



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ & ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑΣ



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES - MEDICAL FACULTY
DEPARTMENT OF HYGIENE & EPIDEMIOLOGY

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ
ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟ
ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ**

Της

ANNA A. ΝΑΤΣΙΟΥ

Πτυχιούχου Χημείας, Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου
Θεσσαλονίκης

ΛΑΡΙΣΑ 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ & ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑΣ



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES - MEDICAL FACULTY
DEPARTMENT OF HYGIENE & EPIDEMIOLOGY

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ
ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟ
ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ**

Της

ANNA A. ΝΑΤΣΙΟΥ

Πτυχιούχου Χημείας, Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου
Θεσσαλονίκης

ΛΑΡΙΣΑ 2021

Η Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή όπως ορίστηκε στις 19 Απριλίου του 2018.

Επιβλέπων: **Χ. Χατζηχριστοδούλου**, Καθηγητής Ιατρικού Τμήματος
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Μέλη: **Γ. Ραχιώτης**, Αναπλ. Καθηγητής Ιατρικού Τμήματος
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Β. Μουχτούρη, Αναπλ. Καθηγήτρια Ιατρικού Τμήματος
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Αφιερωμένο
Στους γονείς μου, Αθανάσιο και Λυδία

Στο σύζυγό μου, Άγγελο
και στα παιδιά μου, Αιμίλιο και Λυδία

για την υπομονή που έδειξαν
σ' αυτή μου την προσπάθεια.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αναφορά στην παρουσία των μικροπλαστικών στο πόσιμο και εμφιαλωμένο νερό, αλλά και στην επίδραση των μικροσωματιδίων αυτών στο υδάτινο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου. Αρχικά, γίνεται μία εισαγωγή στις γενικές έννοιες που αφορούν το νερό και περιγράφονται στο κείμενο. Στη συνέχεια, καταγράφεται η ελληνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία, νόμος 67322/2017 που προέρχεται από την Οδηγία πλαίσιο 2015/1787/ΕΕ όπως την εξέδωσε η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα πόσιμα νερά. Η Οδηγία αυτή θέτει ως στόχο την επίτευξη της καλής ποιότητας των πόσιμων υδάτων σε κάθε χώρα κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Περαιτέρω, περιγράφεται η νομοθεσία που θεσπίστηκε για τα εμφιαλωμένα νερά. Όπως γίνεται αντιληπτό, και πάλι η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η βάση για τη θέσπιση νόμων στην ελληνική επικράτεια. Στη νομοθεσία αυτή δίνονται όλοι οι απαραίτητοι ορισμοί και τα μέτρα από την πηγή της εμφιάλωσης έως και την πόση των υδάτων αυτών από τους καταναλωτές. Κατόπιν, παρατίθεται η Οδηγία που έχει εκδώσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) όσον αφορά το πόσιμο και εμφιαλωμένο νερό. Η Οδηγία αυτή καλύπτει και τις παραμέτρους που σχετίζονται με την επικινδυνότητα των χημικών ουσιών τόσο στο υδάτινο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, δίνονται πληροφορίες για τις πηγές από τις οποίες εισέρχονται τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό. Ακόμα, παρατίθενται έρευνες σχετικά με την παρουσία μικροπλαστικών σε μπουκάλια που χρησιμοποιούνται σε εμφιαλωμένα νερά. Τέλος, καταγράφονται όλα τα δεδομένα για την επίδραση των μικροπλαστικών στην υγεία του ανθρώπου και στο υδάτινο περιβάλλον. Στην περίπτωση της ανθρώπινης υγείας αναφέρεται πως δεν υπάρχει κίνδυνος τοξικότητας, ενώ στην περίπτωση της ζωής στο υδάτινο περιβάλλον έχουν παρατηρηθεί νευρολογικές, πεπτικές και αναπαραγωγικές δυσλειτουργίες.

EFFECTS OF MICROPLASTICS ON HUMAN CONSUMPTION WATER AND BOTTLED WATER

In this thesis, it is referred the presence of microplastics in drinking water and in bottled water. It is also mentioned the effect of these microparticles on the aquatic environment and human health. At first, they are described the general concepts related to water. Continuously, it is cited the Greek and European legislation (law 67322/2017 coming from Framework Directive 2015/1787/EE on drinking water which is adopted by the European Union. This rule aims to achieve the good quality of drinking water in member countries of the European Union. Further, it is described the legislation of the bottled water. As it is understood, again the Directive of the European Union is moving the laws in the Greek territory. This legislation gives all the necessary definitions and limits from the source of bottling to the drinking of this water by consumers. Then it is issued the guidance of the World Health Organization (WHO) regarding drinking water and bottled water. In this paragraph, they are covered the parameters related to the hazard of chemicals in both the aquatic environment and human health. Furthermore, it is given information referring on the sources on which the microplastics come into the drinking water. Moreover, it is stated a couple of researches concerning the presence of microplastics in bottled water. Finally, all data on the impact of microplastics on human health and the aquatic environment and its fauna are recorded. In the case of human health, it is reported that there is no risk of toxicity, while in the case of life in the aquatic environment have been observed neurological, digestive and reproductive malfunctions.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	1
1.1 Το νερό και η ζωή	1
1.2 Βασικές έννοιες σχετιζόμενες με το νερό	2
1.3 Το πρόβλημα της λειψυδρίας- Το εμφιαλωμένο νερό	3
1.4 Τα μικροπλαστικά	4
2. Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία	8
2.1 Νόμος 67322/2017	8
3. Νομοθεσία Εμφιαλωμένων Υδάτων	15
4. Νομοθεσία Παγκοσμίου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.): Μικροπλαστικά στο Πόσιμο Νερό	24
4.1 Ιστορικό	24
4.2 Ορισμός των μικροπλαστικών	24
4.3 Παραγωγή και τύποι μικροπλαστικών	25
4.4 Πηγές και μεταφορά μικροπλαστικών στο νερό	27
4.4.1 Απόκλιση από χερσαίες πηγές	28
4.4.2 Συνδυασμένη υπερχείλιση αποχέτευσης	28
4.4.3 Ατμοσφαιρική εναπόθεση	28
4.4.4 Παραγωγή και διανομή πόσιμου νερού	29
4.5 Αξιοπιστία των μελετών	29
4.6 Πιθανές απειλές από τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό	29
4.6.1 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την πέψη μικροπλαστικών μέσω του πόσιμου νερού	30
4.6.2 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από χημικές ουσίες σχετιζόμενες με τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό	30
4.6.3 Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία σχετιζόμενες με βιομεμβράνες που προσκολλώνται στα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό	31
4.7 Γενικές αρχές δειγματοληψίας και ανάλυσης	32
4.7.1 Δειγματοληψία	32
4.7.2 Ανάλυση	32
4.8 Απομάκρυνση μικροπλαστικών από το πόσιμο νερό	33
4.9 Συστάσεις στους προμηθευτές νερού και στους ρυθμιστές των δικτύων πόσιμου νερού	34
4.10 Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες	34
5. Πηγές μικροπλαστικών	36
5.1 Πηγές ή σχηματισμός μικροπλαστικών	36
5.1.1 Περιβαλλοντική δράση	36
5.1.2 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων	36
5.1.3 Βιομηχανοποίηση	37
5.1.4 Πλαστικά μπουκάλια νερού	37
5.1.5 Σκόνη της πόλης (City Dust)	37
6. Στατιστικά και Ποσοστά μικροπλαστικών στο νερό	39
6.1 Στατιστικά που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό	39
6.2 Στατιστικά για μικροπλαστικά στο εμφιαλωμένο νερό	40
6.3 Στατιστικά για μικροπλαστικά σε δείγματα ψαριών	43
7. Κίνδυνοι στην ανθρώπινη υγεία και στο υδάτινο περιβάλλον από τα μικροπλαστικά	45
7.1 Επιπτώσεις των μικροπλαστικών στην ανθρώπινη υγεία από τα μικροσωματίδια και τις χημικές ουσίες	45

7.1.1	Πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με σωματίδια	45
7.1.1.1	Τοξικολογικά δεδομένα για μικροπλαστικά σωματίδια	46
7.1.1.2	Πρόσληψη μικροπλαστικών και κινητική των σωματιδίων αυτών	47
7.1.1.3	Τοξικολογία των μικροσωματιδίων	47
7.1.3	Πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τα πρόσθετα και τα χημικά	48
7.1.3.1	Πρόσθετα	48
7.1.3.2	Χημικά	48
7.1.4	Αξιολόγηση πιθανών κινδύνων από μικροπλαστικά	49
7.1.4.1	Εκτίμηση του κινδύνου που σχετίζεται με την έκθεση σε σωματίδια	49
7.1.4.2	Εκτίμηση του κινδύνου που σχετίζεται με την έκθεση σε χημικά	50
7.1.4.3	Σενάριο συντηρητικής έκθεσης	50
7.1.5	Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες	50
7.2	Επιπτώσεις των μικροπλαστικών στην ανθρώπινη υγεία από τα μικροπλαστικά βιοφίλμ	51
7.2.1	Χαρακτηριστικά των πλαστικών και των μικροοργανισμών που επηρεάζουν το σχηματισμό βιοφίλμ	51
7.2.2	Πιθανές ανησυχίες που σχετίζονται με μικροπλαστικά βιοφίλμ στο νερό	52
7.2.2.1	Μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών σε μεγάλες αποστάσεις	52
7.2.2.2	Αντιμικροβιακή αντοχή	52
7.2.3	Κατανομή και κίνδυνος που σχετίζεται με μικροπλαστικά βιοφίλμ στο πόσιμο νερό	53
7.2.4	Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες	53
7.3	Μικροπλαστικά και επιπτώσεις σε άλλους οργανισμούς	53
7.3.1	Επίδραση μικροπλαστικών σε συνδυασμό με χημικά στο θαλάσσιο περιβάλλον	54
7.4	Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες	55
	Συμπεράσματα	56
	Βιβλιογραφία	58
	Παράρτημα Πινάκων	63

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στα πλαίσια των υποχρεώσεων για την απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Εφαρμοσμένη Δημόσια Υγεία και Περιβαλλοντική Υγιεινή».

Με την ανάρτηση του συγκεκριμένου θέματος διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της Διπλωματικής Εργασίας κ. Χατζηχριστοδούλου Χρήστο, Καθηγητή Επιδημιολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της συγκεκριμένης εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ραχιώτη Γεώργιο και την κ. Μουχτούρη Βαρβάρα που δέχτηκαν να είναι μέλη της τριμελούς επιτροπής.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κ. Χατζηνίκου Μαρίνα για την καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, το σύζυγό μου και τα δύο μου παιδιά, Αμίλιο και Λυδία, για την υποστήριξη και την υπομονή που έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

EFSA	Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
NOAA	Αμερικανική Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας
EK	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕΟΚ	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
Π.Ο.Υ.	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ISO	Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης
ECHA	Ευρωπαϊκός Οργανισμός Χημικών Προϊόντων
PE	Πολυαιθυλένιο
PP	Πολυπροπυλένιο
PET	Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο
PS	Πολυστυρόλιο
PVC	Πολυβινυλοχλωρίδιο
PC	Πολυανθρακικά
PA	Πολυαμίδια
PUR	Πολουρεθάνη
UV	Υπεριώδης ακτινοβολία
POD	Toxicological point of departure
MOE	Margin of exposure
POP	Υδρόφοβοι ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι
GC/MS	Αέρια χρωματογραφία/Φασματομετρία μάζας
ΓΠ	Γενικό Πρωτόκολλο
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδα της Κυβέρνησης
ΔΥΓ	Διεύθυνση Υγειονομικού
Π.Δ.	Προεδρικό Διάταγμα
Δ.Ε.Υ.Α.	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης
Ε.ΥΔ.Α.Π.	Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας
Ε.Υ.Α.Θ.	Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης
ΕΤΒΑ	Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Ανάπτυξης
Η.Π.	Ημέτερο Πρωτόκολλο
Π.Ε.	Περιφερειακή Ενότητα
Ο.Τ.Α.	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΚΕΔΥ	Κεντρικό Εργαστήριο Δημόσιας Υγείας
ΠΕΔΥ	Πρωτοβάθμιο Εθνικό Δίκτυο Υγείας
TOC	Ολικός Οργανικός Άνθρακας
DOC	Διαλυμένος Οργανικός Άνθρακας
NTU	Νεφελομετρική Μονάδα Θολότητας
MPP/L	Μικροπλαστικά σωματίδια ανά λίτρο
Mt	Εκατομμύρια τόνους
FAO	Food and Agriculture Organization
PCB	Polychlorinated biphenyls

PAHs	Polycyclic aromatic hydrocarbon
WWTPs	Waste Water Treatment Plant
LC	Θανατηφόρος συγκέντρωση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό, ή ύδωρ στην αρχαία ελληνική γλώσσα ή «νεαρόν ὕδωρ» κατά το Βυζάντιο, έχει έντονο κοινωνικό χαρακτήρα καθώς αποτελεί βασικό και αναντικατάστατο αγαθό. Απαρτίζει την πιο δημοφιλή χημική ένωση στον πλανήτη, αφού καλύπτει το 70% της επιφάνειας αυτού.² Από αυτό το 97% βρίσκεται στους ωκεανούς και στις θάλασσες, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό του νερού (1,7%) στα υπόλοιπα επιφανειακά νερά (λίμνες, ποτάμια, έλη, κ.τ.λ.).¹⁴ Συγκεκριμένα, μόνο το 2,5% του νερού της Γης είναι «γλυκό», ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό του πόσιμου νερού (98,8%) εντοπίζεται στα παγοκαλύμματα και στα υπόγεια ύδατα. Στον αντίποδα, λιγότερο από 0,3% του γλυκού νερού της Γης βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες και στην ατμόσφαιρα, ενώ ακόμα μικρότερο ποσοστό (0,003%) περιέχεται στα σώματα των βιολογικών όντων και σε ανθρώπινης παραγωγής προϊόντα.^{14a} Από το 1992, η 22^η Μαρτίου έχει καθιερωθεί από τη Γενική Συνέλευση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών ως η παγκόσμια ημέρα για το νερό.

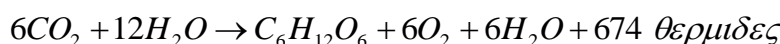


Εικόνα 1. Το νερό στη ζωή μας.³⁵

1.1. Το νερό και η ζωή

Τόσο οι άνθρωποι όσο και τα ζώα αποτελούνται από 50% νερό (w/w), ενώ στα κύτταρα φθάνει το ποσοστό μέχρι και το 90%. Το νερό για τον Θαλή τον Μιλήσιο (6ος αιώνας π.Χ.) είναι ένα στοιχείο που παράγει, γονιμοποιεί, τρέφει και συντηρεί. Το νερό δηλαδή δεν είναι μόνον ύλη, αλλά ύλη και ζωή. Έτσι, η σημασία του βιολογικού ρόλου του νερού καθίσταται εμφανής.¹⁹ Έχοντας αυτό κατά νου, γίνεται κατανοητό πως μόλις τρεις μέρες χωρίς νερό μπορούν να προκαλέσουν στον άνθρωπο τεράστια προβλήματα υγείας, καθώς το νερό έχει ζωτική σημασία στη ζωή και στην αναπαραγωγή των ανθρώπινων κυττάρων, αποτελεί το κύριο μέσο για τη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών στα κύτταρα και τα όργανα του σώματος, αλλά αποτελεί και το μέσο απομάκρυνσης των τοξικών και άχρηστων ουσιών. Επίσης, ούτε και τα νεφρά των ανθρώπων μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς νερό.³⁵ Για το λόγο αυτό, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), η ελάχιστη κατανάλωση νερού που μπορεί να εξασφαλίσει την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού είναι τα 2.0 L την ημέρα.¹⁹

Επίσης, το νερό είναι θεμελιώδες για τη ζωή των φυτικών οργανισμών καθώς συμμετέχει τόσο στη φωτοσύνθεση όσο και στην κυτταρική τους αναπνοή. Τα φυτικά κύτταρα εκμεταλλεύονται το ηλιακό φως, το οποίο διασπά το υδρογόνο του νερού από το οξυγόνο. Στη συνέχεια, το υδρογόνο αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα που απορροφάται από τον ατμοσφαιρικό αέρα για να συντεθεί γλυκόζη και να ελευθερωθεί οξυγόνο.¹²



Εικόνα 2. Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης.³⁶

1.2. Βασικές έννοιες σχετιζόμενες με το νερό

Το νερό απαντάται σε τρεις φυσικές καταστάσεις: την αέρια, την υγρή και τη στερεή. Ο μοριακός του τύπος είναι H_2O . Είναι άγευστο και άοσμο, άχρωμο και διαυγές. Όμως, εμφανίζει μια γαλάζια χροιά όταν βρίσκεται σε βαθιά στρώματα. Εξαιτίας του γεγονότος ότι πολλές ουσίες διαλύονται στο νερό, ονομάστηκε «παγκόσμιος διαλύτης» (*universal solvent*).¹²

Το νερό είναι απαραίτητο για τη διαβίωση του ανθρώπου και γι' αυτό είναι σημαντικό να προσδιοριστεί τόσο σε γεωγραφικά όσο και σε νομικά πλαίσια. Έτσι, ως επιφανειακά νερά ορίζονται τα γλυκά επιφανειακά νερά που χρησιμοποιούνται ή προορίζονται να χρησιμοποιηθούν μετά την εφαρμογή κατάλληλης επεξεργασίας ως πόσιμο νερό (άρθρο 2, ΚΥΑ 67322/2017). Σύμφωνα με την παράγραφο Α.1.1 του άρθρου 3 της ΚΥΑ 67322/2017, τα νερά που προορίζονται για παραγωγή πόσιμου νερού κατατάσσονται στα νερά μετά από απλή, κανονική και εντατική φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση. Ιδιαίτερα στην τρίτη κατηγορία πραγματοποιείται χλωρίωση μέχρι του σημείου θραύσεως, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση (ενεργός άνθρακας) και απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση).^{1,3}

Ακόμα, πόσιμα νερά είναι όλα τα επιφανειακά νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, διοχετεύονται από δίκτυο παροχής στη δημόσια χρήση (άρθρο 2, ΚΥΑ 67322/2017) και δεν νοούνται ότι είναι τρόφιμα. Το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, δεν νοείται ως τρόφιμο:^{1,3}

- το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευση του και από το εάν παρέχεται από το δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία.

- το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων, για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.^{1,3}

Επιπλέον, άλλες χρήσεις του νερού είναι οι οικιακές χρήσεις και τα οικιακά συστήματα διανομής. Συγκεκριμένα, οικιακές είναι οι χρήσεις του νερού κατά τρόπο που να έρχεται σε άμεση ή έμμεση επαφή με τον ανθρώπινο οργανισμό (ΚΥΑ 67322/2017).^{1,3} Ακόμα, τα οικιακά συστήματα διανομής αποτελούν οι σωληνώσεις, τα εξαρτήματα και οι συσκευές που έχουν εγκατασταθεί μεταξύ των κρουνών που συνήθως χρησιμοποιούνται για παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και του δικτύου διανομής, αλλά μόνον εφόσον αυτά δεν υπάγονται στην ευθύνη του φορέα ύδρευσης, υπό την ιδιότητά του αυτή.¹

1.3. Το πρόβλημα της λειψυδρίας- Το εμφιαλωμένο νερό

Παραπάνω έγινε αναφορά στο μικρό ποσοστό του «γλυκού νερού» που βρίσκεται στον πλανήτη. Παρ' όλο που τα νούμερα είναι μικρά σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά των ωκεάνιων νερών, εμφανίζεται το πλεονέκτημα πως το «γλυκό νερό» είναι ένας ανανεώσιμος πόρος.^{15,38} Η ζήτηση νερού ήδη ξεπερνά την προσφορά σε πολλά μέρη του κόσμου, καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται, και επομένως και η ζήτηση νερού. Έτσι, στις μέρες μας το δικαίωμα του ανθρώπου στο νερό σχετίζεται με το που ζει. Σε μελέτες που έχουν διεξαχθεί καταγράφεται πως στις αναπτυγμένες χώρες η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο αντιστοιχεί στα 200 L. Αντίθετα στις αναπτυσσόμενες χώρες η μέση ημερήσια κατανάλωση περιορίζεται μόλις στα 10 L ανά κάτοικο. Ακόμα, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, το 17% του πληθυσμού της γης δεν έχει πρόσβαση στο νερό, το 40% δεν έχει επαρκές νερό, το 42% ζει σε ελλείψεις συνθήκες υγιεινής, 2 δισεκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από φυσικές καταστροφές που σχετίζονται με το νερό και 3,8 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν από ασθένειες σχετικές με το νερό ή από ξηρασία.³⁹



Εικόνα 3. Το πρόβλημα της λειψυδρίας.³⁹

Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί το δικαίωμα στο νερό. Η απόλυτη εξάρτηση της ζωής από το νερό οδηγεί στη λήψη των αναγκαίων μέτρων για την προστασία του. Το νομικό πλαίσιο για την κατανομή των υδάτινων πόρων στους χρήστες νερού είναι γνωστό ως «δικαιώματα στο νερό» (*water rights*). Το δικαίωμα στο νερό είναι θεμελιώδες δικαίωμα, όπως το δικαίωμα στη ζωή. Η πρόσβαση σε ασφαλές και αρκετό νερό ως βασικό ανθρώπινο δικαίωμα είναι καθήκον των εκάστοτε κυβερνόντων, καθώς θα

πρέπει να παρέχεται νερό στους πληθυσμούς με βάση πάντα το πλαίσιο του καταμερισμού.³⁹

Βέβαια, για να λυθεί το πρόβλημα πρόσβασης σε καθαρό και πόσιμο νερό, η πολιτεία, μέσα από τη βιομηχανία, πρότεινε έναν εναλλακτικό τρόπο, το εμφιαλωμένο νερό. Εξ' ορισμού το εμφιαλωμένο νερό είναι το νερό που πωλείται μέσα σε κλειστούς περιέκτες (γυάλινα ή πλαστικά μπουκάλια).⁴¹



Εικόνα 4. Το εμφιαλωμένο νερό.⁴²

Έτσι, σήμερα υπάρχει μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση εμφιαλωμένου νερού και μάλιστα παγκοσμίως. Όμως, υπάρχουν περιοριστικοί κανόνες για τα εμφιαλωμένα νερά που να είναι πιο αυστηροί από αυτούς που υπάρχουν για το νερό της βρύσης; Κανένας καταναλωτής δεν θα πρέπει να θεωρεί ότι επειδή αγόρασε εμφιαλωμένο νερό, αυτό θα είναι απαραίτητως καλύτερο και ασφαλέστερο από τα περισσότερα κοινά αστικά ύδατα. Ιδιαίτερα, σύμφωνα με υπεύθυνους κρατικούς ελέγχους, στην Αμερική, το ένα τέταρτο των εμφιαλωμένων νερών προέρχεται από εμφιάλωση με νερό της βρύσης χωρίς να υποστεί κάποια επιπλέον κατεργασία. Τα μπουκάλια με εμφιαλωμένο νερό σε ποσοστό άνω του 90% περιέχουν μικροπλαστικά. Τα μικροπλαστικά αυτά είναι σχεδόν διπλάσια σε ποσότητα σε σχέση με αυτά που έχουν βρεθεί στο νερό της βρύσης. Ο κίνδυνος κατάποσής τους από τους καταναλωτές εν αγνοία τους είναι εμφανής.⁴¹

Έτσι, θα πρέπει τα νερά αυτά να είναι ασφαλή προς χρήση, να προφυλάσσουν τη δημόσια υγεία, και να είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές που απαιτούνται για τα τρόφιμα. Δηλαδή θα πρέπει να γίνονται τακτικοί έλεγχοι από τις αρμόδιες υπηρεσίες σε τυχαία δείγματα σε τακτά ή και ακαθόριστα χρονικά διαστήματα. Επίσης, θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερος η ασφαλής αποθήκευσή του. Για παράδειγμα, θα πρέπει να τοποθετηθεί σε ψυγείο αμέσως μετά την αγορά ή το άνοιγμά του. Ακόμα, ο καταναλωτής θα πρέπει πάντοτε να ελέγχει την ημερομηνία εμφιάλωσης, αλλά και το διάστημα που θα πρέπει να καταναλωθεί, δηλαδή την ημερομηνία λήξης του.⁴¹

1.4. Τα μικροπλαστικά

Η αυξημένη κατανάλωση των πλαστικών από τους αγοραστές οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των άλλων υλικών. Το χαμηλό τους βάρος και κόστος, οι καλές μηχανικές αντοχές, η μεγάλη ποικιλία των πλαστικών, το ότι δεν αφήνουν το νερό να περάσει και δεν έχουν υψηλό κόστος, τα καθιστούν ιδιαίτερα

δημοφιλή. Έτσι, η επιστήμη και η βιομηχανία των πλαστικών βρίσκει συνεχώς νέες χρήσεις και νέα υλικά για να ικανοποιήσουν τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες και απαιτήσεις.⁴³

Όμως, η αυξανόμενη ανάγκη για πλαστικά οδήγησε στην αύξηση της συγκέντρωσής τους ως απορρίμματα σε βάρος του περιβάλλοντος, της βιοποικιλότητας και ενδεχομένως της ανθρώπινης υγείας, και προκαλεί έντονο προβληματισμό. Το πλαστικό είναι ο πιο διαδεδομένος θαλάσσιος ρύπος που βρίσκεται στους ωκεανούς, στις θάλασσες και στις μεγάλες λίμνες. Τα πλαστικά προϊόντα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό (80-85%) του συνολικού αριθμού των θαλάσσιων αποβλήτων που εντοπίζονται μέσω καταμετρήσεων στις ακτές.⁴³

Τα μικροπλαστικά κομμάτια απαντώνται σε όλα τα σχήματα και τα μεγέθη. Μια ειδική κατηγορία αυτών, που έχουν μήκος μικρότερο από πέντε χιλιοστά, ονομάζονται «μικροπλαστικά», σύμφωνα με την Αμερικανική Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA). Ο όρος «μικροπλαστικά» εισήχθη το 2004 από τον καθηγητή Richard Thompson, έναν θαλάσσιο βιολόγο στο Πανεπιστήμιο του Πλύμουθ στο Ηνωμένο Βασίλειο.³¹ Συγκεκριμένα, τα μικροπλαστικά είναι μικροσκοπικά κομμάτια πλαστικών που ρυπαίνουν το περιβάλλον.^{4,9,11} Εισέρχονται στο φυσικό περιβάλλον από έναν μεγάλο αριθμό πηγών, όπως προϊόντων υγείας (καθαριστικά και οδοντόκρεμες) και καλλυντικών, ρούχων και βιομηχανικών διεργασιών.



Εικόνα 5. Τα μικροπλαστικά στο υδάτινο περιβάλλον.⁴⁴

Υπάρχουν δύο κύριες ταξινομήσεις των μικροπλαστικών. Στην πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνονται τα κύρια μικροπλαστικά που είναι πλαστικά κομμάτια ή σωματίδια που έχουν ήδη μέγεθος 5 χιλιοστά ή λιγότερο πριν από την είσοδο στο οικοσύστημα. Αυτά περιλαμβάνουν τις μικροϊνες από ρούχα, τα μικροσφαιρίδια με βάση το πολυαιθυλένιο στις οδοντόκρεμες και τα πλαστικά σφαιρίδια.^{5,8} Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως τα πρωτογενή μικροπλαστικά είναι μικρά κομμάτια πλαστικού που έχουν κατασκευαστεί σκόπιμα.²⁰ Χρησιμοποιούνται συνήθως σε καθαριστικά προσώπου και καλλυντικά, ή στην τεχνολογία ανατινάξεων (ανατινάξεις μικροπλαστικών ακρυλικών, μελαμίνης ή πολυεστέρα σε μηχανήματα, κινητήρες και κύτους σκαφών για την απομάκρυνση της σκουριάς και της βαφής). Δυστυχώς, κατά τη χρήση τους ως καθαριστικά, για να μειωθεί το μέγεθός τους και να χαθεί η ισχύς κοπής τους, συχνά μολύνονται με βαρέα μέταλλα όπως το κάδμιο, το χρώμιο και ο

μόλυβδος.⁷ Σε ορισμένες περιπτώσεις, αναφέρθηκε η χρήση τους στην ιατρική ως φορείς φαρμάκων.²⁵

Τα δευτεροβάθμια μικροπλαστικά δημιουργούνται από τη διάσπαση των μεγαλύτερων πλαστικών αντικειμένων τη στιγμή που θα εισέλθουν στο οικοσύστημα (τόσο στη θάλασσα όσο και στην ξηρά) μέσα από φυσικές διεργασίες αποσάθρωσης. Συγκεκριμένα, με την πάροδο του χρόνου, τα μεγάλα πλαστικά αποικοδομούνται με φυσικό, βιολογικό ή και χημικό τρόπο, συμπεριλαμβανομένης της φωτοαποικοδόμησης που προκαλείται από την έκθεση στο φως του ήλιου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διάσπαση σε πολύ μικρά κομμάτια που δεν είναι ανιχνεύσιμα με γυμνό μάτι μέσα από μια διαδικασία που καλείται κατακερματισμός.²³ Βέβαια, υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο τα μικροπλαστικά να υποβαθμιστούν περαιτέρω σε μικρότερο μέγεθος (1,6 μικρόμετρα σε διάμετρο).¹⁰ Σημαντική προέλευση των δευτεροβάθμιων μικροπλαστικών περιλαμβάνει τις φιάλες νερού και αναψυκτικών, τα δίχτυα αλιείας και τις πλαστικές σακούλες.^{5,10} Και τα δύο είδη γίνονται αντιληπτά καθώς παραμένουν στο οικοσύστημα σε υψηλές συγκεντρώσεις, ιδιαίτερα στο υδάτινο και θαλάσσιο περιβάλλον.

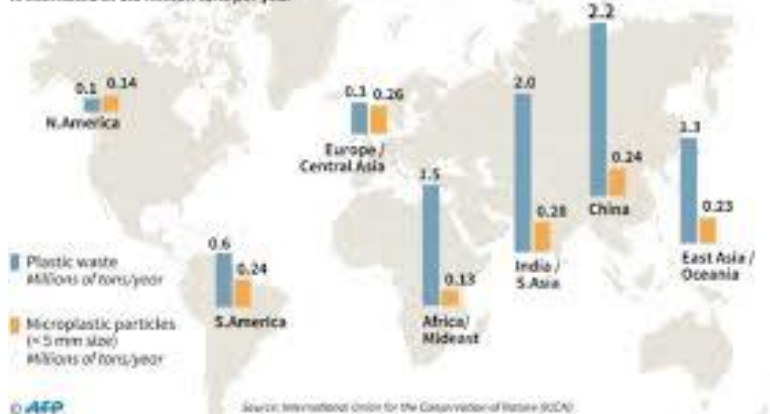
Εκτός από αυτές τις δύο μεγάλες κατηγορίες μικροπλαστικών υπάρχουν αμέτρητες πηγές τόσο πρωτογενών όσο και δευτερογενών μικροπλαστικών. Οι μικροπλαστικές ίνες εισέρχονται στο περιβάλλον από το πλύσιμο των συνθετικών ενδυμάτων.^{10,33} Τα ελαστικά, που αποτελούνται εν μέρει από συνθετικό καουτσούκ στυρολίου-βουταδιενίου, διαβρώνονται σε μικροσκοπικά πλαστικά και καουτσούκ σωματίδια καθώς χρησιμοποιούνται. Επιπλέον, πλαστικά σφαιρίδια 2,0-5,0 mm, που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία άλλων πλαστικών προϊόντων, συχνά εισέρχονται στα οικοσυστήματα λόγω διαρροών ή άλλων ατυχημάτων.^{31c}

Γενικότερα, τα πλαστικά διασπώνται με αργό ρυθμό και συχνά χρειάζεται να περάσουν εκατοντάδες χρόνια για να πραγματοποιηθεί αυτό. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα των μικροπλαστικών να απορροφηθούν και να συσσωρευτούν σε όργανα και ιστούς πολλών οργανισμών.¹⁶ Ο κύκλος των μικροπλαστικών στο οικοσύστημα δεν είναι ακόμη κατανοητός, αλλά τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας έχει αυξηθεί και γίνονται εκτεταμένες μελέτες.

Στον πλανήτη υπάρχουν τεράστιες συγκεντρώσεις μικροπλαστικών, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν εκθετικά, όσο αποικοδομούνται φυσικά τα υπάρχοντα πλαστικά λύματα. Συγκεκριμένα, το 93% του εμφιαλωμένου νερού σε όλο τον κόσμο και το 92% του νερού βρύσης είναι μολυσμένο με μικροπλαστικά. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος αυτής της ρύπανσης στο νερό, εκτιμάται ότι 1,5 εκατομμύρια τόνοι πρωτογενών μικροπλαστικών απελευθερώνονται στο νερό ετησίως. Το 2014, εκτιμήθηκε πως υπήρχαν περίπου 15 τρισεκατομμύρια επιμέρους κομμάτια μικροπλαστικών στο θαλάσσιο περιβάλλον, τα οποία εκτιμόνταν ότι ζύγιζαν 93.000 με 236.000 τόνους.³¹

Plastic pollution released into the world's oceans

The global release of primary microplastics into oceans is estimated at 1.5 million tons per year.



Εικόνα 6. Ποσοστά παγκόσμιας ρύπανσης με μικροπλαστικά στους ωκεανούς.⁴⁵

Η ύπαρξη των μικροπλαστικών έγινε γνωστή πρόσφατα. Μέχρι και σήμερα, οι επιπτώσεις τους στην υγεία δεν έχουν γίνει κατανοητές. Ανησυχίες υπάρχουν κυρίως για τα ναοπλαστικά τα οποία έχουν υποκυτταρικό μέγεθος (<100μm). Αυτά ενδέχεται να επιδρούν στην βιοχημεία του οργανισμού καθώς μπορούν να διασχίσουν τις κυτταρικές μεμβράνες και να επηρεάσουν τη λειτουργία των κυττάρων. Τα ναοπλαστικά φαίνεται επίσης να διασχίζουν την επιθηλιακή μεμβράνη των κυττάρων που συσσωρεύονται σε διάφορα όργανα, συμπεριλαμβανομένης της χοληδόχου κύστης, του παγκρέατος και του εγκεφάλου.^{26,30} Είναι ουσιαστικά μια αόρατη περιβαλλοντική απειλή σε δυνητικά υψηλές συγκεντρώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΝΕΡΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Στην Ελλάδα για πρώτη φορά γίνεται λόγος για την περιβαλλοντική πολιτική με τον νόμο 1650/1986. Στόχος του περιβαλλοντικού νομοσχεδίου είναι η δημιουργία διατάξεων και η ένταξη μηχανισμών για την προστασία του νερού. Αναλυτικότερα, προσπαθεί να γίνει μια αρχή για την προστασία νερών ως φυσικών πόρων και ως οικοσυστημάτων.

Γενικότερα, οι νόμοι του ελληνικού κράτους, όπως και κάθε κράτους-μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για την διαχείριση του νερού πηγάζουν από τους νόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης, έχουν προστεθεί και οι ευρωπαϊκοί κανόνες στην ελληνική νομοθεσία, συνήθως με τη μορφή κάποιας κοινής υπουργικής απόφασης. Αυτοί ρυθμίζουν την ποιότητα των επιφανειακών νερών από τα οποία αντλείται το πόσιμο νερό (75/440), την κατάσταση του νερού που καταναλώνεται από τον άνθρωπο (80/778) και το νερό των υπόγειων ρεμάτων (80/68, 2006/118).

2.1. Νόμος 67322/2017

Οι νόμοι της Ελλάδος για τη διάθεση του νερού αποτυπώνονται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας στις 19 Σεπτεμβρίου 2017, στο τεύχος 2 με Αρ. Φύλλου 3282. Ο νόμος αυτός ουσιαστικά μεταφέρει στην ελληνική πραγματικότητα τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, που ψηφίστηκε την 3^η Νοεμβρίου 1998 και τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (L260, 7.10.2015). Ο νόμος αυτός βασίστηκε στην ευρωπαϊκή νομοθεσία για την ποιότητα του νερού που καταναλώνουν οι πολίτες αλλά προσαρμόστηκε και στις κείμενες διατάξεις και στα προεδρικά διατάγματα που συνοδεύουν το Ελληνικό Σύνταγμα.¹

Το κείμενο αυτό περιλαμβάνει 16 άρθρα. Συγκεκριμένα, στο άρθρο 1 αναφέρεται ο σκοπός του παρόντος νόμου, ενώ στο άρθρο 2 δίνονται οι ορισμοί για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, το νερό οικιακής χρήσης και τα οικιακά συστήματα διανομής. Στο άρθρο 3 διευκρινίζεται ότι εξαιρούνται από τις κείμενες διατάξεις τα φυσικά μεταλλικά νερά (εμφιαλωμένα), το νερό που θεωρείται φάρμακο και το νερό που πηγάζει από πηγή με παροχή 10 m³ ημερησίως που εξυπηρετεί λιγότερα από 50 άτομα. Στα επόμενα δύο άρθρα καταγράφονται τα αναγκαία μέτρα και οι ποιοτικές προδιαγραφές που πρέπει να ληφθούν ώστε η ποιότητα του νερού να μην υποβαθμίζεται. Επίσης, προσδιορίζεται η τιμή συγκέντρωσης των μικροοργανισμών, των παρασιτοκτόνων και των οποιονδήποτε ουσιών στο νερό που πιθανόν να αποτελούν κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Επιπροσθέτως, στο άρθρο 6, επισημαίνεται πως οι τιμές και τα όρια θα πρέπει να τηρούνται για το δίκτυο διανομής νερού που καταλήγει στην βρύση, για το νερό που εξέρχεται από το βυτίο, για το νερό που τοποθετείται σε μπουκάλια για πώληση, για το σημείο στο οποίο τοποθετείται το νερό σε φιάλες ή δοχεία και για το νερό που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων.¹

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι οι αρμόδιες Αρχές παίρνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να εξασφαλίσουν ότι το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση ελέγχεται και πληροί τις απαιτήσεις της παρούσας διάταξης σύμφωνα με το άρθρο 5. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνονται όλες οι προδιαγραφές ώστε να υπάρχει ποιοτικό νερό (ΦΕΚ 5/Β/1958), κατά την

απαραίτητη επεξεργασία ή διανομή του νερού και με τη συγκέντρωση των παραπροϊόντων απολύμανσης στα πιο χαμηλά όρια. Παράλληλα, οι υπηρεσίες περιβάλλοντος των Περιφερειών κάνουν συχνούς ελέγχους στο νερό στις περιοχές αρμοδιότητάς τους. Ο υγειονομικός έλεγχος περιλαμβάνει τη δειγματοληψία νερού για εργαστηριακές εξετάσεις όλων των παραμέτρων και τον έλεγχο του υπολειμματικού χλωρίου. Τα αποτελέσματα στέλνονται στο Υπουργείο Υγείας και οι φορείς διενεργούν συμπληρωματική κατά περίπτωση παρακολούθηση για τις ουσίες και τους μικροοργανισμούς ώστε να μην υφίσταται ενδεχόμενος κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία (άρθρο 7). Ταυτόχρονα, οι φορείς πρέπει να μεριμνούν για την τήρηση των παραμετρικών τιμών σύμφωνα με το άρθρο 5. Εάν, παρά τα μέτρα που λαμβάνονται το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εξακολουθεί να μην πληροί τις παραμετρικές τιμές, οι φορείς κάνουν τις απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση της ποιότητάς του λαμβάνοντας υπόψη πρωτίστως τον πιθανό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Ανεξαρτήτως του αν έχει σημειωθεί ή όχι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών, οι φορείς εξασφαλίζουν ότι η παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, το οποίο αποτελεί πιθανό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία διακόπτεται ή περιορίζεται η χρήση του. Οι καταναλωτές κατατοπίζονται αμέσως και τους χορηγούνται οι απαραίτητες οδηγίες. Οι φορείς αποφασίζουν ποιες ενέργειες θα πρέπει να αναληφθούν, από τυχόν διακοπή της παροχής ή περιορισμό της χρήσης νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (άρθρο 8).¹

Ακόμα, μεγάλη σημασία δίνεται και στην εξασφάλιση της ποιότητας του νερού μέσω της αλληλεπίδρασης του νερού με τον εξοπλισμό και τα υλικά του δικτύου ύδρευσης. Οι φορείς προνοούν για όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να αποκαθίσταται ότι κάθε ουσία ή κάθε υλικό νέων εγκαταστάσεων, που χρησιμοποιείται σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις, για την προέλευση ή τη διανομή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης καθώς και οι προσμείξεις που προέρχονται από αυτές τις ουσίες ή υλικά νέων εγκαταστάσεων δεν εγκλωβίζονται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Για τους πλαστικούς σωλήνες στα δίκτυα ύδρευσης εφαρμόζονται οι διατάξεις της υπ' αριθμ. οικ. 14097/757 (ΦΕΚ 3346/Β/14.12.2012) υπουργικής απόφασης (άρθρο 9).⁴ Ειδικότερα, σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών (π.χ. πυρκαγιών σεισμών, πλημμυρών) και έντονων καιρικών φαινομένων στη διάρκεια των οποίων υπάρχει βλάβη στο δίκτυο ύδρευσης (π.χ. αιωρούμενα σωματίδια, χρώματα, λάσπες κλπ), που μπορεί να υποβαθμίσουν την ποιότητα του νερού (π.χ. μεταβολή φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού από αλλαγή αλκαλικότητας εδάφους), πρέπει να διενεργηθεί αμέσως υγειονομική διαχείριση λειτουργίας των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης. Συγκεκριμένα, πρέπει να διερευνηθεί η πιθανότητα ή η εμφάνιση οποιασδήποτε διαρροής (θραύση σωλήνων, εμπόδια στη ροή, κλπ) που μπορεί να εμφανίσει ανωμαλίες στην ποιότητα του πόσιμου ύδατος και σε περίπτωση εύρεσης ανωμαλιών στο δίκτυο ύδρευσης θα πρέπει να διεξαχθεί άμεσα εκτενής υγειονομική μελέτη και επισκόπηση των παραγόντων του προβλήματος, καθώς και εργαστηριακός έλεγχος (μικροβιολογικές και φυσικοχημικές παράμετροι) μετά από κατάλληλη δειγματοληψία. Τα δείγματα του ύδατος θα πρέπει να παραληφθούν από καίριες τοποθεσίες του δικτύου ύδρευσης, όπως από γεωτρήσεις ή πηγές υδροληψίας, δεξαμενές τροφοδοσίας νερού, και σε διάφορα σημεία του δικτύου, κυρίως όμως στην ανάντη και στην κατάντη του προβληματικού σημείου του αγωγού ύδρευσης. Εφόσον υφίστανται υπαρκτές αποδείξεις για υπέρβαση των κατευθυντήριων γραμμών του πόσιμου ύδατος θα πρέπει, σε συνεργασία με την υπηρεσία ύδρευσης, να προσδιοριστούν οι κατάλληλες παράμετροι προστασίας της Δημόσιας Υγείας. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν τη

διακοπή της υδροδότησης μέχρι την επισκευή των ανωμαλιών και την κατοχύρωση των κατάλληλων τιμών συγκέντρωσης των απαραίτητων ουσιών, οι οποίες θα πρέπει να είναι εντός των ορίων της κείμενης νομοθεσίας. Παράλληλα, είναι επιτακτική ανάγκη να ενημερωθούν οι κάτοικοι και να ληφθούν μέτρα διαχείρισης της παροδικής διακοπής της υδροδότησης των κατοίκων της περιοχής. Σύμφωνα και με τους κανόνες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, μετά από κάθε επιδιόρθωση σε τμήμα αγωγού θα πρέπει να γίνεται υπερχλωρίωση με διάλυμα χλωρίου υψηλής συγκέντρωσης. Όμως, και μετά τον προσδιορισμό του προβλήματος και τη διαχείρισή του (επισκευή της βλάβης του δικτύου, λήψη μέτρων προστασίας της πηγής κλπ), εφόσον το πρόβλημα είναι καθολικό, θα πρέπει να εφαρμοστεί το μέτρο της υπερχλωρίωσης της δεξαμενής υδροδότησης και όλου του μήκους του συστήματος ύδρευσης με διάλυμα χλωρίου υψηλής συγκέντρωσης, το οποίο στη συνέχεια θα πρέπει να απορριφτεί ώστε να επαναλειτουργήσει το δίκτυο. Ταυτόχρονα, εάν έχουν εμφανιστεί κρούσματα γαστρεντερίτιδας, θα πρέπει να διεξαχθεί έρευνα για την εξάρτηση της εμφάνισης των κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας με την προξένηση βλαβών και την εκτέλεση έργων στο δίκτυο ύδρευσης του αστικού ιστού.³

Στο άρθρο 11 καθορίζονται οι Αρμόδιες Αρχές και οι υπεύθυνοι τήρησης των νομοθετικών πλαισίων. Οι υπεύθυνοι για την τήρηση των άρθρων της κείμενης Υγειονομικής Διάταξης είναι οι Υπηρεσίες Περιβαλλοντικής Υγιεινής και Υγειονομικού Ελέγχου των Περιφερειακών Ενοτήτων και κατά κύριο λόγο το Υπουργείο Υγείας. Οι παραπάνω υπηρεσίες ασκούν εποπτικό έλεγχο της ποιότητας του ύδατος που χρησιμοποιείται για την κατανάλωση των ανθρώπων, προκειμένου να εξακριβωθεί αν το πόσιμο ύδωρ που αποστέλλεται για κατανάλωση ανταπεξέρχεται στους υγειονομικούς κανόνες. Ειδικότερα, εποπτεύουν τη σωστή εφαρμογή και εκτέλεση του παρόντος κανόνα στα γεωγραφικά πλαίσια της αρμοδιότητάς τους, συντονίζουν και ασκούν προγράμματα ολοκληρωμένων υγειονομικών αναγνωρίσεων των συστημάτων ύδρευσης, επιστατούν υγειονομικούς ελέγχους των συστημάτων ύδρευσης στην περιοχή ευθύνης τους, συγκεντρώνουν και εκτιμούν τα δεδομένα παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου ύδατος, συστήνουν τη λήψη των κατάλληλων προληπτικών και αναδιαρθρωτικών μέτρων και στα πλαίσια της συνεργασίας με το Υπουργείο Υγείας προωθούν τα παραπάνω δεδομένα εκτίμησης της παρακολούθησης της ποιότητας του ύδατος που προορίζεται για την πόση από τους ανθρώπους και παρουσιάζουν τρόπους αντιμετώπισης των πιθανών ανωμαλιών που προκύπτουν στο Τμήμα Υγιεινής Περιβάλλοντος της Δ/σης Δημόσιας Υγείας του Υπουργείου Υγείας. Στη συνέχεια, το Υπουργείο Υγείας περισυλλέγει όλα τα σχετιζόμενα δεδομένα της ποιότητας του ύδατος, συμπράττει με το Υπουργείο Εσωτερικών, για την εκτίμησή τους και τη λήψη μέτρων για την προάσπιση της Δημόσιας Υγείας και αποστέλλει τα απαιτούμενα δεδομένα για την έγκαιρη πληροφόρηση, ανακοίνωση και ειδοποίηση στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ενώ, παράλληλα, καταρτίζει κατευθυντήριες οδηγίες προς τους υπευθύνους για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων τους. Από την άλλη μεριά, οι Υπεύθυνοι για τις υποδείξεις προς τους κανόνες της κείμενης νομοθεσίας είναι για την ύδρευση των Δήμων ο φορέας λειτουργίας του δικτύου (Δήμοι, Σύνδεσμοι Δήμων, Δ.Ε.Υ.Α, Εταιρείες Ύδρευσης), η ΕΥΔΑΠ για την πόλη των Αθηνών και η ΕΥΑΘ για την πόλη της Θεσσαλονίκης. Ακόμα, για τα εργοστάσια, τις εταιρίες και τα ιδρύματα, που διαθέτουν δική τους ύδρευση, και βρίσκονται μέσα σε βιομηχανικές εκτάσεις με κεντρικό δίκτυο ύδρευσης, νομικά υπεύθυνοι είναι η ΕΤΒΑ ή ο φορέας λειτουργίας τους και για τις ιδιωτικές υδρεύσεις, οι ιδιοκτήτες ή οι νομείς των εγκαταστάσεων ύδρευσης. Επιπροσθέτως, υπεύθυνοι για το ύδωρ που παρέχεται από βυτία είναι οι

δικαιούχοι ή οι υπεύθυνοι των βυτίων ή οι νόμιμοι εκπρόσωποι των εταιριών, για το ύδωρ που εισάγεται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση είναι οι νόμιμοι εκπρόσωποι των εγκαταστάσεων εμφιάλωσης και για το ύδωρ των εργοστασίων παραγωγής τροφίμων είναι οι νόμιμοι εκπρόσωποι των εργοστασίων αυτών. Ειδικότερα αφορούν στην επίβλεψη του ύδατος που προορίζεται για πόση από ανθρώπους και στη λήψη γενικά κάθε παραμέτρου που θα εξασφαλίζει κανονική παροχή κατάλληλου ύδατος σε καθημερινή βάση. Επιπλέον, οι έλεγχοι αφορούν στην έρευνα, επισκευή, λειτουργία, διαχείριση και υγειονομική αναγνώριση των συστημάτων ύδρευσης, καθώς και στην κατεργασία του πόσιμου ύδατος, ώστε να αποφεύγεται κάθε υγειονομικός κίνδυνος.¹

Επίσης, αφού οι υπεύθυνοι εφαρμόζουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις ώστε να διασφαλιστεί ότι μεταδίδονται στους κατοίκους πλήρη και ενημερωμένα δεδομένα σχετικά με την ποιότητα του ύδατος που προορίζεται για πόση από ανθρώπους, συγκεντρώνουν και αποστέλλουν στο Υπουργείο Υγείας σε καθορισμένο χρονικό πλαίσιο τα δεδομένα για την ποιότητα του ύδατος και οπωσδήποτε τα ετήσια στοιχεία ποιότητάς του εντός διμήνου από τη λήξη του έτους αναφοράς. Η τριετής έκθεση για την ποιότητα του ύδατος, που προορίζεται για πόση από ανθρώπους με σκοπό την πληροφόρηση των αγοραστών, περιλαμβάνει τις συγκεκριμένες παροχές ύδατος που υπερβαίνουν τα 1000 m³ ημερησίως κατά μέσον όρο, ή εξυπηρετούν περισσότερα από 5000 άτομα, καλύπτει τρία ημερολογιακά έτη και δημοσιεύεται πριν από το τέλος του ημερολογιακού έτους που έπεται της περιόδου στην οποία αναφέρεται. Το Υπουργείο Υγείας διαβιβάζει τις εκθέσεις του στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή εντός δύο μηνών από τη δημοσίευσή τους.¹

Το νομοσχέδιο προβλέπει βέβαια και τις διοικητικές κυρώσεις που επιβάλλονται. Εφόσον η παραβίαση αφορά παροχή ύδατος που προορίζεται για πόση από ανθρώπους, ανεπαρκούς ή αναξιόπιστου για τη δημόσια υγεία, υλοποιείται το άρθρο 281 του ΠΚ. Η παράβαση των διατάξεων της παρούσης απόφασης συνιστά παράνομη συμπεριφορά σύμφωνα με την περίπτωση (αα) της παραγράφου α' του άρθρου 2 και του παραρτήματος Α' του ν. 4042/2012 (ΦΕΚ Α'24/13.2.2012).¹

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι (παρατίθεται σε πίνακες στο παράρτημα της διπλωματικής εργασίας)¹

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ¹

ΜΕΡΟΣ Α

Τα προγράμματα παρακολούθησης για το ύδωρ που προορίζεται για πόση από ανθρώπους πρέπει να αποδεικνύουν ότι τα μέτρα που υλοποιούνται για τη προστασία από τους διάφορους κινδύνους που ελλοχεύουν την ανθρώπινη υγεία σε ολόκληρη τη διαδρομή τροφοδοσίας νερού, από την απόληψη στη λεκάνη απορροής, την κατεργασία και τη φύλαξη έως τη διανομή είναι αποτελεσματικά και ότι το ύδωρ στο σημείο τήρησης είναι υγιεινό και φρέσκο, να ενημερώνουν για την ποιότητα του ύδατος που προορίζεται για πόση από ανθρώπους και να εξακριβώνουν ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις που ορίζονται στα άρθρα 4 και 5 της κείμενης νομοθεσίας καθώς και οι παράμετροι που ορίζονται στο Παράρτημα Ι και να υποδεικνύουν τις καταλληλότερες προϋποθέσεις για τη μείωση του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία.

Σύμφωνα με το άρθρο 7 της κείμενης νομοθεσίας, οι υπεύθυνοι σε σύμπνοια με τις Αρχές διοργανώνουν προγράμματα παρακολούθησης συμμόρφωσης ως προς τα μέτρα και τις συγκεντρώσεις που καθορίζονται στο μέρος Β του παρόντος παραρτήματος, τα οποία αποτελούνται από τη συγκομιδή και μελέτη των δειγμάτων νερού ή/και τις μετρήσεις που καταγράφονται μέσω συνεχούς διαδικασίας παρακολούθησης. Επίσης, συνεπάγεται επιθεώρηση των αρχείων λειτουργικότητας και του επιπέδου συντήρησης του εξοπλισμού και/ή τις επιθεωρήσεις της λεκάνης απορροής, των υποδομών υδροληψίας, κατεργασίας, φύλαξης και διανομής νερού. Ακόμα, τα προγράμματα αυτά μπορεί να στηρίζονται σε εκτίμηση κινδύνου όπως ορίζεται στο μέρος Γ του παρόντος Παραρτήματος. Τέλος, θα πρέπει να μελετώνται συνεχώς και να επικαιροποιούνται ή επιβεβαιώνονται τουλάχιστον ανά πενταετία από τους υπεύθυνους σε σύμπνοια με τις κατάλληλες Αρχές.

ΜΕΡΟΣ Β

Σε μια γενική θεώρηση, ένα πρόγραμμα παρακολούθησης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα επιμέρους στοιχεία που αναφέρονται στο άρθρο 5 της κείμενης νομοθεσίας συμπεριλαμβανομένων εκείνων που είναι ζωτικές για την εκτίμηση των απορροιών των οικιακών συστημάτων διανομής στην ποιότητα του ύδατος στο σημείο τήρησης. Κατά την επιλογή των απαραίτητων μέτρων για την παρακολούθηση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εγχώριες συνθήκες για κάθε σύστημα παροχής ύδατος.

ΜΕΡΟΣ Γ

Για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος ρύπανσης του νερού θα πρέπει να παρακολουθούνται τακτικά οι παράμετροι και να τηρούνται οι συχνότητες δειγματοληψίας όπως αναφέρονται στο Μέρος Β. Η μελέτη αυτή είναι αναγκαία. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατή η εκτροπή από τις παραμέτρους και τη συχνότητα δειγματοληψίας υπό την αυστηρή απαίτηση ότι θα έχει διεξαχθεί εκτίμηση κινδύνου σύμφωνα με το Μέρος αυτό. Η εκτίμηση κινδύνου πρέπει να βασίζεται στις γενικές Αρχές της εκτίμησης κινδύνου που τίθενται σε συνάρτηση με τα διεθνή πρότυπα, όπως το πρότυπο EN 15975-2, που αφορά «την ασφάλεια της παροχής πόσιμου ύδατος και τις κατευθυντήριες γραμμές για το χειρισμό του κινδύνου και των κρίσεων». Για το λόγο αυτό θα λαμβάνει υπόψη τον αντίκτυπο από τα προγράμματα παρακολούθησης που θεσπίστηκαν βάσει των άρθρων 7 και 11 του π.δ. 51/2007 για τις υδάτινες πηγές, οι οποίες παρέχουν πάνω από 100 m³ ημερησίως κατά μέσο όρο, σύμφωνα με το παράρτημα V του εν λόγω π.δ.

Με βάση την επίδραση της εκτίμησης κινδύνου, ο κατάλογος των μέτρων επεκτείνεται και/ή η επαναληψιμότητα της δειγματοληψίας αυξάνεται όταν ο κατάλογος των μέτρων ή των συχνοτήτων που καθορίζονται στο παρόν παράρτημα δεν πληροί για την διεκπεραίωση των απαιτήσεων που θεσπίστηκαν βάσει του άρθρου 7 και απαιτείται επιπρόσθετη μελέτη για τους σκοπούς του άρθρου 7, ενώ προκύπτει ανάγκη να παρέχονται οι απαραίτητες προϋποθέσεις που να αποδεικνύουν ότι στα προγράμματα παρακολούθησης για το ύδωρ που προορίζεται για πόση από ανθρώπους εκτελούνται οι παράμετροι για τη διαχείριση των κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου και είναι αποτελεσματικές σε ολόκληρη την αλυσίδα τροφοδοσίας του ύδατος, από την απόληψη στη λεκάνη απορροής, την κατεργασία, τη φύλαξη έως και τη διανομή, και ότι το νερό στο σημείο τήρησης είναι υγιεινό και φρέσκο. Η αποπομπή ενός συγκεκριμένου μέτρου που ορίζεται στο σημείο 2 του μέρους Β από τον κατάλογο των προς παρακολούθηση μέτρων στηρίζεται στην απόρριξη της

εκτίμησης κινδύνου λαμβανομένων υπόψη των εκθέσεων της παρακολούθησης των πηγών ύδατος που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και βάσει του οποίου τεκμηριώνεται ότι η υγεία του ανθρώπου προστατεύεται από τις άσχημες επιπτώσεις τυχόν ρύπανσης του ύδατος που προορίζεται για πόση από ανθρώπους, όπως ορίζεται στο άρθρο 1. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ότι κανένας λογικά καθορισμένος παράγοντας δεν μπορεί να προξενήσει υποβάθμιση της ποιότητας του ύδατος που προορίζεται για πόση από ανθρώπους. Οι εκτιμήσεις κινδύνου εγκρίνονται με απόφαση του κατά τόπου Περιφερειάρχη κατόπιν εισήγησης της αρμόδιας Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Υγιεινής της οικείας Π.Ε. και τυχόν τεχνικής συνδρομής, εφόσον αυτό απαιτηθεί, από την αρμόδια Υπηρεσία του Υπουργείου Υγείας, ενώ οι υπεύθυνοι θα πρέπει να παραθέτουν δεδομένα που να δείχνουν ότι έχει διενεργηθεί εκτίμηση κινδύνου σε συνάρτηση με σύνοψη των απορροιών της.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ (Παράρτημα ΙΙ της Οδηγίας (ΕΕ) 2015/1787)¹

Οι μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιούνται για τους σκοπούς της παρακολούθησης και της απόδειξης της συμμόρφωσης με την παρούσα Απόφαση πιστοποιούνται σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO/IEC 17025 ή άλλα ισοδύναμα πρότυπα που είναι αποδεκτά σε διεθνή κλίμακα. Για το σκοπό αυτό τα ιδιωτικά εργαστήρια ή άλλοι φορείς με τους οποίους τα ιδιωτικά εργαστήρια συνάπτουν συμβάσεις πρέπει να είναι διαπιστευμένα κατά το πρότυπο EN ISO/IEC 17025 ή άλλο ισοδύναμο διεθνώς αποδεκτό πρότυπο από το ΕΣΥΔ ή άλλο φορέα που συμμετέχει στη Συμφωνία Αμοιβαίας Αναγνώρισης της Ευρωπαϊκής Διαπίστευσης για τις δοκιμές (EA-MLA testing). Επιπροσθέτως, τα εργαστήρια του δημόσιου (εργαστήρια ΔΕΥΑ, εργαστήρια ΟΤΑ, εργαστήρια ιατρικών σχολών Πανεπιστημίων, εργαστήρια ΚΕΔΥ και ΠΕΔΥ κ.α.) συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις διαπίστευσης το αργότερο εντός πέντε ετών από την ημερομηνία έναρξης ισχύος της παρούσας Απόφασης. Σε κάθε περίπτωση κατά τη μεταβατική περίοδο συμμόρφωσης τα παραπάνω εργαστήρια θα πρέπει να διαθέτουν σύστημα αναλυτικού ποιοτικού ελέγχου το οποίο περιοδικά θα ελέγχεται από αρμόδιο φορέα μη υπαγόμενο στο εργαστήριο. Αν δεν υπάρχει αναλυτική μέθοδος που να ικανοποιεί τα ελάχιστα κριτήρια επιδόσεων που ορίζονται στο μέρος Β, η παρακολούθηση διενεργείται με τη χρήση των καλύτερων δυνατών μέσων που δεν συνεπάγονται μεγάλες δαπάνες.

Όσον αφορά τις χημικές παραμέτρους για τις οποίες καθορίζονται τα καθοριζόμενα χαρακτηριστικά επιδόσεων, θεωρείται ότι η χρησιμοποιούμενη μέθοδος ανάλυσης πρέπει, κατ' ελάχιστο, να μπορεί να μετρήσει συγκεντρώσεις ίσες με την παραμετρική τιμή με όριο ποσοτικού προσδιορισμού, όπως προσδιορίζεται στο σημείο (β) της παρ. 1 του άρθρου 2 της με αριθ. Η.Π. 38317/1621/Ε 103/2011 κοινή υπουργική απόφαση (ΦΕΚ 1977/Β/2011), ύψους 30% ή λιγότερο της οικείας παραμετρικής τιμής και μια αβεβαιότητα μέτρησης όπως προσδιορίζεται στους επόμενους πίνακες.

Τα τελευταία δύο άρθρα (άρθρο 15 και άρθρο 16) αναφέρουν ότι αρχίζει η εκτέλεση της παρούσας Απόφασης από τη στιγμή που θα δημοσιευτεί στην εφημερίδα της κυβερνήσεως και ότι καταργείται από το ξεκίνημα της παρούσας νομοθεσίας η κοινή υπουργική απόφαση Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/Β/2001) που σχετίζεται με την ποιότητα ύδατος που προορίζεται για πόση από ανθρώπους όπως αυτή τροποποιήθηκε με τη ΔΥΓ2/ΓΠοικ 38295/22.3.2007 κοινή υπουργική απόφαση

(ΦΕΚ 630/Β/26.4.2007) και διορθώθηκε στα ΦΕΚ 986/Β/2007 και ΦΕΚ 1215/Β/2012.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΩΝ ΥΔΑΤΩΝ⁵⁵

Οι κατηγορίες των εμφιαλωμένων νερών που κυκλοφορούν νόμιμα στη χώρα μας και σε όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης συμπεριλαμβάνουν τα φυσικά μεταλλικά νερά, τα νερά πηγής και τα επιτραπέζια νερά. Η νομοθεσία των εμφιαλωμένων νερών πηγάζει από την Οδηγία 2009/54/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην χώρα μας, οι κατευθυντήριες γραμμές λαμβάνονται από την Οδηγία, που συμπληρώνει την ήδη ισχύουσα νομοθεσία που βασίζεται στην Υπ. Κοιν. Υπ. Α1β/4841/79 (ΦΕΚ Β' 696) περί της ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών.

Η νομοθεσία αυτή αποτελείται από 40 άρθρα. Στο άρθρο 1 παρουσιάζονται οι ορισμοί που είναι απαραίτητοι για την αποσαφήνιση της κείμενης νομοθεσίας. Συγκεκριμένα, ως «εμφιαλωμένο νερό» ορίζεται το νερό που δίνεται στην αγορά σε αεροστεγή συσκευασία σε γυάλινα ή πλαστικά φιαλίδια και είναι για τον άνθρωπο αλλά και για ανθρακούχα ποτά που ονομάζονται τα νερά τα οποία έχουν διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα το οποίο είτε υπάρχει φυσικά είτε προστίθεται κατά την εμφιάλωσή του. Επίσης, ορίζεται η «πηγή υδροληψίας» ως κάθε φυσική πηγή εκσκαφής που αντλείται το νερό για χρήση, το «σύστημα εμφιαλώσεως» οι εγκαταστάσεις (σωληνώσεις, δεξαμενές, μηχανήματα κλπ.) από την πηγή υδροληψίας μέχρι το σημείο εμφιαλώσεως, το «εργοστάσιο εμφιαλώσεως» ως ο χώρος όπου βρίσκονται οι μηχανολογικές και λοιπές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή και προσωρινή αποθήκευση του εμφιαλωμένου νερού. Τέλος, ο κωδικός αριθμός παραγωγής ονομάζεται ο αριθμός που λέει την ημερομηνία παραγωγής σύμφωνα με τις εκάστοτε οδηγίες της Διευθύνσεως Δημοσίας Υγιεινής του Υπουργείου Κοινωνικών Υπηρεσιών.

Στη συνέχεια, στα άρθρα 2 και 3, παρατίθεται πως κάθε είδους εμφιαλωμένο νερό θα πρέπει να είναι ασφαλές για την υγεία του ανθρώπου και να πληροί τις προϋποθέσεις της ισχύουσας διάταξης για την ποιότητα του πόσιμου νερού. Επιπλέον, στα εργοστάσια εμφιάλωσης θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα, όπου τα παραγόμενα σ'αυτά προϊόντα να καλύπτουν τους υγειονομικούς κανόνες που ορίζονται από τις ισχύουσες διατάξεις.

Κατόπιν στο άρθρο 4 παρατίθενται τα φυσικά, χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά και όρια. Ειδικότερα, όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και η γεύση, που θα πρέπει να είναι έως 3 μονάδες. Όσον αφορά τα χημικά χαρακτηριστικά η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση για νιτρικά είναι 10 mm/L, για τον υδράργυρο 0.001 mm/L, για το βιομηχανικώς απαιτούμενο οξυγόνο 5 ημερών σε 20°C (B.O.D. 5) και τον ολικό οργανικό άνθρακα (T.O.C.) 1 mm/L και για το τριαλομεθάνιο 0,1 mm/L.

Στο άρθρο 5, καταγράφεται η συχνότητα των δειγματοληψιών και των εξετάσεων των νερών που προορίζονται για εμφιάλωση. Κατά την εμφιάλωση οι επιχειρήσεις υποχρεούνται να διενεργούν εργαστηριακούς ελέγχους για τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Αν υπάρχει υποψία εμφάνισης ανεπιθύμητων ουσιών ή αν η συγκέντρωσή τους μεταβάλλεται με το χρόνο σε βαθμό που να δημιουργεί ανησυχία, απαιτείται η εκτέλεση συχνότερων δειγματοληψιών και προσδιορισμών των ύποπτων ουσιών κατά την κρίση της Υγειονομικής Υπηρεσίας. Αντίθετα από προηγούμενες εξετάσεις ή από άλλα ασφαλή νόμιμα όρια για το νερό ή κατά την εμφάνιση συγκεντρώσεων πολύ πιο κάτω των επιτρεπτών ορίων μπορεί να παραληφθεί ο επανειλημμένος εργαστηριακός προσδιορισμός τους, ύστερα

από έγκριση της Υγειονομικής Υπηρεσίας. Συνήθως ο εργαστηριακός έλεγχος πραγματοποιείται τέσσερις φορές το χρόνο. Η εξέταση αυτή θα περιλαμβάνει αλκαλικότητα φαινολοφθαλεΐνης, αλκαλικότητα μεθυλίου, ολικό άζωτο κατά Kjeldahl (πρωτοειδών, πρωτεϊνών), αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά χλωριούχα άλατα, σίδηρο δυσθενή και τρισθενή ολικό οργανικό άνθρακα (T.O.C.) και τυχόν άλλη χαρακτηριστική ουσία κατά την κρίση της Υγειονομικής Υπηρεσίας. Σε περίπτωση, όμως, εντόνων γεωλογικών φαινομένων (σεισμοί, κατολισθήσεις κλπ.) ή κλιματικών φαινομένων (βροχοπτώσεις, πλημμύρες κλπ.) ή εκτελέσεως μεγάλων έργων ή εγκαταστάσεως μονάδων που προκαλούν ρύπανση πλησίον των πηγών υδροληψίας θα εκτελούνται υποχρεωτικώς από τις επιχειρήσεις εμφιαλώσεως έκτακτες δειγματοληψίες και εργαστηριακές χημικές και μικροβιολογικές εξετάσεις (άρθρο 6).

Στα επόμενα τέσσερα άρθρα (7-10 άρθρο) παρατίθεται ο τρόπος δειγματοληψίας και ο χρόνος μεταφοράς των δειγμάτων. Αφού το δείγμα είναι για μικροβιολογική εξέταση και η δειγματοληψία γίνεται από κρουνό, όπου ο δειγματολήπτης καίει το στόμιο του κρουνού χρησιμοποιώντας βαμβάκι εμποτισμένο με οινόπνευμα, ανοίγει το κρουνό και ύστερα παίρνει το δείγμα για εξέταση. Στην περίπτωση που η δειγματοληψία γίνει από κρουνό που δεν έχει χρησιμοποιηθεί πρόσφατα πρέπει να τρέξει αρκετή ποσότητα νερού, ώστε να υπάρχει καθαρή ποσότητα νερού. Οι εξετάσεις αυτές πραγματοποιούνται σε φιάλες 2 λίτρων, που είναι πλυμένες με αποσταγμένο νερό. Κατά τη χημική και μικροβιολογική εξέταση το δείγμα να αποσταλλεί έγκαιρα σε ισόθερμο ψυγείο 4-6°C. Οι εξετάσεις δεν διενεργούνται Κυριακές ή αργίες, ενώ δεν γίνονται δεκτά και δείγματα που έχουν παραληφθεί μία με δύο ημέρες πριν από τις προαναφερθείσες ημέρες. Εφόσον παραληφθούν τα δείγματα, προετοιμάζονται απευθείας για τις εξετάσεις. Σε περίπτωση καθυστέρησης της εξέτασης θα πρέπει να αναφέρεται αυτό στην έκθεση αποτελεσμάτων.

Στα άρθρα 11, 12 και 13 περιγράφεται το προσωπικό και οι συνθήκες που θα επικρατούν κατά τις μικροβιολογικές εξετάσεις του νερού πριν την εμφιάλωση. Κατόπιν τα άρθρα 14 έως 16 καταγράφουν τις εργαστηριακές εξετάσεις και τη συχνότητα που θα διεξάγονται μετά το πέρας της εμφιάλωσης. Η χημική εξέταση θα πρέπει να πραγματοποιείται τουλάχιστον τέσσερις φορές το χρόνο και κατά προτίμηση στην μέση κάθε εποχής και θα διενεργείται πλήρης χημική εξέταση, σύμφωνα με τους όρους του άρθρου 5 παρ. 1α για να διαπιστώνεται αν τα ανώτατα παραδεκτά όρια, ανταποκρίνονται σ' αυτά που αναγράφονται πάνω στη φιάλη και στην άδεια εκμεταλλεύσεως της πηγής. Στη μικροβιολογική εξέταση θα ελέγχεται ο αριθμός των αποικιών κοινών αεροβίων μικροβίων (μεσοφίλων) και ο αριθμός των παθογόνων μικροοργανισμών. Κατά τη συχνότητα λήψης των δειγμάτων θα λαμβάνονται στην αρχή κάθε ημερήσιας παραγωγής 5 δείγματα και στο τέλος αυτής άλλα 5. Εφόσον ημερησίως παράγονται 20.000 φιάλες του ενός λίτρου θα λαμβάνονται στο τέλος κάθε σειράς των 20.000 φιαλών 5 δείγματα για εξέταση. Έτσι απαγορεύεται η διάθεση στο εμπόριο εμφιαλωμένου νερού αν δεν έχει ελεγχθεί η σειρά παραγωγής.

Στο άρθρο 17 παρουσιάζεται ο χαρακτηρισμός των δειγμάτων. Αναλόγως των φυσικών, χημικών και μικροβιολογικών χαρακτήρων του το δείγμα εμφιαλωμένου νερού χαρακτηρίζεται ως κατάλληλο, ακατάλληλο, μολυσμένο και επικίνδυνο. Κατάλληλο θεωρείται εφόσον οι φυσικοχημικές και μικροβιολογικές προδιαγραφές είναι σύμφωνες με τις αναγραφόμενες στην παρούσα οδηγία. Χαρακτηρίζεται ακατάλληλο εφόσον κάποιος από τους ανωτέρω χαρακτήρες δεν είναι

σύμφωνος με τις προδιαγραφές της παρούσας ή περιέχει ξένα σώματα, και ως μολυσμένο και επικίνδυνο εφόσον περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς, ειδικότερα σαλμονέλα. Επίσης, επικίνδυνο είναι όταν περιέχει ουσίες ή ραδιενέργεια σε ποσότητες ανώτερες από τις επιτρεπτές από την εκάστοτε ισχύουσα Υγειονομική Διάταξη. Αυτό ισχύει και για πολλαπλά δείγματα, προκειμένου οι παραπάνω χαρακτηρισμοί να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη μέτρων που θα αφορούν τη δέσμευση και γενικώς την ακαταλληλότητα του εργοστασίου ενώ θα πρέπει να ενεργείται άμεσος έλεγχος από την αρμόδια Υγειονομική Αρχή και να ελέγχονται 10 τουλάχιστον δείγματα της ίδιας σειράς παραγωγής.

Στα επόμενα άρθρα παρατίθενται οι όροι ιδρύσεως και λειτουργίας των εργοστασίων εμφιαλώσεως. Αρχικά, ορίζεται η πηγή υδροληψίας μια φυσική πηγή ή πηγάδι εκσκαφής ή γεώτρητο δίκτυο υδρεύσεως από την οποία λαμβάνεται το νερό για εμφιάλωση. Αυτή θα πρέπει να βρίσκεται σε απόλυτα υγιεινό περιβάλλον και να έχει πλήρη τεχνική και υγειονομική προστασία έναντι εστιών και γενικά κινδύνων ρυπάνσεως και μόλυνσεως. Ειδικότερα εφόσον πρόκειται για τοπική πηγή ή πηγάδι, με την προϋπόθεση ότι το υπέδαφος είναι συμπαγές, αδιατάρακτο συνεκτικό και λεπτόκοκκο χωρίς ρωγμές και καρστικούς σχηματισμούς ή μεγάλους πόρους θα υπάρχει απόσταση ασφαλείας τουλάχιστον 100 μέτρων από εστίες ρυπάνσεως και μόλυνσεως και από κατοικίες και 200 μέτρων από κοιμητήρια. Αν το έδαφος δεν ανταποκρίνεται στις ανωτέρω απαιτήσεις, οι αποστάσεις ασφαλείας από εστίες ρυπάνσεως ή μόλυνσεως θα καθορίζονται με αιτιολογημένη απόφαση της Υγειονομικής Υπηρεσίας ύστερα από υγειονομική αναγνώριση και με βάση υδρολογική έρευνα, που θα γίνεται με φροντίδα και δαπάνη του υπόχρεου. Επίσης η πηγή ή το πηγάδι πρέπει να βρίσκονται κατά προτίμηση σε υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με κατοικημένες ή γενικά ρυπαίνόμενες περιοχές και να διασφαλίζεται ότι δεν υπάρχει κίνδυνος να επηρεασθεί η υπόγεια ροή του νερού από τις γύρω ή και απομακρυσμένες εστίες ρυπάνσεως και μόλυνσεως. Για τον έλεγχο των συνθηκών υπόγειας ροής του νερού και εκτίμηση των πιθανών κινδύνων ρυπάνσεως και μόλυνσεως από υπάρχουσες εστίες στο άμεσο και ευρύτερο περιβάλλον συνιστάται η σύνταξη με φροντίδα του ενδιαφερόμενου υδρογεωλογικής μελέτης στην οποία γίνεται συσχέτιση της πηγής υδροληψίας και των εστιών ρυπάνσεως. Αν οι συνθήκες είναι ασαφείς και ύποπτες, η σύνταξη της μελέτης γίνεται υποχρεωτική με απόφαση της Υγειονομικής Υπηρεσίας. Ακόμα, αν η υδροληψία γίνεται από δίκτυο υδρεύσεως πρέπει εκτός από τα λαμβανόμενα μέτρα υγειονομικής προστασίας του συστήματος υδρεύσεως που προβλέπονται από τις ισχύουσες υγειονομικές διατάξεις και επιβάλλονται από τους τεχνικούς κανόνες της υγειονομικής μηχανικής να εξασφαλίζονται οι πρόσθετοι όροι για τα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά που αναφέρονται στο άρθρο 4 της παρούσας. Γενικά όπου τα έργα προστασίας ή οι συνθήκες του εδάφους και του ευρύτερου περιβάλλοντος κρίνονται από τις Υγειονομικές Αρχές όχι ικανοποιητικές, ύποπτες ή επικίνδυνες σύμφωνα με τις γενικές αρχές της υγειονομικής μηχανικής θα μελετώνται και θα λαμβάνονται από τους υπόχρεους τα απαραίτητα πρόσθετα μέτρα προστασίας και σε περίπτωση ανεπάρκειας ή αδυναμίας θα απορρίπτεται η πηγή υδροληψίας. (άρθρο 18)

Στο άρθρο 19 ορίζεται η εγκατάσταση απολυμάνσεως. Το νερό πριν από την εμφιάλωση επιτρέπεται να υποβάλλεται σε αποτελεσματική απολύμανση κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται υπολειμματική δράση, σε κατάλληλη εγκατάσταση με μια από τις πιο χρησιμοποιούμενες και βιβλιογραφικά γνωστές μεθόδους, όπως ενδεικτικά θεωρείται η χλωρίωση και η προσθήκη όζοντος ή γενικά με μέθοδο όχι επικίνδυνη

για την υγεία του ανθρώπου ύστερα από έγκριση της Υγειονομικής Υπηρεσίας ή να παστεριώνεται μετά την εμφιάλωση. Η εγκατάσταση απολυμάνσεως θα είναι εφοδιασμένη με κατάλληλες κάθε φορά συσκευές απολυμάνσεως ικανές να καλύψουν τη μέγιστη προβλεπόμενη ωριαία παροχή εμφιαλώσεως και με εφεδρεία 100% για την περίπτωση βλάβης ή συντηρήσεως. Στην εγκατάσταση θα λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την ασφάλεια του εργαζομένου προσωπικού.

Στο άρθρο 20 παρουσιάζονται οι όροι για τη δεξαμενή αποθηκεύσεως. Αν χρησιμοποιείται ιδιωτική δεξαμενή αποθηκεύσεως του νερού πριν από την εμφιάλωση, η θέση και η διάταξη υγειονομικής προστασίας θα διασφαλίζουν πλήρως το νερό από κίνδυνο ρυπάνσεως ή μόλυνσεως. Ειδικότερα η δεξαμενή θα είναι από ανοξείδωτο και γενικά μη διαβρώσιμο υλικό με καλύμματα που θα έχουν χείλη περιμετρικά προς τα κάτω τουλάχιστον 5 cm και με μονωτικό παρέμβλημα ώστε να αποκλείεται η είσοδος νερών, σκονών ή ξένων σωμάτων από τον αέρα. Η δεξαμενή θα έχει διάταξη εκκενώσεως και θα επιθεωρείται και καθαρίζεται με έκπλυση ή απολύμανση και πλήρη εκκένωση σε τακτικά διαστήματα. Οι αεριστήρες της δεξαμενής θα αποκλείουν την είσοδο εντόμων ή ακαθαρσιών. Η χωρητικότητα της δεξαμενής θα περιορίζεται για την κάλυψη των αιχμών της ημερήσιας καταναλώσεως και δεν θα παραμένει το νερό αποθηκευμένο σ' αυτή, χωρίς ανανέωση περισσότερο από 12 ώρες. Ο χώρος της δεξαμενής θα είναι γενικά σκοτεινός για την αποφυγή αναπτύξεως μικροφυκών (μονοκύτταρα, πολυκύτταρα).

Στο άρθρο 21 και 22 συνοψίζονται οι προϋποθέσεις για τις σωληνώσεις και τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις και για το οίκημα εμφιαλώσεως. Οι σωληνώσεις και οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις πρέπει να είναι από υλικά, που δεν επηρεάζουν δυσμενώς την ποιότητα του νερού, εξαιτίας εμπλουτισμού με διάλυση τοξικών ή ανεπιθύμητων χημικών ουσιών ούτε επηρεάζονται από τα μέσα απολυμάνσεως (όζον κλπ.). Σε όλες τις υδραυλικές εγκαταστάσεις από την πηγή υδροληψίας μέχρι το σημείο πληρώσεως των φιαλών θα έχουν προβλεφθεί κατάλληλοι κρουνοί δειγματοληψίας για την εργαστηριακή παρακολούθηση της ποιότητας του νερού. Επίσης, το οίκημα που χρησιμοποιείται για τη στέγαση των εγκαταστάσεων εμφιαλώσεως θα είναι μόνιμης κατασκευής σύμφωνα με τις διατάξεις του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού θα διατηρείται σε άριστη κατάσταση από απόψεως συντηρήσεως και θα βρίσκεται σε τελείως αποδεκτό υγιεινό περιβάλλον. Ο διαθέσιμος χώρος θα είναι απόλυτα επαρκής για τη άνετη εκτέλεση των διαφόρων εργασιών και χειρισμών με εμβαδόν τουλάχιστον 150 cm² και με ελάχιστο καθαρό ύψος ορόφου 3,8 m. Γενικά, θα προβλέπονται ιδιαίτερα διαμερίσματα για την κατασκευή των πλαστικών φιαλών δοχείων (αν γίνεται στην εγκατάσταση), την πλύση και τον καθαρισμό των υάλινων φιαλών, την πλήρωση και τον πωματισμό των φιαλών και δοχείων, τις αποθήκες υλικών (πριν και μετά την εμφιάλωση), τα αποχωρητήρια, τα ιματιοφυλάκια, το κυλικείο και γενικά τους χώρους εξυπηρέτησεως του προσωπικού, τα γραφεία και τις διοικητικές υπηρεσίες. Τα πρώτα δύο διαμερίσματα μπορούν να αποτελέσουν ενιαίο χώρο εφόσον κατά την κρίση της Υγειονομικής Αρχής δεν υπάρχει κίνδυνος μόλυνσεως ή ρυπάνσεως των φιαλών από της διαδικασίας καθαρισμού των γυάλινων φιαλών ή κατασκευής των πλαστικών.

Στο άρθρο 23 ορίζονται τα όρια για τους χώρους εμφιαλώσεως, όπου τα δάπεδα των χώρων εμφιαλώσεως θα καλύπτονται καθολικά από συνεχές (κατά προτίμηση) αδιαπόστιτο λείο και μη εύθραυστο υλικό με κατάλληλες κλίσεις προς φρεάτια

δαπέδου εφοδιασμένα με παγίδες (σιφώνια) για τον εύκολο καθαρισμό και ξέπλυμα με νερό και οι τοίχοι τους, μέχρις ύψους τουλάχιστον 3 m θα έχουν αδιαπότιστο και λείο επίχρισμα ή επένδυση ανοικτού χρώματος (πλακίδια πορσελάνης). Το υπόλοιπο των τοίχων και η οροφή θα είναι κατά προτίμηση ασβεστόχρωμα και θα διατηρούνται σε άριστη κατάσταση συντηρήσεως.

Στο άρθρο 24 παρατίθενται οι όροι για τον αερισμό κατά την επιμόλωση. Ο αερισμός των χώρων επιμόλωσης θα γίνεται δια μέσου ειδικής εγκαταστάσεως και θα είναι αρκετός για το μέγιστο προβλεπόμενο αριθμό εργαζομένων με βάση τουλάχιστον 30 m την ώρα για κάθε άτομο. Ο εισερχόμενος αέρας θα υφίσταται κατάλληλη επεξεργασία καθαρισμού για την κατακράτηση της σκόνης και γενικά των μικροοργανισμών με χρησιμοποίηση κατάλληλων ηθμών ή και μικροβιοκτόνων συσκευών, ώστε να εξασφαλίζεται περιβάλλον πρακτικά στείρο. Σε περίπτωση δυσμενών ενδείξεων από προσδιορισμό του μικροβιακού φόρτου του αέρα των χώρων επιμόλωσης μπορεί να επιβληθεί με απόφαση της Υγειονομικής Υπηρεσίας η υποχρέωση λήψεως συμπληρωματικών μέτρων βελτιώσεως της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, με την εγκατάσταση ισχυρότερων ή πρόσθετων μονάδων καθαρισμού την τοποθέτηση λαμπτήρων υπεριώδους ακτινοβολίας για την ακτινοβόληση του αέρα, χωρίς πάντως να προσβάλλεται απευθείας το προσωπικό, ή με άλλο αποτελεσματικό στην πράξη σύστημα. Στο άρθρο 25 αναφέρεται πως ο φωτισμός, φυσικός ή τεχνητός, των διαμερισμάτων εργασίας θα είναι επαρκής σε ένταση, ομοιόμορφος και με κατάλληλη κατεύθυνση ώστε να εκτελείται με άνεση η εργασία και να εποπτεύονται με ασφάλεια και πληρότητα όλες οι διαδικασίες καθαρισμού, πληρώσεως και πωματισμού των φιαλών. Η ένταση του τεχνητού φωτισμού (1,0 m πάνω από το δάπεδο) στις απομακρυσμένες γωνίες του θα είναι τουλάχιστον 26 LX.

Όσον αφορά την πλύση των γυάλινων φιαλών, στο άρθρο 26 καταγράφεται πως οι γυάλινες φιάλες θα είναι κατασκευασμένες από καθαρό ουδέτερο γυαλί. Πριν από την πλήρωση θα πλένονται και απολυμαίνονται με κατάλληλα μέσα και με εγγυημένη αποτελεσματική μέθοδο. Το χρησιμοποιούμενο νερό του πλυσίματος θα είναι γενικά πόσιμο ενώ το τελικό τουλάχιστον ξέπλυμα θα γίνεται με αποσταγμένο πρακτικά στείρο νερό ή τουλάχιστον με το ίδιο νερό που επιμόλωνεται. Το πλύσιμο θα γίνεται γενικά σε αυτόματα μηχανικά πλυντήρια και θα περιλαμβάνει την πρόπλυση με χρησιμοποίηση κατάλληλου και αποδεικτικού από υγειονομικής πλευράς απορρυπαντικού, τη διαλογή των φιαλών που έχουν σκουριά και καθάρισμα με υδροχλωρικό οξύ πυκνότητας 10-30%, την πλύση με νερό υψηλής θερμοκρασίας (της τάξεως των 80°C), που περιέχει καυστικό νάτριο σε συγκέντρωση 2-3% κατά βάρος, τη συστηματική έκπλυση με άφθονο νερό πενταπλάσιο τουλάχιστον σε ποσότητα της χωρητικότητας των φιαλών και με ποιοτικούς χαρακτήρες όχι δυσμενέστερους από το νερό επιμόλωσης και την απολύμανση. Η απολύμανση πραγματοποιείται με παραμονή για δύο έως πέντε λεπτά σε κλειστό χώρο με την επενέργεια υπέρθερμου ατμού, με βύπτισμα σε ίδιο χρόνο σε υδατινό λουτρό θερμοκρασίας τουλάχιστον 80°C και κατόπιν σε διάλυμα χλωρίου με αρχική περιεκτικότητα σε υπόλειμμα «ελευθέρου» χλωρίου περίπου 100 mg/l, που δεν θα μειώνεται κάτω από 50 mg/l. Οι γυάλινες φιάλες μετά την απολύμανσή τους θα κινούνται προς το χώρο πληρώσεως με κατάλληλο κλειστό σύστημα, που θα διατηρείται πρακτικά στείρο με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων και αποδοτικών μικροβιοκτόνων συσκευών.

Στο άρθρο 27 αναφέρονται οι προϋποθέσεις των πλαστικών φιαλών. Ο όρος «πλαστικές φιάλες» περιλαμβάνει οποιασδήποτε μορφής πλαστικούς υποδοχείς (φιάλες, δοχεία) στους οποίους αποθηκεύεται το νερό με σφραγισμένο πωματισμό για εμπορία. Η κατασκευή των πλαστικών φιαλών είτε γίνεται στην ίδια εγκατάσταση με την εμφιάλωση του νερού, είτε σε άλλη μονάδα παραγωγής έξω από αυτή, θα πραγματοποιείται σε ιδιαίτερα αποστειρωμένο χώρο απομονωμένο από τα υπόλοιπα τμήματα εργασίας. Οποσδήποτε, η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου πλαστικού δεν θα δημιουργεί κινδύνους δυσμενών αλλοιώσεων της ποιότητας του νερού και θα ανταποκρίνεται γενικά στις απαιτήσεις για τα υλικά συσκευασίας του κώδικα των τροφίμων και ποτών ή άλλων ειδικών διατάξεων. Οι πλαστικές φιάλες θεωρούνται αποστειρωμένες κατά τη φάση της κατασκευής τους λόγω της υψηλής θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, για να διατηρηθούν πρακτικά στείρα, θα διακινούνται κατά τρόπο που να αποκλείει πιθανότητα μόλυνσης. Δηλαδή, οι πλαστικές φιάλες θα μεταφέρονται από το διαμέρισμα κατασκευής στη συσκευή πλήρωσης, χωρίς μεσολάβηση ανθρωπίνων χεριών μέσα σε κλειστό σύστημα διακινήσεως στο οποίο θα εξασφαλίζονται πρακτικά στείρες συνθήκες με χρησιμοποίηση μικροβιοκτόνων συσκευών. Αν οι πλαστικές φιάλες κατασκευάζονται σε χωριστή εξωτερική μονάδα, αμέσως μετά την κατασκευή τους θα αποθηκεύονται με στείρες συνθήκες κατά προτίμηση αυτόματα, σε ανθεκτικές πλαστικές αποστειρωμένες σακούλες μιας χρήσεως που θα κλείνουν αεροστεγώς με θερμοκόλληση. Αν λόγω ελλείψεως αυτόματου μηχανισμού μεσολαβήσουν ανθρώπινοι χειρισμοί θα χρησιμοποιούνται αποστειρωμένα γάντια και προσωπίδες. Οι γεμάτες σακούλες θα διατηρούνται καθαρές και θα μεταφέρονται με κλειστά οχήματα στο εμφιαλωτήριο όπου θα αδειάζουν κάτω από συνθήκες αναρροφήσεως του αέρα και ακτινοβολήσεως με υπεριώδη ακτινοβολία.

Στο άρθρο 28 αναφέρεται πως οι όροι ποιότητας υλικού και οι προϋποθέσεις καθαριότητας, αποστειρώσεως, μεταφοράς και αποθηκεύσεως που ισχύουν για τα μπουκάλια εφαρμόζονται και για τα πόματα. Ακόμα, η πλήρωση και ο πωματισμός των φιαλών και των δοχείων θα γίνεται με αυτόματα μηχανήματα χωρίς μεσολάβηση ανθρωπίνων χεριών με απόλυτα υγιεινό τρόπο που θα είναι αποδεκτός από την Υγειονομική Υπηρεσία. Σε όλες τις φάσεις αποθηκεύσεως, κινήσεως, εμφιαλώσεως και διακινήσεως μέχρι τη μονάδα πωματισμού οι φιάλες, τα δοχεία και τα πόματα θα διατηρούνται πρακτικά στείρα, με την επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας που θα έχει την επιβαλλομένη ένταση, σε συνδυασμό με το χρόνο εκθέσεως και θα εκπέμπεται από συσκευές τοποθετημένες σε όλα τα ενδιάμεσα σημεία. Οι φιάλες μετά την πλήρωση και πωματισμό θα περνούν μπροστά από μονάδα οπτικής μακροσκοπικής επιθεωρήσεως. (άρθρο 29)

Στη συνέχεια, στο άρθρο 30 ορίζονται οι προϋποθέσεις για τις επιγραφές των φιαλών. Συγκεκριμένα, κάθε μπουκάλι ή δοχείο θα έχει στερεά κολλημένη ταινία στην οποία θα καταγράφονται διακριτά η εμπορική ονομασία και ο εμπορικός τίτλος της επιχειρήσεως εμφιαλώσεως, ο αριθμός της άδειας λειτουργίας του εργοστασίου, η πηγή προελεύσεως του ύδατος, οι παράμετροι της φυσικής και χημικής αναλύσεως που θα προσδίνουν αντιπροσωπευτική περιγραφή της ποιότητας του ύδατος και θα ορίζεται κάθε φορά με αρχή τα ιδιαίτερα διακριτικά του ύδατος με απόφαση της Υγειονομικής Υπηρεσίας, η τυχόν εφαρμοζόμενη επεξεργασία καθαρισμού και απολυμάνσεως και τυχόν προστιθέμενα συστατικά, η ημερομηνία εμφιαλώσεως ή ο κωδικός αριθμός παραγωγής σύμφωνα με τις υποδείξεις του Υπουργείου Κοιν. Υπηρεσιών και η υπόδειξη διατηρήσεως σε σκιερό και δροσερό μέρος. Εφόσον το

ύδωρ έχει προμελετηθεί για εξαγωγή τα πιο πάνω στοιχεία θα είναι καταγεγραμμένα και σε μια ξένη γλώσσα κατά προτίμηση στην Αγγλική και κατά σύσταση στη γλώσσα της χώρας του προορισμού. Η αναγραφή θεραπευτικών χαρακτηριστικών του εμφιαλωμένου νερού ή αναλόγου περιεχομένου εμπορικής αναγγελίας με τα μέσα ενημερώσεως απαγορεύεται.

Σημαντικό είναι και το άρθρο 31, όπου παρουσιάζονται οι όροι αποθήκευσης. Έτσι, σε κάθε εγκατάσταση θα προβλέπονται τουλάχιστον δύο περιοχές ανεφοδιασμού, ξεχωριστά για τα άδεια και ξεχωριστά για τα γεμάτα μπουκάλια και δοχεία. Οι περιοχές ανεφοδιασμού θα έχουν χωρητικότητα σε σχέση με την κίνηση αιχμής της επιχειρήσεως και θα έχουν τάπητα και τοίχους από αδιαπότιστο ομαλό υλικό με ευκολίες αποστραγγίσεως (σιφόνια τάπητα). Οι συνθήκες ανεφοδιασμού θα είναι ευνοϊκές ώστε να εξασφαλίζεται τελέσφορη προστασία από τις δυσχερείς εξωτερικές επιρροές. Ειδικότερα, οι χώροι αποθηκείσεως των πλήρων μπουκαλιών θα τηρούν τους όρους διατηρήσεως σε σκιερή και δροσερή περιοχή.

Στο άρθρο 32 παρατίθενται οι αρμοδιότητες και οι υποχρεώσεις του προσωπικού. Το προσωπικό του εργοστασίου εμφιαλώσεως θα πρέπει να είναι απόλυτα υγιές, να είναι ντυμένο κατά τη δουλειά, εξειδικευμένη στολή που ορίζεται σε παρακάτω παράγραφο και να είναι εξοπλισμένο απαραίτητα με βιβλιάριο υγείας, στο οποίο θα επισημαίνεται μια φορά το χρόνο ότι ο ιδιοκτήτης του δεν πάσχει από κάποια μεταδοτική νόσο και δεν είναι φορέας εντερικών παθογόνων μικροβίων (σαλμονέλλες, σιγκέλες, κλπ.). Το προσωπικό που εργάζεται στους χώρους εμφιαλώσεως του νερού θα φορά άσπρη καθαρή στολή και ισοδύναμα παπούτσια. Πριν από την είσοδό τους οι υπάλληλοι θα πλένουν καλά τα χέρια με θερμό ύδωρ και σαπούνι ή άλλο απορρυπαντικό και θα καθαρίζουν τα πέλματα των παπουτσιών τους σε κατάλληλο καθαρό δάπεδο. Σε περίπτωση εξόδου για οποιοδήποτε λόγο θα τηρείται η ίδια διαδικασία κατά τη δεύτερη είσοδο. Προσέλευση άλλων ατόμων στην περιοχή εμφιαλώσεως απαγορεύεται εκτός από τα όργανα ελέγχου.

Στο άρθρο 33 καθορίζεται πως κάθε εγκατάσταση θα φέρει μπάνια καθαριότητας, με καταιονητήρες και ζεστό-κρύο νερό και θα υπάρχουν διαφορετικοί χώροι για άνδρες και γυναίκες σε σχέση πάντα με τον αριθμό των εργαζομένων, ενώ θα διατίθενται και ιματιοφυλάκια για τις ανάγκες του προσωπικού. Τα μπάνια και ιματιοφυλάκια θα τοποθετούνται σε εύκολα προσεγγίσιμη θέση, χωρίς απευθείας σχέση με τις περιοχές εργασίας. Στην είσοδο της περιοχής εμφιαλώσεως του ύδατος, σε συγκεκριμένη περιοχή θα βρίσκεται σχετικά με τον αριθμό των υπαλλήλων στο τμήμα αυτό, αριθμός νιπτήρων με εγκατάσταση παροχής θερμού και ψυχρού ύδατος που θα είναι μονίμως εξοπλισμένοι με σαπούνι ή άλλο απορρυπαντικό και με υγιεινό μέσο σπογγίσματος ή στεγνώσεως των χεριών. Επίσης, κάθε εγκατάσταση θα διαθέτει υγιεινού τύπου αποχωρητήρια, που θα βρίσκονται σε προσπελάσιμες θέσεις, για τη βοήθεια των υπαλλήλων με ανάλογο αριθμό νιπτήρων που θα είναι πάντα εξοπλισμένοι με σαπούνι ή άλλο απορρυπαντικό και με υγιεινό μέσο σπογγίσματος ή στεγνώματος των χεριών ανεξάρτητα από τους νιπτήρες που θα βρίσκονται δίπλα στην είσοδο. (άρθρο 34) Επιπλέον, όπως είναι λογικό, η καθαριότητα όλων των περιοχών και ιδιαίτερα της εμφιαλώσεως, των μηχανημάτων και των σκευών θα είναι σαφής. Τα πατώματα θα πλένονται το πολύ μια φορά την ημέρα και θα απολυμαίνονται με αναγνωρισμένη μεθοδολογία (θερμός ατμός, χλωριωμένο νερό κλπ.). (άρθρο 35)

Κατόπιν, στο άρθρο 36, αναφέρεται πως κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο που έχει απόλυτη εξουσία κατά το νόμο ή περιέχονται στην κατοχή του εγκαταστάσεις εμφιαλώσεως νερού, πρέπει να εφαρμόζει και να θέτει στη διάθεση των υγειονομικών ή άλλων οργάνων ελέγχου χαρακτηριστικά και λεπτομέρειες σχετικά με την πηγή υδροληψίας, την απολύμανση και τα ποιοτικά βασικά γνωρίσματα του νερού (χημικές και μικροβιολογικές εξετάσεις), τις μεθόδους παραγωγής ή καθαρισμού των φιαλών, αερισμού και επαναφοράς σε καλή κατάσταση των χώρων εμφιαλώσεως, φύλαξης, μετακίνησης και διαμοιρασμού στα καταστήματα πώλησεως των αγαθών ώστε να είναι εύκολη η απόδειξη τήρησης των όρων της διατάξεως.

Στο άρθρο 40 καταγράφεται πως σύμφωνα με τις διατάξεις της παρούσας Υγειονομικής διατάξεως για την ποιότητα των εμφιαλωμένων νερών (άρθρα 3, 4 και 17) και για τις αναγραφόμενες στις φιάλες ενδείξεις (άρθρο 30), οι όροι και οι προϋποθέσεις θα ισχύουν και θα πραγματοποιούνται και για τα εισαγόμενα από χώρες του εξωτερικού νερά. Τα τελευταία θα πρέπει να φέρουν επισήμανση της αντίστοιχης έγκυρης Υπηρεσίας του τόπου παρασκευής των εισαγόμενων εμφιαλωμένων νερών στην οποία θα φαίνεται ο τίτλος του εργοστασίου εμφιαλώσεώς τους και ότι οι εγκαταστάσεις του δραστηριοποιούνται με νόμιμο τρόπο και ανταποκρίνονται στους όρους υγιεινής. Ακόμα, θα πρέπει να καταγράφεται και η έκθεση των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών εξετάσεων των εισαγόμενων εμφιαλωμένων νερών πριν και μετά την εμφιάλωσή τους, οι οποίες θα έχουν γίνει στα εργαστήρια νόμιμης υπηρεσίας του τόπου παρασκευής τους, σύμφωνα με τα πρότυπα για τα φυσικά, χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, αλλά και τη ραδιενέργεια που καθορίζονται σε κάθε περίπτωση με τις ισχύουσες σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού και στην παρούσα Υγειονομικές διατάξεις.

Τέλος, στο άρθρο 41 αναγράφονται οι κυρώσεις σε περίπτωση μη τήρησης των μέτρων και στο άρθρο 42 ότι η εφαρμογή αυτής της Υγειονομικής Διατάξεως, η οποία εκτελείται σε όλη την Επικράτεια, ανατίθεται στα αρμόδια Υγειονομικά Όργανα των Περιφερειακών Υγειονομικών Υπηρεσιών του Υπουργείου Κοινωνικών Υπηρεσιών, ενώ για τη χορήγηση της αντίστοιχης άδειας λειτουργίας υπεύθυνες είναι οι κατά τόπους Αστυνομικές Αρχές. Η έναρξη της απόφασης αρχίζει μετά από ένα μήνα από τη δημοσίευσή της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Γενικότερα, οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη νομοθεσία των εμφιαλωμένων νερών είναι οι οδηγίες 80/777/ΕΟΚ, 96/70/ΕΚ, 98/83/ΕΚ, 2003/40/ΕΚ και η 2009/54/ΕΚ. Στην Ελλάδα, οι εγκύκλιοι που εφαρμόζονται περί της εμφιάλωσης επιτραπέζιου και φυσικού μεταλλικού νερού στην ίδια γραμμή παραγωγής είναι οι επόμενες:

- Η υπ' αριθμ. Α1β/4841/79 Υγειονομική Διάταξη περί της Ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών όπως τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 1263/99 (ΦΕΚ 1070/Β/1999) και τις Γ1(δ) /ΓΠ οικ. 80012/19.10.2015 (ΦΕΚ 2273/Β'/2015) και Γ1(δ) /ΓΠ οικ. 83217/30.10.2015 (ΦΕΚ 2344/Β/2015) Υπουργικές Αποφάσεις.
- Το υπ' αριθμ. 433/83 Π.Δ. (ΦΕΚ 163/Α/9.11.83) «Όροι εκμετάλλευσης και κυκλοφορίας στο εμπόριο φυσικών μεταλλικών νερών», όπως τροποποιήθηκε με την Υ2/οικ.329/2.2.1998 (ΦΕΚ 114/Β/12.2.1998) Απόφαση.

- Η Γ1(δ)/ ΓΠ οικ.67322/6.9.2017 Κοινή Υπουργική Απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών, Οικονομίας και Ανάπτυξης, Υγείας, Περιβάλλοντος και Ενέργειας, (ΦΕΚ 3282/Β/2017) «Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της 3ης Νοεμβρίου 1998 όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία (ΕΕ) 2015/1787 (L260, 7.10.2015).
- Η ΚΥΑ 56561/04 «Καθορισμός του καταλόγου των οριακών τιμών συγκεντρώσεων και των ενδείξεων για την επισήμανση των φυσικών μεταλλικών νερών,....» (ΦΕΚ 887/15.6.2004).
- Η ΔΥΓ2/91639/12.12.2012 εγκύκλιος «Απαιτήσεις χορήγησης σύμφωνης γνώμης υγειονομικής καταλληλότητας εργοστασίου εμφιάλωσης νερού» (ΑΔΑ ΒΕΙΒΘ-ΣΒΞ).
- Η Γ1(δ)/ΓΠ60970/14/15.1.2015 (ΑΔΑ 6Ι3ΝΘ-ΘΗΟ) εγκύκλιος της Υπηρεσίας με θέμα: «Εμφιάλωση επιτραπέζιου νερού πηγής/γεώτρησης που βρίσκεται πλησίον πηγής αναγνωρισμένου φυσικού μεταλλικού νερού».
- Η Γ1(δ)/ΓΠοικ.34572/16.5.2016 εγκύκλιος με θέμα: «Ίδρυση και λειτουργία εργοστασίων εμφιάλωσης νερού».
- Ο Νόμος 4442/2016 (ΦΕΚ 230/Α/2016) «Νέο θεσμικό πλαίσιο για την άσκηση οικονομικής δραστηριότητας και άλλες διατάξεις».
- Η υπ' αριθμ. οικ.32790/392/φ.15/17.3.2017 (ΦΕΚ 1061/Β/2017) Υ.Α. «Απλούστευση πλαισίου άσκησης μεταποιητικών και συναφών δραστηριοτήτων τροφίμων και ποτών και προτυποποίηση των διοικητικών διαδικασιών γνωστοποίησης λειτουργίας».
- Η ΚΥΑ 12710/860/φ15/2007 (ΦΕΚ 1026/Β/2007) «Σύμφωνη γνώμη από υγειονομική άποψη σε δραστηριότητες του ν. 3325/2005».
- Το υπ' αριθμ. Δ1(δ)/ Γ.Π.57568/15-11-2017 έγγραφο της Υπηρεσίας του τμήματος Υγειονομικής Διαχείρισης Περιβάλλοντος, της διεύθυνσης Δημόσιας Υγείας της Γενικής Διεύθυνσης υγείας και Ποιότητας Ζωής του Υπουργείου Υγείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ (Π.Ο.Υ.): ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ³⁴

Τα μικροπλαστικά έχουν εντοπιστεί τόσο στο φυσικό όσο και στο υδάτινο περιβάλλον. Ένα μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων έχει ανιχνευτεί στο θαλασσινό νερό, τα λύματα, το φρέσκο νερό, τα τρόφιμα, τον αέρα και το πόσιμο νερό (εμφιαλωμένο και νερό βρύσης). Τα δεδομένα για την ύπαρξη μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό είναι περιορισμένα επί του παρόντος, με λίγες πλήρως αξιόπιστες μελέτες που χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους και εργαλεία δειγματοληψίας και ανάλυσης των σωματιδίων των μικροπλαστικών. Η μεγαλύτερη ανησυχία της επιστημονικής κοινότητας, όσον αφορά τα μικροπλαστικά, εντοπίζεται στην επίδραση αυτών των ενώσεων στην ανθρώπινη υγεία.

Οι πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά απαντώνται σε τρεις μορφές: τα φυσικά σωματίδια, τα χημικά στοιχεία και τους παθογόνους μικροοργανισμούς ως μέρος βιομεμβρανών [«biofilms»]. Στηριζόμενοι στα ελάχιστα διαθέσιμα στοιχεία, τα χημικά στοιχεία και οι βιομεμβράνες που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό αποτελούν χαμηλή ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία. Αν και υπάρχουν ανεπαρκείς πληροφορίες για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων αναφορικά με την τοξικότητα η οποία σχετίζεται με τον φυσικό κίνδυνο από τα σωματίδια πλαστικών, ιδίως για τα νανοσωματίδια, απουσιάζουν αξιόπιστες πληροφορίες που να τα θεωρούν ανησυχητικά.

Περιορισμένα αποδεικτικά στοιχεία συνηγορούν ότι οι κύριες πηγές ρύπανσης με μικροπλαστικά των πηγών φρέσκου νερού είναι τα ύδατα απορροής και τα λύματα («terrestrial run-off and wastewater effluent»). Όμως, η βελτιστοποιημένη επεξεργασία των λυμάτων (και του πόσιμου νερού) μπορεί να απομακρύνει αποτελεσματικά τα περισσότερα μικροπλαστικά. Για το σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού που δεν καλύπτεται από αποχετευτικό σύστημα, παθογόνα μικρόβια και άλλα χημικά στοιχεία αποτελούν μεγαλύτερη πηγή ανησυχίας συγκριτικά με τα μικροπλαστικά.

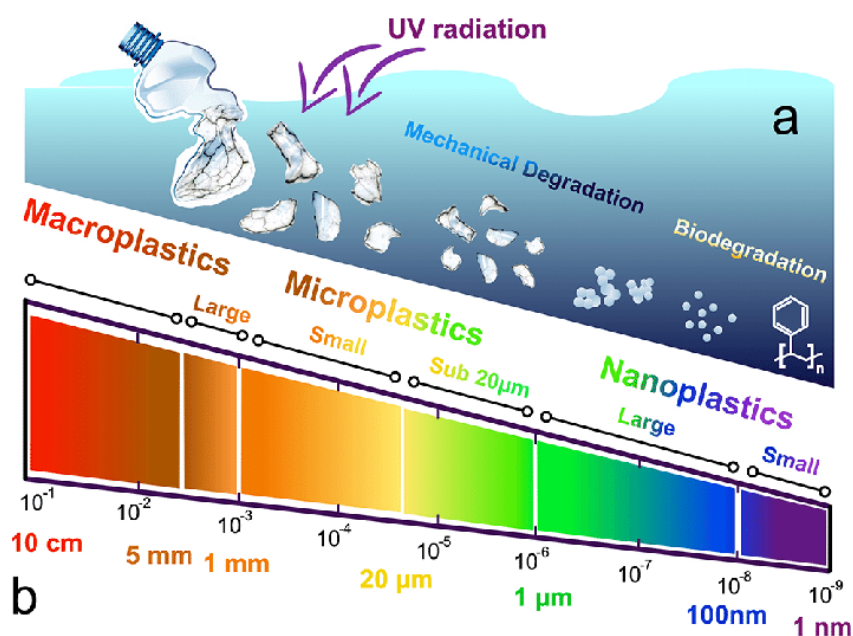
4.1. Ιστορικό

Το ενδιαφέρον για τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό υποκινήθηκε αρχικά από μελέτες των Kosuth, Mason και Wattenberg (2018) και Mason, Welch και Neratko (2018), που ανέφεραν την παρουσία μικροπλαστικών στο νερό της βρύσης και στο εμφιαλωμένο νερό. Από τότε, έχουν δημοσιευτεί επιπλέον πολλές μελέτες (Obmann, Pivokonsky, Schymanski, Strand, Uhl, Eftekhardadkhah, Svendsen και Mintenig) που προβληματίζουν σχετικά με το εάν η παρουσία μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Έτσι, με τα λιγοστά διαθέσιμα δεδομένα τόσο για τον κίνδυνο όσο και για την έκθεση στα μικροπλαστικά, ο Π.Ο.Υ. συνέταξε και επανεξέτασε τις υπάρχουσες πληροφορίες σχετικά με την εμφάνιση μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό (είτε από τις πηγές είτε κατά την επεξεργασία του) και για την επίπτωση αυτών στην ανθρώπινη υγεία.

4.2. Ορισμός των μικροπλαστικών

Ως κατηγορία, τα μικροπλαστικά περιλαμβάνουν μια ευρεία ποικιλία υλικών αποτελούμενων από διαφορετικές ουσίες, με διαφορετικές πυκνότητες, χημικές συνθέσεις, σχήματα, χρώματα και μεγέθη. Δεν υφίσταται κάποιος επιστημονικά

συμφωνημένος ορισμός των μικροπλαστικών, αν και συχνά ορίζονται ως τα σωματίδια αυτά με μήκος <5 mm. Ωστόσο, αυτός είναι ένας μάλλον αυθαίρετος ορισμός με περιορισμένη αξία για το πλαίσιο του πόσιμου νερού, μιας και σωματίδια μεγέθους στα ανώτερα όρια είναι απίθανο να ανιχνευθούν στο επεξεργασμένο πόσιμο νερό. Η υποομάδα των μικροπλαστικών μήκους <1 μm συχνά αναφέρονται ως νανοπλαστικά.



Εικόνα 8. Μεγέθη πλαστικών.⁴⁶

Όσον αφορά τη σύνθεση των μικροπλαστικών, δεν υπάρχει και πάλι τυπικός ορισμός. Πολλές μελέτες επικεντρώθηκαν στα σωματίδια που παρασκευάζονται από συνθετικά πολυμερή παρά στη χρήση των μικροπλαστικών σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), ο οποίος αποκλείει τα ελαστομερή υλικά (ISO, 2013). Το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Υπουργείο Παιδείας και Έρευνας ορίζει τα πλαστικά ως μια υποομάδα πολυμερών συμπεριλαμβανομένων των ελαστομερών και τροποποιημένων φυσικών πολυμερών (Braun, 2018). Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Χημικών Προϊόντων (ECHA, 2019) χρησιμοποιεί στερεά πολυμερή σωματίδια αλλά αποκλείει τα φυσικά πολυμερή που δεν έχουν τροποποιηθεί.

Τα μικροπλαστικά μερικές φορές κατηγοριοποιούνται σε δύο κατηγορίες, τα πρωτογενή και τα δευτερογενή. Τα πρωτογενή μικροπλαστικά παρασκευάζονται στην περιοχή των μικροπλαστικών μεγεθών, όπως για παράδειγμα τα βιομηχανικά λειαντικά που χρησιμοποιούνται στην αμμοβολή και τα μικροσφαιρίδια που χρησιμοποιούνται στα καλλυντικά. Τα δευτερογενή μικροπλαστικά σχηματίζονται από τον κατακερματισμό και τη διάβρωση από μεγαλύτερου μεγέθους πλαστικά είδη (π.χ. τσάντες, μπουκάλια, ρούχα, ελαστικά κ.λπ.) είτε από φθορά είτε κατά την απελευθέρωση αυτών στο περιβάλλον.

4.3. Παραγωγή και τύποι μικροπλαστικών

Τα πλαστικά σχηματίζονται από την αντίδραση μικρών οργανικών μορίων που ονομάζονται μονομερή σε μεγάλες και μακριές αλυσίδες πολυμερούς. Μερικά πολυμερή, όπως το πολυαιθυλένιο (PE), σχηματίζονται με προσθήκη πολυμερισμού. Άλλα, όπως το νάιλον, σχηματίζονται από αντιδράσεις συμπύκνωσης στις οποίες

μικρά μόρια (το νερό στη συγκεκριμένη περίπτωση) αποβάλλονται κατά τη διαδικασία δημιουργίας μεγαλύτερης αλυσίδας. Τα πολυμερή που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ενός πλαστικού αναμιγνύονται σχεδόν πάντα με πρόσθετα, συμπεριλαμβανομένων χρωστικών, πλαστικοποιητών, σταθεροποιητών, πληρωτικών και ενισχυτικών. Αυτά τα πρόσθετα επηρεάζουν τη χημική σύνθεση, τις χημικές και μηχανικές ιδιότητες και το κόστος του πλαστικού.

Υπάρχουν δύο γενικοί τύποι πλαστικών: τα θερμοπλαστικά και τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά. Τα θερμοπλαστικά μαλακώνουν όταν θερμαίνονται, μπορούν να αναμορφωθούν και μετά να σκληρυνθούν όταν ψυχθούν. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές, γεγονός που σημαίνει ότι τα θερμοπλαστικά μπορούν να ανακυκλωθούν. Στα θερμοπλαστικά συμπεριλαμβάνονται το πολυαιθυλένιο (PE-χρησιμοποιείται σε παιχνίδια, μπουκάλια σαμπουάν, σωλήνες), το πολυπροπυλένιο (PP-χρησιμοποιείται σε συσκευασίες τροφίμων, περιτυλίγματα σνακ, ανταλλακτικά αυτοκινήτων), το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET-χρησιμοποιείται συχνά για νερό και άλλα μπουκάλια ποτών), το πολυστυρόλιο (PS-χρησιμοποιείται σε δοχεία τροφίμων αφρού, γυαλιά, μονώσεις κτιρίων), το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC-χρησιμοποιείται σε κουφώματα, σωλήνες, μόνωση καλωδίων) και άλλα πλαστικά παράγωγα συμπεριλαμβανομένων των πολυανθρακικών (PC) και των πολυαμιδίων (PA). Στη δεύτερη κατηγορία, τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά δεν μαλακώνουν κατά τη θέρμανση επειδή σχηματίζονται μόνιμοι χημικοί δεσμοί μεταξύ των πολυμερικών αλυσίδων (διασύνδεση). Στα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά συμπεριλαμβάνονται η πολουρεθάνη (PUR-χρησιμοποιείται σε μονώσεις κτιρίων, μαξιλάρια και στρώματα, μονωτικούς αφρούς), οι εποξικές ρητίνες, μερικές ακρυλικές ρητίνες και μερικοί πολυεστέρες. (Πίνακας 6)

Στα πλαίσια του πόσιμου νερού, το PE και το PVC χρησιμοποιούνται στο δίκτυο διανομής νερού, οι εποξειδικές ρητίνες και η PUR για επανασύνδεση του υπάρχοντος δικτύου, το PP για διάφορα εξαρτήματα και τα PA ως πηκτικά βοηθήματα στην επεξεργασία νερού. Τα πλαστικά χρησιμοποιούνται, επίσης, σε φίλτρα μεμβράνης στα συστήματα επεξεργασίας του νερού. Όσον αφορά το εμφιαλωμένο νερό, το PET χρησιμοποιείται συχνά στις φιάλες εμφιάλωσης και το PP και το PE στην παρασκευή από τα καπάκια. Αυτά τα υλικά συχνά ρυθμίζονται για να πιστοποιηθεί ότι δεν «ξεπλένουν» ουσίες (π.χ. μονομερή, πλαστικοποιητές ή άλλα πρόσθετα) σε συγκεντρώσεις που να προκαλούν ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία κατά την πρόσληψη του πόσιμου νερού.

Τέλος, τα βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά είναι πλαστικά που μπορούν να αποσυντεθούν με υδρόλυση ή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) του φωτός ή με τη δράση μικροοργανισμών, συνήθως βακτηρίων. Μπορεί να παρασκευαστούν είτε από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είτε από πετροχημικά. Ωστόσο, μερικά «βιοαποικοδομήσιμα» πλαστικά, που απαιτούν παρατεταμένη έκθεση σε θερμοκρασίες άνω των 50°C, μπορούν να υποβαθμιστούν πλήρως. Τέτοιες συνθήκες υπάρχουν στη βιομηχανική κομποστοποίηση, αλλά σπάνια συναντώνται στο περιβάλλον. Ακόμα, μερικά πλαστικά περιέχουν προοξειδωτικά που προωθούν τον κατακερματισμό των ουσιών. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει προβληματισμός ως προς το αν υπάρχει πραγματικά βιοαποικοδόμηση αυτών των πλαστικών στο περιβάλλον, επειδή έχουν τη δυνατότητα για να σχηματίσουν μικροπλαστικά.

4.4. Πηγές και μεταφορά μικροπλαστικών στο νερό

Τα μικροπλαστικά μπορεί να εισέλθουν στις πηγές πόσιμου νερού με διαφορετικούς τρόπους: από ύδατα απορροής (π.χ. μετά από βροχή), λύματα («wastewater effluent») (επεξεργασμένα και μη), υπερχειλίσεις υπονόμων, βιομηχανικά απόβλητα, αποσυντιθέμενα πλαστικά σκουπίδια και ατμοσφαιρική εναπόθεση. Τα επιφανειακά ύδατα απορροής και τα λύματα αναγνωρίζονται ως οι δύο σημαντικότερες πηγές, αλλά απαιτούνται περισσότερα δεδομένα για την ποσοτικοποίηση των πηγών και τη συσχέτιση αυτών με πιο συγκεκριμένες προελεύσεις πλαστικών σκουπιδιών. Επίσης, τα πλαστικά μπουκάλια και τα καπάκια που χρησιμοποιούνται στο εμφιαλωμένο νερό μπορεί να αποτελούν πηγή μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό, καθώς εισέρχονται μετά από την επεξεργασία του νερού και τη διανομή του.

Η ανίχνευση των πηγών και η μεταφορά μικροπλαστικών στο περιβάλλον είναι πολύπλοκη διαδικασία. Δεν είναι πλήρως κατανοητή η διαδικασία μεταφοράς των μικροπλαστικών από το φυσικό περιβάλλον στα γλυκά νερά. Ωστόσο, βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά και την κατανομή τους είναι οι εγγενείς ιδιότητες των μικροπλαστικών, δηλαδή η πυκνότητά τους, το μέγεθος και το σχήμα τους. Τα κοινά καταναλωτικά πλαστικά κυμαίνονται σε πυκνότητα από 0,85 έως 1,41 g/cm³. Αυτό το εύρος επεκτείνεται στην πυκνότητα του γλυκού νερού (1 g/cm³) και γι' αυτό το λόγο μερικά μικροπλαστικά βυθίζονται και μερικά επιπλέουν στο νερό. Επίσης, η πυκνότητα του μικροπλαστικού επηρεάζεται από το σχηματισμό ενός βιοφίλμ στην επιφάνειά του.

Σε μελέτες φρέσκου νερού, οι δημοσιευμένες συγκεντρώσεις σωματιδίων μικροπλαστικών κυμαίνονται από περίπου 0 έως 1000 σωματίδια/λίτρο. Μόνο σε εννέα μελέτες έχουν καταμετρηθεί μικροπλαστικά σε πόσιμο νερό. Όμως και σε αυτές αναφέρονται ποσότητες σωματιδίων σε ξεχωριστά δείγματα από 0 έως 10000 σωματίδια/L και μέσες τιμές από 0,001 έως 1000 σωματίδια/L, ενώ σε μεμονωμένα δείγματα οι συγκεντρώσεις κυμαίνονταν από 0 έως 104 σωματίδια/L και οι μέσες τιμές κυμαίνονταν από 10⁻³ έως 10³ σωματίδια/L. Το μικρότερο μέγεθος σωματιδίων που εντοπίστηκε ήταν 1 μm, αλλά αυτό το αποτέλεσμα περιορίζεται από τις τρέχουσες μεθόδους. Γενικά, τα υπόγεια ύδατα προστατεύονται καλά από τη ρύπανση σωματιδίων. Ομοίως, η συμβατική επεξεργασία του πόσιμου νερού αναμένεται να παρέχει ένα αποτελεσματικό φράγμα για την εισροή διαφόρων μεγεθών σωματιδίων στο νερό. Και για τις μελέτες γλυκού νερού και πόσιμου νερού, τα μικρότερα σωματίδια που εντοπίστηκαν, καθορίστηκαν από το μέγεθος του πλέγματος που χρησιμοποιήθηκε στη δειγματοληψία και το οποίο ποικίλε σημαντικά σε όλες τις μελέτες. Ο αριθμός των σωματιδίων κυμαινόταν από περίπου 0 έως 103 σωματίδια/L. Δεν θα πρέπει να γίνεται σύγκριση των δεδομένων μεταξύ μελετών φρέσκου και πόσιμου νερού, επειδή στις περισσότερες μελέτες φρέσκου νερού εστιάζουν σε μεγαλύτερα σωματίδια, χρησιμοποιώντας φίλτρα μεγαλύτερης τάξης μεγέθους συγκριτικά με τις μελέτες πόσιμου νερού.

Στο φρέσκο νερό εντοπίζονται σωματίδια με μεγάλη ποικιλία σχημάτων ενώ τα πολυμερή που ανιχνεύονται συχνότερα σχετίζονται χοντρικά με τις ποσότητες των παραγόμενων πλαστικών. Στο πόσιμο νερό, τα θραύσματα και οι ίνες αποτελούν τα κυρίαρχα σχήματα των σωματιδίων και τα πολυμερή που αναγνωρίζονται συχνότερα είναι το τετραφθαλκό πολυαιθυλένιο και το πολυπροπυλένιο.

Γενικότερα, δεδομένων των διαφορετικών χρήσεων των πλαστικών, των πολλών διαφορετικών σχημάτων και τύπων των μικροπλαστικών και των πολλαπλών διαδρομών από το περιβάλλον στα γλυκά νερά, είναι εξαιρετικά δύσκολο να εντοπιστούν όλες οι πηγές των μικροπλαστικών από το περιβάλλον στα γλυκά νερά. Οι περισσότερες, διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τις εισόδους μικροπλαστικών στο υδάτινο περιβάλλον συχνά βασίζονται στη μοντελοποίηση και δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την ακριβή επικύρωση αυτών των μοντέλων. Επιπλέον, υπάρχουν ανεπαρκείς μέθοδοι για την παρακολούθηση των πηγών και της μεταφοράς μικροπλαστικών στο περιβάλλον. Το μόνο ασφαλές δεδομένο είναι ότι υπάρχει μία τάση να παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις μικροπλαστικών σε περιοχές κοντά σε πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα (Eriksen, Baldwin, Corsi και Mason). Έτσι, οι πηγές μικροπλαστικών σε γλυκό νερό συμπεριλαμβάνουν την απορροή από χερσαίες πηγές, τα απόβλητα των λυμάτων και τα πλαστικά απόβλητα.

4.4.1. Απόκλιση από χερσαίες πηγές

Πολλές μελέτες (Sundt, Schulze, Syversen, Lassen, Sherrington, Boucher, Friot) προσπάθησαν να χαρακτηρίσουν τις διάφορες εισόδους των μικροπλαστικών στο υδάτινο περιβάλλον από χερσαίες πηγές, αν και πολλές από αυτές έχουν επικεντρωθεί στις εισροές στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η εισροή μικροπλαστικών από χερσαίες πηγές στο υδάτινο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του γλυκού νερού, μπορεί να προέρχεται από μια ποικιλία δραστηριοτήτων, υποδομών και πρακτικών χρήσης της γης. Για παράδειγμα, η απορροή από την επιφάνεια του δρόμου και η απορροή από την ανάλυση των χρωμάτων σήμανσης των δρόμων και τα συντρίμμια φθοράς των ελαστικών αποτελούν μια σημαντική πηγή μικροπλαστικών. Μια άλλη σημαντική χερσαία πηγή μικροπλαστικών είναι οι μικροπλαστικές ίνες που απελευθερώνονται από υφάσματα λόγω φθοράς και πλύσης. Ακόμα μια πηγή είναι και η "σκόνη της πόλης", η οποία χρησιμοποιείται για να περιγράψει έναν αριθμό πηγών που σχετίζονται με τριβή αντικειμένων, όπως τα συνθετικά πέλματα υποδημάτων και τον τεχνητό χλοοτάπητα. Τέλος, η γεωργική απορροή θεωρείται ως πιθανή πηγή μικροπλαστικών στο γλυκό νερό, ιδιαίτερα όταν στη λάσπη λυμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί πλαστικά, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για τα στρώματα.

4.4.2. Συνδυασμένη υπερχειλίση αποχέτευσης

Μια άμεση πηγή μικροπλαστικών σε γλυκά νερά είναι οι συνδυασμένες υπερχειλίσεις της αποχέτευσης που έχουν σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση των καταιγίδων και των ισχυρών βροχοπτώσεων.

4.4.3. Ατμοσφαιρική εναπόθεση

Η ατμοσφαιρική εναπόθεση έχει αναγνωριστεί ως μία επιπλέον πηγή μικροπλαστικών στο γλυκό νερό μέσω υγρής και ξηρής εναπόθεσης, καθίζησης και απορροής. Στο σχήμα που ακολουθεί αναπαριστώνται μερικές πιθανές πηγές και μηχανισμοί μεταφοράς πλαστικών και μικροπλαστικών στο γλυκό νερό σε σχέση με το πώς τα μικροπλαστικά μπορούν να φτάσουν στο πόσιμο νερό.



Εικόνα 9. Πορεία μεταφοράς μικροπλαστικών στο γλυκό νερό και στο πόσιμο νερό.³⁴

4.4.4. Παραγωγή και διανομή πόσιμου νερού

Παρ' όλο που η επεξεργασία του πόσιμου νερού παρέχει ένα αποτελεσματικό εμπόδιο στη μεταφορά διαφόρων μικροοργανισμών και μικροπλαστικών στο νερό, μερικά εξαρτήματα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και στα δίκτυα διανομής, που κατασκευάζονται από πλαστικό, μπορούν να υποβαθμίσουν το νερό με την είσοδο αυτών των μικροπλαστικών στο νερό. Ομοίως, τα μπουκάλια και τα πόματα ορισμένων εμφιαλωμένων νερών είναι κατασκευασμένα από πλαστικό, με αποτέλεσμα οι ίδιες οι συσκευασίες να αποτελούν πηγή μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό.

4.5. Αξιοπιστία των μελετών

Μια μελέτη του Π.Ο.Υ. συμπέρανε ότι οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες δεν είναι πλήρως αξιόπιστες επειδή οι μέθοδοι που χρησιμοποίησαν δεν είχαν επαρκή ποιοτικό έλεγχο. Τα αποτελέσματα λοιπόν θα πρέπει να ερμηνεύονται με επιφύλαξη. Τα στοιχεία που χρειάζονταν καλύτερο και προσεκτικό ποιοτικό έλεγχο περιλαμβάνουν το χειρισμό των δειγμάτων, την αναγνώριση των πολυμερών, την προετοιμασία του εργαστηρίου, τις συνθήκες του καθαρού αέρα και τους θετικούς ελέγχους. Για παράδειγμα, σε δύο μελέτες πόσιμου νερού και σε μία τρίτη μελέτη σε μία υποομάδα μικρών σωματιδίων, δεν πραγματοποιήθηκε φασματοσκοπική ανάλυση για επιβεβαίωση ότι τα ανιχνεύσιμα σωματίδια αποτελούνταν από πλαστικό. Τέσσερις από τις 52 μελέτες που είχαν την υψηλότερη ποιοτικά βαθμολογία δημοσιεύθηκαν το 2017 και το 2018, καταδεικνύοντας κάποια πρόοδο στον ποιοτικό έλεγχο.

4.6. Πιθανές απειλές από τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό

Οι πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά απαντώνται σε τρεις μορφές: φυσικά σωματίδια, χημικά στοιχεία και μικροβιακά παθογόνα ως μέρος βιομεμβρανών [«biofilms»]. Τα σωματίδια μπορούν να επιφέρουν επιπτώσεις στον οργανισμό, εξαρτώμενες από τις φυσικοχημικές ιδιότητές τους, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους, της έκτασης της επιφάνειας και του σχήματος

τους. Όμως, ο προορισμός, η μεταφορά και οι επιπτώσεις στην υγεία των θηλαστικών εξαιτίας των μικροπλαστικών, και ιδιαίτερα μετά από την πέψη, δεν είναι καλά μελετημένες, με απουσία μελετών σε ανθρώπους. Αν και τα πλαστικά πολυμερή γενικά θεωρούνται χαμηλής τοξικότητας, τα πλαστικά και τα μικροπλαστικά μπορεί να περιέχουν αδέσμευτα μονομερή και πρόσθετα. Ωστόσο, μικροπλαστικά άνω των 150 μm είναι πιθανό να απορροφηθούν από τον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ η πρόσληψη μικρότερων σωματιδίων αναμένεται να είναι περιορισμένη. Υδροφοβικά χημικά στοιχεία του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων ανθεκτικών οργανικών ρυπαντών, μπορεί να απορροφηθούν στα πλαστικά σωματίδια. Με τη σειρά τους πολύ μικρά μικροπλαστικά σωματίδια, συμπεριλαμβανομένων και των νανοπλαστικών, μπορούν να απορροφηθούν από τα ζώα ή τον άνθρωπο. Βέβαια και σε αυτή την περίπτωση οι έρευνες είναι αναξιόπιστες και περιορισμένες.

Οι βιομεμβράνες στο πόσιμο νερό σχηματίζονται όταν αναπτύσσονται μικροοργανισμοί στα συστήματα διανομής πόσιμου νερού και σε άλλες επιφάνειες. Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται στις βιομεμβράνες είναι μη παθογόνοι. Ωστόσο, ορισμένες βιομεμβράνες μπορεί να περιλαμβάνουν παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως οι *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella spp.*, *non-tuberculosis Mycobacterium spp.* και *Naegleria fowleri*.

Οι επιπτώσεις στην υγεία από τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό είναι μία συνάρτηση του συνδυασμού κινδύνου (πιθανόν να προκαλέσει δυσμενείς επιδράσεις) και έκθεσης (δόση). Η ίδια ουσία μπορεί να έχει διαφορετικό αποτέλεσμα σε διαφορετικές δόσεις, που εξαρτάται από την ποσότητα της ουσίας που εκτέθηκε το άτομο και μπορεί επίσης να εξαρτάται και από την οδό έκθεσης, π.χ. πέψη, εισπνοή ή ένεση.

4.6.1. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από την πέψη μικροπλαστικών δια του πόσιμου νερού

Αν και απουσιάζουν επαρκείς πληροφορίες για εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την τοξικότητα των μικροπλαστικών σωματιδίων, και ιδίως των νανοσωματιδίων, εν τούτοις δεν υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα που να τα θεωρούν ως απειλή. Μελέτες στην απορρόφηση δείχνουν ότι μικροπλαστικά >150 μm είναι πιθανό να αποβληθούν απευθείας στα κόπρανα. Η πρόσληψη μικρότερων σωματιδίων αναμένεται να είναι περιορισμένη, αν και η απορρόφηση και η κατανομή των πολύ μικρών σωματιδίων μικροπλαστικών συμπεριλαμβανομένων των νανοπλαστικών μπορεί να είναι υψηλότερη. Τοξικολογικές μελέτες σε ποντίκια και αρουραίους εμφάνισαν κάποιες επιπτώσεις συμπεριλαμβανομένης της ηπατικής φλεγμονής. Ωστόσο, αυτές οι λίγες μελέτες είναι αμφισβητούμενης αξιοπιστίας, με ευρήματα αναφερόμενα σε έκθεση σε πολύ υψηλές δόσεις που δεν υφίστανται στο πόσιμο νερό.

4.6.2. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από χημικές ουσίες σχετιζόμενες με τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό

Εκτιμήσεις επιπτώσεων έχουν πραγματοποιηθεί για πολλές χημικές ουσίες ώστε να καθοριστούν τα επίπεδα στα οποία να εμφανίζονται μηδαμινές ή ελάχιστες δυσμενείς επιδράσεις που μπορεί να συμβούν [«toxicological point of departure, POD»]. Για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις των χημικών ουσιών που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά, πραγματοποιήθηκε μια εκτίμηση του ορίου έκθεσης [«margin of

exposure (MOE)»] για αυτές που ανιχνεύονται στα μικροπλαστικά και οι οποίες έχουν τοξικολογικό ενδιαφέρον και επαρκή ή αποδεκτά τοξικολογικά PODs. Οι MOE προήλθαν συγκρίνοντας την εκτιμώμενη έκθεση σε χημικά για τον εντοπισμό ανεπιθύμητων παρενεργειών που δεν υπήρχαν ή ήταν περιορισμένες. Επειδή υπάρχει διαφορά αρκετών τάξεων μεγέθους μεταξύ των υπολογιζόμενων προσλαμβανόμενων σε ένα συντηρητικό σενάριο έκθεσης και στα PODs, οι χημικές ουσίες που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό θεωρούνται χαμηλού ενδιαφέροντος και ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία.

Από τη χημική σκοπιά, οι αντιδράσεις πολυμερισμού κατά την παραγωγή πλαστικών γενικά δεν ολοκληρώνονται πλήρως, με αποτέλεσμα ένα μικρό ποσοστό μονομερών όπως το 1,3-βουταδιένιο, το αιθυλενοξειδίο και το χλωριούχο βινύλιο να απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Επίσης, υπολειμματικά μονομερή μπορούν να προκύψουν ως αποτέλεσμα της βιοαποικοδόμησης. Ωστόσο, ο βαθμός με τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι αβέβαιος. Βέβαια, είναι πιθανό ότι προκύπτουν αδέσμευτα μονομερή, τα οποία διοχετεύονται στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα να ανιχνεύονται σε εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις σε πηγές πόσιμου νερού.

Μία ακόμα πηγή μικροπλαστικών που μεταναστεύουν εύκολα στο περιβάλλον είναι τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στη σύνθεση των μικροπλαστικών, όπως οι πλαστικοποιητές φθαλικού εστέρα ή πολυβρωμιωμένου διφαινυλαιθέρα, που χρησιμοποιούνται ως επιβραδυντικά στη σύνθεση των πολυμερών. Η μετανάστευση αυτή επηρεάζεται από το μοριακό βάρος των πρόσθετων. Συγκεκριμένα, μικρά, χαμηλού μοριακού βάρους μόρια μεταναστεύουν με ταχύτερο ρυθμό από αντίστοιχα μεγαλύτερου μοριακού βάρους. Ωστόσο, σε σχέση με άλλες πηγές εκπομπής προσθέτων στο περιβάλλον, αναμένεται ότι η έκλυση από αυτά τα μικροπλαστικά θα είναι σχετικά μικρή. Βέβαια, σε περίπτωση κατάποσης μικροπλαστικών από το πόσιμο νερό, φαίνεται να αποβάλλονται αυτά από τη γαστρεντερική οδό.

Ακόμα, η υδρόφοβη φύση του μικροπλαστικού υποδηλώνει ότι υδρόφοβοι ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι (POP), όπως πολυχλωριωμένα διφαινύλια, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και παρασιτοκτόνα οργανοχλωρίου, έχουν τη δυνατότητα συσσώρευσης. Οι POPs απορροφούν στον οργανικό άνθρακα που βρίσκεται στο περιβάλλον. Επομένως, το κλάσμα των POPs που αποδίδεται στα μικροπλαστικά θα είναι μικρό σε σχέση με άλλα περιβαλλοντικά μέσα όπως ιζήματα, φύκια και λιπίδια των υδρόβιων οργανισμών. Και στην περίπτωση κατάποσης μικροπλαστικών από το πόσιμο νερό παρουσία POP, η σχετική πιθανότητα έκλυσης POP από μικροπλαστικά δεν είναι πλήρως κατανοητή και θα εξαρτηθεί από μια ποικιλία παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου του σχετικού μεγέθους του σωματιδίου, της μάζας της συσσωρευμένης χημικής ουσίας, του σχετικού επιπέδου ρύπανσης εντός του εντέρου και του χρόνου παραμονής του σωματιδίου στη γαστρεντερική οδό.

4.6.3. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία σχετιζόμενες με βιομεμβράνες που προσκολλώνται στα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό

Οι βιομεμβράνες που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά θεωρούνται χαμηλού υγειονομικού κινδύνου λαμβάνοντας υπ' όψιν τις σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις των μικροπλαστικών συγκρινόμενων με άλλα σωματίδια στα οποία προσκολλώνται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί στο φρέσκο νερό. Οι μικροοργανισμοί στις βιομεμβράνες προσκολλώνται γρηγορότερα σε υδρόφοβες μη πολικές επιφάνειες, όπως τα πλαστικά, παρά στις υδρόφιλες επιφάνειες. Επιπλέον, μελέτη του 2004 πάνω

στα γλυκά νερά παρουσιάζει την πιθανότητα ότι τα μικροπλαστικά θα μπορούσαν να επιτρέψουν τη μεταφορά των παθογόνων στελεχών, ενώ ταυτόχρονα αυξάνουν και τη μεταφορά ανθεκτικών γονιδίων σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Για τα μικροπλαστικά που δεν απομακρύνονται κατά την επεξεργασία του πόσιμου νερού, ο κίνδυνος από σχετιζόμενες βιομεμβράνες παραμένει αμελητέος λόγω του μεγάλου μεγέθους τους στα δίκτυα διανομής πόσιμου νερού και της επακόλουθης πιθανότητας ύπαρξης βιομεμβρανών, συγκρινόμενα με τα μικροπλαστικά. Οι απολυμάνσεις, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων διανομής μπορούν να εξουδετερώσουν τους παθογόνους μικροοργανισμούς και να ελέγξουν την ανάπτυξή τους.

4.7. Γενικές αρχές δειγματοληψίας και ανάλυσης

Ιστορικά, η ανάλυση μικροπλαστικών επικεντρώθηκε σε περιβαλλοντικά δείγματα. Ωστόσο, δεν υπάρχει μέχρι σήμερα τυποποιημένη μέθοδος δειγματοληψίας και ανάλυσης μικροπλαστικών στο περιβάλλον, αν και τα ISO (ISO/TC 61/SC 14) εξετάζουν αυτό το ζήτημα και έχουν διεξάγει μελέτες για τη σύγκριση των υπαρχόντων μεθόδων.

Η δειγματοληψία και η ανάλυση των δειγμάτων περιλαμβάνουν τρία πολύπλοκα στάδια: τη δειγματοληψία, την εξαγωγή και την απομόνωση του δείγματος και, τέλος, την αναγνώριση, τον χαρακτηρισμό και την ποσοτικοποίηση. Το υπό εξέταση μέσο (π.χ. νερό, λάσπη λυμάτων ή απόβλητα) καθορίζει τις διαδικασίες που απαιτούνται για τη δειγματοληψία και την προετοιμασία. Αντίστοιχα, οι μέθοδοι ανάλυσης για το πόσιμο νερό προέρχονται από αυτές που χρησιμοποιούνται στα δείγματα που λαμβάνονται από το νερό του περιβάλλοντος. Όμως, και σε αυτή την περίπτωση, έχουν πραγματοποιηθεί λίγες μελέτες, καθώς δεν υπάρχει συμφωνία για μια τυπική μέθοδο.

4.7.1. Δειγματοληψία

Τα μικροπλαστικά δείγματα μπορούν να ληφθούν χρησιμοποιώντας κόσκινα (συνήθως 300 μm) που έχουν τοποθετηθεί σε όλη την επιφάνεια του νερού ή μέσω συλλογής δειγμάτων νερού από τα οποία τα σωματίδια εξάγονται αργότερα. Ο αρχικός καθαρισμός του δείγματος περιλαμβάνει τη διήθηση, ενώ ακολουθείται κάποιο είδος διαδικασίας εκχύλισης, όπως ο διαχωρισμός λόγω πυκνότητας, στον οποίο τα δείγματα αναμιγνύονται με ένα υγρό καθορισμένης πυκνότητας, επιτρέποντας στα μικροπλαστικά σωματίδια να επιπλέουν και στα βαρύτερα σωματίδια να βυθίζονται. Περαιτέρω καθαρισμός μπορεί να απαιτεί χημικές ή ενζυματικές μεθόδους για την απομάκρυνση των οργανικών ή των ανόργανων μολυσματικών ουσιών (βιορυπαντικά). Η έκταση της επεξεργασίας εξαρτάται από τη φύση των δειγμάτων: τα πιο βρώμικα δείγματα απαιτούν μεγαλύτερο χρόνο προετοιμασίας. Αν το πόσιμο νερό και το εμφιαλωμένο νερό είναι σχετικά καθαρά, κάποια στάδια καθαρισμού ενδέχεται να μην πραγματοποιηθούν. Αναλυτικότερη διαδικασία δειγματοληψίας και ανάλυσης περιγράφεται παρακάτω σε έρευνα για την ύπαρξη μικροπλαστικών σε εμφιαλωμένα νερά.

4.7.2. Ανάλυση

Τα μικροπλαστικά ανακτώνται από το υπερκείμενο και διηθούνται ή κοσκινίζονται. Το δείγμα μπορεί να ταξινομηθεί οπτικά πριν από τον ποσοτικό προσδιορισμό με μικροσκοπική μέτρηση με ή χωρίς προσθήκη ετικετών

χρησιμοποιώντας βαφές. Βέβαια, καμία από αυτές τις μεθόδους δεν μπορεί να επιβεβαιώσει ότι τα σωματίδια αυτά είναι πλαστικά.

Γενικότερα, υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για τον προσδιορισμό της χημικής σύνθεσης και του μεγέθους των πλαστικών σωματιδίων: φασματοσκοπικά, θερμοανλυτικά και χημικά. Σύμφωνα με τις φασματοσκοπικές μεθόδους προσδιορίζεται η χημική δομή των πολυμερών συγκρίνοντας τα φάσματα απορρόφησης ή εκπομπής με τα φάσματα αναφοράς. Η φασματοσκοπία υπέρυθρων με μετασχηματισμό Fourier (FT-IR) είναι μια καθιερωμένη, σχετικά γρήγορη και αξιόπιστη φασματοσκοπική μέθοδος που, όταν συνδυάζεται με μικροσκοπία, μπορεί να εντοπίσει σωματίδια περίπου 10-20 μm . Ωστόσο, τα βιοφίλμ, εάν δεν αφαιρεθούν, μπορούν να επηρεάσουν την ανίχνευση μικροπλαστικών. Η φασματοσκοπία αυτή σε συνδυασμό με τη φασματοσκοπία Raman μπορεί να αναγνωρίσει σωματίδια σε εύρος 1-20 μm .

Με θερμοανλυτικές μεθόδους, το δείγμα πυρολύεται υπό αδρανείς συνθήκες, έτσι ώστε να μπορούν να αναλυθούν τα προϊόντα αποσύνθεσης των μεμονωμένων πολυμερών. Αυτές οι μέθοδοι απαιτούν μεγαλύτερες μάζες σωματιδίων σε σύγκριση με τις φασματοσκοπικές μεθόδους. Η χρωματογραφία αέριας χρωματογραφίας/φασματομετρία μάζας (GC/MS) μπορεί να παρέχει πρόσθετες πληροφορίες για το πολυμερές, και εάν το δείγμα είναι αρκετά μεγάλο, μπορεί να αναγνωρίσει το πολυμερές από το οποίο συντίθενται τα νανοπλαστικά σωματίδια. Ακόμα, συμβατικές χημικές μέθοδοι όπως η φασματομετρία μάζας πλάσματος επαγωγικά συζευγμένη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποσύνθεση των δειγμάτων και την ανίχνευση συγκεκριμένων θραυσμάτων πολυμερών ή στοιχεία αυτών. Και πάλι, αυτές οι μέθοδοι απαιτούν μεγάλες μάζες σωματιδίων.

4.8. Απομάκρυνση μικροπλαστικών από το πόσιμο νερό

Τα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων και πόσιμου νερού, εκεί όπου υπάρχουν και είναι βελτιστοποιημένα, θεωρούνται πολύ αποτελεσματικά στην απομάκρυνση σωματιδίων με παρόμοια χαρακτηριστικά και μεγέθη με τα μικροπλαστικά. Οι ιδιότητες που σχετίζονται με την απομάκρυνση στην επεξεργασία νερού περιλαμβάνουν το μέγεθος, την πυκνότητα και την επιφάνεια φορτίου. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα, η επεξεργασία των λυμάτων μπορεί να απομακρύνει αποτελεσματικά περισσότερο από το 90% των μικροπλαστικών από τα λύματα με τη μέγιστη απομάκρυνση να απαντάται στην τριτογενή επεξεργασία, όπως η διήθηση. Η επεξεργασία του πόσιμου νερού έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στην απομάκρυνση σωματιδίων πολύ μικρότερου μεγέθους και με πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από αυτές των μικροπλαστικών. Η συμβατική επεξεργασία, όταν βελτιστοποιείται για παραγωγή επεξεργασμένου νερού χαμηλής θολερότητας, μπορεί να απομακρύνει σωματίδια διαμέτρου μικρότερης του ενός μικρομέτρου, μέσω διεργασιών όπως η πήξη, η κροκίδωση, η καθίζηση, η επίπλευση και η διήθηση. Η αναβαθμισμένη επεξεργασία μπορεί να απομακρύνει ακόμα μικρότερα σωματίδια, όπως για παράδειγμα η νανοδιήθηση που μπορεί να απομακρύνει σωματίδια $>0,001 \mu\text{m}$, ενώ η υπερδιήθηση μπορεί να απομακρύνει σωματίδια $>0,01 \mu\text{m}$. Τα παραπάνω δεδομένα σε συνδυασμό με τους μηχανισμούς αφαίρεσης δείχνουν ότι οι διαδικασίες επεξεργασίας νερού μπορούν να απομακρύνουν αποτελεσματικά τα μικροπλαστικά.

Ένα σημαντικό ζήτημα, όμως, είναι ότι η επεξεργασία των λυμάτων και του πόσιμου νερού δεν είναι διαθέσιμη ή βελτιστοποιημένη σε πολλές χώρες. Περίπου το

67% του πληθυσμού σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος δεν έχουν πρόσβαση σε συνδέσεις λυμάτων και περίπου το 20% των οικιακών λυμάτων που συλλέγονται σε υπονόμους δεν υφίστανται τουλάχιστον δευτερογενή επεξεργασία. Σε αυτά τα μέρη, τα μικροπλαστικά μπορεί να υπάρχουν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε πηγές πόσιμου νερού. Ωστόσο, και πάλι, οι κίνδυνοι για την υγεία των ανθρώπων σχετίζονται με τους παθογόνους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στους αγωγούς ύδρευσης ή σε ανεπαρκή επεξεργασία του νερού. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ο τρόπος χειρισμού των αποβλήτων επεξεργασίας. Τα πλαστικά συνήθως δεν καταστρέφονται, αλλά μάλλον μεταφέρονται από τη μία φάση στην άλλη. Για αυτό το λόγο, τα απόβλητα της επεξεργασίας του νερού πρέπει να θεωρηθούν ως πιθανή πηγή ρύπανσης με μικροπλαστικά στο περιβάλλον. Βέβαια, προς το παρόν, υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα σχετικά με τον χειρισμό των αποβλήτων της επεξεργασίας των υδάτων και τον αντίκτυπό τους στο περιβάλλον.

4.9. Συστάσεις στους προμηθευτές νερού και στους ρυθμιστές των δικτύων πόσιμου νερού

Οι προμηθευτές νερού και οι ρυθμιστές των δικτύων θα πρέπει να συνεχίσουν να δίνουν προτεραιότητα στην απομάκρυνση των μικροοργανισμών και των χημικών ουσιών από το πόσιμο νερό, που προκαλούν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ως μέρος του σχεδιασμού για ασφαλή ύδατα, οι προμηθευτές νερού θα πρέπει να διασφαλίσουν ότι τα μέτρα ελέγχου είναι αποτελεσματικά και θα πρέπει να βελτιστοποιήσουν τις διαδικασίες επεξεργασίας του νερού για απομάκρυνση σωματιδίων και μικροβιακή ασφάλεια, που θα οδηγήσει ταυτόχρονα στην βελτίωση της απομάκρυνσης των σωματιδίων μικροπλαστικών. Καθημερινή παρακολούθηση των μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό δεν συστήνεται στην παρούσα φάση, καθώς δεν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία ότι αποτελούν απειλή για τη δημόσια υγεία. Επίσης, πρέπει να ληφθούν μέτρα για την καλύτερη διαχείριση και τη μείωση της χρήσης των μικροπλαστικών όπου είναι δυνατόν, για την ελαχιστοποίηση της έκθεσης σε κίνδυνο της ανθρώπινης υγείας εξαιτίας της παρουσίας μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό.

4.10. Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες

Τα μικροπλαστικά εντοπίζονται παντού στο περιβάλλον: στο θαλάσσιο νερό, στα λύματα, στο γλυκό νερό, στα τρόφιμα, στον αέρα και στο πόσιμο νερό, τόσο στο εμφιαλωμένο όσο και στο νερό βρύσης. Με τις διαθέσιμες πληροφορίες αυτήν τη στιγμή, είναι δύσκολο να γίνουν ποσοτικές εκτιμήσεις σχετικά με τις διάφορες πηγές προέλευσής τους. Βέβαια, δύο από τις κύριες εισόδους των μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό είναι η απορροή επιφανειών και τα απόβλητα λυμάτων, αν και απαιτούνται καλύτερα δεδομένα για την ποσοτικοποίηση τόσο αυτών όσο και άλλων πηγών εισόδου.

Οι επιστήμονες ερευνούν συνεχώς τις μεθόδους δειγματοληψίας και ανάλυσης, που δεν είναι πάντα απλές. Σημαντικοί παράγοντες είναι η ανάγκη αποφυγής ή ελαχιστοποίησης της ρύπανσης κατά τη δειγματοληψία και ανάλυση και η χρήση δειγμάτων αναφοράς κατά τον ποιοτικό έλεγχο στο εργαστήριο. Άλλο σημαντικός παράγοντας είναι η επιβεβαίωση των πολυμερών των μικροπλαστικών σωματιδίων. Όπως αναφέρθηκε υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία σχημάτων και μεγεθών σωματιδίων στο γλυκό νερό. Η συχνότητα με την οποία βρίσκονται οι διαφορετικοί τύποι πλαστικών πολυμερών είναι συνάρτηση του όγκου παραγωγής και της πυκνότητας των

πλαστικών. Όμως, ακόμα και σήμερα, δεν υπάρχουν συνήθεις διαδικασίες για την ανίχνευση μικροπλαστικών και νανοπλαστικών σε περιβαλλοντικά δείγματα. Τα αποτελέσματα των μελετών πρέπει να ερμηνευθούν στο πλαίσιο των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και των μηχανισμών διασφάλισης ποιότητας και ελέγχου που τεκμηριώθηκαν. Ωστόσο, κάποια αρχικά αποτελέσματα λήφθηκαν κατά την ανάλυση μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό.

- Το μέγεθος των μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό είναι τόσο μικρό όσο 1 μm , με βάση το μικρότερο μέγεθος σωματιδίων που ανιχνεύεται με τις τρέχουσες μεθόδους.
- Τα μεγάλα σωματίδια εμφανίζονται λιγότερο συχνά από τα μικρά σωματίδια.
- Τα κυρίαρχα σχήματα σωματιδίων είναι θραύσματα και ίνες.
- Οι κυρίαρχοι πλαστικοί τύποι είναι PET και PP.
- Εκτός από το ότι το γλυκό νερό αποτελεί πιθανή πηγή μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό, υπάρχουν, ακόμα, κάποιες ενδείξεις από τους τύπους πλαστικών που ανιχνεύτηκαν ότι κάποια ρύπανση μπορεί να προκύψει κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και διανομής του νερού της βρύσης ή και των εμφιαλωμένων νερών. Παρ' όλα αυτά, απαιτούνται περισσότερα δεδομένα για την επιβεβαίωση των πηγών ρύπανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΠΗΓΕΣ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

Τα μικροπλαστικά συμμετέχουν σε ποσοστό 30% στη ρύπανση του Ειρηνικού Ωκεανού. Σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, με αναπτυγμένη τη βιομηχανία, όπως για παράδειγμα στην Κίνα και στις ΗΠΑ, είναι η κυριότερη πηγή θαλάσσιας ρύπανσης, σύμφωνα με μια έκθεση του IUCN του 2017.⁵ Το μεγαλύτερο μέρος της μικροπλαστικής ρύπανσης προέρχεται από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες και διάφορα προϊόντα όπως τα υφάσματα, τα ελαστικά και η σκόνη της πόλης, που αντιπροσωπεύουν πάνω από το 80% του συνόλου της μικροπλαστικής ρύπανσης στο περιβάλλον.¹³ Η ύπαρξη μικροπλαστικών στο περιβάλλον αποδεικνύεται συχνά μέσω υδρόβιων μελετών. Αυτές περιλαμβάνουν τη λήψη δειγμάτων πλαγκτόν, την ανάλυση αμμώδους και λασπώδους ιζήματος, την παρακολούθηση της κατανάλωσης σπονδυλωτών και ασπόνδυλων και την αξιολόγηση των αλληλεπιδράσεων χημικών ρύπων.¹⁸ Μέσω τέτοιων μεθόδων, έχει αποδειχθεί ότι υπάρχουν μικροπλαστικά από πολλές πηγές στο περιβάλλον. Τα μικροπλαστικά αυτά μπορούν να μεταφερθούν στη συνέχεια και στο πόσιμο νερό.

5.1. Πηγές ή σχηματισμός μικροπλαστικών

5.1.1. Περιβαλλοντική δράση

Τα πλαστικά δεν αποσυντίθενται, αλλά διασπώνται. Αυτό συμβαίνει κυρίως στο υδρόβιο περιβάλλον όπου δημιουργούνται τα μικροπλαστικά και στο οποίο επιφέρουν σοβαρές επιπτώσεις. Καθώς τα πλαστικά απόβλητα και τα συντρίμια επιπλέουν στον ωκεανό, εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία και στην τριβή από τα κύματα, το νερό και τον άνεμο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, με την πάροδο του χρόνου, τα πλαστικά να διασπώνται σε μικρότερα κομμάτια μέχρις ότου τα κομμάτια αυτά να γίνουν μικροσκοπικά. Στο φυσικό περιβάλλον, τα μικροπλαστικά δημιουργούνται από τη δράση του ανθρώπου και των ζώων, καθώς το πέλμα στα πλαστικά διευκολύνει τη διάσπασή τους.⁴⁷

5.1.2. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων απομακρύνουν τις μολυσματικές ουσίες από τα λύματα, κυρίως από τα οικιακά λύματα, χρησιμοποιώντας διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες.⁶ Τα περισσότερα εργοστάσια καθαρισμού στις ανεπτυγμένες χώρες έχουν τόσο πρωτογενή όσο και δευτερογενή στάδια επεξεργασίας. Στο αρχικό στάδιο της επεξεργασίας, χρησιμοποιούνται φυσικές διεργασίες για την απομάκρυνση λαδιών, άμμου και άλλων μεγάλων στερεών χρησιμοποιώντας συμβατικά φίλτρα, διαυγαστές και δεξαμενές καθίζησης. Η δευτερογενής επεξεργασία χρησιμοποιεί βιολογικές διεργασίες που περιλαμβάνουν βακτήρια και πρωτόζωα για τη διάσπαση της οργανικής ύλης. Οι κοινές δευτερογενείς τεχνολογίες είναι τα συστήματα ενεργοποιημένης λάσπης, τα φίλτρα διήθησης και οι κατασκευασμένοι υγρότοποι. Το προαιρετικό στάδιο τριτοβάθμιας θεραπείας μπορεί να περιλαμβάνει διαδικασίες για την αφαίρεση θρεπτικών ουσιών (άζωτο και φώσφορο) και την απολύμανση.³²

Μικροπλαστικά έχουν ανιχνευθεί τόσο στα αρχικά όσο και στα δευτερεύοντα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων.¹⁷ Μια μελέτη εκτιμά ότι περίπου ένα σωματίδιο ανά λίτρο μικροπλαστικών απελευθερώνεται πίσω στο περιβάλλον, με απόδοση αφαίρεσης περίπου 99,9%. Μια δεύτερη μελέτη του 2016 έδειξε ότι τα περισσότερα

μικροπλαστικά αφαιρούνται στην πραγματικότητα κατά το στάδιο της πρωτογενούς επεξεργασίας. Όταν αυτές οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λειτουργούν σωστά, η απελευθέρωση των μικροπλαστικών στους ωκεανούς και στα περιβάλλοντα επιφανειακά ύδατα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων δεν είναι μεγάλη.⁶

5.1.3. Βιομηχανοποίηση

Η κατασκευή πλαστικών προϊόντων χρησιμοποιεί κόκκους και μικρά σφαιρίδια ρητίνης ως πρώτη ύλη. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η παραγωγή αυξήθηκε από 2,9 εκατομμύρια σφαιρίδια το 1960 σε 21,7 εκατομμύρια σφαιρίδια το 1987. Μέσω τυχαίας διαρροής ή κατά την άμεση εκροή από μονάδες επεξεργασίας, αυτές οι πρώτες ύλες μπορούν να εισέλθουν στα υδάτινα οικοσυστήματα. Σε μια μελέτη των σουηδικών υδάτων που χρησιμοποιήθηκε πλέγμα 80 μm, το KIMO Sweden εντόπισε τυπικές συγκεντρώσεις μικροπλαστικών 150-2400 μικροπλαστικών ανά m³, ενώ σε λιμάνι δίπλα σε εγκατάσταση παραγωγής πλαστικών, η συγκέντρωση ήταν 102.000 ανά m³.⁷

5.1.4. Πλαστικά μπουκάλια νερού

Σε μία μελέτη, το 93% του εμφιαλωμένου νερού από 11 διαφορετικές μάρκες εμφάνισε μικροπλαστική ρύπανση. Ανά λίτρο, οι ερευνητές βρήκαν κατά μέσο όρο 325 μικροπλαστικά σωματίδια. Από τις δοκιμασμένες μάρκες, οι φιάλες Nestlé, Pure Life και Gerolsteiner περιείχαν τα περισσότερα μικροπλαστικά με 930 και 807 μικροπλαστικά σωματίδια ανά λίτρο (MPP/L), αντίστοιχα. Τα προϊόντα San Pellegrino έδειξαν τη μικρότερη ποσότητα πυκνότητας μικροπλαστικών. Σε σύγκριση με το νερό από βρύσες, το νερό από πλαστικές φιάλες περιείχε διπλάσιο μικροπλαστικό. Μερική από τη ρύπανση πιθανότατα προέρχεται από τη διαδικασία εμφιάλωσης και συσκευασίας του νερού.²²

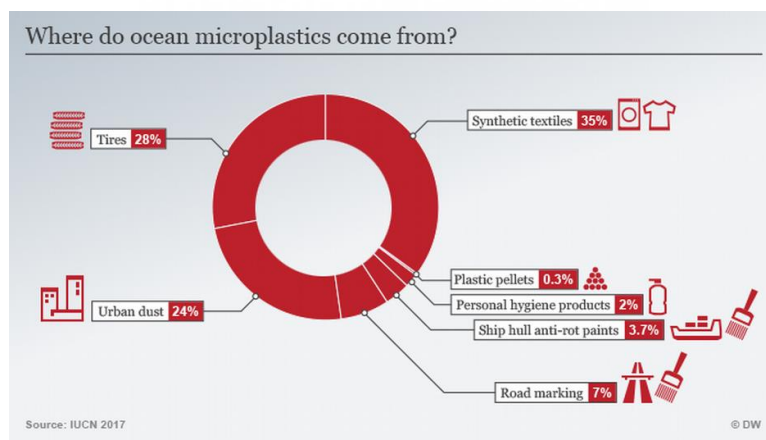
5.1.5. Σκόνη της πόλης (City Dust)

Το City Dust είναι το γενικό όνομα που δίνεται σε μια ομάδα εννέα πηγών που εντοπίστηκαν σε αστικά περιβάλλοντα. Το City Dust περιλαμβάνει απώλειες από τριβή αντικειμένων (συνθετικά πέλματα υποδημάτων, συνθετικά μαγειρικά σκεύη), τριβή υποδομής (οικιακή σκόνη, σκόνη πόλης, τεχνητοί χλοοτάπητες, λιμάνια και μαρίνες, κτίρια επίστρωσης), καθώς και από λειαντικά και απορρυπαντικά. Αυτές οι πηγές ομαδοποιούνται επειδή η ατομική τους συνεισφορά είναι μικρή.⁵

CONSIDERED SOURCES

YEARLY WORLD CONSUMPTION AND TYPE OF LOSS

SOURCES	WORLD CONSUMPTION <small>KTONE / YEAR OF PLASTIC</small>	INTENTIONAL LOSS	REFERENCES
 PLASTIC PELLETS	257,000	NO	Plastics Europe (2007)
 SYNTHETIC TEXTILES	42,534	NO	FAO/ICAC (2013)
 TYRES	6,431	NO	ETRma (2010)
 ROAD MARKINGS	588	NO	Grand View Research, Inc. (2016)
 MARINE COATINGS	452	NO	Coatings world (2012)
 PERSONAL CARE PRODUCTS	42	YES	Leslie, H.A. (2015)



Εικόνα 50. Μικροπλαστικά στους ωκεανούς.^{5,48}

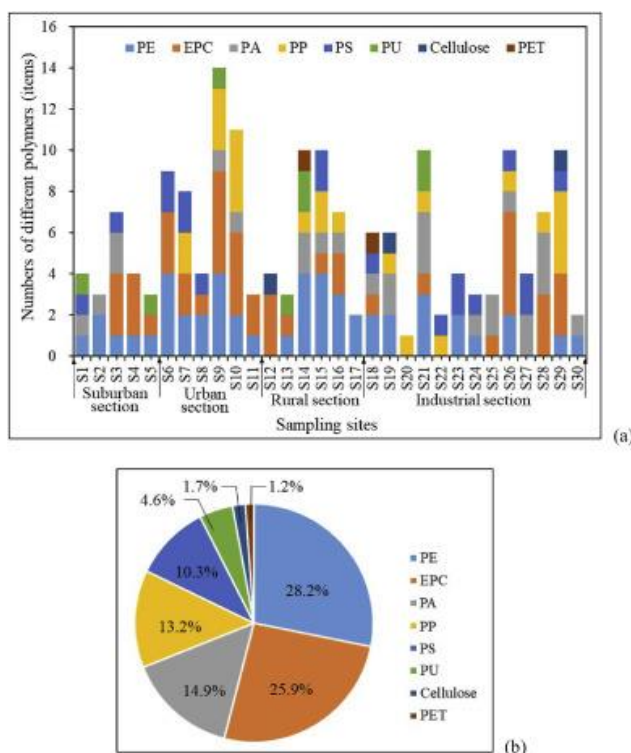
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΑ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

Μέχρι σήμερα έχουν γίνει πολλές έρευνες για τα ποσοστά των μικροπλαστικών στο πόσιμο και εμφιαλωμένο νερό. Επίσης, έχουν μελετηθεί και οι επιπτώσεις των μικροπλαστικών στην ανθρώπινη υγεία και στο υδατικό περιβάλλον. Στα επόμενα γραφήματα που παρατίθενται δίνονται εικονικά κάποια παραδείγματα επιρύπανσης μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό και στο θαλάσσιο και ωκεάνιο περιβάλλον.

6.1. Στατιστικά που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό

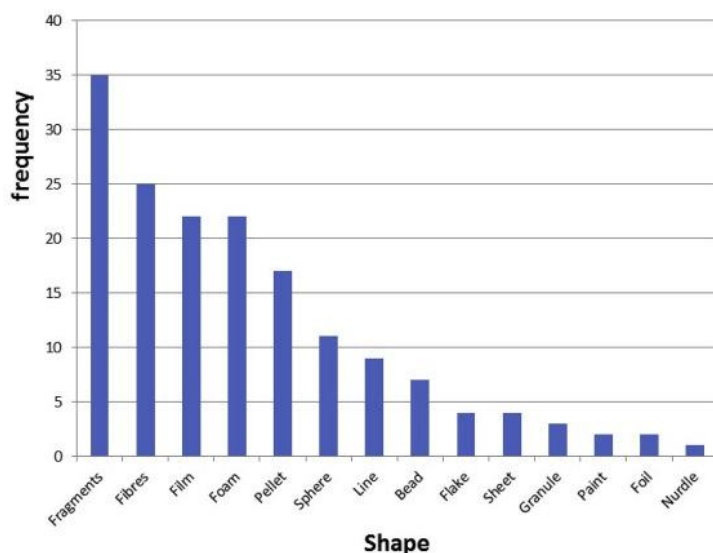
Η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών αυξήθηκε κατά προσέγγιση εκθετικά από την παραγωγή μεγάλης κλίμακας και ξεκίνησε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1950. Ειδικότερα, η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών, εξαιρουμένων των ινών, αυξήθηκε από 322 εκατομμύρια τόνους (Mt) το 2015 σε 348 Mt το 2017. Με τις ίνες που περιλαμβάνονται, εκτιμήθηκε η παγκόσμια παραγωγή να είναι 381 Mt το 2015 και με πρόσθετα, 407 Mt. Λαμβάνοντας υπόψη τον εκτιμώμενο παγκόσμιο ρυθμό αύξησης του πληθυσμού και την τρέχουσα κατανάλωση και τα απόβλητα, η παραγωγή πλαστικών προβλέπεται να διπλασιαστεί έως το 2025 και περισσότερο από τριπλάσιο έως το 2050.⁴⁹

Από τη συνολική παραγωγή πλαστικών μη ινών, το 36% είναι PE, το 21% είναι PP, το 12% είναι PVC και λιγότερο από το 10% το καθένα είναι PET, PUR και PS. Η παραγωγή πολυεστερικών PA και ακρυλικών ινών είναι η επόμενη μεγαλύτερη ομάδα, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας είναι το PET. Μαζί, αυτές οι επτά ομάδες αντιπροσωπεύουν 92% όλων των πλαστικών. Η παραγωγή αντιπροσωπεύει <0,1% της συνολικής παραγωγής πλαστικών με βάση τα ευρωπαϊκά στοιχεία από τον ECHA (2019) και την PlasticsEurope (2018).⁴⁹

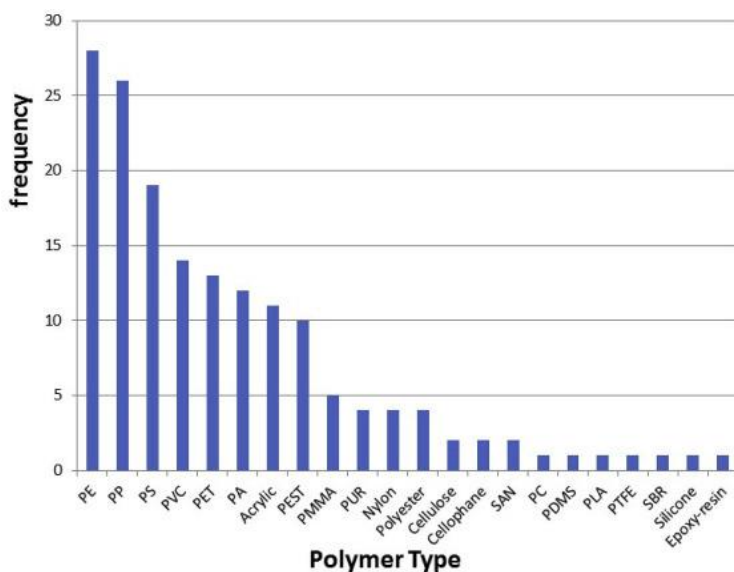


Εικόνα 11. Αριθμοί (a) και σχετικές συνεισφορές (b) διαφορετικών πολυμερών.⁴⁷

Οκτώ τύποι πολυμερών ταυτοποιήθηκαν, με μια ακολουθία συνεισφοράς του PE> EPC> PA> PP> PS> PU> κυτταρίνη> PET. Όλα τα μικροπλαστικά δείγματα που εμφάνισαν αποτελέσματα λόγω μηχανικής τριβής, από χημικές διαδικασίες οξείδωσης και αποδόμησης. Η ανάλυση επιβεβαίωσε ότι υπάρχει συχνά μικροπλαστικό σε γλυκά νερά και πόσιμο νερό.



Εικόνα 12. Μελέτη που αναφέρει ένα συγκεκριμένο σχήμα μικροπλαστικών σωματιδίων.⁴⁷



Εικόνα 13. Μελέτη που αναφέρει έναν συγκεκριμένο τύπο πολυμερούς μικροπλαστικών σωματιδίων.⁴⁷

6.2. Στατιστικά για μικροπλαστικά στο εμφιαλωμένο νερό

Η ποσοτικοποίηση της εύρεσης των μικροπλαστικών στο εμφιαλωμένο νερό γίνεται με φασματοσκοπία φθορισμού, με φασματοσκοπία υπερύθρου (FTIR) και Raman. Η μέθοδος φθορισμού εφαρμόστηκε στο πανεπιστήμιο του Μισισσιππή στις ΗΠΑ το 2020. Κατά την ανίχνευση των μικροπλαστικών, τα τελευταία είχαν φιλτραριστεί και ποτίστηκαν με την 9-διαιθυλαμινο-5-βενζο[α]φαινοξασζινόνη (κόκκινη βαφή του Νείλου). Αυτό η λιπόφιλη βαφή δρα ως φθοροφόρο και

προσροφάται στην επιφάνεια άλλων λιπόφιλων συστατικών σε δείγματα όπως λίπη, κυτταρικές μεμβράνες και πλαστικά (αλλά όχι σε ανόργανα υλικά όπως η άμμος). Η προσκολλημένη βαφή παρέχει ένα ευαίσθητο μέσο ανίχνευσης σωματιδίων χρησιμοποιώντας μικροσκοπία φθορισμού. Η επεξεργασία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των σωματιδίων και την εύρεση της μορφολογίας τους (π.χ. ίνες, χάντρες, θραύσματα). Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν φιάλες με εμφιαλωμένο νερό, το οποίο αγοράστηκε και εμφιαλώθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Οι φιάλες κυμάνθηκαν από 7 έως 28 L. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν προσεκτικά σε γυάλινες πλάκες μικροσκοπίου και προστέθηκε προσεκτικά το διάλυμα της ερυθράς χρωστικής (10 µg/mL σε μεθανόλη) (περίπου τρεις σταγόνες) με πιπέτα Pasteur. Μόλις στεγνώσει το μείγμα, τοποθετείται στο μικροσκόπιο και ασφαρίζονται με κομμάτια ταινίας και επισημαίνονται. Ο προσδιορισμός των μικροπλαστικών σε κάθε διαφάνεια δείγματος αποτελείται από τρία βήματα: (1) συλλογή εικόνων των σωματιδίων φθορισμού, (2) μέτρηση του αριθμού των σωματιδίων φθορισμού χρησιμοποιώντας ενσωματωμένο λογισμικό (σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι δυνατή η καταμέτρησή τους με το μάτι), και (3) κατηγοριοποίηση των σωματιδίων ανά μορφολογία (ίνες, σφαιρίδια, θραύσματα και άλλα). Τα περισσότερα από τα σωματίδια ταξινομήθηκαν ως θραύσματα και χάντρες, αν και ανιχνεύθηκαν μερικές ίνες. Υποθέτετε ότι η μηχανική διαδικασία ανοίγματος του πώματος του μπουκαλιού μπορεί να εισαγάγει θραύσματα μικροπλαστικών στο εμφιαλωμένο νερό, ενώ οι ίνες μπορεί να υποδεικνύουν κάποια μόλυνση δείγματος.²⁸

Ακόμα, πραγματοποιήθηκε μελέτη σε 21 διαφορετικές μάρκες εμφιαλωμένου νερού το 2018 στη Γερμανία. Χρησιμοποιήθηκαν 32 δείγματα από τα οποία τα 12 ήταν σε επαναχρησιμοποιημένες πλαστικές φιάλες κατασκευασμένες από PET, τα 10 σε φιάλες μίας χρήσης από PET και τα 10 σε γυάλινη συσκευασία. Κατά την προετοιμασία των δειγμάτων αφαιρέθηκαν όλες οι ετικέτες και πλύθηκαν όλα τα μπουκάλια με απορρυπαντικό, ενώ ξεπλύθηκαν με απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια, στα δείγματα νερού προστέθηκε ποσότητα διαλύματος τετρανατρίου άλατος αιθυλενοδιαμίνης τετραοξικού οξέος (EDTA) (250 g/l, παρασκευασμένη από EDTA προστέθηκε τετραϋδρίτης, Fluka, > 99%, 0,2 mm) και το δείγμα αφέθηκε σε ηρεμία για 15 λεπτά. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για συμπλοκοποίηση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου που περιέχονταν στο νερό. Κατόπιν, προστέθηκε διάλυμα δωδεκυλοθειικού νατρίου (SDS) για τη δέσμευση των μικροπλαστικών και εφαρμόστηκαν φίλτρα για τη διήθηση των μικροπλαστικών. Αφού στέγνωσαν τα φίλτρα αυτά, τοποθετήθηκαν σε πλάκες μικροσκοπίου για να βρεθεί το είδος των μικροπλαστικών. Η ταυτοποίηση πραγματοποιήθηκε με φασματοσκοπία μικρο-Raman. Μικροπλαστικά (PE, PP, PET) εντοπίστηκαν σχεδόν σε όλα τα δείγματα του εμφιαλωμένου νερού, με κύριο εκπρόσωπο το PET. Κύρια πηγή μόλυνσης των εμφιαλωμένων νερών με μικροπλαστικά θεωρείται το ίδιο το μπουκάλι και το καπάκι. Το συμπέρασμα αυτό λαμβάνεται καθώς στα επαναχρησιμοποιημένα μπουκάλια η ποσότητα PET που εντοπίστηκαν ήταν πολύ μεγάλη. Πιθανότατα αυτό συνέβη κατά τη βίαια πλύση των μπουκαλιών πριν την επαναχρησιμοποίηση. Επίσης, εντοπίστηκαν και μικροποσότητες χρωμάτων που προέρχονται κυρίως από τις χάρτινες ετικέτες που έρχονται σε άμεση επαφή με το υγρό πλύσης.²⁴

Διεθνής έρευνα της Sherri Manson και της ομάδας της το 2018 αποκάλυψε ότι ένας τεράστιος αριθμός μπουκαλιών εμφιαλωμένου νερού περιέχει μικροσκοπικά κομμάτια πλαστικού. Μάλιστα κατά ένα ποσοστό που ξεπερνάει το 90%, ο καταναλωτής τα καταπίνει εν αγνοία του. Συνολικά αναλύθηκαν 11 από τις

μεγαλύτερες μάρκες νερού, από 9 χώρες (ΗΠΑ, Κίνα, Βραζιλία, Ινδία, Ινδονησία, Μεξικό, Λίβανο, Κένυα, Ταϊλάνδη), μέσω δειγμάτων από 259 μπουκάλια νερού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχαν κατά μέσο όρο 10 πλαστικά σωματίδια με πλάτος άνω των 100 μm (εκατομμυριοστών του χιλιοστού), δηλαδή μεγαλύτερο μιας ανθρώπινης τρίχας. Ανιχνεύθηκαν επίσης κατά μέσο όρο 314 μικροσωματίδια πιθανού μικροπλαστικού για κάθε ένα λίτρο νερού, με μέγεθος κάθε σωματιδίου από 6,5 έως 100 μm. Σε κάποια μπουκάλια ανιχνεύθηκαν συγκεντρώσεις σωματιδίων έως τα 10.000 κομματάκια ανά λίτρο. Από τα 259 μπουκάλια που ελέγχθηκαν, μόνο τα 17 δεν περιείχαν καθόλου ίχνη πλαστικών. Υπήρξε σημαντική διακύμανση ακόμη και μεταξύ φιαλών της ίδιας μάρκας και παρτίδας, κάτι που είναι συνεπές με την περιβαλλοντική δειγματοληψία και πιθανώς προκύπτει από τις πολλαπλές πηγές των μικροπλαστικών, τη διαδικασία παρασκευής και τη δυναμική σωματιδίων-ρευστών. Μέσα στα εμφιαλωμένα νερά αυτό που εμφανίστηκε περισσότερο ήταν το πολυπροπυλένιο, το υλικό που χρησιμοποιείται στα πλαστικά καπάκια των μπουκαλιών, και ο πολυεστέρας και το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο, από το οποίο παρασκευάζονται τα πλαστικά μπουκάλια. Τα μπουκάλια είχαν αγοραστεί από τις ΗΠΑ, Κίνα, Βραζιλία, Ινδία, Ινδονησία, Μεξικό, Λίβανο, Κένυα και Ταϊλάνδη. Επίσης, οι μάρκες που αναλύθηκαν, ήταν οι Aqua (Danone), Aquafina (PepsiCo), Bisleri (Bisleri International), Dasani (Coca-Cola), Epura (PepsiCo), Evian (Danone), Gerolsteiner (Gerolsteiner Brunnen), Minalba (Grupo Edson Queiroz), Nestle Pure Life (Nestle), San Pellegrino (Nestle) και Wahaha (Hangzhou Wahaha Group). Οι παρτίδες επιλέχθηκαν με γνώμονα τη γεωγραφική ποικιλομορφία. Αντέδρασαν οι εταιρίες απέναντι στα αποτελέσματα.^{29,50}

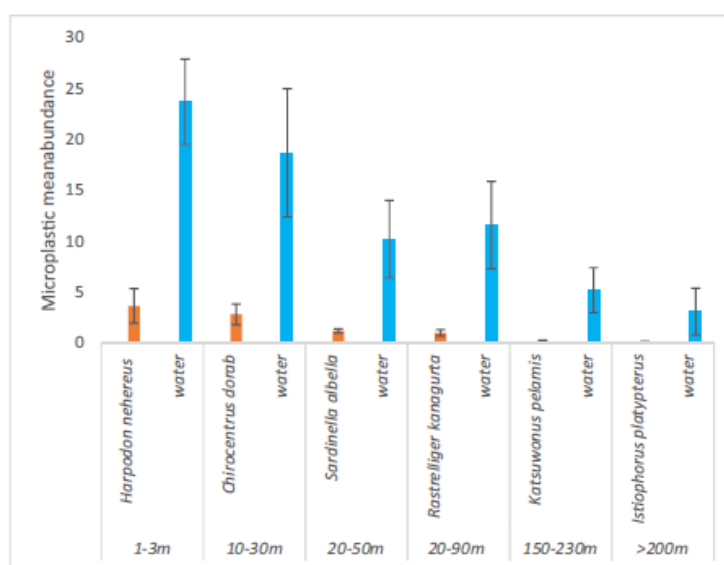
Κατά τη δειγματοληψία, παραλήφθηκαν μπουκάλια στις 9 από τις 11 μάρκες σε δοχεία των 500-600 mL ανά φιάλη, ενώ δύο μάρκες περιείχαν 0,75-2 L ανά φιάλη. Για τα δείγματα με 500-600 ml ανά φιάλη, επιλέχθηκαν τυχαία 10 μπουκάλια, ενώ για τα δείγματα των 750 mL επιλέχθηκαν έξι μπουκάλια, και για το δείγμα των 2 L, επιλέχθηκαν τυχαία τέσσερα μπουκάλια και τοποθετήθηκαν κάτω από μια καπνοδόχο. Ενώ βρισκόταν κάτω από την καπνοδόχο, σε κάθε μπουκάλι εγχύθηκε συγκεκριμένος όγκος διαλύματος Nile Red (παρασκευασμένο σε ακετόνη έως 1 mg mL⁻¹) φτάνοντας σε απόδοση των συγκέντρωσεων 10 ug mL⁻¹. Το διάλυμα Nile Red προσροφάται στην επιφάνεια των πλαστικών και φθορίζει κάτω από συγκεκριμένα μήκη κύματος φωτός. Κατόπιν, τα μπουκάλια αφέθηκαν να επωαστούν με το ενέσιμο διάλυμα για τουλάχιστον 30 λεπτά. Το εμφιαλωμένο νερό στη συνέχεια διηθήθηκε υπό κενό μέσω φίλτρων που φέρει ίνες γυαλιού (Whatman grade 934-AH, διάμετρος 55 mm, πόροι 1,5 μm).²⁹

Τα φίλτρα εξετάστηκαν με οπτικό μικροσκόπιο (LeicaEZ4HD, zoomx 8-40, ενσωματωμένη κάμερα 3 Mpixel) χρησιμοποιώντας μπλε φως (Crime-Lite 2, 445-510 nm, Foster&Freeman) στο οποίο προκαλείται φθορισμός, ο οποίος απεικονίστηκε μέσω πορτοκαλί φίλτρων προβολής googles (Foster & Freeman, 529 nm). Όλα τα σωματίδια που ήταν μεγαλύτερα από 100 μm (τα οποία είναι αρκετά μεγάλα για να είναι ορατά με γυμνό μάτι και να μπορούν να πιαστούν με τσιμπιδάκια) φωτογραφήθηκαν, απαριθμήθηκαν και αποτυπώθηκαν σε σχέση με τη μορφολογία τους. Επιπλέον, τα πρώτα 3-5 σωματίδια αναλύθηκαν μέσω FT-IR (Perkin Elmer Spectrum Two ATR; 450 cm⁻¹ έως 4.000 cm⁻¹, 64 σαρώσεις, 4 cm⁻¹ ανάλυση) για επιβεβαίωση της ύπαρξης πολυμερούς (λογισμικό Spectrum 10).²⁹

Σε μια ακόμα μελέτη, στο ίδιο αντικείμενο, που έγινε στις ΗΠΑ το 2018 από την οργάνωση Story of Stuff και στην οποία εξετάστηκαν 19 διαφορετικές μάρκες εμφιαλωμένων νερών, ανιχνεύτηκε μεγάλη παρουσία πλαστικών μικροϊνών. Οι ερευνητές υποστήριξαν ότι τα μικροπλαστικά μεταφέρθηκαν μέσω του αέρα, βρέθηκαν στα εργοστάσια εμφιάλωσης και ανιχνεύθηκαν μέσα στα μπουκάλια.⁵⁰

6.3. Στατιστικά για μικροπλαστικά σε δείγματα ψαριών

Εκτός από την παρουσία των μικροπλαστικών στο πόσιμο και εμφιαλωμένο νερό, ανησυχία προκαλεί και η παρουσία τους στο φυσικό περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου. Πολλές μελέτες έχουν διεξαχθεί για να διαπιστωθεί αν τα μικροπλαστικά είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο και το υδάτινο οικοσύστημα. Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των μικροπλαστικών σε ψάρια από διάφορους οικοτόπους.

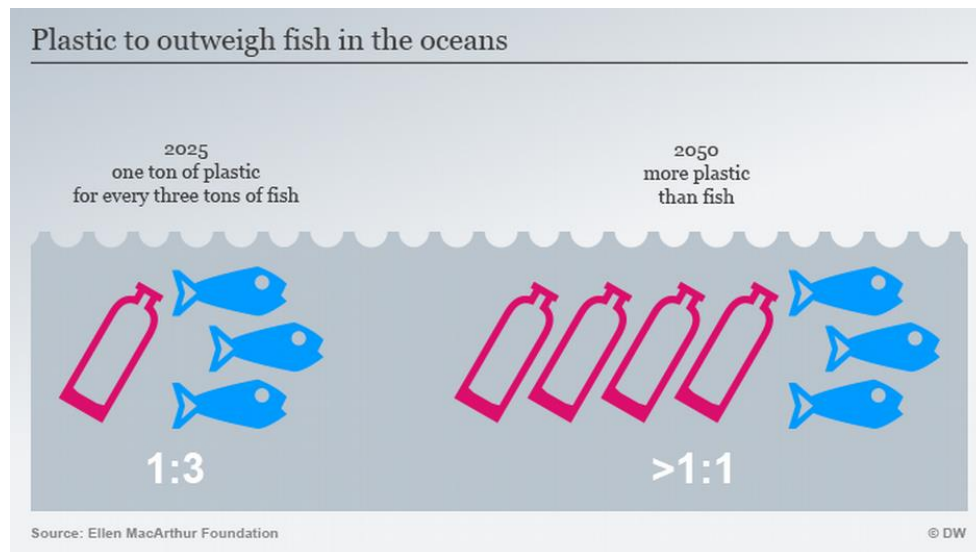


Εικόνα 14. Μέσες συγκεντρώσεις των μικροπλαστικών που ανακτήθηκαν από δείγματα ψαριών (είδος/είδος) και νερό (είδη/L) που συλλέχθηκαν από διαφορετικούς οικοτόπους.²⁷

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η ισχυρή σχέση μεταξύ συγκέντρωσης μικροπλαστικών και διανομής νερού, καθώς και ο βαθμός ρύπανσης που παρατηρείται στα δείγματα των ψαριών που συλλέχθηκαν από την ίδια τοποθεσία. Με μπλε χρώμα εμφανίζονται οι μικροΐνες PE, που κυριαρχούσαν τόσο στο νερό όσο και σε δείγματα ψαριών. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας υποδηλώνουν ότι τα οικιακά λύματα και η αλιεία συμβάλλουν στη ρύπανση των οικοτόπων. Παρ' όλο που η ρύπανση από μικροπλαστικά βρέθηκε να είναι σε μέτριο επίπεδο, η συσσώρευση σωματιδίων μικρού μεγέθους στις γαστρεντερικές οδούς των ψαριών ανησύχησε την επιστημονική κοινότητα, καθώς η βιοσυσσώρευση αυτών των μικροσωματιδίων μπορεί μέσω της διατροφικής αλυσίδας να περάσει στον άνθρωπο. Αυτή η μελέτη συμβάλλει σημαντικά στη γνώση και κατανόηση της εμφάνισης των μικροπλαστικών σε αυτά τα δημοφιλή είδη ψαριών. Τέλος, η παρουσία μικροπλαστικών στα ψάρια εγείρει ανησυχίες για την υγεία του ανθρώπου, επειδή η κατανάλωση μολυσμένων ψαριών έχει τη δυνατότητα να αυξήσει το όριο επικίνδυνων χημικών στο ανθρώπινο σώμα.²⁷

Μια άλλη εικόνα που προβληματίζει τους ερευνητές είναι η απαισιόδοξη πρόβλεψη ότι η ποσότητα των μικροπλαστικών θα ξεπεράσει την ποσότητα των

ψαριών στις θάλασσες και τους ωκεανούς μέχρι το 2050. Αυτό προκύπτει ύστερα από επισήμανση ότι η παγκόσμια παραγωγή πλαστικών ήταν 1,5 εκατομμύρια τόνοι τη δεκαετία του 1950 και έφτασε τους 348 εκατομμύρια τόνους το 2017, με το 29,4% του συνόλου να παράγεται στην Κίνα.⁵¹



Εικόνα 15. Ποσότητα μικροπλαστικών και ψαριών στους ωκεανούς.⁵¹

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΑ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

7.1. Επιπτώσεις των μικροπλαστικών στην ανθρώπινη υγεία από τα μικροσωματίδια και τις χημικές ουσίες

Τα μικροπλαστικά δυνητικά μπορούν να προκαλέσουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αν και δεν χαρακτηρίζονται από τους συνήθεις κινδύνους που έχουν εμφανιστεί και επηρεάζουν τα θηλαστικά από άλλες ουσίες ή αντικείμενα. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια, τα μικροπλαστικά δεν χαρακτηρίζονται ως κάποιες συγκεκριμένες χημικές ουσίες αλλά είναι σωματίδια που ποικίλλουν σε σχήμα, μέγεθος και σύνθεση. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι ως πλαστικά πολυμερή θεωρούνται γενικά χαμηλής τοξικότητας. Ακόμα, το γεγονός ότι είναι αδιάλυτα, ανάγει το συμπέρασμα ότι είναι απίθανο να απορροφηθούν από το γαστρεντερικό σύστημα, ενώ γενικά δεν αλληλεπιδρούν με βιολογικές μήτρες, αν και πολύ μικρότερα σωματίδια μπορούν να απορροφηθούν και να εμφανίσουν τοξικότητα.³⁴

Επιπλέον, τα μικροπλαστικά κομμάτια καταλήγουν σε δεξαμενές πόσιμου νερού, σωλήνες, ποτήρια και τελικά καταπίνονται και από τους ανθρώπους. Ακόμα και στο εμφιαλωμένο νερό περιέχονται μικροπλαστικά κομμάτια που προέρχονται από την επιφάνεια της συσκευασίας ή το πόμα. Επιπροσθέτως, μπορεί να περιέχουν πρόσθετα και μη δεσμευμένα μονομερή, τα οποία μπορεί να εκπλυθούν είτε στην περιοχή του γλυκού νερού πριν από την επεξεργασία για την κατανάλωση από τον άνθρωπο είτε ενδεχομένως, στο γαστρεντερικό σωλήνα λόγω βιοσυσσώρευσης. Επιπροσθέτως, τα πλαστικά σωματίδια μπορούν να απορροφούν χημικές ενώσεις από το περιβάλλον, οι οποίες να είναι γνωστό ότι εμφανίζουν τοξικότητα. Βέβαια, η καλύτερη λύση στο πρόβλημα είναι η μείωση της ρύπανσης των πλαστικών μιας χρήσης, η ανακύκλωσή τους και η χρήση εναλλακτικών μεθόδων. Οι πιθανοί κίνδυνοι από τα μικροπλαστικά σωματίδια και τις χημικές ουσίες που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά εξετάζονται σε αυτό το κεφάλαιο μαζί με μια αξιολόγηση των δυνατοτήτων τους κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.³⁴

7.1.1. Πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με σωματίδια

Οι άνθρωποι καταναλώνουν συνήθως πολλά διαφορετικά είδη σωματιδίων που αποτελούνται από διαφορετικές ουσίες. Η τοξικότητα που προκαλείται από τα σωματίδια εξαρτάται από ένα ευρύ φάσμα φυσικών ιδιοτήτων των ουσιών που περιλαμβάνουν το μέγεθος, την επιφάνεια, τη μορφολογία (σχήμα), τα χαρακτηριστικά επιφάνειας και τη χημική σύσταση και σύνθεση των σωματιδίων. Η μεταφορά των σωματιδίων στον άνθρωπο μετά την κατάποση, ιδιαίτερα όσον αφορά την επίδραση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων, δεν είναι καλά μελετημένη. Ωστόσο, είναι πιθανό, εδώ και δεκαετίες, οι άνθρωποι να έχουν λάβει πλαστικά σωματίδια ως αποτέλεσμα της επαφής τους με πλαστικά στα οικιακά αντικείμενα, όπως η σανίδα κοπής, οι συσκευασίες τροφίμων και η άμεση ρύπανση στον αέρα και στα τρόφιμα. Έτσι, όταν εξετάζονται οι πιθανοί κίνδυνοι από την έκθεση σε πλαστικά σωματίδια, ουσιαστικά αξιολογούνται τα συστατικά της ουσίας (δηλ. φυσικός κίνδυνος) και οι επιπτώσεις της τοξικότητας μετά την κατάποση από το στόμα.³⁴

7.1.1.1. Τοξικολογικά δεδομένα για μικροπλαστικά σωματίδια

Μέχρι σήμερα, οι περισσότερες τοξικολογικές δοκιμές των μικροπλαστικών έχουν επικεντρωθεί σε υδρόβιους οργανισμούς ή στην οικοτοξικολογία. Δεν έχουν πραγματοποιηθεί επιδημιολογικές μελέτες μικροπλαστικών σε ανθρώπους που έχουν καταπιεί τις ενώσεις αυτές. Ακόμα, τα δεδομένα από μελέτες σε πειραματόζωα είναι λιγοστά και ανεπαρκή, ενώ δεν υπάρχει εκτίμηση κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία από την κατάποση μικροπλαστικών. Οι πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί, μέχρι τώρα, σχετικά με την τοξικότητα των πλαστικών σωματιδίων περιορίζονται σε μελέτες που εμφανίζουν το PET, το PS ή το PE. Ωστόσο και σε αυτές τις μελέτες υπάρχει η αμφιβολία σχετικά με την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.³⁴

Σε πειραματική μελέτη, προστέθηκε λεπτόκοκκη σκόνη PET στην τροφή 10 αρουραίων ράτσας Sprague-Dawley με δόσεις 0, 0,5, 2,5 ή 5%, που εξαρτώνταν από το φύλο τους. Σε αυτή τη μελέτη των 90 ημερών δεν παρουσιάστηκαν ανεπιθύμητες παρενέργειες στο αίμα, στα ζωτικά όργανα ή στους ιστούς των οργάνων (συμπεριλαμβανομένου του ήπατος, που ήταν ένας πιθανός στόχος όργανο), αλλά ούτε και μεταλλαξιγένεση. Τα μεγέθη των σωματιδίων δεν αναφέρθηκαν, αν και πιστεύεται ότι το μέγεθος αυτών των σωματιδίων ήταν πιθανό να κυμαίνεται από 1 έως 50 μm . Αν και οι ερευνητές δεν παρατήρησαν ανεπιθύμητες παρενέργειες με βάση τα αναφερόμενα αποτελέσματα, μπορεί να θεωρηθεί ως υψηλότερη δόση αυτή που ισοδυναμεί με περίπου 2500 mg/kg σωματικού βάρους (bw)/ημέρα, υποθέτοντας έναν προεπιλεγμένο συντελεστή διατροφής 5% για τους αρουραίους.³⁴

Αντίστοιχη μελέτη πραγματοποιήθηκε και με έκθεση ποντικών σε PS. Και σε αυτή την περίπτωση μελετήθηκαν οι ηπατικές επιδράσεις. Συγκεκριμένα, πέντε ποντικοί ανά ομάδα, που εκτέθηκαν σε υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων PS (μείγμα 5×10^6 σωματιδίων των 5 μm και 1×10^5 σωματιδίων των 20 μm στα 0,5 mg/ημέρα για 28 ημέρες μέσω καθετήρα), εμφάνισαν ηπατική φλεγμονή. Ωστόσο, τα δεδομένα αυτά δεν επέδειξαν σοβαρότητα, καθώς δεν αναφέρθηκαν βιοχημικά αποτελέσματα και είχαν και ασαφή βιολογική συνάφεια. Ακόμα, διενεργήθηκε δεύτερη μελέτη που αξιολόγησε τη στοματική τοξικότητα των νανοπλαστικών σε ενήλικα αρσενικά ποντίκια. Σε αυτήν χορηγήθηκαν PS νανοπλαστικά (μείγμα 25 και 50 nm, μέση υδροδυναμική διάμετρος 38,92 nm) μέσω μετρητή στα 0, 1, 3, 6 ή 10 mg/kg bw/ημέρα για 5 εβδομάδες. Στα αποτελέσματα της έρευνας αυτής δεν παρουσιάστηκαν αλλαγές στο σωματικό τους βάρος ή στο νευρικό τους σύστημα, ενώ κι εδώ δεν αναφέρεται το μέγεθος των σωματιδίων.³⁴

Όσον αφορά τις μελέτες που επιτεύχθηκαν στο πόσιμο νερό, σε μια μελέτη συνεκθέσης με μικροπλαστικά PE ή PS (2000 $\mu\text{g/L}$) και οργανοφωσφορικά επιβραδυντικά φλόγας για 90 ημέρες, δεν παρατηρήθηκαν επιδράσεις των PE, PS ή επιβραδυντικών φλόγας στα παρατηρούμενα αποτελέσματα. Επίσης, πραγματοποιήθηκε μελέτη και στους εσωτερικούς και στους εξωτερικούς χώρους σε βιομηχανίες πολυμερών, για να ελεγχθεί η έκθεση σε μικροπλαστικά στους εργαζόμενους. Όμως, τα αποτελέσματα της έκθεσης αυτής δεν συνάδουν με την προηγούμενη έκθεση στο πόσιμο νερό.³⁴

Οι δοκιμασίες *in vitro* σε ανθρώπινες κυτταρικές σειρές περιορίστηκαν σε μια μελέτη στην οποία για τα μικροπλαστικά PS και PE, σε συγκέντρωση 10 mg/L, εμφανίστηκε οξειδωτικό στρες κατά την έκθεση σε PS αλλά όχι στο PE. Η συγκέντρωση βέβαια αυτή δεν είναι αντίστοιχη των συγκεντρώσεων σε πειράματα *in*

νίνο. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκαν αποτελέσματα σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις (0,05, 0,1 ή 1 mg/L). Γενικότερα, οι μελέτες *in vitro* σε θηλαστικά είναι πολύ περιορισμένες και δεν παρουσιάζουν σοβαρότητα επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία.³⁴

Τέλος, πραγματοποιήθηκαν μελέτες για την απελευθέρωση πλαστικών σωματιδίων από χειρουργικά υλικά. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών ανέφεραν αλλαγές στην έκφραση γονιδίων, βλάβη στο DNA, οξειδωτικό στρες, κυτταρικό πολλαπλασιασμό, νέκρωση του ιστού και φλεγμονή. Βέβαια, η σημασία αυτών των ευρημάτων είναι εξαιρετικά αβέβαιη.³⁴

7.1.1.2. Πρόσληψη μικροπλαστικών και κινητική των σωματιδίων αυτών

Για να εκτιμηθούν οι πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την κατάποση μικροπλαστικών σωματιδίων, είναι σημαντικό να κατανοηθεί πώς συμπεριφέρονται τα σωματίδια μέσα στο ανθρώπινο σώμα, και ιδιαίτερα στο γαστρεντερικό σωλήνα. Η κινητική κατά την πρόσληψη για τα μικροπλαστικά εξετάστηκε από το FAO (2017) και την επιτροπή EFSA (2016) για συστατικά που μολύνουν τα τρόφιμα. Με βάση τα δεδομένα που λήφθηκαν, η επιτροπή EFSA κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο μέρος των μικροπλαστικών που καταναλώθηκαν (>90%) δεν απορροφήθηκαν και πιθανόν να απεκκρίθηκαν απευθείας μέσω περιττωμάτων. Συγκεκριμένα, μικροπλαστικά με μέγεθος >150 μm πιθανότατα δεν απορροφήθηκαν και η πρόσληψη μικρότερου μεγέθους μικροπλαστικών αναμενόταν να είναι περιορισμένη. Παρόμοια συμπεράσματα εξήχθησαν και με το FAO. Για μικροπλαστικά >150 μm δεν υπάρχουν δεδομένα απορρόφησης, ενώ για σωματίδια <20μm εμφανίζεται περιορισμένη συνολική απορρόφηση και πρόσληψη στα όργανα.³⁴

Τα συμπεράσματα της EFSA και του FAO βασίστηκαν σε αρκετές μελέτες. Στην πρώτη μελέτη, η πρόσληψη μεγέθους σωματιδίων 2 μm από λατέξ από τρωκτικά αναφέρθηκε ως 0,04-0,3%. Στη δεύτερη μελέτη, η πρόσληψη 3 μm πολυλακτιδίου-συν-γλυκολιδίου που εντοπίστηκε στο παχύ έντερο ήταν περίπου 0,2% για υγιή άτομα και 0,45% σε ιστούς ασθενών με φλεγμονή στο έντερο. Το όριο μεγέθους <150 μm επιλέχθηκε με βάση τα δεδομένα που υποδηλώνουν ότι τα σωματίδια σε αυτό το μέγεθος μετατοπίζονται ευκολότερα από το έντερο στο λεμφικό σύστημα. Για το PVC το όριο μεγέθους κυμάνθηκε στα 110 μm. Επιπλέον, σωματίδια με μέγεθος >130 μm δεν μπορούν να διασχίσουν το επιθήλιο μέσω των μηχανισμών απορρόφησης. Σε τρίτη μελέτη αναφέρθηκε η πρόσληψη και η κατανομή των μικροπλαστικών PS (1,46x10⁶ σωματίδια/L 5 μm και 2,27x10⁴ σωματίδια/L 20 μm) που χορηγήθηκαν από το στόμα σε ποντίκια για 4 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν μετατόπιση από το ήπαρ στους νεφρούς, ενώ ανιχνεύθηκαν μία εβδομάδα μετά τη διακοπή στην έκθεση των μικροπλαστικών. Ωστόσο, και αυτές οι μελέτες δεν κρίθηκαν αξιόπιστες εξαιτίας ασυνεπειών που σχετίζονται με τις αναλυτικές και τις μαθηματικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν.³⁴

7.1.1.3. Τοξικολογία των μικροσωματιδίων

Ιδιότητες σωματιδίων και πιθανή τοξικότητα

Το μέγεθος και η συγκέντρωση των μικροπλαστικών σωματιδίων μπορεί να επηρεάσει το δυναμικό τους για τοξικές επιδράσεις. Έτσι, τα μικρότερα σωματίδια είναι πιο πιθανό να διασχίσουν το έντερο και να φτάσουν σε άλλους ιστούς.

Επιπλέον, καθώς το μέγεθος των σωματιδίων μειώνεται, η επιφάνειά τους σε αναλογία προς τον όγκο τους αυξάνεται, γεγονός που μπορεί να κάνει τα μικρότερα σωματίδια πιο ευαίσθητα στην προσρόφηση σε σημαντικές βιολογικές πρωτεΐνες και μόρια. Επίσης, στο περιβάλλον, η αυξημένη αναλογία επιφάνειας-εμβαδού προς τον όγκο των σωματιδίων αυξάνει θεωρητικά την ικανότητα απορρόφησης των χημικών σε σχέση με το σωματιδιακό βάρος. Ακόμα, η αυξημένη αναλογία επιφάνειας προς τον όγκο σημαίνει ότι τα μικροπλαστικά διασπώνται γρηγορότερα από μεγαλύτερα πλαστικά σωματίδια. Βέβαια, δεν γίνεται σαφές εάν οι συνθήκες στην ανθρώπινη γαστρεντερική οδό είναι ευνοϊκές για τη διάσπαση των πλαστικών. Επιπρόσθετες εκτιμήσεις, συμπεριλαμβανομένης της μορφολογίας των σωματιδίων και της χημείας της επιφάνειάς τους (λειτουργικές ομάδες στην επιφάνεια) μπορεί να παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόσληψη των σωματιδίων και στην κάθαρση του πνεύμονα. Αλλά και σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει επιβεβαίωση για το πώς σχετίζονται τα απορροφούμενα πλαστικά σωματίδια με το ακανόνιστο σχήμα τους ή ως ίνες.³⁴

Πιθανές επιδράσεις στο έντερο

Όπως προαναφέρθηκε, τα περισσότερα μικροπλαστικά που καταναλώνονται μέσω του πόσιμου νερού αναμένεται να περάσουν μέσω της οδού GI χωρίς να απορροφηθούν. Ωστόσο, επειδή το έντερο είναι ο κύριος ιστός που θα έρθει σε επαφή με τα απορροφημένα σωματίδια, έχει αναγνωριστεί ως ο ιστός ή το όργανο στόχο, που εμφανίζει τα πιθανά αποτελέσματα. Γενικά, η στοματική έκθεση σε σωματίδια, αν και εμφανίζει πολύ υψηλά επίπεδα, έχει συσχετιστεί με ήπιο εντερικό ερεθισμό και φλεγμονή. Επίσης, σωματίδια PS (1,5x10¹⁰ σωματίδια /L 0,5 μm ή 1,5x10⁴ σωματίδια/L 50 μm) δύναται να αλλάξουν το μικροβιακό φορτίο του εντέρου σε ποντίκια που εκτέθηκαν σε υψηλές δόσεις (100 και 1000 μg/L μέσω του πόσιμου νερού για 5 εβδομάδες).³⁴

7.1.3. Πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τα πρόσθετα και τα χημικά

7.1.3.1. Πρόσθετα

Δεν υπάρχουν δεδομένα για να ταυτιστεί η συμβολή των μικροπλαστικών στα χημικά πρόσθετα στο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του πόσιμου νερού. Βέβαια, υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες που υποστηρίζουν την πιθανότητα τα μικροπλαστικά να λειτουργούν ως φορέας μεταφοράς στα χημικά πρόσθετα. Για παράδειγμα, μια μελέτη αναφέρει την παρουσία decaPBDE στο στομάχι των θαλασσοπουλιών ως αποτέλεσμα κατάποσης μικροπλαστικών. Ωστόσο, αναμένεται ότι η έκπλυση στο περιβάλλον από μικροπλαστικά θα είναι σχετικά μικρή. Φαίνεται να αμφισβείται η έκπλυση της εννεύλοφαινόλης και του BPA από μικροπλαστικά παιχνίδια ως πηγή ρύπανσης σε σκώληκες.³⁴

7.1.3.2. Χημικά

Η υδρόφοβη φύση των μικροπλαστικών υποδηλώνει ότι έχουν τη δυνατότητα συσσώρευσης σε υδρόφοβες ουσίες όπως στους ανθεκτικούς οργανικούς ρύπους (POP), συμπεριλαμβανομένων των PCB, PAHs, και των οργανοχλωρικών φυτοφαρμάκων. Τα αποτελέσματα που αναφέρουν τη συγκέντρωση των POP που σχετίζονται με μικροπλαστικά έχουν επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στο θαλάσσιο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, δεδομένα από τη βιβλιογραφία εδώ και τέσσερις δεκαετίες αναφέρουν σημαντικά υψηλές συγκεντρώσεις POP σε μικροπλαστικά κοντά σε κατοικημένες αστικές περιοχές. Επίσης, το 2005, το International Pellet

Watch παρατήρησε ότι POP σε μικροπλαστικά σωματίδια απελευθερώθηκαν ακούσια σε παραλίες σε όλο τον κόσμο.³⁴

Σε περίπτωση κατάποσης μικροπλαστικών μέσω του πόσιμου νερού, ο ρυθμός με τον οποίο τα χημικά από μικροπλαστικό απελευθερώνονται ή λαμβάνονται στο γαστρεντερικό σωλήνα εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του χημικού και του ίδιου του μικροπλαστικού σωματιδίου, καθώς και από τις ιδιότητες του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, η πρόσληψη και η απελευθέρωση μπορεί να επηρεαστεί από το μέγεθος των σωματιδίων, με αποτέλεσμα η μείωση του μεγέθους να αυξάνει τον ρυθμό πρόσληψης ή απώλειας. Γενικότερα, η πιθανότητα έκλυσης POP από μικροπλαστικά θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως το σχετικό μέγεθος του σωματιδίου, τη μάζα των συσσωρευμένων χημικών συστατικών, το σχετικό επίπεδο ρύπανσης εντός του εντέρου και το χρόνο παραμονής GI του σωματιδίου.³⁴

7.1.4. Αξιολόγηση πιθανών κινδύνων από μικροπλαστικά

Επί του παρόντος υπάρχει έλλειψη πληροφοριών για ποσοτική αξιολόγηση τυχόν δυνητικού κινδύνου που να σχετίζεται με έκθεση σε μικροπλαστικά σωματίδια. Όσον αφορά τις χημικές ουσίες που σχετίζονται με μικροπλαστικά, υπάρχουν περιορισμένα διαθέσιμα δεδομένα. Αυτή η ανάλυση παρέχει ένα μέσο για την εκτίμηση του ανώτατου ορίου έκθεσης σε μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό και εκτιμάται κλιμακωτά η αξιολόγηση του κινδύνου. Για τον χαρακτηρισμό του κινδύνου από την έκθεση χημικών ουσιών που σχετίζονται με μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό εκτιμάται ότι μπορεί να συγκριθεί με τα επίπεδα στα οποία θα μπορούσαν να παρατηρηθούν βιολογικές επιπτώσεις (τοξικολογικό σημείο αναχώρησης ή POD).³⁴

7.1.4.1. Εκτίμηση του κινδύνου που σχετίζεται με την έκθεση σε σωματίδια

Δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον πιθανό κίνδυνο που σχετίζεται με έκθεση σε σωματίδια αυτή τη στιγμή. Ωστόσο, τα πολυμερή που συμπεριλαμβάνουν μικροπλαστικά σωματίδια θεωρούνται γενικά αδρανή κατά την κατάποση και τα περιορισμένα στοιχεία στην κινητική των σωματιδίων υποδηλώνουν ότι ένα μεγάλο κλάσμα μικροπλαστικών διέρχονται από το πεπτικό σύστημα χωρίς πρόσληψη. Πρέπει να γίνει σαφές πως μέχρι σήμερα υπάρχουν περιορισμένες μελέτες που έχουν διερευνήσει την πρόσληψη μικροπλαστικών σωματιδίων <50 μm σε μέγεθος. Αλλά ακόμα και αυτές στερούνται μεθοδολογικής ευρωστίας, ενώ τα ευρήματα εντοπίζονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Βέβαια, μπορεί και οι βιολογικοί μηχανισμοί καθαρισμού να παρεμβαίνουν κατά την πρόσληψη των μικροπλαστικών με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν πληροφορίες για να εξαχθούν συμπεράσματα για την πρόσληψη των μικροπλαστικών σωματιδίων. Επίσης, δεν είναι σαφές εάν η απορρόφηση μικροπλαστικών σωματιδίων στη γαστρεντερική οδό, όπως και άλλων αδρανών σωματιδίων στα οποία εκτίθενται οι άνθρωποι σε τακτική βάση, θα δημιουργούσε οποιεσδήποτε ανησυχίες για την ανθρώπινη υγεία. Συνολικά, δεν φαίνεται να υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα που θα υποδηλώνουν τυχόν εμφανή προβλήματα υγείας που να σχετίζονται με μικροπλαστικά σωματίδια. Αυτό δεν σημαίνει ότι τα πλαστικά σωματίδια είναι *a priori* αβλαβή, καθώς αυτό δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια προς το παρόν με τα περιορισμένα δεδομένα σχετικά με τα μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό.³⁴

Βέβαια, η επεξεργασία πόσιμοι νερού μπορεί να αφαιρέσει περισσότερο από το 90% των μικροπλαστικών από τα λύματα, και ιδιαίτερα μετά την τριτοβάθμια επεξεργασία του με την διαδικασία της διήθησης. Δυστυχώς, στις μέρες μας, ένα σημαντικό ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού δεν επωφελείται από επαρκή επεξεργασία του νερού και των λυμάτων, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ανησυχία της επιστημονικής κοινότητας για τη συσσώρευση των μικροπλαστικών σε αυτό το ποσοστό του πληθυσμού.³⁴

7.1.4.2. Εκτίμηση του κινδύνου που σχετίζεται με την έκθεση σε χημικά

Τα μικροπλαστικά σωματίδια μπορεί να περιέχουν μονομερή που δεν αντέδρασαν και διάφορα πρόσθετα, όπως σταθεροποιητές και χρωστικές, που μπορεί να εκπλυθούν στο νερό ή στο γαστρεντερικό σωλήνα. Ενώ δεν υπάρχει άμεσος συσχετισμός κατανάλωσης μικροπλαστικών σωματιδίων από τους ανθρώπους, ωστόσο δεν περιορίζεται η χρήση προσθέτων και υπολοίπων μονομερών, τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική πηγή μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό. Επιπλέον, πολλά πλαστικά που δεν προορίζονται για επαφή με τρόφιμα ή νερό (τα οποία πιθανότατα αποτελούν βασική πηγή μικροπλαστικών στο περιβάλλον του γλυκού νερού) δεν αξιολογούνται στις διάφορες μελέτες, πα' όλο που μπορεί να περιέχουν επικίνδυνες ουσίες σε υψηλές συγκεντρώσεις για την ανθρώπινη υγεία. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ορισμένων μικροπλαστικών στο περιβάλλον να απορροφούν ουσίες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ανησυχία σε υψηλότερες συγκεντρώσεις. Γενικά, προσδιορίζεται ο δυνητικός κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία και αν οι κίνδυνοι αυτοί μπορούν να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στους καταναλωτές.³⁴

7.1.4.3. Σενάριο συντηρητικής έκθεσης

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται ένα θεωρητικό σενάριο που θα οδηγούσε σε πολύ υψηλή έκθεση σε μικροπλαστικά. Αυτό το σενάριο καταγράφεται για να γίνουν κατανοητοί οι παράγοντες (μέγεθος, σχήμα, πυκνότητα μικροπλαστικών και ποσότητα μικροπλαστικών στο πόσιμο νερό) που συμβάλλουν στην έκθεση των ανθρώπων σε μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό.³⁴

Το σενάριο έχει ως εξής: Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων και την προεπιλεγμένη κατανάλωση 2 L πόσιμοι νερού/ημέρα, εκτιμάται ότι μια ημερήσια πρόσληψη είναι της τάξης των 85 μg μικροπλαστικών. Αυτό αντιστοιχεί σε πρόσληψη 1,4 μg μικροπλαστικών/kgbw/ημέρα με προεπιλεγμένο σωματικό βάρος 60 kg για έναν ενήλικα, το οποίο θεωρείται εξαιρετικά συντηρητικό και απίθανο, δεδομένου ότι βασίζεται σε συνδυασμό ακραίων σεναρίων. Οπότε γίνεται κατανοητό ότι ένας μέσος ενήλικας δεν κινδυνεύει από την κατάποση πόσιμοι νερού που φέρει μικροπλαστικά.³⁴

7.1.5. Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες

Η διερεύνηση πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με μικροπλαστικά σωματίδια δείχνει ότι είναι πιθανό ορισμένα μικρά σωματίδια να μπορούν να περάσουν από το εντερικό τοίχωμα και να μετατοπιστούν σε ιστούς που βρίσκονται μακριά από τον συγκεκριμένο βλεννογόνο, αν και αυτό μπορεί να μην μεταφράζεται απαραίτητα σε ρίσκο για την υγεία. Για πολλές δεκαετίες, οι άνθρωποι κατάπιναν πλαστικά σωματίδια χωρίς κάποια σχετική ένδειξη δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία. Ωστόσο

υπάρχει πρόσληψη μικροπλαστικών <50 μm στο γαστρεντερικό σωλήνα σε πειραματόζωα, τα οποία εκτέθηκαν σε υψηλές συγκεντρώσεις. Επιπλέον, υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι τα μικροπλαστικά περνούν μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα στα κόπρανα. Βέβαια, ο αριθμός των ερευνών για τις επιπτώσεις των μικροπλαστικών σωματιδίων στην υγεία είναι περιορισμένος. Επομένως, δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την τοξικότητα από την έκθεση σε μικροπλαστικά μέσω πόσιμου νερού, ιδιαίτερα για πολύ μικρά σωματίδια. Παρ' όλα αυτά, οι μέχρι τώρα πληροφορίες δεν υποδηλώνουν κάποια ανησυχία.³⁴

7.2. Επιπτώσεις των μικροπλαστικών στην ανθρώπινη υγεία από τα μικροπλαστικά βιοφίλμ

Τα βιοφίλμ στο πόσιμο νερό είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης μικροοργανισμών στους σωλήνες στο πόσιμο νερό. Στα συστήματα διανομής πόσιμου νερού, τα βιοφίλμ μπορούν να αποσπαστούν από τα τοιχώματα των σωλήνων στο νερό, αντιπροσωπεύοντας μια βασική πηγή ετεροτροφικών βακτηρίων που βρίσκονται σε όλο το πόσιμο νερό. Αν και οι περισσότεροι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στα βιοφίλμ πιστεύεται ότι είναι κυρίως μη παθογόνοι, μερικά βιοφίλμ μπορεί να περιλαμβάνουν ορισμένους παθογόνους μικροοργανισμούς όπως οι *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella spp.*, *Mycobacterium spp.* και *Naegleria fowleri*. Αντίθετα, τα παθογόνα στελέχη που αναπτύσσονται εντός του εντέρου και μπορούν να διατηρηθούν εντός των βιοφίλμ, δεν πολλαπλασιάζονται εκτός οργανισμών ξενιστών.³⁴

Ο χαρακτηρισμός των βιοφίλμ και οι σχετικοί κίνδυνοι για την υγεία από τα συστήματα διανομής περιγράφονται στις Οδηγίες για την κατάσταση του πόσιμου ύδατος και στα έγγραφα ασφάλειας των υδάτων στα συστήματα διανομής. Ωστόσο, λίγα δεδομένα είναι γνωστά για την παρουσία βιοφίλμ που να σχετίζονται με μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό, και για τους πιθανούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία που σχετίζονται με αυτά. Ο πιθανός κίνδυνος βιοφίλμ που σχετίζεται με μικροπλαστικά θεωρείται πολύ χαμηλότερος από αυτόν για τα βιοφίλμ ως μικροοργανισμούς που να σχετίζονται με τα συστήματα διανομής πόσιμου νερού.³⁴

7.2.1. Χαρακτηριστικά των πλαστικών και των μικροοργανισμών που επηρεάζουν το σχηματισμό βιοφίλμ

Πολλά υλικά, συμπεριλαμβανομένων των μικροπλαστικών, παρέχουν μια επιφάνεια για την προσκόλληση μικροοργανισμών βιοφίλμ και τον αποικισμό τους σε υδρόβιο περιβάλλον. Έχουν εντοπιστεί αρκετοί φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό πλαστικών σφαιρών, κυρίως σε θαλάσσιο περιβάλλον. Έτσι, η τραχύτητα της επιφάνειας των συνθετικών πολυμερών προάγει το σχηματισμό βιοφίλμ, ενώ οι φυσικοχημικές ιδιότητες οδηγούν στη διαδικασία προσκόλλησης. Οι οργανισμοί που σχηματίζουν βιοφίλμ προσκολλώνται γρηγορότερα σε υδρόφοβες μη πολικές επιφάνειες, όπως πλαστικά, σε παρά υδρόφιλες επιφάνειες, όπως το ανοξειδωτο ατσάλι. Γενικότερα, η ανάλυση της αλληλουχίας των γονιδίων έδειξε ότι τα βακτήρια συγκεντρώνονται διαφορετικά στα μικροπλαστικά και έχουν χαμηλότερη διαφορετικότητα και ομοιομορφία στους πλαστικούς σωλήνες σε σχέση με τους μη πλαστικούς. Για παράδειγμα, τα περισσότερα βακτηριακά και μυκητιακά στελέχη που βρέθηκαν στο πλαστικό ήταν αυτά που ήταν ικανά να αποικοδομήσουν διάφορα πλαστικά πολυμερή όπως διάφορα

είδη στα *Pseudomonas*, *Arcobacter*, *Erythrobacter*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Aspergillus*, *Penicillium* και *Phanerochaete*.³⁴

Επίσης, τα βιολογικά χαρακτηριστικά των οργανισμών που σχηματίζουν βιοφίλμ επηρεάζουν την προσκόλλησή τους, πλαστικές επιφάνειες, συμπεριλαμβανομένων των μικροπλαστικών. Για παράδειγμα, προάγουν την προσκόλληση οι στρατηγικές προσαρμογής, συμπεριλαμβανομένης της υδροφοβικότητας των κυτταρικών τοιχωμάτων και των απωθητικών/ελκυστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επιφανειών σχηματισμού βιοφίλμ και του περιβάλλοντος μέσου. Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως οι υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών (άζωτο και φωσφόρος), η αλατότητα, η θερμοκρασία, η υψηλή ακτινοβολία UV και η περιεκτικότητα σε οξυγόνο είναι παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό μικροπλαστικών-βιοφίλμ.³⁴

7.2.2. Πιθανές ανησυχίες που σχετίζονται με μικροπλαστικά βιοφίλμ στο νερό

Η πιθανότητα τα μικροπλαστικά να λειτουργούν ως φορείς για τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών αντιμικροβιακής αντοχής σε μεγάλες αποστάσεις έχει αυξηθεί με βάση τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε γλυκό νερό.³⁴

7.2.2.1. Μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών σε μεγάλες αποστάσεις

Αν και είναι περιορισμένα τα δεδομένα, φαίνεται ότι τα μικροπλαστικά μπορεί να είναι σε θέση να μεταφέρουν και να διασκορπίσουν βιοφίλμ σε μεγάλες αποστάσεις. Για παράδειγμα, μικροπλαστικά που απελευθερώνονται από τα WWTPs μπορούν να μεταφέρουν μικροοργανισμούς που να σχετίζονται με λύματα σε μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμεύσουν ως φορείς για επιβλαβείς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των εντερικών ιών και των πρωτόζωων, καθώς αυτοί οι οργανισμοί μπορούν να συσσωρευτούν σε βιοφίλμ. Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε εννέα ποτάμια στο Ιλινόις των ΗΠΑ, βρέθηκε υψηλότερη παρουσία *Pseudomonas* spp., *Burkholderiales incertae sedis* και *Campylobacter aceae* σε μικροπλαστικά σε σχέση με άλλα αιωρούμενα υλικά ή στο νερό. Ωστόσο, η αυξημένη αφθονία *Campylobacter aceae* στα μικροπλαστικά δεν ήταν σημαντική. Το στέλεχος *Pseudomonas* spp. έχει συσχετιστεί με την αποικοδόμηση των πλαστικών πολυμερών. Ακόμα, τα *Burkholderiales incertae sedis* και *Campylobacter aceae* απαντώνται συνήθως σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων και μπορούν να προκαλέσουν μια σειρά μολύνσεων σε περίπτωση κατάποσης μολυσμένου πόσιμου νερού. Αν και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που σχετίζονται με τα λύματα μπορούν να προσκολληθούν στα μικροπλαστικά και να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, ωστόσο δεν είναι σαφές πόσο καιρό θα παραμείνουν χωρίς να πολλαπλασιαστούν στα βιοφίλμ. Βέβαια, η επεξεργασία πόσιμου νερού μπορεί να αφαιρέσει τα περισσότερα από αυτά τα πλαστικά σωματίδια.³⁴

7.2.2.2. Αντιμικροβιακή αντοχή

Σε μια σειρά εργαστηριακών μελετών στις οποίες χρησιμοποιήθηκε νερό λίμνης διαπιστώθηκε ότι τα μικροβιακά στελέχη που προσκολλούνται σε βιοφίλμ σε μικροπλαστικά είναι ανθεκτικά και μεταφέρουν αντιμικροβιακά ανθεκτικά γονίδια πιο συχνά και σε ένα ευρύτερο φάσμα από τα ελεύθερα ζωντανά βακτήρια ή τα φυσικά αδρανή βιοφίλμ. Έτσι, εξήχθη το συμπέρασμα ότι η υψηλή πυκνότητα και η

στενή φυσική επαφή μεταξύ των κυττάρων των βιοφίλμ θα μπορούσε να διευκολύνει τη μεταφορά πλασμιδίων με ανθεκτικά μικροβιακά γονίδια, συμπεριλαμβανομένων των γονιδίων που σχετίζονται με αντοχή στα αντιβιοτικά. Γενικότερα, τα βιοφίλμ στα WWTP μεταφέρουν πολύ μεγαλύτερο αριθμό από μικροοργανισμούς από ότι τα βιοφίλμ στα μικροπλαστικά. Για το λόγο αυτό, θέματα που σχετίζονται με την ανησυχία της ανθρώπινης υγείας πρέπει να μελετηθούν περισσότερο.³⁴

7.2.3. Κατανομή και κίνδυνος που σχετίζεται με μικροπλαστικά βιοφίλμ στο πόσιμο νερό

Μέχρι σήμερα, υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα σχετικά με την κατανομή των βιοφίλμ που σχετίζονται με μικροπλαστικά στο πόσιμο νερό. Περαιτέρω, τα δεδομένα σχετικά με τις δυσμενείς επιδράσεις των μικροπλαστικών που σχετίζονται με τα βιοφίλμ στο γλυκό νερό και πόσιμο νερό είναι περιορισμένα. Έτσι, παρ' όλο που τα βιοφίλμ που σχετίζονται με μικροπλαστικά έχουν ανιχνευθεί στο γλυκό νερό, η παρουσία τους δεν υποδηλώνει απαραίτητα κίνδυνο ούτε στο πόσιμο νερό ούτε στην υγεία του ανθρώπου. Επίσης, με την επεξεργασία του πόσιμου νερού, εφαρμόζονται μέθοδοι και απολυμαντικά με τις οποίες αφαιρούνται ή απενεργοποιούνται τα μικροπλαστικά βιοφίλμ στα οποία είναι προσκολλημένοι οι μικροοργανισμοί.³⁴

7.2.4. Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες

Προς το παρόν δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποδηλώνουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία από μικροπλαστικά βιοφίλμ στο πόσιμο νερό. Επίσης, οι πιθανοί κίνδυνοι από μικροοργανισμούς που να συνδέονται με μικροπλαστικά βιοφίλμ είναι πολύ χαμηλότεροι από τον τεκμηριωμένο κίνδυνο που ενέχουν οι υψηλές συγκεντρώσεις παθογόνων στελεχών που υπάρχουν στα απόβλητα ανθρώπων και ζώων σε πηγές πόσιμου νερού. Επιπλέον, όσον αφορά την περιοχή σύνδεσης και μεταφοράς μικροοργανισμών, οι συγκεντρώσεις αυτών στα μικροπλαστικά στις πηγές πόσιμου νερού είναι πολύ χαμηλότερες από τις συγκεντρώσεις μη μικροπλαστικών σωματιδίων που είναι υπεύθυνα για τη θολότητα στο νερό.³⁴

Η ποικιλομορφία των οργανισμών, παθογόνων και μη, στα μικροπλαστικά περιορίζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και από τις ιδιότητες του υλικού όπως η τραχύτητα της επιφάνειας και η υδροφοβικότητα. Όμως, η επεξεργασία πόσιμου νερού είναι σχεδιασμένη και προετοιμασμένη για την αφαίρεση σωματιδίων και την απολύμανση οποιουδήποτε παθογόνου στελέχους πριν φτάσει στο πόσιμο νερό. Ακόμα, ο πιθανός κίνδυνος από παθογόνα που βρίσκονται σε μικροπλαστικά βιοφίλμ είναι πολύ χαμηλότερος σε σχέση με τα βιοφίλμ που σχετίζονται με συστήματα διανομής νερού. Αλλά όπως έχει αναφερθεί τα συστήματα καθαρισμού του νερού προλαμβάνουν όλες τις πιθανές παρενέργειες από επιμολύνσεις στην υγεία του ανθρώπου.³⁴

7.3. Μικροπλαστικά και επιπτώσεις σε άλλους οργανισμούς

Τα πλαστικά αντικείμενα βρίσκουν καθολική χρήση, είναι εύρωστα, ενώ συχνά συντίθενται από τοξικά και άλλα επιβλαβή αντιδραστήρια. Λόγω της σταθερότητάς τους, οι συγκεντρώσεις των σκουπιδιών από πλαστικά πολλαπλασιάζονται και συσσωρεύονται στους ωκεανούς. Τα μικροπλαστικά στο θαλάσσιο περιβάλλον έχουν πλέον γίνει ένα σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης παγκοσμίως λόγω της μεγαλύτερης εισροής απορριπτόμενων αποβλήτων από διάφορες πηγές. Τα πλαστικά κατάλοιπα βρέθηκαν σε

πολλά θαλάσσια είδη, όπως οι θαλάσσιες χελώνες, οι φώκιες, οι φάλαινες, τα ψαροπούλια, σε διάφορα είδη ψαριών και σε οστρακόδερμα. Κατά συνέπεια, εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα και μπορεί να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι περισσότερες μελέτες για τις πηγές μικροπλαστικών έχουν επικεντρωθεί στο θαλάσσιο περιβάλλον, ενώ λίγες είναι αυτές οι αναφορές που καλύπτουν τα χερσαία υδάτινα περιβάλλοντα, όπως τα ποτάμια και τις λίμνες.

Λόγω του μικρού μεγέθους και της μεγάλης παρουσίας τους στα υδάτινα οικοσυστήματα, τα μικροπλαστικά έχουν τη δυνατότητα να απορροφηθούν από τους θαλάσσιους και ωκεάνιους οργανισμούς. Οι οργανισμοί χαμηλότερου τροφικού επιπέδου (ζωοπλαγκτόν, ασπόνδυλα και εχινόδερμες προνύμφες) είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στην κατάποση μικροπλαστικών, καθώς δεν μπορούν να ξεχωρίσουν τα σωματίδια αυτά από τα τρόφιμα. Αλλά και θαλασσοπούλια, καρκινοειδή και ψάρια μπορούν να καταπιούν μικροπλαστικά είτε απευθείας είτε μέσω της τροφικής αλυσίδας. Στις περισσότερες περιπτώσεις πιστεύεται ότι τα ζώα αυτά μπορεί να είχαν καταπιεί μικροπλαστικά συγχέοντάς τα με κάποιο θήραμά τους. Εναλλακτικά, η κατάποση μικροπλαστικών μπορεί να προκύψει από την κατανάλωση χαμηλότερου τροφικού οργανισμού που οι τελευταίοι να έχουν καταναλώσει οι ίδιοι μικροπλαστικά.⁷

Ωστόσο, δεν έχει ακόμη αποδειχθεί εάν η κατάποση μη μολυσμένων μικροπλαστικών έχει σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των βιοτόπων (π.χ. νοσηρότητα, θνησιμότητα ή αναπαραγωγική αποτυχία). Τα μικροπλαστικά ενδέχεται να προκαλέσουν κίνδυνο σε μικρά ζώα που τα κατάποσαν. Δηλαδή, τα πλαστικά θραύσματα ενδέχεται να μπλοκάρουν τις διόδους τροφοδοσίας, να εμποδίσουν τη διέλευση των τροφίμων μέσω του εντερικού σωλήνα ή να προκαλέσουν ψευδοκορεσμό με αποτέλεσμα τη μειωμένη πρόσληψη τροφής. Ωστόσο, πολλοί θαλάσσιοι οργανισμοί (σκουλήκια) έχουν την ικανότητα αφαίρεσης ανεπιθύμητων υλικών (π.χ. ιζήματα, φυσικά υπολείμματα και σωματίδια) από το σώμα τους μέσω των περιττώματων τους χωρίς να προκαλούν βλάβη. Έτσι, οργανισμοί που τρέφονται με περιττώματα και νεκρή ύλη μπορούν να καταναλώσουν με αυτόν τον τρόπο τα μικροπλαστικά.⁷

7.3.1. Επίδραση μικροπλαστικών σε συνδυασμό με χημικά στο θαλάσσιο περιβάλλον

Αν και τα πλαστικά συνήθως θεωρούνται βιοχημικά αδρανή, παρ' όλα αυτά οι πρόσθετες ουσίες που φέρουν μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητες παρενέργειες στην υδρόβια ζωή. Σε προηγούμενη παράγραφο έχει καταγραφεί η δράση τους. Στον παρόν κομμάτι θα γίνει λόγος στην επίδρασή τους στα ζώα της θάλασσας.

Λόγω της μεγάλης αναλογίας της επιφάνειας προς τον όγκο των μικροπλαστικών, τα θαλάσσια ζώα μπορούν να εκτεθούν άμεσα σε έκπλυτα πρόσθετα μετά κατάποση μικροπλαστικών. Τέτοια πρόσθετα και μονομερή ενδέχεται να επηρεάζουν σημαντικές βιολογικές διεργασίες, με αποτέλεσμα την ενδοκρινική διαταραχή, η οποία με τη σειρά της μπορεί να επηρεάσει την κινητικότητα, την αναπαραγωγή, την ανάπτυξη των οργανισμών, ενώ μπορεί να οδηγήσει και σε καρκινογένεση. Τα συνήθη χρησιμοποιούμενα πρόσθετα, όπως οι πολυβρωμιωμένοι διφαινυλαιθέρες, οι φθαλικοί εστέρες και το μονομερές διφαινόλη Α, φημίζονται για τις ενδογενείς ορμονικές διαταραχές. Συγκεκριμένα, τα φθαλικά έχουν συσχετιστεί με μια σειρά γονοτοξικών βλαβών στα υδρόβια ασπόνδυλα και τα ψάρια, αναστέλλοντας

ταυτόχρονα και την ικανότητα μετακίνησης σε ασπόνδυλα και ψάρια. Η διφαινόλη Α είναι αγωνιστής οιστρογόνων και ανδρογόνων και μπορεί να επηρεάσει την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη ανάλογα με τη συγκέντρωσή της στον οργανισμό. Επιπλέον, έχει συσχετιστεί με χρόνιες ασθένειες, συμπεριλαμβανομένων των καρδιακών παθήσεων, του διαβήτη και των μεταβολών στα επίπεδα των ορμονών. Ακόμα, μικροπλαστικά επικαλυμμένα με POPs μπορούν να μεταφερθούν στους ωκεανούς και να ρυπάνουν διαφορετικά παρθένα οικοσυστήματα ή να καταποθούν από θαλάσσιους οργανισμούς, μεταφέροντας έτσι τοξίνες από το περιβάλλον έως τους βιοτόπους. Επίσης, μπορούν να προκαλέσουν ενδοκρινικές διαταραχές, μεταλλαξογένεσις και καρκινογένεση. Ωστόσο, δεν είναι σαφές εάν οι μολυσματικές ουσίες που προσκολλούνται στα μικροπλαστικά αποσυνδέονται όταν καταποθούν.⁷

Ενώ τα πλαστικά αποτελούν σαφή κίνδυνο για τη θαλάσσια ζωή, τα μικροπλαστικά διαφέρουν. Σε πρόσφατη μελέτη υπογραμμίζεται ο κίνδυνος που θέτουν τα μικροπλαστικά σε εμβληματικά μεγάλα θαλάσσια ζώα όπως οι φάλαινες και οι καρχαρίες. Τα ζώα αυτά τρέφονται με πλαγκτόν και άλλους μικροσκοπικούς οργανισμούς φιλτράροντας χιλιάδες κυβικά μέτρα θαλασσινού νερού που είναι πιθανό να περιέχουν μικροπλαστικά. Τα μικροσκοπικά σωματίδια θα μπορούσαν να έχουν δυσάρεστα αποτελέσματα για αυτά τα θαλάσσια ζώα, οδηγώντας σε μειωμένη γονιμότητα ή ακόμη και μείωση πληθυσμών. Βέβαια, τα θηλαστικά αυτά, τα οποία μπορούν να είναι από μικρά σφουγγάρια έως τεράστιες φάλαινες, δεν έχουν δόντια όπως άλλα ζώα όπως τα δελφίνια, και αντ' αυτού, έχουν συστήματα τροφοδοσίας φίλτρων που τους επιτρέπουν να φιλτράρουν τρόφιμα από το νερό. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι ρυπογόνες και τοξικές ουσίες που συνοδεύουν τα μικροπλαστικά, και εισέρχονται στα ζώα μέσω της διατροφικής τους αλυσίδας, μπορούν να αλλάξουν τις βιολογικές διεργασίες των θαλάσσιων ζώων, επηρεάζοντας αρνητικά τον ήδη πολύ χαμηλό ρυθμό αναπαραγωγής τους αλλά και άλλες βασικές βιολογικές διαδικασίες τους, όπως την ανάπτυξή τους.⁵³

Όπως και με την ανθρώπινη υγεία, έτσι και με την υγεία των θαλάσσιων ζώων απαιτείται περαιτέρω έρευνα σχετικά με το θέμα της ρύπανσης και της δηλητηρίασής τους με μικροπλαστικά. Οι επιστήμονες αναφέρουν πως η πιθανότητα τα μικροπλαστικά να επηρεάσουν σοβαρά την υγεία των ζώων είναι πολύ χαμηλή.⁵⁴

7.4. Συμπεράσματα και ερευνητικές ανάγκες

Εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχει ασάφεια για την ύπαρξη αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία (π.χ. θνησιμότητα, νοσηρότητα και αναπαραγωγική αποτυχία) τόσο των ζώων όσο και των ανθρώπων από την κατανάλωση μικροπλαστικών. Ακόμα και αν ένας τέτοιος ρύπος περάσει στην τροφική αλυσίδα δεν υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις επικινδυνότητας. Βέβαια, η μεταφορά τοξικών χημικών ουσιών σε βιοτόπους μέσω της κατάποσης μικροπλαστικών είναι ανησυχητική. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί λίγες μελέτες τοξικότητας όσον αφορά το συγκεκριμένο θέμα. Βέβαια, περαιτέρω μελέτες είναι απαραίτητες για την κατανόηση των συνεπειών αυτής της απειλής στα είδη ψαριών και τον ανθρώπινο πληθυσμό. Σε αυτήν την περίπτωση, η ανάγκη λύσεων στο πρόβλημα αυτό είναι μεγίστης σημασίας. Έτσι, είναι επιτακτική ανάγκη η μείωση της παραγωγής πλαστικών, που είναι η κύρια πηγή μικροπλαστικών, και της διάχυσής τους στα θαλάσσια και ωκεάνια οικοσυστήματα. Επιπλέον, τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων και καθαρισμού του νερού θα πρέπει να λειτουργούν εύρυθμα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιστήμη και η βιομηχανία των πλαστικών ικανοποίησε τις αυξανόμενες ανάγκες του ανθρώπου μέσω των νέων υλικών. Δυστυχώς, όμως, η αυξανόμενη ανάγκη για πλαστικά οδήγησε στην αύξηση της συγκέντρωσής τους ως απορρίμματα σε βάρος του περιβάλλοντος και κατ' επέκταση της ανθρώπινης υγείας.

Στις μέρες μας, το πλαστικό αποτελεί τον πιο διαδεδομένο θαλάσσιο ρύπο. Μεγάλο ποσοστό αυτών βρίσκεται μέσω των κατακρημνίσεων στις παραλίες. Η διάβρωση και η διάσπαση που υφίστανται τα πλαστικά τα μετατρέπουν σε μια δεύτερη κατηγορία που καλείται μικροπλαστικά, λόγω του μεγέθους τους. Σύμφωνα με την Αμερικανική Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA) είναι κάθε είδους πλαστικό κομμάτι που έχει μήκος λιγότερο από πέντε χιλιοστά.

Η παρουσία αυτών των μικροσωματιδίων δεν εμφανίζεται μόνο στο φυσικό περιβάλλον. Γενικά, τα μικροπλαστικά εισέρχονται στα φυσικά οικοσυστήματα από μια πληθώρα πηγών, όπως προϊόντα υγείας (καθαριστικά και οδοντόκρεμες), καλλυντικά, ρούχα, ελαστικά αυτοκινήτων, βιομηχανικές διεργασίες, περιβαλλοντική δραστηριότητα, αλιευτική βιομηχανία και πλαστικά μπουκάλια. Ίχνη τους έχουν βρεθεί τόσο στο πόσιμο όσο και στο εμφιαλωμένο νερό. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Νομοθεσία αλλά και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) έχουν μεριμνήσει για την προστασία των νερών τα οποία καταναλώνει ο άνθρωπος. Οι διατάξεις είναι αρκετά αυστηρές και καλύπτουν όλους τους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν από την κατανάλωση του νερού. Σε συνέχεια των προηγούμενων κανόνων, και η Ελληνική Νομοθεσία, στηριζόμενη σε αυτή της Ευρωπαϊκής, μεριμνά για την ασφαλή κατανάλωση του πόσιμου και εμφιαλωμένου νερού από τους ανθρώπους.

Ταυτόχρονα, και η επιστημονική κοινότητα ασχολήθηκε με την έρευνα της εύρεσης μικροπλαστικών στο πόσιμο και εμφιαλωμένο νερό, αλλά και τους κινδύνους που ενέχουν αυτά στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον. Βέβαια, προς το παρόν τα αξιολογημένα δεδομένα για τον κίνδυνο που σχετίζεται με την έκθεση των μικροπλαστικών και βιοφίλμ στην υγεία του ανθρώπου, είναι λίγα. Όσον αφορά τις χημικές ουσίες που σχετίζονται με μικροπλαστικά, υπάρχουν περιορισμένα διαθέσιμα δεδομένα. Κατά τη διερεύνηση πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με μικροπλαστικά σωματίδια βρέθηκε ότι ορισμένα μικροσωματίδια μπορούν να περάσουν από το εντερικό τοίχωμα και να μετατοπιστούν σε ιστούς που βρίσκονται μακριά από τον συγκεκριμένο βλεννογόνο. Αλλά και πάλι ο αριθμός των ερευνών για τις επιπτώσεις των μικροπλαστικών σωματιδίων στην υγεία είναι περιορισμένος και γι' αυτό το λόγο δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την τοξικότητα από την έκθεση σε μικροπλαστικά μέσω πόσιμου νερού, ιδιαίτερα για πολύ μικρά σωματίδια. Παρ' όλα αυτά, οι μέχρι τώρα πληροφορίες δεν υποδηλώνουν κάποια ανησυχία.

Όσον αφορά το υδάτινο περιβάλλον και την πανίδα που σχετίζεται με αυτό, μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχει ασάφεια για την ύπαρξη αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία τόσο των ζώων όσο και των ανθρώπων, ως μέρος της τροφικής αλυσίδας, από την κατανάλωση μικροπλαστικών. Ακόμα και αν ένας τέτοιος ρύπος περάσει στην τροφική αλυσίδα δεν υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις επικινδυνότητας. Βέβαια, η μεταφορά τοξικών χημικών ουσιών σε βιοτόπους μέσω της κατάποσης μικροπλαστικών είναι ανησυχητική. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί λίγες μελέτες

τοξικότητας όσον αφορά το συγκεκριμένο θέμα και απαιτείται περαιτέρω έρευνα. Το μόνο σίγουρο συμπέρασμα είναι ότι πρέπει να μειωθεί η παραγωγή των πλαστικών που είναι η κύρια πηγή μικροπλαστικών, ώστε να μην υπάρχει επιπλέον ρύπανση στα θαλάσσια και ωκεάνια οικοσυστήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ελληνική Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, Αριθμ. Γ1(δ)/ ΓΠ οικ.67322 (2017).
2. **Καραγιαννίδης, Π. Π.** (2002).*Ειδική Ανόργανη Χημεία*, β' έκδοση, εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
3. Υπουργείο Εσωτερικών/Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας Διεύθυνση Σχεδιασμού & Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών Τμήμα Σχεδιασμού, Πρόληψης & Αντιμετώπισης Τεχνολογικών & Λοιπών Καταστροφών.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4. **Blair Crawford, C., & Quinn, B.** (2016). *Microplastic Pollutants*, 1st edition, Elsevier Science.
5. **Boucher, J., & Friot, D.** (2017). *Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources*, Switzerland.
6. **Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G.** (2016). *Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants*, **Water Res.**, 91, 174.
7. **Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S.** (2011). "*Microplastics as contaminants in the marine environment: A review*", **Marine Pollut. Bullet.**, 62, 2588.
8. (a) **Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S.** (2013). "*Microplastic Ingestion by Zooplankton*", **Environmental Science & Technology**, 47, 6646; (b) "*Where Does Marine Litter Come From?*", **Marine Litter Facts**, British Plastics Federation (2018).
9. **Collignon, A., Hecq, J.-H., Galgani, F., Collard, F., & Goffart, A.** (2014). "*Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean-Corsica)*", **Marine Pollution Bulletin**, 79, 293.
10. **Conkle, J. L., Báez Del Valle, C. D., & Turner, J. W.** (2017). "*Are We Underestimating Microplastic Contamination in Aquatic Environments?*", **Environmental Management**, 61, 1.
11. **Courtney, A., Joel, B., & Holly, B.** (2009). "*Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*", **NOAA Technical Memorandum**.
12. **Darrell, E. D., & Steven D. Gammon, S. D.** (2010). *Γενική Χημεία*, 6η έκδοση, Αθήνα, Τραυλός.
13. **European Investment Bank** (2020). *Development solutions: Building a better ocean*.
14. (a) **Gleick, P.H.** (1993). *Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources*, Oxford University Press; (b) *Water Vapor in the Climate System, Special Report*, AGU Publication Office, **1995**.
15. *Global groundwater use outpaces supply; Measure reveals unsustainable use of world's aquifers*, **Science News** (2012).

16. (a) **Grossman, E.** (2015). "How Plastics from Your Clothes Can End up in Your Fish", **Time**; (b) "How Long Does it Take Trash to Decompose", **4 Ocean**(2017); (c) *Life-Mermaids Project, Spain*, (2014).
17. **Habib, D., Locke, D. C., & Cannone, L. J.** (1998). *Synthetic Fibers as Indicators of Municipal Sewage Sludge, Sludge Products, and Sewage Treatment Plant Effluents*, **Water, Air, and Soil Pollut.**, 103, 1.
18. **Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F.** (2014). *The present and future of microplastic pollution in the marine environment*, **Environ. Pollut.**, 185, 352.
19. (a) **Jeffrey Utz, M.D.** (200). **Neuroscience**; (b) United Nations. Un.org (2005).
20. **Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T. R., & Cole, M.** (2018). "Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution", **Environmental Science and Pollution Research**, 25, 36046.
21. **Koelmans, A. A., Nor, N. H. M., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J.** (2019). **Water Res.**, 155, 410.
22. **Mason, S., A., Welch, V., & Neratko, J.** (2018). *Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water*, **Front. Chem.**, 6, 407.
23. **Masura, J., Baker, J., Foster, G., Arthur, C., & Herring, C.** (2015). *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*, **NOAA Marine Debris Program**.
24. **Oßmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspötter, H., Pischetsrieder, M., Christiansen, S. H, Dicke, W.**(2018).*Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water*, **Water Res.**, 141, 307.
25. **Patel, M. M., Goyal, B. R., Bhadada, S. V., Bhatt, J. S., & Amin, A. F.** (2009). "Getting into the Brain: Approaches to Enhance Brain Drug Delivery", **CNS Drugs**, 23, 35.
26. **Pitt, J. A., Kozal, J. S., Jayasundara, N., Massarsky, A., Trevisan, R., Geitner, N., Wiesner, M., Levin, E. D., & Di Giulio, R. T.** (2018). "Uptake, tissue distribution, and toxicity of polystyrene nanoparticles in developing zebrafish (*Danio rerio*)", **Aquatic Toxicology**, 194, 185.
27. **Sathish, M. N., Jeyasanta, I., & Patterson, J.** (2020). **Sci. Total Environ.**, 720, 137614.
28. **Scircle, A., Cizdziel, J. V.,** (2020). *Detecting and Quantifying Microplastics in Bottled Water using Fluorescence Microscopy: A New Experiment for Instrumental Analysis and Environmental Chemistry Courses*, **J. Chem. Educ.**, 97, 234.
29. **Mason, S.A.; Welch, V. G., & Neratko, J.** (2018). *Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water*, **Frontiers in Chemistry**, 6.
30. **Skjolding, L. M., Ašmonaitė, G., Jølck, R. I., Andresen, T. L., Selck, H., Baun, A., & Sturve, J.** (2017). "An assessment of the importance of exposure routes to the uptake and internal localisation of fluorescent nanoparticles in zebrafish (*Danio rerio*), using light sheet microscopy", **Nanotoxicology**, 11, 351.

31. (a) **Thompson, A.** (2018). "Earth Has a Hidden Plastic Problem—Scientists Are Hunting It Down", **Scientific American**; (b) "To Save the Oceans, Should You Give Up Glitter?", **National Geographic News** (2017); (c) "Microplastic waste: This massive (tiny) threat to sea life is now in every ocean", **The Independent** (2014).
32. **Wexford: Environmental Protection Agency** (1997). *Primary, Secondary, and Tertiary Treatment, Wastewater Treatment Manuals.*, Ireland.
33. "What are the Sources of Microplastics and its Effect on Humans and the Environment? - Conserve Energy Future", **Conserve Energy Future** (2018).
34. **World Health Organization**, *Microplastics in drinking-water*, (2019).

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

35. https://www.google.gr/search?q=%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8C&sx srf=ALeKk00HFzFZcJKsbi-hjAKe42Lz0sHMPw:1594244774223&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiyjM_L0L7qAhUSFpoKHcg-CUsQ_AUoAXoECBoQAw&biw=1366&bih=625#imgrc=H8fQDntgRFHx-M
36. (a) *Το πιο πολύτιμο αγαθό του πλανήτη και όλα όσα πρέπει να γνωρίζουμε*, Huffpost (2018); (b) https://www.huffingtonpost.gr/entry/nero-opos-leme-zoe_gr_5b4ca210e4b022fdcc5b93c6την_27/7/2018.
37. [https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7&tbm=isch &ved=2ahUKEwigj6fM0L7qAhVRyxoKHR_AAqwQ2-cCegQIABAA&oq=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7&gs_lcp=CgNpbWcQAzICCAAYAggAMgYIABAFEB4yBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgy6BQgAELEDOgQIABBDOggIABCx AxCDAVDkpw5YyLQOYMC9DmgAcAB4AIAB3gGIAdMLkgEGMC4xM C4xmAEAOAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWc&scient=img&ei=pz4GX-CfKNHGaz-Ah-AM&bih=625&biw=1366#imgrc=GIoE5iChYtdfGM](https://www.google.gr/search?q=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7&tbm=isch &ved=2ahUKEwigj6fM0L7qAhVRyxoKHR_AAqwQ2-cCegQIABAA&oq=%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7&gs_lcp=CgNpbWcQAzICCAAYAggAMgYIABAFEB4yBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgyBAgAEBgy6BQgAELEDOgQIABBDOggIABCx AxCDAVDkpw5YyLQOYMC9DmgAcAB4AIAB3gGIAdMLkgEGMC4xM C4xmAEAOAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWc&scient=img&ei=pz4GX-CfKNHGaz-Ah-AM&bih=625&biw=1366#imgrc=GIoE5iChYtdfGM)
38. https://www.sciencenews.org/article/global-groundwater-use-outpaces-supply την_8/8/2012.
39. World Health Organization (2008). <https://www.who.int/data/gho/data/themes/theme-details/GHO/health-systems>
40. https://www.google.gr/search?q=%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%88%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%AF%CE%B1&tbm=isch&ved=2ahUKEwivn pW-0b7qAhUMwoUKHaF7BCsQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%88%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%AF%CE%B1&gs_lcp=CgNpbWcQAzICCAAYAggAMg QIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMg QIABAYMgQIABAYOgQIIxAnOgUIABCxAzoICAAQsQMqgwFQ1uAU WJj1FGD0-BRoAHAAeACAAXmIAYoIkgEDMC45mAEOAEBqgELZ3dzLXdpei1pb

[Wc&sclient=img&ei=lj8GX6_7GoyElwSh95HYAg&bih=625&biw=1366#imgrc=3H4OU5xXJzhoQM](https://www.liberal.gr/news/poso-empisteuete-to-empialomeno-nero/56815)

41. (a) *Πόσο εμπιστεύεστε το εμφιαλωμένο νερό;*, **Liberal**(2020); (b) <https://www.liberal.gr/news/poso-empisteuete-to-empialomeno-nero/56815> την 6/10/2016.
42. [https://www.google.gr/search?q=%CE%B5%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF+%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF&tbm=isch&ved=2ahUKEwj17Lri0r7qAhUpgHMKHVXLCxoQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%B5%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%B1&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIADoECCMQJzoFCAAQsQNQufMKWPb6CmDjgwt0AHAeACAAAYUBiAHoBJIBAzAuNZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&sclient=img&ei=7kAGX-W9PKmAzgPVIq_QAQ&bih=625&biw=1366#imgrc=kZntDuz4X4TO6M](https://www.google.gr/search?q=%CE%B5%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF+%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF&tbm=isch&ved=2ahUKEwj17Lri0r7qAhUpgHMKHVXLCxoQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%B5%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%B1&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIADoECCMQJzoFCAAQsQNQufMKWPb6CmDjgwt0AHAeACAAAYUBiAHoBJIBAzAuNZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&sclient=img&ei=7kAGX-W9PKmAzgPVIq_QAQ&bih=625&biw=1366#imgrc=kZntDuz4X4TO6M).
43. http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=322:2013-03-06-14-19-30&catid=47&Itemid=520&lang=en την 6/3/2013.
44. https://www.google.gr/search?q=%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B1&tbm=isch&ved=2ahUKEwjB0Jy5077qAhUa0YUKHRPvA_oQ2-cCegQIABAA&oq=%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B1&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgIIADIECAAQGDIECAAQGDIECAAQGDIGCAAQChAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYMgQIABAYOgQIIxAnOgUIABCxAzoECAAQQzoICAAQsQMogwFQn-kJWLjzCWD_ggpoAHAeACAACQBiAG1CJIBAzAuOJgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&sclient=img&ei=pEEGX8HuOZqilwST3o_QDw&bih=625&biw=1366#imgrc=Fz8XiBjduDihUM
45. <https://www.google.gr/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2Fca532c74e364a7735d80ab9cb9f8698f9746cbe4b8918a25538a8d3bde507a2e&imgrefurl=https%3A%2F%2Fpubs.acs.org%2Fdoi%2Fpdf%2F10.1021%2Facsomega.9b00222&tbnid=c6dk43QsU8oxoM&vet=12ahUKEwjbi9beucPrAhWQNuWKHRAqAN8QMygQegUIARCaAQ..i&docid=ZyoU9RrYimLiZM&w=1250&h=789&q=Primary%20Microplastics%20in%20the%20Oceans%3A%20A%20Global%20Evaluation%20of%20Sources%3B%20Gland%3A%20Switzerland%2C%202017%3B%20p%2043.&ved=2ahUKEwjbi9beucPrAhWQNuWKHRAqAN8QMygQegUIARCaAQ>
46. https://www.researchgate.net/profile/Raymond_Gillibert/publication/334154527/figure/fig1/AS:782277206347777@1563520828292/Degradation-flow-and-size-based-definition-of-plastics.png
47. <https://www.conserve-energy-future.com/sources-effect-microplastics-humans-animals-environment.php>
48. <https://www.dw.com/en/here-there-and-in-the-toilet-microplastics-now-found-in-our-poop/a-45942183> την 22/10/2018.

49. <https://www.dw.com/el/%CE%B1%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%B1-%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%>
50. <https://www.ydor.com.gr/blog/efialtis-ta-perissotera-mpoukalia-me-emfialomeno-nero-perioxoun-mikroskopika-kommatia-plastikou;> (b)
https://www.huffingtonpost.gr/entry/nero-opos-leme-zoe_gr_5b4ca210e4b022fdcc5b93c6 την 27/7/2018.
51. <https://www.dw.com/en/microplastics-endanger-whales-and-sharks/a-42454304> την 5/2/2018.
52. <https://ygeia-news.com/pagkosmios-organismos-ygeias/xamili-i-epikindynotita-ton-mikroplastikon-sto-posimo-nero/>
53. <https://www.dw.com/en/microplastics-endanger-whales-and-sharks/a-42454304> την 5/2/2018.
54. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution> την 9/2018.
55. <https://epoptes.wordpress.com/%CE%B8%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%85%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82/%CF%80%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%BF-%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8C/%CE%B5%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%AC/%CF%85%CF%80-%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD-%CF%85%CF%80-%CE%B1%CE%B2484179-%CF%86%CE%B5%CE%BA-%CE%B2-696-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%AF-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%80%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Τυπικά χαρακτηριστικά των μικροπλαστικών.

Όνομα	Ακρωνύμιο	Προϊόντα	Πυκνότητα (g/mL)	Διάρκεια ζωής (χρόνια)
Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο	PET	Μπουκάλια νερού	1.37-1.45	20
Πολυεστέρας	PES	Πολυεστερικά ρούχα	1.39	>20
Χαμηλής πολυαιθυλένιο	LDPE	Πλαστικές σακούλες και μπουκάλια	0.917-0.930	
Υψηλής πολυαιθυλένιο	HDPE	Μπουκάλια απορρυπαντικού	0.93-0.97	>28
Πολυβινυλοχλωρίδιο	PVC	Σωλήνες, ηλεκτρικά καλώδια, ρούχα	1.20-1.45	140
Πολυπροπυλένιο	PP	Ρούχα, πάματα	0.89-0.94	>100
Πολυαμίδιο	PA	Υφάσματα, οδοντόβουρτσες	1.13-1.41	>20
Πολυστυρένιο	PS	Συσκευασίες φαγητού	1.04-1.11	50
Ακρυλονιτρίλιο-βουταδιένιο- στυρένιο	ABS	Σωλήνες, μουσικά όργανα	1.04-1.06	
Πολυτετραφλουοροαιθυλένιο	PTFE	Ρουλεμάν, γρανάζια, φλάντζες	2.10-2.30	>140

Πίνακας 2. Χημικές παράμετροι στο νερό.

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Βενζόλιο	1,0	µg/L
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	µg/L
Κάδμιο	5,0	µg/L
Χρώμιο	50	µg/L
Νιτρικά	50	mg/L
Νιτρώδη	0,50	mg/L
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	µg/L

Σημείωση 1: Η τιμή ισχύει για δείγμα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται στη βρύση με μέθοδο δειγματοληψίας που ικανοποιεί τις νομοθετικές απαιτήσεις. Οι υπεύθυνοι σε συνεργασία με τις αρμόδιες Αρχές λαμβάνουν υπόψη τα περιστατικά μεγίστων επιπέδων που ενδέχεται να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Σημείωση 2: Οι αρμόδιες Αρχές εξασφαλίζουν ότι τηρείται ο όρος $[νιτρικά]/50 + [νιτρώδη]/3 < 1$, οι αγκύλες υποδηλούν συγκέντρωση σε mg/L για νιτρικά (NO₃) και για τα νιτρώδη άλατα (NO₂), καθώς και ότι η τιμή 0,10 mg/L για τα νιτρώδη τηρείται για το νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Σημείωση 3: Οι συγκεκριμένες ενώσεις είναι το βενζο(β)φθορανθένιο, το βενζο(λ)φθορανθένιο, το βενζο(η,θ,ι)περυλένιο και το ινδενο(1,2,3-γ,δ)πυρένιο.

Πίνακας 3. Ενδεικτικές παράμετροι φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού.

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αγωγιμότητα	2500	μS cm ⁻¹ στους 20°C
Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Οξειδωσιμότητα	5,0	mg/LO ₂
Θειικά	250	mg/L
Νάτριο	200	mg/L
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)		
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	

Σημείωση 1: Το νερό δεν πρέπει να είναι διαβρωτικό.

Σημείωση 2: Για το μη ανθρακούχο νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία, η κατώτατη τιμή μπορεί να μειώνεται σε 4,5 μονάδες pH. Για το νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία και έχει φυσική περιεκτικότητα σε ή είναι τεχνητά εμπλουτισμένο με διοξείδιο του άνθρακα, η κατώτατη τιμή μπορεί να είναι μικρότερη.

Σημείωση 3: Η παράμετρος αυτή δεν χρειάζεται να μετράται εφόσον αναλύεται η παράμετρος ολικού οργανικού άνθρακα.

Σημείωση 4: Η παράμετρος αυτή δεν χρειάζεται να μετράται για παροχές κάτω των 10.000 m³ ημερησίως.

Σημείωση 5: Σε περίπτωση επεξεργασίας επιφανειακών υδάτων, οι υπεύθυνοι σε συνεργασία με τις Αρμόδιες Αρχές επιδιώκουν παραμετρική τιμή που δεν υπερβαίνει την 1,0 NTU (νεφελομετρική μονάδα θολότητας) στο νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

Πίνακας 4. Ελάχιστα χαρακτηριστικά επιδόσεων «Αβεβαιότητα μέτρησης».

Παράμετροι	Αβεβαιότητα μέτρησης % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)
Βενζο(a)πυρένιο	50
Βενζόλιο	40
Κάδμιο	25
Χρώμιο	30
Αγωγιμότητα	20
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου pH (εκφραζόμενα σε μονάδες pH)	0,2
Νικέλιο	25
Νιτρικά	15
Νιτρώδη	20
Οξειδωσιμότητα	50
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	50
Νάτριο	15
Θειικά	15

Πίνακας 5. Ελάχιστα χαρακτηριστικά επιδόσεων «ορθότητα», «πιστότητα» και «όριο ανίχνευσης».

Παράμετροι	Ορθότητα % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)	Πιστότητα % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)	Όριο ανίχνευσης % της παραμετρικής τιμής (εκτός από pH)
Βενζο(α)πυρένιο	25	25	25
Βενζόλιο	25	25	25
Κάδμιο	10	10	10
Χρώμιο	10	10	10
Εξασθενές χρώμιο	10	10	10
Αγωγιμότητα	10	10	10
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου pH (εκφραζόμενα σε μονάδες pH)	0,2	0,2	
Νιτρικά	10	10	10
Νιτρώδη	10	10	10
Οξειδωσιμότητα	25	25	10
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	25	25	25
Νάτριο	10	10	10
Θειικά	10	10	10
Θολότητα	25	25	25

Σημείωση 1 Οι τιμές για την ορθότητα, την πιστότητα και την αβεβαιότητα μέτρησης εκφράζονται σε μονάδες pH.

Σημείωση 2: Μέθοδος αναφοράς: EN ISO 8467.

Σημείωση 3: Τα χαρακτηριστικά επιδόσεων ισχύουν για τις επιμέρους ουσίες που ορίζονται στο 25 % της παραμετρικής τιμής του παραρτήματος I μέρος B.

Σημείωση 4: Η αβεβαιότητα μέτρησης θα πρέπει να εκτιμάται στο επίπεδο των 3 mg/l του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC). Χρησιμοποιούνται οι κατευθυντήριες γραμμές του CEN 1484 για τον προσδιορισμό του TOC και του διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC).

Σημείωση 5: Η αβεβαιότητα μέτρησης θα πρέπει να εκτιμάται στο επίπεδο του 1,0 NTU (νεφελομετρική μονάδα θολότητας) σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 7027.

Πίνακας 6. Ονομασίες, συντομεύσεις και χημικοί τύποι των πολυμερών που χρησιμοποιούνται ως πλαστικές ύλες.

Ονομασία	Συντόμευση	Χημικός Τύπος
Πολυαιθυλένιο	PE	$\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n$
Πολυπροπυλένιο	PP	$\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$
Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο	PET	$\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{O} \end{array} \right)_n$
Πολυστυρόλιο	PS	$\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{C}_6\text{H}_5 & \text{H} \end{array} \right)_n$
Πολυβινυλοχλωρίδιο	PVC	$\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array} \right)_n$
Πολυανθρακικά	PC	$\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \right)_n$
Πολυαμίδια	PA	$\left(\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} \right)_n$
Πολυουρεθάνη	PUR	$\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{H}_2 \\ \\ \text{O} \end{array} \right)_n$