. Η γεωργία, ειδικότερα, είναι τώρα η κύρια αιτία της επιταχυνόμενης από τον άνθρωπο διάβρωσης, όπου ο ρυθμός διάβρωσης σε εντατικά καλλιεργούμενα τοπία είναι μία έως δύο τάξεις μεγέθους υψηλότερος από τους φυσικούς ρυθμούς διάβρωσης του εδάφους που θα παρατηρούνταν κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου. Στη δασοκομία, η συγκομιδή σε απότομες πλαγιές μπορεί να εκθέσει το ορυκτό έδαφος σε βροχή και άνεμο, ενώ οι δρόμοι και τα μονοπάτια ολίσθησης μπορούν να επιταχύνουν την κίνηση του νερού και να αυξήσουν το δυναμικό διάβρωσης του εδάφους. Η έκθεση IPBES 2018 τόνισε ότι παγκοσμίως οι κύριες αιτίες υποβάθμισης της γης είναι η ταχεία επέκταση και η μη βιώσιμη διαχείριση των καλλιεργειών και των βοσκοτόπων, συμπεριλαμβανομένων των μετατροπών γης, της εντατικής καλλιέργειας, των χημικών εισροών στο έδαφος και της υπερβόσκησης. Θετικό είναι ότι οι μελέτες έχουν δείξει ότι το ποσοστό απώλειας της παγκόσμιας δασικής κάλυψης μειώνεται τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτές οι μεταβαλλόμενες τροχιές αντιστοιχούσαν σε αύξηση 6% στη συνολική δασική κάλυψη μεταξύ 2000 και 2009.

Ωστόσο, η αλλαγή έχει ποικίλει σημαντικά ανάλογα με τον τύπο του βιώματος, με σχεδόν όλη την αύξηση να συμβαίνει σε εύκρατες δασικές περιοχές, ενώ τα ποσοστά αποψίλωσης των δασών συνεχίζουν να αυξάνονται σε τροπικές περιοχές. Είναι ενδιαφέρον ότι η αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση για δασικά προϊόντα, σε συνδυασμό με τις ανησυχίες για απώλειες από την τροπική αποψίλωση των δασών, έχει οδηγήσει σε αυξήσεις παγκοσμίως στα εντατικά διαχειριζόμενα δάση φυτειών. Αυτά τα δάση έχουν δείξει ελάχιστη ή καθόλου αλλαγή στην υγεία του εδάφους ή στην παραγωγικότητα των φυτών μέχρι σήμερα, αν και εξακολουθούν να υπάρχουν ανησυχίες για την ποικιλότητα των φυτών και της άγριας ζωής σε αυτά τα συστήματα παραγωγής.

Κύρια Συμπεράσματα

- Οι όροι του ανταγωνισμού μεταξύ των λιπασμάτων που παράγονται από εγχώριες οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες σύμφωνα με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και των λιπασμάτων που παράγονται σύμφωνα με ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας ευνοούν τα δεύτερα.
- Τα οικιακά απόβλητα (ιδίως η λυματολάσπη) περιέχουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου, οι οποίες –εάν ανακυκλωθούν σύμφωνα με ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας– θα μπορούσαν ενδεχομένως να καλύψουν περίπου το 20–30 % της ζήτησης φωσφορικών λιπασμάτων στην ΕΕ.
- Οι σχετικές επενδυτικές δυνατότητες παραμένουν ανεκμετάλλευτες σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στις προαναφερθείσες δυσκολίες πρόσβασης στην εσωτερική αγορά..
- Στόχος της ΕΕ είναι η μείωση της περίσσειας των θρεπτικών συστατικών ιδίως φωσφόρου και αζώτου κατά τουλάχιστον 50% έχω το 2030, διασφαλίζοντας έτσι ότι η γονιμότητα του εδάφους δεν θα υποβαθμιστεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8° |

8. Διάχυση αποτελεσμάτων

8.1 Ευρωπαϊκή πλατφόρμα βιώσιμου φωσφόρου (ESPP)

Ο φώσφορος είναι ένας μη ανανεώσιμος πόρος και δεν μπορεί να αντικατασταθεί στην παραγωγή τροφίμων, είναι κατάλληλος για τη γεωργία, σχετίζεται άμεσα με την επισιτιστική ασφάλεια και είναι επίσης σημαντικός σε πολλές άλλες βιομηχανικές και τεχνολογικές χρήσεις. Οι παγκόσμιοι πόροι ορυκτών φωσφορικών είναι περιορισμένοι, αλλά υπάρχουν διαφορές σχετικά με το εύρος και τις δυνατότητες των εξαγωγών τους και τη γεωγραφική τους συγκέντρωση. Ωστόσο, καθώς η διεθνής πίεση στις πρώτες ύλες και την παραγωγή τροφίμων συνεχίζεται, η ανάγκη για ορθότερη διαχείριση των πηγών φωσφόρου θα εξακολουθεί να υπάρχει. Ταυτόχρονα, η απώλεια φωσφόρου προκαλεί σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Ο φώσφορος είναι η κύρια ουσία που προκαλεί ευτροφισμό και επιδείνωση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων στα περισσότερα μέρη της Ευρώπης και ο ευρωπαϊκός πληθυσμός καταναλώνει περίπου διπλάσιο φώσφορο που απαιτείται για την καλή υγεία.

Αυτά τα ζητήματα αξιοποίησης των πηγών φωσφόρου σχετίζονται στενά με άλλες προκλήσεις όπως η διαχείριση αζώτου, η επεξεργασία νερού, τα απόβλητα τροφίμων, η διάβρωση του εδάφους, οι ρύποι και η ασφάλεια των τροφίμων. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας φωσφόρου και η εφαρμογή της στη βιομηχανία, τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την επεξεργασία και τη διατροφή τροφίμων και τη διαμόρφωση επαναχρησιμοποίησης φωσφόρου, στρατηγικών ανάκτησης και ανακύκλωσης μπορούν να εξοικονομήσουν χρήματα, να μειώσουν τα συστατικά ρύπανσης από θρεπτικά συστατικά και να δημιουργήσουν μεγάλη απασχόληση σχετικά με την κυκλική οικονομία

Η Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Αειφόρου Φωσφόρου είναι μια μη κερδοσκοπική ένωση βάσει του βελγικού δικαίου που στοχεύει στην προώθηση, τη βελτίωση, τη συμβολή και/ή εφαρμογή της ευρωπαϊκής βιωσιμότητας του φωσφόρου. Η πρόκληση για τον P υλοποιείται από την Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Αειφόρου Φωσφόρου (ESPP), η οποία δημιουργήθηκε τον Μάρτιο του 2013 μέσω δήλωσης που υπέγραψαν περισσότεροι από 150 οργανισμοί από την πρώτη Ευρωπαϊκή Διάσκεψη για τον Αειφόρο Φώσφορο. Η ESPP διασφαλίζει την ανταλλαγή γνώσεων, τη μεταφορά εμπειρίας και τη δικτύωση ευκαιριών διαχείρισης φωσφόρου και προωθεί τις συζητήσεις μεταξύ της αγοράς, των ενδιαφερόμενων μερών και των ρυθμιστικών αρχών. Επιλύει επίσης κανονιστικά εμπόδια, συμβάλλει σε προτάσεις πολιτικής και διαδίδει πληροφορίες από ενημερωτικά δελτία, ιστότοπους, συνέδρια και δημοσιεύσεις. Τέλος, βοηθά στον καθορισμό του μακροπρόθεσμου οράματος της ευρωπαϊκής βιωσιμότητας του φωσφόρου.

Τα μέλη της ESPP καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα συμμετεχόντων σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας διαχείρισης φωσφόρου: εξόρυξη και επεξεργασία φωσφόρου, επεξεργασία νερού και αποβλήτων, τρόφιμα, ζωοτροφές και γεωργία, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση φωσφόρου, καινοτομία και πάροχοι τεχνολογίας, οργανισμοί.[44]

8.2 Συνέδρια

Μέχρι στιγμής, έχουν πραγματοποιηθεί με επιτυχία τρία Ευρωπαϊκά Συνέδρια για τον Αειφόρο Φόσφορο. Λόγω του Covid-19, το ESPC4 έχει αναβληθεί από το 2019 και θα διεξαχθεί στη Βιέννη της Αυστρίας τον Ιούνιο του 2022.

1^ο Ευρωπαϊκό Συνέδριο Βιώσιμου Φωσφόρου 2013 (ESPC1)

Το πρώτο Ευρωπαϊκό Συνέδριο Αειφόρου Φωσφόρου ESPC1 σημείωσε μεγάλη επιτυχία, χάρη στην τεράστια συμμετοχή και όλη την ενέργεια των ομιλητών και των συμμετεχόντων.

Η Ευρώπη διαθέτει ήδη τη γνώση και την τεχνολογία για την ανάκτηση του φωσφόρου από τα λύματα, την κοπριά και τα βιολογικά απόβλητα. Κατά τη διάρκεια του ESPC1, περισσότεροι από 300 συμμετέχοντες από εταιρείες, ιδρύματα γνώσης, ΜΚΟ και κυβερνήσεις σε όλη την Ευρώπη δεσμεύτηκαν να συνεργαστούν για να κλείσουν τον κύκλο ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης του φωσφόρου. Αντιπροσωπεύουν τους τομείς της γεωργίας, του νερού, των χημικών, των αποβλήτων και της ενέργειας.

Η καθιέρωση του ευρωπαϊκού νομικού πλαισίου και της ευρωπαϊκής πλατφόρμας φωσφόρου είναι το κλειδί για να καταστεί η Ευρώπη πιο καινοτόμος και να μειωθεί η εξάρτησή της από τις εισαγωγές. Αυτό θα δημιουργήσει επιχειρηματικές ευκαιρίες, νέες πράσινες θέσεις εργασίας, θα βελτιώσει μακροπρόθεσμα την ανταγωνιστική θέση της Ευρώπης και θα αποφύγει τη γεωπολιτική ένταση.[45]

2^ο Ευρωπαϊκό Συνέδριο Βιώσιμου Φωσφόρου 2015 (ESPC2)

Μέσα σε δύο ημέρες, το ESPC2 κατάφερε να συναθροίσει 300 έμπειρους αλλά και υπεύθυνους σχετικά με τη λήψη αποφάσεων για την διαχείριση του φωσφόρου. Οι εταιρείες και τα ενδιαφερόμενα μέλη παρουσίασαν ιστορίες επιτυχίας στη διαχείριση του φωσφόρου και αναλήφθηκαν δεσμεύσεις για την αντιμετώπιση των εμποδίων στην ανακύκλωση του φωσφόρου.

Το Συνέδριο επιβεβαίωσε την αυξανόμενη ευαισθητοποίηση για τη βιωσιμότητα του φωσφόρου, από το πρώτο Συνέδριο (ESPC1, 2013) και την έναρξη της Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Βιώσιμου Φωσφόρου (ESPP).

Το πεδίο εφαρμογής της διαχείρισης του φωσφόρου έχει διευρυνθεί, καλύπτοντας την επισιτιστική ασφάλεια, τη γεωργία, την απόδοση του φωσφόρου, - επαναχρησιμοποίηση - ανακύκλωση, αποκατάσταση ευτροφισμού, τρόφιμα - αποτύπωμα φωσφόρου - διατροφή, κοινωνικές πτυχές (π.χ. εκπαίδευση δεξιοτήτων για εργασίες κυκλικής οικονομίας), καινοτομία και νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες.

Η έντονη αίσθηση της κοινής δέσμευσης και δέσμευσης, στο ESPC2, από πρακτικούς επιχειρηματίες έως υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, ήταν ιδιαίτερα θετική και φιλόδοξη.

Ολοκληρώνοντας το Συνέδριο, δημιουργήθηκε ένα όνειρο για ένα μέλλον όπου η παραγωγικότητα των αγροτών, χρησιμοποιώντας τη σωστή ποσότητα φωσφόρου σε λιπάσματα, παράγει τροφή χωρίς να υποβαθμίζει λίμνες, ποτάμια ή θάλασσες. Όπου οι δίαιτες με χαμηλό αποτύπωμα φωσφόρου είναι βέλτιστες για την υγεία αλλά εξίσου για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Όπου η Ευρώπη έχει ασφάλεια εφοδιασμού φωσφόρου τόσο για τους αγρότες όσο και για τη χημική βιομηχανία. Όπου ο φώσφορος μπορεί να χρησιμοποιηθεί με βιώσιμο τρόπο για σημαντικές ανάγκες της κοινωνίας, όπως καταλύτες ή βιώσιμη πυρασφάλεια. Όπου η ανακύκλωση και η κυκλική θρεπτική οικονομία δημιουργούν τοπικές θέσεις εργασίας και προστιθέμενη αξία.[46]

3ο Ευρωπαϊκό Συνέδριο Βιώσιμου Φωσφόρου 2018 (ESPC3)

Τα Ευρωπαϊκά Συνέδρια Βιώσιμου Φωσφόρου είναι η μοναδική εκδήλωση που συγκεντρώνει εταιρείες, ενδιαφερόμενους φορείς, περιφερειακές και εθνικές αρχές, καινοτομία και ερευνητές, για να συζητήσουν δράσεις και πολιτικές βιωσιμότητας φωσφόρου και θρεπτικών συστατικών. Το τρίτο συνέδριο (ESPC3) προκύπτει από τα δύο πρώτα τέτοια ευρωπαϊκά συνέδρια το 2013 και το 2015. Ειδικότερα, η διάσκεψη παρουσίασε και αξιολόγησε την ενσωμάτωση του φωσφόρου και άλλων θρεπτικών συστατικών στις πολιτικές της ΕΕ για τη βιώσιμη χρήση του φωσφόρου (2013). Υπήρξε διάλογος με τη βιομηχανία και τους ενδιαφερόμενους φορείς σχετικά με τις μελλοντικές πολιτικές και οραμάτισε ιστορίες επιτυχίας από εταιρείες και την περιβαλλοντική διαχείριση.[47]

4ο Ευρωπαϊκό Συνέδριο Βιώσιμου Φωσφόρου 2022 (ESPC4)

Τα Ευρωπαϊκά Συνέδρια Βιώσιμου Φωσφόρου είναι μοναδικές εκδηλώσεις που συγκεντρώνουν εταιρείες, ενδιαφερόμενους φορείς, περιφερειακές και εθνικές αρχές, καινοτομία και ερευνητές, για να συζητήσουν δράσεις και πολιτικές αξιοποίησης φωσφόρου και θρεπτικών συστατικών. Το τέταρτο συνέδριο ESPC4 ακολουθεί τα προηγούμενα τρία επιτυχημένα συνέδρια ESPC το 2013, 2015, 2018.

Το ESPC4 θα περιλαμβάνει μια Έκθεση Τεχνολογίας Ανάκτησης Θρεπτικών, με περίπτερα, παρουσιάσεις και δυνατότητα συνάντησης προμηθευτών τεχνολογίας που παρουσιάζονται παρακάτω στον κατάλογο ESPP-DPP-NNP CataLog of Nutrient Recovery TechnoLogies.[48] Κατά τη διεξαγωγή του ESPC4:

- θα διεξαχθούν επιτόπιες δοκιμές για την επικύρωση της βιοδιαθεσιμότητας και του αντίκτυπου των λιπασμάτων βιολογικής βάσης στο θρεπτικό προφίλ του εδάφους και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας οργανικών ρύπων για τον προσδιορισμό των καταλληλότερων λιπασμάτων βιολογικής βάσης με την υψηλότερη γεωργοοικονομική απόδοση.

θα δωθούν κίνητρα που να ενθαρρύνουν τους αγρότες και τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν και να παρασκευάζουν λιπάσματα βιολογικής βάσης, που δεν περιορίζονται σε φορολογικές ελαφρύνσεις και φορολογικές επιδοτήσεις.[49]

8.3 Κίνηση προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον

8.3.1 Κυκλική Οικονομία

- Καινοτόμες νέες διαδικασίες για την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από διάφορα ρεύματα WW
- Μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμα, ανόργανα λιπάσματα
- Βελτίωση της δέσμευσης άνθρακα στο έδαφος.
- Να ξεπεραστούν οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τη μείωση της αποτελεσματικότητας της διατροφικής διαχείρισης του εδάφους μέσω φυσικών διεργασιών.
- Επένδυση στην τεχνολογία
- Επένδυση για την ανάπτυξη προϊόντων
- Αντικατάσταση των συμβατικών, μη ανανεώσιμων ορυκτών λιπασμάτων, ειδικά την κρίσιμη πρώτη ύλη φωσφορικό, μείωση της εξωτερικής εξάρτησης/κινδύνων εξάντλησης.
- Αύξηση της αξίας των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και της επεξεργασίας τροφίμων
- Μείωση του κόστους διάθεσης και των απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ (Aladjadjian, Penkov, Verspecht, Zahariev, & Kakanakov, 2016)

Θα πρέπει επίσης να εξεταστεί η οικονομική ανάλυση ολόκληρης της διαδικασίας ανάκαμψης, καθώς μπορεί να είναι εφικτή για μια τοποθεσία αλλά όχι για άλλες. Επομένως, είναι υποχρεωτικό οι διαδικασίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών να είναι βιώσιμες με ελάχιστες διαδικασίες εισαγωγής και μέγιστη ανάκτηση. Δεδομένου ότι η διαχείριση και η ανάκτηση θρεπτικών συστατικών είναι αλληλένδετη με ζητήματα νερού και ενέργειας, οι τεχνολογίες ανάκτησης ενέργειας θα πρέπει να είναι το επίκεντρο για το μέλλον. Ομοίως, τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον, όπως η κομποστοποίηση, η βιοαποικοδόμηση, η αναερόβια αποσύνθεση και η χρήση βιοαποδομήσιμων υλικών για τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για ένα βιώσιμο μέλλον. (Ahmed et al., 2019)[49]

8.4 Προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν κατά τη μετάβαση σε λιπάσματα με σύσταση βιολογικής βάσης

Παρά τα οφέλη που έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους της παρούσας εργασίας αυτών των λιπασμάτων βιολογικής βάσης, η εμπορική τους επιτυχία σε ευρεία κλίμακα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους αγρότες και τους καλλιεργητές. Σίγουρα, Το ενδιαφέρον για τα BBF έχει αυξηθεί την τελευταία δεκαετία. Παρόλα αυτά, η εμπορική εφαρμογή τους βρίσκεται ακόμη σε εκκολαπτόμενα στάδια, λόγω διαφόρων παραγόντων που συμβάλλουν. Γενικά, η Ευρώπη και σε ορισμένες περιπτώσεις το Ηνωμένο Βασίλειο αντιμετωπίζονται ως ενιαία αγορά από τους ισχύοντες κανονισμούς της ΕΕ, διευκολύνοντας έτσι την ελεύθερη κυκλοφορία των εμπορευμάτων. Ωστόσο, τα υπάρχοντα εθνικά πρότυπα και κανονισμοί για την ποιότητα και την ασφάλεια αμφισβητούν τη βιωσιμότητα των BBF (και των οργανικών λιπασμάτων) στο πεδίο εφαρμογής των λιπασμάτων. Ως εκ τούτου, περισσότερα από τα μισά από τα κατασκευασμένα BBF είναι περιορισμένα στη χώρα προέλευσής τους, ανεξάρτητα από το ισοζύγιο προσφοράς-ζήτησης μεταξύ των χωρών.

Ο σχεδιασμός και οι τεχνολογίες που μπορούν να βοηθήσουν στην αξιοποίηση και επαναχρησιμοποίηση γεωργικών υποπροϊόντων και άλλων συστατικών βιοαποβλήτων ως πρώτων υλών (είτε είναι πρωτογενείς είτε δευτερεύουσες) για τη βιομηχανία λιπασμάτων, μπορούν ενδεχομένως να βοηθήσουν στην ανάπτυξη αποτελεσματικών λύσεων ανάκτησης θρεπτικών συστατικών, τεχνολογιών βιοδιωλιστηρίου που μπορούν να βοηθήσουν στην επίτευξη μια πιο αποτελεσματική αλυσίδα αξίας λιπασμάτων και γεωργίας. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα θα ήταν η μειωμένη εξάρτηση από τις εισαγωγές, ιδίως για τις πρώτες ύλες, η ελαχιστοποίηση της εξάντλησης των πόρων και ακόμη και η πιθανή μείωση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της βιομηχανίας λιπασμάτων.

Τέλος, παρά τα αντιληπτά οφέλη της χρήσης ρευμάτων πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά όπως η κοπριά, η λυματολάσπη και τα απόβλητα τροφίμων για την παραγωγή λιπασμάτων βιολογικής βάσης, γενικής χρήσης και ειδικής δράσης, η ανάκτηση θρεπτικών συστατικών διέπεται από υψηλές απώλειες διαρροής και χαμηλή απόδοση. Η βελτίωση του χειρισμού και της αποθήκευσης μπορεί ενδεχομένως να ξεπεράσει ορισμένες απώλειες. Η ανάπτυξη τεχνικών επεξεργασίας που βοηθούν στη μετατροπή της κοπριάς σε συμπυκνωμένο προϊόν, οι καλύτερες τεχνικές σταθεροποίησης και εξαγωγής θρεπτικών ουσιών από τη λάσπη, η καλύτερη συλλογή και ροή διεργασίας για τη χρήση απορριμμάτων τροφίμων ως πρώτη ύλη μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη προϊόντων πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά με βέλτιστη βιοδιαθεσιμότητα. (Chojnacka et al., 2020)

8.5 Προβλήματα και προτάσεις αντιμετώπισης στην εφαρμοσιμότητα λιπασμάτων βιολογικής βάσης

Ολοκληρώνοντας το παρόν κεφάλαιο, αξίζει να αναφερθούν και κάποιες προτάσεις για την αντιμετώπιση των περιορισμών στην εφαρμοσιμότητα των λιπασμάτων βιολογικής βάσης που προαναφέρθηκαν. Όπως λοιπόν ήταν αναμενόμενο, απαιτούνται ορισμένοι πρόσθετοι παράγοντες για να πειστούν οι αγρότες να χρησιμοποιούν λιπάσματα που παράγονται από την επεξεργασία λυμάτων ή από άλλους ανανεώσιμους πόρους, όπως οι θεσπισμένες εθνικές πολιτικές, οι επιδοτήσεις, η δημιουργία υποδομής για συλλογή, χειρισμό, αποθήκευση, διανομή και εφαρμογή. Στη συνέχεια θα αναφερθεί και η πρωτοβουλία ορισμένων εξειδικευμένων συνεδρίων να αναμιχθούν σε τέτοιο βαθμό ώστε να δώσουν κίνητρα στους αγρότες να αξιοποιήσουν τα λιπάσματα βιολογικής βάσης.

Οι Wang et al. διερεύνησαν ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την προώθηση της αντικατάστασης των χημικών λιπασμάτων με τα αντίστοιχα οργανικά τους. Αναλύθηκαν αρκετές παράμετροι, συμπεριλαμβανομένων των προοπτικών χρησιμότητας, του κινδύνου και των περιβαλλοντικών πτυχών. Από αυτήν την προσπάθεια διαπιστώθηκε ότι η συμμετοχή σε ενώσεις αγροτών, οι επιδοτήσεις και το μέγεθος της εκμετάλλευσης επηρεάζουν την επιλογή του τύπου των λιπασμάτων. Είναι σημαντικό να αξιολογηθεί εάν τα λιπάσματα που περιέχουν αξιόλογα θρεπτικά συστατικά είναι εμπορεύσιμα.

Οι Tur-Cardona et al. διεξήγαγαν μία αντίστοιχη έρευνα σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες και διαπίστωσαν ότι η εν λόγω αντικατάσταση μπορεί να πραγματοποιηθεί εάν ληφθούν υπόψη οι προτιμήσεις των αγροτών και αυτές είναι η τιμή (θα πρέπει να είναι 65% χαμηλότερη από αυτή των χημικών λιπασμάτων). Τα πρόσθετα χαρακτηριστικά θα πρέπει να περιλαμβάνουν υψηλή βιοδιαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα και υγιεινή των βιολογικών λιπασμάτων. Εάν πληρούνταν αυτά τα κριτήρια, θα υπήρχε πιθανότητα αντικατάστασης των χημικών λιπασμάτων με τα αντίστοιχα BBFs (Chojnacka et al., 2020)

Τα ζητήματα αξιοποίησης του φωσφόρου σχετίζονται στενά και με άλλες προκλήσεις όπως η διαχείριση αζώτου, η επεξεργασία νερού, τα απόβλητα τροφίμων, η διάβρωση του εδάφους, οι ρύποι και η ασφάλεια των τροφίμων. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας φωσφόρου και η εφαρμογή της στη βιομηχανία, τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την επεξεργασία και τη διατροφή τροφίμων και τη διαμόρφωση επαναχρησιμοποίησης φωσφόρου, στρατηγικών ανάκτησης και ανακύκλωσης μπορούν να εξοικονομήσουν χρήματα, να μειώσουν τα συστατικά ρύπανσης από θρεπτικά συστατικά και να δημιουργήσουν μεγάλη απασχόληση σχετικά με την κυκλική οικονομία. Σε αυτή τη σκέψη συμβάλλουν και πολλές ευρωπαϊκές πλατφόρμες, οι οποίες βοηθούν στην ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από διάφορα ρεύματα λυμάτων δημιουργώντας νέες καινοτόμες διαδικασίες. Με αυτό τον τρόπο καταλήγουμε στην μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμα, ανόργανα λιπάσματα και τέλος στη βελτίωση της δέσμευσης άνθρακα στο έδαφος.

Κύρια Συμπεράσματα

- Σημαντικό ρόλο παίζουν και οι προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν στο κοντινό μέλλον σχετικά με την μετάβαση από τα συνθετικά λιπάσματα στα λιπάσματα με σύσταση βιολογικής βάσης.
- Τα υπάρχοντα εθνικά πρότυπα και κανονισμοί για την ποιότητα και την ασφάλεια αμφισβητούν τη βιωσιμότητα των BBF (και των οργανικών λιπασμάτων) στο πεδίο εφαρμογής των λιπασμάτων.
- Περισσότερα από τα μισά από τα κατασκευασμένα BBF είναι περιορισμένα στη χώρα προέλευσής τους, ανεξάρτητα από το ισοζύγιο προσφοράς-ζήτησης μεταξύ των χωρών.
- Ο σχεδιασμός και οι τεχνολογίες που μπορούν να βοηθήσουν στην αξιοποίηση και επαναχρησιμοποίηση γεωργικών υποπροϊόντων και άλλων συστατικών βιοαποβλήτων ως πρώτων υλών για τη βιομηχανία λιπασμάτων.
- Βοηθούν και στην ανάπτυξη αποτελεσματικών λύσεων ανάκτησης θρεπτικών συστατικών, τεχνολογιών βιοδιωλιστηρίου που μπορούν να βοηθήσουν στην επίτευξη μια πιο αποτελεσματική αλυσίδα αξίας λιπασμάτων και γεωργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο |

9. Συμπεράσματα

Το έδαφος επηρεάζεται σημαντικά από το κλίμα, το οποίο συμβάλλει στη σύσταση του εδάφους τόσο με φυσικές όσο και με βιογεωχημικές διαδικασίες. Συγκεκριμένα, οι αυξημένες ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερους ρυθμούς αποσύνθεσης της οργανικής ύλης του εδάφους, προκαλώντας έτσι μειωμένη γονιμότητα και αυξημένη απελευθέρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ακόμα, οι απότομες αλλαγές του κλίματος και συγκεκριμένα η διάβρωση του εδάφους λόγω των βροχοπτώσεων, αλλά και έντονη ξηρασία και οι πυρκαγιές, συμβάλλουν στο πρόβλημα της φτωχοποίησης των εδαφών και γίνεται επιτακτική η ανάγκη χρήσης των λιπασμάτων βιολογικής βάσης.

Τα λύματα θα πρέπει να θεωρούνται πολύτιμος πόρος από τον οποίο μπορεί να εξαχθεί ενέργεια, πριν απελευθερωθεί το πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά νερό πίσω στα ρεύματα για τη θαλάσσια ζωή. Το κλειδί είναι η υιοθέτηση ενός κυκλικού μοντέλου διαχείρισης λυμάτων που προσθέτει στην οικονομία, ανακτά τους πόρους και τους επαναχρησιμοποιεί μέσω μιας αυτοβιώσιμης διαδικασίας. Τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων, τα οποία με διάφορες τεχνολογίες συλλέγουν τα λύματα, είτε αστικά είτε βιομηχανικά και επιτυγχάνουν την ανάκτηση θρεπτικών συστατικών, κυρίως αζώτου, φωσφόρου και καλίου, για την δημιουργία λιπασμάτων βιολογικής βάσης. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται διότι, τα θρεπτικά συστατικά που βρίσκονται στον πλανήτη μας, είναι απαραίτητα για τη παραγωγή των λιπασμάτων και τείνουν να εξαντληθούν, μιας και δεν είναι ανανεώσιμα, λόγω του υπερπληθυσμού που κυριαρχούν στη Γη. Επιπλέον, πολλές εγκαταστάσεις συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων που είναι παλιές και φθαρμένες απαιτούν βελτίωση και συντήρηση για να παραταθεί η διάρκεια ζωής τους. Αυτό απαιτεί συνεχή νομισματική και τεχνολογία.

Οι τεχνολογίες ανάκτησης θρεπτικών συστατικών δίνουν τη δυνατότητα ανακύκλωσης των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών για την καλλιέργεια των φυτών, από τις ροές αποβλήτων. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου και τα τελευταία χρόνια βρίσκονται ήδη σε λειτουργία σε πλήρη κλίμακα. Η χρήση όμως των φωσφορικών ενώσεων μπορεί να προκαλέσει διάφορες ρυπάνσεις, για αυτό πρέπει να γίνει εφαρμογή ενός μοντέλου κυκλικής οικονομίας με στόχο τη βελτίωση της χρήσης των φυσικών πόρων. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι αναπτυγμένες διαδικασίες για την ανάκτηση φωσφόρου έχουν ως είσοδο λύματα από επεξεργασμένο νερό, λυματολάσπη και τέφρα λυματολάσπης, η ανάκτηση μπορεί να γίνει και από απόβλητα ζωϊκής προέλευσης, όμως στην συγκεκριμένη εργασία αναφερόμαστε μόνο σε λύματα. Μερικές κύριες τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου που βρίσκονται σε λειτουργία είναι η «PolFerAsh», όπου αφορά τα Πολωνικά λιπάσματα από τέφρα και η LeachPhos, όπου ο φώσφορος ανακτάται ως CaP ή MAP, δηλαδή συνδιασμός ασβεστίου και φωσφόρου, ή/και στρουβίτη.

Εκτός από φώσφορο, μπορεί να γίνει και ανάκτηση αζώτου από αντίστοιχες τεχνολογίες επεξεργασίας λυμάτων. Βέβαια μέχρι σήμερα δεν έχει διαμορφωθεί μια ενιαία τεχνολογία που να δύναται να ανακτήσει με υψηλή απόδοση το άζωτο. Μερικές τεχνολογίες ανάκτησης φωσφόρου ανακτούν παράλληλα και άζωτο όπως είναι η

Ash2Phos, PHOS4Green (GLatt) κ.α. Όμως υπάρχουν και δύο κατηγορίες που ανακτούν αποκλειστικά άζωτο. Η τεχνολογία Haber-Bosch θα μπορούσε να μπορούσε να εξοικονομήσει ενέργεια που παράγεται από ορυκτά καύσιμα και η οποία θα χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή λιπασμάτων με βάση το άζωτο. Μια άλλη τεχνολογία ανάκτησης αζώτου είναι και η 'iHydroMET' η οποία πραγματοποιήθηκε με μη βελτιστοποιημένα χαρακτηριστικά της μονάδας του αντιδραστήρα, δηλαδή απλά υλικά για τη διάταξη στήριξης των δενδρυλίων και μία απλή διάταξη ηλεκτροδίων σε κάθε δενδρύλιο.

Στην διπλωματική αυτή εργασία έγινε και αναφορά στα αστικά απόβλητα της Ελλάδας με τη βοήθεια χαρτών. Χάρτες, δηλαδή που απεικονίζουν επεξεργασίες αστικών λυμάτων με τις πιο πρόσφατες πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας και την επεξεργασία αστικών λυμάτων στις χώρες τις ΕΕ-28. Βασίζεται σε δεδομένα του 2018, τα οποία αναφέρθηκαν από αυτές τις χώρες το 2020. Σκοπός της συγκεκριμένης ανάλυσης ήταν να αντιληφθούν οι θεατές και να συγκρίνουν το επίπεδο συμμόρφωσης με την Οδηγία και την υποδομή επεξεργασίας λυμάτων σε όλη την Ευρώπη ή και εντός των χωρών. Το επίπεδο επίδρασης των αστικών λυμάτων στα υδάτινα οικοσυστήματα καθορίζεται από την καλή επεξεργασία των λυμάτων και την ευαισθησία του νερού στο οποίο απορρίπτονται. Οι χάρτες, για την συγκεκριμένη εργασία, αφορούν αποκλειστικά την Ελλάδα.

Οι όροι του ανταγωνισμού μεταξύ των λιπασμάτων που παράγονται από εγχώριες οργανικές ή δευτερογενείς πρώτες ύλες σύμφωνα με το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και των λιπασμάτων που παράγονται σύμφωνα με ένα μοντέλο γραμμικής οικονομίας ευνοούν τα δεύτερα. Αυτή η στρέβλωση του ανταγωνισμού εμποδίζει τις επενδύσεις στην κυκλική οικονομία. Την ίδια στιγμή, τα οικιακά απόβλητα (ιδίως η λυματολάσπη) περιέχουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου, οι οποίες –εάν ανακυκλωθούν σύμφωνα με ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας– θα μπορούσαν ενδεχομένως να καλύψουν περίπου το 20–30 % της ζήτησης φωσφορικών λιπασμάτων στην ΕΕ. Ωστόσο, οι σχετικές επενδυτικές δυνατότητες παραμένουν ανεκμετάλλευτες σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στις προαναφερθείσες δυσκολίες πρόσβασης στην εσωτερική αγορά.. Στόχος της ΕΕ είναι η μείωση της περισσειας των θρεπτικών συστατικών ιδίως φωσφόρου και αζώτου κατά τουλάχιστον 50% έχω το 2030, διασφαλίζοντας έτσι ότι η γονιμότητα του εδάφους δεν θα υποβαθμιστεί.

Τα ζητήματα βιωσιμότητας του φωσφόρου σχετίζονται στενά με άλλες προκλήσεις όπως η διαχείριση αζώτου, η επεξεργασία νερού, τα απόβλητα τροφίμων, η διάβρωση του εδάφους, οι ρύποι και η ασφάλεια των τροφίμων. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας φωσφόρου και η εφαρμογή της στη βιομηχανία, τη γεωργία, την κτηνοτροφία, την επεξεργασία και τη διατροφή τροφίμων και τη διαμόρφωση επαναχρησιμοποίησης φωσφόρου, στρατηγικών ανάκτησης και ανακύκλωσης μπορούν να εξοικονομήσουν χρήματα, να μειώσουν τα συστατικά ρύπανσης από θρεπτικά συστατικά και να δημιουργήσουν μεγάλη απασχόληση σχετικά με την κυκλική οικονομία. Σε αυτή τη σκέψη συμβάλλουν και πολλές ευρωπαϊκές πλατφόρμες, οι οποίες βοηθούν στην ανάκτηση θρεπτικών συστατικών από διάφορα ρεύματα λυμάτων δημιουργώντας νέες καινοτόμες διαδικασίες. Με αυτό τον τρόπο καταλήγουμε στην μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμα, ανόργανα λιπάσματα και τέλος στη βελτίωση της δέσμευσης άνθρακα στο έδαφος.

Εν κατακλείδι, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν στο κοντινό μέλλον σχετικά με την μετάβαση από τα συνθετικά λιπάσματα στα λιπάσματα με σύσταση βιολογικής βάσης. . Ωστόσο, τα υπάρχοντα εθνικά πρότυπα και κανονισμοί για την ποιότητα και την ασφάλεια αμφισβητούν τη βιωσιμότητα των BBF (και των οργανικών λιπασμάτων) στο πεδίο εφαρμογής των λιπασμάτων. Ως εκ τούτου, περισσότερα από τα μισά από τα κατασκευασμένα BBF είναι περιορισμένα στη χώρα προέλευσής τους, ανεξάρτητα από το ισοζύγιο προσφοράς-ζήτησης μεταξύ των χωρών. Ο σχεδιασμός και οι τεχνολογίες που μπορούν να βοηθήσουν στην αξιοποίηση και επαναχρησιμοποίηση γεωργικών υποπροϊόντων και άλλων συστατικών βιοαποβλήτων ως πρώτων υλών (είτε είναι πρωτογενείς είτε δευτερεύουσες) για τη βιομηχανία λιπασμάτων, μπορούν ενδεχομένως να βοηθήσουν στην ανάπτυξη αποτελεσματικών λύσεων ανάκτησης θρεπτικών συστατικών, τεχνολογιών βιοδιωλιστηρίου που μπορούν να βοηθήσουν στην επίτευξη μια πιο αποτελεσματική αλυσίδα αξίας λιπασμάτων και γεωργίας. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα θα ήταν η μειωμένη εξάρτηση από τις εισαγωγές, ιδίως για τις πρώτες ύλες, η ελαχιστοποίηση της εξάντλησης των πόρων και ακόμη και η πιθανή μείωση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της βιομηχανίας λιπασμάτων

10. Βιβλιογραφία

- Ahmed, M., Ahmad, S., Fayyaz-ul-Hassan, Qadir, G., Hayat, R., Shaheen, F. A., & Raza, M. A. (2019, September 1). Innovative processes and technologies for nutrient recovery from wastes: A comprehensive review. *Sustainability (Switzerland)*, Vol. 11. <https://doi.org/10.3390/su11184938>
- Aladadjjyan, A., Penkov, D., Verspecht, A., Zahariev, A., & Kakanakov, N. (2016). Biobased Fertilizers - Comparison of Nutrient Content of Digestate/Compost. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.9734/jaeri/2016/25217>
- Aladadjjyan, A. & P. D. & V. A. & Z. A. & K. N. (2016). *Biobased Fertilizers - Comparison of Nutrient Content of Digestate/Compost. Journal of Agricultural and Ecological Research International*.
- Alhassan, Y. J., Umar, A., Epenu, D., Utono, M. S., & Yusuf, A. B. (2021). Assessment of the role of bio-based fertilizers in promoting organic farming in Northwestern Nigeria. *Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural Development*, 9(3), 40–46.
- An, T., Nguyen, H., Ngo, H., Guo, W., & Nguyen, T. V. (2012). Phosphorous Removal from Aqueous Solutions by Agricultural By-products: A Critical Review. In *Journal of Water Sustainability* (Vol. 3).
- Association, A. W. (n.d.). *What are biosolids?*
- Berhe, A. A. (2019). *Drivers of soil change*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63998-1.00003-3>
- Bio-fit project, 2015. (n.d.). *Βιολιπάσματα προς την αειφόρο γεωργική ανάπτυξη*.
- Cândido, D., Bolsan, A. C., Hollas, C. E., Venturin, B., Tápparo, D. C., Bonassa, G., ... Kunz, A. (2022). Integration of swine manure anaerobic digestion and digestate nutrients removal/recovery under a circular economy concept. *Journal of Environmental Management*, 301(May 2021). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113825>
- Chojnacka, K., Moustakas, K., & Witek-Krowiak, A. (2020, January 1). Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. *Bioresource Technology*, Vol. 295. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122223>
- Corominas, L., Foley, J., Guest, J. S., Hospido, A., Larsen, H. F., Morera, S., & Shaw, A. (2013, October 1). Life cycle assessment applied to wastewater treatment: State of the art. *Water Research*, Vol. 47, pp. 5480–5492. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.06.049>
- Donatello, S., & Cheeseman, C. R. (2013, November). Recycling and recovery routes for incinerated sewage sludge ash (ISSA): A review. *Waste Management*, Vol. 33, pp. 2328–2340. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.05.024>

- Drosg, B., Fuchs, W., Al, T., Madsen, S. M., & Linke, B. (2015). *Nutrient Recovery by Biogas Digestate Processing*.
- Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J., & Zessner, M. (2016). Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of the Total Environment*, 571, 522–542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.019>
- Egle, L., Rechberger, H., & Zessner, M. (2014). Integrated assessment of Phosphorus recycling technologies from waste water. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2013(4), 457–459. <https://doi.org/10.2175/193864713813525824>
- Elliott, H. A., & O'Connor, G. A. (2007). Phosphorus management for sustainable biosolids recycling in the United States. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(6), 1318–1327. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.007>
- European Sustainable Phosphorus Platform, E. (n.d.). *European Sustainable Phosphorus Platform SCOPE Newsletter P-recovery and recycling BlueTech® Research Analysis report Market landscape for nutrient removal and recovery Insight Market Report on recovering nitrogen (N) and phosphorus (P) from wastewater Horizon 2020 funding opportunities Call for texts: perspectives for phosphorus futures The partners of the European Sustainable Phosphorus Platform*. Retrieved from www.phosphorusplatform.eu
- Geng, Y., Cui, D., Yang, L., Xiong, Z., Pavlostathis, S. G., Shao, P., ... Luo, S. (2022). Resourceful treatment of harsh high-nitrogen rare earth element tailings (REEs) wastewater by carbonate activated Chlorococcum sp. microalgae. *Journal of Hazardous Materials*, 423(PA), 127000. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127000>
- Gorazda, K., Tarko, B., Werle, S., & Wzorek, Z. (2018). Sewage sludge as a fuel and raw material for phosphorus recovery: Combined process of gasification and P extraction. *Waste Management*, 73, 404–415. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.032>
- Gorazda, K., Tarko, B., Worek, Z., Nowak, A. K., Kulczycka, K., Smol, M., & Henclik, A. (2014). *Sustainable use of sewage sludge ash in fertilisers production-PolFerAsh technology*. (May 2014), 1–17.
- Hartemink, A. E., Zhang, Y., Bockheim, J. G., Curi, N., Silva, S. H. G., Grauer-Gray, J., ... Krasilnikov, P. (2020). Soil horizon variation: A review. In *Advances in Agronomy* (Vol. 160, pp. 125–185). <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.10.003>
- Kalmykova, Y., & Karlfeldt Fedje, K. (2013). Phosphorus recovery from municipal solid waste incineration fly ash. *Waste Management*, 33(6), 1403–1410. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.040>
- Kehrein, P., Van Loosdrecht, M., Osseweijer, P., Garfi, M., Dewulf, J., & Posada, J. (2020). A critical review of resource recovery from municipal wastewater

- treatment plants-market supply potentials, technologies and bottlenecks. *Environmental Science: Water Research and Technology*, 6(4), 877–910. <https://doi.org/10.1039/c9ew00905a>
- Kirchmann, H., Börjesson, G., Kätterer, T., & Cohen, Y. (2017). From agricultural use of sewage sludge to nutrient extraction: A soil science outlook. *Ambio*, 46(2), 143–154. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0816-3>
- Lema, J. M., & Suarez, S. (n.d.). *Innovative Wastewater Treatment & Resource Recovery Technologies Impacts on Energy, Economy and Environment*.
- Lu, Q., He, Z. L., & Stoffella, P. J. (2012). Land application of biosolids in the USA: A review. *Applied and Environmental Soil Science*, Vol. 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/201462>
- Maçik, M., Gryta, A., & Fraç, M. (2020). Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. In *Advances in Agronomy* (Vol. 162, pp. 31–87). <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.001>
- Macintosh, K. A., Chin, J., Mchugh, D., Connolly, J., Castilla Archilla, J., Picon, A., ... Mcgrath, J. W. (n.d.). *Phosphorus from Wastewater: Novel Technologies for Advanced Treatment and Re-use*. Retrieved from <http://erc.epa.ie/safer/reports>
- Mehta, C. M., Khunjar, W. O., Nguyen, V., Tait, S., & Batstone, D. J. (2015). Technologies to recover nutrients from waste streams: A critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(4), 385–427. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.866621>
- Mo, W., & Zhang, Q. (2013). Energy-nutrients-water nexus: Integrated resource recovery in municipal wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, Vol. 127, pp. 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.007>
- Nieminen, J. (n.d.). *PHOSPHORUS RECOVERY AND RECYCLING FROM MUNICIPAL WASTEWATER SLUDGE*.
- Ohtake, H., & Tsuneda, S. (2018). Phosphorus Recovery and Recycling. In *Phosphorus Recovery and Recycling*. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8031-9>
- P. COX, G. ALEMANNNO, 2003. (n.d.). *Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης*.
- Paarlberg, R. L., & International Food Policy Research Institute. (2000). *Governing the GM crop revolution : policy choices for developing countries*. International Food Policy Research Institute.
- Paarlberg, R. L., & International Food Policy Research Institute. (2000). *Governing the GM crop revolution : policy choices for developing countries*. International Food Policy Research Institute.

- Petzet, S., & Cornel, P. (2011). Towards a complete recycling of phosphorus in wastewater treatment - options in Germany. *Water Science and Technology*, 64(1), 29–35. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.540>
- Petzet, S., Peplinski, B., Bodkhe, S. Y., & Cornel, P. (2011). Recovery of phosphorus and aluminium from sewage sludge ash by a new wet chemical elution process (SESAL-Phos-recovery process). *Water Science and Technology*, 64(3), 693–699. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.682>
- Pinnekamp, J. . E. W. . G. K. . M. D. . W. K. . S. C. . V. H. J. . T. F. . G. S. . W. C. . F. H. . R. J. (2011). *Recycling of Phosphorus - Ecological and Economic Evaluation of Different Processes and Development of a Strategical Recycling Concept for Germany (PhoBe)*.
- Pratt, C., Parsons, S. A., Soares, A., & Martin, B. D. (2012, December). Biologically and chemically mediated adsorption and precipitation of phosphorus from wastewater. *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 23, pp. 890–896. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.07.003>
- Rahman, M. M., Salleh, M. A. M., Rashid, U., Ahsan, A., Hossain, M. M., & Ra, C. S. (2014). Production of slow release crystal fertilizer from wastewaters through struvite crystallization - A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(1), 139–155. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.10.007>
- Rahman, M., Mohd, M., Salleh, U., Ahsan, A., Mujaffar, M., & Hossain, C. (2014). Inventory of inventories discussing P-recycling strategies. *Chemistry*, 7(June), 139–155.
- Ronald Latimer, T. H. W. K. P. P. H. S. (n.d.). *NuTrieNT recovery As A Green TechNoLoGy for MANAGiNG PhosPhorus reMovAL*. Retrieved from www.weat.org
- Sartorius. (n.d.). *International Conference*.
- Schipper, W. J., Klapwijk, A., Potjer, B., Rulkens, W. H., Temmink, B. G., Kiestra, F. D. G., & Lijmbach, A. C. M. (2001). Phosphate recycling in the phosphorus industry. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 22(11), 1337–1345. <https://doi.org/10.1080/09593330.2001.9619173>
- Schönberg, A., Raupenstrauch, H., & Ponak, C. (n.d.). *395 Recovery of Phosphorus in Sewage Sludge Treatment Recovery of Phosphorus in Sewage Sludge Treatment*.
- Schröder, J. J., Cordell, D., Smit, A. L., & Rosemarin, A. (n.d.). *Sustainable Use of Phosphorus*.
- Shaddel, S., Bakhtiary-Davijany, H., Kabbe, C., Dadgar, F., & Østerhus, S. W. (2019). Sustainable sewage sludge management: From current practices to emerging nutrient recovery technologies. *Sustainability (Switzerland)*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/su11123435>

- Sharp, R., Vadiveloo, E., Fergen, R., Moncholi, M., Pitt, P., Wankmuller, D., & Latimer, R. (2013). A Theoretical and Practical Evaluation of Struvite Control and Recovery. *Water Environment Research*, 85(8), 675–686. <https://doi.org/10.2175/106143012x13560205145253>
- Tervahauta, T., Hoang, T., Hernández, L., Zeeman, G., & Buisman, C. (2013). Prospects of source-separation-based sanitation concepts: A model-based study. *Water (Switzerland)*, 5(3), 1006–1035. <https://doi.org/10.3390/w5031006>
- Tur-Cardona, J., Bonnichsen, O., Speelman, S., Verspecht, A., Carpentier, L., Debruyne, L., ... Buysse, J. (2018). Farmers' reasons to accept bio-based fertilizers: A choice experiment in seven different European countries. *Journal of Cleaner Production*, 197, 406–416. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.172>
- Wendling, L. A., Blomberg, P., Sarlin, T., Priha, O., & Arnold, M. (2013, October). Phosphorus sorption and recovery using mineral-based materials: Sorption mechanisms and potential phytoavailability. *Applied Geochemistry*, Vol. 37, pp. 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.07.016>
- Yadav, R. K., Sahoo, S., & Patil, S. A. (2021). Performance evaluation of the integrated hydroponics-microbial electrochemical technology (iHydroMET) for decentralized domestic wastewater treatment. *Chemosphere*, 288(P2), 132514. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132514>
- Zosen, H. (2021). *Sewage P-recovery : full scale plants operating or under permitting / construction Fertiliser industry – Ash2Phos*. 1–16.
- Βενταφρίντας, 2017. (n.d.). *ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ*.
- Ένωσης, Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής, 2019. (n.d.). *CELEX_32019R1009_EL_TXT(1)*.
- ΙΔΡΥΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ, Ο. 2020. (n.d.). *Η συνεισφορά των εισροών στην αγροτική παραγωγή και το μέλλον του αγροτικού τομέα στην Ελλάδα*.
- Κλειώ Αγγιστάλη, Θ. 2020. (2020). *Αριστοτελείο πανεπιστήμιο θεσσαλονικης πολυτεχνικη σχολη τμημα χημικων μηχανικων*.
- Μέγαρης Κωνσταντίνος, Π. 2020. (2020). *Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Διαχείριση Αποβλήτων MSc Διπλωματική εργασία*.
- Ροντογιάννη Ευαγγελία, Α. 2012. (2012). *ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ*.
- Ταμπακίδης, 2012. (n.d.). *ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ Ταμπακίδης Χαράλαμπος Διπλωματική Εργασία: Συγκριτική Μελέτη και Αξιολόγηση των Παραμέτρων Ποιότητας των Υδάτων και των Αστικών Λυμάτων Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Χαράλαμπος Αικατε*.

Αναφορές

1. https://phosphorusplatform.eu/images/download/ESPP-NNP-DPP_P-recovery_tech_catalogue_v_3_9_21.pdf
2. https://www.vivis.de/wp-content/uploads/WM8/2018_wm_395-406_schoenberg.pdf
3. <https://icl-group-sustainability.com/reports/producing-fertilizers-with-recycled-phosphate/>
4. <https://phosphorusplatform.eu/images/scope/ScopeNewsletter129.pdf>
5. <https://www.euphore.de/>
6. <https://terranova-energy.com/umweltschutz/>
7. <http://www.phosphorusplatform.eu/images/scope/ScopeNewsletter125.pdf>
8. <https://www.phos4green-glatt.com/innovation-78.html>
9. http://www.metawater.co.jp/eng/product/plant/sewer/rin_collection/
10. <https://ostara.com/nutrient-management-solutions/>
11. <https://www.mse-mobile.de/Dienstleistung/PhosphorRecycling/>
12. <https://www.veoliawatertechnologies.com/en/technologies/bio-thelys>
13. <https://pyreg.com/de/>
14. https://phosphorusplatform.eu/images/download/ESPP-NNP-DPP_P-recovery_tech_catalogue_v_3_9_21.pdf
15. <http://phosphorusplatform.eu/images/scope/ScopeNewsletter%2019.pdf>
16. <http://www.ravita.fi/>
17. https://phosphorusplatform.eu/images/download/ESPP-NNP-DPP_P-recovery_tech_catalogue_v_3_9_21.pdf
18. <https://www.wetsus.nl/vivimag>
19. <https://www.outotec.com/products/energy-production/sludge-incineration-plant/>
20. <http://www.kemira.com/>
21. <https://www.igb.fraunhofer.de/en/research/water-technologies/nutrient-recovery/phosphorus-recovery.html>
22. <http://www.carborem.com/>
23. https://phosphorusplatform.eu/images/download/ESPP-NNP-DPP_P-recovery_tech_catalogue_v_3_9_21.pdf
24. <https://cordis.europa.eu/project/id/958267>
25. <http://www.parforce-technologie.de/>
26. <https://green-sentinel.at/en/recovered-sludge-resources/>
27. <https://vnci.nl/chemie-magazine/actueel/artikel?newsitemid=5861638144>
28. <http://www.phosphorusplatform.eu/Scope127>
29. <https://phosphorusplatform.eu/scope-in-print/news/1535-strubias-proposals-for-eu-fertilisers-regulation>
30. <https://www.epa.gov/agriculture/agriculture-nutrient-management-and-fertilizer>
31. <https://phosphorusplatform.eu/images/download/WETSUS%20P-recovery%20inventories%202014-06-25.pdf>
32. https://en.wikipedia.org/wiki/Haber_process

33. https://en.wikipedia.org/wiki/Activated_sludge
34. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_16_827
35. <https://www.bio-fit.eu/en/q10/lo12-bio-fertilizers-market-size?showall=1>
36. <https://pxch.ch/projekte.html>
37. <https://www.eea.europa.eu/themes/water/european-waters/water-use-and-environmental-pressures/uwtd/interactive-maps/urban-waste-water-treatment-maps-3>
38. <https://www.nutrientPlatform.org/en/about-nutrient-platform/>
39. <https://www.nutrientPlatform.org/en/success-stories/phosphorus-from-wastewater-in-amersfoort/>
40. <https://www.nutrientPlatform.org/en/success-stories/fertilizers-from-sewage-ash-bone-ash-and-struvite/>
41. <https://www.nutrientPlatform.org/en/success-stories/nitrogen-recovery-from-wastewater-sludge/>
42. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/48021>
43. https://serc.carleton.edu/integrate/teaching_materials/food_supply/student_materials/1144
44. <https://phosphorusPlatform.eu/platform/about-espp>
45. <https://phosphorusPlatform.eu/activities/conference/espc2013>
46. <https://phosphorusPlatform.eu/activities/conference/espc2015>
47. <https://phosphorusPlatform.eu/activities/conference/espc2018>
48. <https://phosphorusPlatform.eu/activities/conference/espc4>
49. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/18/4938/html>