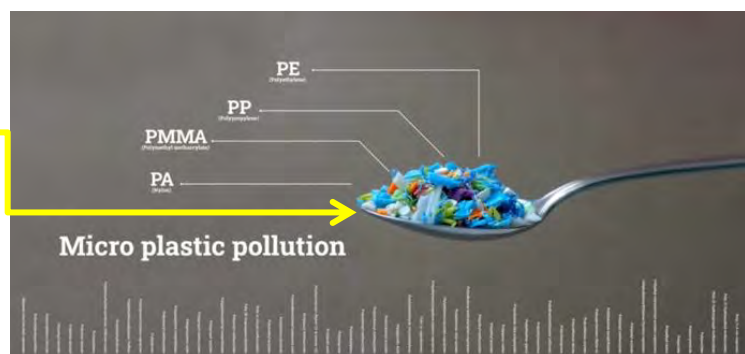


ΠΜΣ: Πολυλειτουργική Διαχείριση Δασικών Οικοσυστημάτων και Βιο-οικονομία
(Multifunctional Management Forest Ecosystem and Bio-economy)

Έρευνα για τις συνέπειες της ρίψης μικροπλαστικών στα λιβάδια

Διπλωματική εργασία



Βασιλική Γαρούφου

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ Μιχάλης Βραχνάκης

Φεβρουάριος 2023

Περίληψη

Τα μικροπλαστικά (μικρά κομμάτια πλαστικού <5 mm) είναι ένας αναδυόμενος ρύπος τα τελευταία χρόνια και ένας σιωπηλός και αόρατος κίνδυνος για όλα τα οικοσυστήματα και για τον άνθρωπο. Το πρόβλημα των μικροπλαστικών ξεκινά από τα μακροπλαστικά (μεγαλύτερα κομμάτια πλαστικού >5mm) που υπάρχουν απορριπτόμενα στο περιβάλλον ή παρασύρονται από το νερό ή τον άνεμο. Μικροπλαστικά δημιουργούνται και από άλλες αιτίες όπως ελαστικά αυτοκινήτου, συνθετικά ρούχα, μικροσφαιρίδια από προϊόντα προσωπικής υγιεινής, μέσω κακής διαχείρισης λυμάτων κ.ά.

Στην εργασία γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής των συνεπειών από την ρίψη μικροπλαστικών στα λιβάδια μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης και επιπλέον μέσω μίας γενικής έρευνας με ερωτηματολόγια απευθυνόμενη στο ευρύ κοινό, ώστε να διαποστωθεί ο βαθμός γνώσης των συνεπειών από τα μικροπλαστικά και η στάση του κοινού απέναντι στη χρήση τους. Αποτυπώνεται η άποψη του κοινού για τα μικροπλαστικά, οι επιπτώσεις αυτών σε ζώα που βόσκουν στα λιβάδια, στην ανάπτυξη των λιβαδικών φυτών και μέσω της τροφικής αλυσίδας οι επιπτώσεις στον άνθρωπο. Επίσης αποτυπώνεται η καταγραφή της άποψης του κοινού και εάν υπάρχει τρόπος ώστε να αντιμετωπιστεί η μικροπλαστική ρύπανση με διάφορους τρόπους. Αναδεικνύονται μελλοντικές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα μέσω ερωτηματολογίου και για επιτόπιες εδαφολογικές αναλύσεις σε λιβάδια όπου δεν έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα.

Από την έρευνα βρέθηκε ότι οι συμμετέχοντες γνωρίζουν τι είναι μικροπλαστικά, αναγνωρίζουν τις πηγές από τις οποίες προέρχονται και η απόρριψή τους σε λιβάδια ενέχει κινδύνους σε χλωρίδα, πανίδα και στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι η ανεπαρκής διαχείριση και περιβαλλοντική νομοθεσία, η ελλιπής ανακύκλωση και ενημέρωση σχετικά με την ρύπανση από μικροπλαστικά συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην διόγκωση του προβλήματος. Όμως είναι διατεθειμένοι να αλλάξουν τις καθημερινές συνήθειες τους για να μειωθεί η μικροπλαστική ρύπανση.

Abstract

Microplastics (small pieces of plastic <5 mm) are an emerging pollutant in recent years and a silent and invisible danger to all ecosystems and to humans. The problem of microplastics begins with macroplastics (larger pieces of plastic) that are found thrown into the environment or washed away by rain or water. Microplastics are also created by other causes such as car tires, synthetic clothing, microbeads from personal hygiene products, through poor waste management, etc.

In this assignment, an attempt is made to record the consequences of throwing microplastics in the meadows through a literature review and through a general survey with questionnaires addressed to the general public. The research captures the public's view of microplastics, their effects on grazing animals, on the growth of grassland plants and through the food chain the effects on humans. It also captures the record of public opinion and whether there is a way to tackle microplastic pollution in various ways. Future proposals are highlighted for further research through questionnaires and for on-site soil analyzes in grasslands where they have not been carried out in Greece.

From the research it was found that the participants know what microplastics are, they recognize the sources from which they come and their disposal in grasslands poses risks to flora, fauna and the human body. Participants believe that insufficient management and environmental legislation, insufficient recycling and information about microplastic pollution contribute greatly to the swelling of the problem. However, they are willing to change their daily habits to reduce microplastic pollution.

Λέξεις-κλειδιά: μικροπλαστικά, λιβάδια, κοινωνική έρευνα, αναδυόμενος ρύπος

Keywords: microplastics, grasslands, social reasearch, emerging pollutant

Περιεχόμενα

1. Πρόλογος-Ευχαριστίες	7
2. Εισαγωγή – Σκοπός της διατριβής	7
3. Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	14
3.1 Διαταραχές των λιβαδιών	14
3.1.1 Αλλαγή χρήσεων γης	14
3.1.2 Αλόγιστη βόσκηση	16
3.1.3 Πυρκαγιές	18
3.1.4 Κλιματική αλλαγή	20
3.1.5 Ερημοποίηση	22
3.1.6 Υποβάθμιση ενδιαιτημάτων ζώων	23
3.1.7 Μείωση της βιοποικιλότητας των λιβαδικών οικοσυστημάτων	24
3.1.8 Η εισαγωγή ξενικών και χωροκατακτητικών ειδών	26
3.1.9 Η τροποποίηση των παραδοσιακών πρακτικών διαχείρισης των λιβαδιών	27
3.1.10 Ανθρώπινες δραστηριότητες	28
3.2 Αιτίες ρύπανσης τα πλαστικά	30
3.3 Τι είναι τα πλαστικά	31
3.4 Η ιστορία του πλαστικού	43
3.4.1 Η εφεύρεση του πλαστικού	43
3.5 Η μακροπλαστική ρύπανση	46
3.6 Τι είναι τα μικροπλαστικά (MPs=Microplastics);	52
3.6.1 Μικροπλαστικά ως περιβαλλοντικός ρύπος	59
3.6.2 Μικροπλαστικά σε υδάτινα οικοσυστήματα	59
3.6.3 Μικροπλαστικά σε χερσαία οικοσυστήματα	61
3.6.4 Μεταφορά μικροπλαστικών στα εδάφη	63
3.6.5 Μικροπλαστικά στα φυτά	66
3.6.6 Μικροπλαστικά στα ζώα	70
3.6.7 Μικροπλαστικά στον ανθρώπινο οργανισμό	72
3.6.8 Μικροπλαστικά στον αέρα	77
3.6.9 Μικροπλαστικά στα τρόφιμα και στο νερό	78
3.6.10 Μικροπλαστικά ως αποθήκη άνθρακα στο έδαφος	78
3.7 Νομοθεσία σχετικά με την μείωση των μικροπλαστικών	79
3.8 Άποψη των ανθρώπων για τα μικροπλαστικά	84
4. Μέθοδοι και υλικά	85
5. Αποτελέσματα – Συζήτηση	87

5.1 Στατιστικά αποτελέσματα	87
6. Συμπεράσματα	103
7. Αξιοποίηση συμπερασμάτων - Διαχειριστικές απόψεις.....	105
8. Περαιτέρω κατευθύνσεις έρευνας	111
8.1 Προτάσεις μελλοντικής έρευνας	111
9. Βιβλιογραφικές αναφορές	113
9.1 Ελληνική βιβλιογραφία	113
9.2 Ξένη βιβλιογραφία.....	114
10. Παράρτημα.....	130
10.1 Δομή ερωτηματολογίου	130
10.1 Επεξήγηση συμβόλων	134
10.1.1 Πρώτη ύλη για παραγωγή πλαστικού	134
10.1.2 Σχήματα μικροπλαστικών	134

Στον Βίτο

1. Πρόλογος-Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονείται στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών “Πολυλειτουργική Διαχείριση Δασικών Οικοσυστημάτων και Βιοοικονομία” του Τμήματος Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου και Σχεδιασμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εργασία αφορά στην «Έρευνα για τις συνέπειες της ρίψης μικροπλαστικών στα Λιβάδια». Το πλαστικό έχει κατακλύσει την ζωή μας από τον 20^ο αιώνα και το συναντάμε σε διάφορες πτυχές της καθημερινότητάς μας. Από το φαγητό που αποθηκεύουμε και αγοράζουμε σε πλαστικά δοχεία/συσκευασίες μέχρι το νερό που καταναλώνουμε σε πλαστικά μπουκάλια, ακόμα και στα αντικείμενα που χρησιμοποιούμε καθημερινά, όπως το πλαστικό τηλεχειριστήριο της τηλεόρασης ή και τα συνθετικά ρούχα. Το ερώτημα είναι, τα πλαστικά προϊόντα που θα καταλήξουν, όταν σταματήσει η χρήση τους; Πολλές φορές δεν καταλήγουν στους κατάλληλους κάδους απορριμμάτων, αλλά απορρίπτονται ή παρασύρονται από άνεμο ή βροχή ακόμα και χιλιόμετρα μακριά προκαλώντας *πλαστική ρύπανση*. Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια καταγραφής από βιβλιογραφικής άποψης αλλά και της άποψης του κοινού, μέσω κοινωνικής έρευνας σχετικά με τα μικροπλαστικά στα λιβάδια.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Τμήματος Δασολογίας, Σχεδιασμού και Επιστημών Ξύλου κ. **Μιχάλη Βραχνάκη**, για την ευκαιρία που μου έδωσε να παραδώσω αυτή την εργασία και με βοήθησε με τις υποδείξεις και τις συμβουλές του σε όλη την διάρκεια της. Ήταν σημαντική η βοήθεια του για να φέρω εις πέρας την εργασία αυτή. Επίσης τον Αναπληρωτή Καθηγητή του ίδιου Τμήματος κ. **Μάριο Τρίγκα** για τη βοήθεια και τις συμβουλές στη σύνταξη του ερωτηματολογίου και την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα.

Ευχαριστώ τη φιλόλογο Ειδικής Αγωγής κ. **Πετρούλα Ντόκα** για τον χρόνο που αφιέρωσε για τις διευκρινίσεις από συντακτικής άποψης, για τη διατύπωση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου και του κειμένου της υπόλοιπης εργασίας. Επιπλέον την απόφοιτο Φυσικής Αγωγής κ. **Έλενα Ζιόγκου** για τη λήψη φωτογραφιών που αφορούσε την εικονική αποτύπωση απορριμμάτων σε ορεινούς όγκους, λιβάδια και σε υδροτοπικές εκτάσεις κατά τη διάρκεια της ορειβατικής διαδρομής-ανάβασής της προς το καταφύγιο Κόζιακα. Τέλος, τον Καθηγητή Πληροφορικής κ. **Σταύρο Μητσιάδη** για τη βοήθειά του στον σχεδιασμό ενός κάδου απορριμμάτων μέσω του προγράμματος σχεδιασμού Tinkercad, μιας προτεινόμενης ιδέας για την εναπόθεση απορριμμάτων.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τον σύντροφό μου κ. **Κωνσταντίνο Κούρεντα** που στάθηκαν στο πλευρό μου, με την υπομονή και την υποστηρικτική στάση τους καθ’ όλο το διάστημα της συγγραφής της εργασίας.

2. Εισαγωγή – Σκοπός της διατριβής

Πολύ συχνά στον προφορικό λόγο συγχέονται οι έννοιες *λιβάδι* και *βοσκότοπος*. Αυτό δικαιολογείται σε μεγάλο βαθμό, καθώς συνήθως γίνεται εύκολα κατανοητό από την εμπειρία ότι η κύρια χρήση των λιβαδιών είναι η κτηνοτροφική, δηλ. η χρήση του Τμήματος της πρωτογενούς παραγωγής των λιβαδιών (βοσκήσιμη ύλη) από τα αγροτικά ζώα διαμέσου της βόσκησης. Όμως, ενώ η λέξη λιβάδι περιγράφει έναν τύπο γης, η λέξη βοσκότοπος περιγράφει μία (σημαντική ασφαλώς, αλλά

όχι και μόνη) χρήση γης, η οποία γίνεται πάντα εκτός από τα αγροτικά ζώα και από την άγρια πανίδα. Επίσης, η λέξη βοσκότοπος δεν συνδέεται αποκλειστικά με τα λιβάδια (Βραχνάκης 2015).

Λιβάδι ονομάζεται ο τύπος γης που αναφέρεται σε φυσική ή ημι-φυσική έκταση, η βλάστηση της οποίας κυριαρχείται από ποώδη ή/και χαμηλή θαμνώδη ή/και αραιή, υψηλή ξυλώδη βλάστηση και στην οποία η πιο συνηθισμένη χρήση γίνεται από αγροτικά ζώα τα οποία ικανοποιούν τις διατροφικές τους ανάγκες από το τμήμα της υπέργειας βιομάζας που ονομάζεται *βοσκήσιμη ύλη*, ενώ τα άγρια ζώα χρησιμοποιούν τα λιβάδια τόσο ως ενδιαίτημα όσο και ως χώρο διατροφής και αναπαραγωγής (Βραχνάκης 2015)(Εικόνα 1).

Οι βοσκότοποι παρέχουν το μεγαλύτερο όφελος στην κοινωνία όταν χρησιμοποιούνται για πολλαπλές χρήσεις παρά για έναν και μόνο σκοπό. Παγκοσμίως τα λιβάδια χρησιμοποιούνται για την εκτροφή ζώων για τροφή και φυτικές ίνες, τη συγκομιδή ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ορυκτών πόρων, την παροχή ενδιατημάτων για την άγρια ζωή και τον ελεύθερο χώρο για την ανθρώπινη απόλαυση και αναψυχή¹. Τα λιβάδια είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση φυσικός χερσαίος πόρος στη Ελλάδα του οποίου η σημασία στην εθνική οικονομία είναι μεγάλη, αφού είναι οι κύριες βοσκήσιμες εκτάσεις. Χαρακτηριστικό των φυσικών λιβαδιών είναι ότι καταλαμβάνουν κατά κανόνα αβαθή, βραχώδη και επικλινή εδάφη, που βρίσκονται συνήθως στις πλαγιές και τις κορυφές μικρών ή μεγάλων βουνών. Έτσι είναι εκτάσεις μειωμένης παραγωγικότητας και άρα περιθωριακές για γεωργική ή δασική εκμετάλλευση. Από την άλλη πλευρά, οι δυσμενείς αυτές φυσικές συνθήκες τα καθιστούν ευαίσθητα στις ανθρωπογενείς επιδράσεις, πράγμα που επιβάλλει την προσεκτική και ορθολογική διαχείρισή τους. Η βόσκηση των λιβαδιών από κτηνοτροφικά και άγρια ζώα αποτελεί μια σημαντική μορφή χρησιμοποίησης των εδαφικών πόρων σε πολλές χώρες του κόσμου².



Εικόνα 1: Ποολιβαδο κοντά στο Μοσχόφυτο Τρικάλων (Πηγή: Φωτ. Αρχείο Γαρούφου Βασιλική).

¹ <https://rangelandsgateway.org/topics/uses-range-pastureland>

² http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2690/Geologia-kai-Diacheirisi-Fysikon-Poron-A-Lykeiou_html-apli/index8.html

Εκτός από τα λιβάδια που είναι φυσικά οικοσυστήματα υπάρχουν και οι *λειμώνες ή τεχνητά λιβάδια*, που είναι ποώδεις φυτοκοινωνίες χορτοδοτικών κτηνοτροφικών φυτών, που δημιουργούνται τεχνητά με κατεργασία του εδάφους και ανανεώνονται με παραβλάστηση ή νέα σπορά, ύστερα από τη βόσκηση ζώων ή θέρισμα για παραγωγή σανού. Ο τύπος του λιβαδιού αποτελεί την ευρύτερη ταξινομική μονάδα και χαρακτηρίζεται από τη γενική όψη και τη φυσιογνωμία της βλάστησης, δηλαδή από τα φυτά που κυριαρχούν είτε αυτά είναι ποώδη ή ξυλώδη. Στην Ελλάδα απαντούν τέσσερις τύποι λιβαδιών, τα ποολίβαδα, τα φρυγανολίβαδα, τα θαμνολίβαδα και τα δασολίβαδα³.

Επίσης *υγρά λιβάδια* χαρακτηρίζονται τα λιβάδια που καλύπτονται με ποώδη φυτά χαμηλής ανάπτυξης (< 100 εκ.) σε εδάφη τα οποία πλημμυρίζονται περιοδικά ή είναι κορεσμένα από νερό σε ορισμένες περιόδους του έτους. Τα υγρά λιβάδια σχηματίζουν πολύτιμες φυτοκοινωνίες υψηλής ποικιλότητας και οικολογικής αξίας, καθώς συντηρούν την ιχθυοπανίδα και κατ' επέκταση την ορνιθοπανίδα, σε πολλές περιοχές της χώρας μας. Τα τελευταία χρόνια δέχονται ισχυρές πιέσεις μετατροπής σε γεωργικές γαίες (Βραχνάκης 2015).

Τα λιβάδια σχηματίζουν τα μεγαλύτερα οικοσυστήματα σε παγκόσμια κλίμακα. Η έκτασή τους υπολογίζεται σε 52,5 εκατομμύρια τ. χλμ., ή το 40,5% της χερσαίας έκτασης εξαιρουμένης της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής (World Resources Institute, 2000, με βάση τα δεδομένα IGBP)⁴. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της Eurostat, το ποσοστό κάλυψης σε λιβάδια είναι 13,8% και ένα 30% από το ποσοστό των δασικών εκτάσεων και θάμνοι (Εικόνα 2). Συνολικά κυμαίνεται σε ποσοστό 43,8% της ελληνικής επικράτειας.

³ <http://www.elet.gr/pages/%CE%BB%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CF%84%CF%8D%CF%80%CE%BF%CE%B9-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1/>

⁴ <https://www.fao.org/3/y8344e/y8344e05.htm>

Share of total area by type and land cover (%), 2018

	Total area (km ²)	Woodland and shrubland	Cropland	Grassland	Water areas and wetland; bareland	Artificial
EU	4 125 107	46.8	24.2	17.4	7.3	4.2
Belgium	30 666	27.8	29.1	28.2	3.3	11.7
Bulgaria	110 996	48.8	32.3	14.7	2.0	2.3
Czechia	78 671	39.3	33.7	20.1	2.4	4.4
Denmark	42 925	21.9	47.7	19.7	3.8	6.9
Germany	357 569	35.7	32.3	20.8	3.7	7.6
Estonia	45 336	58.7	12.9	16.2	10.5	1.7
Ireland	69 947	24.2	5.5	57.7	8.5	4.2
Greece	131 694	57.6	20.5	13.8	4.1	4.0
Spain	498 502	50.1	27.4	12.8	6.0	3.7
France	549 060	36.0	29.9	24.6	3.8	5.7
Croatia	56 594	59.2	16.6	17.4	3.7	3.2
Italy	302 072	41.2	31.7	16.4	4.2	6.6
Cyprus	9 253	46.5	30.4	10.9	6.0	6.2
Latvia	64 585	56.0	15.4	20.9	5.9	1.7
Lithuania	65 284	39.6	32.0	21.9	4.3	2.1
Luxembourg	2 595	36.9	21.8	32.9	1.1	7.4
Hungary	93 012	28.2	43.5	17.5	6.8	4.0
Malta	316	16.9	28.7	18.5	8.4	27.5
Netherlands	37 377	16.8	23.0	34.2	13.3	12.6
Austria	83 678	48.5	15.9	24.2	7.3	4.2
Poland	311 929	37.6	34.7	20.7	3.3	3.6
Portugal	89 103	56.2	16.3	15.8	5.3	6.4
Romania	238 398	37.0	32.6	22.9	4.7	2.8
Slovenia	20 273	65.8	11.0	17.8	1.2	4.3
Slovakia	49 035	49.5	27.5	17.6	2.0	3.4
Finland	336 411	69.6	5.3	5.7	17.6	1.7
Sweden	447 424	68.5	4.0	5.5	20.1	1.8

Source: Eurostat (online data code: lan_lcv_ovw)

eurostat

Εικόνα 2: Πίνακας περιεχόμενων των κρατών-μελών της ΕΕ σε ποσοστό κάλυψης χρήσης γης⁵.

Η Ελλάδα εξαιτίας της γεωγραφικής θέσης, της ποικιλίας των κλιματικών τύπων, της ορογραφικής διαμόρφωσης (περίπου 8000 σπήλαια), της ποικιλίας εδαφικών σχηματισμών, της ποικιλίας στην ιστορία χρήσης παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη βιοποικιλότητα σε όλα τα επίπεδα αναφοράς. Αναλογικά με την έκτασή της, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη βιοποικιλότητα σε επίπεδο ειδών στην Ευρωπαϊκή Ένωση ("hot spot" in "hot spot") (Βραχνάκης 2021). Η φυτοποικιλότητα των ελληνικών λιβαδιών αποδίδεται τόσο στην ποικιλία μικροπεριβαλλόντων, όσο και στη χρήση των λιβαδιών. Παράλληλα με τη φυτοποικιλότητα αυξημένη είναι και η ζωοποικιλότητα, καθώς πλήθος μεγάλων και μικρών ζωικών οργανισμών χρησιμοποιούν τους λιβαδικούς πόρους. Επίσης, το ποσοστό ενδημισμού των χλωριδικών στοιχείων των λιβαδιών είναι πολύ υψηλό, και αυξάνεται καθώς μεταβαίνουμε από τη βόρεια στη νότια Ελλάδα (Βραχνάκης 2015). Επίσης τα λιβάδια εκτός από την υψηλή βιοποικιλότητα, αποτελούν και τύποι οικοτόπων προτεραιότητας σύμφωνα με την οδηγία 92/43/ΕΟΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης και με πληθώρα οικοσυστημικές υπηρεσίες.

Σύμφωνα με την Έκθεση Millennium Ecosystem Assessment (2005) οι οικοσυστημικές υπηρεσίες ορίζονται ως τα οφέλη που λαμβάνουν οι άνθρωποι από τα οικοσυστήματα. Γενικά διακρίνονται 4 κατηγορίες, οι υποστηρικτικές, οι υπηρεσίες παροχής, οι ρυθμιστικές και οι πολιτιστικές, με τις πρώτες να αποτελούν τη βάση για τις άλλες τρεις. Τα λιβάδια εκπληρώνουν στο σύνολό τους αυτές τις υπηρεσίες. Οι υποστηρικτικές υπηρεσίες που παρέχουν αναφέρονται στη συμβολή τους στην ανακύκλωση και ανακατανομή των θρεπτικών, στη διασπορά των σπόρων και γενικότερα του γενετικού υλικού και στην πρωτογενή παραγωγή. Οι υπηρεσίες παροχής, αναφέρονται στα προϊόντα που παρέχονται από τα λιβαδικά οικοσυστήματα, όπως προϊόντα ανθρώπινης διατροφής (π.χ. θηράματα ή εδώδιμα φυτά), πρώτες ύλες (π.χ. καυσόξυλα, ξυλεία μικρής αξίας, δέρματα,

⁵ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/thumb/0/04/Share_of_total_area_by_type_and_land_cover_%28%25%29%2C_2018_May_2021.png/750px-Share_of_total_area_by_type_and_land_cover_%28%25%29%2C_2018_May_2021.png

οργανικά υλικά για διάφορες χρήσεις όπως αγρωστώδη για καλομοσकेές, βοσκήσιμη ύλη, και οργανικά λιπάσματα), γενετικούς πόρους (π.χ. άγριους πληθυσμούς καλλιεργούμενων ειδών διατροφής – crop wild relatives, ή γονίδια για φαρμακευτική χρήση), μεταλλικά στοιχεία, φαρμακευτικούς πόρους (π.χ. φάρμακα φυτικής προέλευσης), ενέργεια (υδατικής ή οργανικής προέλευσης, π.χ. βιομάζα) και διακοσμητικά στοιχεία (π.χ. ορχιδέες, πεταλούδες) (Εικόνα 3) (Βραχνάκης 2015). Επίσης, είναι γνωστό ότι τα λιβαδικά οικοσυστήματα συνεισφέρουν στην παραγωγή μελιού λόγω της συμμετοχής φυτικών ειδών με πολύχρωμα άνθη στη χλωρίδα τους (Biswell και Λιάκος 1982)⁶.



Εικόνα 3: Φωτογραφία από το ντοκιμαντέρ «Νομάδες» (δημιουργός: Γιάννης Φλούλης)⁷

Οι ρυθμιστικές υπηρεσίες αναφέρονται σε ωφέλειες που λαμβάνονται από τη ρύθμιση των διεργασιών των οικοσυστημάτων και περιλαμβάνουν τη δέσμευση του άνθρακα και τη ρύθμιση του κλίματος, την αποσύνθεση των υπολειμμάτων και την αδρανοποίηση των τοξικών ουσιών, τη ρύθμιση του κύκλου του νερού και της επιφανειακής απορροής αυτού, όπως και της βελτίωσης της ποιότητας του νερού και του αέρα, και τον έλεγχο των ζιζανίων και των ασθενειών. Τέλος οι πολιτιστικές υπηρεσίες αναφέρονται άυλα οφέλη που συνδέονται με εμπλουτισμό του πνεύματος, γνωστική ανάπτυξη, προβληματισμό, αναψυχή, αισθητικές εμπειρίες, πολιτιστικές δημιουργίες (π.χ. χρήση λιβαδικών στοιχείων ως μοτίβα σε βιβλία, φιλμ, πίνακες, στοιχεία λαϊκής παράδοσης, εθνικά σύμβολα, αρχιτεκτονικά δημιουργήματα και καλλιτεχνήματα, διαφημίσεις), πνευματική ανάταση (συμπεριλαμβανομένων των λιβαδικών στοιχείων στη θρησκεία, σε μύθους και παραδόσεις), αναψυχικές εμπειρίες (π.χ. οικοτουρισμός, υπαίθρια αθλήματα), επιστήμη και μόρφωση (συμπεριλαμβανομένων των λιβαδιών σε εκπαιδευτικές εκδρομές και επιστημονική ανακάλυψη) (Βραχνάκης 2015).

Τα λιβάδια είναι μια πολύ μεγάλη δεξαμενή άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι Minahi *et al.* (1993) δηλώνουν ότι είναι σχεδόν εξίσου σημαντικά με τα δάση για την ανακύκλωση των αερίων του θερμοκηπίου και ότι η οργανική ύλη του εδάφους στα λιβάδια είναι του ίδιου μεγέθους με τη

⁶ <https://contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/B8.pdf>

⁷ https://www.trikalavoice.gr/wp-content/uploads/2022/11/IMG_232.jpg

βιομάζα των δέντρων. Η ικανότητα αποθήκευσης άνθρακα σε λιβάδια μπορεί να αυξηθεί με την αποφυγή της άρσης⁸.

Ωστόσο παρά τα οφέλη και τις πολύτιμες αξίες που προσφέρουν παγκοσμίως τα λιβάδια δέχονται διαταραχές οι οποίες διαταράσσουν την ισορροπία των οικοσυστημάτων αυτών τόσο από τον άνθρωπο όσο και από άλλους παράγοντες (κτηνοτροφικά ζώα, κλιματικές συνθήκες κ.ά.) που έχουν ως συνέπεια την υποβάθμιση τους.

Η υποβάθμιση των ελληνικών λιβαδικών οικοσυστημάτων εν γένει σχετίζεται με το γεγονός ότι αυτά εντοπίζονται κυρίως σε οριακά περιβάλλοντα όσον αφορά το έδαφος, το μητρικό πέτρωμα και το κλίμα. Τα εδάφη είναι συνήθως μικρού ή μεσαίου βάθους (ως 30 εκ.), με ημι-επάρκεια ή, τις περισσότερες φορές, ανεπάρκεια θρεπτικών συστατικών και έλλειψη επαρκούς εδαφικής υγρασίας (Παπαϊωάννου κ.ά. 2002). Επίσης, τα λιβάδια της χώρας μας συνδέονται κυρίως με το ορεινό ανάγλυφο και τις μεγάλες κλίσεις (πολλές φορές πάνω από 30%). Μεγάλο ποσοστό των λιβαδιών εδράζεται σε ασβεστολιθικά πετρώματα, με αποτέλεσμα τα εδάφη να παρουσιάζουν πολύ μικρή υδατοσυγκράτηση. Επιπλέον, πολλά λιβάδια βρίσκονται σε ακραία κλιματικά περιβάλλοντα (ξηροθερμικού κλίματος νότιας και νησιωτικής Ελλάδας, ψευδαλπικά ποολίβαδα βόρειας Ελλάδας), γεγονός που δυσχεραίνει την αποτελεσματικότερη διαχείρισή τους (Βραχνάκης και Κοντογιάννη 2006). Η εμφάνιση των λιβαδιών σε οριακά περιβάλλοντα αποτελεί απόρροια πιέσεων για εξεύρεση τόπων καλής ποιότητας που συντελέστηκαν στο παρελθόν και οι οποίοι αποδόθηκαν μεταγενέστερα στη γεωργία ή τη δασοπονία⁹.

Τα λιβαδικά οικοσυστήματα, ως δυναμικά φυσικά συστήματα υπόκεινται συνεχώς στη διαδικασία της οικολογικής διαδοχής. Η γνώση της οικολογικής διαδοχής είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις περιπτώσεις οικολογικής επαναφοράς ιδιαίτερα μετά από την έκφραση κάποιας μορφής διαταραχής. Ως *διαταραχή* θεωρείται ένα μεμονωμένο γεγονός στο χρόνο που διακόπτει τη δομική συνέχεια των οικοσυστημάτων, των κοινοτήτων ή των πληθυσμών με αποτέλεσμα την αλλαγή των πόρων, τη διαθεσιμότητα των υποστρωμάτων ή του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα (Βραχνάκης 2015). Τέτοιοι διαταραχές είναι:

- η **αλλαγή χρήσεων γης** (από λιβαδικές εκτάσεις μετατράπηκαν σε γεωργικές καλλιέργειες, άναρχη οικοπεδοποίηση, δημιουργία λατομείων – λατομείων),
- η **αλόγιστη βόσκηση** (υποβόσκηση, υπερβόσκηση, ακατάλληλο είδος βοσκημένου ζώου, ακατάλληλο σύστημα βόσκησης),
- **πυρκαγιές** που προκαλούνται από τον άνθρωπο ή από φυσικά αίτια (π.χ. κεραυνοί) ή πυρκαγιές με οικολογικό ρόλο για την περαιτέρω ανάπτυξη των λιβαδικών φυτών)
- **κλιματική αλλαγή** (ακραία κλιματικά φαινόμενα, άνοδος της θερμοκρασίας, διάβρωση του εδάφους κ.ά.)
- **ερμηποίηση** (υποβάθμιση του εδάφους με μη αναστρέψιμο αποτέλεσμα)
- **υποβάθμιση ενδιαιτημάτων ζώων** (άγριας πανίδας και μη) λόγω της κακής διαχείρισης
- **ανθρώπινες δραστηριότητες** (καύση υδρογονανθράκων για παραγωγή ενέργειας, εκπομπές αερίων, υγρών, στερεών ρύπων, αλόγιστες γεωργικές καλλιέργειες και χρήση φυτοφαρμάκων σε αυτές, αστικοποίηση)
- **μείωση της βιοποικιλότητας των λιβαδικών οικοσυστημάτων**
- **η εισαγωγή ξενικών και χωροκατακτητικών ειδών**
- **η τροποποίηση των παραδοσιακών πρακτικών διαχείρισης των λιβαδιών** (εντατικοποίηση της καλλιέργειας κ.ά.) (Βραχνάκης 2008)

⁸ <https://www.fao.org/3/y8344e/y8344e05.htm>

⁹ <https://contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/B8.pdf>

Τέλος, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ένας ακόμη παράγοντας που υποβαθμίζει τη λειτουργικότητα των λιβαδικών οικοσυστημάτων αλλά και άλλων ειδών οικοσυστημάτων. Σύμφωνα με μελέτη των Álvarez-Lopez et al. (2021) στο έδαφος του λιβαδιού που πραγματοποιήθηκε, αποκάλυψε τη μεγαλύτερη αφθονία μικροπλαστικών (σε ίνες και θραύσματα μικροπλαστικού). Ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας ήταν να αξιολογήσει την κατανομή και τη συγκέντρωση μικροπλαστικών σε εδάφη γειτονικών τροπικών οικοσυστημάτων με διαφορετικά επίπεδα ανθρώπινης παρέμβασης, που κυμαίνονται από νεοτροπικά τροπικά δάση, μια σαβάνα (ένα μικτό οικοσύστημα λιβαδιών-δάσους), δύο πεύκαφυτείες και ένα ανθρωπογενές λιβάδι για την εκτροφή βοοειδών νεοτροπικών οικοσυστημάτων σε τροπικές πεδινές περιοχές της Οαχάκα του Μεξικού στην παράκτια πεδιάδα του Κόλπου του Μεξικού. Το έδαφος των βοσκοτόπων παρουσίασε την υψηλότερη αφθονία μικροπλαστικών και ήταν σημαντικά υψηλότερο από αυτά των άλλων οικοσυστημάτων που μελετήθηκαν.

Η αλόγιστη χρήση πλαστικών και η απόρριψη αυτών από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως αποδεικνύεται, τόσο σε θαλάσσια όσο και σε χερσαία περιβάλλοντα αποτελεί πλέον περιβαλλοντική ρύπανση για τα λιβαδικά οικοσυστήματα (Εικόνα 4). Η κακή διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων και η απόρριψη αυτών σε μεγάλο βαθμό στο περιβάλλον ενέχει απρόβλεπτες συνέπειες τόσο στην πανίδα και χλωρίδα των λιβαδιών όσο και εν συνεχεία στον άνθρωπο. Τα πλαστικά είναι συνθετικά υλικά κατασκευασμένα από ένα ευρύ φάσμα οργανικών πολυμερών (Καραπαναγιώτη 2020) και ταιριάζουν ιδανικά για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, όπως συσκευασία, κατασκευές, οικιακός και αθλητικός εξοπλισμός, οχήματα, ηλεκτρονικά είδη και γεωργία¹⁰. Η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών έχει αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, το τεράστιο μέγεθος της κατανάλωσης πλαστικών έχει ως αποτέλεσμα το υψηλό αποτύπωμα άνθρακα που σχετίζεται με την παραγωγή τους, τους υψηλούς όγκους απορριμμάτων, την επίμονη ρύπανση και βλάβη στην άγρια ζωή και το οικοσύστημα¹¹.



Εικόνα 4: Πλαστική σακούλα σε ποολίβαδο Τρίκαλα (Φωτογρ. Αρχείο: Γαρούφου Βασιλική)

¹⁰ <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/marine-plastic-pollution>

¹¹ <https://www.oecd.org/environment/plastics/>

Πάνω από 300 εκατομμύρια τόνοι πλαστικού παράγονται κάθε χρόνο για χρήση σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Αν απορριφθούν ακατάλληλα, τα πλαστικά απόβλητα μπορούν να βλάψουν το περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα. Τουλάχιστον 14 εκατομμύρια τόνοι πλαστικού καταλήγουν στους ωκεανούς κάθε χρόνο. Τα πλαστικά απόβλητα είναι επί του παρόντος ο πιο άφθονος τύπος απορριμμάτων στον ωκεανό, αποτελώντας το 80% όλων των θαλάσσιων απορριμμάτων που βρίσκονται από τα επιφανειακά ύδατα έως τα ιζήματα βαθέων υδάτων. Οι κύριες πηγές πλαστικών υπολειμμάτων που βρίσκονται στον ωκεανό είναι η ξηρά, που προέρχεται από απορροή αστικών και όμβριων υδάτων, υπερχειλίση υπονόμων, σκουπίδια, ανεπαρκής διάθεση και διαχείριση απορριμμάτων, βιομηχανικές δραστηριότητες, τριβή ελαστικών, κατασκευές και παράνομη απόρριψη¹².

Υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας UV, του ανέμου, των ρευμάτων και άλλων φυσικών παραγόντων, το πλαστικό διασπάται σε μικρά σωματίδια που ονομάζονται μικροπλαστικά (σωματίδια μικρότερα από 5 mm) ή νανοπλαστικά (σωματίδια μικρότερα από 100 nm)¹³.

Σκοπός της διατριβής είναι να αναδείξει τη διαταραχή λόγω εναπόθεσης μικροπλαστικών στα λιβάδια. Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και μέσω έρευνας με ερωτηματολόγια προς τον γενικό πληθυσμό, καταγράφονται οι συνέπειες που προκαλούνται από τα μικροπλαστικά μέσω της βοσκίσιμης τροφής σε αγροτικά και άγρια βοσκόντα ζώα, στην ανάπτυξη των λιβαδικών φυτών, στο έδαφος των λιβαδιών και τις συνέπειες στο πέρασμα μέσω της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο. Διερευνάται επίσης, η προέλευση και η κατάληξη των μικροπλαστικών στα λιβάδια και εάν τελικά υπάρχει τρόπος καταπολέμησης αυτού του αναδυόμενου ρύπου, ώστε να περιοριστεί μελλοντικά ή να τερματιστεί η μικροπλαστική ρύπανση.

3. Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

3.1 Διαταραχές των λιβαδιών

Σε αυτή την ενότητα παρατίθενται αναλυτικότερα οι διαταραχές όπως αναφέρθηκαν παραπάνω που υπόκεινται τα λιβάδια τα τελευταία χρόνια και η σημασία αυτών στην οικολογία των λιβαδιών, στην πανίδα και τελικά στον ίδιο τον άνθρωπο. Στην τελευταία υποενότητα αναλύονται οι ανθρώπινες δραστηριότητες που έχουν επιφέρει δραματικές αλλαγές στις λιβαδικές εκτάσεις με τελευταία την αλόγιστη χρήση, απελευθέρωση και ρίψη πλαστικών στο περιβάλλον με τελικό αποδέκτη τα χερσαία οικοσυστήματα όπως είναι τα λιβάδια και η κατάληξη τους στο θαλάσσιο οικοσύστημα παραμένοντας και ρυπαίνοντας για πολλά χρόνια μέχρι της διάσπασης τους.

3.1.1 Αλλαγή χρήσεων γης

Όπως έχει προαναφερθεί, η κύρια χρήση των λιβαδιών είναι η βόσκηση. Μάλιστα σε πολλές περιοχές της χώρας μας η βόσκηση εξακολουθεί να αποτελεί τη μοναδική χρήση. Όμως με την εκμηχάνιση της γεωργικής παραγωγής, η οποία εντατικοποιήθηκε αμέσως μετά τον εμφύλιο πόλεμο, την εισαγωγή στη γεωργική παραγωγή βελτιωμένων και υψηλής απόδοσης γεωργικών ποικιλιών, την αλλαγή προτύπου διαβίωσης και το θεσμικό περιβάλλον (είσοδος στην Ε.Ε., έναρξη

¹² <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/marine-plastic-pollution>

¹³ <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/marine-plastic-pollution>

επιδοτήσεων στη γεωργία) παρατηρήθηκε επέκταση των γεωργικών καλλιεργειών εις βάρος των λιβαδιών. Το φαινόμενο αυτό καλείται *γεωργοποίηση* (Παπαναστάσης & Ισπικούδης, 2012) και έλαβε έκταση ιδιαίτερα σε περιοχές με γόνιμα εδάφη, μικρές κλίσεις, σχετικά μεγάλους βάθους με ικανοποιητική υδατοσυγκράτηση και συνεκτικότητα, όπως οι πεδινές περιοχές στη Θεσσαλία, τη Μακεδονία και αλλού (Βραχνάκης 2015).

Οι λιβαδικές εκτάσεις που επλήγησαν κυρίως από τη γεωργοποίηση ήταν οι πεδινές, που χρησιμοποιούνταν ως χειμερινά λιβάδια. Έτσι, τα περισσότερα από τα πεδινά λιβάδια έχουν σήμερα μετατραπεί σε χωράφια, με αποτέλεσμα αφ' ενός τα κτηνοτροφικά ζώα να στερούνται βοσκήσιμης ύλης κατά τη χειμερινή περίοδο και αφ' ετέρου όσες πεδινές εκτάσεις έχουν απομείνει να υπερβόσκονται. Αυτός είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο το πρόβλημα της υπερβόσκησης παρατηρείται στα πεδινά της χώρας. Τα τελευταία χρόνια, η γεωργοποίηση έχει επεκταθεί στα ημιορεινά και ορεινά λιβάδια, αυτά δηλαδή που βρίσκονται σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 600m και 800m αντίστοιχα. Το χαρακτηριστικό στις ζώνες αυτές είναι ότι μετατρέπονται σε χωράφια θέσεις με βαθύ έδαφος, οπότε παραμένουν ως λιβαδικά μόνο τα αβαθή εδάφη. Αποτέλεσμα αυτής της πρακτικής είναι να υποβαθμίζεται η παραγωγικότητα των λιβαδιών και να διασπάται η συνέχεια τους. Επειδή όμως οι περισσότερες από αυτές τις λιβαδικές εκτάσεις που μετατρέπονται σε γεωργικές είναι οριακής παραγωγής, αναμένεται ότι σε σύντομο χρόνο θα εγκαταλειφθούν ως μη αποδοτικές¹⁴.

Ενώ η γεωργοποίηση αποτελεί στις περισσότερες των περιπτώσεων μια προσωρινή μετατροπή χρήσης των λιβαδικών εκτάσεων, άλλες αλλαγές είναι μονιμότερες με αποτέλεσμα να προκαλούν σοβαρές και μη αντιστρεπτές μεταβολές. Μια τέτοια αλλαγή είναι η άναρχη οικοπεδοποίηση, που συμβαίνει σε αρκετές περιοχές της χώρας. Άλλη σοβαρή διαταραχή αποτελούν τα μεταλλεία και τα λατομεία και ενώ η εξόρυξη αποτελεί μια από τις πολλαπλές χρήσεις των λιβαδιών, όταν γίνεται αλόγιστα είναι δυνατό να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές στο οικοσύστημα. Είναι σημαντικό να υπάρχουν μελέτες αποκατάστασης διαταραγμένων περιοχών, οι οποίες θα προβλέπουν την αποκατάσταση της βλάστησης μετά την χρήση της εκτάσεις ο λατομείο-μεταλλείο. Σε αυτό τον τομέα έχει αναπτυχθεί ειδική επιστήμη η οποία ονομάζεται οικολογία αναβλάστησης¹⁵.

Είναι σημαντικό όμως, να τονιστεί ότι με νεότερες έρευνες, την τελευταία δεκαετία παρατηρείται αύξηση των λιβαδικών εκτάσεων. Αυτό οφείλεται σε κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες, όπως η έντονη αστυφιλία, που οδήγησαν σε μείωση του πληθυσμού της υπαίθρου και σε μείωση της κτηνοτροφίας (επιπλέον η κτηνοτροφία που απέμεινε μετατράπηκε σε ενσταβλισμένη). Έτσι συχνά απαντώνται εγκαταλειμμένες γεωργικές εκτάσεις, κυρίως σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές κοντά στα δασοόρια όπου έχει πλέον κυριαρχήσει η λιβαδική βλάστηση και χωρίς τους κατάλληλους χειρισμούς θα ακολουθηθεί η οικολογική διαδοχή¹⁶.

14

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

15

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

16

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

3.1.2 Αλόγιστη βόσκηση

Η βόσκηση είναι μια από τις πιο διαδεδομένες και σημαντικές χρήσεις των λιβαδιών¹⁷. Το ζητούμενο στη διαχείριση των λιβαδιών της χώρας μας είναι η ρύθμιση της χρήσης τους, δηλ. του βαθμού χρησιμοποίησης της πρωτογενούς τους παραγωγής. Η κατανομή του ζωικού φόρτου και της πίεσης βοσκής δεν είναι ομοιόμορφη στον χώρο και στον χρόνο με αποτέλεσμα άλλα λιβάδια να υποβόσκονται και άλλα να υπερβόσκονται (Βραχνάκης 2015). Η αλόγιστη βόσκηση οφείλεται κυρίως στο κοινόχρηστο καθεστώς, ανεξαρτήτως ιδιοκτησιακού καθεστώτος. Το καθεστώς αυτό δίνει το δικαίωμα σε κάθε κτηνοτρόφο για ελεύθερη βόσκηση επί πληρωμή, χωρίς γενικότερο σχεδιασμό για την ορθολογική χρήση των βοσκοτόπων¹⁸.

Η κανονική χρήση αποτελεί ένα πρώτο μέτρο βελτίωσης (μέσω της διαχείρισης) των λιβαδιών. Ως κανονική χρήση νοείται ο βαθμός χρησιμοποίησης της ετήσιας παραγωγής των λιβαδιών κάτω από τον οποίο η λιβαδική παραγωγή διατηρείται υψηλή στο διηνεκές χωρίς συγχρόνως να μειώνεται η παραγωγικότητα του εδάφους (Νάσσης & Τσιουβάρας 2009). Για την εφαρμογή της κανονικής χρήσης δεν απαιτείται σημαντικό οικονομικό κόστος, αλλά αυτή προϋποθέτει τη βαθιά γνώση της δομής και λειτουργίας των λιβαδιών. Η εφαρμογή της κανονικής χρήσης είναι θεμελιώδους σημασίας στη διαχείριση των λιβαδιών και αποτελεί τον απόλυτο στόχο. Με την εφαρμογή της κανονικής χρήσης η υπέργεια βιομάζα, και κυρίως η λιβαδική παραγωγή, χρησιμοποιείται αειφορικά, διασφαλίζοντας έτσι τη συνέχειά της στο χώρο και στο χρόνο.

Επιπλέον η φυτοκάλυψη είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη στο λιβάδι ώστε να γίνεται αποτελεσματική η πρόσληψη της ηλιακής ακτινοβολίας, και η χλωριδική σύνθεση του λιβαδιού είναι η κατάλληλη ώστε να εξυπηρετείται τόσο ο κύριος σκοπός διαχείρισης του λιβαδιού όσο και η οικοσυστημική του συμβολή στις ευρύτερες ανάγκες του ανθρώπου. Η κανονική χρήση διατηρεί επίσης τις τοπιακές ιδιότητες των λιβαδιών, τα ενδιαίτηματα της άγριας πανίδας, τη συνέχεια στον χώρο και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, καθώς και την ικανή εκείνη ποσότητα και ποιότητα του νερού, ώστε να εξυπηρετούνται οι οικοσυστημικές λειτουργίες του λιβαδιού. Παράλληλα, διασφαλίζεται η οικονομική επικέρδεια των ανθρώπων που εξαρτώνται άμεσα από τα λιβάδια, όπως και τα άυλα οφέλη προς αυτούς που σχετίζονται έμμεσα. Οι αποκλίσεις από την κανονική χρήση, είτε ως υποχρησιμοποίηση των λιβαδικών πόρων είτε ως υπερχρησιμοποίηση, οδηγούν σε υποβάθμιση της λιβαδικής κατάστασης (μείωση της λιβαδικής υγείας). Ενδείξεις για τέτοιες αποκλίσεις παρέχονται, στην περίπτωση που η κύρια χρήση το λιβαδιού είναι η βόσκηση, από τη διαφοροποίηση στη συμπεριφορά των ζώων, αλλά και στην εμφάνιση των φυτών (Βραχνάκης 2015).

Η επίτευξη κανονικής χρήσης που αποτελεί τον κύριο στόχο της διαχείρισης διευκολύνεται όταν δημιουργείται το κατάλληλο πλαίσιο επίτευξής της. Αυτό προϋποθέτει να αξιοποιείται η βοσκήσιμη ύλη του λιβαδιού με το (α) ενδεδειγμένο είδος ζώου ή την ενδεδειγμένη μείξη ειδών ζώων, (β) να γίνεται η βόσκηση σε περιόδους που η λιβαδική βλάστηση και το έδαφος να ζημιώνονται λιγότερο, (γ) να γίνεται η βόσκηση στον άριστο βαθμό από άποψη συνδυασμού διαθέσιμης ποσότητας και ποιότητας, (δ) να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε η βλάστηση να χρησιμοποιείται ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του λιβαδιού για να μην υπάρχουν υποβαθμισμένες θέσεις και να

¹⁷ <https://rangelandsgateway.org/topics/uses-range-pastureland/livestock-production>

¹⁸ <https://contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/B8.pdf>

μην περιορίζεται η παραγωγική επιφάνεια, και (ε) να εφαρμόζεται βοσκοφόρτωση ίση με τη βοσκοϊκανότητα του λιβαδιού (Νάστης & Τσιουβάρας 2009) (Βραχνάκης 2015).

Υπερβόσκηση

Η απογύμνωση και αποβράχωση πολλών λιβαδικών εκτάσεων της χώρας μας, αλλά και της Μεσογείου γενικότερα, αποδίδεται στην υπερβόσκηση από κτηνοτροφικά ζώα και ιδιαίτερα από γίδια. Με τον όρο *υπερβόσκηση* νοείται η βόσκηση από υπεράριθμα ζώα, δηλαδή περισσότερα ζώα από εκείνα που αντιστοιχούν στην βοσκοϊκανότητα του λιβαδιού. Βέβαια, η υποβάθμιση του λιβαδιού δεν προκαλείται μόνο από τα υπεράριθμα ζώα, αλλά και από τη βόσκηση ακατάλληλου είδους ζώου, καθώς και από το ακατάλληλο σύστημα βόσκησης, δηλαδή την ακατάλληλη εποχή και διάρκεια βόσκησης δηλ. από την ακατάλληλη διαχείριση που ασκείται. Οι επιπτώσεις της υπερβόσκησης στα λιβάδια είναι βαθμιαίες και αλυσιδωτές:

- I. Στην αρχή επέρχεται μια αλλοίωση στη σύνθεση της βλάστησης
- II. Η οποία καταλήγει στον περιορισμό ή στην εξαφάνιση των επιθυμητών, από τα βόσκοντα είδη, φυτών (ελαττούμενα)
- III. Έπειτα εξαφανίζονται και τα λιγότερο επιθυμητά (αυξάνοντα)
- IV. Για να εμφανιστούν στο λιβάδι νέα είδη, που είναι συνήθως ζιζάνια (εισβάλλοντα).

Η εξέλιξη αυτή σημαίνει, ότι η αρχική φυτοκοινότητα που αποτελείτο από πολυετή φυτά, μετατρέπεται σε μια φυτοκοινότητα με ετήσια και εφήμερα είδη¹⁹. Η υπερβόσκηση έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των επιθυμητών ειδών σε συνδυασμό με την αύξηση της προσβολής από ζιζάνια και τη μείωση τόσο της απόδοσης των ζώων όσο και της φέρουσας ικανότητας των μονάδων διαχείρισης²⁰.

Η συνέχιση της υπερβόσκησης έχει ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση ακόμα και των ζιζανίων. Παράλληλα το έδαφος συμπιέζεται, απογυμνώνεται και αρχίζει η διάβρωση, η οποία στην αρχή είναι επιφανειακή, ενώ αργότερα μετατρέπεται σε επιταχυνόμενη χαραδρωτική, με αποτέλεσμα στο μέλλον το λιβάδι να αποβραχύνεται και να σκελετοποιείται. Όπως είναι προφανές με την τροποποίηση και τη δραστική μείωση του φυτοκαλύμματος, αναρίθμητοι βιότοποι καταστρέφονται πράγμα που οδηγεί ακόμα και στην εξαφάνιση ειδών της άγριας πανίδας. Οικολογικός ρόλος της βόσκησης για την αποτροπή της υποβάθμισης και την προστασία των λιβαδιών συχνά προτείνεται η πλήρης απαγόρευση της βόσκησης. Η άποψη αυτή είναι ακραία και εσφαλμένη και στερείται ιστορικής και επιστημονικής βάσης²¹.

Ενώ η υπερβόσκηση συνιστά υπέρβαση του φορτίου που αντέχει ένα λιβάδι και, συνεπώς είναι καταστρεπτική επέμβαση, η κανονική βόσκηση, δηλαδή η βόσκηση που γίνεται από τον κατάλληλο αριθμό και είδος ζώων και με το κατάλληλο σύστημα, είναι φυσική και ευεργετική διαδικασία. Τα

¹⁹

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

²⁰ <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/management-strategies-for-rangeland-and-introducedpastures.html#:~:text=Rangeland%20management%20is%20characterized%20by,lack%20of%20fire%20and%20overgrazing>

²¹

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

φυτοφάγα ζώα αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα των φυσικών οικοσυστημάτων, διότι μετατρέπουν την πρωτογενή παραγωγή σε δευτερογενή και έτσι διατηρούνται οι αλυσίδες τροφών και η οικολογική ισορροπία. Η βλάστηση έχει εξελιχθεί δια μέσου του χρόνου με την παρουσία αυτών των ζώων, όπως αποδεικνύονται από τους διάφορους μηχανισμούς αντίστασης των φυτών στη βόσκηση. Είναι κοινά αποδεκτό σήμερα ότι κάποιος βαθμός βόσκησης είναι ευνοϊκός για τα φυτά και ευεργετικός για το οικοσύστημα. Αυτό συμβαίνει επειδή τα φυτά αντιδρούν στην αρχή και ενισχύουν την αύξηση τους με την αύξηση της έντασης της βόσκησης. Αυτό συνεχίζεται μέχρι ενός ορισμένου σημείου, στο οποίο η αύξηση αριστοποιείται. Από εκεί και πέρα η αύξηση μειώνεται με την αύξηση της έντασης της βόσκησης και το φυτό καταλήγει στο θάνατο²².

Υποβόσκηση

Από έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι τα μεσογειακά ποολίβαδα της Μακεδονίας είναι πολύ ανθεκτικά στη βόσκηση προβάτων και βοοειδών, επειδή αποτελούνται από μεγάλο αριθμό ειδών με διάφορες μορφολογικές και φυσιολογικές προσαρμογές, και η απουσία βόσκησης στα ποολίβαδα αυτά οδηγεί στη συσσώρευση βιομάζας και στην υποβάθμιση του παραγωγικού τους δυναμικού. Η κανονική βόσκηση είναι ευεργετική αντίθετα επειδή ρυθμίζει ευνοϊκά τη δομή και την παραγωγικότητα αυτών των ποολιβαδικών οικοσυστημάτων. **Απειλή για τα λιβάδια αποτελεί όχι μόνο η υπερβόσκηση αλλά και η υποβόσκηση²³.**

3.1.3 Πυρκαγιές

Αναμφίβολα, οι πυρκαγιές αποτελούν μια από τις πιο καταστροφικές διαταραχές για όλα τα φυσικά χερσαία οικοσυστήματα, όπως και για τα λιβαδικά. Ειδικότερα για τη χώρα μας αποτελούν ολοένα αυξανόμενη απειλή, καθώς τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν σημαντική αύξηση τόσο του αριθμού των φυσικών (δασικών) πυρκαγιών όσο και της καιγόμενης έκτασης. Υπολογίζεται ότι 0,5 εκατομμύρια Ha γης καίγονται το χρόνο, εκ των οποίων οι μισές τουλάχιστον εκτάσεις αναφέρονται σε λιβάδια (Καϊλίδης 1990, Δημητρακόπουλος 2001). Οι αρνητικές συνέπειες των πυρκαγιών στα λιβάδια μπορούν να ομαδοποιηθούν στις περιβαλλοντικές και στις οικονομικές. Η πρώτη ομάδα συνεπειών αναφέρεται στην καταστροφή πολύτιμων και σημαντικών φυτικών και ζωικών ειδών, ενδιαιτημάτων, μονάδων βλάστησης και τύπων οικοτόπων, αλλοίωση της χλωριδικής και πανιδικής σύνθεσης, δημιουργία εδαφικών κενών από βλάστηση, διάσπαση της οικολογικής συνέχειας και απομόνωσης των τοπίων, διατάραξη του υδρολογικού καθεστώτος, υποβάθμιση του εδάφους λόγω μείωσης της οργανικής του ουσίας, απόπλυση θρεπτικών, απομάκρυνση του προστατευτικού χλοοτάπητα, και δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για διάβρωση κ.ά. (Βραχνάκης 2015).

Οι οικονομικές συνέπειες αναφέρονται στην καταστροφή της πολύτιμης προς άμεση εκμετάλλευση βιομάζας (βοσκήσιμη ύλη, θηράματα, καυσόξυλα, πολύτιμο ξύλο, καρποί, ρητίνη, μελισσοκομικά, αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. μανιτάρια κ.ά.), στην καταστροφή και εξαφάνιση των χρηστών

²²

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

²³

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

της βιομάζας (αγροτικά και άγρια ζώα), αλλά και στη δημιουργία συνθηκών υποβάθμισης της βιομάζας (λόγω μείωσης θρεπτικών, υποβάθμισης ενδιαιτημάτων, αύξησης ασθενειών), αύξηση των πλημμυρικών γεγονότων, μείωση της αισθητικής αξίας των λιβαδιών και του δυναμικού οικοτουριστικής αξιοποίησής τους, και καταστροφή των υποδομών και των επενδυτικών δραστηριοτήτων που έλαβαν χώρα (Βραχνάκης 2015).

Πάντως η βλάστηση η οποία ανακάμπτει μετά την πυρκαγιά είναι σημαντικής αξίας ως βοσκήσιμη ύλη, καθώς ο ποώδης όροφος συνήθως χαρακτηρίζεται από μεγάλη συμμετοχή των ποωδών ψυχανθών που αυξάνουν τη θρεπτική αξία της. Το γεγονός αυτό και η ανάγκη διάνοιξης των ομαδοπαγών, συνηρεφών θαμνώνων (κυρίως πουρναριού και αρκεύθου, αλλά και άλλων αείφυλλων θάμνων και φρυγάνων) για τη διευκόλυνση της προσπέλασής τους από τα ζώα, σε συνδυασμό με την αύξηση της φυλλοβρίθειας και κλαδοβρίθειας και την εμφάνιση νεαρών (τρυφερών) δομών (ιστών), ωθεί τους κτηνοτρόφους να χρησιμοποιούν την πυρκαγιά ως διαχειριστικό εργαλείο της βοσκήσιμης ύλης των βοσκοτόπων. Το φαινόμενο αυτό είναι αρκετά κοινό σε πολλές περιοχές της Ελλάδας (Κρήτη, νησιά Αιγαίου, Δυτική Ελλάδα) αλλά και γενικότερα των νησιών της Μεσογείου (Le Houerou 1981, Papanastasis et al. 1990, Athanasiou & Xanthopoulos 2014). Υπολογίζεται ότι απαιτείται ικανός χρόνος επαναφοράς της βλάστησης, μέσω της δευτερογενούς διαδοχής, ο οποίος είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με την αμιγώς δασική ξυλώδη βλάστηση και υπολογίζεται σε 1-10 έτη αναλόγως του λιβαδικού τύπου (Παπαναστάσης & Ισπικούδης 2012, Βραχνάκης 2015).

Η προδιαγεγραμμένη καύση είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για τον έλεγχο ανεπιθύμητων φυτικών ειδών σε λιβάδια και δάση. Εφαρμοζόμενη κατάλληλα και υπό συγκεκριμένες συνθήκες, η προδιαγεγραμμένη πυρκαγιά αποτελεί ένα ασφαλές και φθινό εργαλείο διαχείρισης που είναι διαθέσιμο στον διαχειριστή του λιβαδιού. Η προδιαγεγραμμένη καύση χρησιμοποιείται για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Η φωτιά χρησιμοποιείται σε μια συγκεκριμένη εποχή του χρόνου και κάτω από συγκεκριμένα επίπεδα σχετικής υγρασίας, θερμοκρασίας αέρα και ταχύτητας ανέμου για να βοηθήσει στον έλεγχο των ειδών ζιζανίων που στοχεύουν. Αν και γενικά ευθύνεται για βελτιώσεις τόσο στην ποσότητα της χορτονομής όσο και στη θρεπτική αξία, η φωτιά κατά τη διάρκεια μιας ξηρής περιόδου μπορεί να εξαλείψει τη στάσιμη αδρανή βιομάζα που θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για τη βόσκηση έκτακτης ανάγκης. Εάν η υγρασία του εδάφους δεν είναι επαρκής τη στιγμή της πυρκαγιάς ή αντικατασταθεί αμέσως μετά, οι περιοχές που υπόκεινται σε προκαθορισμένη πυρκαγιά μπορεί στην πραγματικότητα να παράγουν λιγότερη βιομάζα από τις άκαυστες περιοχές²⁴.

Η προδιαγεγραμμένη καύση στα λιβάδια των ΗΠΑ θεωρείται σημαντικό εργαλείο διαχείρισης ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με άλλες διαχειριστικές πρακτικές βελτίωσης (Stubbendieck et al. 2007), καθώς βελτιώνει τα ενδιαιτήματα των άγριων ζώων και μπορεί να αυξήσει την ποιότητα (θρεπτική αξία), τη γευστικότητα, τη διαθεσιμότητα της βοσκήσιμης ύλης, καθώς η φωτιά απομακρύνει το νεκρό φυτικό υλικό και βελτιώνεται η επαναύξηση. Επιπλέον, αν η διαθεσιμότητα της εδαφικής υγρασίας είναι ικανοποιητική τότε αυξάνει και η παραγωγή των αγρωστωδών, καθώς η απογύμνωση και η επικάλυψη της καμένη οργανικής ουσίας βοηθά στην ταχύτερη θέρμανση της επιφάνειας του εδάφους και διεγείρει την πρόωμη αύξηση των αγρωστωδών, δίνοντας στα φυτά

²⁴ <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/management-strategies-for-rangeland-and-introduced-pastures.html#:~:text=Rangeland%20management%20is%20characterized%20by,lack%20of%20fire%20and%20Overgrazing>

αυτά σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι άλλων. Εκτός από τα ευεργετικά αποτελέσματα του ελέγχου των ανεπιθύμητων φυτικών ειδών, η προδιαγεγραμμένη καύση ενισχύει έμμεσα την απόδοση των βοοειδών (Βραχνάκης 2015).

3.1.4 Κλιματική αλλαγή

Παρά το γεγονός ότι διαταραχές όπως η φωτιά και η βόσκηση είναι καθοριστικοί παράγοντες διαμόρφωσης των λιβαδικών οικοσυστημάτων, το κλίμα παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των λιβαδιών. Τα τελευταία χρόνια η κλιματική αλλαγή και συγκεκριμένα, η έντασή της, οι λόγοι δημιουργίας της και κυρίως οι συνέπειές της στα λιβάδια και γενικότερα στα φυσικά οικοσυστήματα και τα συστατικά τους αποτελούν αντικείμενα επισταμένης έρευνας. Τα λιβαδικά οικοσυστήματα δέχονται συνεχείς ανθρωπογενείς επιδράσεις περιλαμβανομένων των πυρκαγιών, του κυνηγίου, της παραγωγής βοσκήσιμης ύλης (π.χ. ξηρικοί λειμώνες), της βόσκησης από αγροτικά ζώα, και της οικιστικής επέκτασης. Ως αποτέλεσμα αυτών των επιδράσεων, πολλά φυσικά λιβάδια και φυτικά είδη βρίσκονται σε υποβάθμιση (Εικόνα 5). Έτσι, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να προσθέσει ή να οξύνει τους υφιστάμενους παράγοντες καταπόνησης των λιβαδιών. Καθώς οι κλιματικές συνθήκες μετατοπίζονται γεωγραφικά, αντίστοιχα μετατοπίζεται και η γεωγραφική κατανομή πολλών φυτών και ζώων. Λιβάδια που εδράζονται σε επίπεδα εδάφη παρουσιάζουν αυξημένη ευπάθεια στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, επειδή τα ενδιαίτηματα και τα είδη πρέπει να μετακινηθούν σε μεγάλες αποστάσεις για να αντισταθμιστεί η μεταβολή της θερμοκρασίας. Το αντίθετο συμβαίνει σε ορεινά εδάφη, όπου οι συνθήκες αλλάζουν σε μικρές αποστάσεις λόγω των απότομων μεταβολών (αυξήσεων) στο ύψος (Loarie et al. 2009, Βραχνάκης 2015).



Εικόνα 5: Ενδεικτική αποτύπωση της κλιματικής αλλαγής²⁵.

Η αύξηση των θερμοκρασιών του αέρα συντελεί σε μεγαλύτερη εξάτμιση, που οδηγεί σε μεταβολή των προτύπων των βροχοπτώσεων, επηρεάζονται αρνητικά οι υπόγειοι υδροφορείς και απειλούνται τα ενδιαιτήματα που εξαρτώνται από το νερό. Άλλες αναμενόμενες μεταβολές, που δεν συλλαμβάνονται από τα μοντέλα κατανομής του κλίματος, σχετίζονται με τις επιπτώσεις της συγκέντρωσης CO₂ και της διαθεσιμότητας του N₂ σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής. Έτσι οι επιδράσεις των αυξημένων εκπομπών CO₂ στην ανάπτυξη των φυτών ποικίλλουν ανάλογα με τα τοπικά κλιματικά πρότυπα, την προσαρμογή των ειδών στην έλλειψη νερού, και τη διαθεσιμότητα του N₂ (Βραχνάκης 2015).

Η έρευνα έχει δείξει ότι η εξάντληση των θρεπτικών μπορεί να συμβεί γρηγορότερα στις ξηρότερες περιοχές, ενώ επηρεάζεται από τη χλωριδική σύνθεση και τη βόσκηση (Morgan et al. 2008). Τα ακραία καιρικά φαινόμενα συνδέονται επίσης με την κλιματική αλλαγή. Τα φαινόμενα αυτά μπορεί να επιδράσουν σημαντικά τόσο στα λιβαδικά οικοσυστήματα όσο και στις ανθρώπινες κοινότητες και δραστηριότητες (Allen & Breshears 1998). Όλο και πιο συχνά σοβαρά γεγονότα ξηρασιών, πλημμυρών και πυρκαγιών καταγράφονται και είναι πιθανό να επηρεάσουν τα λιβαδικά οικοσυστήματα. Η ξηρασία επιδεινώνει τη διάβρωση του εδάφους και εξαντλεί τους υδροφορείς. Η όλο και μεγαλύτερη μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων συνδέεται με αύξηση των πυρκαγιών, οι οποίες μπορούν να μειώσουν την εισβολή των ξυλωδών φυτών στα λιβάδια (McLaughlin & Bowers 1982). Η εκτεταμένη κατάτμηση που ήδη χαρακτηρίζει τα λιβαδικά οικοσυστήματα της Ελλάδας περιορίζει τις ευκαιρίες διασποράς των ειδών σε σχέση με το κλίμα. Επιπλέον, σημαντικά είδη των λιβαδιών αρχίζουν και εκλείπουν από ένα μεγάλο μέρος του πρώην εύρους κατανομής τους (Fahnestock & Detling 2002), ενώ ο κατακερματισμός των λιβαδιών και οι γεωργικές πρακτικές

²⁵ <https://scx2.b-cdn.net/gfx/news/hires/2022/climate-change-4.jpg>

έχουν μειώσει τα είδη και τους πληθυσμούς των επικονιαστών. Επειδή οι επικονιαστές διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στη δυναμική των λιβαδικών οικοσυστημάτων, αναμένεται να περιοριστεί περαιτέρω η σταθερότητα των οικοσυστημάτων λόγω έκθεσης στην κλιματική αλλαγή (Βραχνάκης 2015).

Υπάρχει η πρόβλεψη ότι στη Μεσογειακή περιοχή, η θερμοκρασία θα ανέλθει κατά 3 C° μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα. Το κλίμα της χώρας μας αναμένεται να γίνει ξηρότερο. Στα λιβάδια ειδικά, θα υπάρξει μείωση της παραγωγής και ιδιαίτερα μεγέθυνση του προβλήματος της ανισομερούς εποχιακής διαθεσιμότητας της βοσκήσιμης ύλης μέσα στο έτος, μια και η θερινή περίοδος θα γίνει μακρότερη, θερμότερη και ξηρότερη. Έτσι, θα ασκηθεί μεγάλη πίεση για την κάλυψη των αναγκών των ζώων, με τελικό αποτέλεσμα την υποβάθμιση και την ερημοποίηση των λιβαδικών εκτάσεων²⁶.

3.1.5 Ερημοποίηση

Η συνεχής υποβάθμιση γης, ως απόρροια τόσο ανθρωπογενών όσο και φυσικών δράσεων οδηγεί σε ερημοποίηση αυτών (Thornes 1993). Η *Διεθνής Σύμβαση για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης* (ΟΗΕ, Παρίσι, 17 Ιουνίου 1994) όρισε την *ερημοποίηση* ως τη μη αναστρέψιμη «υποβάθμιση της γης των ξηρών, ημί-ξηρων, και ξηρών ύφυγων περιοχών ως αποτέλεσμα των κλιματικών μεταβολών και των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων». Ο κίνδυνος ερημοποίησης είναι πολύ υψηλός όπως αποδεικνύεται από σχετική απογραφή της *Ελληνικής Επιτροπής για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης* το 34% των εδαφών της Ελλάδας θεωρείται υψηλού κινδύνου για ερημοποίηση, το 49% μέτριου και μόνο το 17% χαμηλού (Kosmas 2011). Αυτή η υποβάθμιση σημαίνει σημαντικές οικονομικές απώλειες (Βραχνάκης 2015).

Η κτηνοτροφική δραστηριότητα είναι ευρέως διαδεδομένη στην Ε.Ε. και η λανθασμένη εφαρμογή της μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένους τύπους υποβάθμισης της γης. Ο τύπος και η σοβαρότητα της υποβάθμισης εξαρτάται από το είδος του αγροτικού ζώου και την ένταση και μέθοδο παραγωγής (όπως, ο βαθμός στον οποίο τα ζώα στεγάζονται και βόσκουν ανεξέλεγκτα, η κατάσταση του εδάφους του βοσκότοπου και η ένταση βόσκησης). Έτσι, τα κύρια προβλήματα υποβάθμισης του εδάφους που σχετίζονται με την παραγωγή βόειων προϊόντων είναι η διάβρωση, η συμπίεση, η μόλυνση του εδάφους και η ρύπανση και ευτροφισμός των υδάτινων συστημάτων, αυτά που σχετίζονται με τα πρόβεια και αιγαία προϊόντα είναι η διάβρωση και η συμπίεση του εδάφους που προκαλούνται από την υπερβόσκηση, και τη συνδεδεμένη με αυτήν εντατική φυτική παραγωγή (συχνά μονοκαλλιέργεια) για ζωοτροφές. Παρά το γεγονός ότι πολλά από τα κίνητρα για την υπερβόσκηση έχουν αρθεί με την εισαγωγή των αποσυνδεδεμένων ενισχύσεων μέσω της ΚΑΠ από το 2005 και έκτοτε, υψηλής συγκέντρωσης πληθυσμοί ζώων συνεχίζουν να προκαλούν προβλήματα στις εντατικές βουτροφικές εκμεταλλεύσεις, καθώς και τα συστήματα εκτατικής βόσκησης στις Μεσογειακές χώρες, όπου τα εδάφη είναι πιο εύθραυστα. Ανόργανα λιπάσματα, οργανικά κατάλοιπα (κοπριά) και πολτοί, και προϊόντα ζύμωσης φυτικών υπολειμμάτων (ενσιρώματα) συμβάλλουν στη ρύπανση από νιτρικά και φωσφορικά άλατα που καθιζάνουν, με πιθανό αποτέλεσμα τον ευτροφισμό των υδάτων (Baldock et al. 2007, Βραχνάκης 2015).

26

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD117/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1%209.pdf>

Ιδιαίτερα στη χώρα μας, σημαντικό πρόβλημα αποτελεί το ιδιοκτησιακό καθεστώς των λιβαδιών. Μεγάλο ποσοστό τους είναι δημόσιες εκτάσεις που βόσκονται κοινόχρηστα από τα κοπάδια της κάθε περιοχής (Papanastasis 1993). Με τον τρόπο αυτό γίνεται δύσκολη ή αδύνατη η ορθολογική διαχείρισή τους, γεγονός που οδηγεί σε υπερβόσκηση. Επίσης οι ευρωπαϊκές επιδοτήσεις στο ζωικό κεφάλαιο ενθάρρυναν τους κτηνοτρόφους να αυξήσουν το μέγεθος των κοπαδιών τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι αυξήσεις αυτές οδήγησαν σε υποβάθμιση των αντίστοιχων οικοσυστημάτων (Dubost 1998). Η πολυπλοκότητα του φαινομένου της ερημοποίησης, αλλά και του πλέγματος των οικολογικών σχέσεων και επιπτώσεων που έχει η βόσκηση, προϋποθέτουν την εις βάθος ανάλυση των ιδιαίτερων οικολογικών, κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών κάθε περιοχής²⁷.

3.1.6 Υποβάθμιση ενδιαιτημάτων ζώων

Τα λιβάδια αποτελούν ενδιαιτήματα, εκτός από τα κτηνοτροφικά ζώα, και για την άγρια πανίδα. Η παρουσία των αιγοπροβάτων συμβάλλει στη διατήρηση των ανοιχτών λιβαδικών εκτάσεων, παρεμποδίζοντας τη μετάβαση σε άλλα στάδια διαδοχής της βλάστησης, κυρίως μέσω της βόσκησης και δευτερευόντως μέσω του ποδοπατήματος (trampling) που προκαλούν τα ζώα. Η παραδοσιακή μετακινούμενη κτηνοτροφία θεωρείται ο βέλτιστος τύπος βόσκησης, καθώς εκμεταλλεύεται κάθε διαθέσιμη έκταση διαμορφώνοντας και διατηρώντας το τυπικό ορεινό λιβαδικό τοπίο (Βραχνάκης 2015). Τα λιβαδικά οικοσυστήματα αποτελούν ενδιαιτήματα για πολλά είδη της άγριας πανίδας, ιδιαίτερα αυτών που απαιτούν χαμηλή ή/και αραιή βλάστηση (Παπαγεωργίου 1995). Επιπροσθέτως, η άγρια πανίδα εξασφαλίζει τις διατροφικές της ανάγκες από τη βοσκίσιμη ύλη των λιβαδιών. Τα κλαδοφάγα ζώα (π.χ. ελάφια, ζαρκάδια) προτιμούν θαμνώδη είδη, ενώ οι λαγοί προτιμούν κυρίως ποώδη (Καρμίρης κ.ά. 2006)²⁸.

Τα πτηνά και οι αρκούδες προτιμούν κυρίως καρπούς και σπόρους. Η χρησιμοποίηση της βλάστησης από την άγρια πανίδα συμβάλλει στη μεγαλύτερη αποδοτικότητα των λιβαδιών (Holechek et al. 1989, Παπαγεωργίου 2008), γι' αυτό και η σημασία της διαχείρισης της συνδυασμένης βόσκησης των αγροτικών ζώων και της άγριας πανίδας συνεχώς αυξάνεται (Bernardo et al. 1994). **Συνεπώς, οι διαχειριστές πρέπει να φροντίζουν για την ισορροπία μεταξύ της βόσκησης από αγροτικά ζώα, της διατήρησης των πληθυσμών των ειδών της άγριας πανίδας και της θηρευτικής πίεσης** (Matulich and Adams 1987)²⁹.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η βόσκηση και για τη διατήρηση απειλούμενων ειδών της πανίδας, καθώς συμβάλλει στη διατήρηση των ενδιαιτημάτων τους. Επιπρόσθετα, η βόσκηση αγροτικών ζώων μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση του πληθυσμού των λύκων καθώς και πολλών ειδών αρπακτικών και πτωματοφάγων πτηνών που κινδυνεύουν με εξαφάνιση, καθώς λόγω των διατροφικών τους συνηθειών εξαρτώνται από την κτηνοτροφία (Simeon and Cheylan 1985, Καζαντζίδης κ.ά. 2003). Μάλιστα, η εγκατάλειψη παραδοσιακών κτηνοτροφικών πρακτικών έχει προκαλέσει τη μείωση των πληθυσμών ή και την εξαφάνιση απειλούμενων ειδών, όπως είναι οι γύπες. Έτσι, η διατήρηση των ποολίβαδων ως απαραίτητων χώρων εξεύρεσης τροφής για τα μεγάλα

²⁷ <http://www.elet.gr/pages/wp-content/uploads/52-Pages-from-5o-praktika.pdf>

²⁸ <https://contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/B8.pdf>

²⁹ <https://contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/B8.pdf>

αρπακτικά έχει επισημανθεί ως απαραίτητη τεχνική διατήρησης των ειδών αυτών (Vrahnakis *et al.* 2009). Η θηραματοπονία είναι μια δευτερεύουσα δραστηριότητα των λιβαδιών με μεγάλη οικολογική και οικονομική σημασία (Παπαναστάσης 2008).

Συνεπώς, η ορθολογική διαχείριση των θηραματικών πληθυσμών μπορεί να συμβάλει τόσο στην προστασία των ειδών της άγριας πανίδας, στη διατήρηση της βιοποικιλότητας των λιβαδικών οικοσυστημάτων (Sage *et al.* 2005), όσο και στη βιώσιμη ανάπτυξη των ορεινών και μειονεκτικών περιοχών της χώρας³⁰. Η υποβάθμιση αυτών των ενδιαιτημάτων προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και φυσικά αίτια. Αυτές περιλαμβάνουν την διάσπαση μεγάλων περιοχών (κατακερματισμός) συνεχόμενων τύπων γης (εγγενές δάσος, θαμνώδεις εκτάσεις ή λιβάδια) μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ενδιαιτηματος και του αριθμού ορισμένων ειδών άγριας ζωής³¹.

Σύμφωνα με την έκθεση *Ζωντανός Πλανήτης* (Living Planet Report) του WWF που δημοσιεύτηκε πρόσφατα (Οκτώβριος 2022), που εκδίδεται κάθε δύο χρόνια, προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα για την πορεία των πληθυσμών των ειδών σε όλο τον κόσμο, δίνοντας μια σημαντική ένδειξη της γενικότερης υγείας του φυσικού οικοσυστήματος. Η φετινή έκθεση μάς δείχνει ότι οι πληθυσμοί άγριας ζωής που μελετήθηκαν (σπονδυλόζωα: θηλαστικά, πουλιά, αμφίβια, ερπετά και ψάρια) έχουν υποστεί μείωση κατά μέσο όρο 69% από το 1970³².

«Σήμερα καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε δύο ανθρωπογενείς προκλήσεις που συνδέονται άμεσα μεταξύ τους και απειλούν ευθέως τόσο την παρούσα, όσο και τις μελλοντικές γενιές: την κλιματική κρίση και την απώλεια βιοποικιλότητας», επεσήμανε ο γενικός διευθυντής της WWF, Μάρκο Λαμπερτίνι. Η έκθεση υποστηρίζει ότι μέσω της αύξησης των προσπαθειών διατήρησης και αποκατάστασης, της πιο βιώσιμης παραγωγής και κατανάλωσης τροφίμων, και της ταχείας και βαθιάς απανθρακοποίησης όλων των τομέων, η διπλή αυτή κρίση (βιοποικιλότητας και κλίματος) μπορεί ακόμα να αναχαιτιστεί. Οι συγγραφείς καλούν τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να μετασχηματίσουν τις οικονομίες, έτσι ώστε οι φυσικοί πόροι να αποτιμώνται σωστά³³.

3.1.7 Μείωση της βιοποικιλότητας των λιβαδικών οικοσυστημάτων

Ο όρος «βιολογική ποικιλότητα» ή αλλιώς «βιοποικιλότητα» εμφανίστηκε, με τη σημερινή του έννοια, πριν από τριάντα περίπου χρόνια (Γκουντή 2021). Έτσι «**βιολογική ποικιλότητα**» καλείται η ποικιλία όλων των ζωντανών οργανισμών (συμπεριλαμβανομένων μεταξύ άλλων) των χερσαίων, θαλασσιών και άλλων υδάτινων οικοσυστημάτων καθώς και των διαφόρων οικολογικών συνθέσεων που οι οργανισμοί σχηματίζουν – δηλ. ποικιλότητα μέσα σε κάθε είδος, μεταξύ των ειδών και των οικοσυστημάτων (Βραχνάκης 2021).

³⁰ <https://contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/B8.pdf>

³¹ <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/management-strategies-for-rangeland-and-introduced-pastures.html#:~:text=Rangeland%20management%20is%20characterized%20by,lack%20of%20fire%20and%20Overgrazing>

³² https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/lpr_media_riefing_gr.pdf

³³ https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/lpr_media_riefing_gr.pdf

Η ποικιλομορφία που εντοπίζεται σε ένα οικοσύστημα σε μια χρονική στιγμή, είναι αποτέλεσμα μιας δυναμικής διαδικασίας που περιλαμβάνει την ταυτόχρονη εξέλιξη των ειδών, που αποτελούν τη βιολογική κοινότητα του οικοσυστήματος, σε μία σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ τους και παράλληλα και με το αβιοτικό περιβάλλον (Swift et al. 2004). Η βιοποικιλότητα δεν αποτελεί μια ξεκάθαρη έννοια, που να μπορεί εύκολα να μετρηθεί, μιας και ανάλογα με την οπτική γωνία παρατήρησης, θα καταλήξει σε διαφορετικά συμπεράσματα (Γκουντή 2021). Έτσι, αν πρόκειται να ποσοτικοποιηθεί η βιοποικιλότητα ως μέτρο έκφρασης της αποτελεσματικότητας λειτουργίας ενός οικοσυστήματος τότε πιθανόν η ποσοτικοποίηση της λειτουργικής βιοποικιλότητας να είναι πιο δόκιμη. Ως *λειτουργική* αναφέρεται η βιοποικιλότητα που προκύπτει από τη διάκριση και καταγραφή των στοιχείων των λειτουργικών ομάδων που απαντώνται σε μία φυτοκοινότητα (Loreau et al. 2002, Βραχνάκης 2015).

Τα επίπεδα αναφοράς της βιοποικιλότητας διακρίνονται σε:

1) **Γενετική Βιοποικιλότητα:** αναφέρεται το εύρος των κληρονομικών καταβολών ενός είδους. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος αυτό, τόσο μεγαλύτερη η ικανότητα επιβίωσης σε εξωτερικές διαταραχές.

2) **Βιοποικιλότητα των ειδών:** αναφέρεται στα διαφορετικά είδη φυτών και ζώων σε μια περιοχή. Μεγαλύτερη βιοποικιλότητα των ειδών σε ένα οικοσύστημα οδηγεί σε:

- Σταθερότητα του οικοσυστήματος
- Απρόσκοπτες ροές ενέργειας, βιομάζας και ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων
- Αποτελεσματικότερους μηχανισμούς ανάδρασης
- Συμβολή στην οντογενετική εξέλιξη των ειδών λόγω αλληλεξάρτησης

3) **Βιοποικιλότητα οικοσυστημάτων-φυτοκοινωνιών:** αναφέρεται στο διαφορετικό αριθμό των συνδυασμών ειδών φυτών και ζώων (οικοσυστημάτων) σε μια περιοχή.

4) **Βιοποικιλότητα των τοπίων:** αναφέρεται στο διαφορετικό αριθμό τύπων τοπίων που εμφανίζονται σε μία χώρα (Βραχνάκης 2021).

Η βιοποικιλότητα των λιβαδικών οικοσυστημάτων δέχεται απειλές τα τελευταία χρόνια, με αποτέλεσμα τη μείωση της. Αυτές είναι: 1) **Αλλοιώσεις – Καταστροφές βιοτόπων**, 2) **Εισβολή ξενικών χωροκατακτητικών ειδών** με επιπτώσεις: α) στην οικολογία: • ανταγωνισμός (π.χ. αμερικανικός γκρι σκίουρος (*Sciurus carolinensis*) - ιθαγενή κόκκινο σκίουρο (*S. vulgaris*)) • μεταβολή της δομής (π.χ. το φύκι *Caulerpa taxifolia*) • υβριδισμό με ιθαγενή είδη: (π.χ. *Populus nigra* x *P. deltoides*) • άμεση τοξικότητα • πηγή παρασίτων ή φορέα παθογόνων οργανισμών • διατάραξη της επικοινωνίας, λόγω ανταγωνισμού με τοπικά είδη μέλισσας, β) στις οικονομικές δραστηριότητες γ) στην υγεία του ανθρώπου (π.χ. αλλεργίες από *Heracleum mantegazzianum*, *Ambrosia artemisiifolia* - ασιατικό κουνούπι-τίγρης (*Aedes albopictus*), είναι φορέας τουλάχιστον 22 αρμοπιδίων), 3) **Αγροτική εντατικοποίηση και ρύπανση**, 4) **Αλόγιστη βόσκηση, λαθροθήρευση, αλόγιστη συλλογή**, 5) **Ερημοποίηση και παγκόσμια κλιματική αλλαγή** 6) **Εγκατάλειψη παραδοσιακών πρακτικών χρήσεως γης** (Βραχνάκης 2021).

"Η βιοποικιλότητα είναι ένα πολύπλευρο φαινόμενο που περιλαμβάνει την ποικιλία των παρόντων οργανισμών, τις γενετικές διαφορές μεταξύ τους και τις κοινότητες, τα οικοσυστήματα και τα μοτίβα τοπίων στα οποία εμφανίζονται. Η κοινωνία θα εκτιμά όλο και περισσότερο τη βιοποικιλότητα και

θα επηρεάζεται από τη ψήφιση νόμων και τη συγγραφή κανονισμών που αφορούν τη βιοποικιλότητα που θα πρέπει να τηρήσουν οι διαχειριστές λιβαδικών εκτάσεων τις επόμενες δεκαετίες. Ακόμη και ιδιωτικές και αναπτυσσόμενες εκτάσεις του κόσμου θα επηρεαστούν» (West 1993)³⁴.

3.1.8 Η εισαγωγή ξενικών και χωροκατακτητικών ειδών

Σύμφωνα με τους Παπαναστάση & Ισπικούδη (2012) τα ελληνικά λιβάδια δεν φαίνεται να αντιμετωπίζουν σημαντικό πρόβλημα, καθώς τα λιβαδικά φυτά έχουν αυξημένη ανταγωνιστική ικανότητα, και υψηλά επίπεδα προσαρμογής. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, οι απειλές λόγω εισβολής ξενικών χωροκατακτητικών ειδών είναι συνέπειες έμμεσων επιπτώσεων, όπως ο ανταγωνισμός για χώρο και πόρους και η αλλαγή των ενδιαιτημάτων (λόγω μεταβολής της χημικής ή της υδατικής κατάστασης του εδάφους). Τα ξενικά χωροκατακτητικά φυτικά είδη θεωρούνται ως «φυτά παράσιτα» καθώς μπορεί να είναι επιβλαβή για άλλα και έτσι αντιμετωπίζονται στα πλαίσια πρόληψης εισαγωγής και εξάπλωσης επιβλαβών οργανισμών για τα ωφέλιμα φυτά και προωθούνται μέτρα για τον έλεγχό τους. Επιπλέον, τα ενδιαιτήματα και τα οικοσυστήματα πρέπει να προστατεύονται από τις συνέπειες που έχει η εισαγωγή ενός χωροκατακτητικού ξενικού είδους διότι διασφαλίζουν την επιβίωση των φυτών (Βραχνάκης 2015).

Σε επίπεδο Ε.Ε. η υγεία των φυτών ελέγχεται από ένα καλά ανεπτυγμένο σύστημα, που όμως επικεντρώνεται κυρίως σε παρασιτικούς μικροοργανισμούς (ιούς, μύκητες, έντομα), ενώ δεν έχει διασφαλιστεί ακόμα ο έλεγχος των έμμεσα επιβλαβών οργανισμών, ιδίως των χωροκατακτητικών ξενικών φυτικών ειδών. Όταν πρόκειται να γίνει εισαγωγή ενός οργανισμού σε ένα καινούριο περιβάλλον είναι απαραίτητο να αξιολογηθούν τα εγγενή χαρακτηριστικά του που θα μπορούσαν να προκαλέσουν προβλήματα στα αυτοφυή είδη και τις φυτοκοινότητες. Τα χαρακτηριστικά των φυτών που θα μπορούσαν να είναι σημαντικά στην εισβολή είναι το μεγάλο οικολογικό εύρος και προσαρμοστικότητα, η ικανότητα δημιουργίας ισχυρής τράπεζας σπόρων μακράς διάρκειας και η μεγάλη παραγωγή σπόρων ή αγενούς πολλαπλασιαστικού υλικού, και η υψηλή ανταγωνιστική ικανότητα. Σημαντικά ερωτήματα που πρέπει να τεθούν είναι αν το είδος είναι επεκτατικό στο φυσικό χώρο εξάπλωσής του, αν οι πιθανότητες για ταχεία φυσική εξάπλωση είναι υψηλές και οι συνθήκες ευνοϊκές, εάν οι αγενώς πολλαπλασιαστικές του μονάδες είναι ιδιαίτερα κινητικές, αν το φυτό ευνοείται από την καλλιέργεια ή τη βόσκηση, και εάν υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας μονοειδικών φυτοκαλυμμάτων. Η εκτίμηση των συνεπειών από την εγκατάσταση και την εξάπλωση ενός ξενικού είδους αποτελεί σημαντικό βήμα για την απόφαση ρύθμισής του ή όχι (Βραχνάκης 2015).

Τα παραδείγματα για τις έμμεσες επιπτώσεις των επιβλαβών ξενικών χωροκατακτητικών (ή τις δευτερεύουσες συνέπειες) περιλαμβάνουν τις επιδράσεις στις φυτοκοινωνίες, τις επιπτώσεις στο περιβάλλον των ευαίσθητων ή προστατευόμενων περιοχών, τις αλλαγές στις οικολογικές διεργασίες, της δομής, της σταθερότητας και της δυναμικής ενός οικοσυστήματος (συμπεριλαμβανομένων των περαιτέρω συνεπειών στα είδη φυτών, τη διάβρωση, τις αλλαγές της στάθμης του νερού, τον αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς, την ανακύκλωση θρεπτικών κ.λπ.), τις

³⁴ <https://rangelandsgateway.org/topics/uses-range-pastureland/rangeland-biodiversity>

επιπτώσεις στη χρήση των πόρων από τον άνθρωπο (π.χ. ποιότητα των υδάτων, αναψυχή, τουρισμό, βόσκηση, κυνήγι, ψάρεμα), ή το κόστος της περιβαλλοντικής επαναφοράς. Άλλες αρνητικές επιπτώσεις των χωροκατακτητικών ξενικών φυτικών ειδών μπορεί να προέρχονται από τις αλληλοπαθητικές δράσεις ή τους υβριδισμούς. Τα ξενικά φυτικά είδη μπορεί υβριδίσουν επίσης με άλλα μη αυτοφυή, και ενδεχομένως να οδηγήσουν στη δημιουργία ενός ισχυρότερου υβριδίου, όπως είναι η περίπτωση του *Reynoutria x bohemica*, υβρίδιο των *R. japonica* και *R. sachalinensis* (Pysek et al. 2003). Σε επίπεδο Ε.Ε. έχουν θεσμοθετηθεί, μέσω της Οδηγίας 2000/29/EC του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου, μέτρα προστασίας κατά της εισαγωγής οργανισμών επιβλαβών για τα φυτά ή τα φυτικά προϊόντα. Ένα από τα πιο σημαντικά μέτρα της Οδηγίας είναι η παράθεση λίστας των επιβλαβών οργανισμών των οποίων η εισαγωγή στην Ε.Ε. απαγορεύεται (Βραχνάκης 2015).

3.1.9 Η τροποποίηση των παραδοσιακών πρακτικών διαχείρισης των λιβαδιών

Η μετακινούμενη κτηνοτροφία αποτελεί ένα παραδοσιακό σύστημα εκτροφής των αιγοπροβάτων σε πολλές περιοχές της Μεσογείου (Εκόνα 6). Με την εποχιακή μετακίνηση των ζώων αξιοποιείται η φυσική βλάστηση τόσο των ορεινών και ημιορεινών βοσκοτόπων (άνοιξη – φθινόπωρο) όσο και των πεδινών (φθινόπωρο – χειμώνας). Στην Ελλάδα, οι μετακινούμενοι κτηνοτρόφοι χρησιμοποιούν τα ορεινά φυσικά λιβάδια 5-7 μήνες το χρόνο³⁵. Η εγκατάλειψη της κτηνοτροφικής δραστηριότητας, ως απόρροια της γενικότερης εγκατάλειψης ανάπτυξης ολοκληρωμένων οικονομικών δραστηριοτήτων και της χαλάρωσης του κοινωνικού ιστού στην ελληνική ύπαιθρο. Απόρροια της εγκατάλειψης της κτηνοτροφικής δραστηριότητας και της αύξησης της συσσώρευσης των αγροτικών πληθυσμών σε αστικά κέντρα είναι η ανισοκατανομή της βοσκοφόρτωσης στα Ελληνικά λιβάδια. Γενικότερα, τα πεδινά λιβάδια, καθώς και τα λιβάδια που βρίσκονται κοντά σε αστικά κέντρα υπερβόσκονται, ενώ ορεινά ή ψευδαλπικά λιβάδια υπερβόσκονται – γεγονότα που βάζουν σε κίνδυνο την οικολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων³⁶.

³⁵ <http://www.elet.gr/pages/publications/the-role-of-transhumance-in-the-evolution-of-vegetation-and-landscape-a-case-study-in-northern-greece-vermion-mountain/>

³⁶ <http://www.elet.gr/pages/category/special-issues/issues-and-threats/>



Εικόνα 6: Μετακινούμενη κτηνοτροφία³⁷.

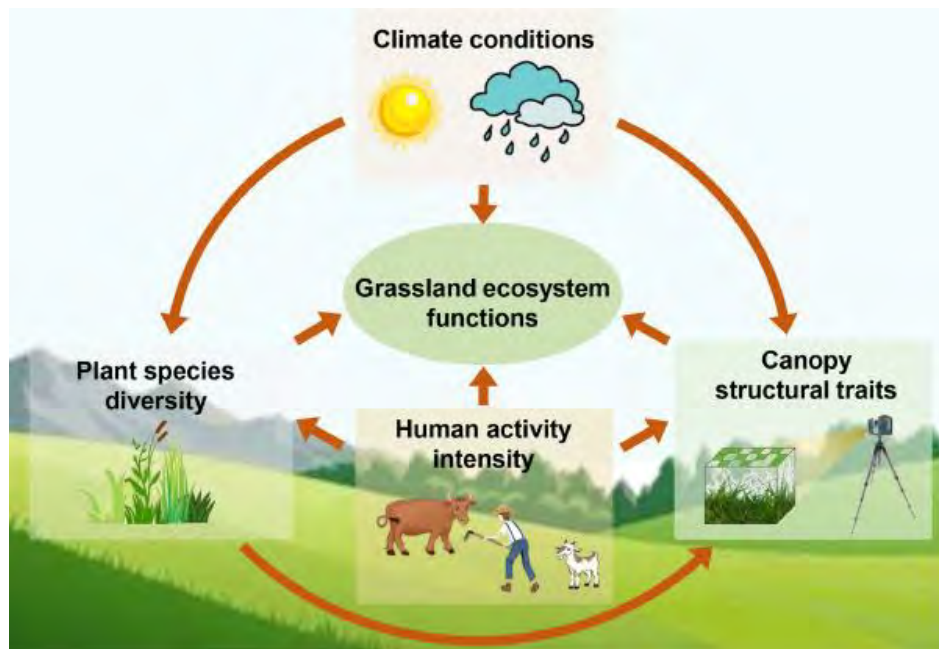
Η απουσία βόσκησης οδηγεί τα λιβάδια σε επόμενα στάδια διαδοχής, καθώς οι θάμνοι αυξάνονται και επεκτείνονται σε βάρος των ποωδών φυτών. Μετά την ένταξη της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπήρξε μία σημαντική αλλαγή στην κτηνοτροφία. Η παραδοσιακή μετακινούμενη κτηνοτροφία, που περιλαμβάνει εποχική μετακίνηση των κοπαδιών των αιγοπροβάτων, κυρίως προς ορεινές και ημιορεινές περιοχές κατά τη θερινή περίοδο, σταδιακά μειώθηκε, ενώ παράλληλα αυξήθηκε σημαντικά η κτηνοτροφία στις αγροτικές περιοχές με υψηλή παραγωγή ζωοτροφών (Hadjigeorgiou 2011). Έτσι, ενώ καταγράφεται αύξηση του αριθμού των αιγοπροβάτων, ο αριθμός των κοπαδιών μειώθηκε σημαντικά, οδηγώντας σε ένα ανομοιογενές πρότυπο κατανομής της βόσκησης (Hadjigeorgiou 2011). Η εγκατάλειψη της ορεινής εκτατικής κτηνοτροφίας ενισχύεται επιπροσθέτως και από το γεγονός ότι η ισχύουσα νομοθεσία προβλέπει την εγκατάσταση των ζώων σε μόνιμους στάβλους πληρώντας συγκεκριμένες προδιαγραφές υγιεινής (Hadjigeorgiou 2011)³⁸. Οι παραδοσιακές μορφές διαχείρισης βασίζονταν στην με κάθε τρόπο εκμετάλλευση σε χώρο και χρόνο των διαθέσιμων πόρων για τα κοπάδια. Υιοθετώντας παραδοσιακά διαχειριστικά μέτρα στις σύγχρονες μεθόδους διαχείρισης, θα ωφεληθούν τόσο η κτηνοτροφία όσο και τα λιβαδικά-δασικά οικοσυστήματα³⁹.

³⁷ <https://emvolos.gr/petros/wp-content/uploads/2019/01/%CF%80%CF%81%CF%8C%CE%B2%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%87%CE%B5%CE%B9%CE%BC%CF%8E%CE%BD%CE%B1%CF%82-696x443.jpg>

³⁸ https://edozoume.gr/wpcontent/uploads/2021/08/LIFE_IP_Action_Plan_Parnassius_2021_final_low.pdf

³⁹ http://www.elet.gr/pages/pub_category/new-challenges-in-hellenic-rangeland-science-el/page/2/

3.1.10 Ανθρώπινες δραστηριότητες



Εικόνα 7: Το εννοιολογικό πλαίσιο μοντέλων δομικών εξισώσεων⁴⁰.

Τα λιβάδια απειλούνται από αρκετούς, κυρίως ανθρωπογενείς, παράγοντες που έχουν συμβάλει στην ιστορική, σημερινή και πιθανή μελλοντική υποβάθμιση και εξαφάνισή τους (McTavish et al. 2021). Τα λιβαδικά οικοσυστήματα δέχονται συνεχείς ανθρωπογενείς επιδράσεις περιλαμβανομένων των πυρκαγιών, του κυνηγιού, της παραγωγής βοσκήσιμης ύλης (π.χ. ξηρικοί λειμώνες), της βόσκησης από αγροτικά ζώα, και της οικιστικής επέκτασης. Ως αποτέλεσμα αυτών των επιδράσεων, πολλά φυσικά λιβάδια και φυτικά είδη βρίσκονται σε υποβάθμιση (Βραχνάκης 2015). Η κατανόηση της αλλαγής των λειτουργιών του οικοσυστήματος των λιβαδιών σε σχέση με τις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι επομένως κρίσιμη για τη χάραξη πολιτικών βιώσιμης διαχείρισης (Zhao 2022) (Εικόνα 7).

Με την αύξηση του πληθυσμού και την παγκοσμιοποίηση, η ζήτηση από τις αυξανόμενες αστικές περιοχές έχει μεταμορφώσει τους αγροτικούς πληθυσμούς και τα οικοσυστήματα. Μεγάλο μέρος αυτής της αλλαγής οφείλεται στην αυξημένη ζήτηση για ενεργειακούς πόρους, τρόφιμα και άλλα ESG, όπως φαρμακευτικά και βιομηχανικά φυτά (Eriksen and Watson 2009) και νέες αγορές για κτηνοτροφική παραγωγή και χειροτεχνία από ποιμενικές κοινότητες (FAO 2006). Οι Jansen et al. (2004) όρισε την κατάσταση του οικοσυστήματος ως «ο βαθμός στον οποίο τα αλλαγμένα από τον άνθρωπο οικοσυστήματα αποκλίνουν από τα τοπικά ημιφυσικά οικοσυστήματα ως προς την ικανότητά τους να υποστηρίζουν μια κοινότητα οργανισμών και να εκτελούν οικολογικές λειτουργίες». Αντίστοιχα, η «ποιότητα των οικοτόπων» χρησιμοποιείται τακτικά ως βασικός δείκτης της κατάστασης του οικοσυστήματος και των αλλαγών που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Juan et al. 2011, Mashizi & Escobedo 2020).

Ωστόσο τα λιβαδικά οικοσυστήματα ως χερσαία οικοσυστήματα επηρεάζονται και από την περιβαλλοντική ρύπανση είτε μέσω εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μέσω μόλυνσης των

⁴⁰ <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2667325822004198-gr2.jpg>

υδατικών πόρων και του εδάφους με αντίκτυπο στην χλωρίδα, στην πανίδα και στον άνθρωπο. Η πλαστική ρύπανση συγκεκριμένα τα τελευταία χρόνια είναι απόρροια ανθρώπινης δραστηριότητας. Η διάσπαση των πλαστικών στο περιβάλλον σε μικρότερα απόβλητα τα λεγόμενα *μικροπλαστικά* και η παραμονή τους σε αυτό και οι συνέπειες που προκαλούν έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα.

Η έρευνα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των «μικροπλαστικών» σε περιβάλλοντα θαλάσσιου και γλυκού νερού έχει επιταχυνθεί τα τελευταία χρόνια, αλλά λίγα είναι γνωστά για τις επιπτώσεις των πλαστικών απορριμμάτων στα χερσαία οικοσυστήματα (Geyer et al. 2017). Τα λιβάδια είναι χερσαία οικοσυστήματα, όπως και τα υπόλοιπα περιβάλλοντα (θάλασσες, ωκεανούς, γεωργικές καλλιέργειες κ.ά.) επηρεάζονται από τη ρίψη των πλαστικών και την παραμονή τους σε αυτά με συνέπειες τόσο στην υγεία του εδάφους, την λιβαδική υγεία των φυτών, στους υδατικούς πόρους των λιβαδιών, στην βόσκηση μέσω κατάποσης από τα άγρια ζώα και μη, στην υγεία των ζώων όσο και στην δημόσια υγεία των ανθρώπων. Η «διαρροή» των πλαστικών στο περιβάλλον στο τέλος του κύκλου ζωής επηρεάζει και πολλές φορές το σημείο έναρξης της ρύπανσης, όπως προαναφέρθηκε και στα χερσαία οικοσυστήματα.

3.2 Αιτίες ρύπανσης τα πλαστικά

Αναμφισβήτητα τα πλαστικά απορρίμματα έχουν κατακλύσει τον πλανήτη, ωστόσο είναι μέρος του σύγχρονου τρόπου ζωής του ανθρώπου. Τα πλαστικά υπάρχουν παντού από την ώρα που θα ξυπνήσει ο σύγχρονος άνθρωπος το πρωί ακουμπώντας τον πλαστικό διακόπτη μέχρι την ώρα που θα κοιμηθεί πλένοντας τα δόντια με την πλαστική οδοντόβουρτσα. Τα πλαστικά συμπεριλαμβανομένων των μικροπλαστικών είναι πλέον πανταχού παρόντα στο φυσικό μας περιβάλλον. Γίνονται μέρος του αρχείου απολιθωμάτων της Γης και δείκτης του Ανθρωπόκαινου, της σημερινής μας γεωλογικής εποχής. Έδωσαν μάλιστα το όνομά τους σε ένα νέο θαλάσσιο μικροβιακό ενδιαίτημα που ονομάζεται «πλαστίσφαιρα»⁴¹.

Η έρευνα για τα μικροπλαστικά ως περιβαλλοντική ρύπανση προχωρά με ταχείς ρυθμούς. Αν και η έρευνα για τα θαλάσσια μικροπλαστικά παραμένει στην πρώτη γραμμή, τα τελευταία χρόνια οι ερευνητές αναγνωρίζοντας τη συγκριτική έλλειψη μελετών για τα μικροπλαστικά σε περιβάλλοντα γλυκού νερού έχουν αρχίσει να ασχολούνται με αυτό το πεδίο κατά προτεραιότητα, ποσοτικοποιώντας τα μικροπλαστικά σε συστήματα λιμνών και ποταμών και αξιολογώντας την έκθεση και την πρόσληψη από οργανισμούς (Dris et al. 2015b, Wagner et al. 2014). Ένα σημαντικό στοιχείο είναι ότι οι διαδικασίες που διέπουν τη διανομή και την έκθεση στα πλαστικά δεν είναι απαραίτητα αποκλειστικές σε ένα συγκεκριμένο περιβαλλοντικό «τμήμα» (π.χ. πλαστικά σε ένα σύστημα ρηχού γλυκού νερού μπορεί να εκτεθούν σε παρόμοια επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας όπως ένα σωματίδιο στα παράκτια θαλάσσια συστήματα) και τα πλαστικά μπορούν να μεταφερθούν μεταξύ των τμημάτων (π.χ. από την ξηρά σε ποτάμια και θάλασσα, και από ποτάμια και θάλασσα σε ξηρά κατά τη διάρκεια πλημμυρών, καταιγίδων ή παλιρροϊκών κυμάτων) (Horton et al. 2017).

⁴¹ <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/>

3.3 Τι είναι τα πλαστικά

Τα πλαστικά είναι συνθετικές/κατασκευασμένες/παρασκευασμένες πολυμερείς αλυσίδες ατόμων άνθρακα με άτομα υδρογόνου, οξυγόνου, θείου και αζώτου. Η σύνθεση περιλαμβάνει τον πολυμερισμό μονομερών που εξάγονται από μια ποικιλία υλικών όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας, το ζαχαροκάλαμο, το άμυλο και τα φυτικά έλαια, μεταξύ άλλων (Kim et al. 2020) (Muthuvairavasamy 2022). Υπάρχουν δύο είδη πλαστικών, τα οποία διαφέρουν ως προς τις ιδιότητες της πρώτης ύλης, τον τρόπο παρασκευής αλλά και την ικανότητα τους να ανακυκλωθούν, τα *θερμοσκληρυνόμενα* και τα *θερμοπλαστικά*. Τα πρώτα είναι πλαστικά τα οποία δεν ανακυκλώνονται ούτε και μεταβάλλονται πλέον. Μία δεύτερη θέρμανση θα καταστρέψει τα μόρια τους. Τέτοια παραδείγματα βρίσκονται στα σερβίτσια μελαμίνης, σε εξαρτήματα αυτοκινήτων, ηλεκτρικά εξαρτήματα, διακόπτες, πρίζες και διάφορες υφαντουργικές ίνες. Τα δεύτερα δηλαδή τα *θερμοπλαστικά*, μπορούν να ανακυκλωθούν και να ξαναφτιαχτούν με επαναθέρμανση του υλικού. Τέτοια παραδείγματα βρίσκονται στις συσκευασίες τροφίμων και ποτών, στα μπουκάλια νερού και τα καπάκια τους, σε σωλήνες, σε διάφορα είδη σπιτιού και παιχνίδια (Καραπαναγιώτη 2020).

Τα *θερμοπλαστικά* που περιλαμβάνουν πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, χλωριούχο πολυβινύλιο, τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο, πολυστυρόλιο, ακρυλονιτρίλιο, βουταδιένιο στυρόλιο, ακρυλονιτρίλιο στυρολίου, πολυαμίδια, πολυανθρακικά, μεθακρυλικό πολυμεθυλεστέρα και *θερμοπλαστικά* μελοποιημένα ελαστικά μπορούν να τήκονται επαναλαμβανόμενα. Τα *θερμοσκληρυνόμενα* πλαστικά που περιλαμβάνουν πολυουρεθάνη, ακόρεστους πολυεστέρες, εποξειδικές ρητίνες, σιλικόνη, φαινόλη-φορμαλδεΰδη και ακρυλικές ρητίνες δεν μπορούν να επανατηκόνται (Kim et al. 2020, Muthuvairavasamy 2022).

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι πλαστικών που χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητα είναι τα συνθετικά, αλλά σήμερα, λόγω της ρύπανσης από πλαστικά, υπάρχει ενδιαφέρον για να παραχθούν σε μεγαλύτερες ποσότητες οργανικά πλαστικά από βιώσιμες πρώτες ύλες. Και στις δύο περιπτώσεις τα πλαστικά αποτελούνται από πολυμερή και πρόσθετες ουσίες. Για να πετύχει ο πολυμερισμός, πολλές φορές χρησιμοποιούνται ενώσεις μετάλλων που δρουν ως καταλύτες. Οι πρόσθετες ουσίες είναι διάφορες ενώσεις που δίνουν στα πλαστικά τα χαρακτηριστικά τους όπως είναι το χρώμα, η γυαλάδα, η σκληρότητα, η ελαστικότητα, η μείωση της ευφλεκτικότητάς τους κ.λπ. Το πολυμερές που παράγεται σε πολύ μεγάλες ποσότητες από όλα τα άλλα είναι το πολυαιθυλένιο και συμβολίζεται ως PE, βάσει της αγγλικής ορολογίας. Το πολυαιθυλένιο φτιάχνεται από τον πολυμερισμό ενός αερίου που ονομάζεται αιθυλένιο ή αιθένιο. Η πυκνότητα του επηρεάζεται από τον τρόπο παρασκευής του και για αυτόν τον λόγο υπάρχουν τρία είδη πολυαιθυλενίου με διαφορετική πυκνότητα. Αυτά είναι το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), το γραμμικό πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LLDPE) (Καραπαναγιώτη 2020).

Οι κύριοι τύποι πλαστικών είναι όπως φαίνονται στην εικόνα 8, σύμφωνα με τον *Οδηγό αντικατάστασης και ανακύκλωσης πλαστικών* της WWF Hellas (Ιούλιος 2022) που προσφέρει γνώσεις για ποια είδη πλαστικού μπορούν να ανακυκλωθούν και προτείνει συμβουλές για την αντικατάστασή τους⁴².

⁴² https://www.wwf.gr/ti_kanoume/anthropos/plastika/odigos_anakyklosis_plastikon/

Κύριοι τύποι πλαστικών				
ΤΥΠΟΙ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ	ΚΥΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΟΥ ΚΑΤΑΛΑΜΒΑΝΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
 PET Polyethylene Terephthalate	Μπουκάλια, φαγητοδοχεία κλπ.	Καθαρό, ελαφρύ και ανθεκτικό. Επιπλέει στο νερό.	Περίπου 5,7%	Σε παγκόσμιο επίπεδο είναι το πλαστικό που ανακυκλώνεται περισσότερο.
 HDPE High - Density Polyethylene	Φιάλες καθαριστικών, υγρών πιάτων κλπ.	Σκληρό και ανθεκτικό.	Περίπου 12,6%	Σε παγκόσμιο επίπεδο ανακυκλώνεται ευρέως, αν και συνήθως αναφερόμαστε σε downcycling.
 LDPE Low - Density Polyethylene	Ζελατίνα, σακούλες, εύκαμπτη συσκευασία κλπ.	Ελαφρύ, χαμηλού κόστους με πολλές εφαρμογές. Όταν συμπιέζεται έχει πιο γλυκό ήχο σε σχέση με εύκαμπτες συσκευασίες από HDPE ή PP.	Περίπου 12,4%	Σε παγκόσμιο επίπεδο εκτιμάται ότι ανακυκλώνεται μόλις το 14% των συσκευασιών από LDPE, αν και θα μπορούσε περισσότερο. Συνήθως αποτελεί συσκευασία τροφίμων και εύκολα επιμολύνεται από τα υπολείμματα τροφής.
 PVC Polyvinyl Chloride	Πιστωτικές κάρτες, σωλήνες μόνωση κλπ.	Συναντάται ως άκαμπτο ή εύκαμπτο, ανάλογα με τους πλαστικοποιητές που περιέχει.	Περίπου 11,7%. Καταλαμβάνει μικρό μέρος στην αγορά συσκευασιών, αλλά μεγάλο σε άλλες χρήσεις, πχ. στον κατασκευαστικό κλάδο.	Συνήθως δεν ανακυκλώνεται λόγω χημικών ιδιοτήτων. Αν και, παράγει διοξίνες και φουράνια. Μπορεί να επιμολύνει άλλα ρεύματα ανακύκλωσης πλαστικών.
 PP Polypropylene	Καπάκια, καλαμάκια, κεσεδάκια κλπ.	Ανθεκτικό, αποτελεσματικό στη συγκράτηση υγρών. Δεν είναι και τόσο ελαστικό.	Περίπου 16,6%	Σε παγκόσμιο επίπεδο η ανακύκλωσή του κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, παρότι υπάρχουν πολλές δυνατότητες για διαχωρισμό και ανακύκλωση αυτών των υλικών.
 PS Polystyrene και EPS Expanded Polystyrene	Θήκες CD, πλαστικά ποτήρια & μαχαίροπήρουνα, δοχεία φελιζόλ, παχνίδια.	Ελαφρύ, φθινό, ασταθές πολυμερές.	Περίπου 4,8%	Δυστητικά μπορεί να ανακυκλωθεί, αλλά στην πράξη αυτό δεν εφαρμόζεται λόγω της συχνής επιμολύνσής του αλλά και λόγω του μεγάλου όγκου που καταλαμβάνει. Παρασύρεται εύκολα από τον αέρα.
 Other Polycarbonate (PC) Polyamide (PA) Acrylonitril - Butadiene - Styrene (ABS) κλπ.	CD, μπιμπερό, συσκευασία φαρμάκων, υπολογιστές κλπ.	Δύσκολο να καταταχθούν σε κατηγορίες. Εντοπίζονται με πολλές χρήσεις και πολλές ιδιότητες.	Πάνω από 30% με διάφορες μορφές και χρήσεις. Χρησιμοποιείται ελάχιστα ως συσκευασία.	Λόγω ποικιλομορφίας και ιδιοτήτων είναι πολύ δύσκολη η ανακύκλωση αυτών των ειδών.

Εικόνα 8: Κύριοι τύποι πλαστικών⁴³.

Κάθε πλαστική συσκευασία ή κάθε πλαστικό αντικείμενο μας «ενημερώνει» για το αν μπορεί να ανακυκλωθεί ή όχι. Μια ειδική σήμανση, που υπάρχει σε κάθε συσκευασία, τοποθετείται ειδικά για τον σκοπό αυτό και έχει τη μορφή ενός τριγώνου και ενός αριθμού. Πρόκειται ουσιαστικά για το χαρακτηριστικό *τρίγωνο ανακύκλωσης*, μέσα στο οποίο βρίσκεται ένας αριθμός από το 1 έως το 7. Κάθε ένας από αυτούς τους αριθμούς αντιστοιχεί σε έναν συγκεκριμένο τύπο πλαστικού και αναγνωρίζοντάς τον, γνωρίζουμε ταυτόχρονα εάν το συγκεκριμένο αντικείμενο μπορεί ή όχι να ανακυκλωθεί⁴⁴. Οι 7 τύποι πλαστικών έχουν σύμβολο ανακύκλωσης με αριθμό. Είναι περίπου **κώδικας ανακύκλωσης πλαστικών**, Κωδικός Αναγνώρισης Ρητίνης ή Κωδικός Αναγνώρισης Πλαστικής της SPI (Society of Plastic Industries) και αυτά είναι:

⁴³ https://www.wwf.gr/ti_kanoume/anthropos/plastika/odigos_anakyklosis_plastikon/

⁴⁴ <https://www.cnn.gr/perivallon/story/316423/epta-symvoyles-gia-ti-sosti-anakyklosi-plastikoy-poes-syskeyasies-anakyklontai-eykolotera>



Εικόνα 9: Τύποι πλαστικών με σύμβολο ανακύκλωσης⁴⁵.

1. PET ή PETE (τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο).
2. HDPE (πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας).
3. PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο).
4. LDPE (Πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας).
5. PP (Πολυπροπυλένιο).
6. PS (Πολυστυρένιο).
7. Άλλα πλαστικά⁴⁶.

Αναλυτικά, μέσα στο «τρίγωνο ανακύκλωσης» αναγράφεται ένας αριθμός, που αντιστοιχεί στους εξής τύπους (Εικόνα 9):

1. **PET** (Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο): Είναι το πλαστικό από το οποίο κατασκευάζονται τα μπουκάλια του νερού και αναψυκτικών, τα οποία και ανακυκλώνονται πλήρως και πιο εύκολα καθώς καταλήγουν καθαρά στο σύστημα ανακύκλωσης. Επίσης από το υλικό αυτό κατασκευάζονται τα μπουκάλια μαγειρικού λαδιού και κάποιες συσκευασίες τροφίμων που επίσης μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν.
2. **HDPE** (Υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο): Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα πιο «σκληρά» πλαστικά που χρησιμοποιούνται σε συσκευασίες προϊόντων όπως τα απορρυπαντικά, τα υγρά πιάτων, διάφορα καπάκια κ.ά. Η κατηγορία πλαστικών «2» επίσης ανακυκλώνεται.
3. **PVC** (Πολυβινυλοχλωρίδιο): Το γνωστό PVC είναι πλαστικό που χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή αντικειμένων, όπως τα οικιακά είδη, οι σωλήνες κ.ά. και δεν ανακυκλώνεται.
4. **LDPE** (Χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο): Είναι ο τύπος πλαστικού από τον οποίο κατασκευάζονται οι πλαστικές σακούλες, οι μεμβράνες και διάφορα δοχεία αποθήκευσης τροφίμων και μπορεί να ανακυκλωθεί σε ορισμένες περιπτώσεις.
5. **PP** (Πολυπροπυλένιο): Αυτός ο τύπος πλαστικού χρησιμοποιείται σε συσκευασίες προϊόντων όπως τα κεσεδάκια γιαουρτιού και μαργαρίνης, τα όσπρια, τα ζυμαρικά, διάφορα αρτοποιήματα κ.ά. Επίσης μπορεί να ανακυκλωθεί, αλλά υπό περιορισμούς.
6. **PS** (Πολυστυρένιο): Πρόκειται για τύπο πλαστικού από το οποίο κατασκευάζονται ποτήρια, δοχεία φελιζόλ, γλάστρες, παιχνίδια κ.ά. και δεν ανακυκλώνεται.
7. **Άλλα πλαστικά**: Εκπροσωπείται επίσης με το γράμμα O, είναι αυτό που περιλαμβάνει το σύνολο των **μη ανακυκλώσιμων πλαστικών**. Αυτά δεν μπορούν να ανακυκλωθούν γιατί

⁴⁵ <https://cdn.cnngreece.gr/media/news/2022/06/14/316423/recycling-symbol.jpg>

⁴⁶ <https://el.green-ecolog.com/15337843-types-of-plastics>

συνήθως είναι μείγματα ορισμένων από τα προαναφερθέντα ή είναι άλλα που δεν μπορούν να θεραπευθούν για τεχνικούς λόγους. Δεν μπορούν να ανακυκλωθούν, αλλά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς προβλήματα και είναι πολύ χρήσιμα για πολλές χειροτεχνίες και χρήσεις. Στην ομάδα αυτή, τα πιο κοινά είναι τα πολυανθρακικά και τα ABS ή ακρυλονιτρίλιο βουταδιένιο στυρένιο⁴⁷.

Τα πλαστικά με βάση την πρώτη ύλη από την οποία παράγονται, διακρίνονται σε συνθετικά και σε βιοπλαστικά (Εικόνα 10). Τα συνθετικά παράγονται από ορυκτέλαιο, άνθρακα ή φυσικό αέριο. Συνολικά, το 4% της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου προορίζεται για την κατασκευή πλαστικών (Καραπαναγιώτη 2020). Τα βιοπλαστικά είναι πλαστικά υλικά που παράγονται από ανανεώσιμες πηγές βιομάζας, όπως φυτικά λίπη και έλαια, άμυλο καλαμποκιού, άχυρο, ξυλοτεμαχίδια, πριονίδι, ανακυκλωμένα απόβλητα τροφίμων κ.λπ.⁴⁸. Σύμφωνα με την European Bioplastics, ένα πλαστικό υλικό ορίζεται ως βιοπλαστικό εάν είναι είτε βιοπλαστικό, είτε βιοαποικοδομήσιμο είτε διαθέτει και τις δύο ιδιότητες. **Biobased:** Το υλικό ή το προϊόν προέρχεται (εν μέρει) από βιομάζα (φυτά). Η βιομάζα που χρησιμοποιείται για βιοπλαστικά προέρχεται π.χ. από καλαμπόκι, ζαχαροκάλαμο ή куτταρίνη. **Βιοαποικοδομήσιμο:** Η βιοαποικοδόμηση είναι μια χημική διαδικασία κατά την οποία μικροοργανισμοί που είναι διαθέσιμοι στο περιβάλλον μετατρέπουν υλικά σε φυσικές ουσίες όπως νερό, διοξείδιο του άνθρακα και κομπόστ (δεν χρειάζονται τεχνητά πρόσθετα). Η διαδικασία βιοαποδόμησης εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. τοποθεσία ή θερμοκρασία), από το υλικό και από την εφαρμογή. **Το «Biobased» δεν είναι ίσο με το «βιοαποικοδομήσιμο»⁴⁹.**

Η ικανότητα ενός πλαστικού να βιοαποδομηθεί εξαρτάται κυρίως από τη δομή του και όχι απαραίτητα από την πρώτη ύλη από την οποία έχει κατασκευαστεί. Υπάρχουν πετρελαϊκά πλαστικά που βιοαποδομούνται και πλαστικά από φυσικά υλικά που δεν βιοαποδομούνται. Υπολογίζεται ότι το 90% της αγοράς των βιοπλαστικών καλύπτεται από τρία βιοπλαστικά, το πολυγαλακτικό οξύ (PLA) και τα πολυυδροξυακλανοϊκά (PHA) μαζί με τα παράγωγά τους, καθώς και το θερμοπλαστικό άμυλο, όλα από βρώσιμα υλικά (Καραπαναγιώτη 2020).

⁴⁷ <https://el.green-ecolog.com/15337843-types-of-plastics>

⁴⁸

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC>

⁴⁹ <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>



© European Bioplastics

Εικόνα 10: Βιοπλαστικά ⁵⁰.

Σήμερα, ωστόσο, ο μέσος καταναλωτής έρχεται σε καθημερινή επαφή με όλα τα είδη πλαστικών υλικών που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για να καταπολεμήσουν τις φυσικές διαδικασίες αποσύνθεσης υλικών που προέρχονται κυρίως από το πετρέλαιο που μπορεί να χυτευθεί, να χυθεί, να κλωσθεί ή να εφαρμοστεί ως επίστρωση. Δεδομένου ότι τα συνθετικά πλαστικά είναι σε μεγάλο βαθμό μη βιοαποδομήσιμα, τείνουν να επιμένουν σε φυσικά περιβάλλοντα⁵¹. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι, αν τα πλαστικά που παράγονται μέχρι τώρα είναι φτιαγμένα ως φύλλα, αρκούν για να τυλίξουν τον πλανήτη έξι φορές (Strafella et al. 2021). Οι Geyer et al. (2017) και οι Wang et al. (2020a) υπολόγισαν τα πλαστικά απόβλητα που συσσωρεύτηκαν στο περιβάλλον τα τελευταία 65 χρόνια σε 6300 MMT (Millions Metric Tones). Υπολογίζεται ότι 5700 MMT παράγονται ως πλαστικά μιας χρήσης, άρα παράγονται κατ' ουσία ως ανθρωπογενή απόβλητα στο περιβάλλον και δεν μπορούν να ανακυκλωθούν (Dabrowska 2020). Αυτά τα απόβλητα συσσωρεύονται στο περιβάλλον λόγω κακών πρακτικών διάθεσης σε συνδυασμό με περιορισμένη ανησυχία για περιβαλλοντική διαχείριση.

Στην Εικόνα 11 διακρίνονται οι πηγές πλαστικών ρύπων στο φυσικό περιβάλλον (Muthuvairavasamy 2022). Συγκεκριμένα, είναι από ανακυκλωμένα-δευτερεύοντα προϊόντα πλαστικού, ιατρικά απόβλητα, αλιευτικά εργαλεία, οικιακά λύματα, απορρίμματα από τουρισμό-αναψυχή, βιομηχανικά λύματα, ναυτιλιακά απόβλητα, απορρίμματα οδικών μεταφορών, ατμοσφαιρική πτώση πλαστικών ρύπων από βροχή και χιόνι, γεώτρηση-επεξεργασία και χρήση υδρογονανθράκων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας οικιακών και βιομηχανικών λυμάτων και από απορροή, διήθηση και διάβρωση πλαστικών ρύπων από γεωργικές εκτάσεις.

⁵⁰ <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>

⁵¹ <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>

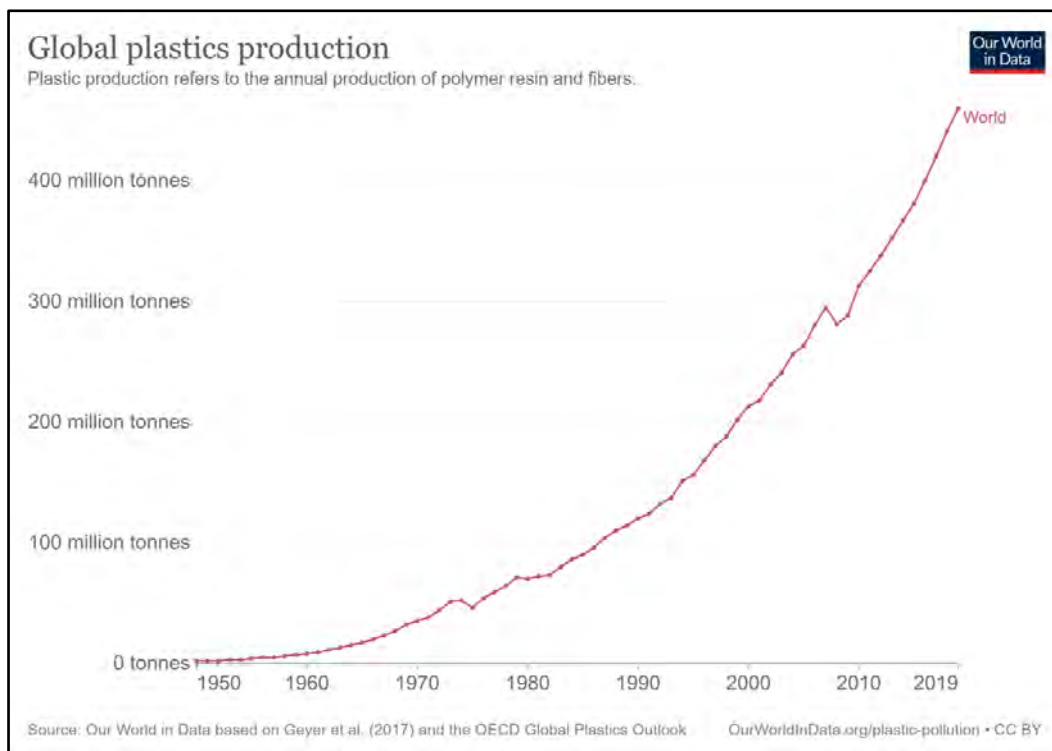


Εικόνα 11: Πηγές πλαστικών ρύπων στο φυσικό περιβάλλον (Muthuvairavasamy 2022)⁵².

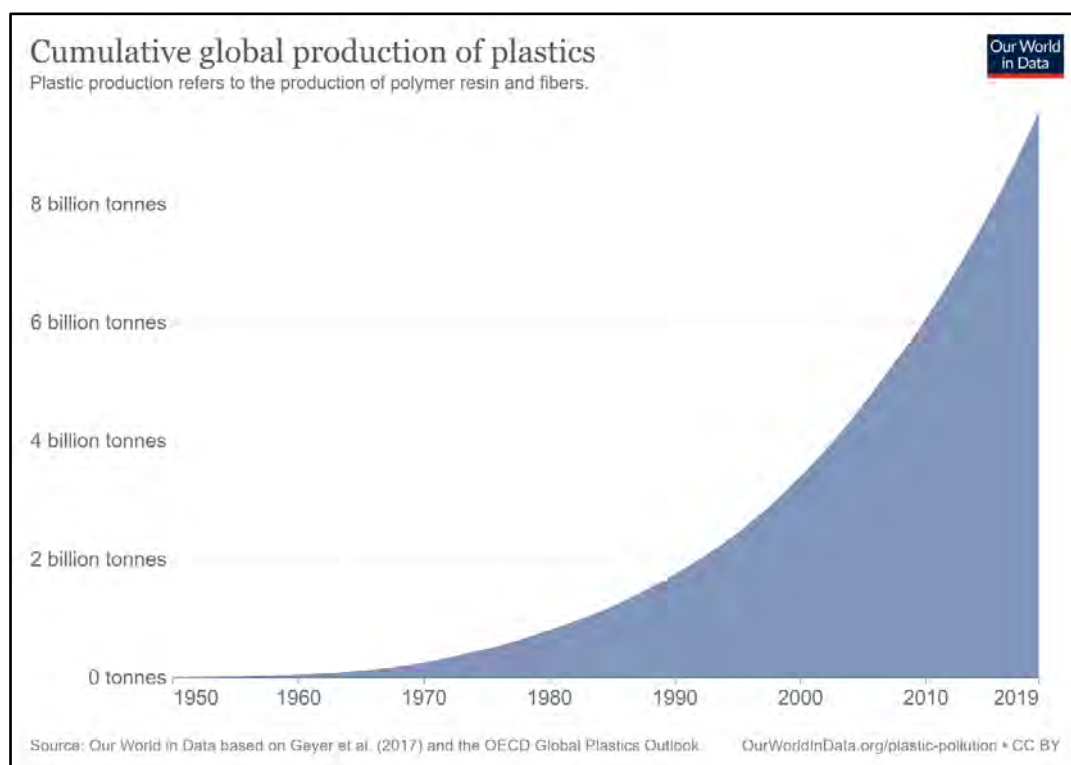
Το 1950 η παγκόσμια παραγωγή πλαστικού ήταν μόνο **2 εκατομμύρια τόνους ετησίως**. Έκτοτε, η ετήσια παραγωγή έχει αυξηθεί σχεδόν 230 φορές, φθάνοντας τους 460 εκατομμύρια τόνους το 2019 όπως φαίνεται στην Εικόνα 12. Μέχρι το 2019, είχαν παραχθεί 9,5 δισεκατομμύρια τόνοι πλαστικών, περισσότεροι από 1 τόνο πλαστικού για κάθε άνθρωπο που ζει σήμερα (Εικόνα 13⁵³).

⁵² https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-10729-0_1).

⁵³ <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>



Εικόνα 12: Παγκόσμια παραγωγή πλαστικών ετησίως. Η πλαστική παραγωγή αναφέρεται στην ετήσια παραγωγή πολυμερούς ρητίνης και ινών⁵⁴.



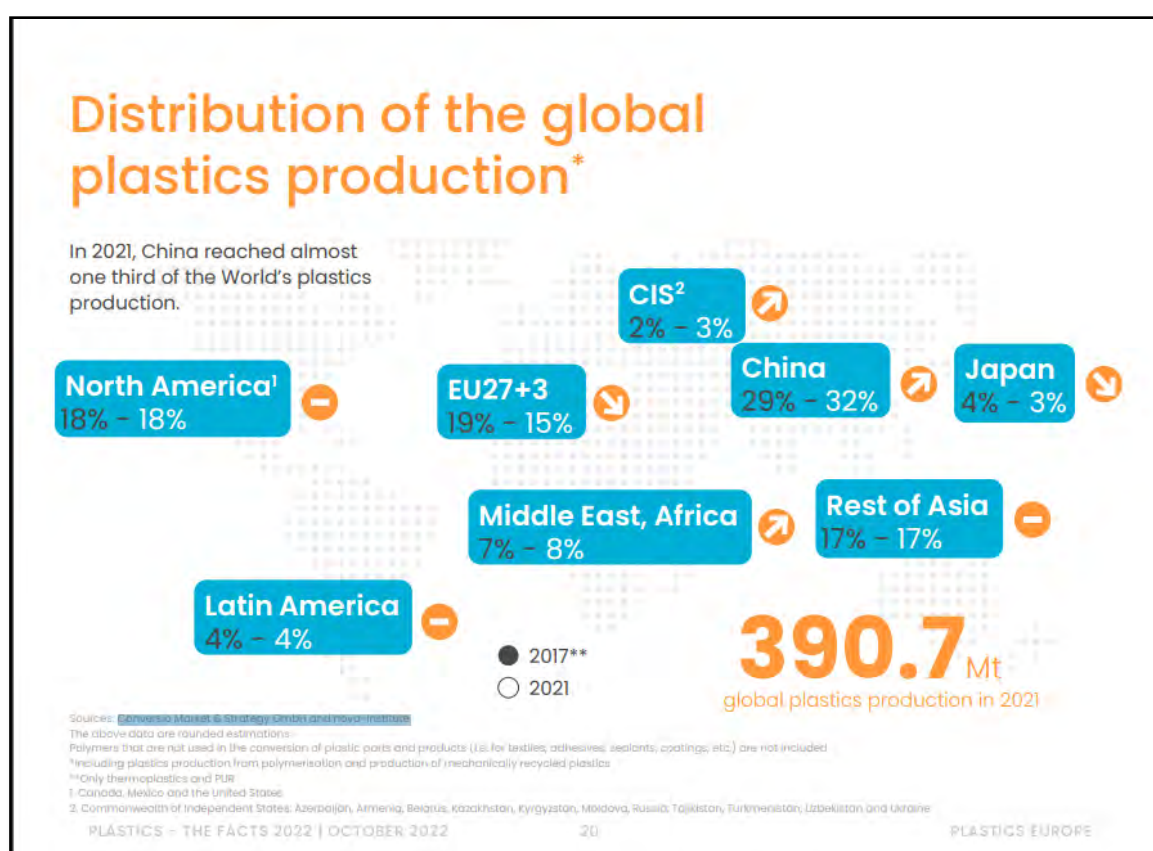
Εικόνα 13: Σωρευτική παγκόσμια παραγωγή πλαστικού. Η πλαστική παραγωγή αναφέρεται στην ετήσια παραγωγή πολυμερούς ρητίνης και ινών⁵⁵.

⁵⁴ <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

⁵⁵ <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

Πριν από το 1980, η ανακύκλωση και η αποτέφρωση του πλαστικού ήταν αμελητέα. Ως εκ τούτου, το 100 % απορρίφθηκε. Από το 1980 για την αποτέφρωση και το 1990 για την ανακύκλωση, τα ποσοστά αυξήθηκαν κατά μέσο όρο κατά περίπου 0,7 % ετησίως. Το 2015, εκτιμάται ότι το 55 % των παγκόσμιων πλαστικών απορριμμάτων απορρίφθηκε, το 25 % αποτεφρώθηκε και το 20 % ανακυκλώθηκε⁵⁶.

Σύμφωνα με την έκθεση *Plastics - the Facts 2022* της Plastic Europe (Εικόνα 14) η Κίνα είναι στην πρώτη θέση στην παραγωγή πλαστικών προϊόντων με 32% και ακολουθούν οι υπόλοιπες χώρες με συνολικά 390,7 Mt (Metric tones = Μετρικούς τόνους) για το 2021. Τα πολυμερή που δεν χρησιμοποιούνται στη μετατροπή πλαστικών μερών και προϊόντων (δηλαδή για κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, κόλλες, στεγανωτικά, επιστρώσεις κ.λπ.) δεν περιλαμβάνονται στο ποσοστό παγκόσμιας παραγωγής πλαστικών, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής πλαστικών από πολυμερισμό και παραγωγής μηχανικά ανακυκλωμένων πλαστικών.



Εικόνα 14: Ποσοστό παραγωγής πλαστικών⁵⁷.

Επιπλέον, πολλά ελαφριά πλαστικά προϊόντα και υλικά συσκευασίας μίας χρήσης, που αντιπροσωπεύουν περίπου το 50 % του συνόλου των πλαστικών που παράγονται, δεν εναποτίθενται σε δοχεία για μεταγενέστερη απομάκρυνση σε χώρους υγειονομικής ταφής, κέντρα ανακύκλωσης ή αποτεφρωτήρες. Αντίθετα, απορρίπτονται ακατάλληλα ή κοντά σε θέσεις όπου τελειώνουν τη χρησιμότητά τους για τον καταναλωτή. Απορριπτόμενα στο έδαφος, από το παράθυρο του αυτοκινήτου, στοιβαγμένα σε έναν ήδη γεμάτο κάδο απορριμμάτων ή παρασυρμένα κατά λάθος από μια ριπή ανέμου, αρχίζουν αμέσως να μολύνουν το περιβάλλον. Πράγματι, είναι

⁵⁶ <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

⁵⁷ <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>

τοπία γεμάτα από πλαστικές συσκευασίες είναι πολύ κοινά. Η παράνομη απόρριψη πλαστικού και η υπερχειλίση δομών περιορισμού παίζουν επίσης ρόλο. Μελέτες δεν έχουν δείξει ότι κάποια συγκεκριμένη χώρα ή δημογραφική ομάδα είναι η πιο υπεύθυνη, αν και τα πληθυσμιακά κέντρα παράγουν τα περισσότερα απορρίμματα. Οι αιτίες και οι επιπτώσεις της πλαστικής ρύπανσης είναι πραγματικότητα παγκοσμίως⁵⁸. Σύμφωνα με την *Πανευρωπαϊκή Ένωση Βιομηχανιών* που είναι ενεργή στην παρασκευή πλαστικών, **τα πλαστικά είναι πολύτιμα για να πετάγονται**. Ουσιαστικά, τα περισσότερα από αυτά μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν (Καραπαναγιώτη 2020).

Πρόσθετοι στρεσογόνοι παράγοντες για την υγεία του περιβάλλοντος και μια παγκόσμια απειλή για τη δημόσια υγεία εισήχθησαν από τότε που ο COVID-19 κηρύχθηκε παγκόσμια πανδημία από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας στις 11 Μαρτίου 2020⁵⁹. Ο COVID-19 προκαλείται από τον SARS-CoV-2, έναν νέο κορωνοϊό που είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία σοβαρού οξέος αναπνευστικού συνδρόμου (SARS) στους ανθρώπους. Μεγάλη ανησυχία προκαλεί η άνευ προηγουμένου ζήτηση για πλαστικά μιας χρήσης και η μαζική χρήση εξοπλισμού ατομικής προστασίας. Η κακή διάθεση αποβλήτων εξοπλισμού ατομικής προστασίας και τα κρίσιμα επικίνδυνα απόβλητα και τα θέματα διαχείρισης της δημόσιας υγείας αποτελούν πρωταρχικής σημασίας ανησυχία (Canning-Clode et al. 2020, De-la-Torre et al. 2021, Klemeš et al. 2020.). Μια μελέτη υπολόγισε ότι κατά μέσο όρο 8,4 εκατομμύρια τόνοι πλαστικού που σχετίζεται με την πανδημία του COVID-19 έχει παραχθεί από 193 χώρες έως τις 23 Αυγούστου 2021, από τις οποίες σχεδόν 26 χιλιάδες τόνοι απελευθερώθηκαν στον παγκόσμιο ωκεανό (Peng et al. 2021). Σχεδόν όλα τα έθνη ακολούθησαν τις κατευθυντήριες γραμμές για την προστασία της δημόσιας υγείας και απέσυραν προσωρινά τις απαγορεύσεις πλαστικών μίας χρήσης, με αποτέλεσμα μια έκρηξη πλαστικής ρύπανσης που συμβολίζεται από την ποσότητα εξοπλισμού ατομικής προστασίας που έχει αποτεθεί στο παράκτιο και θαλάσσιο περιβάλλον (Alava et al. 2022).

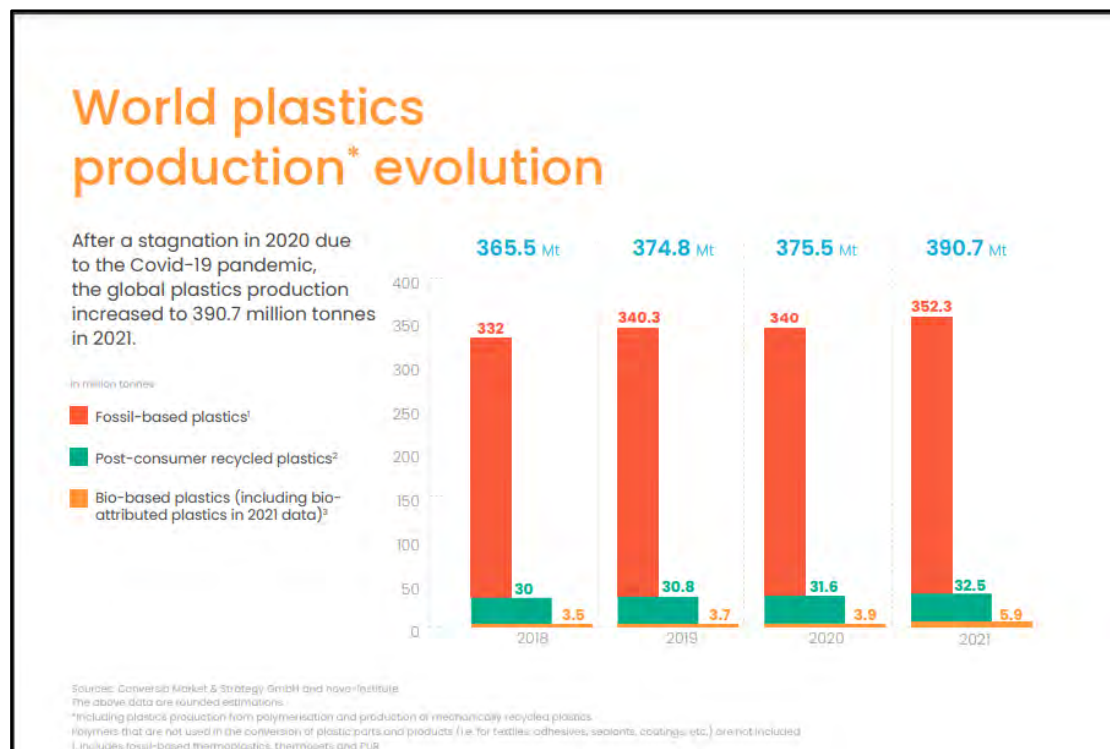
Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή βιομηχανία πλαστικών PlasticEurope μετά από μια στασιμότητα λόγω της πανδημίας Covid-19, η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών αυξήθηκε σε 390,4 εκατομμύρια τόνους το 2021 (Εικόνα 15)⁶⁰. Η πανδημία του κορωνοϊού έχει προκαλέσει αλλαγές στην παραγωγή, στην κατανάλωση και στα απορρίμματα πλαστικών. Οι πλαστικές μάσκες παίζουν καθοριστικό ρόλο στον περιορισμό της περαιτέρω εξάπλωσης της COVID-19. Ωστόσο, η ραγδαία αύξηση των πλαστικών αποβλήτων λόγω της ζήτησης για μάσκες και γάντια, καθώς και η αλλαγή της παραγωγής και χρήσης πλαστικών προϊόντων μίας χρήσης, όπως τα δοχεία φαγητού σε πακέτο και οι πλαστικές συσκευασίες για διαδικτυακές πωλήσεις, μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τις προσπάθειες της ΕΕ βραχυπρόθεσμα για τον περιορισμό της ρύπανσης από πλαστικά και τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο και κυκλικό σύστημα πλαστικών⁶¹.

⁵⁸ <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>

⁵⁹ <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/events-as-they-happen>

⁶⁰ <https://plasticseurope.org/media/backgrounders-plastics-the-facts-2022/>

⁶¹ <https://www.eea.europa.eu/el/highlights/plastika-ayksanomeni-anisychia-gia-to>



Εικόνα 15: Παγκόσμια παραγωγή πλαστικού την περίοδο της πανδημίας (Covid-19).

Επίσης το πιο γνωστό παράδειγμα μεγάλων συσσωρεύσεων πλαστικού στα επιφανειακά ύδατα είναι το λεγόμενο «Great Pacific Garbage Patch» (GPGP)⁶², που ονομάζεται επίσης 8η ήπειρος στον Ειρηνικό Ωκεανό. Βρίσκεται μεταξύ Καλιφόρνιας και Χαβάης και είναι η μεγαλύτερη αποθήκη απορριμμάτων ωκεανών στον κόσμο, με 1,8 δισεκατομμύρια απορρίμματα πλωτού πλαστικού που θανατώνουν χιλιάδες θαλάσσια ζώα κάθε χρόνο⁶³ (Εικόνα 16). Πρόκειται για 1,6 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα 80 χιλιάδων τόνων πλωτών πλαστικών σκουπιδιών (πάνω από 3 φορές το μέγεθος της Ισπανίας). Σε μελέτη του περιοδικού *Nature*, οι Lebreton et al. (2018) προσπάθησαν να ποσοτικοποιήσουν τα χαρακτηριστικά του GPGP (Εικόνα 17). Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι τις τελευταίες δεκαετίες υπήρξε μια εκθετική αύξηση στη συγκέντρωση πλαστικών επιφανειών στο GPGP. Οι πιο πρόσφατες εκτιμήσεις για τη συμβολή των θαλάσσιων πηγών στο «Great Pacific Garbage Patch» (GPGP) είναι ότι τα εγκαταλελειμμένα, χαμένα ή αλλιώς απορριφθέντα αλιευτικά εργαλεία αποτελούν το 75% του 86% της πλωτής πλαστικής μάζας (μεγαλύτερη από 5 cm) (Lebreton et al. 2022). Αυτή η έρευνα δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αλιευτικής δραστηριότητας προέρχεται από πέντε χώρες – Ιαπωνία, Νότια Κορέα, Κίνα, Ηνωμένες Πολιτείες και Ταϊβάν⁶⁴. Τα μικροπλαστικά αποτελούν το 94% του ποσότητας όσον αφορά τον αριθμό των τεμαχίων (Toussaint et al. 2019).

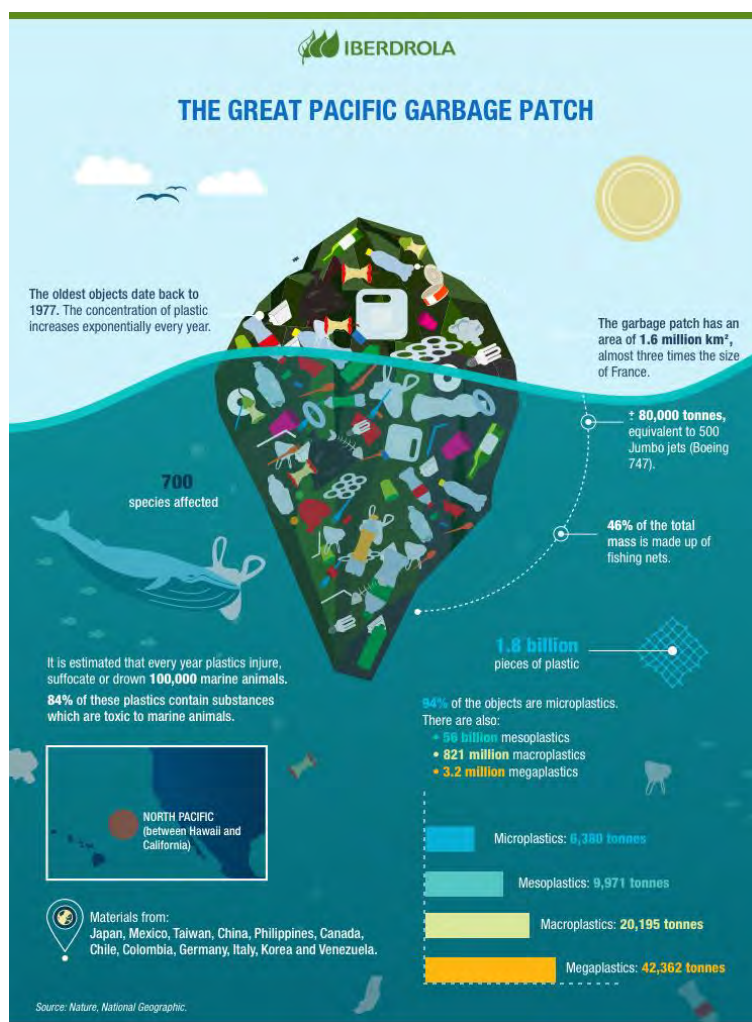
⁶² <https://ourworldindata.org/plastic-pollution#how-much-of-ocean-plastics-come-from-land-and-marine-sources>

⁶³ <https://www.iberdrola.com/sustainability/plastic-island-in-pacific-eighth-continent>

⁶⁴ <https://ourworldindata.org/plastic-pollution#how-much-of-ocean-plastics-come-from-land-and-marine-sources>



Εικόνα 16: Island Of Plastic: The Great Pacific Garbage Patch⁶⁵.

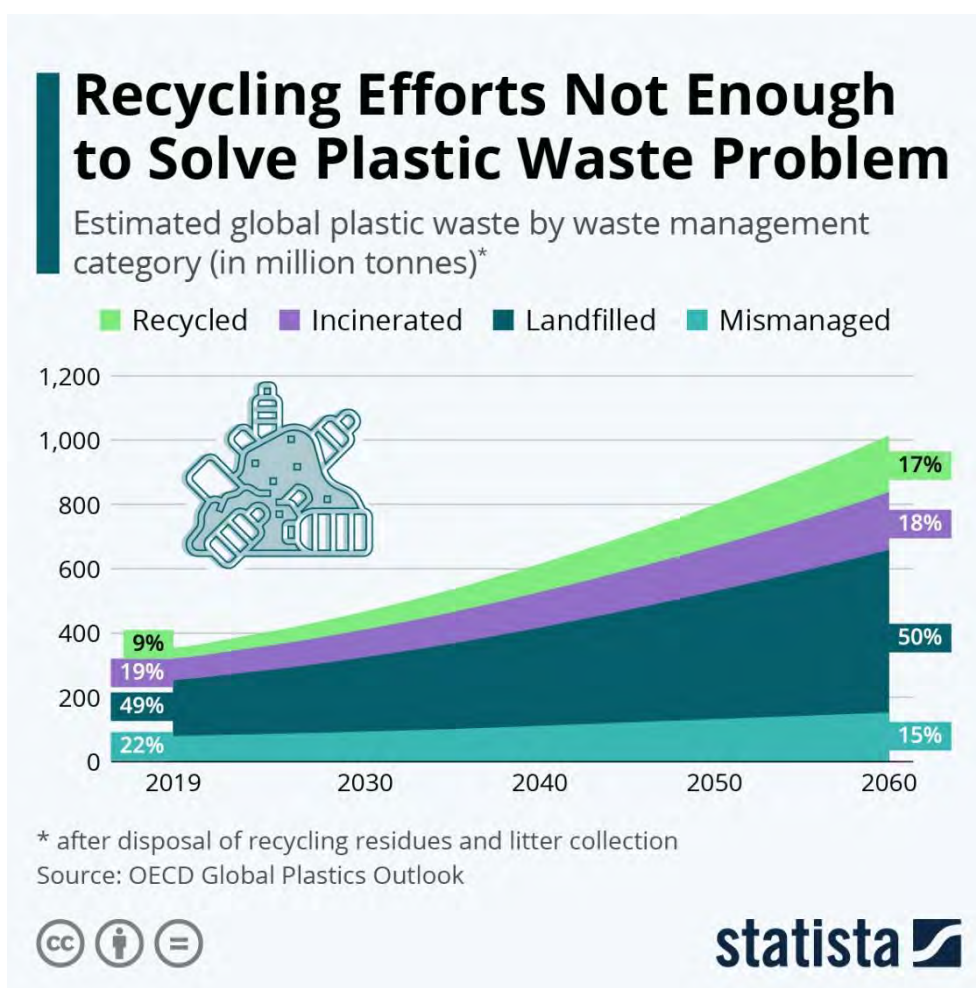


Εικόνα 17: Απεικόνιση του Great Pacific Garbage Patch⁶⁶.

⁶⁵ <https://www.onepieceaday.ca/post/island-of-plastic-the-great-pacific-garbage-patch>

⁶⁶ https://www.iberdrola.com/documents/20125/40309/isla_basura_ENG.jpg/286fa0dd-962c-3f40-2de0-9276cf4702cf?t=1627278121716

Τα πλαστικά απόβλητα προβλέπεται να τριπλασιαστούν μέχρι το 2060, σύμφωνα με τις τελευταίες προβλέψεις του Global Plastics Outlook του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, που εδρεύει στο Παρίσι), αυξάνοντας από 353 εκατομμύρια τόνους απορριμμάτων το 2019 σε 1 δισεκατομμύριο τόνους κατά τη διάρκεια των επόμενων τεσσάρων δεκαετιών. Τα δύο τρίτα αυτού αναμένεται να αποτελούνται από συσκευασίες, καταναλωτικά προϊόντα και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Τα πλαστικά απόβλητα από τις κατασκευές και τις μεταφορές θα είναι επίσης σημαντικά. Τα ποσοστά ανακύκλωσης αναμένεται να βελτιωθούν σε αυτό το διάστημα, αυξάνοντας από το 9 % που παρατηρήθηκε το 2019 σε 17 % το 2060. Αυτό θα εξακολουθεί να είναι χαμηλότερο μερίδιο από την υγειονομική ταφή και την αποτέφρωση, στο 50 % και 18 %, αντίστοιχα⁶⁷ (Εικόνα 18).



Εικόνα 18: Παγκόσμιο ποσοστό πλαστικών απορριμμάτων σε ανακύκλωση, αποτέφρωση, υγειονομικής ταφής και κακοδιαχείρισης από το 2019 έως το 2060⁶⁸.

Η κακή διαχείριση πλαστικών μετά την χρησιμοποίησή τους, η άτακτη ρίψη (littering) των πλαστικών από τους πολίτες, η παραγωγή πλαστικών από βιομηχανίες που δεν φέρουν προδιαγραφές ανακύκλωσης ή κομποστοποίησης, τα πλαστικά μια χρήσεως, η ελλιπής ενημέρωση των πολιτών και οι κακές πολιτικές διαχείρισης πλαστικών αποβλήτων των χωρών μέχρι σήμερα μας έφεραν σε αυτό που αποκαλείται ο 21^{ος} αιώνας «Η εποχή του πλαστικού» (Εικόνα 19).

⁶⁷ <https://www.statista.com/chart/27756/global-waste-management-projections/>.

⁶⁸ <https://www.statista.com/chart/27756/global-waste-management-projections/>



Εικόνα 19: Πλαστικό στον ποταμό Ληθαίο Τρίκαλα (Πηγή: Φωτ. Αρχείο: Γαρούφου Βασιλική)

Έως το 2050 θα υπάρχουν περισσότερα πλαστικά στη θάλασσα απ' ότι ψάρια⁶⁹. Στην επόμενη ενότητα περιγράφεται η ιστορία του πλαστικού μέχρι σήμερα.

3.4 Η ιστορία του πλαστικού

Η λέξη πλαστικό προέρχεται από τον λατινικό όρο «plastus» (που σημαίνει «χύτευση»), ο οποίος με τη σειρά του προέρχεται από τον ελληνικό όρο «πλαστικός» (που σημαίνει «πλάθω»). Έτσι, η λέξη υποδηλώνει τη διαμορφωμένη και/ή τη συνθετική φύση των πλαστικών (Zhang et al. 2021, Muthuvairanasamy 2022). Το πλαστικό είναι ένας χαλαρός όρος για την περιγραφή υλικών που μπορούν να σχηματιστούν και να μορφοποιηθούν υπό θερμότητα και πίεση. Τα πολυμερή είναι η χημική κατηγορία υλικών που αποτελούν όλα τα σύγχρονα πλαστικά. Είναι μεγάλα μόρια, που αποτελούνται από μια αλυσίδα επαναλαμβανόμενων μικρότερων μορίων (μονομερή). Η διαδικασία συνδυασμού αυτών των μονομερών (π.χ. αέριο αιθυλένιο) με θερμότητα και πίεση ονομάζεται πολυμερισμός⁷⁰.

Το πλαστικό είναι το υλικό που έχει ενσωματωθεί στην καθημερινότητα της ανθρωπότητας και αποτελεί βασικό υλικό για τις περισσότερες εφαρμογές που εκτελεί ο άνθρωπος. Από την εφεύρεση του έως τώρα χάρη στην πολυλειτουργικότητα, την πολυχρηστικότητα, τη μεγάλη ανθεκτικότητα, το χαμηλό κόστος παραγωγής του και την ιδιότητα του να παίρνει οποιοδήποτε σχήμα έχει αλλάξει ριζικά την ανθρωπότητα, από την καθημερινότητα της έως τις βασικές της ανάγκες. Όπου και να κοιτάξεις πλέον υπάρχει πλαστικό (PlasticsEurope 2019) (Δασενάκης 2019).

3.4.1 Η εφεύρεση του πλαστικού

⁶⁹ https://www.wwf.gr/ti_kanoume/anthropos/plastika/

⁷⁰ <https://www.sciencemuseum.org.uk/objects-and-stories/chemistry/age-plastic-parkesine-pollution>

Ο 20ος και ο 21ος αιώνας δικαιολογημένα ονομάστηκαν **Εποχή των Πλαστικών**, τέτοια είναι η επιρροή και η πανταχού παρουσία αυτής της οικογένειας υλικών. Ενώ θεωρούμε το πλαστικό ως υλικό του 20^{ου} αιώνα, με φυσικά πλαστικά όπως το κέρατο, το κέλυφος της χελώνας, το κεχριμπάρι, το καουτσούκ και το σέλακ έχουν χρησιμοποιηθεί από την αρχαιότητα. Τα κέρατα ζώων, ελατά όταν θερμαίνονται, χρησιμοποιούνταν για πολλούς σκοπούς και προϊόντα, από μενταγιόν μέχρι μαχαιροπίρουνα. Η βιομηχανία κατασκευής χτενών ήταν μια από τις μεγαλύτερες εφαρμογές του κέρατου τον 19ο αιώνα. Στα μέσα του 19ου αιώνα, στον απόηχο της βιομηχανοποιημένης παραγωγής αγαθών, ορισμένα υλικά που προέρχονται από ζώα είχαν γίνει ολοένα και πιο σπάνια. Οι ελέφαντες αντιμετώπιζαν εξαφάνιση αν συνεχιζόταν η ζήτηση για το ελεφαντόδοντο τους, που χρησιμοποιείται σε αντικείμενα από πλήκτρα πιάνου έως μπάλες μπιλιάρδου. Η ίδια μοίρα περίμενε και ορισμένα είδη χελώνας, το καβούκι των οποίων ήταν δεσμευμένο για χτένες. Οι εφευρέτες προσπάθησαν σύντομα να αντιμετωπίσουν αυτό το περιβαλλοντικό και οικονομικό πρόβλημα, με πολλές πατέντες για νέα ημισυνθετικά υλικά που βασίζονται σε φυσικές ουσίες όπως ο φελλός, το αίμα και το γάλα. Ένα από τα πρώτα ήταν η νιτρική κυτταρίνη - ίνες βαμβακιού διαλυμένες σε νιτρικό και θειικό οξύ και στη συνέχεια αναμείχθηκαν με φυτικό έλαιο⁷¹.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 20 στο χρονοδιάγραμμα παραγωγής πλαστικών πριν από σχεδόν έναν αιώνα, ο Άγγλος μεταλλουργός Alexander Parkes παρουσίασε την εφεύρεσή του "Parkesine" στη Μεγάλη Διεθνή Έκθεση στο Λονδίνο (1862). Αυτή η στιγμή στην ιστορία σηματοδότησε την πρώτη παραγωγή πλαστικού υλικού. Η παρκενσίνη ήταν ένα οργανικό υλικό που προερχόταν από κυτταρίνη που, μόλις θερμανθεί, μπορούσε να καλουπωθεί και να διατηρήσει το σχήμα της όταν ψύχθηκε.



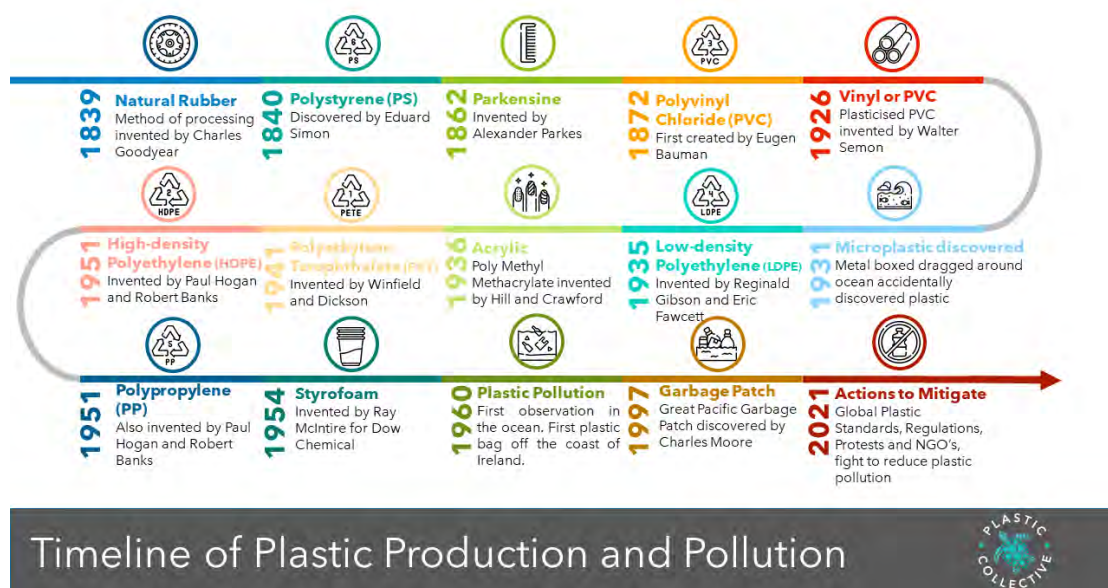
Alexander Parkes (1813 – 1890)

Αυτή ήταν η αρχή της παραγωγής επαναστατικών «πολυμερών» (πλαστικών)⁷². Το 1872, ο Αμερικανός εφευρέτης John Wesley Hyatt ανέπτυξε ένα πλαστικό υλικό που ονομάζεται «Celluloid» (σελιλόιντ). Ωστόσο, η ευφλεκτότητά του εμπόδισε τη χρήση του στη μαζική παραγωγή⁷³.

⁷¹ <https://www.sciencemuseum.org.uk/objects-and-stories/chemistry/age-plastic-parkesine-pollution>

⁷² <https://www.plasticcollective.co/history-of-plastic-production/>

⁷³ <http://tryforgood.com/plastic-timeline-the-good-and-the-evil/>



Εικόνα 20: Χρονοδιάγραμμα παραγωγής πλαστικών από το 1839 έως σήμερα (2021)⁷⁴.

Το πρώτο πλήρως συνθετικό πλαστικό υλικό (που σημαίνει ότι δεν περιείχε μόρια που βρέθηκαν στη φύση) εφευρέθηκε από τον Leo Baekeland που ονομάζεται «Βακελίτης» (τώρα γνωστός ως φαινόλη-φορμαλδεΐδη) το 1909. Ο Baekeland αναζητούσε ένα συνθετικό υποκατάστατο για το shellac (ένα φυσικό ηλεκτρικό ρεύμα, μονωτήρας που εφευρέθηκε το 1856) για να καλύψει τις ανάγκες των ταχέως ηλεκτρίζομενων Ηνωμένων Πολιτειών. Ο βακελίτης ξεχώριζε από το ανταγωνιστικό προϊόν «celluloid» καθώς δεν ήταν μόνο καλός μονωτήρας, αλλά ήταν επίσης ανθεκτικός στη θερμότητα και ιδανικός για μηχανική μαζική παραγωγή⁷⁵. Έτσι παρά το χαρακτηρισμό της παρκετίνης ως το πρώτο παραγόμενο πλαστικό, ως «πατέρας των πλαστικών» αναγνωρίζεται ο Μπέικελαντ (Baekeland) (Μακρυνιώτης 2021).

Η δεκαετία του 1950 έφερε την ανακάλυψη ρητινών μελαμίνης-φορμαλδεΐδης, οι οποίες κατέστησαν δυνατή την παραγωγή ελασμάτων για έπιπλα και επιτραπέζια σκεύη χαμηλού κόστους, ενώ οι συνθετικές ίνες (πολυεστέρας, νάιλον) έγιναν όλο και πιο δημοφιλείς ως σύγχρονες, πρακτικές και φθηνότερες εναλλακτικές λύσεις αντί των φυσικών ινών. Χαρακτηρίστηκαν από την άνοδο του πολυαιθυλενίου – το οποίο καθιερώθηκε πλήρως πριν από δύο δεκαετίες μετά την εφεύρεσή του – με υψηλότερο σημείο τήξης που του επέτρεψε να αξιοποιηθεί για εφαρμογές που πριν ήταν αδιανόητες. Πολυπροπυλένιο άρχισε να παράγεται βιομηχανικά το 1957 με την επωνυμία *Moplen*, φέρνοντας επανάσταση στα σπίτια σε όλο τον κόσμο και αποτελώντας μέρος του ιταλικού μύθου της «οικονομικής άνθησης»⁷⁶.

Οι παραπάνω ανακαλύψεις σηματοδοτούν και την έναρξη της έρευνας για την ανάπτυξη νέων πολυμερών από τις χημικές βιομηχανίες, ενώ με την έλευση του Β' Παγκοσμίου Πολέμου η βιομηχανία των πλαστικών επεκτάθηκε σημαντικά (300% αύξηση της παραγωγής πλαστικών) και η λεγόμενη «εποχή των πλαστικών» ξεκίνησε, με την παραγωγή τους να αυξάνεται εκθετικά (Μακρυνιώτης 2021). Η δεκαετία του 1960 είδε την οριστική καθιέρωση του πλαστικού ως αναντικατάστατου εργαλείου στην καθημερινή ζωή και ως ένα νέο σύνορο στη μόδα, το σχέδιο και

⁷⁴ <https://www.plasticcollective.co/history-of-plastic-production/>

⁷⁵ <https://www.plasticcollective.co/history-of-plastic-production/>

⁷⁶ <https://www.fitt.com/news/history-of-plastics-anecdotes-and-developments-from-discovery-to-the-present-day/>

την τέχνη. Το πλαστικό μπήκε στην καθημερινότητα και στη φαντασία εκατομμυρίων ανθρώπων. Έγινε ένα εξάρτημα σε κουζίνες και σαλόνια, δίνοντας στις μάζες πρόσβαση σε προϊόντα που προηγουμένως προορίζονταν για λίγους προνομιούχους, απλοποιώντας τις χειρωνακτικές, χρωματίζοντας σπίτια, φέρνοντας επανάσταση στις συνήθειες που καθιερώθηκαν εδώ και αιώνες και βοηθώντας στη δημιουργία του σύγχρονου τρόπου ζωής⁷⁷.

Η πλαστική ρύπανση παρατηρήθηκε για πρώτη φορά στον ωκεανό από επιστήμονες με μελέτες πλαγκτόν στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές της δεκαετίας του 1970, και οι ωκεανοί και οι παραλίες εξακολουθούν να τυγχάνουν της μεγαλύτερης προσοχής όσων μελετούν και εργάζονται για τη μείωση της πλαστικής ρύπανσης⁷⁸.

3.5 Η μακροπλαστική ρύπανση

Είναι πια διακριβωμένο πως η μακρό και μικροπλαστική ρύπανση έχει σοβαρή αρνητική επίπτωση στην ατμόσφαιρα, στην υδρόσφαιρα και πεδόσφαιρα και επηρεάζει ανεπανόρθωτα την μακρό και μικροπανίδα των οικοσυστημάτων και το ίδιο το ανθρώπινο γένος. Αυτή λοιπόν η οικολογική απειδευσία του πολίτη, το χαμηλό κόστος και η μακροβιότητα των πλαστικών προϊόντων, η εμμονή πλουτισμού της βιομηχανίας, η αδιαφορία της Πολιτείας και το κυνηγητό της επιστημονικής διάκρισης οδήγησε στην επικίνδυνη «πλαστικοποίηση» του πλανήτη⁷⁹.

Το πλαστικό είναι ένα σημαντικό και πανταχού παρόν υλικό στην οικονομία και την καθημερινότητά μας. Έχει πολλαπλές λειτουργίες που βοηθούν στην αντιμετώπιση ορισμένων προκλήσεων που αντιμετωπίζει η κοινωνία μας. Τα ελαφριά και καινοτόμα υλικά σε αυτοκίνητα ή αεροπλάνα εξοικονομούν καύσιμα και μειώνουν τις εκπομπές CO₂. Τα μονωτικά υλικά υψηλής απόδοσης μας βοηθούν να εξοικονομούμε λογαριασμούς ενέργειας. Στη συσκευασία, τα πλαστικά συμβάλλουν στη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων και στη μείωση της σπατάλης τροφίμων. Σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη εκτύπωση, τα βιοσυμβατά πλαστικά υλικά μπορούν να σώσουν ανθρώπινες ζωές επιτρέποντας την ιατρική καινοτομία. Ωστόσο, πολύ συχνά ο τρόπος με τον οποίο παράγονται, χρησιμοποιούνται και απορρίπτονται σήμερα τα πλαστικά αποτυγχάνει να αποσπάσει τα οικονομικά οφέλη μιας πιο «κυκλικής» προσέγγισης και βλάπτει το περιβάλλον. Υπάρχει επείγουσα ανάγκη να αντιμετωπιστούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα που σκιάζουν σήμερα την παραγωγή, τη χρήση και την κατανάλωση πλαστικών. Τα εκατομμύρια τόνοι πλαστικών απορριμμάτων που καταλήγουν στους ωκεανούς κάθε χρόνο είναι ένα από τα πιο ορατά και ανησυχητικά σημάδια αυτών των προβλημάτων, προκαλώντας αυξανόμενη ανησυχία στο κοινό⁸⁰.

Η διαφυγή πλαστικών στο περιβάλλον αφορά σε διάφορες πηγές και εκτείνεται σε όλο τον κύκλο ζωής των πλαστικών προϊόντων που περιλαμβάνει την εξόρυξη πρώτων υλών, την παραγωγή πλαστικών προϊόντων και τη διανομή στους καταναλωτές μέχρι την τελική απόρριψη τους μετά τη χρήση. Κυρίως προβληματίζει η διαφυγή των πλαστικών στο τέλος του κύκλου ζωής από τη διάθεση απορριμμάτων σε ανεξέλεγκτες χωματερές, αστοχίες του συστήματος συλλογής και μεταφοράς των απορριμμάτων, την άτακτη ρίψη απορριμμάτων (littering) από τους πολίτες στο περιβάλλον, καθώς και από μη ορθές πρακτικές διαχείρισης των πλαστικών αποβλήτων στη βιομηχανία και την αγροτική παραγωγή⁸¹.

⁷⁷ <https://www.fitt.com/news/history-of-plastics-anecdotes-and-developments-from-discovery-to-the-present-day/>

⁷⁸ <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>

⁷⁹ <https://agonaskritis.gr/πώς-μπορεί-να-γίνει-ολοκληρωμένη-διαχ>

⁸⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN>

⁸¹ <https://www.qgreen.gr/services/policy-makers/plastiki-rypansi/>

Δεν είναι τυχαίο λοιπόν ότι στην Ελλάδα κάθε ένας από εμάς παράγει 68 κιλά πλαστικά απορρίμματα, από τα οποία μόλις το 10% οδηγείται στην ανακύκλωση. Τα υπόλοιπα καταλήγουν κυρίως σε χωματερές, ενώ ένα σημαντικό κομμάτι πλαστικών σκουπιδιών διαρρέει στο φυσικό περιβάλλον ρυπαίνοντας τα χερσαία οικοσυστήματα και φυσικά τις θάλασσές μας, στις οποίες ταξιδεύουν κάθε χρόνο σχεδόν 11.500 τόνοι πλαστικών. Είναι σαν να πετάμε ημερησίως πάνω από 1.000.000 άδεια πλαστικά μπουκάλια στη θάλασσα. Τα πλαστικά που καταλήγουν στο περιβάλλον δεν εξαφανίζονται δια μαγείας. Παραμένουν εκεί για πάρα πολλά χρόνια και σιγά σιγά διαλύονται σε μικρότερα κομμάτια, αρκετά εκ των οποίων γίνονται θανατηφόρα τροφή για είδη πανίδας⁸².

Υπάρχουν ουσιαστικά τρεις διαφορετικές τύχες για τα πλαστικά απόβλητα. Πρώτον, μπορεί να ανακυκλωθεί ή να επανεπεξεργαστεί σε δευτερεύον υλικό. Η ανακύκλωση καθυστερεί, αντί να αποφεύγει, την τελική διάθεση. Μειώνει τη μελλοντική παραγωγή πλαστικών απορριμμάτων μόνο εάν αντικαθιστά την πρωτογενή παραγωγή πλαστικών. Ωστόσο, λόγω της αντιπαραστατικής φύσης της, αυτή η μετατόπιση είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστεί. Επιπλέον, η μόλυνση και η ανάμειξη τύπων πολυμερών δημιουργούν δευτερεύοντα πλαστικά περιορισμένης ή χαμηλής τεχνικής και οικονομικής αξίας. Δεύτερον, τα πλαστικά μπορούν να καταστραφούν θερμικά. Αν και υπάρχουν αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως η πυρόλυση, που εξάγει καύσιμο από πλαστικά απόβλητα, μέχρι σήμερα, σχεδόν όλη η θερμική καταστροφή έχει γίνει με αποτέφρωση, με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία των αποτεφρωτηρίων απορριμμάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία ελέγχου των εκπομπών, καθώς και από το σχεδιασμό και τη λειτουργία του αποτεφρωτή. Τέλος, τα πλαστικά μπορούν να απορριφθούν και είτε να περιληφθούν σε ένα διαχειριζόμενο σύστημα, όπως οι χώροι υγειονομικής ταφής, είτε να αφεθούν απεριορίστες σε ανοιχτούς χωματερές ή στο φυσικό περιβάλλον (Geyer et al. 2017).

Δεδομένου ότι ο ωκεανός βρίσκεται κατάντη σχεδόν από κάθε χερσαία τοποθεσία, είναι ο φορέας υποδοχής μεγάλου μέρους των πλαστικών απορριμμάτων που παράγονται στην ξηρά (Εικόνα 20). Αρκετά εκατομμύρια τόνοι σκουπιδιών καταλήγουν στους ωκεανούς του κόσμου κάθε χρόνο και μεγάλο μέρος τους είναι ακατάλληλα απορριπτόμενα πλαστικά απορρίμματα⁸³. Συνολικά, το 80% των θαλάσσιων πλαστικών υπολειμμάτων προέρχεται από την ξηρά και το 20% παράγεται από πηγές που βασίζονται στον ωκεανό, όπως η αλιεία, η ναυτιλία και η υδατοκαλλιέργεια. Μεγάλο μέρος αποτελείται από βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα μητροπολιτικών και αστικών περιοχών με κακώς διαχειριζόμενα συστήματα συλλογής και διάθεσης. Τα απορρίμματα καταλήγουν σε ποτάμια και άλλες πλωτές οδούς, μερικές φορές μέσα από αποχετεύσεις καταιγίδων και εκροές λυμάτων, και αυτά τα οδηγούν μέχρι τη θάλασσα⁸⁴ (Εικόνα 21).

⁸² https://www.wwf.gr/ti_kanoume/anthropos/plastika/zoi_xwris_plastika/

⁸³ <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>

⁸⁴ (<https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>)



Εικόνα 21: Σχηματική παράσταση σκουτιδίων στη θάλασσα⁸⁵.

Η πλαστική ρύπανση έχει αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα των ωκεανών, στην ακεραιότητα των προμηθειών τροφίμων και στα μέσα διαβίωσης των ανθρώπων. Η εμπλοκή και η κατάποση είναι οι πιο συνηθισμένοι κίνδυνοι για τα θαλάσσια είδη, τα οποία σχεδόν όλα – από το μικροσκοπικό ζωοπλαγκτόν μέχρι τα μεγαλύτερα θαλάσσια θηλαστικά – θα έρθουν σε επαφή με πλαστικά απόβλητα κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Η εμπλοκή σε πλαστικά σχοινιά, πετονιές και πεταμένα αλιευτικά εργαλεία τραυματίζει και σκοτώνει όλα τα είδη θαλάσσιων ζώων. ενώ η κατάποση σε κάθε στάδιο της τροφικής αλυσίδας μπορεί να προκαλέσει θάνατο ή να έχει σημαντικές επιπτώσεις στις φυσιολογικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της διατροφής, της ανάπτυξης, της συμπεριφοράς και της αναπαραγωγής⁸⁶. Μελέτες έχουν βρει ότι όλα τα είδη ειδών, συμπεριλαμβανομένων των μικρών ζωοπλαγκτόν, των μεγάλων κητωδών, των περισσότερων θαλάσσιων πτηνών και όλων των θαλάσσιων χελωνών, καταπίνουν εύκολα πλαστικά κομμάτια και σκουπίδια όπως αναπτήρες, πλαστικές σακούλες και καπάκια μπουκαλιών⁸⁷.

Παρόμοιο πρόβλημα παγίδευσης θαλάσσιας πανίδας ανιχνεύεται στα απορριφθέντα στον ωκεανό πλαστικά δίχτυα, το αποκαλούμενο “ghost fishing”, όπου τα ψάρια και οι χελώνες παγιδεύονται και πεθαίνουν (Thompson et al. 2009, όπως αναφέρεται από τον Δασενάκη 2019) (Εικόνα 22). Η Μεσόγειος Θάλασσα είναι ένα παγκόσμιο hotspot για πλαστική ρύπανση, καθώς η ημίκλειστη λεκάνη της συγκεντρώνει θαλάσσια απορρίμματα σε επίπεδα συγκρίσιμα με εκείνα που βρίσκονται στις πέντε υποτροπικές γύρες 7, με το πιο διαβόητο να είναι το «Great Garbage Patch» του Βόρειου Ειρηνικού⁸⁸.

⁸⁵ <https://www.proionta-tis-fisis.com/wp-content/uploads/2017/11/ekatommyria-anthropoi-kindynevoun-apo-ti-rypansi-ton-ydaton-7.jpg>

⁸⁶ <https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>

⁸⁷

<https://ecotivity.gr/2021/01/20/%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B5%CF%85%CF%8C%CE%BC%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B5-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CE%BA%CE%BF%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CF%8A%CF%8C/>

⁸⁸ <https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>



Εικόνα 22: Παγιδευμένη χελώνα σε δίχτυα⁸⁹.

Για πολλά πλαστικά προϊόντα, η ωφέλιμη διάρκεια ζωής τους είναι συχνά σχετικά μικρή. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα υλικά συσκευασίας μιας χρήσης (Horton et al. 2017). Το 2018, το λεξικό Collins ανακήρυξε τη λέξη «μίας χρήσης» ως λέξη της χρονιάς καθώς ο κόσμος ξύπνησε με την κρίση της πλαστικής ρύπανσης. Τα πλαστικά μιας χρήσης αποτελούν την επιτομή της γραμμικής μας οικονομίας take-make-waste και καθώς η παγκόσμια συνειδητοποίηση έχει αυξηθεί, η «καμία δικαιολογία για μία χρήση» έχει γίνει μια κοινή επωδός⁹⁰. Τα πλαστικά προϊόντα μιας χρήσης (SUPs = Single-use plastic products) χρησιμοποιούνται μία φορά ή για μικρό χρονικό διάστημα, πριν πεταχτούν (Εικόνα 23). Οι επιπτώσεις αυτών των πλαστικών απορριμμάτων στο περιβάλλον και στην υγεία μας είναι παγκόσμιες και μπορεί να είναι δραστικές.



Εικόνα 23: Πλαστικά μιας χρήσης⁹¹

⁸⁹ <https://www.medasset.org/wp-content/uploads/2020/04/Sea-Turtle-Entanglement-Libya-1.jpg>

⁹⁰ <https://ellenmacarthurfoundation.org/articles/we-need-compostable-packaging-but-its-still-single-use>

⁹¹ https://media.istockphoto.com/photos/plastic-pollution-picture-id1296032714?k=20&m=1296032714&s=170667a&w=0&h=hME9KB8NsE5AHo_WNPDT3LAF-1TIF9rWzYV3hOnvlo

Τα πλαστικά προϊόντα μιας χρήσης έχουν περισσότερες πιθανότητες να καταλήξουν στις θάλασσες παρά τα επαναχρησιμοποιήσιμα προϊόντα⁹². Σε όλο τον κόσμο, 1 εκατομμύριο πλαστικά μπουκάλια αγοράζονται κάθε λεπτό, ενώ μέχρι και 5 τρισεκατομμύρια πλαστικές σακούλες χρησιμοποιούνται παγκοσμίως κάθε χρόνο. Συνολικά, το ήμισυ του πλαστικού που παράγεται είναι σχεδιασμένο για σκοπούς μίας χρήσης – χρησιμοποιείται μόνο μία φορά και στη συνέχεια πετιέται. Επιπλέον, περίπου το 98 % των πλαστικών προϊόντων μιας χρήσης παράγονται από ορυκτά καύσιμα ή «παρθένα» πρώτη ύλη. Το επίπεδο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την παραγωγή, χρήση και διάθεση συμβατικών πλαστικών με βάση τα ορυκτά καύσιμα προβλέπεται να αυξηθεί στο 19 % του παγκόσμιου προϋπολογισμού άνθρακα έως το 2040⁹³.

Τα 10 πλαστικά αντικείμενα μιας χρήσης που βρίσκονται πιο συχνά στις ευρωπαϊκές παραλίες, μαζί με τα αλιευτικά εργαλεία, αντιπροσωπεύουν το 70% όλων των θαλάσσιων απορριμμάτων στην ΕΕ. Αυτά είναι:

-  Μπατονέτες
-  Μαχαιροπίρουνα, πιάτα, καλαμάκια και αναδευτήρες
-  Μπαλόνια και μπαστούνια για μπαλόνια
-  Δοχεία τροφίμων
-  Κύπελλα για ποτά
-  Δοχεία ποτών
-  Αποτοσίγαρα
-  Πλαστικές σακούλες
-  Πακέτα και περιτυλίγματα
-  Υγρά μαντηλάκια και είδη υγιεινής⁹⁴.

Επίσης τα αποτοσίγαρα - των οποίων τα φίλτρα περιέχουν μικροσκοπικές πλαστικές ίνες - είναι το πιο κοινό είδος πλαστικών απορριμμάτων που βρίσκονται στο περιβάλλον. Περιτυλίγματα τροφίμων, πλαστικά μπουκάλια, πλαστικά καπάκια μπουκαλιών, πλαστικές σακούλες παντοπωλείου, πλαστικά καλαμάκια και αναδευτήρες είναι τα επόμενα πιο κοινά είδη. Πολλοί από εμάς χρησιμοποιούμε αυτά τα προϊόντα καθημερινά, χωρίς καν να σκεφτόμαστε πού μπορεί να καταλήξουν⁹⁵.

Δυστυχώς η πανδημία του κορωνοϊού έχει φέρει μαζί της και ένα νέο κύμα πλαστικής ρύπανσης. Εκατομμύρια μάσκες μιας χρήσης και χιλιάδες γάντια χρησιμοποιούνται καθημερινά σήμερα στην Ελλάδα, ενώ ο φόβος της πανδημίας οδήγησε σε αύξηση της χρήσης πλαστικής σακούλας και πλαστικών συσκευασιών⁹⁶. Η πανδημία του Covid-19, διαδέχθηκε μια ήδη δυσχερή κατάσταση στην μόλυνση από πλαστικό. Σύμφωνα με στοιχεία που κοινοποίησε το BBC το καλοκαίρι του 2020, παγκοσμίως κάθε μήνα χρησιμοποιούνται 129 δις μάσκες μιας χρήσης και 65 δις πλαστικά γάντια. Η απόρριψη τους σε κάδους ανακύκλωσης δεν εξυπηρετεί στην επαναχρησιμοποίηση τους αφού θεωρείται ιατρικός, σπατάλη. Συνήθως καταλήγουν στο έδαφος και το αστικό περιβάλλον. Έπειτα, οδηγούν σε τοξικούς ρύπους και συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Όπως αναφέρει και βιολόγος του οργανισμού Αρχιπέλαγος στην DeutscheWelle, με την ρίψη των πλαστικών масκών στο έδαφος μέσω των όμβριων υδάτων πολλά εξ' αυτών καταλήγουν τελικά στην θάλασσα. Οι περισσότερες μάσκες μίας χρήσης αποτελούνται από διάφορα είδη πολυμερούς πλαστικού όπως το πολυπροπυλένιο, το πολυαιθυλένιο και το βινύλιο. Η διάσπαση τους, όταν αυτές καταλήγουν στα ύδατα, εκτιμάται ότι θα χρειαστεί 450 χρόνια⁹⁷.

⁹² https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/single-use-plastics_en

⁹³ <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/>

⁹⁴ https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/single-use-plastics_en

⁹⁵ <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/>

⁹⁶ https://www.wwf.gr/ti_kanoume/anthropos/plastika/zoi_xwris_plastika/

⁹⁷ <https://ecotivity.gr/2021/01/20/>

Η θαλάσσια ζωή επηρεάζεται και εξαιτίας της μορφής των εν λόγω ειδών. Το σχήμα των γαντιών και των μασκών παραπέμπει για τις θαλάσσιες χελώνες σε μέδουσες και άλλα είδη που καταναλώνουν. Έτσι οδηγούνται στην βρώση περισσότερου πλαστικού. Με την κατανάλωση τους, αυτά διασπώνται στο στομάχι τους, καταστρέφοντας το πεπτικό τους σύστημα. Ως αποτέλεσμα πεθαίνουν από υποσιτισμό. Δεν είναι σπάνιες όμως και οι περιπτώσεις ακαριαίου θανάτου από πνιγμό. Ταυτόχρονα, τα λάστιχα από τις μάσκες μπορούν να τραυματίσουν και να δέσουν αρκετά ζώα της θαλάσσιας πανίδας⁹⁸. Κανένα από τα πλαστικά μαζικής παραγωγής δεν βιοδιασπάται με ουσιαστικό τρόπο (Geyer *at al.* 2017). Τα πλαστικά δεν παραμένουν αναλλοίωτα τα ίδια, αλλά σπάνε σε μικρά κομμάτια λόγω μηχανικής διάβρωσης, χωρίς όμως να παύουν να είναι πλαστικά. Έτσι τα πλαστικά αντικείμενα δεν έχουν μεγάλο χρόνο ζωής, αλλά τα μικροπλαστικά παραμένουν για πολλά χρόνια και είναι μια σημαντική παράμετρος της ρύπανσης του περιβάλλοντος (Καραπαναγιώτη 2020).

Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί αμέτρητες έρευνες για την μικροπλαστική ρύπανση σε υδάτινα οικοσυστήματα (ωκεανούς, θάλασσες, ποτάμια) με αποτελέσματα που επιβεβαιώνουν την κατάσταση αυτή και με αντίκτυπο στην άγρια ζωή (πηγά, ψάρια) και στην ανθρώπινη υγεία. Σε χερσαία οικοσυστήματα και σε επίπεδο αέρος με αιωρούμενα πλαστικά σωματίδια οι έρευνες είναι σε πολύ αρχικό στάδιο έως μηδαμινές όσον αφορά την κατάσταση του εδάφους από την ρύπανση μικροπλαστικού. Έτσι η έρευνα για μικροπλαστικά σε εδάφη λιβαδιών και οι συνέπειες αυτών στα λιβαδικά φυτά, στα αγροτικά και άγρια ζώα και μετέπειτα στην άνθρωπο, είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο ως ανύπαρκτο και μόνο σε γεωργικές καλλιέργειες έχουν γίνει κάποιες έρευνες στην Ελλάδα και γενικά παγκοσμίως. Δεν υπάρχουν αναφορές σε έρευνες για τις επιπτώσεις της μικροπλαστικής ρύπανσης σε εδάφη των λιβαδικών οικοσυστημάτων.

Έτσι η κακή διαχείριση των πλαστικών, η άτακτη ρίψη στο περιβάλλον, το χαμηλό ποσοστό ανακύκλωσης παγκοσμίως, η παραγωγή πλαστικών προϊόντων που δεν είναι φιλικά προς το περιβάλλον, η χρήση και κατανάλωση πλαστικών προϊόντων από τους ανθρώπους δημιουργούν ένα σύμπλεγμα από αιτίες που προκαλούν την πλαστική ρύπανση. Η πλαστική ρύπανση είναι μια πρόκληση σχεδιασμού, παραγωγής, κατανάλωσης και διάθεσης που πρέπει να αντιμετωπιστεί σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του πλαστικού (Εικόνα 24). Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στο πρόβλημα, οι πιο προφανώς μη βιώσιμα πρότυπα κατανάλωσης, ανύπαρκτη ή αναποτελεσματική νομοθεσία, αναποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης αποβλήτων και έλλειψη συντονισμού μεταξύ των διαφόρων τομέων⁹⁹.



Εικόνα 24: Ο κύκλος ζωής των πλαστικών¹⁰⁰.

⁹⁸⁹⁸ <https://ecotivity.gr/2021/01/20/>

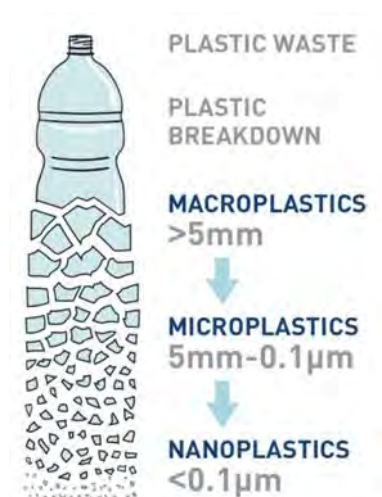
⁹⁹ <https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>

¹⁰⁰ <https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>

Απόρροια της πλαστικής ρύπανσης είναι ο κατακερματισμός του πλαστικού από μηχανικές διαδικασίες αποσύνθεσης του σε μικρότερα κομμάτια που ονομάζονται μικροπλαστικά. Είναι σχεδόν αδύνατο να μιλήσει κανείς για τη ρύπανση που προκαλούν τα μικροπλαστικά αν δεν έχει κατανοήσει το πρόβλημα της ρύπανσης από τα πλαστικά γενικά (Καραπαναγιώτη 2020).

3.6 Τι είναι τα μικροπλαστικά (MPs=Microplastics);

Τα μεγάλα πλαστικά κομμάτια γνωστά και ως «μακροπλαστικά», είναι κύριο θέμα περιβαλλοντικής κρίσης εδώ και χρόνια (Cole et al. 2011) (Δασενάκης 2019). Τα πλαστικά απορρίμματα ταξινομούνται ευρέως ως προς το μέγεθος: μεγα-απορρίμματα (> 100 mm), μακρο-απορρίμματα (> 20 mm), μεσο-απορρίμματα (20-5 mm) και μικρο-απορρίμματα (< 5 mm) (Barnes et al. 2009). Παρόλο που τα πλαστικά σωματίδια μικροκλίμακας παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά στο θαλάσσιο περιβάλλον στις αρχές της δεκαετίας του 1970 (Buchanan 1971, Carpenter and Smith 1972), μόλις το 2004 ο όρος «μικροπλαστικό» χρησιμοποιήθηκε συνήθως ως αποτέλεσμα μελέτης των Thompson et al. (2004) (Horton et al. 2017).



Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται δύο νέοι όροι για να περιγράψουν νέες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι όροι αυτοί είναι τα «μικροπλαστικά» και τα «νανοπλαστικά» (Εικόνα 25). Τα μικροπλαστικά είναι ουσιαστικά πολύ μικρότερα κομμάτια πλαστικού τα οποία έχουν μέγεθος από 1 nm έως 5 mm. Τα νανοπλαστικά είναι ακόμα μικρότερα πλαστικά της τάξεως 10⁻⁹ m (Δασενάκης 2019). Μπορούν να έχουν διαφορετικά σχήματα (σφαιροειδή, θραύσμα, ίνα) και να είναι κατασκευασμένα από διαφορετικά πολυμερή¹⁰¹. Τα μικροσφαιρίδια (μέγεθος < 2 µm) ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία αποτελούνται από πολυστυρένιο, πολυπροπυλένιο και πολυαιθυλένιο, και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή καλλυντικών, προϊόντων υγείας και προσωπικής φροντίδας (Catterjee and Sharma 2019, Horton et al. 2017).

Εικόνα 25: Απεικόνιση από μακροπλαστικά σε νανοπλαστικά.
Πηγή:
(<https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>).

Το ανανεωμένο επιστημονικό ενδιαφέρον για τα μικροπλαστικά την τελευταία δεκαετία έχει δείξει ότι υπάρχουν τόσο σε υδάτινο όσο και σε χερσαίο περιβάλλον, ενώ αποτελούν αναδυόμενη απειλή για τις λειτουργίες του οικοσυστήματος (Guo et al. 2020). Ωστόσο, η περισσότερη θαλάσσια μικροπλαστική ρύπανση προέρχεται από τη γη, από την οποία 4,8 – 12,7 μετρικοί τόνοι πλαστικών μεταφέρονται ετησίως στα θαλάσσια οικοσυστήματα (Haward 2018).

Μικροπλαστικά έχουν βρεθεί παντού στο περιβάλλον μας, από τις βαθύτερες ωκεάνιες τάφρους, στους δύο πόλους και στην κορυφή των Ιμαλαΐων. Ωστόσο, τα μικροπλαστικά μπορούν επίσης να βρεθούν πολύ πιο κοντά στο σπίτι. Καθώς τα μικροπλαστικά απελευθερώνονται από τους καναπέδες, τα χαλιά, τις κουρτίνες και άλλα συνθετικά υφάσματα, είναι παντού παρόντα σχεδόν σε κάθε νοικοκυριό. Τα μικροπλαστικά έχουν επίσης βρεθεί σε πολλά καταναλωτικά προϊόντα όπως τα θαλασσινά, το μέλι, η μπύρα, το νερό, το αλάτι, τα φρούτα και τα λαχανικά¹⁰². Τα μικροπλαστικά εμφανίζονται και πολλαπλασιάζονται σε διάφορα περιβάλλοντα όπως το έδαφος, το νερό και ο αέρας (Akindele et al. 2020, de Souza Machado et al. 2018). Οι υψηλές μικροπλαστικές πυκνότητες στα εδάφη αποτελούν άμεση απειλή για την ευημερία και την απόδοση των φυτών (Okeke et al. 2022).

¹⁰¹ <https://plasticseurope.org/sustainability/plastics-health/microplastics/>

¹⁰² <https://www.plastichealthcoalition.org/microplastics/>

Παλαιότερα, «δάκρυα γοργόνας» αποκαλούσαν τα σπασμένα μικρά τμήματα γυαλιού από τη θάλασσα, που λόγω του αλατιού αλλά και της μηχανικής δράσης των κυμάτων, είχαν λειανθεί και είχαν πάρει διάφορα σχήματα. Όσοι ασχολούνται με τα μικροπλαστικά ονομάζουν «δάκρυα γοργόνας» τα πλαστικά σφαιρίδια που προέρχονται από την πρώτη ύλη για την παρασκευή πλαστικών αντικειμένων. Αυτά είναι συνήθως κυλινδρικά ή σφαιρικά και τα περισσότερα είναι λευκά ή διάφανα (Καραπαναγιώτη 2020) (Εικόνα 26).



Εικόνα 26: Μικροπλαστικά διαφόρων σχημάτων και χρωμάτων¹⁰³.

Τα μικροπλαστικά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: α) τα **πρωτογενή βιομηχανικά**, β) τα **πρωτογενή καταναλωτικά** και γ) τα **δευτερογενή μικροπλαστικά**. Τα πρωτογενή βιομηχανικά μικροπλαστικά είναι εκείνα τα οποία κατασκευάζονται στα εργοστάσια πετρελαίου και αποτελούν πρώτη ύλη για τη κατασκευή πλαστικών. Τα πρωτογενή καταναλωτικά μικροπλαστικά είναι εκείνα που από την αρχή έχουν φτιαχτεί σε μικρό μέγεθος για να χρησιμοποιηθούν μέσα σε ή μαζί με άλλα προϊόντα ή προέρχονται από τη φθορά πλαστικών προϊόντων κατά τη χρήση τους (Καραπαναγιώτη 2020). Τα δευτερεύοντα μικροπλαστικά δημιουργούνται από την υποβάθμιση και τη διάβρωση μεγαλύτερων πλαστικών αντικειμένων, τα οποία εισέρχονται στο περιβάλλον ως κακοδιαχείριση ή ακατάλληλη διάθεση απορριμμάτων¹⁰⁴. Παραδείγματα πρωτογενών βιομηχανικών μικροπλαστικών είναι τα επανομαζόμενα πέλετ (pellets) και η πούδρα. Τα pellets συνήθως είναι σε μορφή σφαιρίδιων, κυλίνδρων ή δίσκων και έχουν μέγεθος 1-5 mm. Μπορεί να βρεθούν σε διάφορα χρώματα, με πιο συνηθισμένο το λευκό ή ημιδιαφανές, το οποίο όμως μετά την έκθεση τους στον ήλιο αρχίζει να σκουραίνει και σταδιακά γίνεται κίτρινο και μετά πορτοκαλί (Καραπαναγιώτη 2020).

Τα πρωτογενή καταναλωτικά μικροπλαστικά κατασκευάζονται ειδικά στην περιοχή μεγεθών μικρομέτρων, για παράδειγμα αυτά που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικά λειαντικά για αμμοβολή, είτε ακρυλικά είτε πολυεστερικά σφαιρίδια (von Moos et al. 2012, Zitko and Hanlon 1991), πλαστικά σφαιρίδια προπαραγωγής ('nurdles') ή σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας, όπως απολεπιστικούς παράγοντες σε κρέμες και καθαριστικά που περιέχουν «μικροσφαιρίδια» ή «microbeads» πολυαιθυλενίου (Napper et al. 2015) (Horton et al. 2017) (Εικόνα 27). Είναι μικρότερα από 1 χιλιοστό και μόνο το μέγεθος τα διαφοροποιεί από τα πέλετ. Έως το 2015, είχαν εντοπίσει άλλα 67 είδη μικροπλαστικών, εκτός από τα microbeads. Σήμερα, υπάρχει μία λίστα με περισσότερα από

¹⁰³ https://archipelago.gr/wp-content/uploads/2016/01/microplastics_resized.jpg

¹⁰⁴ <https://plasticseurope.org/sustainability/plastics-health/microplastics/>

500 μικροπλαστικά συστατικά, που χρησιμοποιούνται ευρέως σε καλλυντικά και προϊόντα προσωπικής φροντίδας. Επίσης το γκλίτερ είναι άλλο ένα συστατικό, το οποίο πωλείται μόνο του ή υπάρχει μέσα σε άλλα προϊόντα, όπως ρούχα και καλλυντικά, ακόμα και σε χαρτί ή δολώματα για ψάρεμα. Υπάρχουν σπρέι που περιέχουν γκλίτερ, όπως και ότι περιέχεται σε μπογιές για το βάψιμο των τοίχων και στον στόκο που μπαίνει ανάμεσα στα πλακάκια για μόνωση από την υγρασία. Το πλαστικό κομψοτεχνικό έχει γίνει μόδα σε διάφορες εορταστικές εκδηλώσεις τα τελευταία χρόνια, όπως και το τεχνητό χιόνι. Το τρίμμα φελιζόλ για πακετάρισμα και προστασία εύθραυστων υλικών. Απορροφητικά σφαιρίδια για νερό και πετρέλαιο είτε για τη βελτίωση του εδάφους είτε για τον καθαρισμό του νερού. Οποιοδήποτε αξεσουάρ προϊόντων ή παιχνιδιών μικρότερο από 5 χιλιοστά είναι πρωτογενές μικροπλαστικό, όπως και οι πλαστικές χάντρες και οι σφαίρες (Καραπαναγιώτη 2020).



Εικόνα 27: Ομοιότητες μεταξύ του αυγοτάραχου (ή των αυγών(αριστερά)) και των διαυγών ή αδιαφανών, στρογγυλών νυχιών (nurdes (δεξιά)). Φωτογραφία: Cathy Sexton¹⁰⁵.

Τα πρωτογενή μικροπλαστικά σωματίδια είναι πιθανό να ξεπλυθούν σε βιομηχανικά ή οικιακά συστήματα αποχέτευσης και σε ρεύματα επεξεργασίας λυμάτων (Fendall and Sewell 2009, Lechner and Ramler 2015). Παρά την ικανότητα ορισμένων η επεξεργασία λυμάτων λειτουργεί για την απομάκρυνση έως και 99,9% μικροπλαστικών σωματιδίων από τα λύματα (εξαρτάται από τις διεργασίες που χρησιμοποιεί η μονάδα επεξεργασίας), ο τεράστιος αριθμός σωματιδίων που εισέρχονται στο σύστημα μπορεί να επιτρέψει σε σημαντικό αριθμό να παρακάμψει τα συστήματα φιλτραρίσματος και να απελευθερωθεί στο περιβάλλον του γλυκού νερού με λύματα (Carr et al. 2016, Murphy et al. 2016) (Horton et al. 2017).

Τα δευτερεύοντα μικροπλαστικά σχηματίζονται ως αποτέλεσμα του μέσο και μακροπλαστικού κατακερματισμού των απορριμμάτων. Ο κατακερματισμός αυξάνει την επιφάνεια και τον αριθμό των σωματιδίων ανά μονάδα μάζας. Τόσο η έκθεση στο ηλιακό φως όσο και η δράση των κυμάτων είναι οι κύριες αιτίες κατακερματισμού στα θαλάσσια ύδατα. Στην ξηρά, ειδικά στην επιφάνεια του εδάφους, ο κατακερματισμός των πλαστικών πιστεύεται ότι συμβαίνει εύκολα ως αποτέλεσμα της άμεσης έκθεσης στην υπεριώδη ακτινοβολία από το ηλιακό φως, υποβοηθούμενη επίσης από τις

¹⁰⁵ https://www.nurdlehunt.org.uk/images/animals/photo_roe_fulmar_nurdles.jpg

διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που θα είναι γενικά μεγαλύτερες από εκείνες στο θαλασσινό νερό (Andrady 2011). Ομοίως, η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να είναι μεγαλύτερη σε μικρά ρηχά υδάτινα συστήματα, όπως λίμνες και ποτάμια, παρά σε μεγάλες λίμνες ή στον ανοιχτό ωκεανό. Ωστόσο, πολλά περιβάλλοντα γλυκού νερού μπορεί να μην έχουν το δυναμικό κατακερματισμού που προσφέρεται από τις αναταράξεις και τη δράση των κυμάτων στα παράκτια ύδατα, ειδικά σε βραχώδεις παλιρροϊκές περιοχές (Barnes et al. 2009). Τα δευτερογενή μικροπλαστικά είναι συνήθως ακανόνιστου σχήματος με αδρές ακμές, έχουν διάφορα χρώματα και μπορεί να είναι θραύσματα, φιλμ, αφρός ή και ίνες (Καραπαναγιώτη 2020). Μια επιπλέον πηγή δευτερογενών μικροπλαστικών προέρχεται από συνθετικά υφάσματα, τα οποία μπορούν να αποβάλουν έως και 1900 ίνες ανά ρούχο κατά το πλύσιμο (Browne et al. 2011). Αν και οι μικροΐνες είναι δευτερεύοντα σωματίδια, θα απελευθερωθούν στο περιβάλλον μαζί με τα πρωτογενή μικροπλαστικά μέσω των λυμάτων και της εφαρμογής λάσπης. Ως εκ τούτου, από αυτή την άποψη, η μόιρα και η μεταφορά αυτών των ινών μπορεί να ευθυγραμμιστεί περισσότερο με εκείνη των πρωτογενών μικροπλαστικών, με βάση παρόμοιες οδούς απελευθέρωσης (Horton et al. 2017).

Επίσης, θραύσματα από λάστιχα αυτοκινήτων είναι μία μεγάλη κατηγορία που μαζί με τις ίνες από τα συνθετικά ρούχα που χάνονται κατά το πλύσιμο αποτελούν πάνω από το 63% των μικροπλαστικών που βρίσκονται στη θάλασσα (Εικόνα 28). Ένα άλλο μεγάλο ποσοστό είναι αυτό που ονομάζεται «σκόνη των πόλεων», που είναι ένα ετερογενές μείγμα μικροπλαστικών, που όμως έχουν μία κοινή πηγή και πορεία και προέρχονται από τη διάβρωση κτιρίων, υποδομών, επίπλων, χαλιών ακόμα και των παπουτσιών των ανθρώπων που περπατούν στους δρόμους των πόλεων. Άλλα μικρότερα αλλά σημαντικά ποσοστά προέρχονται από τη διάβρωση των σημάτων των δρόμων και των πλαστικών σκαφών και της επικάλυψής τους. Επίσης θραύσματα δημιουργούνται και από διάφορα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στο ψάρεμα, για επίπλευση ή για δολώματα (Horton et al. 2017).



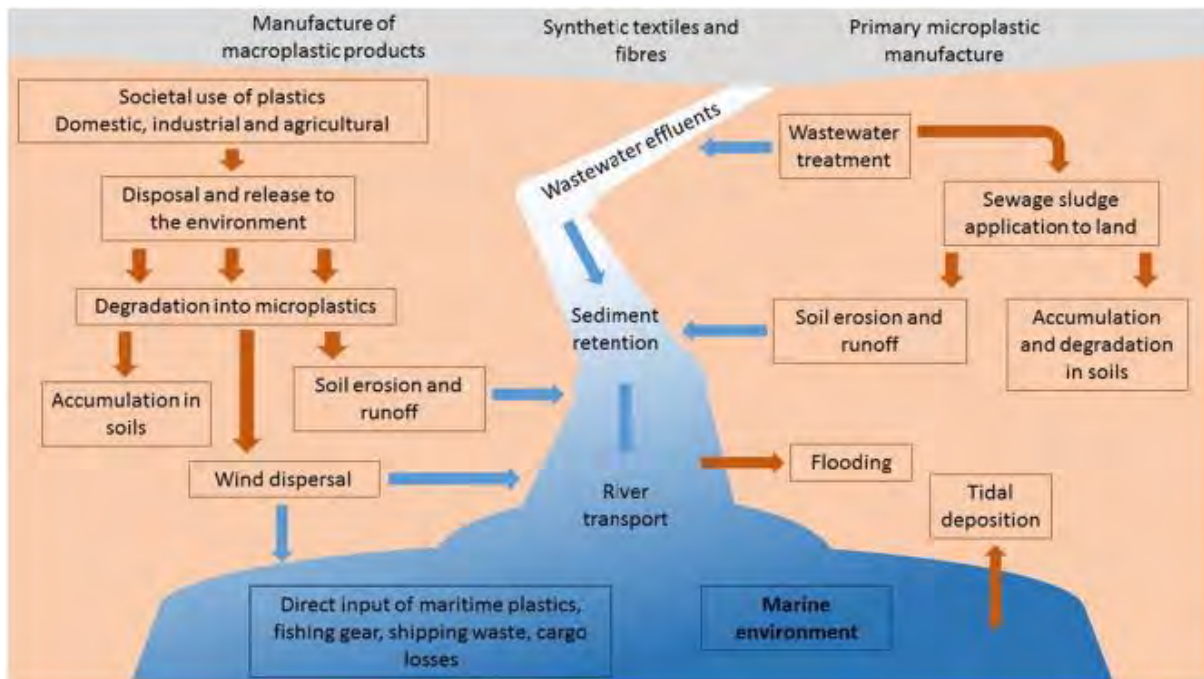
Εικόνα 28: Πρωτογενή και δευτερογενή μικροπλαστικά ¹⁰⁶.

Οι πηγές δευτερογενών μικροπλαστικών που προέρχονται από πλαστικά απορρίμματα είναι πολυάριθμες και ποικίλες, που κυμαίνονται από εκλύσεις κατά τη συλλογή, επεξεργασία και ταφή αστικών στερεών απορριμμάτων, απελευθέρωση από συστήματα μεταφοράς και διάθεσης έως άτομα που δημιουργούν σκουπίδια είτε κατά λάθος είτε σκόπιμα (Εικ. 29). Αυτό περιλαμβάνει μεγάλα πλαστικά είδη και εισροή απορριμμάτων υγιεινής στα ποτάμια μέσω συνδυασμένων

¹⁰⁶

https://www.freepik.com/search?format=search&last_filter=type&last_value=vector&query=microplastics&type=vector

υπερχείλισης λυμάτων. Η απορροή μέσω αποστραγγιστικών τάφρων από γεωργική γη ή αποχετεύσεων καταιγίδων από δρόμους που περιέχουν πλαστικά, όπως σωματίδια φθοράς ελαστικών, θραύσματα οχημάτων ή θραύσματα χρωμάτων οδικής σήμανσης είναι μια άλλη σημαντική πηγή μικροπλαστικών φορτίων ποταμών (Browne et al. 2010, Eriksen et al. 2010, Eriksen et al. 2013, Galgani et al. 2015, Horton et al. 2017, Tibbetts 2015) (Horton et al. 2017).



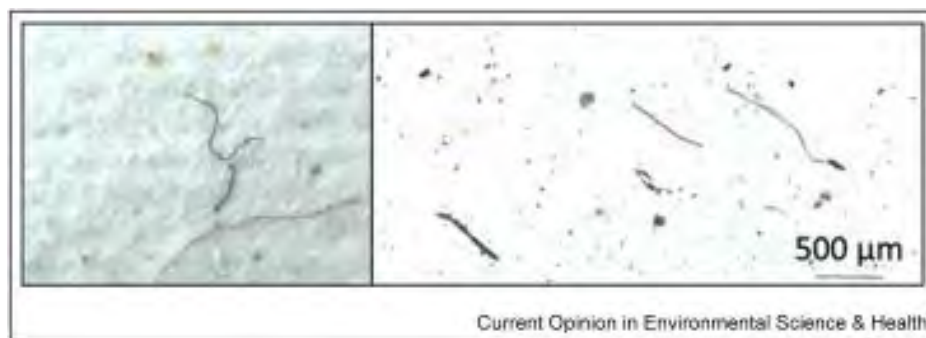
Εικόνα 29: Εννοιολογικό διάγραμμα μικροπλαστικών πηγών και ροών σε όλο και μεταξύ ανθρωπογενών, χερσαίων, γλυκών και θαλάσσιων περιβαλλοντικών διαμερισμάτων ¹⁰⁷.

Επιπλέον, η δράση του ανέμου μπορεί επίσης να μεταφέρει ελαφρύτερα πλαστικά αντικείμενα σε υδάτινα σώματα ή σε όλη την ξηρά (Zylstra 2013) και υπάρχουν στοιχεία που υποδηλώνουν ότι οι ανθρωπογενείς ίνες μπορούν να μεταφερθούν και να εναποτεθούν από την ατμοσφαιρική πτώση. Αυτό φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις αστικές περιοχές, με την εναπόθεση να αυξάνεται κατά τις περιόδους βροχής (Dris et al. 2016). Αν και οι ίνες που βρέθηκαν σε ατμοσφαιρικές μελέτες δεν ήταν αποκλειστικά συνθετικές (<33% οι ίνες ήταν καθαρά πολυμερή), με εκτιμώμενη εναπόθεση μεταξύ 3 και 10 τόνων ινών ετησίως σε μια περιοχή περίπου 2500 km² (με βάση την περιοχή του Παρισιού), αυτό μπορεί επομένως να αντιπροσωπεύει μια σημαντική διαδρομή μικροπλαστικών από καταναλωτικά προϊόντα προς το περιβάλλον (Dris et al. 2017, Dris et al. 2016). Τα αιωρούμενα σωματίδια καθορίζεται ότι προέρχονται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των δομικών υλικών, του τεχνητού χλοοτάπητα και της οικιακής σκόνης (Magnusson et al. 2016) (Horton et al. 2017).

Οι ίνες μπορεί να είναι είτε φυσικές είτε ανθρωπογενείς. Οι τεχνητές ίνες μπορούν επίσης να ταξινομηθούν ως ανόργανες (από άνθρακα, κεραμικές, γυαλί) ή οργανικές. Σε αυτή την τελευταία κατηγορία, οι οργανικές ίνες παράγονται με μετασχηματισμό φυσικών προϊόντων (τεχνητές ίνες) ή από συνθετικά πολυμερή. Αυτές οι μικρές ίνες μπορούν να αποβληθούν και να απελευθερωθούν άμεσα ή έμμεσα καθώς φοριέται το ρούχο ή κατά το πλύσιμο (Cesa et al. 2017, Napper et al. 2016). Επιπλέον, ο βιομηχανικός τεμαχισμός ή άλεση συνθετικού υλικού μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό λεπτών σωματιδίων. Τα ινώδη MP (Εικόνα 30) μπορεί επίσης να υποστούν

¹⁰⁷ <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0048969717302073-gr2.jpg>

φωτοοξειδωτική αποικοδόμηση στο περιβάλλον, μαζί με διάτμηση του ανέμου ή/και τριβή έναντι άλλων σωματιδίων του περιβάλλοντος, που τελικά κατακερματίζονται σε λεπτά σωματίδια (Gasperi et al. 2018).



Εικόνα 8: Ινώδες μικροπλαστικό που παρατηρείται στην ατμοσφαιρική πτώση ¹⁰⁸.

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που κατασκευάζονται από ίνες φυσικής προέλευσης (σε αντίθεση με τις συνθετικές ίνες που προκαλούν απελευθέρωση μικροπλαστικών) ρίχνουν επίσης μικροΐνες. Επιπλέον, τα υφάσματα μπορούν επίσης να αποτελέσουν πηγή άλλων σχημάτων μικροπλαστικών, που προέρχονται από τα διάφορα είδη υλικών ή αξεσουάρ που χρησιμοποιούνται σε ρούχα και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, όπως στάμπες, επιστρώσεις, κουμπιά και γκλίτερ. Υπολογίζεται ότι τα συνθετικά υφάσματα ευθύνονται για μια παγκόσμια απόρριψη μεταξύ 0,2 και 0,5 εκατομμυρίων τόνων μικροπλαστικών στους ωκεανούς κάθε χρόνο (Sherrington 2016, Ίδρυμα Ellen MacArthur 2017). Σύμφωνα με τους Boucher και Friot (2017), περίπου το 35% των μικροπλαστικών που απελευθερώνονται στους ωκεανούς παγκοσμίως προέρχονται από το πλύσιμο συνθετικών υφασμάτων, ενώ το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) εκτιμά ότι αυτό το ποσοστό είναι περίπου 16% (UNEP 2018). Για την Ευρώπη, όπου τα περισσότερα νοικοκυριά συνδέονται με σύστημα επεξεργασίας λυμάτων, υπολογίζεται ότι 13.000 τόνοι μικροΐνων κλωστοϋφαντουργίας, ή 25 gr ανά άτομο, απελευθερώνονται στα επιφανειακά ύδατα κάθε χρόνο, αντιπροσωπεύοντας το 8% των συνολικών εκλύσεων πρωτογενών μικροπλαστικών στο νερό. Οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων μπορούν να φιλτράρουν μεγάλο μέρος αλλά όχι όλα τα μικροπλαστικά. Ωστόσο, εάν δεν υπάρχουν επαρκή συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, τα μικροπλαστικά θα εκπέμπονται στο υδάτινο περιβάλλον (Eunomia και ICF 2018) ¹⁰⁹.

Επίσης οι μικροΐνες εκπέμπονται κατά την κατασκευή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, την ένδυση και την απόρριψη στο τέλος του κύκλου ζωής τους και διασκορπίζονται στο νερό, τον αέρα και το έδαφος. Αν και η αποβολή μικροΐνων μειώνεται σε διαδοχικές πλύσεις, η φθορά των υφασμάτων οδηγεί επίσης σε αύξηση της αποβολής μικροΐνων (Hartline et al. 2016). Ως αποτέλεσμα, η γρήγορη μόδα ευθύνεται για ένα ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο απελευθέρωσης μικροΐνων, καθώς τα ενδύματα fast fashion περιέχουν συνήθως υψηλό μερίδιο συνθετικών ινών και αντιπροσωπεύουν υψηλό μερίδιο των πρώτων πλύσεων, καθώς τείνουν να χρησιμοποιούνται μόνο για μικρό χρονικό διάστημα και να φθείρεται γρήγορα. (Eunomia και ICF 2018¹¹⁰).

Οι βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας και ένδυσης γίνονται επίσης πιθανοί κόμβοι MPs/NPs λόγω της ταχείας χρήσης συνθετικών πολυμερών, συμπεριλαμβανομένων των πολυεστέρα και πολυαμιδίου (Mathalon and Hill 2014, Remy et al. 2015, Carney - Almroth et al. 2018). Οι χώρες με μεγάλες κλωστοϋφαντουργικές βιομηχανίες διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο τοξικότητας MPs/NPs. Για παράδειγμα, η οικονομία του Μπαγκλαντές κυριαρχείται από βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας/ένδυσης και η τοξικότητα των MP/NPs στο έδαφος και τα φυτά είναι

¹⁰⁸ <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2468584417300119-gr1.jpg>

¹⁰⁹ <https://www.eea.europa.eu/publications/microplastics-from-textiles-towards-a>

¹¹⁰ <https://www.eea.europa.eu/publications/microplastics-from-textiles-towards-a>

τεράστια. Επειδή, η έρευνα έχει απარიθμήσει ότι στο Μπαγκλαντές, 34,9 τρισεκατομμύρια MPs με βάση τις ίνες απορρίφθηκαν στο υδάτινο περιβάλλον το οικονομικό έτος 2021 (Dey και Jamal 2021) (Roy et al. 2023).

Επιπλέον, η τρέχουσα πανδημία (COVID-19) επιταχύνει επίσης τη ρύπανση των MP/NPs (Μικροπλαστικά/Νανοπλαστικά) στο περιβάλλον μέσω ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού και συναφών ιατρικών αποβλήτων. Μία από τις πρόσφατες μελέτες αποκάλυψε ότι οι μάσκες προσώπου είναι υπεύθυνες για την απελευθέρωση της αμέτρητης ποσότητας (δέκα χιλιάδων) βελονοειδών μικρο/νανοϊνών στο περιβάλλον λόγω μηχανικής εκτροπής (Li et al. 2022).

Μικροπλαστικά, πλαστικά σωματίδια που γενικά ορίζονται σε μέγεθος <5 mm (Akdogan and Guven, 2019, Rillig 2018), τα οποία αποτελούν καθιερωμένο ερευνητικό αντικείμενο σε υδάτινα περιβάλλοντα για πάνω από μια δεκαετία με λεπτομερείς και εντατικές μελέτες (Cole et al. 2014, Cozar et al. 2014, Ivleva et al. 2017, Rillig 2018, K. Zhang et al. 2018, Zhao et al. 2015). Ωστόσο, δεδομένου ότι τα περισσότερα πλαστικά σκουπίδια παράγονται και απορρίπτονται στη στεριά, είναι εκπληκτικό το γεγονός ότι η μικροπλαστική μελέτη μόλις πρόσφατα άρχισε να αγκαλιάζει τα χερσαία συστήματα, όπου το έδαφος φαίνεται να αποτελεί σημαντικό μακροπρόθεσμο καταβόθρα για μικροπλαστικά συντρίμια (Kumar et al. 2020, Moller et al. 2020, Rillig and Lehmann 2020, Rochman 2018). Περιορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι μεγάλος αριθμός ινωδών και αποσπασματικών μικροπλαστικών βρίσκονται σε εδάφη σε όλο τον κόσμο (Y. Zhou et al. 2020). van den Berg et al. (2020), για παράδειγμα, πρόσφατα ανιχνεύθηκαν μικροπλαστικά με κυριαρχία κατακερματισμού σε εδάφη γεωργικών αγρών, όπως η ιλύς λυμάτων (Yang et al. 2021).

Ως ανθρωπογενής παράγοντας, τα μικροπλαστικά ασκούν σημαντική επίδραση σε άλλα συστατικά ενός περιβάλλοντος και προσδίδουν σημαντικές παγκόσμιες επιπτώσεις (Rillig et al. 2021, Panigrahi et al. 2019). Η επίδραση των μικροπλαστικών πηγάζει από την πανταχού παρουσία τους, τα χημικά συστατικά, το μέγεθος και τις διαδραστικές τους ικανότητες με τους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες των περιβαλλόντων (Panigrahi et al. 2019). Τα μικροπλαστικά δρουν ως φορείς για χημικά συστατικά, βαρέα μέταλλα και προσκολλημένα μικρόβια. Παραμορφώνουν τις φυσικές/χημικές ιδιότητες του εδάφους, διαταράσσοντας την πεπτική διαδικασία των μικρών οργανισμών, βιοσυσσωρεύονται και βιο-μεγενθύνονται κατά την πρόσληψη τους από την πανίδα. Τα μικροπλαστικά σωματίδια επιμένουν στους ζωντανούς ιστούς και διασκορπίζουν τα συστατικά τους: χημικές ουσίες, πρόσθετα, βαρέα μέταλλα και τοξίνες κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας (Yu et al. 2020a,b, Bosker et al. 2019, Jiang et al. 2019, Zhou et al. 2019) (Okeke et al. 2022).

Ένας μεγάλος όγκος έρευνας για τα μικροπλαστικά στοχεύει στην Κίνα, καθώς η παραγωγή πλαστικών αντιπροσωπεύει το 30% της παγκόσμιας παραγωγής (PlasticsEurope 2019). Οι Zhou et al. (2016) διεξήγαγαν την πρώτη έρευνα για τη συγκέντρωση και την κατανομή των μικροπλαστικών σε εγκαταλελειμμένες αλυκές στην ανατολική ακτή της Κίνας και η αφθονία των μικροπλαστικών παρατηρείται ότι είναι 734 είδη/kg (Zou et al. 2016). Το 2018, η μελέτη των μικροπλαστικών στο παράκτιο έδαφος της επαρχίας Shandong καταγράφει υψηλή αφθονία, που κυμαίνεται από 1,3 έως 14.712,5 αντικείμενα/kg (Zou et al. 2018). Αυτή η μελέτη υπογραμμίζει τον αντίκτυπο των τεχνητών δραστηριοτήτων στα μικροπλαστικά του εδάφους σε παράκτιες περιοχές, για παράδειγμα, τη θαλάσσια καλλιέργεια, τον τουρισμό και την κατασκευή λιμένων (Zhou et al. 2018). Εκτός από την παράκτια περιοχή, τα μικροπλαστικά είναι επίσης σε αφθονία στη βόρεια Κίνα, η οποία δέχεται μεγάλες ποσότητες μικροπλαστικών από το φιλμ σαπιάστρωσης, τα παρακείμενα πλαστικά απόβλητα και άλλες πηγές. Γενικά, η ακατάλληλη απόρριψη γεωργικών πλαστικών μεμβρανών μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση μικροπλαστικών και τα μικροπλαστικά που μοιάζουν με φιλμ θεωρούνται τυπική γεωργική πηγή (Y. Huang et al. 2020) (Yang et al. 2021). Η μικροπλαστική ρύπανση έχει λάβει αυξανόμενη προσοχή και έχει γίνει hotspot στον τομέα της οικολογικής και περιβαλλοντικής έρευνας (Li et al. 2020).

3.6.1 Μικροπλαστικά ως περιβαλλοντικός ρύπος

Η επιρροή των μικροπλαστικών πηγάζει από την πανταχού παρουσία τους, τα χημικά συστατικά, το μέγεθος και τις διαδραστικές τους ικανότητες με τους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες (Panigrahi et al. 2019). Τα μικροπλαστικά δρουν ως φορείς για χημικά συστατικά, βαρέα μέταλλα και προσκολλημένα μικρόβια. Τα μικροπλαστικά σωματίδια επιμένουν στους ζωντανούς ιστούς και διασκορπίζουν τα συστατικά τους: χημικές ουσίες, πρόσθετα, βαρέα μέταλλα και τοξίνες κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας (Yu et al. 2020a, b, Bosker et al. 2019, Jiang et al. 2019, Zhou et al. 2019) (Okeke et al. 2022).

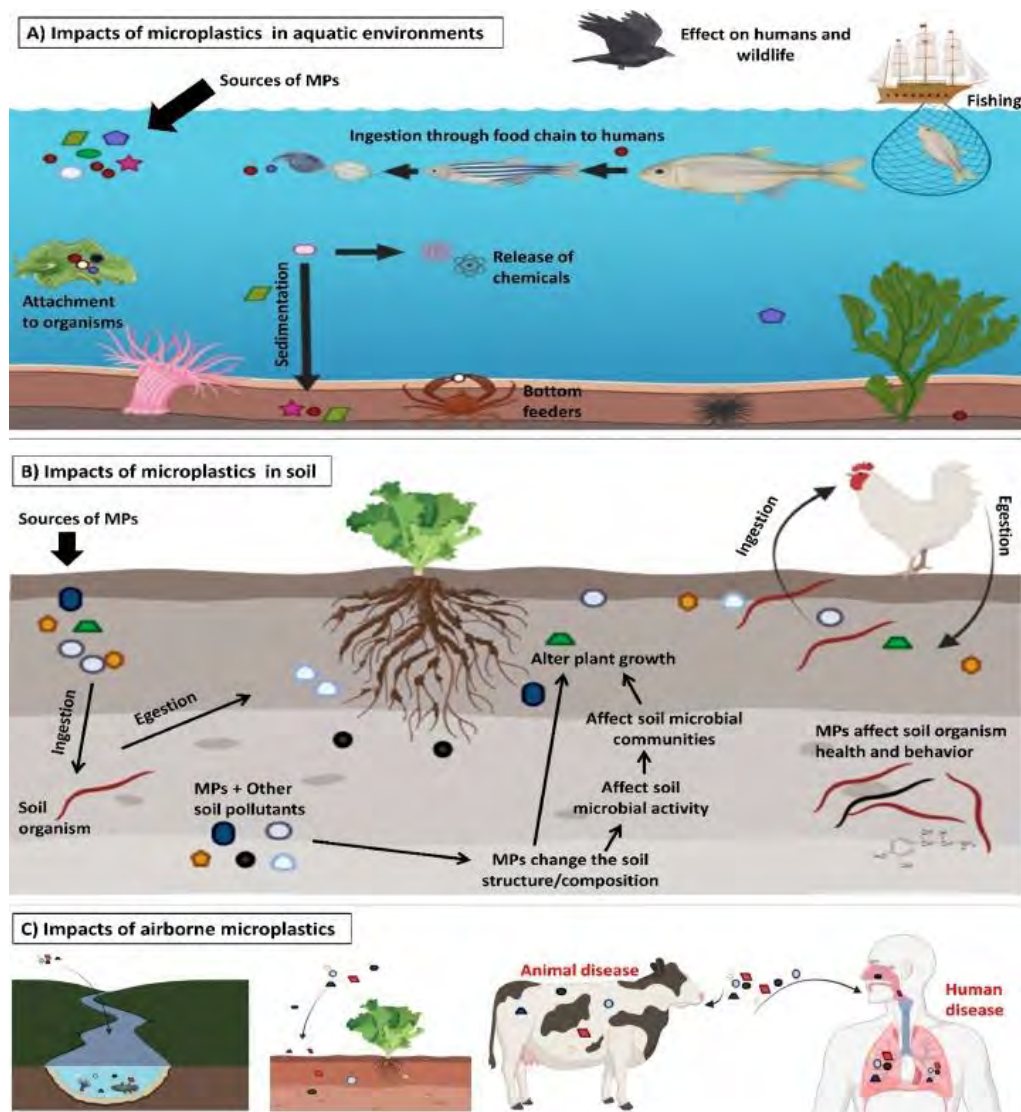
Η υδροφοβικότητα των οργανικών ρύπων είναι επίσης σημαντική για τον προσδιορισμό της προσρόφησής τους στα MPs (Hueffer and Hofmann, 2016) (Li et al. 2018). Πολλά πολυμερή που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στη βιοαποικοδόμηση, για παράδειγμα το πολυαιθυλένιο και το πολυστυρένιο (Gautam et al. 2007). Κοινά χαρακτηριστικά των πλαστικών που μπορούν να εμποδίσουν τη βιοαποικοδόμηση είναι το υψηλό μοριακό βάρος, η υδροφοβικότητα και η διασταυρούμενη χημική δομή (Gautam et al. 2007, Shah et al. 2008). Υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να συμβεί βιοαποικοδόμηση πολυμερών από ορισμένους οργανισμούς, για παράδειγμα βακτήρια, μύκητες και αλευροσκοούληκες (λόγω βακτηρίων του εντέρου) (Gu, 2003, Yang et al. 2015a, Yang et al. 2015b) (Horton et al. 2017).

Ωστόσο, όταν συμβαίνει βιοαποικοδόμηση, εξαρτάται από την έκθεση των πολυμερών σε αυτούς και σε άλλους συγκεκριμένους αποικοδομητικούς οργανισμούς που έχουν την ικανότητα να αποικοδομούν αυτά τα συγκεκριμένα πολυμερή, συνθήκες που μπορεί να μην συναντώνται απαραίτητα στο περιβάλλον. Πράγματι, έχει προταθεί ότι κανένα πολυμερές δεν μπορεί να βιοδιασπαστεί αποτελεσματικά σε χώρους υγειονομικής ταφής (Shah et al. 2008). Επομένως, εκτός από την αποτέφρωση, γίνεται κατανοητό ότι η συντριπτική πλειοψηφία του πλαστικού που έχει κατασκευαστεί, εξακολουθεί να υπάρχει στο περιβάλλον με κάποια μορφή (Barnes et al. 2009, Thompson et al. 2005). Αυτή η επιμονή είναι που καθιστά το πλαστικό διάχυτο ως περιβαλλοντικό ρύπο και είναι ο κύριος μοχλός που στηρίζει τις τρέχουσες ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές οικολογικές επιπτώσεις της αυξανόμενης επιβάρυνσης των πλαστικών υλικών που υπάρχουν στα οικοσυστήματα (Horton et al. 2017).

3.6.2 Μικροπλαστικά σε υδάτινα οικοσυστήματα

Οι ανησυχίες και οι μελέτες για την επίδραση των μικροπλαστικών στο υδάτινο οικοσύστημα πηγάζουν από το γεγονός ότι ένα υγιές υδάτινο περιβάλλον αποδίδει μια υγιή πηγή τροφής και παίζει σημαντικό ρόλο στην παροχή ποιοτικής τροφής/ενέργειας κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας. Το υδάτινο οικοσύστημα είναι ένα σημαντικό οικοσύστημα που διασυνδέεται με τα ατμοσφαιρικά και τα χερσαία οικοσυστήματα και διευκολύνει τις ανταλλαγές ουσιών (Tanaka and Takada 2016). Τα μικροπλαστικά αποτελέσματα στο υδάτινο περιβάλλον είναι από τα πιο μελετημένα και αναθεωρημένα θέματα σε σύγκριση με άλλα περιβάλλοντα. Οι λόγοι για αυτό θα μπορούσαν να είναι (α) το τεράστιο μέγεθος του παγκόσμιου υδατικού συστήματος, το οποίο αντιπροσωπεύει περίπου το 71% της επιφάνειας της γης, και (β) ο όγκος - περιέχει το 97% του

νερού της γης (Issac and Kandasubramanian 2021). Λόγω της σημασίας του νερού, τα εγγενή μικροπλαστικά μπορεί να αποτελούν σοβαρές απειλές για την υδρόβια πανίδα και χλωρίδα, η οποία μπορεί εύκολα να επεκταθεί στον άνθρωπο (Rodrigues et al. 2019) (Okeke et al. 2022). Σχεδόν 700 υδρόβια είδη στον κόσμο επηρεάστηκαν αρνητικά από την εισαγωγή μικροπλαστικών, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων χελωνών, των πιγκουίνων και άλλων καρκινοειδών (Marn et al. 2020). Ωστόσο, η δυσάρεστη κατάσταση λόγω του μικροπλαστικού υποτιμάται καθώς οι περισσότεροι πάσχοντες περνούν ανεξερεύνητοι στους απέραντους ωκεανούς (Pabortsava and Lampitt 2020) (Marn et al. 2020). Το **Σχ. 1 (Α)** (της Εικόνας 31) απεικονίζει την επίδραση του μικροπλαστικού στο υδάτινο περιβάλλον (Okeke et al. 2022). Το **Σχ. 1 (Β)** απεικονίζει την επίδραση των μικροπλαστικών στο εδαφικό περιβάλλον. Εκτός από τον άμεσο αντίκτυπο στο περιβάλλον, τα μικροπλαστικά αερολύματος επηρεάζουν έμμεσα τους ανθρώπους μολύνοντας τα πρωτεύοντα και ενδιάμεσα συστατικά της τροφικής αλυσίδας (όπως φαίνεται στο **Σχ. 1 (C)**) (Amato-Lourenco et al. 2020, Gasperi et al. 2018, Prata 2018) (Okeke et al. 2022). Στις παρακάτω ενότητες παρατίθενται αναλυτικότερα οι επιδράσεις των μικροπλαστικών τόσο σε εδαφικό περιβάλλον όσο και στις επιπτώσεις που προκαλούνται στον ανθρώπινο οργανισμό.



Εικόνα 31: Επιπτώσεις μικροπλαστικών σε διαφορετικά αγροοικοσυστήματα. Το μικρό μέγεθος των μικροπλαστικών βοηθά στην ευκολία κατάποσης από τους οργανισμούς στα χαμηλότερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας. Οι επιπτώσεις

τους είναι σημαντικές στα συστατικά του αγροοικοσυστήματος, από τους πρωτογενείς παραγωγούς, τους βασικούς καταναλωτές, τους κύριους καταναλωτές και ακόμη και τους αποικοδομητές κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας¹¹¹.

3.6.3 Μικροπλαστικά σε χερσαία οικοσυστήματα

Σε σύγκριση με τον ωκεανό, το χερσαίο περιβάλλον είναι πιο σημαντικός «βυθός» για τα μικροπλαστικά. Υπολογίζεται ότι τα ετήσια πλαστικά που απελευθερώνονταν στη στεριά ήταν 4-23 φορές υψηλότερα από αυτά που απελευθερώθηκαν στους ωκεανούς (Horton et al. 2017). Ωστόσο, η μικροπλαστική ρύπανση στα εδάφη έχει παραβλεφθεί σε μεγάλο βαθμό. Ένας βασικός λόγος πιστεύεται ότι είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει ακόμη διαθέσιμη μια κατάλληλη αναλυτική μέθοδος για μικροπλαστικά σε εδάφη (Rillig 2012, Scheurer and Bigalke 2018) (Li et al. 2020). Οι χερσαίες πηγές μικροπλαστικών περιλαμβάνουν γεωργικά φύλλα πολυαιθυλενίου που θρυμματίζονται από τις καιρικές συνθήκες, βιοστερεά και λάσπη λυμάτων από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και γκρίζο νερό από το πλύσιμο των ρούχων από συνθετικές ίνες ¹¹², υλικά που χρησιμοποιούνται σε θερμοκήπια, εργαλεία άρδευσης (Bläsing and Amelung 2018), κομπόστ (Bradney et al. 2019), αστικά στερεά απόβλητα (Galafassi et al. 2019), φθορά ελαστικών (Kumar et al. 2020) και ατμοσφαιρικές εισροές (Dris et al. 2016). Υπολογίζεται ότι 63.000 έως 430.000 τόνοι μικροπλαστικών απελευθερώνονται ετησίως σε γεωργικές εκτάσεις στην Ευρώπη, ενώ 44.000 έως 300.000 τόνοι απελευθερώνονται σε γεωργικές εκτάσεις στη Βόρεια Αμερική μέσω της ιλύος λυμάτων (Nizzetto et al. 2016) (Dissanayake et al. 2022).

Τα λύματα που εισέρχονται στα δημοτικά συστήματα επεξεργασίας έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε μικροΐνες από κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, μικροπλαστικά από προϊόντα προσωπικής φροντίδας και υποβαθμισμένα καταναλωτικά προϊόντα. Μεταξύ 80 και 90 τοις εκατό των μικροπλαστικών που εισέρχονται σε συστήματα επεξεργασίας παραμένουν σε υπολειμματική ιλύ λυμάτων. Αυτή η λάσπη χρησιμοποιείται συχνά ως λίπασμα στη γεωργία, με αποτέλεσμα το πλαστικό να εναποτίθεται σε γεωργικά χωράφια όπου μπορεί να παραμείνει για μεγάλα χρονικά διαστήματα ή να ξεπλυθεί στα ποτάμια και στη θάλασσα. Με βάση μια πρόσφατη μελέτη, τα μικροπλαστικά μπορούν να παραμείνουν στα εδάφη για περισσότερα από 100 χρόνια, λόγω χαμηλού φωτισμού και συνθηκών οξυγόνου ¹¹³.

Σε αρόσιμες εκτάσεις κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση εφαρμόζονται, μεταξύ 4 και 5 εκατομμυρίων τόνων ξηρού βάρους λυματολάσσης (Cieslik et al. 2015, Willén et al. 2016), αν και τα ποσοστά εφαρμογής ποικίλλουν πολύ μεταξύ των χωρών (Nizzetto et al. 2016β). Παρά τους κανονισμούς για επιβλαβείς ουσίες μέσα στη λάσπη που εφαρμόζονται στη γη, τα μικροπλαστικά δεν λαμβάνονται ακόμη υπόψη από αυτούς και επομένως η μάζα των μικροπλαστικών που εφαρμόζονται ακούσια στη γη ετησίως μπορεί να υπερβαίνει τους 400.000 τόνους – υψηλότερη από τη μάζα που εκτιμάται σήμερα ότι υπάρχει στα επιφανειακά ύδατα των ωκεανών παγκοσμίως (Nizzetto et al. 2016b). Οι Zubris και Richards (2005) βρήκαν ότι τα εδάφη με γνωστό ιστορικό εφαρμογής λυματολάσσης περιείχαν σημαντικά υψηλότερες συγκεντρώσεις συνθετικών μικροΐνων από τα εδάφη που δεν είχαν λάβει ιλύ λυμάτων. Σε ορισμένες τοποθεσίες πεδίου, συνθετικές μικροΐνες βρέθηκαν 15 χρόνια μετά την τελευταία εφαρμογή λάσσης (Zubris and Richards 2005). Αυτό υποδηλώνει ότι τα μικροπλαστικά και οι συνθετικές ίνες είναι πιθανό να συσσωρεύονται στα εδάφη μετά από επαναλαμβανόμενες εφαρμογές ιλύος (Horton et al. 2017).

¹¹¹ <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S092134492100570X-gr1.jpg>

¹¹² <https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>

¹¹³ <https://www.iucn.org/story/202207/plastic-pollution-crisis>

Λόγω του μικρού μεγέθους των πρωτογενών μικροπλαστικών είναι απίθανο να αφαιρεθούν με: κοσκίνισμα υπολειμμάτων, με χονδρόκοκκα κόσκινα που συγκρατούν σωματίδια > 10 mm και ακόμη και τα λεπτότερα κόσκινα που συγκρατούν σωματίδια > 1,5 mm (Fendall and Sewell 2009). Ένας σημαντικός παράγοντας πρόβλεψης του μικροπλαστικού διαχωρισμού στην επεξεργασία λυμάτων θα είναι η πυκνότητα σωματιδίων, με πυκνά σωματίδια να καθιζάνουν στη λάσπη και σωματίδια άνωσης που επιπλέουν στα λύματα. Η απομάκρυνση χονδροειδών συντριμμιών με φυσικά πλέγματα, λιμνοθάλασσες πρωτοβάθμιας καθίζησης και αερόβια οξείδωση είναι κοινά σε πολλές μονάδες επεξεργασίας, πρόσθετες λιμνοθάλασσες καθίζησης και τριτογενείς επεξεργασίες. Τα πλαστικά υλικά γενικά δεν θα αποικοδομηθούν σε κανένα σημείο κατά τη διάρκεια της διεργασίας και κατά συνέπεια, οποιοδήποτε πλαστικό που δεν αφαιρείται για απόρριψη κατά τα αρχικά στάδια φιλτραρίσματος θα παραμείνει στα στερεά ή στα απόβλητα μετά την επεξεργασία. Πολλά μικροπλαστικά από έργα επεξεργασίας λυμάτων θα απελευθερωθούν τελικά απευθείας στο περιβάλλον στα λύματα ή μέσω της εφαρμογής λάσπης στη γη. Άλλες μέθοδοι απόρριψης της λάσπης περιλαμβάνουν την υγειονομική ταφή, την αποτέφρωση και ακόμη και την παραγωγή τσιμέντου για χρήση στις κατασκευές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα πλαστικά σωματίδια είναι πιθανό να περιέχονται καλά και είναι απίθανο να διαρρεύσουν στο περιβάλλον (Browne et al. 2011, Cieślik et al. 2015, Dubaish and Liebezeit, 2013, Rillig 2012, Zubris and Richards 2005) (Horton et al. 2017).

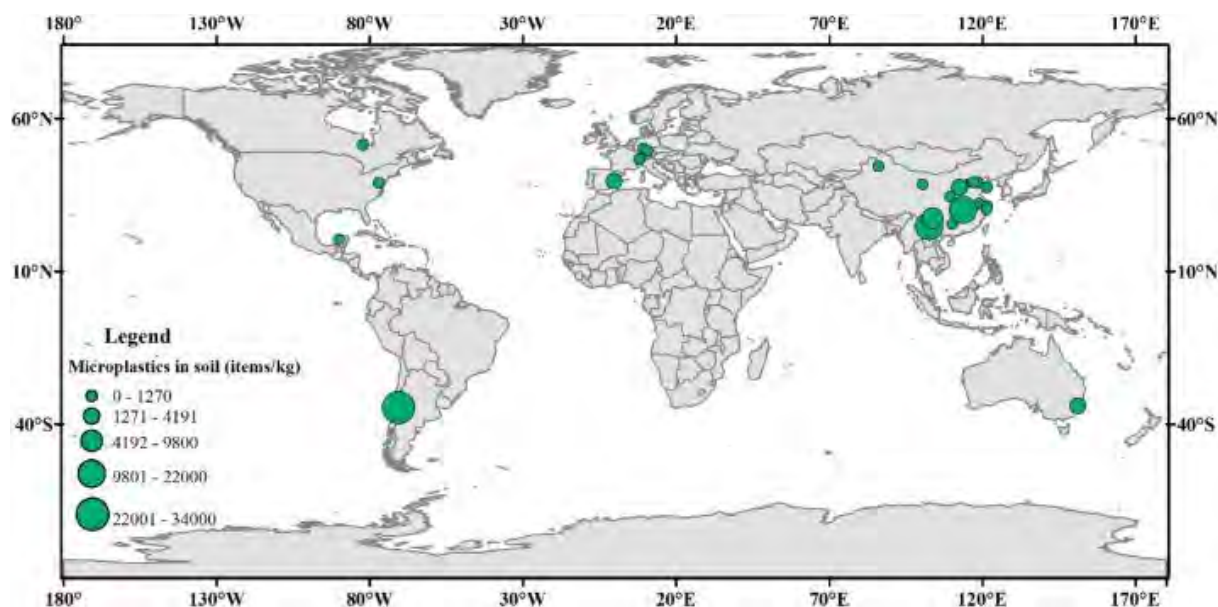
Μια πρόσφατη μελέτη παρατήρησε μικροσφαιρίδια που προέρχονται από καλλυντικά προϊόντα σε εισροές και λύματα επεξεργασίας λυμάτων σε 7 εργοστάσια αποκατάστασης λυμάτων στην Καλιφόρνια, στα οποία τα λύματα επεξεργάζονταν για επαναχρησιμοποίηση με τριτοβάθμια επεξεργασία. Οι διεργασίες επεξεργασίας σε αυτές τις εγκαταστάσεις είχαν ως αποτέλεσμα την πλήρη απομάκρυνση των μικροσωματιδίων (45–400 μm) από τις εκροές νερού, κατόπιν ως αποτέλεσμα της τριτοβάθμιας επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένων των διεργασιών επιφανειακής απολέπισης, καθίζησης λάσπης και μικροδιήθησης (Carr et al. 2016). Παρά τη σημαντική απομάκρυνση σωματιδίων από επεξεργασμένα λύματα, δεδομένων των μεγάλων όγκων που διέρχονται από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, το υπόλοιπο 5% ή και λιγότερο των μικροπλαστικών που δεν φιλτράρονται, πιθανότατα θα αντιπροσωπεύουν μεγάλο αριθμό και μάζα που εισέρχεται στο περιβάλλον (Murphy et al. 2016, Ziajahromi et al. 2016). Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτά τα αποτελέσματα βασίζονται σε αποτελεσματικές διαδικασίες επεξεργασίας λυμάτων τρέχουσας παραγωγής που μπορεί να μην είναι ευρέως διαθέσιμες ή να μην χρησιμοποιούνται παγκοσμίως. Σε πολλές χώρες, τα μη επεξεργασμένα λύματα εισάγονται απευθείας στα υδάτινα ρεύματα χωρίς επεξεργασία (Duis and Coors 2016, Hammer et al. 2012). Όπου δεν είναι διαθέσιμες οι πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις, αυτές οι εκτιμήσεις ενδέχεται να υπολείπονται έως και 100 φορές κατά τόπους (Horton et al. 2017).

Παρά τη γνώση ότι τα μικροπλαστικά (και μάλιστα πλαστικά όλων των μεγεθών) είναι επίσης ευρέως διαδεδομένα σε χερσαία περιβάλλοντα ως αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων, υπάρχει έλλειψη μελετών που δεν έχουν ποσοτικοποιήσει τα μικροπλαστικά σε χερσαία περιβάλλοντα. Στην πραγματικότητα, πολλές από τις υπάρχουσες πληροφορίες σχετικά με την περιβαλλοντική παρουσία μικροπλαστικών θεωρούν τα χερσαία και γλυκά νερά περιβάλλοντα μόνο ως πηγές και μονοπάτια μεταφοράς μικροπλαστικών στους ωκεανούς. Ωστόσο, δεδομένου ότι η πλειονότητα όλων των πλαστικών θα χρησιμοποιηθεί και θα απορριφθεί στην ξηρά, τόσο τα χερσαία όσο και τα γειτονικά περιβάλλοντα γλυκού νερού θα υπόκεινται σε εκτεταμένη ρύπανση από πλαστικά όλων των μεγεθών, με βάση μεγάλες ποσότητες ανθρωπογενών απορριμμάτων και από τα δύο σημεία (π.χ. λύματα απόρριψη επεξεργασίας, λάσπη λυμάτων) και διάχυτες πηγές (π.χ. γενική ρύπανση). Ως εκ τούτου, είναι πολύ πιθανό τα εδάφη να λειτουργήσουν μακροπρόθεσμα ως καταβόθρες για μικροπλαστικά υπολείμματα (Rillig, 2012, Zubris and Richards, 2005). Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τους ρυθμούς απελευθέρωσης, τη μοίρα και τη μεταφορά μικροπλαστικών που εισέρχονται σε χερσαία συστήματα καθώς και σε συστήματα γλυκού νερού,

προκειμένου να καταστεί δυνατή η αξιολόγηση των κινδύνων και των κινδύνων που ενέχουν τα μικροπλαστικά, και μάλιστα τα πλαστικά γενικά, στα οικοσυστήματα (Horton et al. 2017).

3.6.4 Μεταφορά μικροπλαστικών στα εδάφη

Αν και δεν έχουν διεξαχθεί εκτενώς τα προγράμματα έρευνας πεδίου για την εμφάνιση και την κατανομή μικροπλαστικών στα εδάφη, τα διαθέσιμα δεδομένα αποκαλύπτουν ότι η ρύπανση των μικροπλαστικών συμβαίνει πράγματι σε εδαφικές μήτρες παγκοσμίως (Wang et al. 2020). Τα μικροπλαστικά έχουν καταγραφεί στο έδαφος σε παγκόσμια κλίμακα, συμπεριλαμβανομένης της Ασίας, της Ευρώπης, της Βόρειας Αμερικής, της Αφρικής και της Ωκεανίας (Εικ. 32). Τα σχήματα των μικροπλαστικών που παρατηρούνται ταξινομούνται γενικά σε σφαιρίδιο/σφαιρίδιο, θραύσμα/φύλλο, αφρό, ίνα/γραμμή και φιλμ (Xu et al. 2020, Yang et al. 2021). Το σχήμα των μικροπλαστικών στο έδαφος καταγράφεται σε 22 αναθεωρημένες μελέτες. Τα θραύσματα και οι ίνες αποτελούν το συντριπτικό ποσοστό στην πλειονότητα των μελετών. Τα μικροπλαστικά με μικρά μεγέθη σωματιδίων (λιγότερο από 1 mm) έχουν παρατηρηθεί ευρέως σε εδαφικά περιβάλλοντα. Τα μικροπλαστικά μεγέθους μικρότερου από 0,5 mm αντιπροσωπεύουν το 99,8% των σωματιδίων κατ' αριθμό στο έδαφος ενός προαστίου της πόλης Wuhan (Zhou et al. 2019). Η αφθονία των μικροπλαστικών ποικίλλει από σχεδόν καθόλου έως 10.000/kg σε διαφορετικά δείγματα. Στο έδαφος καλλιεργειών και βοσκοτόπων που συλλέγονται από την Περιφέρεια Metropolitana της Χιλής, οι μέσες συγκεντρώσεις μικροπλαστικών είναι 306 ± 360 και 184 ± 266 είδη/kg, αντίστοιχα (Corradini et al. 2021)(Yang et al. 2021).

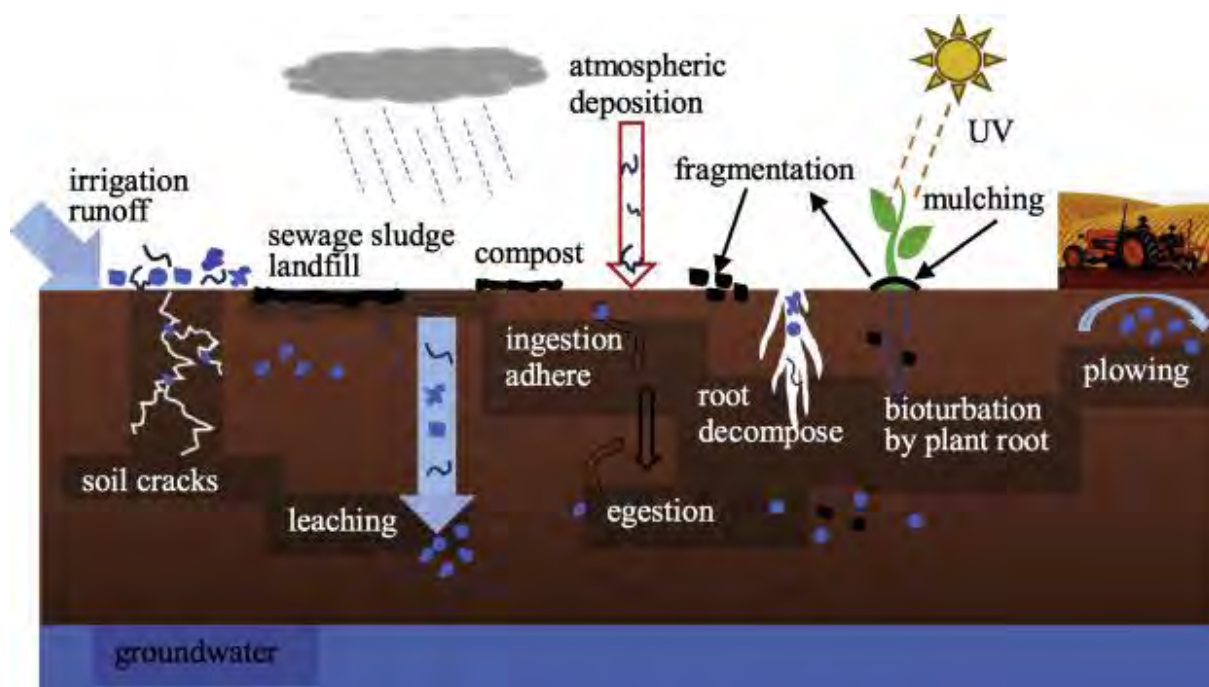


Εικόνα 32: Παγκόσμιες τοποθεσίες δειγματοληψίας και συγκεντρώσεις ρύπανσης μικροπλαστικών στο έδαφος που δημοσιεύθηκαν έως τον Σεπτέμβριο του 2020 (με βάση 29 μελέτες)¹¹⁴.

Η αναγνώριση των μικροπλαστικών έχει μεγάλη σημασία για τον εντοπισμό της πηγής της ρύπανσης. Οι συνήθεις τύποι πολυμερών που καταγράφονται στο έδαφος είναι το **πολυαιθυλένιο**

¹¹⁴ <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0048969721016144-gr3.jpg>

(PE), το πολυπροπυλένιο (PP), το πολυαμίδιο (PA), το πολυστυρένιο (PS), το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και ο πολυεστέρας (PET). Το PE και το PP είναι οι τύποι πολυμερών που απαντώνται συχνότερα στο έδαφος (Yang *et al.* 2021). Η επικάλυψη πλαστικού φιλμ, η υγειονομική ταφή λυματολάσπης, η εφαρμογή κομπόστ, η άρδευση και η πλημμύρα λυμάτων, τα υπολείμματα των ελαστικών αυτοκινήτων και η ατμοσφαιρική εναπόθεση θεωρήθηκαν ως οι κύριοι συνεισφέροντες των μικροπλαστικών σε εδαφικά περιβάλλοντα (Εικόνα 33). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 33 οι συμπεριφορές μεταφοράς μικροπλαστικών στο έδαφος είναι πολύπλοκες (Li *et al.* 2020).



Εικόνα 9: Πηγές και μεταφορά μικροπλαστικών στα εδάφη¹¹⁵.

Η εφαρμογή **λυματολάσπης** και **λυμάτων** οδηγεί στην εμφάνιση μικροπλαστικής ρύπανσης και τα μικροπλαστικά μπορούν να συσσωρευτούν στο έδαφος με επαναλαμβανόμενη χρήση ιλύος (Xu *et al.* 2019). Οι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων λαμβάνουν μικροπλαστικά από λύματα σε πολλαπλές οδούς (Gao *et al.* 2020). Μικροσφαιρίδια που προέρχονται από τη χρήση προϊόντων ατομικού καθαρισμού και περιποίησης μαζί με ίνες πολυμερούς που απελευθερώνονται από το πλύσιμο υφασμάτων, καθώς και πλαστική κύρια παρτίδα που διέρρευσε από το εργοστάσιο επεξεργασίας πλαστικών και μικροπλαστικά που προέρχονται από ελαστικά αυτοκινήτων μεταφέρονται στα λύματα. Αυτά τα μικροπλαστικά ρέουν και καθιζάνουν στη διαδικασία επεξεργασίας λυμάτων. Ένα μέρος τους απορρίπτεται από το αποχετευτικό σύστημα, ενώ τα περισσότερα από τα μικροπλαστικά διαχωρίζονται μέσω της διαδικασίας καθίζησης της επεξεργασίας των λυμάτων και τελικά παρασύρονται στη λυματολάσπη (Gao *et al.* 2020). Παρά το γεγονός ότι περίπου το 90% των μικροπλαστικών σωματιδίων εξαλείφονται από τα επεξεργασμένα λύματα, τα υπολειμματικά σωματίδια θα εξακολουθούν να είναι υψηλά λόγω του υψηλού εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Ως τελικό προϊόν των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων, η λυματολάσπη είναι πλούσια σε οργανική ύλη και ιχνοστοιχεία, επομένως χρησιμοποιείται συνήθως ως λίπασμα και εφαρμόζεται σε γεωργικές εκτάσεις. Περίπου το 50% της ιλύος καθαρισμού λυμάτων χρησιμοποιείται για γεωργικούς σκοπούς,

¹¹⁵ <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0269749119335882-gr1.jpg>

ενώ στη Φινλανδία και την Ιρλανδία, έως και το 72% της ιλύος τοποθετείται σε γεωργικές εκτάσεις (Blasing and Amelung, 2018). Επιπλέον, μέρος της λάσπης απορρίπτεται ακατάλληλα, γεγονός που μπορεί επίσης να επιδεινώσει τη μικροπλαστική ρύπανση του εδάφους (Yang et al. 2021).

Η τροποποίηση του εδάφους με **κομπόστ** μπορεί επίσης να προσφέρει μια οδό για να φτάσουν τα μικροπλαστικά στο έδαφος. Γενικά, τα οργανικά απόβλητα εφαρμόζονται σε γεωργικές εκτάσεις ως θρεπτικά συστατικά αφού κομποστοποιηθούν και ζυμωθούν για να πραγματοποιηθεί η επαναχρησιμοποίηση θρεπτικών ουσιών, ιχνοστοιχείων και χούμου. Είναι καταρχήν μια φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος γεωργικής παραγωγής. Ωστόσο, έχει υποδειχθεί ότι τα κομπόστ από βιολογικά απόβλητα, ειδικότερα, περιέχουν πλαστικά ως αποτέλεσμα ακατάλληλης διάθεσης και ανεπαρκούς ταξινόμησης των απορριμμάτων (Blasing and Amelung 2018) (Yang et al. 2021).

Αποτελούμενο από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και πολυαιθυλένιο (PE), το **φιλμ από σάπια πλαστικά φύλλα** έχει γίνει μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στην παγκόσμια αγροτική παραγωγή λόγω των αξιοσημείωτων οικονομικών πλεονεκτημάτων του, όπως μεγαλύτερη συγκομιδή, βελτιωμένη ποιότητα καρπών και βελτιωμένη απόδοση χρήσης του νερού. Η παγκόσμια αγορά γεωργικών πλαστικών μεμβρανών είναι 4 εκατομμύρια τόνοι το 2016 και αναμένεται να αυξηθεί με ετήσιο ρυθμό 5,6 έως το 2030 (Y.Huang et al. 2020). Περίπου 20 εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργήσιμης γης σε όλο τον κόσμο καλύπτονται με σάπια πλαστικά φύλλα, εκ των οποίων η Κίνα αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου το 90%). Η αφαίρεση όλης της μεμβράνης εδαφοκάλυψης από τις γεωργικές εκτάσεις είναι εντατικής εργασίας και χρονοβόρα, επομένως, οι μεμβράνες ή μέρη τους συχνά αφήνονται στη γεωργική γη σκόπιμα ή ακούσια. Μια μεγάλη ποικιλία και εύρος μικροπλαστικών υπολειμμάτων είναι διαθέσιμα στο περιβάλλον του εδάφους λόγω της υπερανάπτυξης των πλαστικών και των απρογραμμάτιστων ή ανεπαρκών μέτρων διαχείρισης (Akdogan and Guven 2019, Kumar et al. 2020) (Yang et al. 2021).

Παρόμοια με τα υδάτινα περιβάλλοντα, τα μικροπλαστικά μπορούν να προέρχονται στο έδαφος από μεγάλη ποσότητα πλαστικών απορριμμάτων (Blasing and Amelung 2018, Wong et al. 2020). Τα πλαστικά σκουπίδια με κακή διαχείριση είναι συνήθως διασκορπισμένα κοντά σε δρόμους, στο έδαφος ή παράνομες τοποθεσίες απόρριψης (K. Zhang et al. 2018). Ωστόσο, καμία μελέτη δεν έχει ποσοτικοποιήσει μέχρι στιγμής την ποσότητα μικροπλαστικού που φτάνει στο έδαφος μέσω απορριμμάτων ή παράνομης απόρριψης. Ο τρόπος με τον οποίο αυτά τα μικροπλαστικά εισέρχονται στο έδαφος μπορεί να είναι μέσω του ανέμου, της απορροής του δρόμου και των πλημμυρών. Ωστόσο, προς το παρόν δεν υπάρχει ποσοτική μελέτη για τα μικροπλαστικά που μετατρέπονται στο έδαφος από την παράνομη απόρριψη σκουπιδιών (Yang et al. 2021).

Πρόσφατοι ερευνητές έχουν εντοπίσει μικροπλαστικά τόσο στο επιφανειακό έδαφος όσο και στο βαθύ έδαφος. Αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι τα μικροπλαστικά θα μπορούσαν να κινηθούν κάθετα στα εδάφη. Το έδαφος είναι ένα πορώδες μέσο με μακροπόρους και μεσοπόρους στην περιοχή μm (Blasing and Amelung, 2018), το οποίο καθιστά δυνατή τη μετανάστευση διαλυμένων χημικών ουσιών ή μικρών σωματιδίων στα εδάφη. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι τα μικρά σωματίδια μπορούν να μεταφερθούν κατά μήκος των πόρων του εδάφους μέσω της έκπλυσης (Li et al. 2020).

Οι Rillig et al. (2017) παρατήρησαν ότι τα μικροπλαστικά θα μπορούσαν να κολλήσουν στους γαιοσκώληκες. Έτσι, υπέθεσαν ότι η προσκόλληση στο εξωτερικό του γαιοσκώληκα ήταν ένας πιθανός μηχανισμός μεταφοράς. Οι Huerta Lwanga et al. (2017) επίσης, αποδείχθηκε ότι ο γαιοσκώληκας μπορεί να συμβάλει στην κίνηση των μικροπλαστικών στα εδάφη, αλλά απέδωσαν αυτόν τον μηχανισμό στην κατάποση/έκκριση από τους γαιοσκώληκες. Η βιοστροβιλοποίηση από τις ρίζες των φυτών (π.χ. μετακίνηση ριζών, επέκταση ριζών, εξαγωγή νερού από τις ρίζες) έχει σημαντικό αντίκτυπο στη μεταφορά σωματιδίων του εδάφους (Gabet et al. 2003). Ομοίως, η μεταφορά μικροπλαστικών θα μπορούσε επίσης να επηρεαστεί από τις ρίζες των φυτών (Li et al. 2020).

Επιπλέον, όταν η ρίζα αποσυντίθεται, αφήνει μακροπόρους περίπου στο μέγεθος της ρίζας, γεγονός που θα διευκολύνει τη μεταφορά μικροπλαστικών στα εδάφη. Ωστόσο, αυτό είναι απλώς ένα συμπέρασμα και θα πρέπει να διεξαχθούν μελλοντικές μελέτες για να αποκαλυφθούν οι επιπτώσεις της ρίζας του φυτού στη μεταφορά μικροπλαστικών. Η γεωργική δραστηριότητα όπως το όργωμα θα επιφέρει αναστροφή του επιφανειακού εδάφους και του υπόγειου εδάφους (Rillig et al. 2017a). Επιπλέον, η συγκομιδή ριζώματος (π.χ. πατάτες, καρότα) μπορεί επίσης να διευκολύνει την καθοδική κίνηση των μικροπλαστικών. Τέλος, είναι γνωστό ότι το ξηρό κλίμα θα οδηγήσει στην εμφάνιση εδαφικών ρωγμών, οι οποίες θα μπορούσαν να ανοίξουν εισόδους για να φτάσουν τα μικροπλαστικά σε βαθιά εδάφη. Μια πρόσφατη μελέτη απέδειξε ότι οι κύκλοι υγρού-ξηρού θα μπορούσαν να επιταχύνουν την καθοδική κίνηση των μικροπλαστικών (O'Connor et al. 2019). Αναμφίβολα, οι προαναφερθείσες εξωτερικές δυνάμεις μπορούν επίσης να προωθήσουν τη μεταφορά μικρών μικροπλαστικών σωματιδίων (Li et al. 2020).

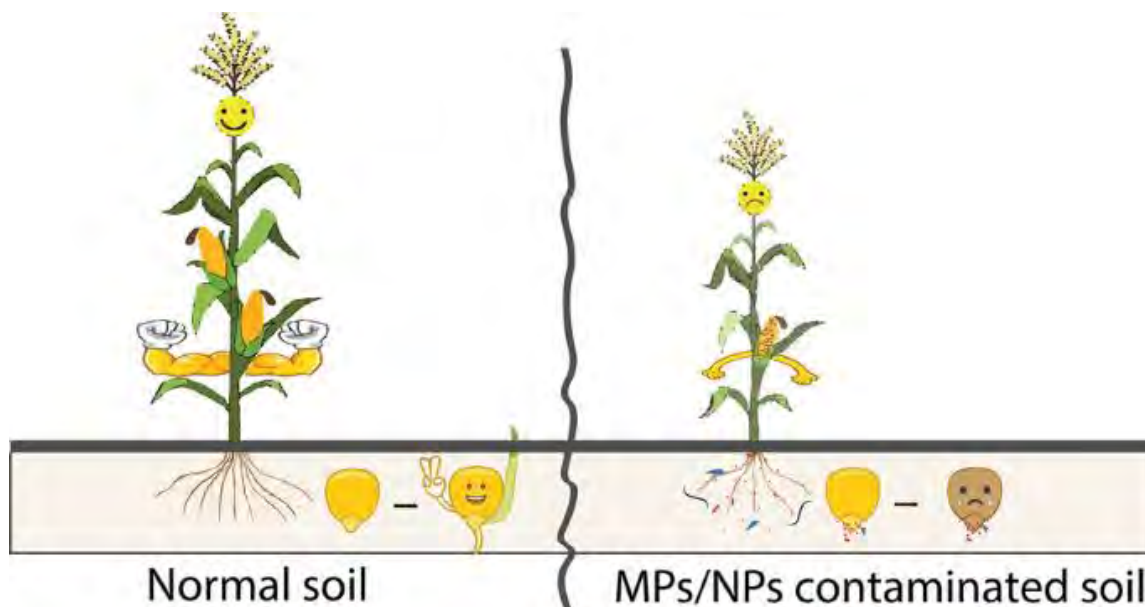
Τα μικροπλαστικά (MP) καταγράφονται για την τροποποίηση των χαρακτηριστικών του εδάφους, όπως η χύδη πυκνότητα, η ικανότητα συγκράτησης νερού και οι δομές του εδάφους (Kumari et al. 2022). Η κίνηση των μικροπλαστικών στα εδάφη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητές τους (π.χ. μέγεθος, σχήμα, πυκνότητα). Προς το παρόν, το σχήματα των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων μικροπλαστικών σε σχετικά πειράματα ήταν σφαίρα και σωματίδια (Zhuang et al. 2005, Treumann et al. 2014, Huerta Lwanga et al. 2017a, Rillig et al. 2017b). Αυτές οι μελέτες έδειξαν ότι τα μικροπλαστικά με τα δύο σχήματα μπορούσαν εύκολα να μετακινηθούν σε βαθιά εδάφη. Οι Rillig et al. (2017a) υπέθεσε ότι άλλα σχήματα (π.χ. ίνα και φιλμ) θα συμπεριφέρονταν διαφορετικά. Μια πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι οι μικροΐνες θα μπορούσαν να τους βοηθήσουν να μπερδέψουν τα σωματίδια του εδάφους πιο αποτελεσματικά για να σχηματίσουν σβόλους (Zang et al. 2019). Οι επιπτώσεις του τύπου και της επιφανειακής δομής των μικροπλαστικών στη μετανάστευση και τη συγκράτηση τους στο έδαφος απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση (Li et al. 2020).

3.6.5 Μικροπλαστικά στα φυτά

Την τελευταία δεκαετία, οι επιστήμονες των φυτών έχουν αρχίσει να ερευνούν τους μηχανισμούς πρόσληψης και μετατόπισης MP στα φυτά. Έχει αποδειχθεί ότι τα MPs διαπερνούν τους σπόρους, τις ρίζες, τους μίσχους, τα φύλλα, τους καρπούς και τα φυτικά κύτταρα, αλλά μόνο σε κάποιο βαθμό και ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο τους (Dietz et al. 2011). Συνήθως, θεωρείται ότι τα φυτά

είναι απίθανο να μπορούν να απορροφήσουν MPs λόγω του υψηλού μοριακού τους βάρους και του μεγάλου μεγέθους τους, που τα εμποδίζει να διεισδύσουν στα πλούσια σε κυτταρίνη κυτταρικά τοιχώματα των φυτών. Ωστόσο, η πρόσληψή τους έχει αναφερθεί όταν αναλύονται στις νανομορφές τους (Wang et al. 2021, Li et al. 2020). Έτσι, τα νανοπλαστικά (NPs) μπορούν να βρουν το δρόμο τους για να εισέλθουν στα φυτικά κύτταρα. Επιπλέον, ορισμένα κατασκευασμένα νανοϋλικά (ENMs), συμπεριλαμβανομένων των μετάλλων, των οξειδίων και των αλλοτροπών του άνθρακα, έχει αποδειχθεί ότι εισέρχονται στα φυτά μέσω των ριζών και διασκορπίζονται σε διάφορους φυτικούς ιστούς, υποδηλώνοντας σημαντική πιθανότητα πρόσληψης NPs από τα φυτά (Wang et al. 2021)(Kumari et al. 2022)(Εικόνα 34).

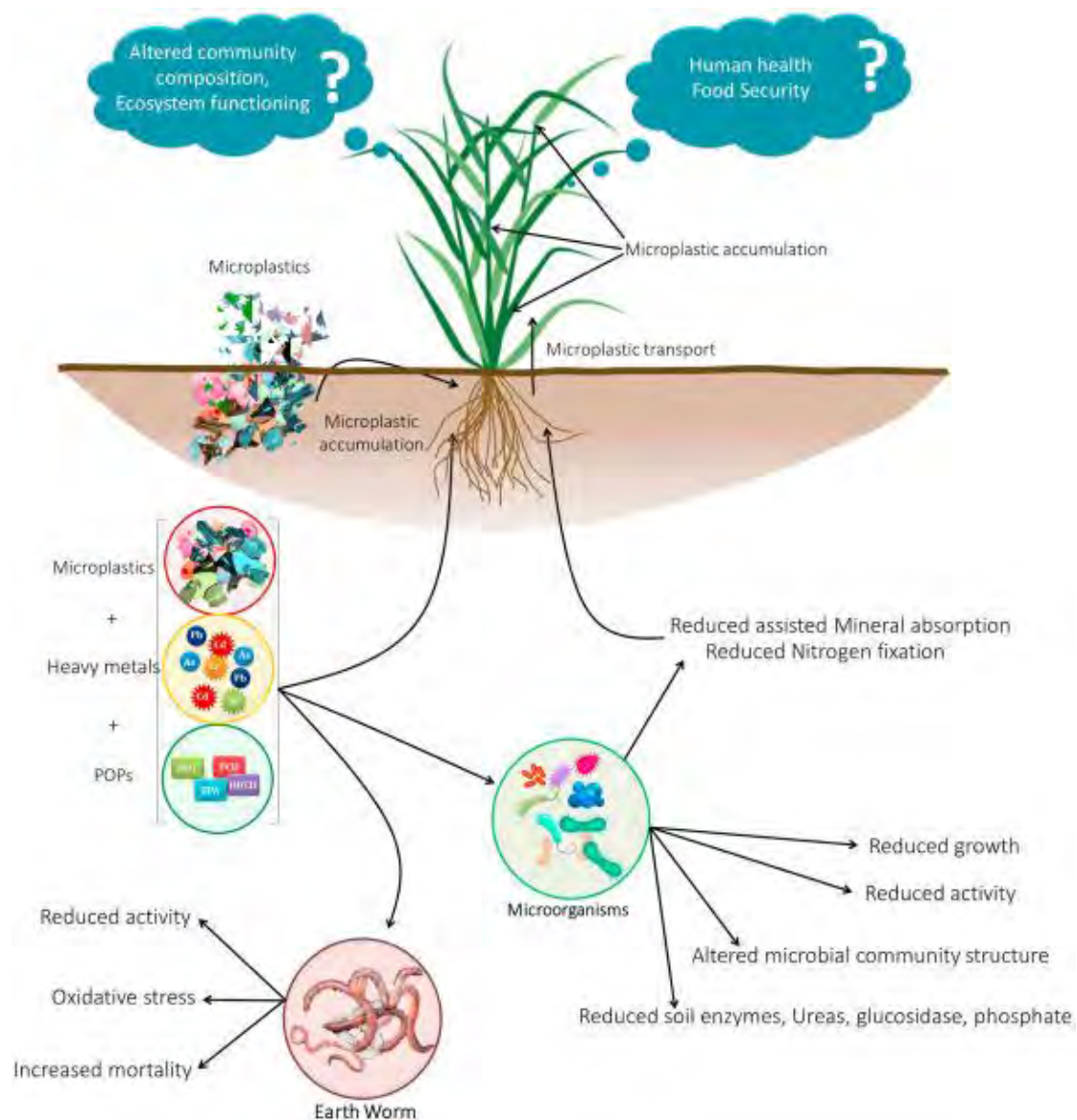
Πρόσφατα, μια μελέτη των de Souza Machado et al. (2019) επιβεβαιώνει ότι η προσθήκη μικροπλαστικών θα αλλάξει τις φυσικές παραμέτρους του εδάφους, επηρεάζοντας έτσι την υδροδυναμική και τη μικροβιακή δραστηριότητα και οι επιδράσεις των μικροπλαστικών στο έδαφος εξαρτώνται από το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων μικροπλαστικών. Οι de Souza Machado et al. (2019) διαπιστώνουν ότι μετά την προσθήκη πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (PEHD), πολυεστέρα (PES), PET, PP και PS, η χύδην πυκνότητα του εδάφους μειώνεται, ενώ η πυκνότητα του εδάφους δείχνει μια αυξητική τάση στη ριζόσφαιρα (de Souza Machado et al. 2019). Τα χαρακτηριστικά των ριζών των φυτών, τα χαρακτηριστικά των φύλλων των φυτών και η συνολική βιομάζα έχουν επίσης αλλοιωθεί και το PS προκαλεί σημαντική αύξηση στη βιομάζα των ριζών, ενώ τα αποτελέσματα που παρατηρούνται σε φυτά που εκτίθενται σε PEHD, PET και PP μειώνονται (de Souza Machado et al. 2019). Οι Qi et al. (2018) αποδεικνύουν ότι τα μακροσκοπικά και μικροσκοπικά υπολείμματα πολυαιθυλενίου και το βιοαποικοδομήσιμο φιλμ από σάπια φύλλα έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο σιτάρι κατά τη διατροφή και την αναπαραγωγική ανάπτυξη (Qi et al. 2018). Ωστόσο, μια μελέτη των de Souza Machado et al. (2019) δείχνει ότι η βιομάζα της ρίζας έχει μεγαλύτερη παρουσία HDPE (Yang et al. 2021).



Εικόνα 34: Απεικόνιση φυτού με υγιές έδαφος (αριστερά) και με μολυσμένο έδαφος από μικροπλαστικά και νανοπλαστικά (δεξιά)¹¹⁶.

¹¹⁶ https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs10661-022-10654-z/MediaObjects/10661_2022_10654_Figa_HTML.png?as=webp

Η ανάπτυξη των φυτών και η ανάπτυξη των ριζών εξαρτώνται σημαντικά από τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών στο έδαφος. Οι μικροοργανισμοί διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στον κύκλο των κύριων θρεπτικών συστατικών μέσω της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης. Μετατοπίσεις σε κύριες λειτουργικές διεργασίες στο περιβάλλον μπορεί να επηρεάσουν τις μικροβιακές δραστηριότητες (Εικ. 34). Τα μικροπλαστικά αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από άνθρακα. Είτε είναι βιοαποικοδομήσιμα είτε όχι, τελικά θα απελευθερώσουν σημαντικές ποσότητες άνθρακα στο περιβάλλον (Rillig 2018). Η περίσσεια άνθρακα μπορεί να αυξήσει την ανάπτυξη μικροβίων μέσω της συσσώρευσης νέων κυττάρων. Αλλά τα μικρόβια απαιτούν και άλλα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τους αυξανόμενους πληθυσμούς τους. Ως εκ τούτου, μπορούν να σβήσουν όλα αυτά τα θρεπτικά συστατικά από το περιβάλλον έδαφος αφήνοντας λίγο ή καθόλου θρεπτικά συστατικά για τα φυτά. Αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών ως συνέπεια της ακινητοποίησης των θρεπτικών συστατικών. Θα μπορούσαν επίσης να είναι δυνατές αλλαγές στις αναλογίες άνθρακα προς άζωτο στο έδαφος (Qi et al. 2020), τα αποτελέσματα των οποίων θα μπορούσαν να επηρεάσουν ολόκληρη την φυτική κοινότητα. Οι Zhu et al. (2018b) ανέφεραν σημαντική μείωση στη σχετική αφθονία των μικροβιακών οικογενειών *Isosphaeraceae*, *Xanthobacteraceae* και *Rhizobiaceae* στο μολυσμένο έδαφος με πολυστυρένιο. Αυτές είναι βασικές οικογένειες μικροβίων που εμπλέκονται στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης και στον κύκλο του αζώτου. Η αναπαραγωγή βασικών χαρακτήρων στον τροφικό ιστό του εδάφους, π.χ. νηματώδης (*Caenorhabditis elegans*) βρέθηκε επίσης να επηρεάζεται σοβαρά από τα MPs που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη ρύθμιση των βιογεωχημικών κύκλων του εδάφους (Schöpfer et al. 2020)(Khalid et al. 2020).



Εικόνα 34: Τα ΜΡ (μικροπλαστικά) στο έδαφος επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών άμεσα ή έμμεσα επηρεάζοντας την ανάπτυξη των οργανισμών που ζουν στο έδαφος ¹¹⁷.

Σύμφωνα με μια μελέτη των Bosker et al. 2019 για την εμφάνιση των επιδράσεων των μικροπλαστικών στην βλάστηση και την ανάπτυξη των ριζών του χερσαίου αγγειακού φυτού *Lepidium sativum* (κάρδαμος) έδειξε ότι η απόφραξη των πόρων με πλαστικά σωματίδια μπορεί να εμποδίσει την πρόσληψη νερού και έτσι να καθυστερήσει τη βλάστηση. Παρατήρησαν επίσης μια αλλαγή στην ανάπτυξη της ρίζας μετά από 24 ώρες έκθεσης, με μείωση στην ανάπτυξη της ρίζας όταν εκτέθηκε σε σωματίδια 50 nm(νανόμετρα) και αύξηση όταν εκτέθηκε σε πλαστικά σωματίδια 500 nm. Παρά την παρουσία των μικροπλαστικών στην επιδερμίδα και τις τρίχες της ρίζας, δεν παρατήρησαν καμία επίδραση στην ανάπτυξη των φύλλων ούτε στην περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη. Η ενδοκυτταρική πρόσληψη νανοπλαστικών (20 και 40 nm) έχει αποδειχθεί σε καλλιέργεια φυτικών κυττάρων BY-2 καπνού (Bandmann et al. 2012) (Bosker et al. 2019).

¹¹⁷ <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0269749120363417-gr3.jpg>

Οι άμεσες επιδράσεις των πλαστικών σωματιδίων στα χερσαία συστήματα και ιδιαίτερα στα αγγειακά φυτά δεν έχουν μελετηθεί σαφώς (Chae and An 2018, Horton et al. 2017, Ng et al. 2018). Ανασκοπώντας την τρέχουσα βιβλιογραφία, οι Ng et al. (2018) προβλέπουν την πρόσληψη, την πιθανή τοξικότητα και την αλληλεπίδραση με άλλα βιοχημικά νανοπλαστικά σε φυτά με βάση τις αποκρίσεις των φυτών στα κατασκευασμένα νανοσωματίδια άνθρακα. Είτε απορροφώνται στην επιδερμίδα είτε απορροφώνται ενδοκυτταρικά, τα μικροπλαστικά είναι πιθανό να καταποθούν από φυτοφάγα ζώα μαζί με το φυτικό υλικό. Φτάνοντας στο έντερο ανώτερων οργανισμών, τα νανοπλαστικά και τα μικροπλαστικά μπορούν να μειώσουν τη βακτηριακή ποικιλομορφία και να προκαλέσουν μια ανοσολογική απόκριση ήδη σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Rodríguez-Seijo et al. 2017, Zhu et al. 2018) (Bosker et al. 2019). Ωστόσο, όσον αφορά τον μετριασμό της ρύπανσης MPs/NPs, η βιοαποικοδόμηση των πλαστικών σωματιδίων του εδάφους μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την ανακούφιση της έντασης της μόλυνσης σε χερσαία εδάφη (Sun et al. 2022).

Πρόσφατα, οι Okeke et al. (2022) επανεξέτασε την επίδραση των MPs στην τροφική αλυσίδα. Η επίδραση των MPs στην ανάπτυξη των φυτών αναθεωρήθηκε από τους Yadan et al. (2022). Ωστόσο, η ανάλυση εξακολουθεί να είναι επιφανειακή και οι εξηγήσεις για τους βασικούς λόγους (ανταγωνιστική επίδραση των MPs/NPs στα φυτά) που ευθύνονται για τη δυσλειτουργία του τροφικού ιστού είναι ανεπαρκείς. Πιο συγκεκριμένα, πολλά πιθανά ζητήματα, όπως η είσοδος πλαστικών σωματιδίων ακολουθούμενη από την αποδυνάμωση των αμυντικών μηχανισμών των φυτών, οι παράγοντες που σχετίζονται με MPs/NPs και φυτά που καθορίζουν την τοξικότητα και το πώς παρεμβαίνουν στην ποιότητα και την ποσότητα των τροφίμων χρειάζονται περαιτέρω ανάλυση (Roy et al. 2023).

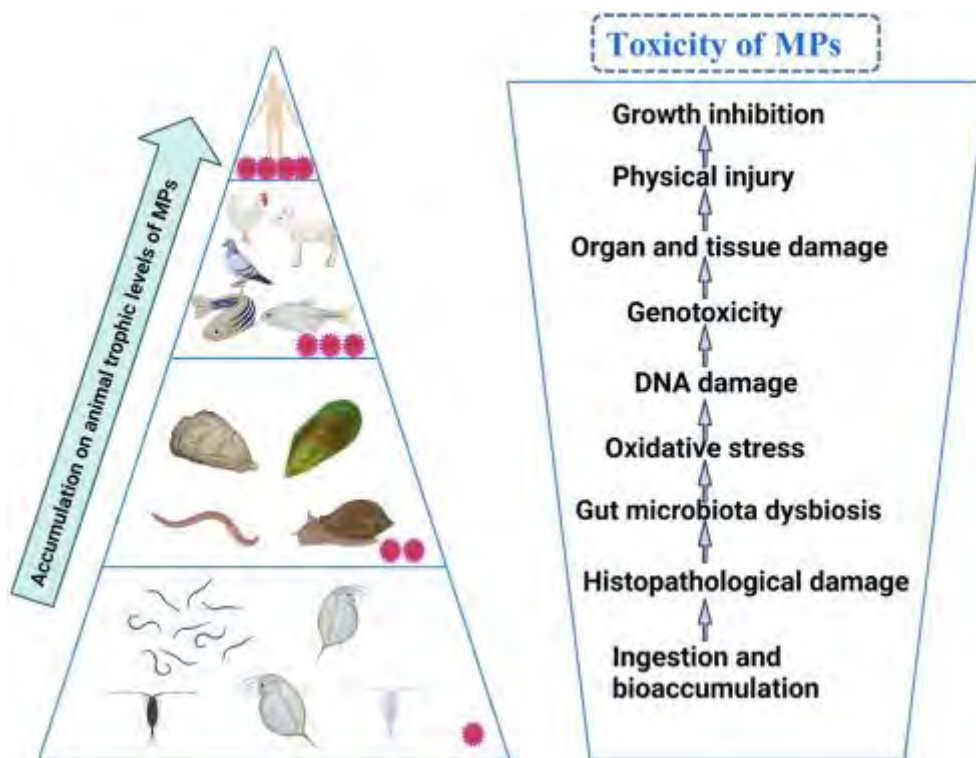
Από τις μελέτες που έχουν γίνει στα φυτά παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει κάποια μελέτη που να αφορά τα λιβαδικά φυτά. Όμως από τις πληροφορίες για την ανάπτυξη των φυτών που αναφέρονται παραπάνω φαίνεται ότι τα φυτά θα συνυπάρξουν με τα μικροπλαστικά για πολλά χρόνια αφού ήδη υπάρχει μια μεγάλη ποσότητα μικροπλαστικών στο περιβάλλον. Οι μέχρι τώρα έρευνες δεν δείχνουν κάποιο σημάδι αλλαγής φαινοτυπικά, παραμόνο στην μείωση ανάπτυξης των φυτών και στην μείωση της εδαφολογικής τους σύστασης όπως η παραγωγικότητα του εδάφους και η επιρροή στην επιβίωση των γαιοσκώληκων και άλλων νηματωδών. Σίγουρα μελλοντικά οι περαιτέρω έρευνες στα λιβαδικά φυτά συνίσταται για την υγεία των ίδιων των φυτών, του εδάφους και των βοσκόντων ζώων.

3.6.6 Μικροπλαστικά στα ζώα

Τα μικροπλαστικά μπορούν να συσσωρεύσουν ρύπους από το περιβάλλον του εδάφους και στη συνέχεια μπορεί να λειτουργήσουν ως φορείς για να αυξήσουν την έκθεση σε ρύπους στα ζώα (Li et al. 2020). Επιπλέον, μπορούν να αλληλεπιδράσουν με ένα τεράστιο φάσμα ζώντων οργανισμών λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους, της ευρείας κατανομής σε ενδιαιτήματα και του μικρού μεγέθους τους (Kumari et al. 2022).

Όταν τα χερσαία ζώα εκτίθενται σε MPs, ο μεταβολισμός και η υγεία τους δυνητικά επηρεάζονται με πολλούς τρόπους. Πρώτον, τα MP που συνδέονται στην επιφάνεια των χερσαίων ζώων μπορούν

να προκαλέσουν επιφανειακή βλάβη και να εμποδίσουν την κίνηση (Chen et al. 2020, Kumar et al. 2022, Shang et al. 2020). Δεύτερον, τα MPs μπορούν να καταποθούν από ορισμένα μεγάλα ζώα, με αποτέλεσμα άμεσα ή έμμεσα διάφορες τοξικότητες, κυρίως ως αποτέλεσμα βλάβης στις εντερικές δομές και στις μεταβολικές οδούς (Panebianco et al. 2019). Τρίτον, λόγω περιορισμένης υποβάθμισης, τα MPs μπορούν να συσσωρευτούν σε διάφορους ιστούς ζώων, αποτελώντας μακροπρόθεσμη απειλή για τα ζώα και άλλα που τα καταναλώνουν, συμπεριλαμβανομένων των αρπακτικών ή των ανθρώπων (Wang et al. 2021) (Εικ. 35).



Εικόνα 35: Μεταφορά και τοξικότητα MPs σε τροφικά επίπεδα ζώων¹¹⁸.

Οι γαιοσκώληκες και τα νηματώδη χρησιμοποιούνται συνήθως ως «πρότυποι οργανισμοί» για να χαρακτηρίσουν τη βιομάζα του εδάφους, την υγεία, τη ρύπανση κ.ά. Οι γαιοσκώληκες συμβάλλουν στην κυκλοφορία υλικού και στη μεταφορά ενέργειας στις διεργασίες του εδάφους με τροφοδοσία, πέψη, απέκκριση, έκκριση (βλέννα) και τρύπημα (Lei et al. 2018, Wang et al. 2021). Αυτά τα ασπόνδυλα του εδάφους έχουν σημαντικές επιπτώσεις σε πολλές διαδικασίες που καθορίζουν τη γονιμότητα του εδάφους και θεωρούνται «μηχανικοί του οικοσυστήματος» (Caporowiec et al. 2021). Επιπλέον, ως ένα από τα πιο άφθονα ζώα του εδάφους, τα νηματώδη έχουν σημαντικό ρόλο στην αποσύνθεση και το σχηματισμό του εδάφους (Wang et al. 2021) (Chang et al. 2022).

Τα MPs μπορούν να καταποθούν από ζώα του εδάφους και να προκαλέσουν περαιτέρω μια ποικιλία αρνητικών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένου του ψευδούς κορεσμού και περαιτέρω ανεπαρκούς θρεπτικής προσφοράς και εντερικές βλάβες. Άλλες φυσιολογικές αποκρίσεις, όπως το οξειδωτικό στρες, οι αλλαγές στη μικροχλωρίδα του εντέρου, η νευροτοξικότητα, ακόμη και η θνησιμότητα, καταδείχθηκαν επίσης στην πανίδα του εδάφους. Από την άλλη πλευρά, η πανίδα του εδάφους μπορεί να επηρεάσει την τύχη των MPs στο έδαφος, μέσω της μεταφοράς, του κατακερματισμού και της υποβάθμισης (Zhang et al. 2022).

¹¹⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722049567#s0055>

Οι Rillig et al. (2017) διεξήγαγαν ένα παραγοντικό πείραμα θερμοκηπίου με τέσσερα διαφορετικά μεγέθη μικροπλαστικών, το οποίο υποδηλώνει ότι η παρουσία γαιοσκωλήκων αυξάνει σημαντικά την παρουσία μικροπλαστικών βαθιά στο έδαφος με μικρές μικροσφαίρες πολυαιθυλενίου να έχουν μεταφερθεί προς τα κάτω σε μεγαλύτερο βαθμό. Εκτός από τους γαιοσκωλήκες, τα μικροπλαστικά βρίσκονται σε άλλα μικρά ασπόνδυλα του εδάφους, όπως οι ουρές (Kim and An 2019), τα ποντίκια (Deng et al. 2017) και τα σαλιγκάρια (Ju et al. 2019). Αυτά τα ζώα μπορούν να ενσωματώσουν μικροπλαστικά στο έδαφος πιθανότατα μέσω εκμαγείων, λαγούμια, χύτευσης και προσκόλλησης στο εξωτερικό των ξενιστών (Rillig et al. 2017). Αυτές οι κινήσεις έχουν πιθανές συνέπειες για την έκθεση άλλων οργανισμών του εδάφους στα μικροπλαστικά, τον χρόνο παραμονής των μικροπλαστικών σε βαθύτερο επίπεδο και την πιθανότητα τα μικροπλαστικά να εισέλθουν στα υπόγεια ύδατα (Guo et al. 2020, Rillig et al. 2017, Wu et al. 2020, Zang et al. 2020)(Yang et al. 2021).

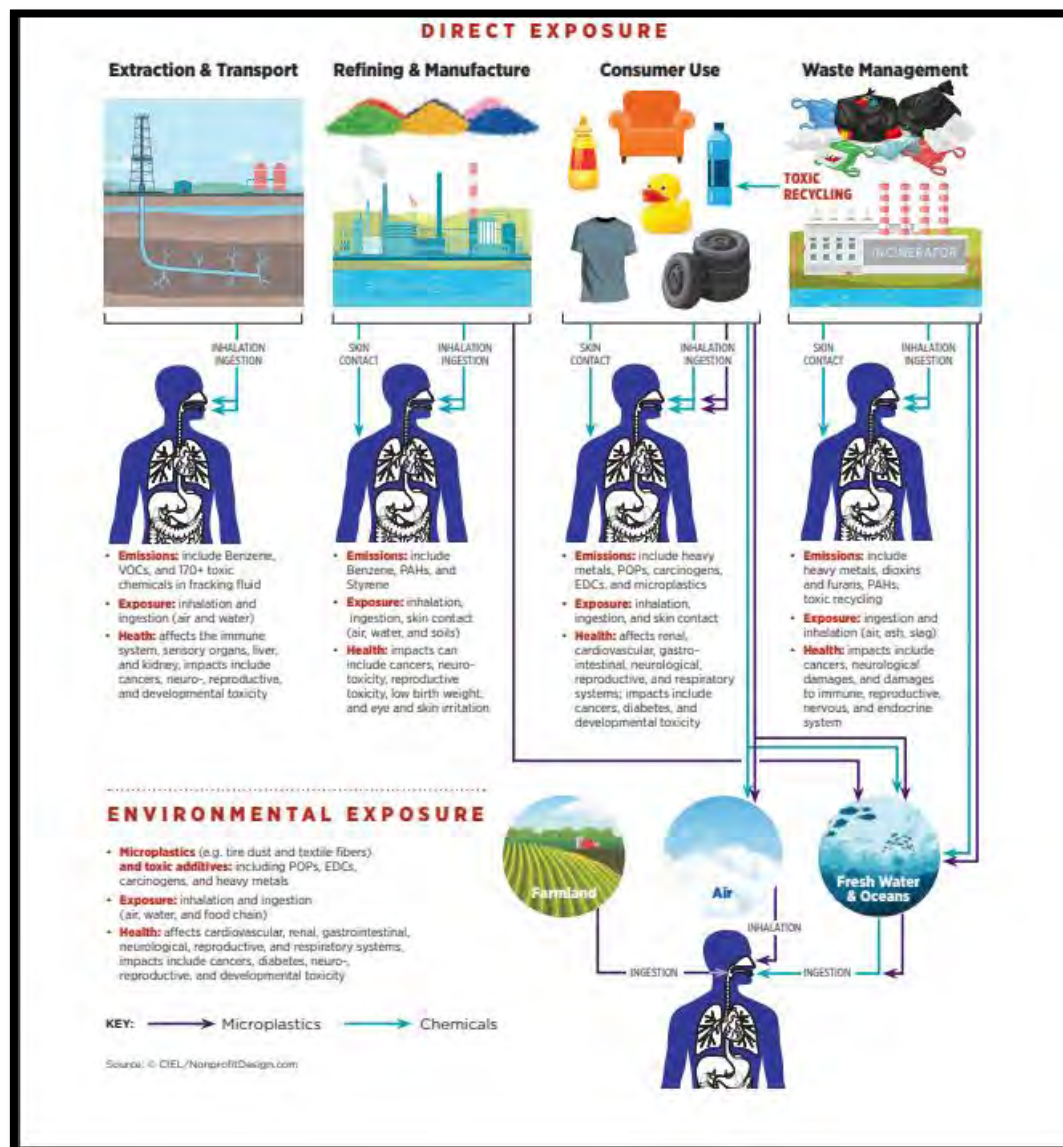
Σύμφωνα με την βιβλιογραφία δεν υπάρχουν εκτενείς αναφορές για χερσαία μεγαλόσωμα ζώα. Υπάρχουν μελέτες για την μικροπανίδα του εδάφους, έτσι η έρευνα είναι περιορισμένη, γιαυτό σε όλες τις μελέτες αναφέρονται μελλοντικές έρευνες για την επιρροή των μικροπλαστικών. Οπότε δεν υπάρχουν αναφορές για τα βοσκόντα ζώα στα λιβάδια, από τα παραπάνω όμως συμπεραίνουμε ότι κάποια ποσότητα μικροπλαστικών διαπερνά στον οργανισμό των ζώων.

3.6.7 Μικροπλαστικά στον ανθρώπινο οργανισμό

Οι οικολογικοί κίνδυνοι και οι κίνδυνοι για την υγεία που προκαλούνται από την έκθεση σε μικροπλαστικά είναι τα πιο ανησυχητικά ζητήματα στην έρευνα των μικροπλαστικών στο έδαφος (Guo et al. 2020, He et al. 2018, Kumar et al. 2020, Sarker et al. 2020). Η προσομοίωση της τροφικής αλυσίδας και οι μελέτες πεδίου επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι το μικροπλαστικό μπορεί να μεταφερθεί από το θήραμα (σε χαμηλότερο επίπεδο θρεπτικών συστατικών) σε ένα αρπακτικό (σε υψηλότερο επίπεδο θρεπτικών συστατικών) στην τροφική αλυσίδα (Gao et al. 2020; Guo et al. 2020) (Yang et al. 2021). Οι άνθρωποι εκτίθενται σε μια μεγάλη ποικιλία τοξικών χημικών ουσιών και μικροπλαστικών μέσω εισπνοή, κατάποση και άμεση επαφή με το δέρμα, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του πλαστικού. Στην Εικόνα 36 φαίνεται η έκθεση *Πλαστικό & Υγεία: Η αναφορά του κρυφού κόστους ενός πλαστικού πλανήτη* που συντάχθηκε με πρωτοβουλία του Κέντρου Διεθνούς Περιβαλλοντικού Δικαίου (CIEL) τον Φεβρουάριο του 2019. Η έκθεση δείχνει ξεκάθαρα ότι κάθε ξεχωριστή φάση στον κύκλο ζωής του πλαστικού απειλεί τη δημόσια υγεία και ότι αυτές οι φάσεις δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Οι φάσεις στην αλυσίδα ορίστηκαν ως εξής:

- εξόρυξη και μεταφορά ορυκτών πρώτων υλών
- διύλιση και παραγωγή
- επεξεργασία των πρώτων υλών σε πέλλετ
- παραγωγή προϊόντων και συσκευασιών
- επεξεργασία απορριμμάτων

- πλαστικό στο περιβάλλον¹¹⁹.



Εικόνα 36: Απεικόνιση πηγών μικροπλαστικών στον ανθρώπινο οργανισμό¹²⁰

Συγκεκριμένα:

- **Εξόρυξη και Μεταφορά**

Το 99% του πλαστικού προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Η εξόρυξη πετρελαίου και αερίου, ιδιαίτερα υδραυλικής θραύσης για φυσικό αέριο, απελευθερώνει μια σειρά από τοξικές ουσίες στον αέρα και το νερό, συχνά σε σημαντικές ποσότητες. Πάνω από 170 χημικές ουσίες fracking που παράγονται από τις κύριες πρώτες ύλες για πλαστικό που έχουν επιπτώσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου, νευρολογικές, αναπαραγωγικές, και αναπτυξιακή τοξικότητα,

¹¹⁹ <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-EXECUTIVE-SUMMARY-February-2019.pdf>

¹²⁰ <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-EXECUTIVE-SUMMARY-February-2019.pdf>

εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος, κι άλλα. Αυτές οι τοξίνες έχουν άμεσες και τεκμηριωμένες επιπτώσεις στο δέρμα, τα μάτια και άλλα αισθητήρια όργανα, το αναπνευστικό, νευρικό και γαστρεντερικό σύστημα, το ήπαρ και τον εγκέφαλο.

- **Διύλιση και Κατασκευή**

Μετατροπή ορυκτών καυσίμων σε πλαστικές ρητίνες και πρόσθετα απελευθερώνει καρκινογόνα και άλλες εξαιρετικά τοξικές ουσίες στον αέρα.

- **παραγωγή προϊόντων και συσκευασιών**

Η χρήση πλαστικών προϊόντων οδηγεί στην δημιουργία μικροπλαστικών με αποτέλεσμα την κατάποση ή εισπνοή μεγάλων ποσοτήτων ή μετά από εναπόθεση στο περιβάλλον μικροπλαστική ρύπανση, απειλώντας την ανθρώπινη υγεία.

- **Διαχείριση των αποβλήτων**

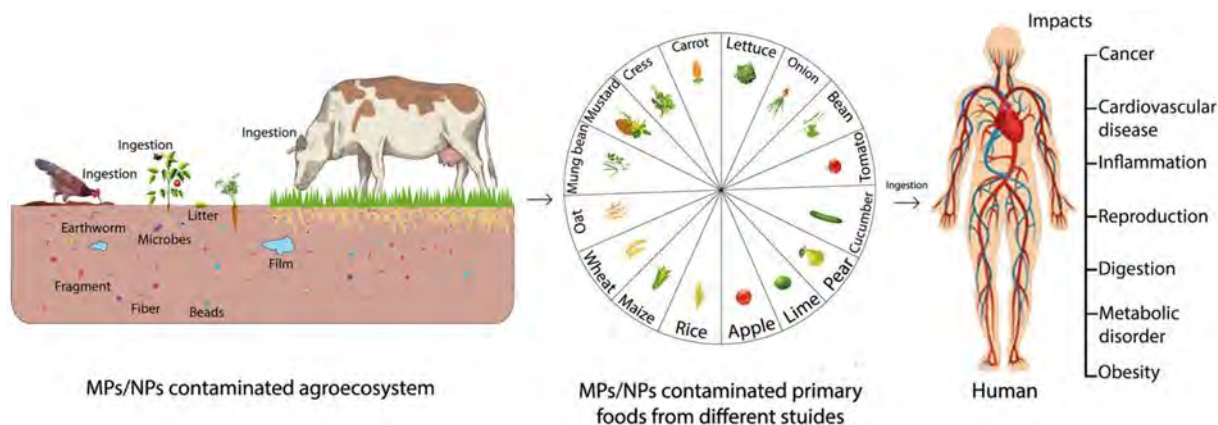
Όλες οι τεχνολογίες διαχείρισης πλαστικών απορριμμάτων (συμπεριλαμβανομένης της αποτέφρωσης, της συναποτέφρωσης, της αεριοποίησης και της πυρόλυσης) έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση τοξικά μετάλλων, όπως ο μόλυβδος και ο υδράργυρος, οργανικών ουσιών (διοξίνες και φουράνια), όξινων αέρια και άλλων τοξικών ουσιών στον αέρα, το νερό και τα εδάφη. Όλες αυτές οι τεχνολογίες οδηγούν σε άμεση και έμμεση έκθεση σε τοξικές ουσίες για τους εργαζόμενους και κοντινές κοινότητες, μεταξύ άλλων μέσω εισπνοής μολυσμένου αέρα, άμεση επαφής με μολυσμένο έδαφος ή νερό και κατάποσης τροφών που καλλιεργήθηκαν σε περιβάλλον μολυσμένο με αυτές τις ουσίες.

- **Το πλαστικό στο περιβάλλον**

Μόλις το πλαστικό φτάσει στο περιβάλλον στη μορφή μακρο ή μικροπλαστικών, μολύνει και συσσωρεύεται στις τροφικές αλυσίδες μέσω των γεωργικών εδαφών, των χερσαίων και υδρόβιων τροφικών αλυσίδων και του νερού. Από το περιβαλλοντικό πλαστικό μπορεί εύκολα να ξεπλυθούν τοξικά πρόσθετα ή συμπυκνώματα τοξινών που βρίσκονται ήδη στο περιβάλλον, καθιστώντας το βιοδιαθέσιμο και πάλι για άμεση ή έμμεση έκθεση για το άνθρωπο. Καθώς τα πλαστικά σωματίδια αποικοδομούνται, νέες επιφάνειες εκτίθενται, επιτρέποντας τη συνεχή έκπλυση των προσθέτων από τον πυρήνα προς την επιφάνεια του σωματιδίου στο περιβάλλον και στο ανθρώπινο σώμα ¹²¹.

Εκτός από την εισπνοή, η πλειονότητα της μόλυνσης στο ανθρώπινο σώμα συμβαίνει μέσω του πόσιμου νερού και της λήψης τροφών, με αποτέλεσμα ποικίλες επιπτώσεις στην υγεία. Επιπλέον, καλύπτει ένα ευρύ φάσμα πρωτογενών παραγωγών μολυσμένων με MPs/NPs που διασφαλίζουν τις κύριες διατροφικές και διατροφικές μας ανάγκες, όπως δημητριακά, όσπρια, ελαιούχους σπόρους, λαχανικά και φρούτα, τα οποία τελικά μεταφέρονται από το αγρόκτημα στο τραπέζι μας, με αποτέλεσμα έκθεση MPs/NPs στον άνθρωπο (Εικ. 39). Σύμφωνα με μια πρόσφατη μελέτη, η κατάποση είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος έκθεσης των ανθρώπων σε MPs/NPs (Lehner et al. 2019). Η εισπνοή αερομεταφερόμενων MPs/NPs συμβαίνει συνήθως μέσω συνθετικών ινών ενδυμάτων/υφασμάτων, ελαστικών ελαστικών και σκόνης (Prata 2018). Σύμφωνα με μια πρόσφατη έκθεση της IQAir (Swiss Air Quality Technology Company), το Μπαγκλαντές θα έχει τη χειρότερη ποιότητα αέρα το 2021, από τη δεύτερη χειρότερη το 2020. Μετά την κατάποση MPs/NPs, η πιθανή μετατόπιση και η επακόλουθη απορρόφηση συμβαίνουν μέσω του πεπτικού συστήματος (Whelan et al. 2011) (Roy et al. 2023).

¹²¹ <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-EXECUTIVE-SUMMARY-February-2019.pdf>



Εικόνα 37: Τοξικότητα MPs/NPs από τους πρωτογενείς παραγωγούς στους τελικούς καταναλωτές ¹²².

Αυτά τα μικροπλαστικά μπορούν να εισέλθουν στο ανθρώπινο σώμα μέσω της εισπνοής και της απορρόφησης και να συσσωρευτούν στα όργανα. Μικροπλαστικά έχουν βρεθεί στους πνεύμονες, το συκώτι, τους σπλήνες και τα νεφρά μας, μια μελέτη ανίχνευσε πρόσφατα μικροπλαστικά στους πλακούντες των νεογέννητων μωρών (Εικόνα 38).



Εικόνα 38: Μικροπλαστικά σε πλακούντα εγκύου¹²³.

Πέντε γραμμάρια πλαστικών σωματιδίων εισέρχονται κατά μέσο όρο στον ανθρώπινο γαστρεντερικό σωλήνα ανά άτομο την εβδομάδα. Αυτό είναι περίπου ισοδύναμο με το βάρος μιας πιστωτικής κάρτας¹²⁴.

Τα πλαστικά σωματίδια ανιχνεύθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν στο ανθρώπινο αίμα για πρώτη φορά (Leslie et al. 2022). Έτσι, η παρουσία MPs/NPs στην κυκλοφορία του αίματος και στα καρδιακά κύτταρα μπορεί να προκαλέσει απόφραξη και να επηρεάσει την κανονική κυκλοφορία, με αποτέλεσμα καρδιακές παθήσεις στον άνθρωπο. Επιπλέον, η συσσώρευση MPs/NPs στο έντερο και

¹²² https://media.springernature.com/full/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs10661-022-10654-z/MediaObjects/10661_2022_10654_Fig6_HTML.png?as=webp

¹²³ https://pbs.twimg.com/media/Fi0S_A7WYAA7sJp.jpg

¹²⁴ <https://www.meduniwien.ac.at/web/en/ueber-uns/news/default-0f889c8985-1/gesundheitsrisiko-durch-mikro-und-nanoplastik-in-lebensmitteln/>

το ήπαρ προκάλεσε φλεγμονώδεις επιδράσεις, αυξημένη συσσώρευση λιπιδίων στο ήπαρ και αυξημένα ένζυμα καταλάσης και υπεροξειδικής δισμουτάσης, υποδεικνύοντας οξειδωτικό στρες (Lu et al. 2016). Λόγω της μεγάλης επιφάνειας και της επίμονης φύσης των MPs/NPs στους ανθρώπινους ιστούς, μπορούν να προκαλέσουν οξειδωτικό στρες και επακόλουθη κυτταροτοξικότητα με χρόνια φλεγμονή, αυξάνοντας δυνητικά τον κίνδυνο καρκίνου (Prata et al., 2020). Παραδόξως, η απορρόφηση MPs/NPs μπορεί να αλλάξει την ποικιλομορφία και τη λειτουργία των μικροβίων του εντέρου, με αποτέλεσμα τη μεταβολική δυσλειτουργία στον άνθρωπο. Αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο παχυσαρκίας, διαβήτη και άλλων χρόνιων ηπατικών παθήσεων (Weiss & Hennet 2017). Επιπλέον, πρόσθετα (φθαλκικές ενώσεις, BPA) ή πλαστικοποιητές που σχετίζονται με MPs/NPs συνδέονται με σεξουαλικές ανωμαλίες, καρδιαγγειακές παθήσεις, ορμονικές ανισορροπίες, παχυσαρκία, καρκίνο και γενετικές ανωμαλίες στους ανθρώπους (Dey et al. 2021, Gómez & Gallart- Ayala 2018, Koelmans et al. 2014) (Roy et al. 2023).

Τα ανθρώπινα παθογόνα έχουν μια ιδιαίτερα ισχυρή σύνδεση με τα πλαστικά απόβλητα, περισσότερο από ότι με τις φυσικές επιφάνειες. Έρευνα που δημοσιεύτηκε το 2016 εντόπισε το ανθρώπινο παθογόνο *Vibrio cholera*, το οποίο προκαλεί χολέρα στους ανθρώπους, προσαρτημένο σε μικροπλαστικά που ελήφθησαν δείγματα από τη Βόρεια και τη Βαλτική Θάλασσα¹²⁵. Πρόσφατα, έχουν ανιχνευθεί μικροπλαστικά σε ανθρώπινα κόπρανα και δείγματα κολεκτομής ενηλίκων που επιβεβαιώνουν την ύπαρξη μικροπλαστικών στην πεπτική οδό των ανθρώπων (Ibrahim et al. 2021, Schwabl et al. 2019)(Yang et al. 2019)(Y. Zhou et al. 2020).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ορίζει ως ένα κάθε σωματίδιο που έχει μήκος >5 μm, διάμετρο <3 μm και αναλογία διαστάσεων (μήκος προς διάμετρο) > 3:1 (WHO 1997). Τα ινώδη MPs που υπερβαίνουν αυτά τα κριτήρια μπορεί να εισπνευστούν, αλλά είναι πιθανό να υποβληθούν σε βλεννογόνο κάθαρση στους ανώτερους αεραγωγούς, οδηγώντας σε γαστρεντερική έκθεση. Ορισμένα ινώδη MP μπορεί ωστόσο να αποφεύγουν τους μηχανισμούς βλεννογονοειδούς κάθαρσης του πνεύμονα, ειδικά σε άτομα με μειωμένους μηχανισμούς κάθαρσης. Η βιο-ανθεκτικότητα των εισπνεόμενων ινωδών MPs σχετίζεται με την ανθεκτικότητα και την κάθαρση από τον πνεύμονα (Greim et al. 2001). Πλαστικές ίνες έχουν παρατηρηθεί στον πνευμονικό ιστό (Pauly et al. 1998), υποδηλώνοντας ότι ο ανθρώπινος αεραγωγός έχει επαρκές μέγεθος ώστε οι πλαστικές ίνες να διεισδύσουν στον βαθύ πνεύμονα. Η ιστοπαθολογική ανάλυση βιοψιών πνεύμονα από εργαζομένους στην κλωστοϋφαντουργία (πολυαμίδιο, πολυεστέρας, πολυολεφίνη και ακρυλικό) έδειξε κοκκιωματώδεις βλάβες που περιέχουν ξένο σώμα, που υποτίθεται ότι είναι σκόνη ακρυλικού, πολυεστέρα και/ή νάιλον (Pimentel et al. 1975). Αυτές οι παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν ότι ορισμένες ίνες αποφεύγουν τους μηχανισμούς εκκαθάρισης και επιμένουν (Gasperi et al. 2018).

Μικροπλαστικά βρίσκονται πλέον στο κρέας και τα γαλακτοκομικά που τρώμε καθημερινά, σύμφωνα με νέα μελέτη. Μια έκθεση του περιβαλλοντικού μη κερδοσκοπικού οργανισμού *Plastic Soup Foundation* αποκαλύπτει ότι το 73 % των προϊόντων που δοκίμασαν περιείχαν. Η έρευνα επισημαίνει ότι τα πλαστικά που υπάρχουν στις ζωτροφές ως πιθανή αιτία της μόλυνσης. Οι επιστήμονες στο πανεπιστήμιο Vrije Universiteit Amsterdam εντόπισαν πλαστικά σωματίδια σε 18 από τα 25 δείγματα γάλακτος που δοκιμάστηκαν στην Ολλανδία. Περίπου επτά από τα οκτώ δείγματα βοείου κρέατος βρέθηκαν να περιέχουν πλαστικά σωματίδια, ενώ 5 από τα 8 δείγματα χοιρινού περιείχαν σωματίδια τουλάχιστον ενός τύπου πλαστικού¹²⁶.

Με βάση τις διαθέσιμες επιστημονικές πληροφορίες, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό δεν ενέχουν κανένα κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Σε χώρες με ανεπαρκή συστήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, τα

¹²⁵ <https://www.plastichealthcoalition.org/microplastics/>

¹²⁶ <https://www.euronews.com/green/2022/07/08/microplastics-polluting-our-blood-foetuses-and-now-the-dairy-and-meat-we-eat>

πλαστικά απόβλητα και διαίτερα οι πλαστικές σακούλες μίας χρήσης μπορούν να βρεθούν να φράζουν τις αποχετεύσεις και να παρέχουν έδαφος αναπαραγωγής για κουνούπια και παράσιτα και ως αποτέλεσμα, αυξάνοντας τη μετάδοση ασθενειών που μεταδίδονται από φορείς όπως η ελονοσία¹²⁷.

Η Plastic Health Coalition υποστηρίζει ότι υπάρχουν απλώς πάρα πολλά κενά γνώσης για την αξιολόγηση των κινδύνων για την υγεία των μικροπλαστικών. Τα τρέχοντα διαθέσιμα δεδομένα για την έκθεση του ανθρώπου είναι ελλιπή και - λόγω έλλειψης αναλυτικών μεθόδων - δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα μικρότερα και πιο επικίνδυνα πλαστικά σωματίδια. Επιπλέον, η επιστημονική έρευνα σχετικά με τις δυνητικά επιβλαβείς επιπτώσεις των μικροπλαστικών στον άνθρωπο βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο παγκοσμίως. Απαιτείται επείγοντως νέα επιστημονική έρευνα¹²⁸.

3.6.8 Μικροπλαστικά στον αέρα

Τα δεδομένα για το μέγεθος, το σχήμα, τις κατανομές και τις επιπτώσεις των μικροπλαστικών σωματιδίων αερολύματος είναι λίγα σε σύγκριση με τα δεδομένα για τα μικροπλαστικά σωματίδια του εδάφους και του νερού (Trainic et al. 2020). Οι διαθέσιμες μελέτες υπογραμμίζουν τα πλαστικά αντικείμενα οικιακής χρήσης, την αποτέφρωση απορριμμάτων, οικοδομικά υλικά, λειαντικές σκόνες, λάσπη λυμάτων, χώρους υγειονομικής ταφής, συνθετικά υφάσματα από ρούχα κ.λπ. ως πηγές μικροπλαστικών σωματιδίων (Amato-Lourenco et al. 2020, Catarino et al. 2018, Gasperi et al. 2018). Η ατμόσφαιρα δέχεται συνεχώς μικροπλαστικά σωματίδια που αιωρούνται λόγω αερο και υδροδυναμικών διεργασιών γύρω από τους χώρους υγειονομικής ταφής και των άμεσων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αυτά τα αιωρούμενα μικροπλαστικά σωματίδια είναι χαρακτηριστικά πολύ ελαφριά για να επιπλέουν και να διασκορπίζονται παντού (Dris et al. 2015, Ho et al. 2003). Περίπου 1063 έως 3223 σωματίδια φέρεται να καταπίνονται από τον άνθρωπο ετησίως, σύμφωνα με μια μελέτη των Dehghani et al. (2017)(Okeke et al. 2022).

Όπως προαναφέρθηκε σε παραπάνω ενότητα τα μικροπλαστικά υπάρχουν και σε μορφή ινών τα ονομαζόμενα ινώδη μικροπλαστικά (MPs). Στον αέρα, μπορούν να βρεθούν διάφορα είδη ινών. Η πιθανότητα να εισέλθουν αερομεταφερόμενα ινώδη MP στο αναπνευστικό μας σύστημα θα εξαρτηθεί από το μέγεθος. Πρώτον, είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ των όρων εισπνεόμενο και αναπνεύσιμο. Τα σωματίδια και οι ίνες που μπορούν να εισέλθουν στη μύτη και το στόμα και να εναποτίθενται στον ανώτερο αεραγωγό είναι εισπνεύσιμα, ενώ εκείνα που μπορούν να φτάσουν και να εναποθέσουν στον βαθύ πνεύμονα είναι αναπνεύσιμα (Donaldson et al. 2002)(Gasperi et al. 2018).

Η Plastics Europe εγκαινιάζει ένα πενταετές πρόγραμμα επιστημονικής έρευνας πολλών εκατομμυρίων ευρώ (2022-2026): **Brigid**. Αυτό το έργο στοχεύει στην αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε μικροπλαστικά μέσω της κατάποσης. Η κατάποση, μαζί με την εισπνοή, θεωρείται ότι είναι η κύρια οδός εισόδου των μικροπλαστικών στο σώμα μας. Το Brigid πήρε το όνομά του από την Κέλτικη Θεά. Μέρος του Tuatha Dé Danann, η θεά Brigid συνδέεται με την υγεία, την προστασία και τη σοφία, τρεις έννοιες που αντικατοπτρίζονται στις βασικές αξίες του έργου Brigid: συλλογή γνώσεων για τα μικροπλαστικά, για την τελική προστασία της υγείας των ανθρώπων. Η Brigid θα επικεντρωθεί σε μικροπλαστικά επτά

¹²⁷ <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/>

¹²⁸ <https://www.plastichealthcoalition.org/microplastics/>

διαφορετικών τύπων πολυμερών: πολυαιθυλένιο (και γραμμικά χαμηλής και χαμηλής/υψηλής πυκνότητας), πολυπροπυλένιο, πολυστυρένιο, (άκαμπτο) πολυβινυλοχλωρίδιο, πολυανθρακικό και πολυαμίδιο-6. Ελλείψει ισχυρών δεδομένων έκθεσης στον πραγματικό κόσμο, αυτοί οι τύποι πολυμερών θεωρείται ότι είναι οι πιο αντιπροσωπευτικοί, μεταξύ αυτών που παράγονται, από αυτό που ο μέσος άνθρωπος δυνητικά συναντά πιο συχνά κατά τη διάρκεια της καθημερινής του ζωής ¹²⁹.

3.6.9 Μικροπλαστικά στα τρόφιμα και στο νερό

Τα μικροπλαστικά εισέρχονται απευθείας στην τροφική αλυσίδα (εκτιθέμενα τρόφιμα και ποτά) ή βιοσυσσωρεύονται ή μεγεθύνονται στους ιστούς των πρωτογενών παραγωγών (Kuna and Sreedhar 2019). Μεταξύ των λίγων αναφορών για τη μόλυνση των τροφίμων από μικροπλαστικά, οι Toussaint et al. (2019) περιελάμβαναν δεδομένα για 201 ζωικά είδη που περιλαμβάνουν: ψάρια αλμυρού νερού (164), μαλάκια(23), μαλακόστρακα (7), πουλιά (2), ψάρια γλυκού νερού (2), χελώνες (2), κοτόπουλο (2), ορισμένα προϊόντα διατροφής (κονσέρβες σαρδέλες και παπαλίνα, θαλασσινό αλάτι, ζάχαρη και μέλι), καθώς και μύρα και νερό. Μια παρόμοια μελέτη κατέγραψε επίσης περίπου 600 μικροπλαστικά σωματίδια ανά κιλό αλατιού, 660 μικροπλαστικές ίνες ανά κιλό μελιού, 109 μικροπλαστικά θραύσματα ανά λίτρο μύρας, 2 έως 44 μικροπλαστικά σωματίδια ανά λίτρο νερού σε πλαστικά μπουκάλια νερού μιας χρήσης, 28 έως 241 μικροπλαστικά σωματίδια ανά λίτρο σε επιστρεφόμενα μπουκάλια νερού και κατά μέσο όρο 10 μικροπλαστικά σωματίδια ανά στομάχι κοτόπουλου (Kuna and Sreedhar, 2019)(Okeke et al. 2022).

Είτε απορροφώνται άμεσα (μέσω εκτεθειμένων/μολυσμένων ανθρώπινων τροφών και ποτών, ειδικά η κατανάλωση των μηρυκαστικών και ποτών από πλαστικά μπουκάλια) είτε έμμεσα (μέσω μολυσμένων βρώσιμων ζωικών ή φυτικών τροφών), τα μικροπλαστικά σωματίδια μετακινούνται από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο και φτάνουν στους ανθρώπους, στην κορυφή της τροφικής αλυσίδας (Mercogliano et al. 2020; Silva et al. 2018). Η μοίρα των μικροπλαστικών σωματιδίων στον έωτερο του ανθρώπου μετά την κατάποση δεν είναι ξεκάθαρη (Silva et al. 2018). Επομένως, εκτός από τις χαμηλές αποδόσεις κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας, τα μικροπλαστικά αποτελούν επίσης υψηλό κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων όταν τελικά καταποθούν (Okeke et al. 2022).

3.6.10 Μικροπλαστικά ως αποθήκη άνθρακα στο έδαφος

Τα μικροπλαστικά αποτελούνται κυρίως από άνθρακα, μεταξύ άλλων στοιχείων (Rillig and Lehmann, 2020). Ενσωματώνονται σε εδάφη αδρανή σε συνδυασμό με πολυάριθμες οργανικές ουσίες. Ως αποτέλεσμα, αν και ο άνθρακας των μικροπλαστικών φαίνεται να είναι αόρατος, μπορούμε ακόμα να τα ανιχνεύσουμε ως άνθρακα μέσω των τρεχουσών μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τον ποσοτικό προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα του εδάφους (Rillig 2018). Ως εκ τούτου, η προσθήκη μικροπλαστικών στο οικοσύστημα του εδάφους σημαίνει μια πηγή άνθρακα που δεν βασίζεται στη φωτοσύνθεση και την καθαρή πρωτογενή παραγωγή. Ο ρυθμός κύκλου εργασιών του πολυμερούς άνθρακα μπορεί να είναι αργός επειδή το υλικό είναι ως επί το πλείστον αδρανές (Rillig and Bonkowski 2018). Ωστόσο, ο ρυθμός με τον οποίο ο μικροπλαστικός άνθρακας εισέρχεται στο

¹²⁹ <https://plasticseurope.org/sustainability/plastics-health/microplastics/bridg/>

οικοσύστημα του εδάφους είναι επίσης ένα ανοιχτό ερώτημα, καθώς η μέχρι τώρα μελέτη για τα μικροπλαστικά βασίζεται στην εμφάνιση και τη φυσική μορφολογία και τα χαρακτηριστικά χημικής σύνθεσης, παρά στον άνθρακα που προέρχεται από τα ίδια τα μικροπλαστικά (Rillig και Lehmann, 2020). Σε θεμελιώδες επίπεδο, ο άνθρακας των μικροπλαστικών προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Λόγω της αντοχής του στην αποσύνθεση, ο μικροπλαστικός άνθρακας μπορεί να συσσωρεύεται στο έδαφος. Έτσι, αυτό το μέρος του άνθρακα μπορεί να χρειαστεί να ληφθεί υπόψη κατά την αξιολόγηση της αποθήκευσης άνθρακα στο έδαφος, η οποία είναι η κύρια λειτουργία του εδαφικού συστήματος (Rillig 2018, Rillig and Lehmann 2020) (Yang et al. 2021).

3.7 Νομοθεσία σχετικά με την μείωση των μικροπλαστικών

Οι ευκαιρίες και οι προκλήσεις που συνδέονται με τα πλαστικά γίνονται όλο και πιο παγκόσμιες και η αντιμετώπισή τους θα συμβάλει σημαντικά στην επίτευξη των *Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης του 2030*. Εκτός Ευρώπης, η κατά κεφαλήν κατανάλωση πλαστικών αυξάνεται γρήγορα, κυρίως στην Ασία. Οι αλυσίδες αξίας των πλαστικών αναπτύσσονται σε ολόκληρες ηπείρους και τα πλαστικά απόβλητα διακινούνται διεθνώς: στην ΕΕ περίπου τα μισά πλαστικά απόβλητα που συλλέγονται αποστέλλονται στο εξωτερικό, όπου εξακολουθεί να υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με την επεξεργασία τους. Πάνω από το 85% των εξαγόμενων πλαστικών απορριμμάτων αποστέλλεται επί του παρόντος στην Κίνα, μια κατάσταση που σύντομα θα αλλάξει μετά την απόφαση της Κίνας να απαγορεύσει την εισαγωγή ορισμένων τύπων πλαστικών απορριμμάτων, δημιουργώντας έτσι ευκαιρίες για τους ανακυκλωτές της ΕΕ ¹³⁰.

Το Σεπτέμβριο του 2018, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε νέους κανόνες που στοχεύουν στην αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων στην ΕΕ. Επίσης, κάλεσε την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να προτείνει ευρωπαϊκή απαγόρευση για την προσθήκη μικροπλαστικών σε προϊόντα όπως καλλυντικά και απορρυπαντικά έως το 2020 αλλά και να λάβει μέτρα για την ελαχιστοποίηση της απελευθέρωσης μικροπλαστικών από τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, τα ελαστικά, τα χρώματα και τα τσιγάρα ¹³¹. Τον Οκτώβριο το ΕΚ, στήριξε την **απαγόρευση πλαστικών προϊόντων μιας χρήσης** που συχνά καταλήγουν στις θάλασσες. Για το σκοπό αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε τον Ιανουάριο 2018 την *Στρατηγική* για τα πλαστικά με σκοπό να αλλάξει τον τρόπο που τα πλαστικά προϊόντα σχεδιάζονται, παράγονται, χρησιμοποιούνται και ανακυκλώνονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Στρατηγική αυτή αποτελεί μέρος του Ευρωπαϊκού Νέου Σχεδίου Δράσης για την κυκλική οικονομία. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος εκδόθηκε η Οδηγία 2019/904/ΕΕ σχετικά με τη μείωση των επιπτώσεων ορισμένων πλαστικών προϊόντων στο περιβάλλον ¹³². Η οδηγία (ΕΕ) 2019/904 προβλέπει σειρά μέτρων σε επίπεδο κρατών μελών, προκειμένου να σταματήσει η διάθεση στην αγορά κάποιων ιδιαίτερα προβληματικών πλαστικών μιας χρήσης, να τεθούν οι βάσεις για περιορισμό της κατανάλωσης πλαστικών και κατ' επέκταση να επιτευχθεί μείωση της πλαστικής ρύπανσης ¹³³.

¹³⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN>

¹³¹ <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20181116STO19217/mikroplastika-piges-epiptoseis-luseis>

¹³² <https://ypen.gov.gr/plastika-proionta-mias-chrisis/>

¹³³ https://wwwfeu.awsassets.panda.org/downloads/ekthesi_axiologisis_nomos_plastika_mias_xrxisis.pdf?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Plastics-%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82_subscribers

Στην Ελλάδα οι νόμοι που ψηφίστηκαν στην πολιτική της ΕΕ για τη μείωση της πλαστική ρύπανσης είναι:

ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4819 (ΦΕΚ Α' 129/23.07.2021)

Ολοκληρωμένο Πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων Ενσωμάτωση των Οδηγιών 2018/851 και 2018/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2018 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ περί αποβλήτων και της Οδηγίας 94/62/ΕΚ περί συσκευασιών και απορριμμάτων συσκευασιών, πλαίσιο οργάνωσης του *Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης*, διατάξεις για τα πλαστικά προϊόντα και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, χωροταξικές πολεοδομικές, ενεργειακές και συναφείς επείγουσες ρυθμίσεις. Στον νόμο 4819/2021 - ΦΕΚ 129/Α/23-7-2021 συμπεριλαμβάνεται και η δημιουργία των *Πράσινων Σημείων* (ΠΣ), των *Κέντρων Ανακύκλωσης, Εκπαίδευσης και Διαλογής στην Πηγή* (ΚΑΕΔΙΣΠ), των *Γωνιών Ανακύκλωσης* (ΓΑ) και των *Κινητών Πράσινων Σημείων* (ΚΙΠΣ) που αποσκοπούν στην προαγωγή της πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων και της ανακύκλωσης. Τα ΠΣ, τα ΚΑΕΔΙΣΠ, οι ΓΑ και τα ΚΙΠΣ εντάσσονται στην υλοποίηση της στρατηγικής και των πολιτικών του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων και του Εθνικού Στρατηγικού Σχεδίου Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων και στοχεύουν:

- i. Στην προώθηση της ιεράρχησης στη διαχείριση των αποβλήτων και ιδίως της προώθησης της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης με διαλογή στην πηγή.
- ii. Στην ανάκτηση υλικών υψηλότερης καθαρότητας ως αποτέλεσμα της χωριστής συλλογής.
- iii. Στην προώθηση των πρωτοβουλιών των ΟΤΑ και της Κοινωνικής και Αλληλέγγυας Οικονομίας στον τομέα του περιβάλλοντος.
- iv. Στην ευαισθητοποίηση των πολιτών με την άμεση συμμετοχή τους και την περιβαλλοντική τους εκπαίδευση. Βασικός σκοπός των ΠΣ, ΚΑΕΔΙΣΠ, ΓΑ και ΚΙΠΣ είναι η χωριστή συλλογή διαφόρων κατηγοριών ανακυκλώσιμων αστικών αποβλήτων προκειμένου να προωθηθούν προς προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Επιπλέον ο βασικός σκοπός των ΠΣ και ΚΑΕΔΙΣΠ επεκτείνεται και στη χωριστή συλλογή διαφόρων κατηγοριών χρησιμοποιημένων αντικειμένων πριν αυτά καταστούν απόβλητα προκειμένου να προωθηθούν προς επαναχρησιμοποίηση¹³⁴.

ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4736 (ΦΕΚ Α' 200/20.02.2020)

Ο νόμος 4736/2020 που τέθηκε σε ισχύ στις 20 Οκτωβρίου 2020 περιέχει μια σειρά από διατάξεις για τον περιορισμό της πλαστικής ρύπανσης και των πλαστικών μιας χρήσης¹³⁵. Ο Ν. 4736/2020 αποτελεί ενσωμάτωση της Οδηγίας (ΕΕ) 2019/904 σχετικά με τη μείωση των επιπτώσεων ορισμένων πλαστικών προϊόντων μιας χρήσης στο περιβάλλον προστατεύοντας τις θάλασσες, τα έμβια όντα και φυσικά την ανθρώπινη υγεία και λοιπές διατάξεις. Οι στόχοι της Οδηγίας είναι:

Α. Η πρόληψη και η μείωση της θαλάσσιας ρύπανσης από πλαστικά απορρίμματα που προέρχονται από ορισμένα πλαστικά αντικείμενα μίας χρήσης και αλιευτικά εργαλεία που περιέχουν πλαστική ύλη

¹³⁴ <https://www.eoan.gr/wp-content/uploads/2020/07/896bbf4e5be9cd7616bd7bf5c43372f3037cacc8.pdf>

¹³⁵ https://www.feu.awsassets.panda.org/downloads/recycling_guide_vol_3.pdf?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Plastics-%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82_subscribers

Β. Η προώθηση της μετάβασης σε μία κυκλική οικονομία με καινοτόμα και βιώσιμα επιχειρησιακά μοντέλα, προϊόντα και υλικά ¹³⁶.

Η *Circular Plastics Alliance* είναι μια πρωτοβουλία στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Στρατηγικής για τα Πλαστικά (2018), ιδίως στο Παράρτημα III που σχετίζεται με εθελοντικές δεσμεύσεις από τη βιομηχανία. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε την *Circular Plastics Alliance* τον Δεκέμβριο του 2018 για να βοηθήσει τις αλυσίδες αξίας πλαστικών να ενισχύσουν την αγορά της ΕΕ για ανακυκλωμένα πλαστικά σε 10 εκατομμύρια τόνους έως το 2025 ¹³⁷. Η επίτευξη του στόχου σημαίνει ότι 10 εκατομμύρια τόνοι ανακυκλωμένων πλαστικών χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων στην Ευρώπη έως το 2025 (σε σύγκριση με 4 εκατομμύρια τόνους το 2018). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η επαρκής και σταθερή παροχή ποιοτικών ανακυκλωμένων πλαστικών. Για να επιτευχθεί ο στόχος, πάνω από το 80% της αύξησης των ανακυκλωμένων πλαστικών θα πρέπει να προέρχεται από τις συσκευασίες, το υπόλοιπο από τους άλλους τομείς που καλύπτονται από τη CPA (γεωργία, κατασκευές, αυτοκίνητα και ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά είδη). Η ανάλυση βασίζεται σε υποκείμενους υπολογισμούς από τις ομάδες εργασίας της συμμαχίας για τους αντίστοιχους τομείς τους. Τομείς που δεν εκπροσωπούνται επί του παρόντος στη συμμαχία (π.χ. κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, έπιπλα, αναψυχή) θεωρείται ότι δεν θα παρατηρήσουν αύξηση στη χρήση ανακυκλωμένων πλαστικών έως το 2025. Η πορεία προς τους 10 εκατομμύρια τόνους που προτείνει η CPA βασίζεται σε προηγούμενες εργασίες της συμμαχίας, συμπεριλαμβανομένης της κατάστασης για τη συλλογή και διαλογή πλαστικών απορριμμάτων στην Ευρώπη και μια ατζέντα Ε&Α για τα κυκλικά πλαστικά ¹³⁸.

Το *Ευρωπαϊκό Σύμφωνο για τα Πλαστικά* με επικεφαλής τη Γαλλία, την Ολλανδία και τη Δανία, είναι ένας συνασπισμός δημόσιου-ιδιωτικού τομέα που σχηματίζει ένα ευρωπαϊκό δίκτυο εταιρειών, κρατών και άλλων οργανισμών, όπως ΜΚΟ για τον έλεγχο πλαστικών προϊόντων και συσκευασιών μιας χρήσης. Ενόψει της διάδοσης των πλαστικών απορριμμάτων, στόχος του συμφώνου είναι να τεθούν φιλόδοξοι κοινοί στόχοι και να ενθαρρύνει τη συνεργασία, την καινοτομία και την εναρμόνιση σε ευρωπαϊκό επίπεδο, προκειμένου να επιτευχθεί μια πραγματικά κυκλική ευρωπαϊκή οικονομία πλαστικών. Το Σύμφωνο βασίζεται στους «πρωτοπόρους» στην αλυσίδα αξίας των πλαστικών και στις πιο αφοσιωμένες κυβερνήσεις, προκειμένου να δημιουργήσει ένα τολμηρό κίνημα που θα ανοίξει το δρόμο για την υπόλοιπη αγορά. Το Σύμφωνο εργάζεται σε όλα τα επίπεδα για τη μείωση της απελευθέρωσης πλαστικών στο περιβάλλον: βελτιώνοντας την ανακυκλωσιμότητα και επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων από το σχεδιασμό, με τη στροφή σε μια πιο υπεύθυνη χρήση των πλαστικών, αυξάνοντας τη συλλογή, τη διαλογή και την ανακύκλωση και ενσωματώνοντας περισσότερα ανακυκλωμένα υλικά σε νέα προϊόντα και συσκευασίες. Συγκεκριμένα:

Επαναχρησιμοποίηση και ανακυκλωσιμότητα: Σχεδιάστε όλες τις πλαστικές συσκευασίες και τα πλαστικά προϊόντα μιας χρήσης που διατίθενται στην αγορά ώστε να είναι επαναχρησιμοποιήσιμα όπου είναι δυνατόν και σε κάθε περίπτωση ανακυκλώσιμα έως το 2025.

Υπεύθυνη χρήση πλαστικών: μετάβαση προς μια πιο υπεύθυνη χρήση πλαστικών συσκευασιών και πλαστικών προϊόντων μιας χρήσης, με στόχο τη μείωση των παρθένων πλαστικών προϊόντων και συσκευασιών κατά τουλάχιστον 20% (κατά βάρος) έως το 2025, με το ήμισυ αυτής της μείωσης να προέρχεται από απόλυτη μείωση των πλαστικών.

Συλλογή, διαλογή και ανακύκλωση: αύξηση της ικανότητας συλλογής, διαλογής και ανακύκλωσης κατά τουλάχιστον 25 ποσοστιαίες μονάδες έως το 2025 και επίτευξη επιπέδου που αντιστοιχεί στη ζήτηση της αγοράς για ανακυκλωμένα πλαστικά.

¹³⁶ <https://www.plasticsconference.gr/history/presentations-2022/>

¹³⁷ https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/circular-plastics-alliance_en

¹³⁸ https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/circular-plastics-alliance/commitments-and-deliverables-circular-plastics-alliance_en

Χρήση ανακυκλωμένων πλαστικών: Αύξηση της χρήσης ανακυκλωμένων πλαστικών σε νέα προϊόντα και συσκευασίες έως το 2025, με τις εταιρείες χρηστών πλαστικών να επιτυγχάνουν κατά μέσο όρο τουλάχιστον 30% ανακυκλωμένα πλαστικά (κατά βάρος) στη σειρά προϊόντων και συσκευασιών τους¹³⁹.

Το 2020, 29,5 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών απόβλητων μετά την κατανάλωση συλλέχθηκαν στην ΕΕ27+3 χώρες. Τα ποσοστά ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων είναι 13 φορές υψηλότερα όταν συλλέγονται χωριστά σε σύγκριση με μικτά προγράμματα συλλογής απορριμμάτων¹⁴⁰ όπως αναφέρεται στην έκθεση *Plastics – the Facts 2022* της Ευρωπαϊκής Βιομηχανίας Πλαστικών (Plastic Europe) (Εικόνα 39). Η έκδοση «Plastics – the Facts» του 2022 παρουσιάζει δεδομένα του 2021 για την παραγωγή πλαστικών, τη ζήτηση, τη μετατροπή και ορισμένα ευρωπαϊκά και εθνικά στοιχεία διαχείρισης του τέλους ζωής των πλαστικών του έτους 2020.



Εικόνα 39: Ποσοστό ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων¹⁴¹

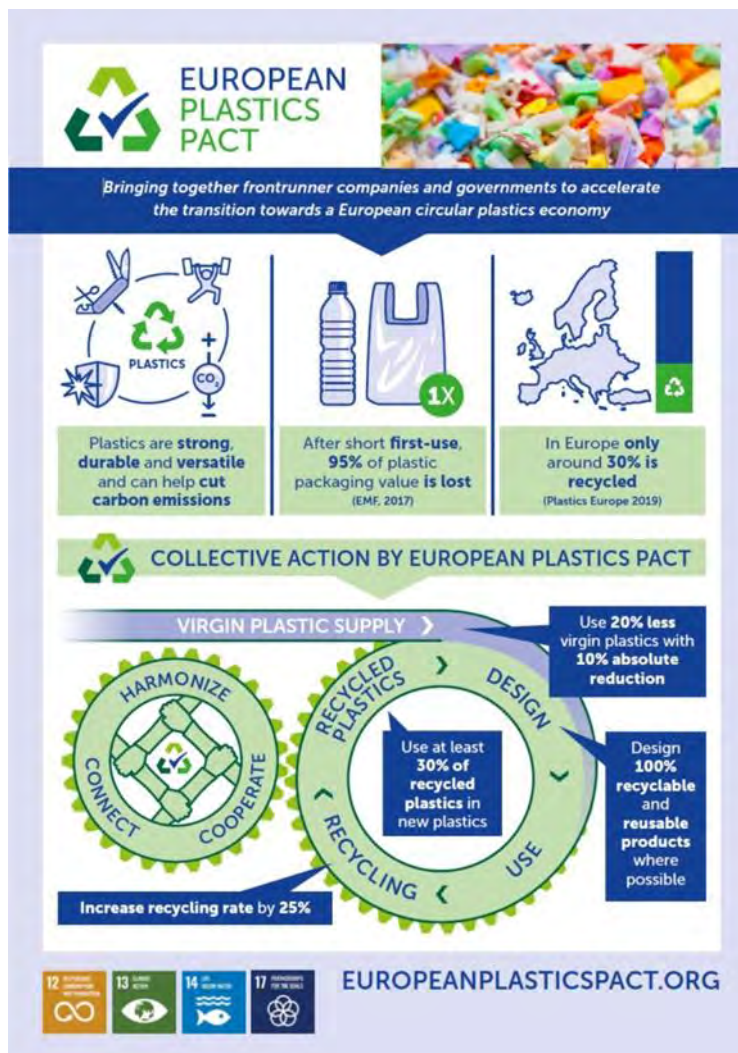
Η Ευρωπαϊκή Βιομηχανία Πλαστικών (Plastic Europe) προσπαθεί να γίνει κυκλική και κλιματικά ουδέτερη και να προωθήσει αυτή τη μετάβαση, οι ευρωπαίοι κατασκευαστές πλαστικών ανέθεσαν την «*ReShaping Plastics: Pathways to a Circular, Climate Neutral Plastics System in Europe*», μια εκτενή ανεξάρτητη έκθεση την *Plastics – the Facts 2022*. Το κεντρικό εύρημα αυτής της έκθεσης είναι ότι για τη μετάβαση στο καθαρό μηδέν έως το 2050, είναι απαραίτητη η ταχύτερη συστημική αλλαγή και η πιο έντονη και αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ όλων των τμημάτων του ευρωπαϊκού συστήματος πλαστικών και των φορέων χάραξης πολιτικής. Σήμερα, τα περισσότερα

¹³⁹ <https://europeanplasticspact.org/faq/#1582282239050-8b51ea83-b17d>

¹⁴⁰ <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>

¹⁴¹ <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>

πλαστικά εξακολουθούν να παράγονται από πρώτες ύλες με βάση τα ορυκτά. Η μετάβαση σε ένα κυκλικό και κλιματικά ουδέτερο σύστημα απαιτεί επενδύσεις και καινοτομία από την αλυσίδα αξίας των πλαστικών για την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων για επαναχρησιμοποίηση, την παραγωγή περισσότερων ανακυκλωμένων πλαστικών και νέων πρώτων υλών που εξαρτώνται λιγότερο από το πετρέλαιο και το αέριο με βάση τα ορυκτά ¹⁴² (Εικόνα 40).



Εικόνα 40: Ενέργειες για λιγότερη παραγωγή πλαστικού ¹⁴³.

Σήμερα σε ευρωπαϊκό επίπεδο ισχύει η λεγόμενη «διευρυμένη ευθύνη παραγωγού» (η οποία ισχύει και στην Ελλάδα), βάσει της οποίας οι επιχειρήσεις που δημιουργούν, μεταποιούν, πωλούν ή εισάγουν προϊόντα έχουν μεγάλο μερίδιο ευθύνης για την ορθή διαχείριση των αποβλήτων που δημιουργούνται όταν χρησιμοποιηθούν τα προϊόντα τους. Αυτή η ευθύνη συνήθως μεταφράζεται σε καταβολή εισφορών που επιχειρήσεις καταβάλλουν στα λογής συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων που έχουν συσταθεί. Οι εισφορές που καταβάλλουν οι επιχειρήσεις είναι εξαιρετικά χαμηλές. Κάποιες επιχειρήσεις δεν καταβάλλουν καν εισφορές και διακινούν παράνομα τα προϊόντα τους στην αγορά. Πολλές επιχειρήσεις θεωρούν πως εφόσον καταβάλλουν εισφορές δεν έχουν καμιά άλλη ευθύνη για τα προϊόντα τους κι έτσι εξακολουθούν να εμπορεύονται

¹⁴² <https://plasticseurope.org/media/backgrounder-plastics-the-facts-2022/>

¹⁴³ <https://europeanplasticspact.org/wp-content/uploads/2020/02/European-Plastic-Pact-infographic.pdf>

προϊόντα που είναι αδύνατο να ανακυκλωθούν. Έχουν ευθύνη να φέρουν στην αγορά προϊόντα με το μικρότερο δυνατό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, προϊόντα που είναι 100% ανακυκλώσιμα. Οι ίδιες οι επιχειρήσεις πρέπει να ελέγξουν τα συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων που ουσιαστικά, να προωθήσουν την ανάκτηση και ανακύκλωση προϊόντος ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι ποσότητες αποβλήτων που οδηγούνται σε ταφή ή καύση και προς την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και υλικών. Οι επιχειρήσεις μαζί με την Πολιτεία θα πρέπει να οδηγηθούν στον οικολογικό σχεδιασμό πλαστικών ειδών, στην προτυποποίηση των υλικών, στην χρήση συγκεκριμένων πολυμερών για συγκεκριμένα είδη, να μην υπάρχουν δεκάδες διαφορετικές αποχρώσεις κά. Το τελευταίο διάστημα γίνεται λόγος για τη μοριακή (χημική) ανακύκλωση πλαστικών όμως δεν μπορεί να αντιστρέψει την πορεία προς λιγότερα πλαστικά ¹⁴⁴.

3.8 Άποψη των ανθρώπων για τα μικροπλαστικά

Το κοινό ανησυχεί ολοένα και περισσότερο για τα μικροπλαστικά ως ένα ανερχόμενο περιβαλλοντικό ζήτημα, ο επείγων χαρακτήρας του οποίου έχει αυξηθεί λόγω πρόσφατων επιστημονικών στοιχείων. Αρκετές μελέτες φυσικών επιστημών έχουν διερευνήσει τα μικροπλαστικά από προοπτικές όπως (SAPEA 2019):

- i) βασικές γνώσεις για τα μικροπλαστικά και τις ιδιότητες των πολυμερών (Andrady 2011, International Union of Pure and Applied Chemistry 2018).
- ii) η πηγή των μικροπλαστικών και η διαδικασία ροής μετανάστευσης (Boucher and Friot 2017, Kooi et al. 2018, Song et al. 2017)
- iii) χαρακτηριστικά κατανομής μικροπλαστικών σε διαφορετικά περιβάλλοντα (Klingelhofer et al. 2020, Peng et al. 2018) και
- iv) τη βιολογική τοξικότητα και τους κινδύνους των μικροπλαστικών (GESAMP, 2015, Remy et al. 2015, Zettler et al. 2013).

Οι αντιλήψεις, οι στάσεις και οι συμπεριφορικές προτιμήσεις του κοινού για τα μικροπλαστικά παραμένουν ανεξερεύνητα στην έρευνα για τα μικροπλαστικά και αξίζουν προσοχής. Αυτές οι μελέτες επικεντρώθηκαν κυρίως σε εξωτερικά κίνητρα, ενώ οι έρευνες που αφορούν εγγενή κίνητρα είναι πολύ περιορισμένες. Επιπλέον, προηγούμενες μελέτες έδωσαν λιγότερη προσοχή στην αντίληψη και τη στάση του κοινού απέναντι στα μικροπλαστικά. Η προθυμία του κοινού να μειώσει τα μικροπλαστικά και τους παράγοντες που επηρεάζουν δεν έχουν ακόμη αναλυθεί διεξοδικά. Τα πρακτικά μέτρα μείωσης των εκπομπών και οι συστάσεις πρέπει επίσης να μελετηθούν περαιτέρω. Αν και τα μικροπλαστικά έχουν συζητηθεί ευρέως στον ακαδημαϊκό χώρο, μπορεί να εξακολουθούν να είναι μια άγνωστη έννοια για το ευρύ κοινό. Η αλλαγή συμπεριφοράς απαιτεί τόσο κίνητρο για αλλαγή όσο και πρακτική τεχνογνωσία (Nisbet and Glick 2008). Από τη μία πλευρά, το κοινό μπορεί να μην κατανοεί πλήρως τον αντίκτυπο των μικροπλαστικών στο περιβάλλον ή στο ανθρώπινο σώμα και να μην έχει το κίνητρο να συμμετάσχει σε δράσεις μείωσης των εκπομπών για τα μικροπλαστικά. Από την άλλη πλευρά, μπορεί να μην ξέρουν τι να κάνουν για να μειώσουν αποτελεσματικά τη ρύπανση από μικροπλαστικά (Deng et al. 2020).

Τα μικροπλαστικά αποτελούν ένα θέμα που προκαλεί αυξανόμενη ανησυχία, όσον αφορά τις πιθανές επιπτώσεις τους τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Μια έρευνα διανεμήθηκε σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του ενήλικου νορβηγικού πληθυσμού (N= 2720) για να διερευνήσει την κατανόηση των μικροπλαστικών από το κοινό. Ζητήθηκε από τους ερωτηθέντες

¹⁴⁴https://www.feu.awsassets.panda.org/downloads/recycling_guide_vol_3.pdf?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Plastics-%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82+%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82_subscribers

να αναφέρουν το πρώτο πράγμα που τους ήρθε στο μυαλό όταν διάβασαν ή άκουσαν τη λέξη «μικροπλαστικά», βάσει της οποίας αναπτύχθηκε ένα σχήμα κωδικοποίησης που χρησίμευε στην κατηγοριοποίηση των απαντήσεων που ελήφθησαν σε θεματικές ομάδες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το κοινό φαίνεται να σκέφτεται τα μικροπλαστικά ως κάτι κακό που μπορεί να μολύνει τον ωκεανό και να βλάψει τα ζωικά είδη. Η επίγνωση των πηγών των μικροπλαστικών φάνηκε να είναι μάλλον χαμηλή και λίγοι ερωτηθέντες ανέφεραν πιθανούς τρόπους επίλυσης του προβλήματος. Οι απαντήσεις διέφεραν σε ορισμένα κοινωνικοδημογραφικά χαρακτηριστικά, για παράδειγμα οι γυναίκες και οι νεότεροι ερωτηθέντες ήταν πιο πιθανό να σκεφτούν την εξάπλωση και τις αιτίες/πηγές των μικροπλαστικών, ενώ ένα υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο συνδέθηκε θετικά με τη σκέψη τρόπων επίλυσης του προβλήματος. Πρόσθετες αναλύσεις έδειξαν σχέσεις μεταξύ των προσωπικών αξιών και των προσδιορισμένων θεματικών ομάδων. Για παράδειγμα, η επικύρωση της υπερβατικότητας του εαυτού και των αξιών του ανοίγματος στην αλλαγή συνδέθηκε με τη σκέψη τρόπων επίλυσης και των συνεπειών των μικροπλαστικών. Αυτά τα ευρήματα είναι ενημερωτικά για όσους θέλουν να σχεδιάσουν προσαρμοσμένες επικοινωνίες και παρεμβάσεις που στοχεύουν στη μείωση της πλαστικής ρύπανσης και των πλαστικών απορριμμάτων (Rodríguez et al. 2022).

Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να βοηθήσει στην ανάπτυξη τέτοιων εκστρατειών εστιάζοντας σε πιο συγκεκριμένες πτυχές που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά και εξετάζοντας περαιτέρω προσωπικούς και δομικούς παράγοντες που μπορεί να διαμορφώσουν τον τρόπο με τον οποίο τα μέλη του κοινού αντιλαμβάνονται τους κινδύνους και τα οφέλη των μικροπλαστικών (Rodríguez et al. 2022).

Όπως φαίνεται και από τις παραπάνω έρευνες που έχουν γίνει, η άποψη του κοινού για τα μικροπλαστικά υστερεί σε γνώση και ενημέρωση. Για όλους τους παραπάνω λόγους δημιουργήθηκε το παρακάτω ερωτηματολόγιο για να αποτυπώσει την άποψη του κοινού για τα μικροπλαστικά και ειδικότερα τα μικροπλαστικά στα λιβάδια.

4. Μέθοδοι και υλικά

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της Διπλωματικής εργασίας του μεταπτυχιακού προγράμματος ΠΟΛΥΒΙΟ όπως αναφέρθηκε και στην πρώτη ενότητα “Εισαγωγή”, αποτελεί μια γενική και κοινωνική έρευνα με ποσοτικά χαρακτηριστικά. Σκοπός της έρευνας είναι να αποτυπώσει την γνώση του ευρέως κοινού στο αν τα λιβάδια δέχονται πλαστικά απορρίμματα, από που προέρχονται, ποιοι ευθύνονται για αυτήν την εικόνα και αν γνωρίζουν οι ερωτώμενοι τι είναι μικροπλαστικά (αποτελέσματα των πλαστικών απορριμμάτων) και τις πηγές προέλευσης τους. Όπως επίσης εάν γνωρίζουν οι ερωτώμενοι ποιες συνέπειες προκαλούνται μέσω της τροφικής αλυσίδας, από το έδαφος των λιβαδιών, στην κατάποση από τα αγροτικά και άγρια ζώα και η κατάληξη στον ανθρώπινο οργανισμό και πως μπορεί να αντιμετωπιστεί. Για την διερεύνηση του βασικού σκοπού της εργασίας διαμορφώθηκαν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι πηγές προέλευσης των πλαστικών απορριμμάτων και ποιες είναι οι επιπτώσεις αυτών στα λιβάδια;
- Τι είναι μικροπλαστικά και πως δημιουργούνται;

- Τι σημαίνει για τα αγροτικά και άγρια ζώα η ρύπανση από μικροπλαστικά;
- Ο ανθρώπινος οργανισμός επηρεάζεται από κατανάλωση μικροπλαστικών μέσω της τροφής (κρέας, γάλα) των βοσκόντων ζώων σε λιβάδια;
- Υπάρχει τρόπος αντιμετώπισης ώστε να σταματήσει η απόρριψη μικροπλαστικών σε εδάφη λιβαδιών;

Για την συγκέντρωση δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ως μέθοδος η δημιουργία ενός ειδικού δομημένου ερωτηματολογίου (Βλέπε 10. Παράρτημα). Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε μόνο διαδικτυακά μέσω προσωπικού email και απευθύνθηκε στο ευρύ κοινό ανεξαρτήτου ηλικίας (από 18 έως 65+) και επαγγελματικής ιδιότητας. Η περιοχή διεξαγωγής της έρευνας περιελάμβανε όλες τις περιοχές της Ελλάδας. Το συνολικό δείγμα των ερωτηθέντων είναι 313 απαντήσεις. Η δημιουργία του ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε σε ηλεκτρονική μορφή Google Forms (λογισμικό διαχείρισης ερευνών που περιλαμβάνεται ως μέρος της δωρεάν σουίτας Google Docs Editors που παρέχεται από την Google) μέσω του ιστότοπου <https://docs.google.com>. Το ερωτηματολόγιο ήταν σύντομο στην συμπλήρωσή του, με 17 ερωτήσεις ώστε να γίνεται πλήρως κατανοητό από τον κάθε συμμετέχοντα-ερωτώμενο.

Το πρώτο μέρος αποτελείται από τέσσερις γενικές ερωτήσεις για το προφίλ του ερωτώμενου και αφορούν το φύλο, την ηλικία, το μορφωτικό του επίπεδο και την επαγγελματική του ενασχόληση. Όλες οι ερωτήσεις είναι κλειστού τύπου με κλίμακα αξιολόγησης one best answer (ερώτηση με μια σωστή απάντηση). Το δεύτερο μέρος αποτελείται από ερωτήσεις για τις αντιλήψεις των ερωτηθέντων για τα πλαστικά απορρίμματα στα λιβάδια, από που προέρχονται, πως καταλήγουν εκεί και ποιοι είναι υπεύθυνοι για την διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων. Οι ερωτήσεις στο σύνολο τους είναι έξι κλειστού τύπου, διαμορφωμένες σε κλίμακα αξιολόγησης likert (όπου 1=καθόλου έως 5=σε μεγάλο βαθμό και με βαθμό διαφωνίας όπου 1= διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό έως 5=συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό), ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης one best answer και ερώτηση κλίμακας Ιεράρχησης με βαθμό σημαντικότητας (όπου 1= καθόλου σημαντική έως 5= πάρα πολύ σημαντική).

Το τρίτο και τελευταίο μέρος περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικά με την γνώση των ερωτηθέντων για τα μικροπλαστικά, ποιες είναι οι εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών, εάν επηρεάζονται οι υπηρεσίες που προσφέρουν τα λιβάδια και αν πιστεύουν ότι υπάρχει τρόπος αποφυγής κατάληξης των μικροπλαστικών σε λιβαδικές εκτάσεις. Συνολικά είναι επτά ερωτήσεις κλειστού τύπου, διαμορφωμένες σε κλίμακα αξιολόγησης likert (όπου 1=καθόλου έως 5=πάρα πολύ), ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης one best answer, ερώτηση διχοτόμησης, ερώτηση κλίμακας πολλαπλών επιλογών και ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης Thurstone με βαθμό σημαντικότητας (όπου 1= καθόλου σημαντική έως 5= πολύ σημαντική).

Κάποιες από τις ερωτήσεις (νούμερο: 6,7,8,9,10,11, Βλέπε 10. Παράρτημα) βασίστηκαν σε ερωτήσεις από ερωτηματολόγιο που αφορά την έρευνα για το Κέντρο Μελετών και Έρευνας ΑΚΤΗ, στο πλαίσιο του έργου «Δίκτυο Παράκτιων Επιχειρήσεων της Κύπρου ενάντια στα σκουπίδια της θάλασσας», που υποστηρίζεται από το The Coca-Cola Foundation με αλλαγές σε κάποιες λέξεις για την προσαρμογή του στην έρευνα για τα λιβάδια. Η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας μέσω ερωτηματολογίου έγινε μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS. Με βάση την στατιστική

ανάλυση προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα όπως παρατίθενται στην ενότητα 5. Αποτελέσματα-Συζήτηση.

5. Αποτελέσματα – Συζήτηση

5.1 Στατιστικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης όπως προαναφέρθηκε ύστερα από στατιστική ανάλυση μέσω του προγράμματος SPSS είναι τα εξής:

1. Πίνακας 1: Περιγραφική στατιστική ανάλυση (Descriptive)

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Παράλληλα του αυτοκινητόδρομου	313	1,00	5,00	3,8882	,99853
Πλάι σε φωτεινούς σηματοδότες	313	1,00	5,00	3,1949	1,10522
Σε πλατείες/ πάρκα/ παιδικές χαρές	313	1,00	5,00	3,7380	,96496
Σε σχολεία/ πανεπιστήμια	313	1,00	5,00	3,4026	1,06410
Σε λίμνες/ θάλασσες/ ποτάμια	313	1,00	5,00	3,7220	,97537
Σε λιβάδια	313	1,00	5,00	3,1661	1,08510
Σε γεωργικές καλλιέργειες	313	1,00	5,00	2,6550	1,15572
Σε δάση/ βουνά	313	1,00	5,00	2,9776	1,01407
Σε πεζοδρόμια	313	1,00	5,00	3,7955	,98858
Πλάι σε κάδους απορριμμάτων	313	1,00	5,00	4,4345	,88235
Valid N (listwise)	313				

Στην ερώτηση εάν έχουν παρατηρήσει οι ερωτώμενοι πεταμένα απορρίμματα (πλαστικά μπουκάλια/καλαμάκια, πλαστικές σακούλες, τενεκεδάκια, σακουλάκια από σνακ, μάσκες

προσώπου κ.α.) σε διάφορα σημεία σε βαθμό αξιολόγησης κλίμακας likert 1 (καθόλου) μέχρι το 5 (σε μεγάλο βαθμό) είναι (Πίνακας 1):

- 1) πλάι σε κάδους απορριμμάτων (μέσος όρος 4,43)
- 2) παράλληλα του αυτοκινητόδρομου (μέσος όρος 3,88)
- 3) σε πεζοδρόμια (μέσος όρος 3,79)
- 4) σε πλατείες/ πάρκα/ παιδικές χαρές (μέσος όρος 3,73)
- 5) σε λίμνες/ θάλασσες/ ποτάμια (μέσος όρος 3,72)
- 6) σε σχολεία/ πανεπιστήμια (μέσος όρος 3,40)
- 7) πλάι σε φωτεινούς σηματοδότες (μέσος όρος 3,19)
- 8) σε λιβάδια (μέσος όρος 3,16)
- 9) σε δάση/βουνά (μέσος όρος 2,97)
- 10) σε γεωργικές καλλιέργειες (μέσος όρος 2,65).

2. Πίνακας 2: Περιγραφική στατιστική ανάλυση (Descriptive)(Ιεράρχησης)

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Τα αφήνουν οι διερχόμενοι	313	1,00	5,00	3,9776	1,14473
Απορρίπτονται από τους βοσκούς/ δασεργάτες/κυνηγούς	313	1,00	5,00	3,0958	1,15626
Απορρίπτονται από παρακείμενες γεωργικές καλλιέργειες/ παρακείμενα αστικά κέντρα	313	1,00	5,00	3,2780	1,05432
Μεταφέρονται από τον άνεμο (από κάδους, κ.ά.)	313	1,00	5,00	2,7157	1,16533
Μεταφέρονται από τα ποτάμια/ όμβριες απορροές	313	1,00	5,00	2,8435	1,14540
Valid N (listwise)	313				

Στην ερώτηση ποιες είναι οι πηγές από τις οποίες προέρχονται τα πλαστικά στα λιβάδια σε βαθμό σημαντικότητας από το 1 έως το 5, όπου 1 = καθόλου σημαντική και 5 = πάρα πολύ σημαντική) (κλίμακα Ιεράρχησης) είναι (Πίνακας 2):

- 1) τα αφήνουν οι διερχόμενοι (βαθμός ιεράρχησης 3,97)

- 2) απορρίπτονται από παρακείμενες γεωργικές καλλιέργειες/ παρακείμενα αστικά κέντρα (μέσος όρος 3,27)
- 3) απορρίπτονται από τους βοσκούς/ δασεργάτες/κυνηγούς (μέσος όρος 3,09)
- 4) μεταφέρονται από τα ποτάμια/ όμβριες απορροές (μέσος όρος 2,84)
- 5) μεταφέρονται από τον άνεμο (από κάδους, κ.ά.) (μέσος όρος 2,71).

Όπως φαίνεται οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι οι πηγές προέλευσης πλαστικών απορριμμάτων στα λιβάδια κατά αύξουσα σειρά σημαντικότητας είναι από τους διερχόμενους και λιγότερο από την μεταφορά των πλαστικών απορριμμάτων από τον άνεμο.

3. Πίνακας 3: Στατιστική ανάλυση συσχέτισης (Correlation)

		Correlations				
		Ανεπαρκής διαχείριση σκουπιδιών	Ανεπαρκής εφαρμογή των περιβαλλοντικών νομοθεσιών	Έλλειψη ανακύκλωσης απορριμμάτων	Έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των σκουπιδιών	Η κουλτούρα μας
Ανεπαρκής διαχείριση σκουπιδιών	Pearson Correlation	1	,522**	,453**	,281**	,226**
	Sig. (2-tailed)		<,001	<,001	<,001	<,001
	N	313	313	313	313	313
Ανεπαρκής εφαρμογή των περιβαλλοντικών νομοθεσιών	Pearson Correlation	,522**	1	,510**	,267**	,334**
	Sig. (2-tailed)	<,001		<,001	<,001	<,001
	N	313	313	313	313	313
Έλλειψη ανακύκλωσης απορριμμάτων	Pearson Correlation	,453**	,510**	1	,386**	,332**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001		<,001	<,001
	N	313	313	313	313	313
Έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των σκουπιδιών	Pearson Correlation	,281**	,267**	,386**	1	,420**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001	<,001		<,001
	N	313	313	313	313	313
Η κουλτούρα μας	Pearson Correlation	,226**	,334**	,332**	,420**	1
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001	<,001	<,001	
	N	313	313	313	313	313

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Στον Πίνακα 3 έγινε ανάλυση συσχέτισης με το κριτήριο Pearson correlation coefficient (Pcc) και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 οι παράγοντες που επηρεάζουν θετικά ο ένας τον άλλο, προκειμένου να βρεθούν ποιες είναι οι αιτίες συγκέντρωσης των πλαστικών απορριμμάτων είναι οι παρακάτω:

- 1) Η ανεπαρκής διαχείριση σκουπιδιών με α) την ανεπαρκή εφαρμογή των περιβαλλοντικών νομοθεσιών (Pcc=0,522), β) την έλλειψη ανακύκλωσης απορριμμάτων (Pcc=0,453), γ) την έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των σκουπιδιών (Pcc=0,281), δ) την κουλτούρα μας (δηλ. συμπεριφορά ατόμων και επιχειρήσεων που περιλαμβάνει την άτακτη ρίψη και «διαρροή» αντίστοιχα) (Pcc=0,226).
- 2) Η ανεπαρκής εφαρμογή των περιβαλλοντικών νομοθεσιών σε σχέση με α) την έλλειψη ανακύκλωσης απορριμμάτων (Pcc=0,510), β) την έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των

σκουπιδιών ($P_{cc}=0,267$), γ) την κουλτούρα μας (δηλ. συμπεριφορά ατόμων και επιχειρήσεων που περιλαμβάνει την άτακτη ρίψη και «διαρροή» αντίστοιχα) ($P_{cc}=0,522$).

- 3) Η έλλειψη ανακύκλωσης απορριμμάτων με α) την έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των σκουπιδιών ($P_{cc}=0,386$), β) την κουλτούρα μας (δηλ. συμπεριφορά ατόμων και επιχειρήσεων που περιλαμβάνει την άτακτη ρίψη και «διαρροή» αντίστοιχα) ($P_{cc}=0,332$).
- 4) Η έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των σκουπιδιών με την κουλτούρα μας (δηλ. συμπεριφορά ατόμων και επιχειρήσεων που περιλαμβάνει την άτακτη ρίψη και «διαρροή» αντίστοιχα) ($P_{cc}=0,420$).

Συμπεραίνουμε ότι οι αιτίες συγκέντρωσης πλαστικών στα λιβάδια συμβάλλουν όλες σε μεγάλο βαθμό τόσο η ανεπαρκής διαχείριση σκουπιδιών όσο και η ανεπαρκής εφαρμογή των περιβαλλοντικών νομοθεσιών. Ακολουθούν η έλλειψη ανακύκλωσης απορριμμάτων, η έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των σκουπιδιών και η κουλτούρα μας. Θα ήταν χρήσιμο μελλοντικά να αλλάξει η εικόνα αυτή και να μην υπάρχουν τέτοια ζητήματα έλλειψης και ανεπάρκειας, ώστε να περιοριστεί όσο το δυνατόν η πλαστική ρύπανση.

4. Πίνακας 4 (1 έως 8): Περιγραφική ανάλυση (Frequencies)

Επηρεάζουν την αναψυχή					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	6	1,9	1,9	1,9
	Διαφωνώ	5	1,6	1,6	3,5
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	36	11,5	11,5	15,0
	Συμφωνώ	167	53,4	53,4	68,4
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	99	31,6	31,6	100,0
	Total	313	100,0	100,0	

Επηρεάζουν την υγεία των ζώων					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	4	1,3	1,3	1,3
	Διαφωνώ	2	,6	,6	1,9
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	6	1,9	1,9	3,8
	Συμφωνώ	72	23,0	23,0	26,8
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	229	73,2	73,2	100,0
	Total	313	100,0	100,0	

Επηρεάζουν την ανάπτυξη των λιβαδικών φυτών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	6	1,9	1,9	1,9
	Διαφωνώ	3	1,0	1,0	2,9
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	35	11,2	11,2	14,1
	Συμφωνώ	108	34,5	34,5	48,6
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	161	51,4	51,4	100,0
Total		313	100,0	100,0	

Αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	4	1,3	1,3	1,3
	Διαφωνώ	4	1,3	1,3	2,6
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	45	14,4	14,4	16,9
	Συμφωνώ	100	31,9	31,9	48,9
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	160	51,1	51,1	100,0
Total		313	100,0	100,0	

Προκαλούν οικονομικές απώλειες στην κτηνοτροφία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	3	1,0	1,0	1,0
	Διαφωνώ	17	5,4	5,5	6,4
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	88	28,1	28,3	34,7
	Συμφωνώ	122	39,0	39,2	74,0
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	81	25,9	26,0	100,0
Total		311	99,4	100,0	
Missing	System	2	,6		
Total		313	100,0		

Είναι ενοχλητικά για τους χρήστες των λιβαδιών					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	6	1,9	1,9	1,9
	Διαφωνώ	12	3,8	3,8	5,8
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	41	13,1	13,1	18,9
	Συμφωνώ	125	39,9	40,1	59,0
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	128	40,9	41,0	100,0
	Total	312	99,7	100,0	
Missing	System	1	,3		
Total		313	100,0		

Στοιχίζει πολύ για να καθαριστούν					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	31	9,9	9,9	9,9
	Διαφωνώ	80	25,6	25,6	35,5
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	89	28,4	28,4	63,9
	Συμφωνώ	64	20,4	20,4	84,3
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	49	15,7	15,7	100,0
	Total	313	100,0	100,0	

Μαζεύονται και ανακυκλώνονται εύκολα					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό	36	11,5	11,5	11,5
	Διαφωνώ	75	24,0	24,0	35,6
	Ούτε διαφωνώ/ούτε συμφωνώ	96	30,7	30,8	66,3
	Συμφωνώ	75	24,0	24,0	90,4
	Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό	30	9,6	9,6	100,0
	Total	312	99,7	100,0	
Missing	System	1	,3		
Total		313	100,0		

Στον παραπάνω Πίνακα 4 οι συμμετέχοντες σε βαθμό διαφωνίας/συμφωνίας κλίμακας αξιολόγησης likert (όπου 1= Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό και 5= Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό) το μεγαλύτερο ποσοστό συμφωνίας σε μεγάλο βαθμό για τα πλαστικά απορρίμματα στα λιβάδια είναι ότι επηρεάζουν **την υγεία των ζώων** σε ποσοστό **73,2%**. Υπάρχουν όμως και τρία ακόμη σημαντικά ποσοστά όπου: α) οι συμμετέχοντες συμφωνούν ότι τα πλαστικά απορρίμματα επηρεάζουν την αναψυχή (53,4%), β) συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό ότι επηρεάζουν την ανάπτυξη των λιβαδικών

φυτών (51,4%) και γ) συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό ότι αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία (51,1%).

Επίσης α) οι συμμετέχοντες συμφωνούν σε ποσοστό 40,1% είναι ενοχλητικά για τους χρήστες, συμφωνούν ότι προκαλούν οικονομικές απώλειες για τον κλάδο της κτηνοτροφίας (39,2%), γ) ούτε διαφωνούν/ούτε συμφωνούν ότι μαζεύονται και ανακυκλώνονται εύκολα (30,8) και δ) ούτε διαφωνούν/ούτε συμφωνούν ότι στοιχίζει πολύ να καθαριστούν τα λιβάδια από τα πλαστικά απορρίμματα (28,4). Συμπεραίνουμε ότι οι συμμετέχοντες έχουν πλήρη αντίληψη σε μεγάλο βαθμό συμφωνίας για τις επιπτώσεις των πλαστικών στις λιβαδικές εκτάσεις στους περισσότερους παράγοντες που τις απαρτίζουν και η συλλογή και εν συνεχεία η ανακύκλωση των πλαστικών από τα λιβάδια πιστεύουν ότι δεν είναι τόσο εφικτό να πραγματοποιηθεί.

5. Πίνακας 5: Περιγραφική ανάλυση (Crosstabs)

Ηλικία * Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά; Crosstabulation

			Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;		Total
			Ναι	Όχι	
Ηλικία	18-24	Count	72	30	102
		% within Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;	28,7%	50,8%	32,9%
	24-34	Count	57	8	65
		% within Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;	22,7%	13,6%	21,0%
	35-44	Count	52	10	62
		% within Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;	20,7%	16,9%	20,0%
	45-54	Count	46	9	55
		% within Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;	18,3%	15,3%	17,7%
	55-64	Count	19	2	21
		% within Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;	7,6%	3,4%	6,8%
	65+	Count	5	0	5
		% within Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;	2,0%	0,0%	1,6%
	Total	Count	251	59	310
		% within Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2- sided)
Pearson Chi-Square	12,039 ^a	5	,034
Likelihood Ratio	12,660	5	,027
Linear-by-Linear Association	7,068	1	,008
N of Valid Cases	310		

a. 3 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,95.

Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,197	,034
	Cramer's V	,197	,034
N of Valid Cases		310	

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5 στην ερώτηση αν γνωρίζουν τι είναι τα μικροπλαστικά σε, σε ηλικίες 18-24 ετών σε ποσοστό 50,8%, το αποτέλεσμα είναι αρνητικό (δεν γνωρίζουν τι είναι μικροπλαστικά), ενώ στις υπόλοιπες ηλικίες 25-34 ετών (σε ποσοστό 22,7%), 35-44 (σε ποσοστό 20,7%), 45-54 (σε ποσοστό 18,3%), το αποτέλεσμα είναι θετικό (γνωρίζουν τι είναι μικροπλαστικά) και αυτό είναι ενθαρρυντικό. Σε μεγαλύτερες ηλικίες 55- 64 (σε ποσοστό 7,6%), 65+ (σε ποσοστό 2,0%) το ποσοστό είναι μικρότερο του 10% γνωρίζουν το όρο μικροπλαστικά. Βέβαια και στις νεότερες ηλικίες (18-24) των συμμετοχόντων είναι ανησυχητικό το αποτέλεσμα διότι φαίνεται ότι έχουν ελλιπή ενημέρωση για το θέμα της μικροπλαστικής ρύπανσης.

Βέβαια η σχέση μεταξύ των μεταβλητών δεν είναι στατιστικά σημαντική αφού παρατηρούμε ότι ο συντελεστής συσχέτισης $\Phi=0,34$, ($p> 0,05$), συνεπώς οι μεταβλητές δεν σχετίζονται, είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους .

6. Πίνακας 6 (1 έως 11): Περιγραφική ανάλυση (Frequencies)

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Πλαστικά μπουκάλια και καλαμάκια	289	92,3	99,7	99,7
	2,00	1	,3	,3	100,0
	Total	290	92,7	100,0	
Missing	System	23	7,3		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Τενεκεδάκια αναψυκτικού/μπύρας	79	25,2	100,0	100,0
Missing	System	234	74,8		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Χάρτινα ποτηράκια καφέ	64	20,4	100,0	100,0
Missing	System	249	79,6		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Σακούλες απορριμμάτων	264	84,3	100,0	100,0
Missing	System	49	15,7		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Συνθετικές μικροΐνες ρούχων	150	47,9	100,0	100,0
Missing	System	163	52,1		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Προϊόντα προσωπικής φροντίδας	115	36,7	100,0	100,0
Missing	System	198	63,3		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Μάσκες προσώπου και γάντια μιας χρήσεως	188	60,1	100,0	100,0
Missing	System	125	39,9		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ελαστικά αυτοκινήτου	102	32,6	100,0	100,0
Missing	System	211	67,4		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Συσκευασίες προϊόντων τροφίμων	162	51,8	100,0	100,0
Missing	System	151	48,2		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Χρώματα οδικής σήμανσης	20	6,4	100,0	100,0
Missing	System	293	93,6		
Total		313	100,0		

Εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Σκόνη πόλης	16	5,1	100,0	100,0
Missing	System	297	94,9		
Total		313	100,0		

Αναμφίβολα η κυριότερη εστία μικροπλαστικών για τους συμμετέχοντες σε ερώτηση πολλαπλών επιλογών είναι τα πλαστικά μπουκάλια και καλαμάκια σε ποσοστό 92,3% και οι σακούλες απορριμμάτων σε ποσοστό 84,3%. Ακολουθούν οι 1) μάσκες προσώπου και γάντια μιας χρήσεως (60,1%), 2) οι συσκευασίες προϊόντων τροφίμων (51,8%), 3) οι συνθετικές μικροΐνες ρούχων (47,9%) και οι υπόλοιπες εστίες με μικρότερο ποσοστό με: 4) προϊόντα προσωπικής φροντίδας (36,7%), 5) ελαστικά αυτοκινήτου (32,6%), 6) τενεκεδάκια αναψυκτικού/ μπύρας (25,2%), 7) χάρτινα ποτηράκια καφέ (20,4%), 8) χρώματα οδικής σήμανσης (6,4%) και 9) σκόνη πόλης (5,1%). Είναι αξιοσημείωτο

ότι οι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν πόσο σημαντικό ρόλο παίζει το πλαστικό σε κάθε μορφή του στην μικροπλαστική ρύπανση είτε είναι πλαστικό μπουκάλι, σακούλα, μάσκες και γάντια, συσκευασίες τροφίμων, είτε συνθετικά ρούχα και ελαστικά αυτοκινήτου.

7. Πίνακας 7: Περιγραφική ανάλυση (Crosstabs)

Φύλο * Τα λιβάδια πιστεύετε ότι είναι «καθαρές εκτάσεις» από μικροπλαστική ρύπανση ώστε να μην περάσουν απο τα ζώα στην τροφική αλυσίδα; Crosstabulation

		Τα λιβάδια πιστεύετε ότι είναι «καθαρές εκτάσεις» από μικροπλαστική ρύπανση ώστε να μην περάσουν απο τα ζώα στην τροφική αλυσίδα;				
		Ναι	Όχι	Δεν γνωρίζω	Total	
Φύλο	Άνδρας	Count	10	61	39	110
		% within Τα λιβάδια πιστεύετε ότι είναι «καθαρές εκτάσεις» από μικροπλαστική ρύπανση ώστε να μην περάσουν απο τα ζώα στην τροφική αλυσίδα;	31,3%	31,9%	43,3%	35,1%
	Γυναίκα	Count	22	130	51	203
		% within Τα λιβάδια πιστεύετε ότι είναι «καθαρές εκτάσεις» από μικροπλαστική ρύπανση ώστε να μην περάσουν απο τα ζώα στην τροφική αλυσίδα;	68,8%	68,1%	56,7%	64,9%
Total		Count	32	191	90	313
		% within Τα λιβάδια πιστεύετε ότι είναι «καθαρές εκτάσεις» από μικροπλαστική ρύπανση ώστε να μην περάσουν απο τα ζώα στην τροφική αλυσίδα;	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2- sided)
Pearson Chi-Square	3,723 ^a	2	,155
Likelihood Ratio	3,662	2	,160
Linear-by-Linear Association	2,919	1	,088
N of Valid Cases	313		

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 11,25.

Symmetric Measures

		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	,109	,155
	Cramer's V	,109	,155
N of Valid Cases		313	

Στον Πίνακα 7 σε ποσοστό 43,3% οι άνδρες δεν γνωρίζουν αν οι λιβαδικές εκτάσεις είναι «καθαρές εκτάσεις» από μικροπλαστική ρύπανση ώστε να μην περάσουν από τα ζώα στην τροφική αλυσίδα, ενώ οι γυναίκες σε ποσοστό 68,8% απάντησαν θετικά ότι πιστεύουν ότι οι λιβαδικές εκτάσεις είναι «καθαρές εκτάσεις». Βέβαια τα ποσοστά μεταξύ τους σε: ΝΑΙ ΟΧΙ απαντήσεις δεν έχουν σημαντική ποσοστιαία διαφορά μεταξύ τους, τόσο στους Άνδρες όσο και στις Γυναίκες. Σε βαθμό συσχέτισης ο $\Phi=0,155$, ($p > 0,05$), οπότε οι μεταβλητές δεν σχετίζονται σημαντικά μεταξύ τους, είναι ανεξάρτητες μεταβλητές.

8. Πίνακας 8: Περιγραφική στατιστική ανάλυση (Descriptive)

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Την ποιότητα του κρέατος	313	1,00	5,00	4,0192	,91967
Στην σύνθεση των λιβαδικών φυτών	313	1,00	5,00	4,0511	,90791
Στην ποιότητα των υδάτων που διέπουν τα λιβάδια	313	1,00	5,00	4,3834	,77210
Στην ποιότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων	313	1,00	5,00	4,0895	,90138
Στην αναψυχή των επισκεπτών σε λιβάδια	313	1,00	5,00	3,7061	1,09040
Valid N (listwise)	313				

Με βάση κλίμακα αξιολόγησης likert (όπου 1=καθόλου έως 5=πάρα πολύ) οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι η αρνητική συνέπεια που έχουν τα μικροπλαστικά ως προς τα αγαθά που παρέχονται από τα λιβάδια είναι:

1. στην ποιότητα των υδάτων που διέπουν τα λιβάδια (μέσος όρος 4,38)
2. στην ποιότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων (μέσος όρος 4,08)
3. στην σύνθεση των λιβαδικών φυτών (μέσος όρος 4,05)
4. την ποιότητα του κρέατος (μέσος όρος 4,01)
5. στην αναψυχή των επισκεπτών σε λιβάδια (μέσος όρος 3,70).

Συμπεραίνουμε ότι κατά πλειοψηφία τους επηρεάζονται αρνητικά όλα τα αγαθά που παρέχονται από τα μικροπλαστικά και λιγότερο με μικρότερη τιμή η αναψυχή των επισκεπτών στα λιβάδια.

9. Πίνακας 9: Περιγραφική στατιστική ανάλυση (Descriptive)

	Descriptive Statistics				
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Μέσω επιβολής μεγαλύτερων προστίμων	313	1,00	5,00	3,9042	1,05782
Μέσω εκπαίδευσης και ενημέρωσης του κοινού	313	1,00	5,00	4,4984	,78088
Μέσω καθαρισμών λιβαδιών	313	1,00	5,00	4,1022	,87106
Μέσω βελτίωσης των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων	313	1,00	5,00	4,4377	,78249
Μέσω της συλλογής των υπαρχόντων πεταμένων απορριμμάτων	313	1,00	5,00	4,2332	,89151
Μέσω της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του πλαστικού	313	1,00	5,00	4,3450	,85623
Μέσω των ειδικών σημάνσεων κοντά σε λιβάδια	313	1,00	5,00	3,5367	1,14050
Μέσω της χρήσης βιοαποικοδομήσιμων ή βιοπλαστικών προϊόντων	313	1,00	5,00	4,2077	,87980
Μέσω δημιουργίας κλειστών κάδων με εγκοπή	313	1,00	5,00	4,0256	,95036
Μέσω του καλύτερου φιλτραρίσματος των λυμάτων	313	1,00	5,00	4,1661	,96304
Valid N (listwise)	313				

Στην ερώτηση που αφορά εάν υπάρχει τρόπος αντιμετώπισης της αποφυγής - κατάληξης των μικροπλαστικών στα λιβάδια, ώστε να αποφευχθεί η ρύπανση με κλίμακα αξιολόγησης likert (όπου 1= καθόλου και 5= πάρα πολύ) οι συμμετέχοντες απάντησαν ότι μπορεί:

1. Μέσω εκπαίδευσης και ενημέρωσης του κοινού (4,49)
2. Μέσω βελτίωσης των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων (4,43)
3. Μέσω της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του πλαστικού (4,34)
4. Μέσω της συλλογής των υπαρχόντων πεταμένων απορριμμάτων (4,23)
5. Μέσω της χρήσης βιοαποικοδομήσιμων ή βιοπλαστικών προϊόντων (4,20)
6. Μέσω του καλύτερου φιλτραρίσματος των λυμάτων (4,16)
7. Μέσω καθαρισμών λιβαδιών (4,10)
8. Μέσω δημιουργίας κλειστών κάδων με εγκοπή (4,02)
9. Μέσω επιβολής μεγαλύτερων προστίμων (3,90)

10. Μέσω των ειδικών σημάνσεων κοντά σε λιβάδια (3,53).

Όπως φαίνεται από τις απαντήσεις οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι υπάρχουν πολλοί τρόποι για να αντιμετωπιστούν τα μικροπλαστικά στα λιβάδια αρκεί να εφαρμόζονται στο έπαρκο. Η ενημέρωση και η εκπαίδευση, η βελτίωση των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων και η κυκλική οικονομία στο θέμα αντιμετώπισης φαίνεται ότι είναι τα πιο σημαντικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν.

10. Πίνακας 10: Στατιστική ανάλυση συσχέτισης (Correlation)

Correlations						
		Την αγορά προϊόντων πολλαπλών χρήσεων αντί των πλαστικών μιας χρήσεως	Την αγορά προϊόντων προσωπικής υγιεινής και μη που δεν περιέχουν μικροσφαιρίδια	Την μείωση χρήσης των αυτοκινήτων	Την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα	Την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες
Την αγορά προϊόντων πολλαπλών χρήσεων αντί των πλαστικών μιας χρήσεως	Pearson Correlation	1	,612**	,288**	,294**	,361**
	Sig. (2-tailed)		<,001	<,001	<,001	<,001
	N	313	313	313	313	313
Την αγορά προϊόντων προσωπικής υγιεινής και μη που δεν περιέχουν μικροσφαιρίδια	Pearson Correlation	,612**	1	,399**	,332**	,545**
	Sig. (2-tailed)	<,001		<,001	<,001	<,001
	N	313	313	313	313	313
Την μείωση χρήσης των αυτοκινήτων	Pearson Correlation	,288**	,399**	1	,240**	,457**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001		<,001	<,001
	N	313	313	313	313	313
Την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα	Pearson Correlation	,294**	,332**	,240**	1	,325**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001	<,001		<,001
	N	313	313	313	313	313
Την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες	Pearson Correlation	,361**	,545**	,457**	,325**	1
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001	<,001	<,001	
	N	313	313	313	313	313

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 10) έγινε ανάλυση συσχέτισης με το κριτήριο Pearson correlation coefficient (Pcc) και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 οι παράγοντες σχετίζονται θετικά ο ένας με τον άλλο, ως προς το αν θα άλλαζαν τις καθημερινές τους συνήθειες οι συμμετέχοντες για τη μείωση των μικροπλαστικών στα λιβάδια και είναι οι παρακάτω:

1. Την αγορά προϊόντων πολλαπλών χρήσεων αντί των πλαστικών μιας χρήσεως α) την αγορά καταναλωτικών προϊόντων/προϊόντων προσωπικής υγιεινής και περιποίησης που δεν περιέχουν μικροσφαιρίδια (Pcc= 0,612), β) την μείωση χρήσης των αυτοκινήτων (Pcc= 0,288), γ) την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα (Pcc= 0,294), δ) την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες για την αποφυγή «διαρροής» τους στο περιβάλλον (Pcc= 0,361).
2. Την αγορά καταναλωτικών προϊόντων/προϊόντων προσωπικής υγιεινής και περιποίησης που δεν περιέχουν μικροσφαιρίδια α) την μείωση χρήσης των αυτοκινήτων (Pcc= 0,399), β) την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα (Pcc= 0,332), γ) την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες για την αποφυγή «διαρροής» τους στο περιβάλλον (Pcc= 545).

3. Την μείωση χρήσης των αυτοκινήτων α) την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα ($P_{cc}= 0,240$), β) την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες για την αποφυγή «διαρροής» τους στο περιβάλλον ($P_{cc}= 0,457$).
4. την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα με την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες για την αποφυγή «διαρροής» τους στο περιβάλλον ($P_{cc}= 0,325$).

Συμπεραίνουμε ότι οι μπορούν να αλλάξουν οι συνήθειες των συμμετοχόντων σε καθημερινή βάση και να χρησιμοποιούν λιγότερο πλαστικό ώστε να περιοριστούν τα μικροπλαστικά στις λιβαδικές εκτάσεις.

11. Πίνακας 11: Περιγραφική ανάλυση (Frequencies)

Έχετε υπόψη τον Ν. 4736/2020 (Οδηγία ΕΕ 904/2018) περί απαγόρευσης πλαστικών μιας χρήσης

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Δεν γνωρίζω τίποτα απολύτως	85	27,2	27,2	27,2
	Γνωρίζω ελάχιστα	40	12,8	12,8	39,9
	Γνωρίζω αρκετά καλά	69	22,0	22,0	62,0
	Γνωρίζω πολύ καλά	64	20,4	20,4	82,4
	Γνωρίζω απόλυτα	55	17,6	17,6	100,0
	Total	313	100,0	100,0	



Στην ερώτηση αν οι συμμετέχοντες έχουν υπόψη τον Ν. 4736/2020 (Οδηγία ΕΕ 904/2018) περί απαγόρευσης πλαστικών μιας χρήσης και ενίσχυση της επαναχρησιμοποίησης και της κυκλικής οικονομίας στο πλαίσιο περιορισμού των πλαστικών απορριμμάτων σε ποσοστό 27,2 % απάντησαν ότι δεν γνωρίζουν τίποτα απολύτως (Πίνακας 11). Σε ποσοστό 22% και 20,4% γνωρίζουν αρκετά καλά και πολύ καλά τον νόμο που είναι σημαντικό, διότι είναι ένα μικρό δείγμα των συμμετοχόντων που έχουν υπόψιν τον νόμο αυτόν για την διατήρηση της κυκλικής οικονομίας και αποφυγή χρήσης πλαστικών μιας χρήσης αφού έχουν μικρή διάρκεια χρήσης.

6. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε, παρατηρούμε ότι συμμετέχοντες- πολίτες που ερωτήθηκαν έχουν παρατηρήσει πεταμένα πλαστικά απορρίμματα σε διάφορα αστικά σημεία μιας πόλης/ χωριού όπως κάδους απορριμμάτων, πεζοδρόμια, πλατείες κ.α., παρά προς την περιφέρεια μιας αστικής περιοχής, ακόμα λιγότερο σε λιβάδια που αφορά η έρευνα, σε δάση/βουνά και σε γεωργικές καλλιέργειες. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η μεγαλύτερη πηγή προέλευσης πλαστικών απορριμμάτων σύμφωνα με τους συμμετέχοντες προέρχεται από τους διερχόμενους κοντά σε λιβάδια και λιγότερο μεταφέρονται από άνεμο και όμβριες απορροές/ποτάμια. Η έλλειψη κάποιων βασικών ενεργειών όπως: η ανεπαρκής διαχείριση απορριμμάτων, η ανεπαρκής εφαρμογή περιβαλλοντικών νομοθεσιών, η ελλιπής ανακύκλωση απορριμμάτων, η ελλιπής ενημέρωση για το πρόβλημα των πλαστικών απορριμμάτων και η κουλτούρα μας (που περιλαμβάνει την συμπεριφορά ατόμων και επιχειρήσεων με την άτακτη ρίψη πλαστικών απορριμμάτων) προκαλούν τις αιτίες για την συγκέντρωση πλαστικών στα λιβάδια.

Επίσης οι συμμετέχοντες συμφωνούν σε μεγάλο ποσοστό ότι η υγεία των ζώων που επιβιώνουν και βόσκουν στα λιβάδια επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα πλαστικά. Και εν συνεχεία επηρεάζεται αρνητικά η αναψυχή που περιλαμβάνει περιπάτους, εκδρομές, επισκέψεις κ.α. στα λιβάδια. Η βλαστητική ανάπτυξη των λιβαδικών φυτών και η δημόσια υγεία συμφωνούν ότι απειλούνται από τα πλαστικά. Σε μικρότερο ποσοστό πιστεύουν ότι επηρεάζεται οι χρήστες των λιβαδιών και τα οικονομικά οφέλη της κτηνοτροφίας. Η γνώμη τους σχετικά με την εύκολη συλλογή των πλαστικών και το κόστος συλλογής των πλαστικών στα λιβάδια είναι ουδέτερη σε βαθμό συμφωνίας/διαφωνίας.

Το γεγονός ότι σε ηλικίες από 25 έως 54 ετών γνωρίζουν τον όρο «μικροπλαστικά» είναι πολύ ενθαρρυντικό και δείχνει ότι έχουν πλήρη γνώση για τον κίνδυνο που κρύβουν τα μικροπλαστικά. Σε ηλικίες από 18-24 ετών ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό, δυστυχώς δεν έχουν διαβάσει ή έχουν ενημερωθεί από κάποιο μέσο ενημέρωσης για την έννοια του μικροπλαστικού και αυτό είναι ανησυχητικό για το περιβάλλον που τους περιβάλλει και την μελλοντική τους πορεία με τα μικροπλαστικά. Ένα μικρότερο ποσοστό κάτω του 10% είναι θετικό ότι γνωρίζουν τι είναι μικροπλαστικά. Σε μεγάλη πλειοψηφία των ερωτηθέντων πιστεύουν ότι οι μεγαλύτερες εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών είναι τα πλαστικά μπουκάλια και καλαμάκια και οι σακούλες απορριμμάτων. Ακολουθούν οι μάσκες προσώπου και γάντια μιας χρήσεως λόγω και της πανδημίας του COVID-19 τελευταία δύο χρόνια, οι συσκευασίες προϊόντων τροφίμων και οι συνθετικές μικροΐνες ρούχων. Με μικρότερο ποσοστό τα προϊόντα προσωπικής φροντίδας, τα ελαστικά αυτοκινήτου, τα τενεκεδάκια αναψυκτικού/ μπύρας, τα χάρτινα ποτηράκια καφέ και ακόμα λιγότερο τα χρώματα οδικής σήμανσης και η σκόνη πόλης.

Αξιοσημείωτο είναι ότι οι περισσότεροι άντρες δεν γνωρίζουν αν οι λιβαδικές εκτάσεις είναι «καθαρές εκτάσεις» από μικροπλαστική ρύπανση ώστε να μην περάσουν τα μικροπλαστικά από τα ζώα στην τροφική αλυσίδα και να καταλήξουν στον άνθρωπο, ενώ οι γυναίκες σε ποσοστό 68,8% απάντησαν θετικά ότι είναι «καθαρές εκτάσεις». Η αλήθεια είναι ότι οι λιβαδικές εκτάσεις δεν είναι τόσο «καθαρές» αν αναλογιστεί κανείς την διαρροή πλαστικών από άτακτη ρίψη, την μεταφορά από τον άνεμο και την ατμοσφαιρική εναπόθεση μικροσωματιδίων πλαστικού σε μέγεθος αόρατα για το ανθρώπινο μάτι σύμφωνα με την βιβλιογραφία.

Από τα μικροπλαστικά επηρεάζονται αρνητικά σύμφωνα με τις απαντήσεις των ερωτηθέντων-συμμετοχόντων η ποιότητα των υδάτων των λιβαδιών, η ποιότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων, η σύνθεση των λιβαδικών φυτών, η ποιότητα του κρέατος από το βοσκόντα ζώα αλλά και η αναψυχή των επισκεπτών όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω από τα πλαστικά απορρίμματα. Είναι σημαντικό ότι οι ερωτηθέντες αναγνωρίζουν την επικινδυνότητα της παρουσίας μικροπλαστικών στα λιβάδια σε όλες τις υπηρεσίες που μας προσφέρουν.

Οι συμμετέχοντες θεωρούν ότι μπορούν να πραγματοποιηθούν κάποιες ενέργειες που μπορούν να αποτρέψουν την μικροπλαστική ρύπανση στα λιβάδια όπως είναι και βασική ενέργεια η εκπαίδευσης και ενημέρωση του ευρέως κοινού. Η βελτίωση των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων, η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του πλαστικού, η συλλογή των υπαρχόντων πεταμένων απορριμμάτων, η χρήση βιοαποικοδομήσιμων ή βιοπλαστικών προϊόντων αλλά και το καλύτερο φιλτράρισμα των λυμάτων είναι κάποιες διαδικασίες που μπορούν να βελτιώσουν την διαρροή των μικροπλαστικών. Οι συμμετέχοντες είναι διατιθέμενοι να αλλάξουν τις καθημερινές τους συνήθειες προκειμένου να βοηθήσουν στην μείωση των μικροπλαστικών στα λιβάδια. Αυτό

επιτυγχάνεται από την αγορά προϊόντων πολλαπλών χρήσεων αντί των πλαστικών μιας χρήσεως, από την αγορά καταναλωτικών προϊόντων/προϊόντων προσωπικής υγιεινής και περιποίησης που δεν περιέχουν μικροσφαιρίδια πλαστικού, από την μείωση χρήσης των αυτοκινήτων και από την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα. Αλλά και από την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες οποίες σύμφωνα με την βιβλιογραφία διαρρέονται από τα συνθετικά ρούχα μας μέσω του ανέμου και κατά την διάρκεια του πλυσίματος μέσω της αποχέτευσης και της μη συγκράτησης των συνθετικών ινών από τους καθαρισμούς λυμάτων.

Τέλος σχετικά με τον νόμο Ν. 4736/2020 (Οδηγία ΕΕ 904/2018) περί απαγόρευσης πλαστικών μιας χρήσης που νομοθετήθηκε το 2020 οι ερωτώμενοι-συμμετέχοντες δεν τον γνωρίζουν. Βέβαια ενώ έχει νομοθετηθεί στην πράξη στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται πλήρως μέχρι και σήμερα 3 χρόνια μετά το 2023.

7. Αξιοποίηση συμπερασμάτων - Διαχειριστικές απόψεις

Τα λιβάδια όπως προέκυψε δέχονται πλαστικά απορρίμματα από απόρψη ή εναπόθεση πλαστικών απορριμμάτων από πολλούς παράγοντες. Η διάσπαση τους σε μικροπλαστικά επηρεάζει τόσο τα αγροτικά και άγρια ζώα, όσα και τα λιβαδικά φυτά από τα οποία προσλαμβάνουν την τροφή τους. Τα μικροπλαστικά όπως προαναφέρθηκε επηρεάζουν και το έδαφος των λιβαδιών με συνέπειες στα λιβαδικά φυτά και τους υπόγειους υδροφορείς αλλά και την μικροπανίδα του εδάφους όπως οι γαιοσκώληκες. Η υγεία των ανθρώπων επηρεάζεται εξίσου από την κατάποση παράγωγων προϊόντων (κρέας, γάλα) από τα ζώα στα λιβάδια, αλλά και από την ατμοσφαιρική εναπόθεση μικροπλαστικών και στο νερό που καταναλώνουμε είτε βρύσης (λιγότερη ποσότητα μικροπλαστικών) είτε εμφιαλωμένο πλαστικό μπουκάλι με σοβαρές ασθένειες όπως προέκυψε από την βιβλιογραφία.

Η ανάγκη να αντιμετωπιστεί η μικροπλαστική ρύπανση στα Λιβάδια μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες παραμέτρους. Πρώτον από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση των ερωτηματολογίων και από την βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι η ενημέρωση των πολιτών όλων των κοινωνικών και ηλικιακών βαθμίδων από μαθητές μέχρι πολίτες μεγαλύτερης ηλικίας είναι μείζονος σημασία, ώστε να ενημερωθούν για τον κίνδυνο που προκαλούν τα μικροπλαστικά και να υιοθετήσουν τρόπους ώστε να προστατευθούν και να τα αφαιρέσουν από την ζωή τους. Η ενημέρωση θα βοηθήσει να σταματήσει η άτακτη ρίψη στα λιβάδια και στο περιβάλλον, σε μεγαλύτερα ποσοστά ανακύκλωσης, στην προστασία της πανίδας και της χλωρίδας και στην προστασία των λιβαδικών εκτάσεων και των υπηρεσιών που προσφέρουν όπως αναψυχή, βιοποικιλότητα, λιβαδικά φυτά κ.α. Η επαναχρησιμοποίηση του πλαστικού με την ανακύκλωση στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας, η χρήση άλλου είδους υλικού εκτός πλαστικού όπως ξύλο, βιοπλαστικά προϊόντα κ.α, η χρήση μη συνθετικών ρούχων και προϊόντων προσωπικής υγιεινής φιλικά προς το περιβάλλον χωρίς μικροσφαιρίδια πλαστικού, η λιγότερη χρήση αυτοκινήτου με μικρότερο ποσοστό διαφυγής ελαστικών είναι μερικοί από τους τρόπους αντιμετώπισης των μικροπλαστικών που μπορούν να υιοθετήσουν οι πολίτες.

Δεύτερον η διακοπή εναπόθεσης πλαστικών απορριμμάτων με αποτέλεσμα την δημιουργία μικροπλαστικών στα λιβάδια, είναι μια σημαντική παράμετρος για την μείωση της μικροπλαστικής ρύπανσης. Όμως οι ενέργειες σαν αυτές θα χρειαστούν πολλές δράσεις τόσο σε τοπικό επίπεδο

από τους Δήμους, όσο και σε εκπαιδευτικό επίπεδο από την εκπαιδευτική κοινότητα, οι ίδιοι οι καταναλωτές να εκπαιδευτούν, αλλά το σημαντικότερο από το κράτος που θα επιφέρει σε νομικό πλαίσιο την επιβολή νομοθετικών ρυθμίσεων. Αυτή την χρονική στιγμή στην Ελλάδα ανακυκλώνεται μόνο το 20% των πλαστικών. Ένα πολύ μικρό ποσοστό σε σχέση με την παραγωγή πλαστικού ετησίως για τις διάφορες ανάγκες. Πρόσφατα νομοθετήθηκε ο νόμος 4819/2021 - ΦΕΚ 129/Α/23-7-2021 (Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων) που ενσωματώνει την ξεχωριστή Διαλογή στην Πηγή όπου θα υπάρχουν ξεχωριστοί κάδοι για κάθε υλικό ώστε να μην μπερδεύονται τα διάφορα υλικά μεταξύ τους στην μετέπειτα διαλογή σε κάθε Δήμο της Ελλάδας στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας. Μέχρι στιγμής σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας έχουν τοποθετηθεί τέτοιοι κάδοι ξεχωριστής διαλογής υλικών υπαίθριοι και υπόγειοι όμως δεν εφαρμόζονται παντού.



Εικόνα 41: (Αριστερά) Ξεχωριστοί κάδοι ανακύκλωσης (Διευθύνων Σύμβουλος του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης κ. Ιωάννης Σιδέρης ¹⁴⁵. (Δεξιά) : Υπόγειοι κάδοι ανακύκλωσης (Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Γαρούφου Βασιλική).

Στον νόμο 4819/2021 - ΦΕΚ 129/Α/23-7-2021 συμπεριλαμβάνεται και η δημιουργία των Πράσινων Σημείων σε κάθε Δήμο, είναι η χωριστή συλλογή διαφόρων κατηγοριών ανακυκλώσιμων αστικών αποβλήτων προκειμένου να προωθηθούν προς προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Η δημιουργία των πράσινων σημείων δίνει την δυνατότητα στους πολίτες να λειτουργούν στην γραμμή των μηδενικών αποβλήτων και να μην καταλήγουν στις χωματερές. Βέβαια μέχρι και σήμερα βήματα προς αυτήν την κατεύθυνση δεν έχουν γίνει από τους Δήμους.

Επίσης η κάθε επιχείρηση θα μπορούσε να ακολουθήσει τον σχεδιασμό της Polygreen (ιδιωτική εταιρεία διαχείρισης απορριμμάτων και ανακύκλωσης) που στοχεύει στα μηδενικά απόβλητα βασιζόμενη στην κυκλική οικονομία (επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση κ.α.). Πρόσφατα συνεργάστηκε με την εταιρεία McDonald's στην Ελλάδα (αφού πρώτα ανέδειξε την Τήλο ως το πρώτο νησί μηδενικών αποβλήτων στον κόσμο). Αποστολή της Polygreen είναι η αλλαγή της περιβαλλοντικής κουλτούρας μέσα από στοχευμένες δράσεις εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης του κοινού. Μέσω του καινοτόμου προγράμματος κυκλικής οικονομίας **Just Go Zero**, τα ρεύματα αποβλήτων διαχωρίζονται στην πηγή, συλλέγονται από χώρους γραφείων και από καταστήματα και αξιοποιούνται με στόχο να αποκτήσουν δεύτερη ζωή. Στο πλαίσιο της συνεργασίας, η Polygreen συλλέγει χαρτί και πλαστικό προς ανακύκλωση, οργανικά υλικά και υπολείμματα καφέ για την παραγωγή λιπάσματος και γενικά απόβλητα τα οποία προωθούνται για ενεργειακή αξιοποίηση. Οι εργαζόμενοι του εστιατορίου εκπαιδεύτηκαν για να απορρίπτουν με τον κατάλληλο

¹⁴⁵ <https://www.infokids.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CF%83%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%81%CE%B7%CF%82.png>

τρόπο τα παραπάνω υλικά, ώστε τίποτα πλέον να μην πηγαίνει χαμένο. Τη δράση συμπληρώνει η εφαρμογή **Just Go Zero App**, που καταμετρά το βάρος των ποσοτήτων που συλλέγονται με στόχο την ορθή περιβαλλοντική διαχείριση και ο υπολογισμός του περιβαλλοντικού οφέλους από την αξιοποίηση των υλικών ¹⁴⁶. Θα μπορούσε η κάθε επιχείρηση (εστίασης και μη), να συμπεριλάβει στον εξοπλισμό της, κάδους για ανακύκλωση των απορριμμάτων και να εκπαιδεύσει τους εργαζομένους τους ώστε να λειτουργούν στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας.

Τα ανακυκλώσιμα προϊόντα για να ανακυκλωθούν χρειάζεται να είναι καθαρά. Πολλές φορές οι πολίτες, ακόμα και οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν πλαστικά (συσκευασίες, δοχεία κ.α.), τα οποία περιέχουν προϊόντα τα οποία χρησιμοποιούν αλλά αφήνουν το αποτύπωμα τους στο πλαστικό που περιέχονται. Βέβαια υπάρχουν και πλαστικά προϊόντα τα οποία είναι καθαρά και ανακυκλώνονται σε κάδους. Θα μπορούσε να υπάρχει ένα σύστημα στην Διαλογή στην Πηγή και Πράσινα σημεία, όπου θα περιλαμβάνει μια βάση συλλογής με τεχνολογικό εξοπλισμό έτσι ώστε να καθαρίζονται τα ανακυκλώσιμα προϊόντα από τα διάφορα υπολείμματα και να αποθηκεύονται για μελλοντική επανάχρηση. Η ποσότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί, θα αποταμιευεται αφού πρώτα φιλτραριστεί από μικροπλαστικά και θα εισέρχεται σε τεχνητό καλαμώνα απο τον οποίο θα φιλτράρεται το νερό και θα επαναχρησιμοποιείται για τον ίδιο σκοπό ή για άλλη χρήση.

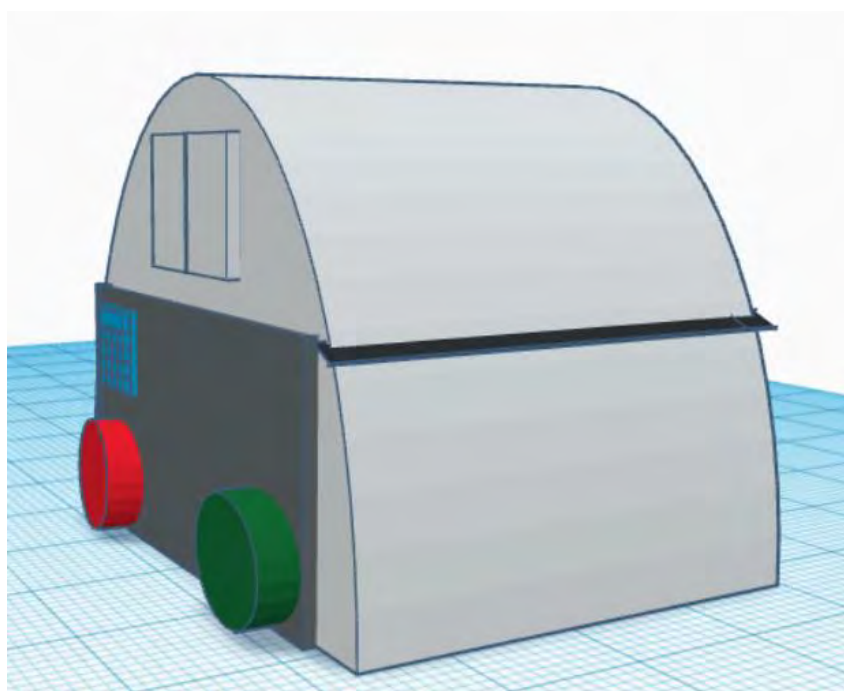
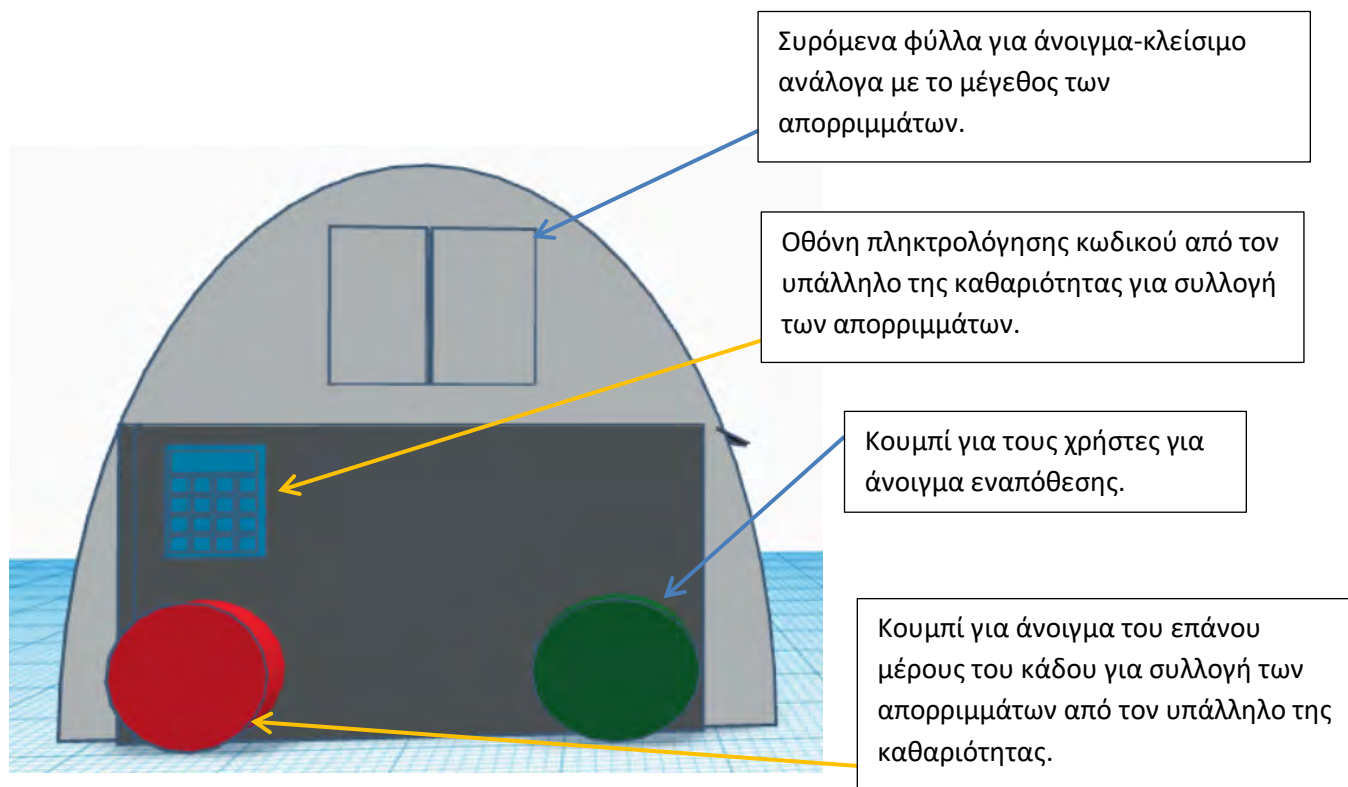
Βέβαια για να πραγματοποιηθεί η ανακύκλωση και να μην υπάρχει διαρροή από τους κάδους ανακύκλωσης, επειδή είναι υπερφορτωμένοι από απορρίμματα ή τοποθετούνται δεξιά - αριστερά από τους χρήστες, με αποτέλεσμα πολλές φορές να παρασύρονται από τον αέρα ή την βροχή ή από τα αδέσποτα ζώα (Εικόνα 42).



Εικόνα 42: Υπερφορτωμένος κάδος ανακύκλωσης (αριστερά) και απορριπτόμενα απορρίμματα εκτός κάδου (δεξιά) (Φωτογραφικό αρχείο Γαρούφου Βασιλική).

Για αυτόν τον σκοπό προτείνεται αλλαγή της σημερινής εικόνας των κάδων με αυτή που απεικονίζεται στην εικόνα 43.

¹⁴⁶ <https://www.cnn.gr/oikonomia/epixeiriseis/story/349695/i-polygreen-kai-i-mcdonald-s-analamvanoun-drasi-gia-enan-kosmo-me-ligotera-apovlita>



Εικόνα 10: Προτεινόμενος κάδος απορριμμάτων ανακύκλωσης και κοινών απορριμμάτων (Πρόγραμμα σχεδίασης Tinkercad, Σχεδίαση Γαρούφου Βασιλική).

Στην εικόνα 43 απεικονίζεται ένας προτεινόμενος κάδος εναπόθεσης απορριμμάτων είτε ανακυκλώσιμων είτε συμβατικών. Ο κάδος αποτελείται από δύο συρόμενες μικρές πόρτες στο επάνω μέρος με δυνατότητα ανοίγματος και από τις δύο πλευρές και δύο κουμπιά δεξιά και αριστερά. Οι συρόμενες πόρτες θα κλείνουν με χρονοδιακόπτη των 30 δευτερολέπτων μετά το άνοιγμά τους. Θα υπάρχει αισθητήρας εσωτερικά του κάδου έτσι ώστε να ενημερώνει τον χρήστη, ότι ο κάδος έχει γεμίσει από απορρίμματα και θα τον παραπέμπει στον πλησιέστερο κάδο που θα είναι στα 50 μέτρα. Επίσης, τόσο από την ετικέτα που θα φέρει, όσο και τη μικρή οθόνη που φαίνεται πάνω αριστερά, ο χρήστης θα ενημερώνεται να μην αφήνει τα απορρίμματα εξωτερικά του κάδου και

πάνω σε αυτόν, καθώς είναι παράβαση που τιμωρείται με πρόστιμο. Ο χρήστης που θα εναποθέσει τα απορρίμματα του, το μόνο που θα χρειαστεί να πατήσει είναι το πράσινο κουμπί κάτω δεξιά όπως φαίνεται στην εικόνα με δυνατότητα να επιλέξει το μέγεθος του ανοίγματος, πατώντας μια έως τρεις φορές το κουμπί ανάλογα με την ποσότητα των απορριμμάτων. Οι υπάλληλοι της καθαριότητας θα μπορούν να αφαιρούν και να περισυλλέγουν τα απορρίμματα πατώντας το κόκκινο κουμπί κάτω αριστερά με κωδικό ανοίγματος ή σκανάροντας μια κωδικοποιημένη κάρτα που θα διαθέτουν. Ο κάδος θα ανοίγει από την πλάγια δεξιά πλευρά μόνο όπως φαίνεται να προεξέχει μια εγκοπή, οπότε και θα μοιάζει σαν ένα ανοιχτό μπαούλο.

Στα μεγάλα αστικά κέντρα ο κάδος θα είναι κατασκευασμένος είτε από ανακυκλωμένο πλαστικό ή βιοπλαστικό για να είναι φιλικό προς το περιβάλλον. Στις περιφέρειες και στις ορεινές περιοχές από ανακυκλωμένο αλουμίνιο ή από ξύλο εξωτερικής χρήσης με ενσωματωμένο φύλλο αποβροχοποίησης για να μην διαπερνούν τα όποια μικρόβια από τα απορρίμματα. Ο σχεδιασμός αυτός προβλέπεται έτσι ώστε τα απορρίμματα να μην παρασύρονται από τον αέρα, την βροχή και τα διερχόμενα αδέσποτα και άγρια ζώα και να μην αφήνονται πάνω και εξωτερικά του κάδου όπως παρατηρείται να συμβαίνει όταν ο συμβατικός κάδος υπερχειλίζει από απορρίμματα.

Τρίτον ο νόμος για τα πλαστικά μιας χρήσης που έχει ψηφιστεί από το 2020, θα έπρεπε να εφαρμόζεται στην Ελλάδα, για να σταματήσει η χρήση των προϊόντων και η «διαρροή» τους στα λιβάδια. Σε κάποιο βαθμό, ο μετριασμός της ρύπανσης από μικροπλαστικά μπορεί να επιτευχθεί μέσω καλύτερης νομοθεσίας και επιβολής του νόμου (Wong et al. 2020). Τα Ηνωμένα Έθνη δημοσίευσαν την έκθεση «Νομικά όρια για τα πλαστικά και τα μικροπλαστικά μιας χρήσης: Μια παγκόσμια αναθεώρηση των εθνικών νόμων και κανονισμών» που δείχνει ότι τον Ιούλιο του 2018, 127 από τις 192 χώρες που συμμετείχαν στην έρευνα, ή περίπου το 66%, είχαν περάσει κάποια μορφή νόμος για τη ρύθμιση των πλαστικών σακουλών. Αυτοί οι νόμοι και οι κανονισμοί περιλαμβάνουν απαγορεύσεις, φόρους και διαχείριση απορριμμάτων, μέτρα για τη βελτίωση της διάθεσης, την ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης και την προώθηση εναλλακτικών λύσεων αντί των πλαστικών προϊόντων. Πλαστικές σακούλες, άλλα πλαστικά μιας χρήσης και πλαστικές μικροσφαιρίδια είναι το επίκεντρο της προσοχής. Για παράδειγμα, 27 χώρες επιβάλλουν φόρους στην κατασκευή και παραγωγή πλαστικών σακουλών, ενώ 30 χώρες χρεώνουν τους καταναλωτές για τις πλαστικές σακούλες (Yang et.al 2021).

Η προσθήκη μικροσφαιριδίων σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας απαγορεύεται σε ανεπτυγμένες χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς, η Ολλανδία και η Νέα Ζηλανδία (Yang et.al 2021). Το ίδιο θα πρέπει να γίνει και στην Ελλάδα απογορευθεί η χρήση τέτοιων μικροσφαιριδίων για τα προϊόντα προσωπικής φροντίδας και να αντικατασταθούν τα μικροσφαιρίδια πλαστικού με άλλου είδους υλικού. Όπως και η μείωση και η κατάργηση συνθετικών ρούχων και κάθε είδους συνθετικού ρουχισμού και υφάσματος για να μην απελευθερώνονται μικροϊνες συνθετικές στην ατμόσφαιρα και μέσω καθαρισμού λυμάτων στα λιβαδικά οικοσυστήματα.

Τα πλαστικά προϊόντα μιας χρήσης ελέγχονται αυστηρά και ενθαρρύνεται η χρήση αποικοδομήσιμων πλαστικών (Geyer 2020, Wong et al. 2020). Τα βιοπλαστικά αναφέρονται σε πλαστικά που παράγονται υπό τη δράση μικροοργανισμών που βασίζονται σε φυσικές ουσίες όπως το άμυλο. Είναι ανανεώσιμο και επομένως πολύ φιλικό προς το περιβάλλον. Η αντικατάσταση πλαστικών προϊόντων με βιοπλαστικά είναι μια βιώσιμη λύση. Η ιαπωνική κυβέρνηση έχει εκδώσει το «Περίγραμμα στρατηγικής για τη βιοτεχνολογία» και τη «Ολοκληρωμένη στρατηγική για τη

βιομάζα της Ιαπωνίας» για την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών όπως τα βιοπλαστικά, τα οποία ανέφεραν ότι η επέκταση της χρήσης των βιοπλαστικών είναι ένα σημαντικό ζήτημα (Yang et.al 2021).

Δεν αρκεί να περιοριστούν μόνο τα πλαστικά μιας χρήσης αλλά και η συσκευασία η οποία είναι από πλαστικό κάθε τι που συσκευάζεται. Οι πλαστικές συσκευασίες, η χρήση της διάφανης μεμβράνης εξωτερικά από τις πλαστικές συσκευασίες, το φελιζόλ που είναι ένα υλικό που δεν ανακυκλώνεται θα έπρεπε να περιοριστούν και να μην χρησιμοποιούνται καθόλου ώστε αν καταλήξουν στα λιβάδια να μην δημιουργηθούν μικροπλαστικά. Η αλλαγή του πλαστικού με άλλο είδος υλικού όπως βιοπλαστικό, ή βιοαποικοδομήσιμο πλαστικό ή συσκευασίες φτιαγμένες από χαρτί ή χύμα προϊόντα (αν πρόκειται για τρόφιμα) θα μπορούσε να ήταν μια καλύτερη επιλογή καθώς παγκοσμίως η παραγωγή της συσκευασίας έχει αυξηθεί πάρα πολύ.

Μια περίπτωση κομποστοποίησης είναι από το *Τεχνικό Ερευνητικό Κέντρο VTT* (Technical Research Centre) της Φινλανδίας όπου δημιούργησε ένα κομποστοποιήσιμο πολυστρωματικό υλικό από γεωργικά και δασικά υποπροϊόντα, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη συσκευασία προϊόντων όπως μούσλι, ξηροί καρποί και τυρί. Η λύση υλικού VTT μοιάζει με πλαστικό και έχει απόδοση σαν πλαστικό, αλλά προέρχεται από τους ίδιους πόρους της Φύσης. Μπορεί να κατασκευαστεί από το ίδιο υλικό με ένα κανονικό κομμάτι χαρτί, καθώς χρησιμοποιεί πρώτες ύλες με βάση την κυτταρίνη, όπως το ξύλο. Μπορεί επίσης να κατασκευαστεί από ταχέως αναπτυσσόμενα φυτά όπως άχυρο ρυζιού και ζαχαροκάλαμο, ανακυκλωμένες ίνες, απορρίμματα υφασμάτων και γεωργικά υπολείμματα. Η κυτταρίνη είναι εγγενώς ασφαλής, ανανεώσιμη, ανακυκλώσιμη και βιοαποδομήσιμη. Χάρη στις καλές του ιδιότητες φραγμού έναντι των αερίων, του λίπους, των ορυκτελαίων και της υγρασίας, το υλικό του VTT είναι κατάλληλο για πολλές εφαρμογές συσκευασίας τροφίμων. Αυτά περιλαμβάνουν: σακούλες για σνακ και όρθιες θήκες για ξηρά προϊόντα όπως δημητριακά και ξηρούς καρπούς, μια εύκαμπτη συσκευασία για ευαίσθητα στον αέρα προϊόντα όπως σοκολάτα, μπισκότα και λεπτές φέτες κρέατος ή τυριού. και ενδεχομένως κάποια υγρά και υγρά τρόφιμα ¹⁴⁷. Επίσης οι σακούλες απορριμμάτων όπως έδειξε και η έρευνα είναι εστίες μικροπλαστικών. Πολλές είναι βιοαποικοδομήσιμες, άλλες που κυκλοφορούν στην αγορά δεν φέρουν κανένα σημάδι περιβαλλοντικής σήμανσης. Προτείνεται όλες οι σακούλες απορριμμάτων να είναι κομποστοποιήσιμες ώστε αν καταλήξουν στα λιβάδια να αποδημηθούν όπως ακριβώς προτείνει το Τεχνικό Ερευνητικό Κέντρο VTT της Φινλανδίας το οποίο φτιάχνει συσκευασίες από κυτταρίνη.

Η βελτίωση και η αλλαγή στην διαχείριση των λυμάτων, όπως νέες τεχνολογικά εγκαταστάσεις με συστήματα καλύτερου φιλτραρίσματος για την συγκράτηση και συστήματα ανίχνευσης μικροπλαστικών. Η καθαρή ύλη από τα λύματα (η οποία χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό), θα μπορούσε να επιφέρει μείωση των μικροπλαστικών σε γεωργικές γαίες και σε γειτονικά λιβάδια.

Τέλος, θα μπορούσαν να γίνουν δράσεις περισυλλογής των υπαρχόντων πλαστικών απορριμμάτων σε λιβαδικές εκτάσεις όπως πραγματοποιείται στα υδάτινα οικοσυστήματα ώστε να μην δημιουργούνται μικροπλαστικά. Βέβαια η λύση του προβλήματος δεν είναι η περισυλλογή τους αλλά είναι να τερματιστεί η ρίψη τους στα λιβάδια και γενικά σε όλα τα φυσικά οικοσυστήματα. Για να πραγματοποιηθούν οι ενέργειες που αναφέρθηκαν παραπάνω χρειάζεται ένα σύστημα

¹⁴⁷ <https://ellenmacarthurfoundation.org/vtt-technical-research-centre-of-finland>

διαχείρισης, οργάνωσης και η προσπάθεια χρειάζεται να γίνει από όλους, πολίτες, επιχειρήσεις και κράτος.

8. Περαιτέρω κατευθύνσεις έρευνας

8.1 Προτάσεις μελλοντικής έρευνας

Με την αυξανόμενη συνειδητοποίηση των κινδύνων των πλαστικών απορριμμάτων και των μικροπλαστικών, αυτό το ζήτημα έχει προσελκύσει επίσης ευρεία διεθνή προσοχή. Εκτενείς και λεπτομερείς μελέτες μικροπλαστικών μελετών έχουν διεξαχθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον και πολλές χώρες έχουν ξεκινήσει την παρακολούθηση ρουτίνας των θαλάσσιων πλαστικών συντριμμιών και μικροπλαστικών (Guo et al. 2020). Ενώ η παρακολούθηση των μικροπλαστικών στο έδαφος υστερεί σχετικά.

Όπως προέκυψε από τις παρπάνω ενότητες τα μικροπλαστικά στα λιβάδια είναι ένα θέμα μείζονος σημασίας, το οποίο θα μας απασχολήσει για πολλά χρόνια μελλοντικά αν δεν σταματήσουμε την δημιουργία τους, από την ρίψη πλαστικών. Τα ήδη υπάρχοντα μικροπλαστικά στα λιβάδια θα συνεχίσουν να υφίστανται στα εδάφη των λιβαδιών με συνέπειες που προκαλούν σε πανίδα, χλωρίδα και τον ανθρώπινο οργανισμό.

Εκτός από την επαναλαμβανόμενη κοινωνική έρευνα με ερωτηματολόγια μελλοντικά, προκύπτει και η εδαφολογική ανάλυση-έρευνα σε λιβάδια για να μετρηθεί το μέγεθος της μικροπλαστικής ρύπανσης. Στην Ελλάδα δεν έχει γίνει κάποια αντίστοιχη έρευνα σε εδάφη λιβαδιών παρά μόνο κάποιες λιγοστές έρευνες σε γεωργικές καλλιέργειες. Σε χώρες του εξωτερικού έχουν πραγματοποιηθεί μερικές εδαφολογικές έρευνες σε λιβάδια αλλά και σε άλλες χρήσεις γης (εδάφη αστικών περιοχών, εδάφη δασών κ.α.), για μικροπλαστικά. Ενδεικτικά σας αναφέρω τις έρευνες των Corradini et al. 2021 (Microplastics occurrence and frequency in soils under different land uses on a regional scale) και Álvarez-Lopezello et al. 2021 (Microplastic pollution in neotropical rainforest, savanna, pine plantations, and pasture soils in lowland areas of Oaxaca, Mexico: Preliminary results). Ωστόσο, προς το παρόν δεν υπάρχει ποσοτική μελέτη για τα μικροπλαστικά που μετατρέπονται στο έδαφος από την παράνομη απόρριψη σκουπιδιών (Yang et al. 2021). Στο μέλλον τίθεται αναγκαία η έρευνα σε εδαφολογική ανάλυση σε εδάφη λιβαδιών για την καταγραφή των μικροπλαστικών, αν υπάρχουν και σε τι ποσοστό σε περιοχές της Ελλάδας.

Επιπλέον μια άλλη μελλοντική πρόταση είναι η καταγραφή των ήδη επιβαρυνμένων εδαφών λιβαδικών περιοχών, η απομάκρυνση όσων πλαστικά μπορούν (πριν διασπαστούν σε μικροπλαστικά) και η παρακολούθηση (monitoring) για την πορεία των μικροπλαστικών. Σε πολλές χώρες του εξωτερικού χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές ανίχνευσης, ανεύρεσης και μέτρησης μικροπλαστικών σε εδάφη χερσαίων οικοσυστημάτων. Προτείνεται ένας τεχνολογικός εξοπλισμός με αισθητήρες εύρεσης, ευαίσθητων στο σχήμα και στο υλικό που είναι φτιαγμένα τα μικροπλαστικά (πετρέλαιο που περιέχει άνθρακα), στο υπέδαφος των λιβαδιών, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην καλύτερη διαχείριση του εδάφους από μικροπλαστικά και στην καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση.

Έτσι, η μόλυνση των μικροπλαστικών έχει ως αποτέλεσμα δύο μεγάλες ανησυχίες, δηλαδή τους κινδύνους για την επισιτιστική ασφάλεια και την επιμονή σε διαφορετικές περιβαλλοντικές μήτρες. Μέχρι στιγμής, οι επιστήμονες δεν έχουν αντιμετωπίσει ένα πρόβλημα ρύπανσης τόσο περίπλοκο και γεμάτο ασάφεια όσο η έρευνα των μικροπλαστικών. Ως εκ τούτου, μόνο μέσω της διεπιστημονικής συνεργασίας μεταξύ των επιστημόνων μπορεί να αντιμετωπίσει ένα τόσο περίπλοκο πρόβλημα αποτελεσματικά και αποδοτικά. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μια παγκόσμια προοπτική κατά την αντιμετώπιση της ρύπανσης των μικροπλαστικών και δεν πρέπει να περιορίζεται στον ωκεανό και την επιρροή του στα θαλάσσια είδη. Πρέπει να εξετάσει όλα τα πιθανά οικοσυστήματα, με όλη τη βιοποικιλότητα που περιέχουν και που μπορεί να αλληλεπιδρούν με τα μικροπλαστικά. Επιπλέον, απαιτούνται επείγοντως οι μελέτες για τον έλεγχο αποτελεσματικών μικροβιακών στελεχών, καθώς και άλλες βελτιωμένες στρατηγικές απομάκρυνσης, προκειμένου να μειωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι κίνδυνοι που δημιουργούνται από τα MPs (μικροπλαστικά) στο περιβάλλον και δεν πρέπει να περιορίζεται στον ωκεανό και την επιρροή του στα θαλάσσια είδη (Kumari et al. 2021).

Τέλος μεγάλη ελπίδα για τον περιορισμό των πλαστικών αποβλήτων που προκαλούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σοβαρή αισθητική ρύπανση αποτελεί και η ανακάλυψη της βιοαποικοδόμησής τους από μικροοργανισμούς. Ο μύκητας *Aspergillus tubingensis*, που ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά σε πακιστανική χωματερή το 2017, θα μπορούσε να καταστήσει δυνατή τη διάσπαση των πλαστικών μόλις μέσα σε λίγες εβδομάδες. Οπλισμένος με ένα μοναδικό ένζυμο, έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται απευθείας στην επιφάνεια των πλαστικών, όπου διασπά τους χημικούς δεσμούς μεταξύ των μορίων τους. Βρέθηκε πως οι προνύμφες του σκαθαριού *Tenebrio molitor* τρώνε με βουλιμία το πλαστικό από πολυστυρένιο. Κάθε προνύμφη, μήκους περίπου 2,5 εκατοστών, καταναλώνει κάθε μέρα μέχρι 40 mg πολυστυρενίου, δηλαδή όσο ένα μικρό χάπι. Το μισό μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα, και το υπόλοιπο μισό αποβάλλεται στα κόπρανα, τα οποία «δείχνουν αρκετά ασφαλή» για να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα φύτευσης. Η αποδόμηση του πλαστικού γίνεται από ειδικά βακτήρια του εντέρου των προνυμφών. Η νυχτοπεταλούδα *Plodia interpunctella* με τους μικροοργανισμούς που έχει στο έντερο διασπά το πολυαιθυλένιο. Μια ομάδα ιαπωνικών ερευνητών ανακάλυψε ένα νέο είδος κατά Gram αρνητικό αερόβιο βακτήριο, το *Ideonella sakaiensis*, που χρησιμοποιεί το PET ως κύρια πηγή ενέργειας και άνθρακα. Είναι γνωστό πως η φύση για την διαιώνιση των οργανισμών έχει στη διάθεσή της το απaráβατο νόμο της βιοδιάσπασης ή βιοαποικοδόμησης (biodegradation) των υλικών. Η βιοδιάσπαση είναι η ικανότητα της φύσης να διασπά με βιολογικές, ενζυματικές και φυσικές μεθόδους σε στοιχειώδεις μονάδες, όλα όσα παράγει, έτσι ώστε οι νέοι οργανισμοί να μπορούν να σχηματιστούν από τους παλιούς. Όλες οι φυσικές πρώτες ύλες επιστρέφουν σ' αυτή ακολουθώντας πιστά το νόμο της αφθαρσίας της ύλης ¹⁴⁸.

Οπότε θα προσπαθήσουμε να μιμηθούμε την φύση, αποικοδομώντας τα μικροπλαστικά σωματίδια με ένζυμα και για να μειωθεί η μικροπλαστική ρύπανση, όπως ακριβώς συμβαίνει με τους αποικοδομητές της φύσης.

Όπως είπε και ο καθηγητής Οικολογίας Christian Laforsch στο ντοκιμαντέρ «*How dangerous are microplastics?*» του καναλιού Deutsche Welle Documentary:

«On a mission to make the world a groovier place by making microplastics history»

¹⁴⁸ [https://agonaskritis.gr/%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%B5%CE%AF-%CE%BD%CE%B1-%CE%B3%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CE%B9-%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%87/\).](https://agonaskritis.gr/%CF%80%CF%8E%CF%82-%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%B5%CE%AF-%CE%BD%CE%B1-%CE%B3%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CE%B9-%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%87/)

«Σε μια αποστολή να κάνουμε τον κόσμο ένα ευχάριστο μέρος, κάνοντας τα μικροπλαστικά ιστορία».

9. Βιβλιογραφικές αναφορές

9.1 Ελληνική βιβλιογραφία

Βραχνάκης, Μ. (2015). Λιβαδοπονία [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. <http://hdl.handle.net/11419/1191>.

Βραχνάκης Μ. (2021) Lesson_10_ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ%20ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ_compressed.pdf, , ΠΟΛΥΒΙΟ - Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Τμήμα: Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου και Σχεδιασμού Παράρτημα Καρδίτσας.

Βραχνάκης, Μ. 2008. Λιβαδοπονία – Διδακτικές Σημειώσεις για το Εργαστηριακό Μάθημα. Τμήμα Δ & ΔΦΠ, ΤΕΙ Λάρισας.

Βραχνάκης Μ.Σ. και Α. Κοντογιάννη. 2006. Εμπειρικά μοντέλα εποχιακής πρόγνωσης δυναμικού παραγωγής-κάλυψης υπέργειας βιομάζας σε σχέση με κλιματικές παραμέτρους σε ψευδαλπικό ποολίβαδο του Τυμφρηστού Ν. Ευρυτανίας. Σελ. 167-173 στο Π. Πλατής, Α. Σφουγγάρης, Θ. Παπαχρήστου, και Α. Τσιόντσης, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβάδια των Πεδινών και Ημιορεινών Περιοχών - Μοχλός Ανάπτυξης της Υπαίθρου». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

ΓΚΟΥΝΤΗ Ε. Δ. 2019. Πτυχιακή εργασία: Επίδραση της βόσκησης στα υγρολίβαδα της λίμνης Κάρλας

Δασενάκης Γ. 2019. Διπλωματική εργασία: Βιοδιάσπαση μικροπλαστικών απο LDPE στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Δημητρακόπουλος, Α.Π. (2001). Διαχρονική ανάλυση των δασικών πυρκαγιών και των καμένων δασικών εκτάσεων κατά την περίοδο 1955-1999. Στο 9 ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο., Προστασία φυσικού περιβάλλοντος και αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών. Θεσσαλονίκη: Ελληνική Δασολογική Εταιρεία.

Ίδρυμα Ellen MacArthur, 2017, [A new textiles economy: redesigning fashion's future](#).

Καζαντζίδης, Σ., Ρ. Τσιακίρης, και Α. Δημαλέξης. 2003. Η ορνιθοπανίδα στα ψευδαλπικά λιβάδια της περιοχής Τζένα-Πίνοβο και οι δράσεις για τη διατήρησή της. Σελ. 469-476 στο Π. Πλατής, και Θ. Παπαχρήστου, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 3^{ου} Πανελλήνιου Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία και ανάπτυξη ορεινών περιοχών». 4-6 Σεπτεμβρίου 2003. Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

Καϊλίδης, Δ. (1990). Δασικές πυρκαγιές. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδης-Γιαπούλης

Καρμίρης, Η., Α.Σ. Νάσσης, και Κ. Τσιουβάρας. 2006. Σύγκριση της σύνθεσης της δίαιτας γιδιών, προβάτων και λαγού (*Lepus europaeus*) σε ένα τυπικό Μεσογειακό λιβάδι της βόρειας Ελλάδας. Σελ. 227-232 στο Β. Π. Παπαναστάσης, και Ζ. Μ. Παρίση, επιμ. έκδοσης. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου

Λιβαδοπονικού Συνεδρίου «Λιβαδοπονία Ξηροθερμικών περιοχών». Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη

Μακρυνιώτης Κ. 2021 Διπλωματική εργασία: Ανακάλυψη και Βελτιστοποίηση ετερόλογης έκφρασης πολυεστερασών με δυνατότητα αποικοδόμησης πλαστικών

Μικροπλαστικά: Ίχνη στη Γη και η περιβαλλοντική τους διαχείριση - Ramkumar Muthuvairavasamy (2022) (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-10729-0>).

Νάσσης, Α. & Κ. Τσιουβάρας. (2009). Διαχείριση και βελτίωση λιβαδιών. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Παπαγεωργίου, Ν.Κ. 1995. Οικολογία και Διαχείριση Άγριας Πανίδας. University Press, Θεσσαλονίκη

Παπαγεωργίου, Ν.Κ. 2008. Οικολογικές αρχές διαχείρισης των λιβαδικών οικοσυστημάτων για τα θηραματικά είδη. Σελ.14-17 στο Πρακτικά επιστημονικής ημερίδας «Η σημασία των λιβαδιών για τα θηραματικά είδη». Δημ. Νο 15, Ελληνική Λιβαδοπονική Εταιρεία.

Παπαναστάσης, Β.Π. & Ισπικούδης, Ι. (2012). Λιβαδική οικολογία. Θεσσαλονίκη: Γιαχούδης.

ΠΟΥ. Ο ΠΟΥ χαρακτηρίζει τον COVID-19 ως πανδημία. Σε Κυλιόμενες Ενημερώσεις για τη νόσο του κοροναϊού (COVID-19). Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας: Γενεύη, Ελβετία, 2020. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/events-as-they-happen> (πρόσβαση στις 21 Μαρτίου 2020).

9.2 Ξένη βιβλιογραφία

Akdogan Z., B. Guven (2019) Μικροπλαστικά στο περιβάλλον: μια κριτική ανασκόπηση της τρέχουσας κατανόησης και προσδιορισμού των μελλοντικών ερευνητικών αναγκών Περιβάλλον. Ρύπανση, 254, σελ. 113011, [10.1016/j.envpol.2019.113011](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113011)

Akindele E.O., S.M. Ehlers, J.H. Koop (2020) Freshwater insects of different feeding guilds ingest microplastics in two Gulf of Guinea tributaries in Nigeria Environ. Sci. Pollut. Res., 27 (26), pp. 33373-33379, [10.1007/s11356-020-08763-8](https://doi.org/10.1007/s11356-020-08763-8).

Alava, J. J., Tirapé, A., Mc-Mullen, K., Uyaguari, M., & Domínguez, G. A. (2022). Microplastics and Macroplastic Debris as Potential Physical Vectors of SARS-CoV-2: A Hypothetical Overview with Implications for Public Health. *Microplastics*. 2022, 1 (1), 156–66.

Álvarez-Lopezello, J., Robles, C., & del Castillo, R. F. (2021). Microplastic pollution in neotropical rainforest, savanna, pine plantations, and pasture soils in lowland areas of Oaxaca, Mexico: Preliminary results. *Ecological Indicators*, 121, 107084.

Allen, C.D. & Breshears, D.D. (1998). Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: Rapid landscape response to climate variation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 14839-14842.

Amato-Lourenço L.F. , Dos Santos Galvão L. , De Weger L.A. , Hiemstra P.S. , Vijver M.G. , Mauad T. (2020), An emerging class of air pollutants: potential effects of microplastics to respiratory human health? *Sci. Total Environ.*, 749 Article 141676, [10.1016/j.scitotenv.2020.141676](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141676).

Andrady A.L. (2011) Microplastics in the marine environment *Mar. Pollut. Bull.*, 62 , pp. 1596-1605.

Athanasiou, M. & Xanthopoulos, G. (2014). Wildfires in Mediterranean shrubs and grasslands, in Greece: In situ fire behaviour observations versus predictions. Paper presented at VII International Conference on Forest Fire Research. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

Bandmann V. , JD Müller , T. Köhler , U. Homann (2012) Η πρόσληψη φθοριζόντων νανοσφαιριδίων σε BY2-κύτταρα περιλαμβάνει ενδοκύτταση εξαρτώμενη από κλαθρίνη και ανεξάρτητη από κλαθρίνη *FEBS (Fed. Eur. Biochem. Soc.) Lett.* , 586 , σελ. 3626 – 3632.

Barnes DK, Galgani F., Thompson RC, Barlaz M. (2009) Συσσώρευση και κατακερματισμός πλαστικών υπολειμμάτων σε παγκόσμιο περιβάλλον *Philos. Μεταφρ. R. Soc. B* , 364 , σελ. 1985–1998.

Bernardo D.J., G.W. Boudreau, and T.C. Bidwell. 1994. Economic tradeoffs between livestock grazing and wildlife habitat: a ranch - level analysis. *Wildlife Society Bulletin* 22:393-402.

Bernhardt E.S. , E.J. Rosi, M.O. Gessner (2017) Synthetic chemicals as agents of global change *Front. Ecol. Environ.*, 15 (2) , pp. 84-90, [10.1002/fee.1450](https://doi.org/10.1002/fee.1450).

Biswell H., και Λ. Λιάκος. 1982. Λιβαδοπονική. 3η έκδοση. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Bläsing M. & Amelung W. (2018). Πλαστικά στο έδαφος: Αναλυτικές μέθοδοι και πιθανές πηγές. *Επιστήμη του συνολικού περιβάλλοντος* , 612 , 422-435. Buchanan, J. B. (1971). Pollution by synthetic fibres.

Bosker T. , Bouwman LJ , Brun NR , Behrens P. , Vijver MG (2019) Τα μικροπλαστικά συσσωρεύονται στους πόρους στην κάψουλα των σπόρων και καθυστερούν τη βλάστηση και την ανάπτυξη των ριζών του χειρσαίου αγγειακού φυτού *Lepidium sativum* *Chemosphere* , 226 , σελ. 774 - 781 , [10.1016/j.chemosphere.2019.03.163](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.163).

Boucher J. , Friot D. (2017) Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources IUCN Gland, Switzerland

Boucher J. and Friot D. (2017) Πρωτεύοντα μικροπλαστικά στους ωκεανούς , Διεθνής Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης, πρόσβαση στις 21 Μαΐου 2021.

Botes B., Russell, CW, & Green, DS (2019). Επιδράσεις των μικροπλαστικών σε εδαφικά οικοσυστήματα: πάνω και κάτω από το έδαφος. *Environmental Science & Technology* , 53 (19), 11496-11506.

Bradney, L., Wijesekara, H., Palansooriya, K. N., Obadamudalige, N., Bolan, N. S., Ok, Y. S., ... & Kirkham, M. B. (2019). Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. *Environment international* , 131, 104937.

Browne M.A. , Galloway T.S. , Thompson R.C. (2010) Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines *Environ. Sci. Technol.*, 44 , pp. 3404-3409.

Browne M.A. , Crump P. , Niven S.J. , Teuten E. , Tonkin A. , Galloway T. , Thompson R. (2011) Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks Environ. Sci. Technol., 45), pp. 9175-9179.

Buchanan J. 1971) Pollution by synthetic fibres Mar. Pollut. Bull., 2, (p. 23.)

Canning-Clode J.; Sepúlveda, P.; Almeida, S.; Monteiro, J. 2020 Will COVID-19 containment and treatment measures drive shifts in marine litter pollution? Front. Mar. Sci., 7, 691.

Capowiez Y. , Lévêque T. , Pelosi C. , Capowiez L. , Mazzia C. , Schreck E. , Dumat C. (2021) Using the ecosystem engineer concept to test the functional effects of a decrease in earthworm abundance due to an historic metal pollution gradient Appl. Soil Ecol., 158 , Article 103816, [10.1016/j.apsoil.2020.103816](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103816).

Carney-Almroth, BM, Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., & Persson, NK (2018). Ποσοτικοποίηση αποβολής συνθετικών ινών από υφάσματα. μια πηγή μικροπλαστικών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 , 1191–1199.

Carpenter E.J. , K. Smith (1972) Plastics on the Sargasso Sea surface Science, 175 , pp. 1240-1241.

Carr S.A. , Liu J. , Tesoro A.G. (2016), Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants Water Res., 91 ,pp. 174-182.

Catarino A.I. , V. Macchia, W.G. Sanderson, R.C. Thompson, T.B. Henry (2018) Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal compared to exposure via household fibres fallout during a meal Environ. Pollut., 237 , pp. 675-684, [10.1016/j.envpol.2018.02.069](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.069).

Cesa FS, A. Turra, J. Baruque-Ramos (2017) Συνθετικές ίνες ως μικροπλαστικά στο θαλάσσιο περιβάλλον: μια ανασκόπηση από την άποψη της κλωστοϋφαντουργίας με έμφαση στα οικιακά πλυσίματα Sci Total Environ , 598 , σελ. 1116 – 1129.

Chae Y. , An Y.-J. (2018) Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: a review Environ. Pollut., 240 , pp. 387-395.

Chen Y. , Liu X. , Leng Y. , Wang J. (2020), Defense responses in earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to low-density polyethylene microplastics in soils Ecotoxicol. Environ. Saf., 187 Article 109788, [10.1016/j.ecoenv.2019.109788](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109788)

Chang X., Fang, Y., Wang, Y., Wang, F., Shang, L., & Zhong, R. (2022). Microplastic pollution in soils, plants, and animals: a review of distributions, effects and potential mechanisms. *Science of The Total Environment*, 157857.

Cieślik B.M. , J. Namieśnik, P. Konieczka (2015) Review of sewage sludge management: standards, regulations and analytical methods J. Clean. Prod., 90 , pp. 1-15.

Cole Matthew, Pennie Lindeque, Claudia Halsband, and Tamara S. Galloway (2011). “Microplastics as Contaminants in the Marine Environment: A Review.” *Marine Pollution Bulletin* 62(12): 2588–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>.

Cole M., Webb H., Lindeque PK, Fileman ES, Halsband C., Galloway TS (2014) Απομόνωση μικροπλαστικών σε πλούσια σε βιολογικά δείγματα θαλασσινού νερού και θαλάσσιους οργανισμούς Sci. Rep., 4, σελ. 4528, [10.1038/srep04528](https://doi.org/10.1038/srep04528).

Corradini F., P. Meza, R. Eguiluz, F. Casado, E. Huerta-Lwanga, V. Geissen (2019), Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal Sci. Total Environ., 671 pp. 411-420, [10.1016/j.scitotenv.2019.03.368](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.368).

Cozar A., F. Echevarria, JI Gonzalez-Gordillo, X. Irigoien, B. Ubeda, S. Hernandez-Leon, AT Palma, S. Navarro, J. Garcia-de-Lomas, A. Ruiz, ML Fernandez-de - Puellas, CM Duarte (2014) Πλαστικά συντρίμμια στον ανοιχτό ωκεανό Proc. Natl. Ακαδ. Sci. ΗΠΑ, 111, σελ. 10239 - 10244, [10.1073/pnas.1314705111](https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111).

Dabrowska A. (2020a). Θαλάσσια μικροπλαστικά στο Santuario Pelagos. Στο M. Cocca, E. di Pace, ME Errico, G. Gentile, A. Montarsolo, R. Mossotti, & M. Avella (Επιμ.), *Πρακτικά του 2ου διεθνούς συνεδρίου για την μικροπλαστική ρύπανση στη Μεσόγειο θάλασσα* (σελ. 193–197). Πηδών. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45909-3_31.

Dehghani S., Moore F., Akhbarizadeh R. (2017), Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis Iran. Environ. Sci. Pollut. Res., 24 pp. 20360-20371, [10.1007/s11356-017-9674-1](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9674-1).

De-la-Torre G.E., Pizarro-Ortega C.I., Dioses-Salinas D.C., Ammendolia, J., Okoffo, E.D. 2021 Investigating the current status of COVID-19 related plastics and their potential impact on human health. Curr. Opin. Toxicol., 27, 47–53. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed].

Deng Y., Y. Zhang, B. Lemos, H. Ren (2017), Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure Sci. Rep., 7 p. 46687, [10.1038/srep46687](https://doi.org/10.1038/srep46687).

De Souza Machado A.A., W. Kloas, C. Zarfl, S. Hempel, M.C. Rillig (2018) Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems Glob. Change Boil., 24 (4), pp. 1405-1416, [10.1111/gcb.14020](https://doi.org/10.1111/gcb.14020).

De Souza Machado A.A., C.W. Lau, W. Kloas, J. Bergmann, J.B. Bachelier, E. Faltin, R. Becker, A.S. Gorlich, M.C. Rilli Microplast (2019), ics can change soil properties and affect plant performance Environ. Sci. Technol., 53, pp. 6044-6052, [10.1021/acs.est.9b01339](https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01339).

Deng L., Cai, L., Sun, F., Li, G., & Che, Y. (2020). Public attitudes towards microplastics: Perceptions, behaviors and policy implications. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105096.

Dey TK, & Jamal, M. (2021). Διαχωρισμός μικροπλαστικών από νερό-Τι μετά; *Journal of Water Process Engineering*, 44, 102332.

Dissanayake P. D., Kim, S., Sarkar, B., Oleszczuk, P., Sang, M. K., Haque, M. N., ... & Ok, Y. S. (2022). Effects of microplastics on the terrestrial environment: A critical review. *Environmental Research*, 209, 112734.

Dietz K.-J.; Herth, S. 2011 Νανοτοξικολογία φυτών. Trends Plant Sci., 16, 582–589.

Donaldson K., Tran CL (2002) Φλεγμονή που προκαλείται από σωματίδια και ίνες Inhal Toxicol, 14, σελ. 5-27.

Dris R., H. Imhof , W. Sanchez , J. Gasperi , F. Galgani , B. Tassin , C. Laforsch (2015) Πέρα από τον ωκεανό: μόλυνση των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού με (μικρο-) πλαστικά σωματίδια *Nature. Chem.* , 12, σελ. 539 – 550.

Dris R. , J. Gasperi, V. Rocher, M. Saad, N. Renault, B. Tassin (2015) Microplastic contamination in an urban area: a case study in greater Paris *Environ. Chem.*, 12 (5), pp. 592-599, [10.1071/EN14167](https://doi.org/10.1071/EN14167).

Dris R. , J. Gasperi, M. Saad, C. Mirande, B. Tassin (2016) Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? *Mar. Pollut. Bull.*, 104 , pp. 290-293.

Dris R. , J. Gasperi, C. Mirande, C. Mandin, M. Guerrouache, V. Langlois, B. Tassin (2017) A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments *Environ. Pollut.*, 221 , pp. 453-458.

Duis K. , Coors A. (2016), Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects *Environ. Sci. Eur.*, 28 ,p. 2.

Dubaish F. , Liebezeit G. (2013). Suspended microplastics and black carbon particles in the jade system, Southern North Sea *Water Air Soil Pollut.*, 224.

Dubost M. 1998. European policies and livestock grazing in Mediterranean ecosystems, p. 298-311. In: *Ecological Basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems* (V.P. Papanastasis and D. Peter, eds). International Workshop, Thessaloniki 23-25 Oct. 1997.

Eriksen M. , Mason S. , Wilson S. , Box C. , Zellers A. , Edwards W. , Farley H. , Amato S. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes *Mar. Pollut. Bull.*, 77 (2013), pp. 177-182.

Eunomia και ICF, 2018, Μέτρηση των επιπτώσεων των μικροπλαστικών , πρόσβαση στις 21 Μαΐου 2021.

Fahnestock J.T. & Detling J.K. (2002). Bison-prairie dog-plant interactions in a North American mixed-grass prairie. *Oecologia*, 132, 86-95.

FAO Προφίλ πόρων χωρών βοσκοτόπων/ζωοτροφών στην Ισλαμική Δημοκρατία του Ιράν H. Badripour (2006) , σελ. 34.

Felipe-Rodriguez M., Böhm, G., & Doran, R. (2022). What does the public think about microplastics? Insights from an empirical analysis of mental models elicited through free associations. *Frontiers in psychology*, 4271.

Fendall L.S. , Sewell M.A. (2009) Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers *Mar. Pollut. Bull.*, 58 , pp. 1225-1228.

Galgani F. , Hanke G. , Maes T. (2015) Global distribution, composition and abundance of marine litter M. Bergmann, L. Gutow, M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*, Springer International Publishing , pp. 29-56

Galafassi S. , Nizzetto L. , Volta P. (2019) Πλαστικές πηγές: μια έρευνα σε όλη την επιστημονική και γκρίζα βιβλιογραφία για την απογραφή και τη σχετική συμβολή τους στη ρύπανση από

μικροπλαστικά σε φυσικά περιβάλλοντα, με έμφαση στα επιφανειακά νερά *Science of the Total Environment*, 693 , σελ. 133499.

Gao D. , XY Li , HT Liu (2020) Πηγή, εμφάνιση, μετανάστευση και δυνητικός περιβαλλοντικός κίνδυνος μικροπλαστικών στη λυματολάσπη και κατά την τροποποίηση της ιλύος στο έδαφος *Sci. Σύνολο Περιβάλλοντος.* , 742 , σελ. 140355 , [10.1016/j.scitotenv.2020.140355](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140355).

Gasperi J. , Wright S.L. , Dris R. , Collard F. , Mandin C. , Guerrouache M. , Langlois V. , Kelly F.J. , Tassin B. (2018), Microplastics in air: are we breathing it in? *Curr. Opin. Environ. Sci. Health*, 1 pp. 1-5, [10.1016/j.scitotenv.2020.141676](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141676).

GESAMP Reports and studies GESAMP, IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection ed. A.A. Koehler, Alison, Andrady, Anthony, Arthur, Courtney (Eds.) (2015), pp. 93-96

Gautam R. , Bassi A. , Yanful E. (2007) Ανασκόπηση της βιοαποικοδόμησης συνθετικού πλαστικού και αφρού *Appl. Biochem. Biotechnol.* , 141 , σελ. 85 – 108.

Gómez C. & Gallart-Ayala H. (2018). Metabolomics: Ένα εργαλείο για τον χαρακτηρισμό της επίδρασης των φθαλικών ενώσεων και της διασφαινόλης *A. Environmental Reviews*, 26 (4), 351–357.
Greim H. , P. Borm , R. Schins , K. Donaldson , K. Driscoll , A. Hartwig , E. Kuempel , G. Oberdorster , G .Speit (2001) Έκθεση τοξικότητας ινών και σωματιδίων του εργαστηρίου που πραγματοποιήθηκε στο Μόναχο, Γερμανία, 26-27 Οκτωβρίου 2000 *Inhal Toxicol* , 13 , σελ . 737-754.

Geyer R., Jambeck J. R. & Law K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3(7), e1700782 (<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>).

Gu J.-D. (2003) Μικροβιολογική φθορά και αποδόμηση συνθετικών πολυμερών υλικών: πρόσφατες ερευνητικές εξελίξεις *Int. Βιοκαταστροφή. Βιοαποικοδόμηση.* , 52 , σελ. 69 – 91.

Guo J. , Huang X.-P. , Xiang L. , Wang Y.-Z. , Li Y.-W. , Li H. , Cai Q.-Y. , Mo C.-H. , Wong M.-H. Source, migration and toxicology of microplastics in soil *Environ. Int.*, 137 (2020), p. 105263, [10.1016/j.envint.2019.105263](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105263).

Hammer J. , Kraak M.H. , Parsons J.R. (2012), *Plastics in the Marine Environment: the Dark Side of a Modern Gift*, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* Springer, pp. 1-44.

Haward M. (2018). Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary challenge in ocean governance. *Nature communications*, 9(1), 1-3.

Horton A. A., Walton A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the total environment*, 586, 127-141.

Holechek J.L., R.D. Pieper, and C.H. Herbel. 1989. Range management: principles and practices. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Ho B.C. , N.C. Andreasen, P. Nopoulos, S. Arndt, V. Magnotta, M. Flaum (2003) Progressive structural brain abnormalities and their relationship to clinical outcome: a longitudinal magnetic resonance

imaging study early in schizophrenia Arch Gen. Psychiatry, 60 (6) , pp. 585-594, [10.1001/archpsyc.60.6.585](https://doi.org/10.1001/archpsyc.60.6.585).

Huang Y. , Liu Q. , Jia W. , Yan C. , Wang J. (2020), Γεωργική πλαστική επικάλυψη ως πηγή μικροπλαστικών στο χειρσαίο περιβάλλον Περιβάλλω. Ρύπανση., 260 σελ. 114096, [10.1016/j.envpol.2020.114096](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114096).

Hueffer T. , Hofmann T. Ρόφηση μη πολικών οργανικών ενώσεων από πλαστικά σωματίδια μικρού μεγέθους σε υδατικό διάλυμα Environment.Pollut. , 214 (2016) , σελ. 194 – 201.

Huerta Lwanga E. , H. Gertsen, H. Gooren, P. Peters, T. Salanki, M. van der Ploeg, *et al.* (2017) Incorporation of microplastics from litter into burrows of Lumbricus terrestris Environ. Pollut., 220 , pp. 523-531.

Ibrahim YS , Tuan Anuar S. , Azmi AA , Wan Mohd Khalik WMA , Lehata S. , Hamzah SR , Ismail D. , Ma ZF , Dzulkarnaen A. , Zakaria Z. , Mustaffa N. , Tuan Sharif SE , Lee YY (2021) Ανίχνευση μικροπλαστικών σε δείγματα ανθρώπινης κολεκτομής JGH Open , 5 , σελ. 116 - 121 , [10.1002/jgh3.12457](https://doi.org/10.1002/jgh3.12457).

International Union of Pure and Applied Chemistry, I. (2018) What are Polymers? <https://iupac.org/polymeredu/what-are-polymers/>

Issac, M. N., & Kandasubramanian, B. (2021). Effect of microplastics in water and aquatic systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 19544-19562.

Jansen A. , A. Robertson , L. Thompson , A. Wilson (2004) Ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδου για την ταχεία εκτίμηση της παρόχθιας κατάστασης River Riparian Land Manag. Τεχν. Οδηγός. , 4 , σελ. 1 – 14.

Jiang X. , Chen H. , Liao Y. , Ye Z. , Li M. , Klobučar G. (2019) Ecotoxicity and genotoxicity of polystyrene microplastics on higher plant Vicia faba Environ. Pollut., 250 , pp. 831-838, [10.1016/j.envpol.2019.04.055](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.055).

Juan Z. , Ch Bin , Y. Wei-Wei , H. Hao (2011) Μελέτη για την αξιολόγηση της ποιότητας των ενδιατημάτων των παράκτιων υγροτόπων στον κόλπο Quanzhou, Fujian, Κίνα Acta Ecol. Αμαρτία. ,31 , σελ. 264 – 270.

Ju H. , Zhu D. , Qiao M. (2019) Effects of polyethylene microplastics on the gut microbial community, reproduction and avoidance behaviors of the soil springtail, *Folsomia candida* Environ. Pollut., 247, pp. 890-897, [10.1016/j.envpol.2019.01.097](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.097).

Khalid N., Aqeel, M., & Noman, A. (2020). Microplastics could be a threat to plants in terrestrial systems directly or indirectly. *Environmental Pollution*, 267, 115653.

Kim S.W. , An Y.J. Soil microplastics inhibit the movement of springtail species Environ. Int., 126 (2019), pp. 699-706, [10.1016/j.envint.2019.02.067](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.067).

Kim YN, Yoon J.-H. & Kim K.-H. (2020). Μικροπλαστική μόλυνση στο περιβάλλον του εδάφους – Ανασκόπηση. Soil Science Annual, 71 , 300–308. [10.37501/soilsa/131646](https://doi.org/10.37501/soilsa/131646).

Klemeš, J.J.; Van Fan, Y.; Tan, R.R.; Jiang, P. 2020 Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 127, 109883.

Klingelhofer D. , M. Braun, D. Quarcoo, D. Bruggmann, D.A. Groneberg (2020) Research landscape of a global environmental challenge: microplastics *Water Res.*, 170 , Article 115358.

Koelmans AA, Besseling E. & Foekema EM (2014). Έκπλυση πλαστικών προσθέτων σε θαλάσσιους οργανισμούς. *Environmental Pollution*, 187 , 49–54.

Kooi, M., Besseling, E., Kroeze, C., van Wezel, A.P., Koelmans, A.A., 2018. Modeling the fate and transport of plastic debris in freshwaters: review and guidance, in: Wagner, M., Lambert, S. (Eds.), *Freshwater Microplastics : Emerging Environmental Contaminants?* Springer International Publishing, Cham, pp. 125–152.

Kosmas C. (2011). Indicators and thematic strategy for soil protection. Paper presented at 6th International Congress of European Society for Soil Conservation, Innovative Strategies and Policies for Soil Conservation. Thessaloniki: National Agricultural Research Foundation.

Kumar, M., Xiong, X., He, M., Tsang, D. C., Gupta, J., Khan, E., ... & Bolan, N. S. (2020). Microplastics as pollutants in agricultural soils. *Environmental Pollution*, 265, 114980.

Kumar R. , Manna C. , Padha S. , Verma A. , Sharma P. , Dhar A. , Ghosh A. , Bhattacharya P. Micro (nano) plastics pollution and human health: how plastics can induce carcinogenesis to humans? *Chemosphere*, 298 (2022), Article 134267, [10.1016/j.chemosphere.2022.134267](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134267).

Kumari, A., Rajput, V. D., Mandzhieva, S. S., Rajput, S., Minkina, T., Kaur, R., ... & Glinushkin, A. P. (2022). Microplastic Pollution: An Emerging Threat to Terrestrial Plants and Insights into Its Remediation Strategies. *Plants*, 11(3), 340.

Lei L. , Wu S. , Lu S. , Liu M. , Song Y. , Fu Z. , Shi H. , Raley-Susman K.M. , He D. (2018), Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish *Danio rerio* and nematode *Caenorhabditis elegans* *Sci. Total Environ.*, 619–620, pp. 1-8, [10.1016/j.scitotenv.2017.11.103](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.103).

Le Houerou H.N. (1981). Impact of man and his animals on Mediterranean vegetation. In F. di Castri, D.W. Goodall & R.L. Specht (Eds), *Ecosystems of the world 11. Mediterranean-type shrublands* (pp. 479- 521). New York: Elsevier Sci. Publ. Co. Loreau, M., Naeem, S. & Inchausti, P. (2002). *Biodiv.*

Lebreton L, Slat B, Ferrari F, SainteRose B, Aitken J, Marthouse R, Hajbane S, Cunsolo S, Schwarz A, Le vivier A, et al. 2018. Evidence that the great pacific garbage patch is rapidly accumulating plastic. *Nat Sci Rep.* 8:46666. doi:10.1038/s41598-018-22939-w.

Lebreton, L., Royer, S.J., Peytavin, A. et al. (2022). Τα βιομηχανοποιημένα αλιευτικά έθνη συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην πλωτή πλαστική ρύπανση στην υποτροπική γύρο του Βόρειου Ειρηνικού . *Scientific Reports* 12 , 12666.

Lehner, R., Weder, C., Petri-Fink, A., & Rothen-Rutishauser, B. (2019). Εμφάνιση ναοπλαστικού στο περιβάλλον και πιθανές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. *Environmental Science & Technology*, 53 (4), 1748–1765.

Lechner A., D. Ramler (2015) Η απόρριψη ορισμένων ποσοτήτων βιομηχανικού μικροπλαστικού από μονάδα παραγωγής στον ποταμό Δούναβη επιτρέπεται από την αυστριακή νομοθεσία Περιβάλλον. Ρύπανση. , 200 , σελ. 159 – 160.

Leslie, HA, Van Velzen, MJ, Brandsma, SH, Vethaak, AD, Garcia-Vallejo, JJ, & Lamoree, MH (2022). Ανακάλυψη και ποσοτικοποίηση της ρύπανσης από πλαστικά σωματίδια στο ανθρώπινο αίμα. *Environment International*, 163 , 107199.

Li J., Zhang K., & Zhang H. (2018). Προσρόφηση αντιβιοτικών σε μικροπλαστικά. *Environmental Pollution*, 237, 460-467.

Li J., Song, Y., & Cai, Y. (2020). Focus topics on microplastics in soil: analytical methods, occurrence, transport, and ecological risks. *Environmental Pollution*, 257, 113570.

Li H., Zhang L., Lu H., Ma J., Zhou X., Wang Z., Yi C. 2020 Macro-/nanoporous Al-doped ZnO/cellulose composites based on tunable cellulose fiber sizes for enhancing photocatalytic properties. *Carbohydr. Polym.*, 250, 116873.

Liu P., Qian L., Wang H., Zhan X., Lu K., Gu C., & Gao S. (2019). Νέες γνώσεις σχετικά με τη συμπεριφορά γήρανσης των μικροπλαστικών επιταχύνθηκαν από προηγμένες διαδικασίες οξείδωσης. *Environmental Science & Technology*, 53 (7), 3579–3588.

Loarie S.R., Duffy P.B., Hamilton H., Asner G.P., Field C.B. & Ackerly D.D. (2009). The velocity of climate change. *Nature*, 462, 1052-1057.

Loreau M., Naeem S. & Inchausti P. (2002). Biodiversity and ecosystem functioning. Synthesis and perspectives. Oxford: Oxford University Press.

Lu Y., Zhang Y., Deng Y., Jiang W., Zhao Y., Geng J., Ding L., & Ren H. (2016). Πρόσληψη και συσσώρευση μικροπλαστικών πολυστυρενίου σε ζέβρα (*Danio rerio*) και τοξικές επιδράσεις στο συκώτι. *Environmental Science & Technology*, 50 (7), 4054–4060.

Magnusson K. , Eliasson K. , Fråne A. , Haikonen K. , Hultén J. , Olshammar M. , Stadmark J. , Voisin A. (2016) Swedish Sources and Pathways for Microplastics to the Marine Environment. A Review of Existing Data. IVL, C 183.

Marn N, Jusup M, Kooijman SALM, Klanjscek T (2020) Η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων των πλαστικών υπολειμμάτων στη θαλάσσια άγρια ζωή προσδιορίζει οικολογικά σημεία διακοπής. *Ecol Lett* 23:1479–1487.

Mashizi, A. K., & Escobedo, F. J. (2020). Socio-ecological assessment of threats to semi-arid rangeland habitat in Iran using spatial models and actor group opinions. *Journal of Arid Environments*, 177, 104136.

Mathalon, A., & Hill, P. (2014). Μικροπλαστικές ίνες στο διαπαλιρροιακό οικοσύστημα που περιβάλλει το λιμάνι Halifax. *Νέα Σκωτία. Marine Pollution Bulletin*, 81 (1), 69–79.

Matulich, M.K., and R.M. Adams. 1987. Towards more effective wildlife policies: an economic perspective of wildlife management research. *Wildlife Society Bulletin* 15: 285-291.

McLaughlin S.E. & Bowers J.P. (1982). Effects of wildfire on a Sonoran Desert plant community. *Ecology*, 63, 246-248.

McTavish M. J., Cray H. A., Murphy S. D., Bauer J. T., Havrilla C. A., Oelbermann M., & Sayer E. J. (2021). Sustainable management of grassland soils. In *Soils and Landscape Restoration* (pp. 95-124). Academic Press.

Minahi K. , Goudriaan J., Lantinga EA & Kimura T. 1993. Significance of grasslands in emission and absorption of greenhouse grass. Στο: MJ Barker (επιμ.). Λιβάδια για τον κόσμο μας. Wellington, Νέα Ζηλανδία: SIR Publishing.

Möller J. N., Löder M. G. & Laforsch C. (2020). Finding microplastics in soils: a review of analytical methods. *Environmental science & technology*, 54(4), 2078-2090.

Morgan, J.A., Derner, J.D., Machunas, D.G. & Pendall, E. (2008). Management implications of global change for Great Plains rangelands. *Rangelands*, 30(3), 18-22.

Murphy F. , Ewins C. , Carbonnier F. , Quinn B. (2016), Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment *Environ. Sci. Technol.*, 50 ,pp. 5800-5808.

Napper IE , Bakir A. , Rowland SJ , Thompson RC (2015), Χαρακτηρισμός, ποσότητα και απορροφητικές ιδιότητες μικροπλαστικών που εξάγονται από καλλυντικά *Mar. Pollut. Bull*, 99 σελ. 178 –185.

Napper IE , Thompson RC (2016) Απελευθέρωση συνθετικών μικροπλαστικών πλαστικών ινών από οικιακά πλυντήρια: επιπτώσεις του τύπου υφάσματος και των συνθηκών πλύσης *Mar Pollut Bull* , 112 , σελ. 39 – 45.

Nisbet E. M. Gick (2008) Can health psychology help the planet? Applying theory and models of health behaviour to environmental actions *Can. Psychol.*, 49 , pp. 296-303

Nizzetto, L., Futter, M., & Langaas, S. (2016). Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin?. NP Ivleva , AC Wiesheu , R. Niessner **Μικροπλαστικό σε υδάτινα οικοσυστήματα** *Angew Chem Int Ed Engl* , 56 (2017) , σελ. 1720 - 1739 , [10.1002/anie.201606957](https://doi.org/10.1002/anie.201606957).

Ng E.-L. , E. Huerta Lwanga, S.M. Eldridge, P. Johnston, H.-W. Hu, V. Geissen, D. Chen (2018) An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems *Sci. Total Environ.*, 627 , pp. 1377-1388.

O'Connor D. , S.Z. Pan, Z.T. Shen, Y.N. Song, Y.L. Jin, W.M. Wu *et al.* (2019) Microplastics undergo accelerated vertical migration in sand soil due to small size and wet-dry cycles *Environ. Pollut.*, 249 , pp. 527-534.

Oliveira E., Bértolo E., Núñez C., Pilla V., Santos HM, Fernández-Lodeiro J., Fernández Lodeiro A., Djafari J., Capelo JL & Lodeiro C. (2018). Πράσινες και κόκκινες φθορίζουσες βαφές για μεταφραστικές εφαρμογές σε αναλύτες απεικόνισης και ανίχνευσης: Σημαία διπλού χρώματος. *Chemistry Open*, 7 (1), 9–52. <https://doi.org/10.1002/open.201700135>

Okeke, E. S., Okoye, C. O., Atakpa, E. O., Ita, R. E., Nyaruaba, R., Mgbachidinma, C. L., & Akan, O. D. (2022). Microplastics in agroecosystems-impacts on ecosystem functions and food chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105961.

Pabortsava K, Lampitt RS (2020) Υψηλές συγκεντρώσεις πλαστικού που κρύβονται κάτω από την επιφάνεια του Ατλαντικού Ωκεανού. *Nat Commun* 11:4073.

Panebianco A., L. Nalbone, F. Giarratana, G. Ziino (2019), First discoveries of microplastics in terrestrial snails *Food Control*, 106 Article 106722, [10.1016/j.foodcont.2019.106722](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106722).

Panigrahi S., Velraj P., Rao TS, Das S., Dash HR (2019) Λειτουργική μικροβιακή ποικιλότητα σε μολυσμένο περιβάλλον και εφαρμογή στη βιοαποκατάσταση *Microbial Diversity in the Genomic Era*, Academic Press, Amsterdam, σελ. 359 – 385 eds.

Papanastasis, V., Kyriakakis, S. & Ispikoudis, I. (1990). Forestry and grazing practices in Crete. In D. Grove, J. Moody & O. Rackam (Eds), *Stability and change in the Cretan landscape* (pp. 42-46). Cambridge: Cambridge University Press.

Papanastasis, V.P. 1993. Legal status of land tenure and use and its implication on landscapes of western Crete. *Landscape and Urban Planning*, 24: 273-277.

Pauly JL, Stegmeier SJ, Allaart HA, Cheney RT, Zhang PJ, Mayer AG, Streck RJ (1998) Εισπνεόμενες κυτταρινικές και πλαστικές ίνες που βρίσκονται στον ανθρώπινο πνευμονικό ιστό *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 7, σελ. 419-428.

Peng G., P. Xu, B. Zhu, M. Bai, D. Li (2018) Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: a case study of risk assessment in mega-cities *Environ. Pollut.*, 234, pp. 448-456.

Peng, Y.; Wu, P.; Schartup, A.T.; Zhang, Y. 2021 Plastic waste release caused by COVID-19 and its fate in the global ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 118, e2111530118.

Pimentel JC, Avila R., Lourenço AG (1975) Αναπνευστική νόσος που προκαλείται από συνθετικές ίνες: μια νέα επαγγελματική ασθένεια *Thorax*, 30, σσ. 204 – 219.

Plastics – The Facts 2018: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data (2019).

Prata J.C. (2018), Airborne microplastics: consequences to human health? *Environ. Pollut.*, 234 pp. 115-126, [10.1016/j.envpol.2017.11.043](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043) Prata, JC (2018). Αερομεταφερόμενα μικροπλαστικά: Συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία; *Environmental Pollution*, 234, 115–126.

Prata, JC, da Costa, JP, Lopes, I., Duarte, AC, & Rocha-Santos, T. (2020). Περιβαλλοντική έκθεση σε μικροπλαστικά: Επισκόπηση των πιθανών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. *Science of the Total Environment*, 702, 134455.

Pysek P., Brock J.H., Bimova K., Mandak B., Jarosik V., Koukolikova I. et al. (2003). Vegetative regeneration in invasive *Reynoutria* (Polygonaceae) taxa: the determinant of invasibility at the genotype level. *American Journal of Botany*, 90(10), 1487-1495.

Qi Y., Yang X., Pelaez A.M., Huerta Lwanga E., Beriot N., Gertsen H., Garbeva P., Geissen V.

Macro- and micro- plastics in soil-plant system: effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth Sci. Total Environ., 645 (2018), pp. 1048-1056, [10.1016/j.scitotenv.2018.07.229](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.229).

Qi Y. , Ossowicki A. , Yang X. , Lwanga E.H. , Dini-Andreote F. , Geissen V. , *et al.* (2020), Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties J. Hazard Mater., 387 p. 121711.

Remy F., Collard, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., & Lepoint, G. (2015). Όταν το μικροπλαστικό δεν είναι πλαστικό: Η κατάποση τεχνητών ινών κυτταρίνης από μακροπανίδα που ζει σε μακροφυτοδέτрито θαλάσσιου χόρτου. *Environmental Science & Technology*, 49 (18), 11158–11166.

Rillig M.C. (2012), Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? Environ. Sci. Technol., 46 ,pp. 6453-6454.

Rillig MC, Ziersch L. , Hempel S. (2017) Μεταφορά μικροπλαστικών στο έδαφος από γαιοσκώληκες Sci. Rep. , 7 , σελ. 1362.

Rillig M.C. , Ingraffia R. , De Souza Machado A.A. (2017), Microplastic incorporation into soil in agroecosystems Front. Plant Sci., 8 ,p. 1805.

Rillig M.C. (2018), Microplastic disguising as soil carbon storage Environ. Sci. Technol., 52 ,pp. 6079-6080, [10.1021/acs.est.8b02338](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02338).

Rillig M.C. , Bonkowski M. (2018), Microplastic and soil protists: a call for research Environ. Pollut., 241 pp. 1128-1131, [10.1016/j.envpol.2018.04.147](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.147).

Rillig MC, Lehmann A. (2020) Η έρευνα για τα μικροπλαστικά σε χερσαία οικοσυστήματα μετατοπίζεται από την οικοτοξικολογία στις επιδράσεις του οικοσυστήματος και στις ανατροφοδοτήσεις του συστήματος της Γης Science , 368 , σελ. 1430 - 1431 , [10.1126/science.abb5979](https://doi.org/10.1126/science.abb5979).

Rillig MC, Ryo, M., & Lehmann, A., 2021. Ταξινόμηση των ανθρώπινων επιρροών στα χερσαία οικοσυστήματα. 27(11), 2273-2278. [10.1111/gcb.15577](https://doi.org/10.1111/gcb.15577).

Rochman CM (2018) Έρευνα μικροπλαστικών — από το νεροχύτη στην πηγή Science , 360 , σελ. 28 - 29 , [10.1126/science.aar7734](https://doi.org/10.1126/science.aar7734).

Rodriguez-Seijo A. , J. Lourenço, T.A.P. Rocha-Santos, J. da Costa, A.C. Duarte, H. Vala, R. Pereira (2017) Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché Environ. Pollut., 220 , pp. 495-503

Rodrigues J.P. , Duarte A.C. , Santos-Echeandía J. , Rocha-Santos T. (2019) Significance of interactions between microplastics and POPs in the marine environment: a critical overview TrAC Trends Anal. Chem., 111 , pp. 252-260, [10.1016/j.trac.2018.11.038](https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.11.038).

Roy T., Dey, T. K., & Jamal, M. (2023). Microplastic/nanoplastic toxicity in plants: An imminent concern. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), 27.

Sage, R.B., D.M.B. Parish, M.I.A. Woodburn, and P.G.L. Thompson. 2005. Songbirds using crops planted on farmland as cover for game birds. *European Journal of Wildlife Research* 51:248-253.

SAPEA (2019) A scientific perspective on microplastics in nature and society Sci. Adv. Policy Eur. Acad.

Schöpfer L. , Menzel R. , Schnepf U. , Ruess L. , Marhan S. , Brümmer F. *et al.* (2020) Microplastics effects on reproduction and body length of the soil-dwelling nematode *Caenorhabditis elegans* Front. Environ. Sci., 8 , p. 41.

Scheurer M. , Bigalke M. (2018) Μικροπλαστικά σε ελβετικά πλημμυρικά εδάφη Περιβάλλον. Sci. Τεχνολ. , 52 , σελ. 3591 – 3598.

Schwabl P. , Koppel S. , Königshofer P. , Bucsics T. , Trauner M. , Reiberger T. , Liebmann B. (2019), Detection of various microplastics in human stool a prospective case series Ann. Intern. Med., 171 , pp. 453-457, [10.7326/M19-0618](https://doi.org/10.7326/M19-0618).

Shah AA, F. Hasan, A. Hameed , S. Ahmed (2008) Βιολογική αποικοδόμηση των πλαστικών: μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση Biotechnol. Adv. , 26 , σελ. 246 – 265.

Sherrington, C., 2016, [Plastics in the marine περιβάλλον](#) , Eunomia, Bristol, UK, πρόσβαση στις 25 Μαρτίου 2020.

Simeon, D., and G. Cheylan. 1985. Conservation strategies for raptors in the south of France. Bulletin of World Working Group on Birds of Prey and Owls 2:113-116.

Song Y.K. , Hong S.H. , Jang M. , Han G.M. , Jung S.W. , Shim W.J. (2017) Combined effects of UV exposure duration and mechanical abrasion on microplastic fragmentation by polymer type Environ. Sci. Technol., 51 (8) , pp. 4368-4376

Strafella, P., Correa, ML, Pyko, I., Teichert, S., & Gomiero, A. (2021). Κατανομή μικροπλαστικών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Στο T. Rocha-Santos, M. Costa, & C. Mouneyrac (Επιμ.), Εγχειρίδιο μικροπλαστικών στο περιβάλλον (σελ. 1–35). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_43-1.

Sun Y., Shaheen SM, Ali EF, Abdelrahman H., Sarkar B., Song H., Rinklebe J., Ren X., Zhang Z., & Wang Q. (2022). Ενίσχυση της βιοαποικοδόμησης μικροπλαστικών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης με τη χρήση βιοαπανθράκων ζωικής κοπριάς. Environmental Pollution, 306, 119339.

Swift, M.J., Izac, A.-M.N. and van Noordwijk, M., (2004). Biodiversity and Ecosystem services in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment 104: 113-134.

Tanaka K., Takada H. (2016) Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters Sci. Rep., 6, p. 34351, [10.1038/srep34351](https://doi.org/10.1038/srep34351).

Thomson *et al.* (2004) RC Thompson , Y. Olsen , RP Mitchell , A. Davis , SJ Rowland , AWG John , D. McGonigle , AE Russell Χαμένοι στη θάλασσα: πού είναι όλο το πλαστικό; Science , 304 (2004) , σελ. 838.

Thompson RC , C. Moore , Andrady A. , Gregory M. , Takada H. , Weisberg S. (2005) Νέες κατευθύνσεις στα πλαστικά συντρίμια Science , 310 , σελ. 1117.

Tibbetts J.H. (2015), Managing marine plastic pollution: policy initiatives to address wayward waste Environ. Health Perspect., 123 p. A9.

Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., ... & Van den Eede, G. (2019). Ανασκόπηση της μόλυνσης από μικρο- και νανοπλαστικά στην τροφική αλυσίδα. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36 (5), 639-673.

Trainic M. , Flores J.M. , Pinkas I. , Pedrotti L.M. , Lombard F. , Bourdin G. , Gorsky G. , Boss E. , Rudich Y. , Vardi A. , Koren I. (2020), Airborne microplastic particles detected in the remote marine atmosphere Commun. Earth Environ., 1 (64), pp. 1-9, [10.1038/s43247-020-00061-y](https://doi.org/10.1038/s43247-020-00061-y).

Treumann S. , Torkzaban S. , Bradford S.A. , Visalakshan R.M. , Page D. (2014), An explanation for differences in the process of colloid adsorption in batch and column studies J.Contam. Hydrol., 164 ,pp. 219-229.

UNEP 2018, Χαρτογράφηση της παγκόσμιας αλυσίδας αξίας πλαστικών και απωλειών πλαστικών στο περιβάλλον: με ιδιαίτερη έμφαση στο θαλάσσιο περιβάλλον , Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον, πρόσβαση στις 6 Μαΐου 2021.

Van den Berg, P., Huerta-Lwanga, E., Corradini, F., & Geissen, V. (2020). Sewage sludge application as a vehicle for microplastics in eastern Spanish agricultural soils. *Environmental Pollution*, 261, 114198.

Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., & Köhler, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental science & technology*, 46(20), 11327-11335.

Vrahnakis M.S., Kadroudi M., Kyriazi E., Vasilakis D., Kazoglou Y., and Birtsas P. (2009). Variation of structural and functional characteristics of grasslands in the foraging areas of the Eurasian black vulture (*Aegypius monachus* L.). *Grassland Science in Europe* 14:269-272.

Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., ... & Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26(1), 1-9.

Wang F., Gao J., Zhai W., Liu D., Zhou Z., & Wang, P. (2020a). Η επίδραση των μικροπλαστικών πολυαιθυλενίου στα υπολείμματα φυτοφαρμάκων και στην αποικοδόμηση στο υδάτινο περιβάλλον. *Journal of Hazardous Materials*, 402, 122517.

Wang W., Yuan W., Xu E.G., Li L., Zhang H., Yang, Y. (2021) Uptake, translocation, and biological impacts of micro(nano)plastics in terrestrial plants: Progress and prospects. *Environ. Res.*, 203, 111867. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed].

Wang Q., C.A. Adams, F. Wang, Y. Sun, S. Zhang (2021) Interactions between microplastics and soil fauna: a critical review Crit. Rev. Environ. Sci. Technol., 1–33, [10.1080/10643389.2021.1915035](https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1915035).

Wang, W., Ge, J., Yu, X., & Li, H. (2020). Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of the total environment*, 708, 134841.

Weiss, GA (2017). Μηχανισμοί Hennen T και συνέπειες της εντερικής δυσβίωσης. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 74 (16), 2959-2977.

West N.E. 1993. Biodiversity of rangelands. *Journal of Range Management*, 46(2):2-13

Whelan Iii, T., Van Tussenbroek, BI, & Santos, MB (2011). Αλλαγές στα ίχνη μετάλλων στο *Thalassia testudinum* μετά από κρούσεις τυφώνα. *Marine Pollution Bulletin*, 62 (12), 2797–2802.

Willén A., C. Junestedt, L. Rodhe, M. Pell, H. Jönsson (2016) Η λυματολάσπη ως λίπασμα – περιβαλλοντική αξιολόγηση των επιλογών αποθήκευσης και εφαρμογής γης *Water Sci. Τεχνολ.*

WHO Determination of airborne fibre number concentrations: a recommended method, by phasecontrast optical microscopy (membrane filter method) (1997).

Wong JKH, Lee KK, Tang KHD & Yap PS (2020). Μικροπλαστικά στο γλυκό νερό και στο χερσαίο περιβάλλον: Επικράτηση, μοίρες, επιπτώσεις και βιώσιμες λύσεις. *Επιστήμη του συνολικού περιβάλλοντος*, 719, 137512

Wu M., Yang C., Du C., Liu H. (2020) Microplastics in waters and soils: occurrence, analytical methods and ecotoxicological effects *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 202 p. 110910, [10.1016/j.ecoenv.2020.110910](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110910).

Wu X., Liu Y., Yin, Xiao S., Xiong K., Bian Q., Liang S., Hou S., Hu H., & Yang, J. (2020). Μεταβολομική που αποκαλύπτει την απόκριση του ρυζιού (*Oryza sativa* L.) που εκτίθεται σε μικροπλαστικά πολυστυρενίου. *Environmental Pollution*, 266, 115159.

Wu P., Li J., Lu X., Tang Y., & Cai Z. (2022). Απελευθέρωση δεκάδων χιλιάδων μικροϊνών από πεταμένες μάσκες προσώπου κάτω από προσομοιωμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. *Science of the Total Environment*, 806, 150458.

Xu B., Liu, F., Cryder, Z., Huang, D., Lu, Z., He, Y., ... & Xu, J. (2020). Microplastics in the soil environment: occurrence, risks, interactions and fate—a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(21), 2175-2222.

Xu C., B. Zhang, C. Gu, C. Shen, S. Yin, M. Aamir, F. Li (2020) Are we underestimating the sources of microplastic pollution in terrestrial environment? *J. Hazard. Mater.*, 400, p. 123228, [10.1016/j.jhazmat.2020.123228](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123228).

Yang Y., Yang J., Wu WM, Zhao J., Song Y., Gao L., Yang R., Jiang L. Βιοαποικοδόμηση και ανοργανοποίηση πολυστυρενίου από σκουλήκια που τρώνε πλαστικά: μέρος 1. Χημικός και φυσικός χαρακτηρισμός και ισοτοπικές δοκιμές *Environmental Science and Technology*, 49 (2015), σελ. 12080 -12086.

Yang Y., Yang J., Wu WM, Zhao J., Song Y., Gao L., Yang R., Jiang L. (2015) Βιοαποικοδόμηση και ανοργανοποίηση του πολυστυρενίου από σκουλήκια που τρώνε πλαστικά: μέρος 2. Ο ρόλος των μικροοργανισμών του εντέρου *Environmental Science and Technology*, 49, σελ. 12087 – 12093.

Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Μικροπλαστικά στο έδαφος: Ανασκόπηση σχετικά με τις μεθόδους, την εμφάνιση, τις πηγές και τον πιθανό κίνδυνο. *Science of the Total Environment*, 780, 146546.

Yadav, S., Gupta, E., Patel, A., Srivastava, S., Mishra, VK, Singh, PC, Srivastava, PK, & Barik, SK (2022). Αποκάλυψη των αναδυόμενων απειλών των μικροπλαστικών για τα αγροοικοσυστήματα. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 1–28.

Yu H. , Hou J. , Dang Q. , Cui D. , Xi B. , Tan W. (2020) Decrease in bioavailability of soil heavy metals caused by the presence of microplastics varies across aggregate levels J. Hazard. Mater., 395 , Article 122690, [10.1016/j.jhazmat.2020.122690](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122690).

Zang H. , Zhou J. , Marshall M.R. , Chadwick D.R. , Wen Y. , Jones D.L. (2020), Microplastics in the agroecosystem: are they an emerging threat to the plant-soil system? Soil Biol. Biochem., 148 p. 107926, [10.1016/j.soilbio.2020.107926](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107926).

Zettler E.R. , T.J. Mincer, L.A. Amaral-Zettler (2013) Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic marine debris Environ. Sci. Technol., 47 (13), pp. 7137-7146.

Zhang K., Shi H., Peng J., Wang Y., Xiong X., Wu C., & Lam P. K. (2018). Microplastic pollution in China's inland water systems: a review of findings, methods, characteristics, effects, and management. *Science of the Total Environment*, 630, 1641-1653.

Zhang G.S. , F.X. Zhang, X.T. Li (2019) Effects of polyester microfibers on soil physical properties: perception from a field and a pot experiment Sci. Total Environ., 670 , pp. 1-7.

Zhang, K., Hamidian, AH, Tubi, A., Zhang, Y., Fang, JKH, Wu, C., & Lam, PKS (2021a). Κατανόηση της πλαστικής αποδόμησης και του σχηματισμού μικροπλαστικών στο περιβάλλον: μια ανασκόπηση. *Environmental Pollution*, 274 , 116554. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554>.

Zhang, Y., Zhang, X., Li, X., & He, D. (2022). Interaction of microplastics and soil animals in agricultural ecosystems. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 100327.

Zhao S. , Zhu L. , Li D. (2015), Μικροπλαστικό σε τρεις αστικές εκβολές, Κίνα Environment.Pollut. , 206 σελ. 597 - 604 , [10.1016/j.envpol.2015.08.027](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.027).

Zhao, X., Feng, Y., Xu, K., Cao, M., Hu, S., Yang, Q., ... & Su, Y. (2022). Canopy structure: An intermediate factor regulating grassland diversity-function relationships under human disturbances. *Fundamental Research*.

Zhou Y. , Liu X. , Wang J. (2019), Characterization of microplastics and the association of heavy metals with microplastics in suburban soil of central China Sci. Total Environ., 694 p. 133798, [10.1016/j.scitotenv.2019.133798](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133798).

Zhou Y. , Wang J. , Zou M. , Jia Z. , Zhou S. , Li Y. (2020), Microplastics in soils: a review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks Sci. Total Environ., 748 p. 141368, [10.1016/j.scitotenv.2020.141368](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141368).

Zhou, Q., Zhang, H. B., Zhou, Y., Li, Y., Xue, Y., Fu, C. C., ... & Luo, Y. M. (2016). Occurrences and ecological risks of microplastics in the typical coastal beaches and seas. *Chin. Sci. Bull*, 61, 1604-1611.

Zhou Q. , Zhang H. , Fu C. , Zhou Y. , Dai Z. , Li Y. , Tu C. , Luo Y. (2018) Η κατανομή και η μορφολογία των μικροπλαστικών σε παράκτια εδάφη που γειτνιάζουν με τη Θάλασσα Μποχάι και την Κίτρινη Θάλασσα Geoderma , 322 , σελ. 201 - 208 , [10.1016/j.geoderma.2018.02.015](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.015).

Zhu B.K., Y.-M. Fang, D. Zhu, P. Christie, X. Ke, Y.-G. Zhu (2018) Exposure to nanoplastics disturbs the gut microbiome in the soil oligochaete *Enchytraeus crypticus* Environ. Pollut., 239 , pp. 408-415.

Zhu D., Bi Q.-F., Xiang Q., Chen Q.-L., Christie P., Ke X. *et al.* (2018) Trophic predator-prey relationships promote transport of microplastics compared with the single *Hypoaspis aculeifer* and *Folsomia candida* Environ. Pollut., 235, pp. 150-154.

Zhuang J., Qi J., Jin Y. (2005), Retention and transport of amphiphilic colloids under unsaturated flow conditions: effect of particle size and surface property Environ. Sci. Technol., 39, pp. 7853-7859.

Ziajahromi S., Neale P.A., Leusch F.D. (2016) Wastewater treatment plant effluent as a source of microplastics: review of the fate, chemical interactions and potential risks to aquatic organisms Water Sci. Technol., 74, pp. 2253-2269.

Zitko V., Hanlon M. (1991) Μια άλλη πηγή ρύπανσης από πλαστικά: καθαριστικά δέρματος με πλαστικά scrubbers Mar. Pollut. Bull., 22, σελ. 41 – 42.

Zubris K.A., Richards B.K. (2005), Synthetic fibers as an indicator of land application of sludge Environ. Pollut., 138, pp. 201-211.

Zylstra ER (2013) Συσσώρευση σκουπιδιών διασκορπισμένων από τον άνεμο σε περιβάλλοντα ερήμου J. Arid Environ., 89, σελ. 13 – 15.

10. Παράρτημα

10.1 Δομή ερωτηματολογίου

Ερωτηματολόγιο: Αντιλήψεις για τα Μικροπλαστικά στα Λιβάδια

A. Ερωτήσεις Προφίλ

1. Ποιο είναι το φύλο σας;

Άνδρας Γυναίκα

2. Ποια είναι η ηλικία σας;

18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 65+

3. Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;

- ❖ Υποχρεωτικής εκπαίδευσης
- ❖ Απόφοιτος Λυκείου
- ❖ Απόφοιτος Α.Ε.Ι/Τ.Ε.Ι
- ❖ Κάτοχος μεταπτυχιακού
- ❖ Κάτοχος διδακτορικού

4. Απασχόληση:

(Α) Με τον κτηνοτροφικό τομέα (Β) Με τον γεωργικό τομέα (Γ) Άλλο επαγγελματικό τομέα

(Όλες οι ερωτήσεις προφίλ είναι One Best Answer (ερώτηση με μια σωστή απάντηση)).

B. Ερωτήσεις για τα πλαστικά στα λιβάδια, η προέλευση και οι πηγές τους

5. Από το 1 (καθόλου) μέχρι το 5 (σε μεγάλο βαθμό), έχετε παρατηρήσει πεταμένα απορρίμματα (πλαστικά μπουκάλια/καλαμάκια, πλαστικές σακούλες, τενεκεδάκια, σακουλάκια από σνακ, μάσκες προσώπου κ.α.):

- ❖ παράλληλα του αυτοκινητόδρομου
- ❖ πλάι σε φωτεινούς σηματοδότες
- ❖ σε πλατείες/ πάρκα/ παιδικές χαρές
- ❖ σε σχολεία/ πανεπιστήμια
- ❖ σε λίμνες/ θάλασσες/ ποτάμια
- ❖ σε λιβάδια
- ❖ σε γεωργικές καλλιέργειες
- ❖ σε δάση/ βουνά
- ❖ σε πεζοδρόμια
- ❖ πλάι σε κάδους απορριμμάτων **(ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης likert)**

6. Από το σύνολο των απορριμμάτων τι ποσοστό θεωρείτε ότι αποτελούν τα πλαστικά απορρίμματα στα λιβάδια;

- ❖ < 20%
- ❖ 20-40%
- ❖ 40-60%
- ❖ 60-80%
- ❖ >80% **(ερώτηση One Best Answer)**

7. Ποιες θεωρείτε ότι είναι οι πηγές από τις οποίες προέρχονται τα πλαστικά στα λιβάδια; (Βάλτε σε σειρά τις παρακάτω πηγές με βάση ποια πηγή είναι σημαντική για εσάς, από το 1 έως το 5, όπου 1 = καθόλου σημαντική και 5 = πάρα πολύ σημαντική):

- ❖ Τα αφήνουν οι διερχόμενοι
- ❖ Απορρίπτονται από τους βοσκούς/ δασεργάτες/κυνηγούς
- ❖ Απορρίπτονται από παρακείμενες γεωργικές καλλιέργειες/ παρακείμενα αστικά κέντρα
- ❖ Μεταφέρονται από τον άνεμο (από κάδους, κ.ά.)
- ❖ Μεταφέρονται από τα ποτάμια/ όμβριες απορροές

(ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης τύπου ιεράρχησης)

8. Σε ποιο βαθμό συμβάλλουν οι πιο κάτω αιτίες στη συγκέντρωση πλαστικών στα λιβάδια; (Αξιολογήστε την κάθε απάντηση σημειώνοντας τον βαθμό συμφωνίας/διαφωνίας σας, όπου 1= Καθόλου και 5=σε μεγάλο βαθμό).

- ❖ Ανεπαρκής διαχείριση σκουπιδιών (πλαστικών και μη) που οδηγεί στην απελευθέρωση τους στο περιβάλλον
 - ❖ Ανεπαρκής εφαρμογή των περιβαλλοντικών νομοθεσιών
 - ❖ Έλλειψη ανακύκλωσης απορριμμάτων
 - ❖ Έλλειψη ενημέρωσης για το πρόβλημα των σκουπιδιών
 - ❖ Η κουλτούρα μας (δηλ. συμπεριφορά ατόμων και επιχειρήσεων που περιλαμβάνει την άτακτη ρίψη και «διαρροή» αντίστοιχα)
- (ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης likert)**

9. Σε ποιο βαθμό συμφωνείτε με τις παρακάτω δηλώσεις για τα πλαστικά στα λιβάδια; (Επιλέξτε ανά σειρά όπου 1= Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό και 5= Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό).

- ❖ Επηρεάζουν την αναψυχή (εκδρομές, επισκέψεις, περιπάτους, κ.λπ.)
 - ❖ Επηρεάζουν την υγεία των ζώων
 - ❖ Επηρεάζουν την ανάπτυξη των λιβαδικών φυτών
 - ❖ Αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία
 - ❖ Προκαλούν οικονομικές απώλειες για τον κλάδο της κτηνοτροφίας
 - ❖ Είναι ενοχλητικά για τους χρήστες των λιβαδιών (κτηνοτρόφοι, κυνηγοί, επισκέπτες κ.α.)
 - ❖ Στοιχίζει πολύ για να καθαριστούν
 - ❖ Μαζεύονται και ανακυκλώνονται εύκολα
- (ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης likert)**

10. Πόσο υπεύθυνοι είναι οι παρακάτω για την αντιμετώπιση του προβλήματος των πλαστικών στα λιβάδια; (Επιλέξτε ανά σειρά όπου 1= Διαφωνώ σε μεγάλο βαθμό και 5= Συμφωνώ σε μεγάλο βαθμό).

- ❖ Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ)
 - ❖ Υπουργείο Περιβάλλοντος
 - ❖ Δασική Υπηρεσία
 - ❖ Περιφέρεια
 - ❖ Τοπικές αυτοδιοικήσεις
 - ❖ Περιβαλλοντικοί οργανισμοί (ΜΚΟ)
 - ❖ Το ευρύ κοινό
 - ❖ Εκπαιδευτική κοινότητα (Σχολεία, Πανεπιστήμια, Εκπαιδευτικοί)
 - ❖ Επιχειρήσεις
- (ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης likert)**

Γ. Ερωτήσεις για την γνώση των μικροπλαστικών στα λιβάδια

11. Γνωρίζετε τι είναι τα μικροπλαστικά;

ΝΑΙ ΟΧΙ (ερώτηση διχοτόμησης)

12. Ποια από τα παρακάτω πιστεύετε είναι εστίες δημιουργίας μικροπλαστικών; (Μπορείτε να επιλέξετε έως 5 απαντήσεις).

- ❖ Πλαστικά μπουκάλια και καλαμάκια
- ❖ Τενεκεδάκια αναψυκτικού/ μπύρας
- ❖ Χάρτινα ποτηράκια καφέ
- ❖ Σακούλες απορριμμάτων
- ❖ Συνθετικές μικροΐνες ρούχων
- ❖ Προϊόντα προσωπικής φροντίδας
- ❖ Μάσκες προσώπου και γάντια μιας χρήσεως
- ❖ Ελαστικά αυτοκινήτου
- ❖ Συσκευασίες προϊόντων τροφίμων
- ❖ Χρώματα οδικής σήμανσης
- ❖ Σκόνη πόλης (**ερώτηση πολλαπλών επιλογών**)

13. Τα λιβάδια πιστεύετε ότι είναι «καθαρές εκτάσεις» από πλαστική ρύπανση (δημιουργία μικροπλαστικών), ώστε τα κτηνοτροφικά (αιγοπρόβατα, βοοειδή) και άγρια ζώα μέσω της βόσκησης να μην καταναλώσουν μικροπλαστικά και να μην περάσουν μέσω της τροφικής αλυσίδας στον ανθρώπινο οργανισμό;

- ❖ Ναι
- ❖ Όχι
- ❖ Δεν γνωρίζω (**ερώτηση One Best Answer**)

14. Θεωρείτε ότι τα πλαστικά μέσω της διάσπασής τους σε μικροπλαστικά έχουν αρνητική συνέπεια ως προς: (Αξιολογήστε την κάθε απάντηση με 1=καθόλου έως 5=πάρα πολύ).

- ❖ την ποιότητα του κρέατος που παράγεται από τα κτηνοτροφικά ζώα
- ❖ στην σύνθεση των λιβαδικών φυτών για την βοσκήσιμη τροφή των κτηνοτροφικών και άγριων ζώων
- ❖ στην ποιότητα των υδάτων που διέπουν τα λιβάδια
- ❖ στην ποιότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων
- ❖ στην αναψυχή των επισκεπτών σε λιβάδια (**ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης likert**)

15. Πιστεύετε ότι υπάρχει τρόπος αντιμετώπισης της αποφυγής κατάληξης των μικροπλαστικών στα λιβάδια, ώστε να αποφευχθεί η ρύπανση: (Επιλέξτε ανά γραμμή, όπου 1= Καθόλου και 5= Πάρα πολύ).

- ❖ Μέσω επιβολής μεγαλύτερων προστίμων σε όσους ρυπαίνουν
- ❖ Μέσω εκπαίδευσης και ενημέρωσης του κοινού για τις επιπτώσεις από την ρύπανση μικροπλαστικών
- ❖ Μέσω καθαρισμών λιβαδιών
- ❖ Μέσω βελτίωσης των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων (ανακύκλωση, ανάκτηση, κ.ά.)
- ❖ Μέσω της συλλογής των υπαρχόντων πεταμένων απορριμμάτων
- ❖ Μέσω της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του πλαστικού
- ❖ Μέσω των ειδικών σημάτων κοντά σε λιβάδια για τη μη άτακτη ρίψη απορριμμάτων
- ❖ Μέσω της χρήσης βιοαποικοδομήσιμων (που έχουν την ικανότητα να αποικοδομηθούν) ή βιοπλαστικών (που προέρχονται (εν μέρει) από βιομάζα (φυτά) προϊόντων
- ❖ Μέσω δημιουργίας κλειστών κάδων με εγκοπή για την αποφυγή παράσυρσης των πλαστικών από τον αέρα ή τη βροχή
- ❖ Μέσω του καλύτερου φιλτραρίσματος των λυμάτων για την συγκράτηση κλωστοϋφαντουργικών ινών και σφαιριδίων πλαστικού

(ερώτηση κλίμακας αξιολόγησης likert)

16. Τι θα αλλάζατε τις καθημερινές σας συνήθειες για τη μείωση των μικροπλαστικών στα λιβάδια; (Σημειώστε από το 1 έως το 5 ποια είναι για εσάς σημαντική, όπου 1 = καθόλου σημαντική και 5 = πολύ σημαντική).

- ❖ Την αγορά προϊόντων πολλαπλών χρήσεων αντί των πλαστικών μιας χρήσεως
 - ❖ Την αγορά καταναλωτικών προϊόντων/προϊόντων προσωπικής υγιεινής και περιποίησης που δεν περιέχουν μικροσφαιρίδια (μικρά σφαιρικά κομμάτια πλαστικού του 1mm) φιλικών προς το περιβάλλον
 - ❖ Την μείωση χρήσης των αυτοκινήτων
 - ❖ Την ανακύκλωση πλαστικών προϊόντων με ανταποδοτικό χαρακτήρα
 - ❖ Την αγορά ρούχων με μη συνθετικές ίνες για την αποφυγή «διαρροής» τους στο περιβάλλον
- (ερώτηση τύπου Thurstone)

17. Έχετε υπόψη τον Ν. 4736/2020 (Οδηγία ΕΕ 904/2018) περί απαγόρευσης πλαστικών μιας χρήσης και ενίσχυση της επαναχρησιμοποίησης και της κυκλικής οικονομίας στο πλαίσιο περιορισμού των πλαστικών απορριμμάτων;

Δεν γνωρίζω τίποτα απολύτως

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Γνωρίζω απόλυτα (ερώτηση One Best Answer)

10.1 Επεξήγηση συμβόλων

10.1.1 Πρώτη ύλη για παραγωγή πλαστικού

PE: πολυαιθυλένιο
LDPE: πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας
LLDPE: γραμμικό πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας
HDPE: πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας
PP: πολυπροπυλένιο
PS: πολυστυρένιο
EPS: διευρυμένο PS (πολυστυρένιο)
PVC: πολυβινυλοχλωρίδιο
PET: τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο
PC: πολυανθρακικό
PA: πολυαμίδιο
PUR: πολυουρεθάνη.

10.1.2 Σχήματα μικροπλαστικών

Fiber (fi) = ίνα μικροπλαστικού

Pellet (pt) = πέλλετ μικροπλαστικού
Foam (fo) = αφρός μικροπλαστικού
Sheet (sh) = φύλλο μικροπλαστικού
Fragment (fr) = θράυσμα μικροπλαστικού
Film (fm) = ταινία φιλμ μικροπλαστικού
Powder = Σκόνη μικροπλαστικού