



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

MSc: “Environment and Health. Capacity Building for Decision Making”

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ



«Νερό: Το απόλυτο αγαθό. Η ρύπανσή του και οι επιπτώσεις της στους οργανισμούς και την υγεία του ανθρώπου»

“Water: The most valuable good. Water pollution and its effects on living organisms and human health”

Γεώργιος Κατωπόδης, Βιολόγος, Αρ. μητρώου: 20130024

Επιβλέπων καθηγητής ΜΔΕ:

Κωνσταντίνος Βοργιάς, Καθηγητής, Τμήμα Βιολογίας ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2018



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

MSc: “Environment and Health. Capacity Building for Decision Making”

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

«Νερό: Το απόλυτο αγαθό. Η ρύπανσή του και οι επιπτώσεις της στους οργανισμούς και την υγεία του ανθρώπου»

“Water: The most valuable good. Water pollution and its effects on living organisms and human health”

Γεώργιος Κατωπόδης

Αρ. μητρώου: 20130024

Βιολόγος

Τριμελής επιτροπή

Επιβλέπων καθηγητής ΜΔΕ: Βοργιάς Κωνσταντίνος, Καθηγητής, Τμήμα Βιολογίας ΕΚΠΑ

Πρόεδρος ΜΔΕ: Νικολοπούλου-Σταμάτη Πολυξένη, Ομότιμη Καθηγήτρια, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

Μέλος ΜΔΕ: Καβαντζάς Νικόλαος, Καθηγητής, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
Ευρετήριο Εικόνων	7
Ευρετήριο Πινάκων	8
Πρόλογος	10
Περίληψη	11
Brief Summary	12
1. Εισαγωγή	13
2. Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	14
2.1. Το νερό πηγή ζωής.	14
2.2. Δομή και χημικές ιδιότητες του νερού.	15
2.3. Δομή και φυσικές ιδιότητες του νερού.	16
3. Η ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	19
3.1 Η σημασία του νερού για τους ζωντανούς οργανισμούς.	19
3.2. Γιατί το νερό είναι η απόλυτη απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη ζωής	20
4. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	21
4.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των φυσικών υδάτων	21
4.2. Φυσικοχημικές Διεργασίες των Φυσικών Νερών	23
4.3. Το θαλάσσιο νερό	24
4.4. Το νερό της ατμόσφαιρας	25
4.5. Τα επιφανειακά νερά	25
4.6. Τα εδαφικά νερά	26
4.7. Τα υπόγεια νερά	26
4.8. Το εκμεταλλεύσιμο νερό στον πλανήτη γη	27
4.9. Ο Παγκόσμιος υδρολογικός κύκλος	28
4.9.1. Η Ιστορία του κύκλου του νερού	28
4.9.2. Τα χαρακτηριστικά του παγκόσμιου υδρολογικού κύκλου	22

5. ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ	31
5.1. Η συμβολή του νερού στο παγκόσμιο κλίμα.	31
5.2. Το παγωμένο νερό και η σταθερότητα του κλίματος	31
5.3. Διαβάζοντας το κλίμα μέσα από το παγωμένο νερό	32
5.4. Ακραία φαινόμενα και υδάτινο περιβάλλον	34
6. Η ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	39
6.1. Η ζωή στο υδάτινο περιβάλλον	39
6.2. Οι οργανισμοί των υδάτινων οικοσυστημάτων	39
6.3. Θαλάσσια οικοσυστήματα	40
6.4. Οικοσυστήματα γλυκού νερού	42
7. ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ	44
7.1. Ορισμός υδάτινων πόρων	44
7.2. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδάτινων πόρων	45
7.3. Παράμετροι για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας των νερών	46
7.4. Η ποσότητα και η κατανομή των υδάτινων αποθεμάτων στη γή	51
7.5. Παγκόσμια διαθεσιμότητα του νερού	52
7.6. Νομικό Πλαίσιο Προστασίας Υδάτινων Πόρων	53
7.7. Μέθοδοι Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων	55
7.8. Μέθοδοι για την Εξυγίανση και την Αποκατάσταση των Ρυπασμένων Περιοχών	55
7.9. Δράσεις για Πρόληψη και Αντιμετώπιση του Ευτροφισμού	57
7.10. Μέθοδοι υποβάθμισης του οργανικού φορτίου των αποβλήτων	59
7.11. Επεξεργασία των λυμάτων-Βιολογικός Καθαρισμός	60
7.12. Επεξεργασία - Απολύμανση του πόσιμου νερού	62
8. ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	65
8.1. Υδρολογικός κύκλος και κλιματική αλλαγή	65
8.2. Η διατάραξη του υδρολογικού κύκλου	70

9. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ	72
9.1. Παγκόσμια χρήση νερού	72
9.2. Γεωργία	72
9.3. Υδατοκαλλιέργειες	73
9.4. Βιομηχανία	74
9.5. Οικιακή χρήση	75
9.6. Υδροηλεκτρική ενέργεια	76
9.7. Νερό και ψυχαγωγία	77
10. ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	79
10.1. Το νερό ως κοινωνικό και πολιτιστικό αγαθό	79
10.2. Ο ρόλος του ύδατος στην άνθιση του πολιτισμού	80
10.3. Ο ρόλος του ύδατος στη δημιουργία γεωπολιτικών κρίσεων	81
11. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	83
11.1. Ορισμός ρύπανσης - Κύριες μορφές ρύπανσης των υδάτων	83
11.2. Πηγές ρύπανσης των υδάτων	85
11.3. Τύποι Ρυπαντικών Ουσιών	87
11.3.1. Ρύπανση από οργανικά απόβλητα	87
11.3.2. Ρύπανση του Νερού από Υψηλή Θερμοκρασία	88
11.3.3. Ρύπανση του Νερού από Τοξικές Οργανικές Χημικές Ουσίες	88
11.4. Όξινη βροχή	90
11.5. Βιοσυσσώρευση	92
11.6. Ρύπανση του Νερού από Αδρανείς Ύλες	93
11.7. Ρύπανση του Νερού από Ραδιενεργά Υλικά	94
11.8. Ρύπανση του νερού από πετρελαιοειδή	95
11.9. Ρύπανση επιφανειακών υδάτων	95
11.9.1. Ρύπανση ποταμών	96
11.9.2. Ρύπανση λιμνών	98

11.10. Ρύπανση των υπόγειων υδάτων	100
11.11. Ρύπανση των ωκεανών και κλειστών θαλασσών	101
11.11.1. Ρύπανση των ωκεανών	101
11.11.2. Ρύπανση της Μεσογείου	102
11.12. Αστική ρύπανση	103
11.13. Βιομηχανική ρύπανση	105
11.14. Αγροτική ρύπανση	110
12. ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ	115
12.1. Η χρήση του ύδατος για υγιεινή διαβίωση	115
12.2. Επιπτώσεις της ρύπανσης του νερού στην υγεία του ανθρώπου	116
12.3. Προβλήματα υγείας από την υδάτινη νιτρορύπανση	117
12.4. Επιπτώσεις των τοξικών οργανικών ουσιών στην υγεία του ανθρώπου	119
12.5. Επιπτώσεις των βαρέων μετάλλων στην υγεία	121
12.5.1. Εισαγωγή	121
12.5.2. Επιπτώσεις του Υδραργύρου (Hg) στην υγεία	122
12.5.3. Επιπτώσεις του Μολύβδου (Pb) στην υγεία	125
12.5.4. Επιπτώσεις του Καδμίου (Cd) στην υγεία	125
12.5.5. Επιπτώσεις του Χρωμίου (Cr) στην υγεία	126
12.5.6. Επιπτώσεις του Νικελίου (Ni) στην υγεία	128
12.5.7. Επιπτώσεις του Αρσενικού (As) στην υγεία	128
12.6. Μόλυνση του νερού	128
12.7. Μικροβιολογικές παράμετροι για την ποιότητα του νερού.	130
12.8. Επιπτώσεις της μόλυνσης του νερού στην υγεία του ανθρώπου	131
12.9. Επιδημίες μέσω μολυσμένου νερού	133
12.10. Νερό και ψυχική υγεία	135
12.11. Νερό και σωματική υγεία	136
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	139
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	140

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα Εξωφύλλου	Το νερό πηγή ζωής	1
Εικόνα 2.1	Ο πλανήτης Γη	14
Εικόνα 2.2	Η δομή του μορίου του νερού	15
Εικόνα 5.1	Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα την τελευταία χιλιετία όπως αυτές εκτιμήθηκαν με βάση της μετρήσεις στους πάγους της Ανταρκτικής	33
Εικόνα 5.2	Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη	34
Εικόνα 7.1	Ο υδρολογικός κύκλος	44
Εικόνα 8.1	Μέσος όρος της θερμοκρασίας της Γης από το 1850 έως το 2012	67
Εικόνα 8.2	Καταγεγραμμένη πληροφορία της αύξησης της στάθμης της θάλασσας	69
Εικόνα 11.1	Πηγές ρύπανσης των υδάτων	86
Εικόνα 11.2	Η όξινη βροχή καταστρέφει τα δάση στη Βόρεια Ευρώπη	91
Εικόνα 11.3	Η όξινη βροχή προκαλεί γυψοποίηση των αρχιτεκτονικών μνημείων	92
Εικόνα 11.4	Ρύπανση επιφανειακών υδάτων	96
Εικόνα 11.5	Ποτάμια της Ελλάδος και ρύπανση	97
Εικόνα 11.6	Μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου, κατά μήκος της ροής	97
Εικόνα 11.7	Μεταβολή αριθμού ειδών και αριθμού επιζώντων οργανισμών κατά μήκος ροής	98
Εικόνα 11.8	Πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων	100
Εικόνα 11.9	Νεκρά ψάρια στα νερά του Πηνειού που δέχεται ανεπεξέργαστα αστικά λύματα και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα	104
Εικόνα 11.10	Κατανάλωση νιτρικών λιπασμάτων στην Ε.Ε. των 27	111
Εικόνα 12.1	Μέση συγκέντρωση υδραργύρου σε ψάρια της λίμνης St. Clair, Ontario	123
Εικόνα 12.2	Η Ryoko Uemura κρατά στην αγκαλιά της την κόρη της Tomoko Uemura μέσα σε λουτρό	124

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1	Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού.	17
Πίνακας 4.1	Συστατικά των φυσικών νερών σε νερό θαλασσίνο και ποταμού	21
Πίνακας 4.3	Τα κυριότερα συστατικά του θαλάσσιου νερού	24
Πίνακας 7.1	Αποθέματα του νερού στη γη.	51
Πίνακας 11.1	Το οργανικό φορτίο BOD που περιέχει το γάλα	106
Πίνακας 11.2	Ετήσια κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων ανά χώρα, εκφρασμένη σε εκατομμύρια τόνους αζώτου.	111

Στη μνήμη των γονιών μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Περιβάλλον και Υγεία. Διαχείριση Περιβαλλοντικών θεμάτων με επιπτώσεις στην υγεία» της Ιατρικής Σχολής του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη του κ. Κωνσταντίνου Βοργιά, Καθηγητή στο Τμήμα Βιολογίας ΕΚΠΑ.

Πρωτίστως, οφείλω να ευχαριστήσω βαθύτατα τον κ. Κωνσταντίνο Βοργιά, Καθηγητή στο Τμήμα Βιολογίας ΕΚΠΑ, για την προτροπή του να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, αλλά κυρίως για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Οι συμβουλές του και η εμπιστοσύνη που επέδειξε προς το πρόσωπο μου αποτέλεσαν καταλυτικό παράγοντα για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας. Οι γνώσεις που αποκόμισα από τις μεταπτυχιακές μου σπουδές και ιδιαίτερα από την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, στηρίζουν το ρόλο μου ως εκπαιδευτικό και συμβάλλουν στην ευαισθητοποίηση των μαθητών σε θέματα περιβάλλοντος και τις επιπτώσεις τους στην υγεία.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την κ. Νικολοπούλου-Σταμάτη Πολυξένη, Ομότιμη Καθηγήτρια, της Ιατρικής Σχολής του ΕΚΠΑ και τον κ. Νικόλαο Καβαντζά, Καθηγητή της Ιατρικής Σχολής του ΕΚΠΑ, για τη συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή και τον χρόνο που διέθεσαν για την κριτική ανάγνωση της εργασίας μου.

Ακόμη, οφείλω να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Υγεία. Διαχείριση Περιβαλλοντικών θεμάτων με επιπτώσεις στην υγεία» της Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ, για την αρμονική συνεργασία και το ευχάριστο κλίμα που υπήρχε.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου και το φιλικό μου περιβάλλον για τη συμπαράστασή τους τα χρόνια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό είναι η πηγή της ζωής, μέσα σε αυτό εμφανίστηκε η ζωή και είναι απολύτως απαραίτητο για τη διατήρησή της όπως τη γνωρίζουμε στη γη. Αυτό οφείλεται στις πολύ σημαντικές ιδιότητες του, που του επιτρέπουν να δρα σαν δίπολο και να αντιδρά με πάρα πολλές χημικές ενώσεις. Η συνολική ποσότητα του νερού στη γη είναι μεγάλη, όμως μικρό ποσοστό της είναι κατάλληλο για τους ζωντανούς οργανισμούς, το οποίο γίνεται διαθέσιμο σε αυτούς επειδή κυκλοφορεί συνεχώς μέσα από τον υδρολογικό κύκλο με τις διαδικασίες των κατακρημνίσεων, της εξάτμισης και της διαπνοής.

Το νερό είναι κοινωνικό, οικονομικό και πολιτιστικό αγαθό αφού είναι απαραίτητο για τη γεωργία, τη βιομηχανία αλλά και για οικιακή χρήση, ενώ είναι το μέσο κοντά στο οποίο άνθισαν οι πρώτοι πολιτισμοί. Η έλλειψη του νερού σε πολλές περιοχές του πλανήτη μας είναι υπεύθυνη για τη λιμοκτονία ομάδων ανθρώπων που το στερούνται και την πρόκληση αντιπαραθέσεων μεταξύ κρατών.

Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζουν όλοι οι οργανισμοί. Οι μεταβολές στο παγκόσμιο κλίμα έχουν αρνητικές επιπτώσεις για τους ζωντανούς οργανισμούς, τόσο των υδάτινων όσο και των χερσαίων οικοσυστημάτων. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν τον υδρολογικό κύκλο και τη διαθέσιμη ποσότητα νερού, για το λόγο αυτό έχουν υπογραφεί σε παγκόσμιο επίπεδο μια σειρά συμφωνιών και νόμων που αποσκοπούν στην προστασία της ποσότητας και της ποιότητας του διαθέσιμου νερού.

Οι δραστηριότητες του ανθρώπου προκαλούν ρύπανση του νερού. Η ρύπανση προκαλείται από υψηλή θερμοκρασία, τοξικές οργανικές ουσίες, βαρέα μέταλλα και ραδιενεργά υλικά που προέρχονται από τη βιομηχανία, τη γεωργία και την αστική δραστηριότητα. Η ρύπανση του νερού μειώνει ακόμη περισσότερο τη διαθέσιμη ποσότητα νερού και μπορεί να προκαλέσει σοβαρούς κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων.

Οι δραστηριότητες αυτές μπορεί επίσης να προκαλέσουν μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς η οποία γίνεται αιτία πρόκλησης ασθενειών. Τους περασμένους αιώνες πολλές επιδημίες οφείλονταν στο μολυσμένο νερό και προκάλεσαν χιλιάδες θανάτους ενώ στη σημερινή εποχή με τη βελτίωση των συνθηκών στην παροχή καθαρού νερού, οι επιδημίες αυτές έχουν μειωθεί σημαντικά. Όμως ακόμη και σήμερα εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο επειδή δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό νερό. Το νερό είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της υγείας του ανθρώπου, όμως ταυτόχρονα παίζει σημαντικό ρόλο και στην ψυχική του υγεία.

Επομένως η εφαρμογή μεθόδων διαχείρισης των υδάτινων πόρων είναι καθοριστικό στοιχείο προκειμένου να αποκαθίσταται η ποιότητα του νερού για κάθε χρήση. Η διατήρηση επαρκούς ποσότητας και καλής ποιότητας νερού είναι αναγκαία προϋπόθεση για τη βελτίωση των συνθηκών ζωής τόσο της σημερινής όσο και των μελλοντικών γενιών.

BRIEF SUMMARY

Water is the source of life, life has emerged from it and is absolutely necessary in order to preserve life as we know it on earth. This is due to its very important properties, which allow it to act as a dipole and react with too many chemical compounds. The total amount of water in the earth is large, but a small percentage of it is suitable for the living organisms, which becomes available to them through the hydrological cycle with the processes of precipitation, evaporation and transpiration. Water is a social, economic and cultural good since it is indispensable for agriculture, industry and domestic use, while it is the medium close to which the first civilizations flourished. The lack of water in many areas of our planet is responsible for the starvation of groups of people deprived of it and for the provoking of conflicts between states.

Water plays an important role for all the living organisms. Changes in the global climate have a negative impact on the living organisms of both aquatic and terrestrial ecosystems. Human activities affect the hydrological cycle and the amount of available water, so a number of agreements and laws have been signed globally to protect the quantity and quality of available water.

Human activities cause water pollution. Pollution is caused by high temperature, toxic organic substances, heavy metals and radioactive materials from industries, agriculture and urban activity. Water pollution further reduces the available amount of water and can cause serious risks to human health and to the conservation of ecosystems.

These activities can also provoke water contamination by pathogenic microorganisms that cause diseases. Over the centuries, many epidemics have been caused by contaminated water and were responsible for thousands of deaths, while in the present time, by improving the conditions for clean water supply, they have been significantly reduced. However, even today, millions of people die every year because they have no access to clean water. Water is essential to maintaining human health, but at the same time it also plays an important role in mental health.

Therefore, the implementation of water resource management methods is an important key in restoring the quality of water. Maintaining sufficient quantity and good water quality is a prerequisite for improving the living conditions of both the current and the future generations.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η μελέτη της σημασίας του νερού για τους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα καθώς και της ρύπανσης του από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και οι επιπτώσεις τους στην υγεία του ανθρώπου.

Οι πρώτες δυο ενότητες (2 & 3) αναφέρονται σε βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού και στη σημασία του για την ύπαρξη, αλλά και τη διατήρηση της ζωής. Στη συνέχεια, στις ενότητες 4, 5 και 6 παρουσιάζεται η κατανομή του νερού στα υδάτινα οικοσυστήματα, τα βασικά χαρακτηριστικά τους, η συμβολή τους στη διαμόρφωση του παγκόσμιου κλίματος, καθώς και η ζωή που αναπτύσσεται σε αυτά.

Οι επόμενες ενότητες αφορούν περισσότερο τη σημερινή πραγματικότητα. Σε αυτό το πλαίσιο, οι ενότητες 7 και 8 πραγματεύονται μεθόδους διαχείρισης και προστασίας των υδάτινων πόρων. Η ενότητα 9 αφορά τη χρήση των υδάτινων πόρων στη γεωργία, τις υδατοκαλλιέργειες, στη βιομηχανία, για την υδροηλεκτρική ενέργεια καθώς και για την οικιακή χρήση του.

Στην ενότητα 10 το νερό αντιμετωπίζεται πλέον ως κοινωνικός, πολιτισμικός και πολιτικός παράγοντας, αναφέροντας το ρόλο του στην άνθιση του πολιτισμού, αλλά και στη δημιουργία γεωπολιτικών κρίσεων.

Στην πορεία, στην ενότητα 11 αναπτύσσεται το πολυδιάστατο φαινόμενο της ρύπανσης του νερού και πιο συγκεκριμένα φαινόμενα όπως η όξινη βροχή, η βιοσυσσώρευση, η ρύπανση του νερού από ραδιενεργά υλικά και πετρελαιοειδή κ.α. Η ενότητα 12 αφορά τις επιπτώσεις της ρύπανσης και της μόλυνσης του νερού στη σωματική αλλά και την ψυχική υγεία.

Τέλος, παρατίθενται συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη σχετικά τη σημασία του νερού, καθώς και μέτρα που πρέπει να ληφθούν για τη διαφύλαξή του.

2. Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

2.1. ΤΟ ΝΕΡΟ ΠΗΓΗ ΖΩΗΣ

Η Γη έχει χαρακτηριστεί ως υδάτινος πλανήτης. Βλέποντας από το διάστημα, το μπλε χρώμα του νερού και το άσπρο από τα φορτωμένα με υγρασία σύννεφα, είναι αυτά που κάνουν τη Γη να ξεχωρίζει από τους άλλους πλανήτες. Το νερό καλύπτει το 71% της επιφάνειας της Γης. (Εικόνα 2.1). Το μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό (97%) είναι το θαλάσσιο νερό των ωκεανών. Το νερό υπάρχει παντού, αλλά σπανίως παραμένει σε συγκεκριμένο μέρος για πολύ. Αυτός είναι ο ένας λόγος που δυσκολεύει τους ακριβείς υπολογισμούς της ποσότητάς του. Το ότι οι ποσότητες του νερού είναι τόσο μεγάλες αποτελεί το δεύτερο λόγο που οι υπολογισμοί έχουν το στοιχείο της εκτίμησης και εκφράζονται σε κυβικά χιλιόμετρα ή μίλια. Το νερό των ωκεανών βοηθά στη ρύθμιση του κλίματος του πλανήτη, στη διάλυση και υποβάθμιση κάποιων αποβλήτων από τις δραστηριότητές μας και είναι ο μεγαλύτερος τόπος διαμονής και διαβίωσης πολλών ζωντανών οργανισμών του πλανήτη. (Βούτσινος Γ, 2000)



Εικόνα 2.1 Ο πλανήτης Γη (Πηγή <https://www.piperies.gr/posts/i-gi-arrostise>).

Τα εσωτερικά ή αλλιώς γλυκά νερά είναι ζωτική υπόθεση και πολλές φορές προϋπόθεση για τη γεωργία, τη βιομηχανία, τις μεταφορές και για πολλές άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Η έλλειψη του νερού σε πολλές περιοχές της γης είναι υπεύθυνη για τη λιμοκτονία του πληθυσμού, γιατί σ' αυτή οφείλεται η αδυναμία παραγωγής τροφίμων. Το νερό επίσης παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της επιφάνειας της γης, στη ρύθμιση του κλίματος και στη διάλυση των ρυπαντών. Χωρίς νερό ζωή δε θα μπορεί να υπάρξει. (Βούτσινος Γ, 2000)

Σε κάθε μέρος της επιφάνειας του πλανήτη, όπου μπορούν να επιζήσουν οργανισμοί, υπάρχει νερό. Ακόμα και στα πλέον ξηρά σημεία των ερήμων υπάρχει κάποια ποσότητα νερού στις επιφάνειες των κόκκων της άμμου. Το νερό είναι ανομοιογενές, οι υδρατμοί, ο πάγος και το νερό, δηλαδή και οι τρεις φάσεις (στερεή, υγρή και αέρια) στις οποίες απαντάται, υπάρχουν ταυτόχρονα στο περιβάλλον, μέσα σε μια ποικιλία θερμοκρασιών που συντηρεί τη ζωή.

Το νερό είναι ανανεώσιμο. Είναι πολύ σταθερή χημική ένωση, πολύ λίγο νερό εισέρχεται στις χημικές αντιδράσεις και μετατρέπεται μόνιμα σε άλλη ένωση. Το μεγάλο μέρος των ποσοτήτων του νερού που χρησιμοποιείται στις χημικές αντιδράσεις επιστρέφει σχεδόν αμέσως στον υδρολογικό κύκλο.

Χρησιμοποιήσιμο σε μεγάλες ποσότητες, οι άνθρωποι το εκμεταλλεύονται περισσότερο από κάθε άλλο πόρο. Η παγκόσμια παραγωγή όλων των ορυκτών, γαιανθράκων, μετάλλων και ελαίων, υπολογίζεται στους 9 δισεκατομμύρια τόνους το χρόνο. Η ετήσια χρήση νερού για όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες ανήλθε περίπου στα 3 τρισεκατομμύρια τόνους το 1975.

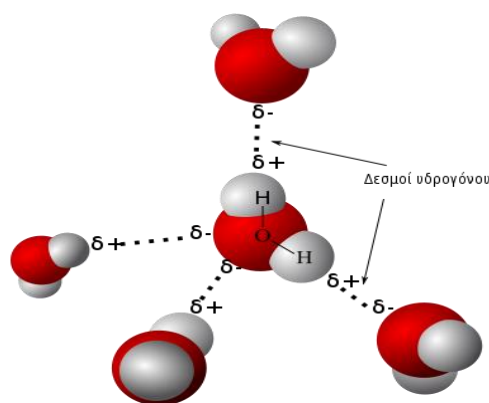
Το νερό βρίσκεται σε διαρκή κίνηση, δεν έχει σταθερά όρια, δεν ανήκει σε κάποιον ατομικά, αλλά είναι διαθέσιμο για τον καθένα μας, είναι ένα κοινό αγαθό, το υπέρτατο αγαθό. Είναι πολύ φθινό. Το γεγονός ότι γενικά το νερό είναι κοινή περιουσία σημαίνει ότι δεν κοστίζει στις περισσότερες περιπτώσεις, το κόστος του είναι αποτέλεσμα των εξόδων που απορρέουν από τη συλλογή, τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη διανομή του. (Βούτσινος Γ, 2000)

Η μεγάλη σημασία του νερού γίνεται πιο φανερή, αν εξετάσει κανείς τις πολλές μοναδικές ιδιότητες που διαθέτει και που πολλές από αυτές οφείλονται στις ισχυρές ελκτικές δυνάμεις (δεσμοί υδρογόνου) μεταξύ των μορίων του. Οι ιδιότητες του νερού που έχουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την ύπαρξη ζωής στη γη.

2.2. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Από όλους τους παράγοντες που επέδρασαν στην ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη μας, ο σπουδαιότερος ήταν το νερό. Καθοριστικά στοιχεία για τη δράση του υπήρξαν οι ιδιότητες του αλλά και η αφθονία του.

Ο χημικός τύπος του νερού είναι H_2O , δηλαδή αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Στο μόριο του νερού τα άτομα υδρογόνου δημιουργούν δύο ομοιοπολικούς δεσμούς με το άτομο του οξυγόνου. Το μόριο του νερού είναι ένα πολωμένο μόριο, δηλαδή τα ηλεκτρόνια δεν είναι ισομερώς κατανομημένα σε αυτό. Το άτομο του ηλεκτροαρνητικού οξυγόνου έλκει τα ηλεκτρόνια μακριά από τα άτομα του υδρογόνου, με αποτέλεσμα ένα θετικό φορτίο να περιβάλλει τα πρωτόνια. Αποτέλεσμα της πολικότητας αυτής είναι τα μόρια του νερού να συμπεριφέρονται ως δίπολα τα οποία τείνουν να προσανατολιστούν τόσο προς τα θετικά όσο και προς τα αρνητικά ιόντα. (Φραγκούλης Ε., 2005)



Εικόνα 2.2 Η δομή του μορίου του νερού. (Πηγή <https://el.wikipedia.org/wiki/Νερό>)

Οι δεσμοί υδρογόνου είναι σχετικά ασθενείς αλληλεπιδράσεις οι οποίες όμως είναι πολύ σημαντικές για τα βιολογικά μακρομόρια όπως είναι οι πρωτεΐνες και το DNA. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι υπεύθυνες και για πολλές από τις ιδιότητες του νερού οι οποίες το καθιστούν ένα εκπληκτικό διαλύτη. Η πολικότητα και η δυνατότητα του νερού να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου επιτρέπουν στο μόριο του νερού να αλληλεπιδρά πολύ εύκολα με άλλα μόρια νερού ή μόρια άλλων ενώσεων. (Εικόνα 2.2) Ο λόγος είναι ότι το νερό αποδυναμώνει τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις και τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ πολικών μορίων με το να

συναγωνίζεται τις θέσεις της μεταξύ τους έλξης. Αυτή η ιδιότητα προσδίδει στο νερό την ικανότητα να δρα ως διαλυτικό μέσο για μια σειρά πολικών ενώσεων.

Το νερό διαλύει τις περισσότερες ενώσεις από οποιοδήποτε άλλο υγρό. Αποτέλεσμα είναι το νερό να συμμετέχει με μορφή διαλυμάτων σε βιολογικές διαδικασίες ζωντανών οργανισμών που περιλαμβάνουν την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και έκκριση των αποβλήτων τους. Επίσης συμμετέχει σε διάφορα φυσικά φαινόμενα μεταφέροντας διαλυμένες ενώσεις σε όλη τη βιόσφαιρα. Το γεγονός ότι το νερό είναι ένα καλό διαλυτικό μέσο σημαίνει επίσης ότι ρυπαίνεται και πολύ εύκολα. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Τα περισσότερα ορυκτά που αποτελούν το φλοιό της γης είναι ανόργανες ιοντικές ενώσεις, δηλαδή στερεά σώματα των οποίων τα κρυσταλλικά πλέγματα αποτελούνται από ιόντα, που συγκρατούνται μεταξύ τους με ηλεκτροστατικές έλξεις (δυνάμεις Coulomb). Η πόλωση των μορίων νερού βοηθά τη διάλυση του ιοντικού στερεού, λόγω των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δίπολων μορίων του νερού και των ιόντων του πλέγματος, που έχουν ως αποτέλεσμα την εξασθένιση των δυνάμεων Coulomb μεταξύ των ιόντων. Το αποτέλεσμα είναι τα ιόντα αυτά να συσσωρεύονται στα φυσικά νερά και να εμφανίζουν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης. Τα κυριότερα ιόντα στα φυσικά νερά είναι το ασβέστιο (Ca^{2+}), το νάτριο (Na^+), το κάλιο (K^+), το μαγνήσιο (Mg^{2+}), τα χλωριόντα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}) και τα νιτρικά (NO_3^-) ιόντα. Επίσης τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) απαντώνται στα φυσικά νερά σε μεγάλες συγκεντρώσεις, αν και είναι πιο δραστικά από τα άλλα ιόντα που αναφέρθηκαν, λόγω της συνεχούς διάλυσης διοξειδίου του άνθρακα που προέρχεται από την ατμόσφαιρα και από βιολογικές δράσεις. Κατά τη διάλυση του στο νερό σχηματίζεται ανθρακικό οξύ. (Λοϊζίδου Μαρία, 2006)

2.3. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Λόγω της δομής του το νερό έχει ορισμένες ιδιότητες για τις οποίες έχει επιλεγεί από τη φύση να παίζει καθοριστικό ρόλο για τη ζωή. (Πίνακας 2.1) Είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο, που σε κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες έχει σημείο ζέσης 100°C και σημείο πήξης 0°C .

Θερμοχωρητικότητα.

Η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται πολύ αργά λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας¹ του και επομένως μπορεί να αποθηκεύει μεγάλα ποσά θερμότητας χωρίς σημαντική αλλαγή της θερμοκρασίας του. Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού μπορεί να εξηγηθεί από τη σύνδεση των μορίων του με δεσμούς υδρογόνου. Για να αυξηθεί η θερμοκρασία του νερού, εκτός από την ενέργεια που απαιτείται για τη θερμική κίνηση των μορίων, απαιτείται και ενέργεια για τη διάσπαση δεσμών υδρογόνου.

Η θερμοχωρητικότητα του νερού είναι η μεγαλύτερη από όλα τα υγρά (εκτός της αμμωνίας) και στερεά. Εξαιτίας της ιδιότητας αυτής το νερό θερμαίνεται και ψύχεται με βραδύτερους ρυθμούς από σχεδόν οποιαδήποτε άλλη ένωση με αποτέλεσμα να εμποδίζει μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας στη μάζα του και έτσι να προστατεύει τους ζωντανούς οργανισμούς από το σοκ των απότομων αλλαγών της θερμοκρασίας. (Βούτσινος Γ, 2000)

¹ Θερμοχωρητικότητα: Ως θερμοχωρητικότητα ορίζεται η ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται ή απορροφάται από κάποιο σώμα όταν η θερμοκρασία του μεταβληθεί κατά ένα βαθμό Κελσίου.

Γι' αυτό το νερό αποτελεί εξαιρετικό ψυκτικό υγρό σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εγκαταστάσεις παραγωγής θερμότητας, κινητήρες αυτοκινήτων κ.α. Επίσης κοντά σε μεγάλες μάζες νερού (λίμνες, θάλασσες, ποτάμια) επικρατούν ήπιες κλιματολογικές συνθήκες.

Πίνακας 2.1 Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού. (Γαλανοπούλου Ν., 2007)

Οι Φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού.	
Σημείο βρασμού (1 atm)	99.974 °C
Σημείο πήξης (1 atm)	0 °C
Πυκνότητα (25 °C)	0.9950 g/cm
Ενέργεια εξάτμισης	9.717 kcal/mole
Επιφανειακή τάση (25 °C)	71.97 10 ⁻⁵ N/cm

Πυκνότητα.

Μια πολύ σημαντική ιδιότητα του νερού είναι η αύξηση του όγκου του κατά τη μετατροπή του σε πάγο, με συνέπεια ο πάγος να είναι λιγότερο πυκνός από το νερό. Η πυκνότητα του νερού εμφανίζει μέγιστο στους 4°C που σημαίνει ότι σε υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες το νερό είναι πιο ελαφρύ, με αποτέλεσμα ο πάγος να επιπλέει γεγονός που έχει τεράστια σημασία για την επιβίωση των υδρόβιων οργανισμών. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Αν ο πάγος ήταν βαρύτερος από το νερό, μετά τη ψύξη θα βυθιζόταν, επομένως οι ωκεανοί, οι λίμνες και τα ποτάμια θα ψύχονταν από το βυθό προς την κορυφή. Αν το νερό ψύχονταν θα ήταν πολύ δύσκολο να υγροποιηθεί ξανά, κατάσταση που θα ήταν ασυμβίβαστη με την ανάπτυξη ζωής στη γη. Τώρα το πιο θερμό νερό πηγαίνει προς το βάθος και στην επιφάνεια επιπλέει ο πάγος που προφυλάσσει το νερό από μεγαλύτερη ψύξη και στον οποίο φτάνει εύκολα η θερμοκρασία από το περιβάλλον και μπορεί να τον τήξει. (Φραγκούλης Ε., 2005)

Σημείο ζέσης και τήξης.

Το νερό με μοριακό βάρος 18, έχει υψηλότερο σημείο ζέσης από ενώσεις όπως H₂S, H₂Se και H₂Te, ενώ θα έπρεπε να είναι πιο πτητικό από αυτές τις ενώσεις με μεγαλύτερα Μ.Β. (34, 81 και 130 αντίστοιχα), αφού το Ο, S, Se και Te ανήκουν στην ίδια ομάδα VI του περιοδικού συστήματος. Αν το νερό είχε παρόμοια συμπεριφορά με αυτές θα έζεε σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και θα υπήρχε μόνο σε μορφή αερίου. Λόγω της μεγάλης διαφοράς μεταξύ του σημείου ζέσεως (100°C) και τήξεως (0°C) το μεγαλύτερο μέρος του νερού στον πλανήτη μας βρίσκεται σε υγρή κατάσταση.

Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης.

Το υγρό νερό χρειάζεται πολλή θερμότητα για να εξατμιστεί. Η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού² είναι η μεγαλύτερη από κάθε άλλης ένωσης και έχει σημαντική επίδραση στις κλιματολογικές συνθήκες της Γης. Κατά την εξάτμιση των επιφανειακών νερών

² Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης; Η θερμότητα που απορροφάται κατά την εξάτμιση σε καθορισμένη θερμοκρασία, το σημείο ζέσεως.

απορροφάται το 30% της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στην επιφάνεια της γης. Η ενέργεια αυτή απελευθερώνεται κατά τη συμπύκνωση του νερού στην ατμόσφαιρα. Έτσι δρα και ρυθμιστικά στη μεταφορά θερμότητας στην ατμόσφαιρα. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Επιφανειακή τάση.

Η επιφάνεια του νερού έχει χαρακτηριστική επιφανειακή τάση και παράλληλα δημιουργεί τη δυνατότητα προσκόλλησης ενός στερεού. Ο συνδυασμός των δύο αυτών ιδιοτήτων επιτρέπει στο νερό να ανεβαίνει από τις ρίζες στα φύλλα μέσω των ιστών και αγγείων των φυτών, μεταφέροντας ταυτόχρονα και τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη του φυτού. (Βούτσινος Γ, 2000)

3. Η ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

3.1. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Το νερό έχει καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία και τη διατήρηση της ζωής στη γη. Η Γη έχει ηλικία περίπου 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια, η ζωή πιθανότατα δημιουργήθηκε πριν από 3,8-4 δισεκατομμύρια χρόνια. Τα πρώτα ιζηματογενή πετρώματα είναι λίγο μόνο νεότερα από αυτή τη χρονολογία και περικλείουν απλά βακτηριακά κύτταρα, τα ευκαρυωτικά κύτταρα τα βρίσκουμε για πρώτη φορά πολύ αργότερα σε πετρώματα ηλικίας περίπου ενός δισεκατομμυρίου χρόνων. Επομένως κατά τα τρία τέταρτα της περιόδου που υπάρχει ζωή πάνω στη γη, τα μόνα κύτταρα που υπήρχαν ήταν τα προκαρυωτικά.

Η ατμόσφαιρα τότε ήταν μάλλον αναγωγική παρά οξειδωτική όπως είναι σήμερα. Μια αναγωγική ατμόσφαιρα περιέχει αμμωνία, μονοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο, ενώ σε μια οξειδωτική ατμόσφαιρα τα αντίστοιχα συστατικά είναι το μοριακό άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα. Οι J. Haldane, A. Oparin, S. Miller και άλλοι πειραματίστηκαν σε συνθήκες της τότε ατμόσφαιρας της Γης και διαπίστωσαν ότι αν σε ένα αναγωγικό μείγμα αερίων που περιέχει οξυγόνο, υδρογόνο, άνθρακα και άζωτο, διοχετευτεί υψηλή ενέργεια, σχηματίζεται ένας αριθμός από μικρά εξαιρετικά ενεργά μόρια. Όταν υπάρχει νερό και αμμωνία τα μόρια αυτά αντιδρούν και σχηματίζουν πιο πολύπλοκα οργανικά μόρια στα οποία συμπεριλαμβάνονται σάκχαρα, αμινοξέα και νουκλεοτίδια.

Έχει αποδειχθεί εργαστηριακά ότι σχεδόν όλα τα μόρια που αποτελούν τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων μπορούν να σχηματιστούν με αυτό τον τρόπο, ίσως δεν είναι τυχαίο ότι εκείνα τα μόρια που σχηματίζονται ευκολότερα είναι εκείνα που παίζουν σημαντικό ρόλο στη βιοχημεία των σημερινών οργανισμών. Όλα αυτά μέσα σε μια «πρωτόγονη σούπα» όπου τα απαραίτητα συστατικά μόρια υπήρχαν σε υψηλές συγκεντρώσεις και το επόμενο στάδιο ήταν ο σχηματισμός πιο πολύπλοκων μορίων πολυμερών και συγκεκριμένα πολυπεπτιδικών και πολυνουκλεοτιδικών αλυσίδων που κατέληξαν στην δημιουργία των πρώτων προκαρυωτικών κυττάρων. (JM Smiith, 1979)

Οι διαδικασίες αυτές πραγματοποιήθηκαν στο νερό και η πιο διαδεδομένη ιδέα είναι ότι πιθανότατα τα πρώτα κύτταρα δημιουργήθηκαν αρχικά στα βάθη των αρχέγονων ωκεανών κοντά σε θερμοπηγές που τους παρείχαν την απαραίτητη ενέργεια. Νεότερες απόψεις επιστημόνων λένε ότι είναι πιθανόν τα πρώτα κύτταρα να προέκυψαν σε κλειστούς ζεστούς χώρους από μαλακή λάσπη, οι οποίοι τροφοδοτούνταν από ατμούς, άποψη που είχε διατυπώσει και ο Κάρολος Δαρβίνος, ο οποίος είχε δηλώσει ότι η ζωή πιθανότατα ξεκίνησε σε κάποια θερμή λιμνούλα της ξηράς και όχι στη θάλασσα. Η υπόθεση αυτή στηρίζεται στο ότι το περιβάλλον αυτό ήταν πιο ευνοϊκό από ότι στον πρωτογενή ωκεανό, τα νερά του οποίου ήταν αρκετά αλμυρά. Σε κάθε περίπτωση το νερό ήταν το υλικό μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι διαδικασίες σχηματισμού των πρώτων βιομορίων και αργότερα της δημιουργίας των πρώτων κυττάρων. (<http://physics4u.gr/blog>)

Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Γης, οριοθετεί τα υδάτινα οικοσυστήματα και καθορίζει τις ιδιότητές τους, είναι βασικός και αναντικατάστατος παράγοντας κάθε μορφής ζωής. Μέσα στο νερό αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται όλοι οι απλούστεροι οργανισμοί (πρωτόζωα), ενώ στους πιο σύνθετους (ζώα - φυτά) το νερό συμβάλλει στο σχηματισμό υγρών που είναι απαραίτητα για τις βιολογικές διεργασίες.

Το νερό είναι το μέσο με το οποίο τα θρεπτικά συστατικά εισέρχονται και κυκλοφορούν στο εσωτερικό των φυτών. Το νερό του εδάφους που είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, απορροφάται από τις ρίζες των φυτών και κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους. Φθάνοντας στα φύλλα απομακρύνεται με τη διαπνοή. Διαπνοή είναι η απομάκρυνση του νερού μέσω των στομάτων, δηλαδή των πόρων της επιδερμίδας των φύλλων των φυτών. Η διαπνοή αποτελεί την «κινητήρια δύναμη» για τη μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων στο εσωτερικό των φυτικών οργανισμών. Έτσι μπορούν να προσλάβουν άλλο νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή τους. (Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

Το νερό παίζει καθοριστικό ρόλο και για την θερμορύθμιση των οργανισμών. Έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα, κάτι που περιορίζει τις μεταβολές στη θερμοκρασία του σώματος σε θερμό ή ψυχρό περιβάλλον. Μέσω της παραγωγής και εξάτμισης του ιδρώτα επιτρέπει στο σώμα μας να απελευθερώνει τη θερμότητα όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από αυτήν του σώματος.

Τέλος, το νερό συνδέεται άμεσα με τη διαμόρφωση των κλιματολογικών συνθηκών. Εξαιτίας της υψηλής θερμοχωρητικότητας και της υψηλής λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης, δρα ρυθμιστικά για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας, προστατεύοντας έτσι τους ζωντανούς οργανισμούς από βίαιες μεταβολές της θερμοκρασίας.

3.2. ΤΟ ΝΕΡΟ ΕΙΝΑΙ Η ΑΠΟΛΥΤΗ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ ΥΠΑΡΞΗΣ ΖΩΗΣ

Το ανθρώπινο σώμα περιέχει νερό σε ποσοστό περίπου 70%. Το εσωτερικό των κυττάρων είναι κυρίως νερό. Νερό περιέχουν επίσης τα διάφορα είδη τροφών, π.χ. το γάλα περιέχει 70-80% νερό, τα φρούτα 75-90% νερό κλπ. Η φυσιολογική ανάγκη νερού για τον άνθρωπο είναι 2-2,5 λίτρα νερό ημερησίως (35ml νερού/Kg βάρους), ενώ απώλεια νερού σε ποσοστό μέχρι 10% προκαλεί σοβαρές βλάβες στην υγεία, ενώ απώλεια σε ποσοστό 20% προκαλεί τον θάνατο. (Χαραλάμπους, 2007)

Ο άνθρωπος μπορεί να ζήσει χωρίς τροφή περίπου ενάμιση μήνα, αλλά χωρίς νερό ζει μόνο λίγες μέρες. Το νερό είναι συστατικό όλων των ιστών σε διάφορες αναλογίες, μπορεί να είναι είτε ενδοκυττάριο (55%) είτε εξωκυττάριο (45%). Στο εξωκυττάριο νερό περιλαμβάνονται η λέμφος, το πλάσμα και τα υγρά πέψης. (Γαλανοπούλου Ν., 2007)

Χρησιμεύει ως μεταφορέας θρεπτικών συστατικών στα κύτταρα του οργανισμού μας (μεταλλικά στοιχεία, βιταμίνες, γλυκόζη), συμμετέχει στην πέψη των τροφών που καταναλώνουμε, είναι απαραίτητος παράγοντας για την πλειοψηφία των βιοχημικών αντιδράσεων του οργανισμού και απομακρύνει τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού.

Το νερό χρησιμοποιείται και στη φωτοσύνθεση των φυτικών οργανισμών που αποτελεί τη βάση της ζωής στον πλανήτη μας. Κατά την φωτοσύνθεση δεσμεύεται η ηλιακή ενέργεια, μετατρέπεται σε χημική που αποθηκεύεται σε οργανικά μόρια (υδατάνθρακες), τα οποία -μέσω των τροφικών αλυσίδων- αποτελούν πηγή ενέργειας για τους ετερότροφους οργανισμούς. Επί πλέον έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή και την απελευθέρωση οξυγόνου στο περιβάλλον από τη διάσπαση (φωτόλυση) του νερού. (Καψάλης Α, 2010)

4. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

4.1. ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Το νερό αποτελεί το βασικότερο στοιχείο για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας. Οι χρήσεις του είναι πολλές. Ως πόσιμο είναι απαραίτητο για την επιβίωση του ανθρώπου και των ζώων και την ανάπτυξη των υδρόβιων μορφών ζωής. Είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη της βλάστησης και την άρδευση που είναι βασικό στοιχείο της γεωργίας, είναι η βασική πρώτη ύλη για την ανθρώπινη οικονομία και χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικές δραστηριότητες. Οι ιδιότητες του νερού το καθιστούν ρυθμιστικό παράγοντα του κλίματος της Γης και πολλών βιολογικών διεργασιών. Το χημικώς καθαρό νερό δεν υπάρχει στη φύση επειδή είναι ισχυρός διαλύτης και εμπλουτίζεται στο περιβάλλον με διάφορες ουσίες, οι οποίες διαλύονται σε αυτό. Επομένως, τα φυσικά νερά παρουσιάζουν μια μεγάλη ποικιλία ποιοτικών χαρακτηριστικών, ανάλογα με τις ουσίες που περιέχουν. Το διαθέσιμο νερό στον πλανήτη μας είναι πάρα πολύ, πλην όμως οι μεγαλύτερες ποσότητες αυτού είναι το θαλάσσιο και δεν προσφέρεται για χρήση, ενώ η μεγαλύτερη ποσότητα του γλυκού νερού βρίσκεται στους πάγους των πολικών περιοχών. Άρα, το τελικώς διαθέσιμο νερό για πόση, άρδευση, βιομηχανία και καθαριότητα αποτελεί μικρή ποσότητα (0.94%), όταν δε ρυπαίνεται γίνεται ακατάλληλο για χρήση. Για κάθε χρήση απαιτείται η διατήρηση ορισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού που καθορίζονται από πρότυπα ποιότητας. (Κατσούλης Β, 2009)

Τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού είναι:

- Η θερμοκρασία είναι μία από τις θεμελιώδεις ιδιότητες των φυσικών νερών, δεδομένου ότι καθορίζει μια σειρά άλλων ιδιοτήτων, όπως η διαλυτότητα αερίων, η οσμή, η γεύση κ.α.
- Η οσμή και η γεύση, οι οποίες οφείλονται κυρίως σε διαλυμένες οργανικές ενώσεις.
- Το καθαρό νερό είναι άχρωμο.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οποία εξαρτάται από τις ποσότητες των διαλυμένων αλάτων. Σε αραιά δείγματα είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS).
- Η πυκνότητα και το ιζώδες, είναι χαρακτηριστικές ιδιότητες των φυσικών νερών, όπως και το pH, η αλκαλικότητα, η οξύτητα κ.λπ.

Τα φυσικά νερά περιέχουν διαλυμένα πολλά στοιχεία και ενώσεις (Πίνακας 4.1.) καθώς και αιωρούμενα σωματίδια και μικροοργανισμούς σε συγκεντρώσεις που είναι διαφορετικές από πηγή σε πηγή, από λίμνη σε λίμνη και από ποταμό σε ποταμό (άλατα, μεταλλικά ιόντα, διαλυμένα αέρια, κ.λπ.).

Πίνακας 4.1. Συστατικά των φυσικών νερών σε νερό θαλασσινό και νερό ποταμού (Κατσούλης Β, 2009)

Ένωση ή ιόν	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	H ₃ BO ₃	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺
Θαλασσινό νερό (g/L)	19,0	2,5	0,14	0,06	0,02	10,54	1,3	0,4	0,4
Νερό ποταμού (g/L)	0,008	0,011	0,06			0,006	0,004	0,015	0,0023

Τα στοιχεία που εμφανίζουν ενδιαφέρον για τη χημεία των φυσικών νερών είναι το διαλυμένο οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, οι αζωτούχες ενώσεις και τα μεταλλικά ιόντα.

- Διαλυμένα αέρια (O_2 , CO_2)

Η παρουσία και η συγκέντρωση των αερίων, κυρίως του O_2 και CO_2 , είναι απαραίτητη για τους ζωικούς οργανισμούς. Το διαλυμένο O_2 είναι απαραίτητο στοιχείο για την αναπνοή των οργανισμών που ζουν στο νερό, η διαλυτότητά του εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την παρουσία αλάτων και είναι αντιστρόφως ανάλογη προς αυτές τις δύο παραμέτρους. Η άμεση και συνεχής επαφή του νερού με την ατμόσφαιρα παρέχει τη δυνατότητα για τη συνεχή οξυγόνωσή του, ενώ η μεγαλύτερη οξυγόνωση παρατηρείται στους ποταμούς και οφείλεται στην ροή του νερού. Κάθε παράγοντας που προκαλεί κατανάλωση ή ελάττωση του διαλυμένου στα φυσικά νερά οξυγόνου, δημιουργεί κινδύνους στους υδρόβιους οργανισμούς.

Το CO_2 αποτελεί διαλυμένο συστατικό όλων των φυσικών νερών. Τα ανθρακικά άλατα στο νερό, έχουν μεγάλη σημασία από χημική άποψη αφού ρυθμίζουν το pH, αλλά και από βιολογικής πλευράς επειδή το CO_2 , είναι απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση. Η διαλυτότητά του είναι μικρή, αλλά ένα μέρος του CO_2 της ατμόσφαιρας διαλύεται στο νερό και στα φυσικά νερά βρίσκεται κυρίως με τη μορφή ιόντων HCO_3^- . Η παρουσία αυτών των ιόντων συμβάλλει στη μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα των φυσικών νερών. Έτσι, διατηρούν σταθερό το pH, με αποτέλεσμα η τιμή του pH των φυσικών νερών να κυμαίνεται συνήθως από 6-9.

- Αζωτούχες ενώσεις

Το άζωτο (N_2) στα φυσικά νερά βρίσκεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις σε αντίθεση με τις συγκεντρώσεις των οργανικών και ανόργανων ενώσεων του αζώτου που είναι μεγάλες. Από τις ανόργανες ενώσεις κυριότερες είναι τα ιόντα αμμωνίου (NH_4^+) και τα νιτρικά (NO_3^-) ή νιτρώδη (NO_2^-) ιόντα. Οι οργανικές ενώσεις του αζώτου περιλαμβάνουν τα αμινοξέα, τις πρωτεΐνες και την ουρία που διασπώνται από τους μικροοργανισμούς. Η αποικοδόμηση των αζωτούχων ενώσεων οδηγεί στο σχηματισμό αμμωνίας, ενώ η οξειδωση τους (νιτροποίηση) σε νιτρικά ιόντα. (Κατσούλης Β, 2009)

- Μέταλλα

Τα μέταλλα είναι στοιχεία που υπάρχουν στα υπόγεια και επιφανειακά νερά, όμως η παρουσία τους μπορεί να οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχονται. Μερικά είναι απαραίτητα για τη ζωή και προσλαμβάνονται με την τροφή και το νερό. Το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το κάλιο και το νάτριο είναι απαραίτητα για τη φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού, το κοβάλτιο, ο σίδηρος, το μαγγάνιο, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος απαιτούνται σε μικρές συγκεντρώσεις ως καταλύτες.

Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων των παραπάνω μετάλλων στο πόσιμο νερό ή η ύπαρξη τοξικών μετάλλων ακόμα και σε ίχνη όπως το αρσενικό, το κάδμιο, το χρώμιο, ο μόλυβδος και ο υδράργυρος, αποτελεί σοβαρό κίνδυνο καθώς προκαλούν νεφρικές και εγκεφαλικές βλάβες, δηλητηριάσεις, και καρκινογένεση. Η παρουσία τους συνήθως είναι αποτέλεσμα ρύπανσης από ανθρώπινη δραστηριότητα όπως, από βιομηχανικά απόβλητα, στραγγίσματα από χώρους ταφής απορριμμάτων και από τη διέλευση του νερού από σωληνώσεις ύδρευσης (π.χ. χαλκός). Η Ευρωπαϊκή Νομοθεσία τα θεωρεί επιβλαβή για την υγεία και έχει θεσπίσει ανώτατα όρια για κάθε στοιχείο, επομένως απαιτείται συνεχής παρακολούθηση της συγκέντρωσής τους στο πόσιμο νερό.

4.2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

Με τον υδρολογικό κύκλο, η ποιότητα του νερού αλλάζει συνεχώς σε όλη την πορεία του επειδή καθώς περνά διαμέσου της ατμόσφαιρας διαλυτοποιεί διάφορα αέρια και έρχεται σε επαφή με πλήθος σωματιδίων και αέριων ρύπων, ενώ όταν φθάσει στη γη αλληλεπιδρά με το έδαφος και συμπαρασύρει εδαφικό υλικό και μια μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών.

Στα φυσικά νερά επομένως πραγματοποιούνται πολλές φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, από περιβαλλοντικής πλευράς οι κυριότερες είναι:

- Η διαλυτοποίηση και η ιζηματοποίηση. Οι αντιδράσεις αυτές συντελούν στην παρουσία των κυριότερων ιόντων στο νερό. Το νερό έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα στις ανόργανες ενώσεις και αυτό συμβάλλει στη μεταφορά των χημικών συστατικών. Η διαλυτότητα των διαφόρων ενώσεων και κυρίως των ανόργανων, αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με εξαίρεση τα άλατα του ανθρακικού και του θεικού ασβεστίου (ιζηματοποίηση).
- Η προσρόφηση και η εκρόφηση. Προσρόφηση είναι η ιδιότητα που παρουσιάζουν ορισμένες χημικές ουσίες να δεσμεύουν στην επιφάνειά τους κάποια άλλη ουσία, ενώ εκρόφηση η ακριβώς αντίθετη διαδικασία. Στις συνθήκες του περιβάλλοντος, υπάρχει μια δυναμική ισορροπία μεταξύ προσρόφησης και εκρόφησης. Τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια των φυσικών νερών αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα μεταφοράς των διαλυμένων χημικών ενώσεων και ιόντων. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να είναι είτε ανόργανης (SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO κ.λπ.), είτε οργανικής φύσης (οξέα, πολυμερή κ.ά.).(Κατσούλης Β, 2009)
- Η συμπλοκοποίηση. Οι αντιδράσεις συμπλοκοποίησης είναι πολύ διαδεδομένες στα φυσικά νερά. Εμφανίζονται τόσο σε χημικές διεργασίες όσο και σε βιολογικές. Ο σχηματισμός συμπλόκων άλλες φορές οδηγεί στη διαλυτοποίηση διαφόρων κατιόντων και άλλες φορές στη μεταφορά ιόντων από την υδατική φάση στα ιζήματα, είτε γιατί τα σχηματιζόμενα σύμπλοκα είναι αδιάλυτα είτε γιατί τα σύμπλοκα προσροφώνται στην επιφάνεια σωματιδίων.
- Οι οξεοβασικές αντιδράσεις. Πολλές χημικές ενώσεις ελευθερώνουν H^+ και δρουν ως οξέα, άλλες δρουν ως βάσεις προσλαμβάνοντας H^+ , ενώ το νερό δρά και ως οξύ και ως βάση, όπως και τα HCO_3^- που είναι σημαντικά για τη χημεία των νερών. (Χαραλάμπους Α, 2007)
- Οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις. Είναι ένα σύνολο αντιδράσεων, στις οποίες συμμετέχει μεγάλος αριθμός χημικών ενώσεων, ιόντων και μικροοργανισμών με μεγάλη βιολογική σημασία. Οι βασικές βιοχημικές διεργασίες της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής είναι τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα τέτοιων αντιδράσεων. Τα στοιχεία C, N_2 , O_2 , S, Fe και Μη συμμετέχουν περισσότερο στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής που σχετίζονται άμεσα με τη δέσμευση και αποδέσμευση ενέργειας από τους ζωντανούς οργανισμούς.
- Η παραγωγή Οργανικής Ύλης και η Αναπνοή. Οι αυτότροφοι οργανισμοί συνθέτουν οργανική ύλη από ανόργανα συστατικά (CO_2 , H_2O). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται στα πράσινα τμήματα των φυτών και στο φυτοπλαγκτόν και ονομάζεται φωτοσύνθεση. Με τη φωτοσύνθεση παράγονται ενώσεις υψηλής οξειδωτικής κατάστασης, με

ταυτόχρονη δέσμευση ενέργειας. Με την κυτταρική αναπνοή διασπάται η οργανική ύλη και απελευθερώνεται η ενέργεια που περιέχει ώστε να χρησιμοποιηθεί για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των οργανισμών. Η φωτοσύνθεση αποτελεί τη βάση της ζωής στον πλανήτη μας επειδή δεσμεύει ενέργεια στους ιστούς των οργανισμών και έτσι δημιουργείται η αρχή της τροφικής αλυσίδας αλλά και επειδή έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή και απελευθέρωση οξυγόνου. (Κατσούλης Β, 2009)

Τα φυσικά νερά ανάλογα με την προέλευση και τη σύστασή τους διακρίνονται στο θαλάσσιο νερό, στο νερό της ατμόσφαιρας, στο οποίο περιλαμβάνεται και το νερό της βροχής και του χιονιού και στο νερό των ηπείρων, στο οποίο περιλαμβάνονται τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά, δηλαδή τα νερά των πηγών, ποταμών και λιμνών.

4.3. ΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΝΕΡΟ

Το θαλάσσιο νερό είναι ένα διάλυμα που περιέχει όλα τα γνωστά χημικά στοιχεία, τα περισσότερα εκ των οποίων βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις. Το πιο χαρακτηριστικό στοιχείο είναι το χλώριο που βρίσκεται διαλυμένο σε αυτό με τη μορφή ανιόντος χλωρίου (Cl⁻) σε ποσοστό 19 g/kg. Άλλα στοιχεία είναι το Na⁺ (11g/kg), το Mg²⁺ (1,3g/kg) και το θείο με τη μορφή θεικών ιόντων SO₄²⁻, (0,9g/kg).

Περιέχει όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη ζωή: ασβέστιο, πυρίτιο, άνθρακα, άζωτο και ιχνοστοιχεία, οργανικές ουσίες και διαλυμένα όλα τα αέρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Το μεγαλύτερο μέρος των στοιχείων είναι διαλυμένο με τη μορφή αλάτων, ενώ ένα μικρό μέρος βρίσκεται με τη μορφή αερίων. Τα πιο σημαντικά διαλυμένα αέρια είναι το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα.

Ως αλατότητα ορίζεται η «συνολική ποσότητα των στερεών ουσιών που περιέχονται σε 1 kg θαλάσσιου νερού, όταν όλα τα ανθρακικά άλατα έχουν μετατραπεί σε οξείδια, τα βρωμιούχα και ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα και έχει οξειδωθεί όλη η οργανική ύλη». Η αλατότητα του θαλάσσιου νερού κυμαίνεται μεταξύ 32 - 37,5 g/kg. Σε ορισμένες θάλασσες η περιεκτικότητα σε άλατα εμφανίζεται σημαντικά αυξημένη, πχ. στη Νεκρά Θάλασσα είναι 228 g/kg, και στη λίμνη Έλτον της Ρωσίας είναι 270 g/kg. Όταν η αλατότητα είναι κάτω από 32 g/kg σημαίνει ότι το θαλασσινό νερό αναμιγνύεται με γλυκά νερά. Η σύσταση του νερού των θαλασσών καθορίζεται από τις ποσότητες των διαλυμένων ουσιών που προστίθενται στο θαλασσινό νερό από την ατμόσφαιρα και την ξηρά (επιφανειακά νερά) και αυτών που απομακρύνονται από αυτό είτε λόγω απόθεσης τους σε ιζήματα είτε λόγω απελευθέρωσής τους στην ατμόσφαιρα. Το 99,9% της συνολικής διαλυμένης μάζας των ουσιών στη θάλασσα αντιστοιχεί σε δέκα ιόντα και το βορικό οξύ. (Πίνακας 4.3) Η αναλογία των ιόντων αυτών παραμένει σταθερή σε αντίθεση με την περιεκτικότητα των άλλων στοιχείων η οποία μεταβάλλεται.

Πίνακας 4.3. Τα κυριότερα συστατικά του θαλάσσιου νερού (Χαραλάμπους Α, 2007)

Συστατικά	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	F ⁻	H ₃ BO ₃	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Sr ²⁺
% σε σχέση με την αλατότητα	55	7,7	0,4	0,2	0,003	0,007	30,6	3,7	1,2	1,1	0,03

Οι ιδιότητες του θαλάσσιου νερού είναι παρόμοιες με εκείνες του γλυκού νερού. Παρουσιάζει μεγάλη θερμοχωρητικότητα, υψηλή λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, υψηλά σημεία ζέσης και πήξης. Είναι ελαφρά αλκαλικό και το pH του κυμαίνεται από 7,5 έως 8,4. Η θερμοκρασία του νερού στη θάλασσα παρουσιάζει διακυμάνσεις. Στα μεγάλα βάθη η θερμοκρασία είναι 2 - 4°C σε όλα τα πλάτη, ενώ στην επιφάνεια παρατηρούνται σημαντικές διακυμάνσεις ανάμεσα στα υψηλά και χαμηλά γεωγραφικά πλάτη (στα χαμηλά ~25 °C, στα μέσα ~ 15 °C, στα ψηλά ~ 5 °C). Η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού είναι μεγαλύτερη από αυτή του γλυκού νερού και είναι 1,0243g/cm³ στους 20 °C. (Χαραλάμπους Α, 2007)

4.4. ΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς και τα επιφανειακά νερά και μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα. Τα ρεύματα που δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα προκαλούν τοπικές μεταβολές στη πίεση και στη θερμοκρασία και οι υδρατμοί μπορούν να συμπυκνωθούν με τη μορφή βροχής, χιονιού, χαλαζιού και να επιστρέψουν στην επιφάνεια της Γης.

Κατά τη μεταφορά του από τους ωκεανούς στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια στη γη, το νερό περνά από το κατώτερο τμήμα της ατμόσφαιρας και διαλύει τα διάφορα αέρια του ατμοσφαιρικού αέρα. Η συγκέντρωση των συστατικών του ατμοσφαιρικού αέρα γενικά είναι σταθερή, μπορούν όμως να μεταβάλλονται οι συγκεντρώσεις συστατικών όπως το CO₂, CO, SO₂⁻, NO_x τα οποία είναι προϊόντα διεργασιών καύσης και αποτελούν τους κύριους αέριους ρύπους αστικών και βιομηχανικών περιοχών.

Τα κύρια συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα είναι το άζωτο (N₂) και το οξυγόνο (O₂) που είναι λίγο διαλυτά στο νερό. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και πίεση 1 atm η διαλυτότητα του αζώτου είναι 17,5 mg/kg και του οξυγόνου 39,3 mg/kg. Η διαλυτότητα όμως άλλων συστατικών του ατμοσφαιρικού αέρα, όπως του CO₂ και του SO₂ είναι μεγάλη, η διαλυτότητα του CO₂ είναι 1.450 mg/kg και του SO₂ είναι 94.100 mg/kg στους 25°C. Έτσι, η σύσταση του νερού της ατμόσφαιρας διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και επηρεάζεται από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Για παράδειγμα, σε θαλάσσιες περιοχές η βροχή θα περιέχει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις SO₄⁻², Cl⁻, Na⁺, και Mg⁺². Βροχή ή χιόνι που περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις SO₂⁻ ονομάζεται όξινη.

Το νερό της βροχής είναι ένα πολύ αραιό διάλυμα αλάτων, γεγονός που υποδεικνύει την σημαντική δυνατότητα της φυσικής απόσταξης, δηλαδή της παραγωγής "καθαρού νερού από θαλάσσιο". Το pH της φυσιολογικής βροχής κυμαίνεται από 5,5-6,5 και είναι σημαντικά μικρότερο από το pH του θαλάσσιου νερού (7,5-8,4), επομένως το νερό της ατμόσφαιρας βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας με το CO₂ της ατμόσφαιρας. Η ρυθμιστική ικανότητα του είναι μικρή και έτσι δεν μπορεί να διατηρεί το pH ουδέτερο ακόμα και με παρουσία μικρών ποσοτήτων αερίων τα οποία με το νερό μετατρέπονται σε οξέα. (Χαραλάμπους Α, 2007)

4.5. ΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ

Το νερό της βροχής το οποίο πέφτει και παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους έρχεται σε επαφή με πετρώματα, ορυκτά και φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Οι χημικές αντιδράσεις που επιτελούνται μεταβάλλουν τη σύσταση του νερού. Οι κύριες μορφές με τις οποίες εμφανίζονται τα επιφανειακά νερά είναι οι λιμνοθάλασσες, οι λίμνες, τα έλη, οι ποταμοί και οι χείμαρροι. Λιμνοθάλασσες είναι μεγάλες κλειστές ή ημίκλειστες παραθαλάσσιες εκτάσεις αλμυρών ή υφάλμυρων νερών μικρού βάθους, που έχουν άμεση επικοινωνία με τις θάλασσες και δέχονται συνήθως γλυκά νερά. Λίμνες είναι υδάτινες εκτάσεις που συνήθως έχουν γλυκά

νερά που καλύπτουν βαθιές λεκάνες της στεριάς και δεν επικοινωνούν άμεσα με τη θάλασσα. Έλη είναι μικρές εκτάσεις με γλυκά συνήθως νερά, μικρού βάθους. Ποταμοί είναι μεγάλες μάζες γλυκών νερών που ρέουν. Χείμαρροι είναι υδάτινα ρεύματα γλυκών νερών με μεγάλη κλίση και μικρό σχετικά μήκος που δεν έχουν μόνιμη ροή. (Βούτσινος Γ, 2000)

Η σύσταση των επιφανειακών νερών (δηλαδή η περιεκτικότητα τους σε άλατα) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση του εδάφους το οποίο διατρέχει. Τα κυριότερα ανόργανα συστατικά στο νερό των ποταμών αλλά και των λιμνών είναι το ασβέστιο (Ca^{+2}), το μαγνήσιο (Mg^{2+}), το νάτριο (Na^+), το κάλιο (K^+) τα χλωριόντα (Cl^-), τα θειικά ιόντα (SO_4^{-2}), το πυρίτιο (SiO_2^{-2}), και τα φωσφορικά ιόντα (PO_4^{-3}). Σε μικρότερες συγκεντρώσεις υπάρχουν σίδηρος, φθοριόντα, μαγγάνιο και άλλα ιχνοστοιχεία.

Τα επιφανειακά νερά μπορεί ακόμα να περιέχουν αμμωνιακά, νιτρώδη και νιτρικά άλατα τα οποία σχηματίζονται ως αποτέλεσμα της δράσης πολλών ειδών μικροοργανισμών σε αζωτούχες ενώσεις. Περιέχει επίσης διάφορες οργανικές ουσίες που προέρχονται από την αποικοδόμηση φυτικών και ζωικών οργανισμών. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν και σύνθετες οργανικές ενώσεις ανθρωπογενούς προέλευσης από απορροές και άμεση διάθεση αποβλήτων (διαλυτικά, απορρυπαντικά, εντομοκτόνα κ.α.). (Χαραλάμπους Α, 2007)

4.6. ΤΑ ΕΔΑΦΙΚΑ ΝΕΡΑ

Σε ξερά εδάφη, αν προστεθεί μεγάλη ποσότητα νερού, γεμίζουν εντελώς οι εδαφικοί πόροι, δηλαδή τα διαστήματα που υπάρχουν ανάμεσα στα στερεά μόρια του εδάφους. Γεμίζοντας τους πόρους το νερό μετατοπίζει τον αέρα που υπάρχει μέσα σ' αυτούς. Όταν όλοι οι πόροι γεμίσουν με νερό λέμε ότι το έδαφος είναι κορεσμένο, δηλαδή στη συγκεκριμένη στιγμή συγκρατεί τη μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να χωρέσει.

Μια ποσότητα νερού που βρίσκεται στους μεγάλους πόρους κινείται προς τα κάτω. Το νερό αυτό λέγεται νερό της βαρύτητας ή ελεύθερο νερό και τη θέση του στους πόρους ξαναπαίρνει ο αέρας. Το νερό αυτό που συνεχίζει την κάθοδό του κάτω από το επιφανειακό στρώμα του εδάφους, διεισδύει βαθύτερα στο έδαφος και γεμίζει τα διάκενα του εδάφους και των βράχων σχηματίζοντας το υπόγειο νερό. Αν και άλλο νερό συνεχίσει να απομακρύνεται, τότε εκείνο το λίγο που παραμένει τελικά στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους, συγκρατείται πολύ ισχυρά από τα μόρια του εδάφους, δεν είναι πια σε υγρή κατάσταση, αλλά μετακινείται με τη μορφή υδρατμών και ονομάζεται εδαφική υγρασία. (Βούτσινος Γ, 2000)

4.7. ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

Τα υπόγεια νερά είναι τα νερά των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων που εισχωρούν στο έδαφος. Υδροφόρα στρώματα, ονομάζονται τα κορεσμένα με νερό πορώδη πετρώματα μέσα στα οποία ρέει το υπόγειο νερό και βρίσκονται σε διάφορα βάθη. Στα υδροφόρα στρώματα βρίσκεται το 99% του διαθέσιμου σε υγρή κατάσταση γλυκού νερού της γης και η αναπλήρωση του νερού σε αυτά γίνεται με φυσικές διαδικασίες.

Τα υπόγεια νερά γενικά περιέχουν διαλυμένα περισσότερα ανόργανα άλατα από τα επιφανειακά και λιγότερες οργανικές ουσίες. Οι οργανικές ουσίες, η αμμωνία και τα νιτρώδη άλατα που υπάρχουν στο νερό της βροχής απουσιάζουν από τα υπόγεια νερά λόγω βιοχημικών δράσεων των μικροοργανισμών του εδάφους, ενώ με φυσικοχημικές διαδικασίες, όπως η προσρόφηση, η ιοντεναλλαγή και η κατακρήμνιση, το νερό κατά τη διήθησή του απαλλάσσεται από πολλούς ρύπους. Για αυτό τα υπόγεια νερά είναι κατάλληλα να χρησιμοποιούνται ως πόσιμο νερό.

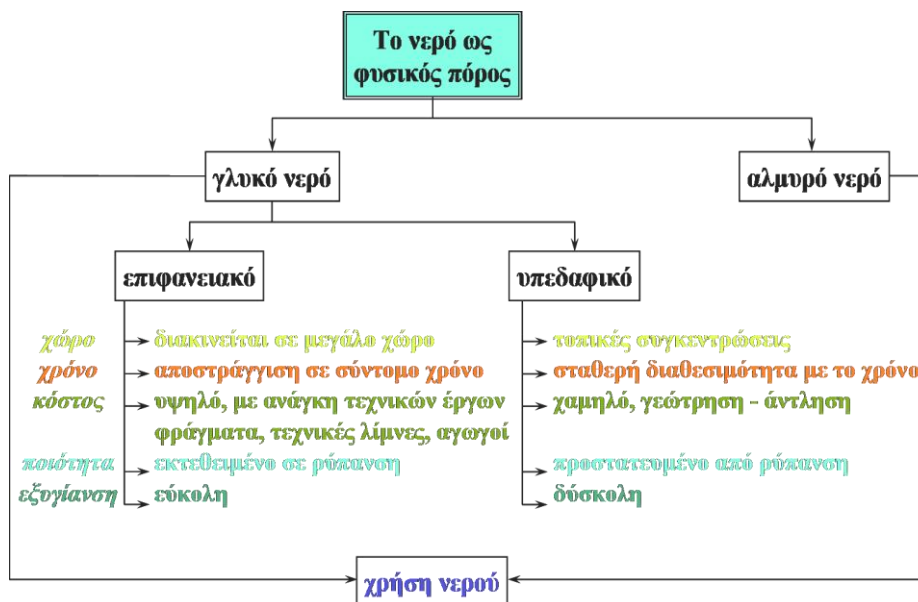
Ο όγκος των υπόγειων νερών αντιστοιχεί στο 98% περίπου του εκμεταλλεύσιμου γλυκού νερού του πλανήτη (0,6%), καθώς το νερό των ποταμών και των λιμνών είναι μικρότερο από το 0,03% του συνολικού όγκου του νερού. Πάνω από το μισό περίπου του υπόγειου νερών βρίσκεται σε τόσο μεγάλα βάθη που δεν είναι εκμεταλλεύσιμο λόγω της μεγάλης δαπάνης που απαιτείται για την άντλησή του αλλά και γιατί συνήθως είναι κακής ποιότητας. Η ανανέωση σημαντικού μέρους του συνολικού όγκου του υπόγειου νερού γίνεται με τη διήθηση των κατακρημνίσεων.

Το υπόγειο νερό κινείται μέσα στα διάκενα πετρωμάτων που χαρακτηρίζονται ως διαπερατά (ή υδατοπερατά). Τα αδιαπέραστα στρώματα έχουν τη ικανότητα να αποθηκεύουν λίγο νερό αλλά επιτρέπουν τη μεταφορά του. Ενδιάμεση κατηγορία των δύο στρωμάτων είναι τα ημιπερατά.

Η θέση της ανώτατης στάθμης του νερού στο έδαφος αποτελεί το βασικό κριτήριο για την ταξινόμηση των υδροφορέων. Σε μια κατακόρυφη τομή του εδάφους παρατηρούνται δύο ζώνες στις οποίες η κίνηση του νερού γίνεται με διαφορετικό τρόπο, η ζώνη αερισμού (ακόρεστη ζώνη) και η ζώνη κορεσμού (κορεσμένη ζώνη). Το μέρος του νερού που κατεισδύει και παραμένει κοντά στην επιφάνεια είτε γιατί απορροφάται από τα ορυκτά είτε γιατί συγκρατείται από τους κόκκους του εδάφους και το ριζικό σύστημα των φυτών, αποτελεί την ζώνη αερισμού. Η περιοχή κάτω από την επιφάνεια όπου τα εδαφικά και πετρώδη διαστήματα γεμίζουν από νερό ονομάζεται ζώνη κορεσμού. Ο υδροφόρος ορίζοντας είναι η ανώτερη επιφάνεια της ζώνης κορεσμού και είναι μια κυμαινόμενη διαχωριστική περιοχή μεταξύ των πετρωμάτων που είναι κορεσμένα με νερό και των πετρωμάτων που είναι ακόρεστα. Η βασική διαφορά στην κίνηση του νερού μέσα στις δύο ζώνες είναι ότι στη μεν ακόρεστη ζώνη γίνεται κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, ενώ στην κορεσμένη κατά την οριζόντια. (Παπανικολάου Δ, Σίδερης Χ, 2007)

4.8. ΤΟ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ ΓΗ

Το συνολικό υδάτινο δυναμικό της γης υπολογίζεται σε 1,4 τρισεκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Η πλειονότητα του νερού είναι το θαλασσινό νερό (περίπου 97,4%). Από το υπόλοιπο το περισσότερο (2% περίπου) είναι σε στερεή κατάσταση (πάγος). Λιγότερο επομένως από το 1% είναι διαθέσιμο γλυκό νερό. Πάνω από το 80% των πάγων της υδρογείου βρίσκεται στην Ανταρκτική και ένα άλλο 10% στην Αρκτική. Το υπόλοιπο βρίσκεται σε μόνιμους πάγους πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, σε παγωμένες περιοχές στις επιφάνειες βουνών.



Εικόνα 4.1. Το νερό ως φυσικός πόρος. (Πηγή Μιγκίρος, 2011)

Το γλυκό νερό των ποταμών, των λιμνών, της εδαφικής υγρασίας και το υπόγειο νερό ανέρχονται σε 8,3 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα (περίπου το 0,6% του συνολικού) και το περισσότερο από αυτό είναι υπόγειο νερό που βρίσκεται πολύ κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, σε υπόγειες λεκάνες από τις οποίες δεν είναι εύκολη η άντλησή του για χρήση από τον άνθρωπο. Το νερό που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, είναι το επιφανειακό γλυκό νερό και όσο από το υπόγειο μπορεί να αντλήσει, για αυτό και οι υδατικοί εκμεταλλεύσιμοι πόροι διακρίνονται σε επιφανειακούς και υπόγειους. (Εικόνα 4.1)

Τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά έχουν κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τα διαφοροποιούν μεταξύ τους ως προς το χώρο, ως προς το χρόνο, ως προς το κόστος εκμετάλλευσης και ως προς την ποιότητα του νερού.

- Ως προς το χώρο. Τα επιφανειακά νερά είτε βρίσκονται συγκεντρωμένα σε συγκεκριμένο χώρο (λίμνες) ή ακολουθούν συγκεκριμένη πορεία. Τα υπόγεια νερά καταλαμβάνουν πολύ μεγάλες εκτάσεις και μπορούν να ικανοποιήσουν εύκολα τις απαιτήσεις των ανθρώπων με απευθείας άντλησή τους τις περισσότερες φορές.
- Ως προς το χρόνο. Τα υπόγεια υδάτινα αποθέματα παραμένουν συνήθως μεγάλα σε διάφορες χρονικές περιόδους, ενώ τα επιφανειακά παρουσιάζουν μεταβολές στη διαθέσιμη ποσότητα τους κατά τη διάρκεια του χρόνου.
- Ως προς το κόστος εκμετάλλευσης. Οι πάγιες εγκαταστάσεις συλλογής επιφανειακών νερών έχουν τεράστιο κόστος (φράγματα, ταμιευτήρες, αγωγοί μεταφοράς κ.λπ.), ενώ το λειτουργικό κόστος για την εκμετάλλευσή τους είναι συνήθους μικρό. Αντίθετα οι πάγιες εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης υπόγειων νερών (γεωτρήσεις, αντλιοστάσια κ.λπ.) είναι χαμηλού κόστους αλλά το λειτουργικό κόστος και το κόστος συντήρησής τους είναι σημαντικό και εξαρτάται από το βάθος του νερού.
- Ως προς την ποιότητα του νερού. Τα επιφανειακά νερά είναι περισσότερο εκτεθειμένα στη ρύπανση, αλλά ο καθαρισμός τους πραγματοποιείται πιο εύκολα από τα υπόγεια στην περίπτωση που έχουν και αυτά ρυπανθεί. (Βούτσινος Γ, 2000)

4.9. Ο ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

4.9.1. Η Ιστορία του κύκλου του νερού.

Η συνολική ποσότητα του νερού στον πλανήτη μας είναι αρκετά σταθερή, αλλά όχι και η διαθεσιμότητά του. Το νερό βρίσκεται σε συνεχή κίνηση και διακινείται μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα που ονομάζεται υδρολογικός κύκλος (κύκλος του νερού). Με τον όρο «Υδρολογικός Κύκλος» περιγράφεται η σταθερή κυκλοφορία του νερού από τη θάλασσα μέσω της ατμόσφαιρας στην ξηρά και η επιστροφή του στην ατμόσφαιρα τόσο από τη θάλασσα όσο και από την ξηρά. Το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς, από τις λίμνες, από τους ποταμούς, από το έδαφος και από τη βλάστηση, μεταφέρεται με τη μορφή υδρατμών από τις κινήσεις του αέρα στην ατμόσφαιρα, συμπυκνώνεται, πέφτει με τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις στο έδαφος και επιστρέφει στους ωκεανούς με την επιφανειακή και υπόγεια απορροή. (Παπανικολάου Δ, Σίδερης Χ, 2007)

Στα αρχικά στάδια ύπαρξης της γης, η θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη των 100°C. Οι υδρατμοί που διατηρούνταν στην ατμόσφαιρα, δημιούργησαν ένα φαινόμενο όπως είναι το φαινόμενο του «Θερμοκηπίου» στη γη με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του ρυθμού ψύξης της. Όταν η γη ψύχθηκε και απέκτησε θερμοκρασίες μικρότερες των 100°C, όλη σχεδόν η ποσότητα των

υδρατμών συμπυκνώθηκε και σχηματίστηκαν οι ωκεανοί. Υπάρχουν ενδείξεις ότι, οι ωκεανοί υπήρχαν στη γη πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια και πιθανότατα, η ποσότητα του νερού στον υδρολογικό κύκλο να μην άλλαξε αισθητά από τότε.

Σε όλη τη διάρκεια της ιστορίας της γης, συνέβαιναν μεταβολές της στάθμης της θάλασσας που συνοδεύονταν από αλλαγές της θερμοκρασίας, οι οποίες οδήγησαν σε περιόδους παγετώνων. Τα γεωλογικά δεδομένα αποδεικνύουν μεγάλες αλλαγές στον όγκο των ωκεανών κατά τη διάρκεια των 16 παγετώνων που συνέβησαν στην Πλειστόκαινο Περίοδο, η οποία αναπτύχθηκε πριν από δύο εκατομμύρια χρόνια. Κατά τη διάρκεια του πιο πρόσφατου παγετώνα, ο οποίος παρουσίασε μέγιστο πριν από 18 χιλιάδες χρόνια, $42 \times 10^{15} \text{ m}^3$ θαλάσσιου νερού ήταν παγιδευμένα στις περιοχές των πόλων που ήταν σκεπασμένες με πάγο. Η ποσότητα αυτή, αντιπροσωπεύει το 3% του όγκου του θαλάσσιου νερού και είχε ως αποτέλεσμα την πτώση της στάθμης της θάλασσας περίπου κατά 120 m.

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι οι περίοδοι των παγετώνων σχετίζονται με τις μικρές αλλαγές της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο. Αυτές οι αλλαγές, προκαλούν διαφορές στην ηλιακή ενέργεια που πέφτει στη Γη, ιδιαίτερα στις πολικές περιοχές. Όταν οι πάγοι στους πόλους επεκτείνονται, η ψύξη επιταχύνεται, αφού το χιόνι και ο πάγος παρουσιάζουν υψηλή λευκαύγεια (albedo)³ στην προσπίπτουσα βραχέως μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία.

Οι ηπειρωτικοί παγετώνες δημιούργησαν μεγάλη διαταραχή στον υδρολογικό κύκλο της γης. Αυτές οι αλλαγές που προκλήθηκαν στο παγκόσμιο κλίμα, φαίνεται ότι επηρέασαν την κυκλοφορία των ρευμάτων των ωκεανών και την αλληλεπίδρασή τους με την ατμόσφαιρα. Η παγκόσμια ψύξη έχει ως αποτελέσματα χαμηλότερους ρυθμούς εξάτμισης, την μείωση του ρυθμού κυκλοφορίας της υγρασίας μέσα στην ατμόσφαιρα και την μείωση του νετού. Ένα μοντέλο παγκόσμιου κλίματος υποστηρίζει ότι, ο ολικός υετός πριν από 18.000 χρόνια πρέπει να ήταν κατά 14% χαμηλότερος απ' ό,τι είναι σήμερα και οι ερημικές περιοχές ίσως να είχαν επεκταθεί σ' ολόκληρο τον πλανήτη. Έτσι, η συνολική πρωτογενής παραγωγή πρέπει να ήταν πολύ χαμηλότερη, ενώ η διάβρωση των εδαφών των ερημικών περιοχών από τον άνεμο και άλλους παράγοντες ήταν μεγαλύτερη, με τελικό αποτέλεσμα τη συσσώρευση κονιορτού στις θάλασσες με τη μορφή ιζημάτων.

Οι αλλαγές στον ρυθμό της ροής των ποταμών σε πλανητικό επίπεδο, πρέπει να προκάλεσαν αλλαγές στην κατανομή των σωματιδίων που ήταν διαλυμένα στη θάλασσα. Η διάβρωση των ηπειρωτικών υφαλοκρηπίδων -οι οποίες ήταν εκτεθειμένες στις ατμοσφαιρικές συνθήκες λόγω της χαμηλής στάθμης της θάλασσας κατά τη διάρκεια των παγετώνων-, οδήγησε στον εμπλουτισμό της σύστασης του θαλασσινού νερού και στην αύξηση της παραγωγικότητας. Δηλαδή ο ρυθμός ιζηματοποίησης στη θάλασσα ήταν μεγαλύτερος, όταν η στάθμη της θάλασσας ήταν χαμηλά, οπότε μεγαλύτερο τμήμα χερσαίας περιοχής ήταν εκτεθειμένο στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. (Κατσούλης Β., 2009)

4.9.2. Τα χαρακτηριστικά του παγκόσμιου υδρολογικού κύκλου.

Ο ετήσιος κύκλος του νερού είναι η μεγαλύτερη κίνηση χημικής ουσίας στο σύστημα γης - ατμόσφαιρας και είναι ένας κύκλος χωρίς αρχή και τέλος, αφού το νερό που εξατμίζεται και γίνεται τμήμα της ατμόσφαιρας, θα πέσει πάλι στην επιφάνεια της γης. Ο υδρολογικός κύκλος ενεργοποιείται από την ηλιακή ενέργεια η οποία προκαλεί την εξάτμιση του νερού. Η ποσότητα

³ Λευκαύγεια: Η λευκαύγεια είναι το μέτρο της ανακλαστικότητας μιας επιφάνειας.

του νερού που υπάρχει στην ατμόσφαιρα δεν είναι μεγάλη, όμως το νερό, χάρη στην κινητικότητα του, κυκλοφορεί συνεχώς στον υδρολογικό κύκλο και έτσι μπορεί και γίνεται διαθέσιμο στα οικοσυστήματα και στους οργανισμούς. Η κυκλοφορία του νερού στηρίζεται κυρίως στην εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις. (Εικόνα 4.1.) Με την εξάτμιση το νερό απομακρύνεται με τη μορφή υδρατμών από οποιαδήποτε επιφάνεια, ενώ με τις κατακρημνίσεις (βροχή, χιόνι, χαλάζι) απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα και γίνεται διαθέσιμο στα υδάτινα και στα χερσαία οικοσυστήματα.

Η ανταλλαγή του νερού μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας είναι ένας σχετικά απλός μηχανισμός, αφού περιλαμβάνει μόνο την εξάτμιση και τις κατακρημνίσεις. Αντίθετα το τμήμα του κύκλου του νερού που αφορά την ξηρά είναι πιο πολύπλοκο, επειδή σ' αυτήν οι πιθανές πορείες του νερού είναι περισσότερες. Το νερό που πέφτει στην ξηρά μπορεί είτε να εξατμιστεί από οποιαδήποτε επιφάνεια είτε να προσληφθεί από τα φυτά και να απομακρυνθεί με τη διαπνοή -η συνολική διαδικασία μεταφοράς του νερού στην ατμόσφαιρα ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή- είτε να εισχωρήσει στο υπέδαφος και στο σύστημα των υπόγειων υδάτων είτε να απομακρυνθεί με την επιφανειακή απορροή από το χερσαίο περιβάλλον και να καταλήξει στην θάλασσα. (Αδαμαντιάδου Σ., 2015)

Όταν το νερό απομακρύνεται από τα φύλλα με την διαπνοή, νέες ποσότητες νερού μπορούν να απορροφηθούν από τις ρίζες των φυτών μαζί με θρεπτικά συστατικά. Το υπόλοιπο νερό απορρέει επιφανειακά ή διηθείται στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό μπορεί να ρυπανθεί και να γίνει ακατάλληλο για χρήση ή όταν απορρέει σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να γίνει καταστροφικό, όπως συμβαίνει με τις πλημμύρες ή με τη διάβρωση του εδάφους, ενώ το νερό που διηθείται βαθύτερα μετατρέπεται σε υπόγειο νερό. Ένα μέρος του επιφανειακού και υπόγειου νερού καταλήγει στη θάλασσα από όπου αρχίζει νέος κύκλος, επομένως στον υδρολογικό κύκλο μπορούν να παρατηρηθούν μεταφορά, προσωρινή αποθήκευση και μεταβολή της κατάστασης του νερού.

Με την εξάτμιση και τον υετό, το νερό μεταφέρει μεγάλες ποσότητες ηλιακής ενέργειας από τις τροπικές στις πολικές περιοχές και λειτουργεί όπως ένα θερμαντικό σώμα που μεταφέρει θερμότητα στον περιβάλλοντα χώρο. Οι κινήσεις του νερού καθορίζουν τις μεταβολές του καιρού και τους κλιματικούς τύπους της γης, ενώ η ετήσια διαθεσιμότητα του νερού είναι ο κυριότερος παράγοντας της ανάπτυξης και της κατανομής της βλάστησης. Σε περιοχές που ο υετός υπερέρχει της εξάτμισης και της διαπνοής, συμβαίνει έντονη επιφανειακή απορροή που μεταφέρει τα προϊόντα της αποσάθρωσης στη θάλασσα. Αυτή η εναλλαγή του νερού μεταξύ ατμόσφαιρας και γης είναι πολύ σημαντική για τη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας του πλανήτη.

Η κατανομή των αποθεμάτων του νερού στους ταμιευτήρες, δεν είναι σταθερή. Το νερό μεταβάλλεται συνεχώς στους ταμιευτήρες, βρίσκεται σε διαρκή κίνηση και μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη. Η ατέλειωτη αυτή κίνηση του νερού και η μετατροπή του από τη μία μορφή στην άλλη, σχηματίζει τον υδρολογικό κύκλο. Υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις και τοπικές διαφορές στην κατανομή και τους ρυθμούς των κλάδων του υδρολογικού κύκλου (εξάτμιση, διαπνοή, υετός, διείσδυση στο έδαφος, απορροή), ως αποτέλεσμα της θέσης των ηπείρων, των επιφανειακών χαρακτηριστικών τους και του κλίματος. Όλη σχεδόν η ενέργεια που κινεί τον υδρολογικό κύκλο προέρχεται από τον ήλιο. (Φράγκου Μ-Χ, Καλλής Γ, 2010)

5. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ

5.1. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΚΛΙΜΑ

Το νερό καθορίζει το κλίμα κάθε περιοχής. Ακόμα και σε μια μικρή περιοχή, η ύπαρξη νερού επηρεάζει άμεσα το κλίμα, δροσίζοντας μας το καλοκαίρι και κάνοντας πιο ήπιο το κρύο του χειμώνα. Αλλαγές στα υδάτινα οικοσυστήματα, όπως η αποξήρανση μιας λίμνης, αλλάζουν πολύ το κλίμα μιας περιοχής αλλά και η ποσότητα νερού καθορίζεται από το κλίμα κάθε περιοχής. Κάθε αλλαγή του κλίματος επηρεάζει και τα νερά μιας περιοχής ή του πλανήτη γιατί τίποτα στο περιβάλλον δεν υπάρχει από μόνο του, όλα συνδέονται μεταξύ τους.

Οι ωκεανοί παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του παγκόσμιου κλίματος. Οι ίδιοι οι ωκεανοί μπορούν να απορροφήσουν θερμότητα και να δράσουν ως αντλίες για το διοξείδιο του άνθρακα. Τα ρεύματα των ωκεανών κατανέμουν τη θερμοκρασία από τον ισημερινό προς τους πόλους και αντίστροφα. Τα θερμά νερά από την τροπική ζώνη ανεβαίνουν στους πόλους, ψύχονται και καθώς μειώνεται η θερμοκρασία τους, αυξάνεται η πυκνότητά τους και υποχωρούν σε μεγαλύτερα βάθη, εμπλουτίζοντας τους ωκεανούς με διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα, οξυγόνο, θρεπτικά συστατικά κ.α. που είχαν απορροφήσει όσο βρίσκονταν στην επιφάνεια. Ο κύκλος ολοκληρώνεται όταν οι θαλάσσιες μάζες ανέρχονται στην επιφάνεια κοντά στην τροπική ζώνη. Οι διαδικασίες αυτές καθιστούν τους ωκεανούς βασικό παράγοντα για το κλίμα και τη ζωή στον πλανήτη.

Έχει υπολογιστεί ότι, με βάση τις ανθρώπινες δραστηριότητες οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θα έπρεπε να ανέρχονται σε 7,6 γιγατόνους ανά έτος, όμως οι μετρήσεις δείχνουν ότι είναι περίπου 3,6 γιγατόνοι. Η υπόλοιπη ποσότητα απορροφάται από τα φυτά (μέσω της φωτοσύνθεσης) κυρίως όμως απορροφάται από τους ωκεανούς. Αυτό έχει μεγάλη σημασία τόσο γιατί η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα παραμένει σε σχετικά χαμηλά επίπεδα όσο και γιατί τα νερά εμπλουτίζονται με διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα που είναι η βασική πηγή ενέργειας των θαλάσσιων αυτότροφων οργανισμών.

5.2. ΤΟ ΠΑΓΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ Η ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Αν και ο θαλάσσιος πάγος βρίσκεται στις πολικές περιοχές και γύρω από αυτές, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο παγκόσμιο κλίμα με δύο βασικούς μηχανισμούς. Ο πρώτος βασίζεται στην ιδιαίτερα υψηλή ανακλαστικότητα του θαλάσσιου πάγου σε σχέση με τους ωκεανούς και την επιφάνεια της γης. Ο δεύτερος σχετίζεται με τη συμμετοχή του στη διαμόρφωση της κυκλοφορίας των ωκεάνιων υδάτων.

Οι ωκεανοί κατά μέσο όρο ανακλούν πίσω στην ατμόσφαιρα μόλις το 6% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνειά τους, ενώ ο θαλάσσιος πάγος ανακλά το 50-70% της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται, ποσοστό που μπορεί να φτάσει ακόμη και το 90% στην περίπτωση που ο πάγος σκεπάζεται από χιόνι. Επομένως, οι περιοχές που καλύπτονται από θαλάσσιο πάγο απορροφούν πολύ λιγότερη ηλιακή ενέργεια, γεγονός που συμβάλλει στη διατήρηση της χαμηλής θερμοκρασίας των πολικών περιοχών.

Με τη σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας και τον περιορισμό της εξάπλωσης του θαλάσσιου πάγου, η ανακλαστική επιφάνεια μειώνεται και περισσότερη ηλιακή ενέργεια απορροφάται από την θάλασσα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία των πόλων να αυξάνεται περισσότερο. Αυτή η αλυσίδα γεγονότων θέτει σε κίνηση έναν κύκλο θέρμανσης και τήξης των πάγων που επιταχύνει την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής. Είναι ένα πολλαπλασιαστικό φαινόμενο, μέσω του οποίου

ακόμη και μια μικρή άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε έντονη θέρμανση των πολικών περιοχών, καθιστώντας τις τελευταίες ίσως τις πιο ευαίσθητες περιοχές του πλανήτη στην κλιματική αλλαγή.

Ο θαλάσσιος πάγος επηρεάζει επίσης την μεγάλης κλίμακας κυκλοφορία των ωκεανών. Κατά την κρυσταλλοποίηση του θαλασσινού νερού, η μεγαλύτερη ποσότητα του διαλυμένου άλατος, αποβάλλεται στο στρώμα νερού που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια. Λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσης άλατος, το νερό κάτω από την επιφάνεια των πάγων γίνεται περισσότερο πυκνό από τις μάζες νερού που βρίσκονται από κάτω και καταβυθίζεται. Έτσι, ο θαλάσσιος πάγος συμβάλλει στην παγκόσμια ωκεάνια κυκλοφορία, που είναι γνωστή ως "ζώνη μεταφοράς θερμότητας", κατά την οποία τα ψυχρά και πυκνά πολικά νερά βυθίζονται και κινούνται κατά μήκος του ωκεάνιου πυθμένα προς τον ισημερινό και αντίστροφα, τα θερμά νερά μικρού έως μεσαίου βάθους κατευθύνονται από τον ισημερινό προς τους πόλους.

Επομένως, οποιαδήποτε αλλαγή στην ποσότητα του θαλάσσιου πάγου μπορεί να διαταράξει τη φυσιολογική ωκεάνια κυκλοφορία, μέσω της οποίας η θερμότητα των ωκεανών ανακατανέμεται σε ολόκληρο τον πλανήτη και να επιφέρει σημαντικές μεταβολές στο παγκόσμιο κλίμα. Επί πλέον στον Αρκτικό Ωκεανό που περιβάλλεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από ξηρά, η έκταση και η κατανομή του θαλάσσιου πάγου διαμορφώνει τα θαλάσσια περάσματα, με προφανείς επιπτώσεις για τη ζωή των τοπικών πληθυσμών και της άγριας πανίδας της περιοχής αλλά και για τη ναυσιπλοΐα. (<http://www.helmeacadets.gr/>)

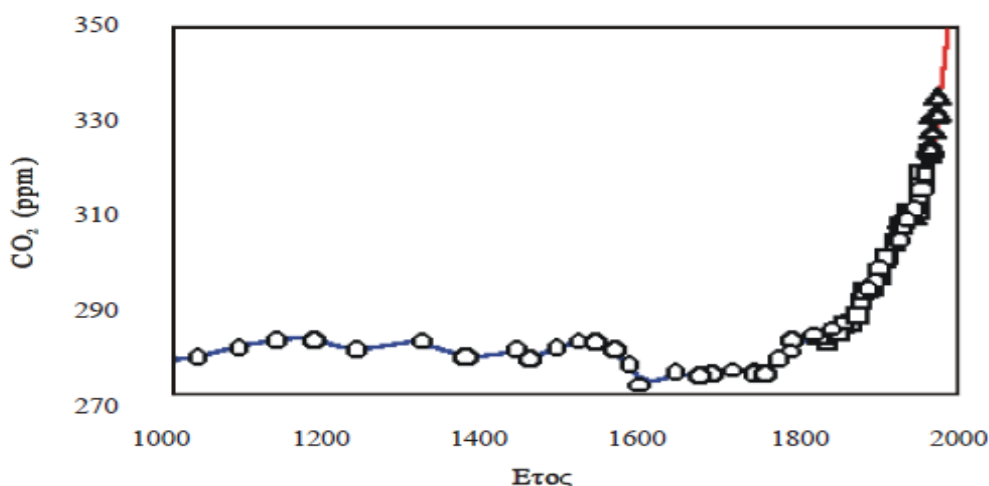
5.3. ΔΙΑΒΑΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΓΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ

Η επιστημονική έρευνα στο παγωμένο νερό που βρίσκεται στους πόλους, αποκαλύπτει πολλά στοιχεία για το κλίμα της γης εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν. Το πρόγραμμα EPICA (Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Πυρήνων Πάγου στην Ανταρκτική) ξεκίνησε το 1996 με τη συμμετοχή δέκα ευρωπαϊκών χωρών, συντονίζεται από το Ευρωπαϊκό Ίδρυμα Επιστημών, χρηματοδοτείται από την Ε.Ε. και στοχεύει να αποκαλύψει την ιστορία του γήινου κλίματος.

Η μελέτη δειγμάτων από τους πάγους είναι πολύ σημαντική αφού κάθε στρώμα πάγου μας δίνει πληροφορίες για το περιβάλλον από διαφορετικές εποχές και αποτελεί ένα ημερολόγιο του κλίματος της γης εκατοντάδων χιλιάδων ετών. Στο εσωτερικό των πάγων εγκλωβίστηκαν φυσαλίδες αέρα την εποχή που δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα στρώματα πάγου. Αυτές οι μικρές φυσαλίδες παραμένουν αναλλοίωτες στην πορεία του χρόνου και αποκαλύπτουν στους επιστήμονες τη σύσταση της ατμόσφαιρας πριν από χιλιάδες χρόνια. Το πρόγραμμα για την εξαγωγή τμημάτων πάγου από την Ανταρκτική σκοπεύει να ανακαλύψει τη σύσταση του αέρα εδώ και χιλιάδες χρόνια μέσα σε αυτούς τους θυλάκους. Όσο πιο βαθιά βρίσκεται το τμήμα του πάγου που ανασύρεται, τόσο πιο παλιές είναι και οι πληροφορίες που μας παρέχει. Οι πάγοι είναι το καλύτερο αρχείο για τη γήινη περιβαλλοντική ιστορία. Με την ανάλυση των αερίων που εντοπίζονται σε κομμάτια πάγου 10 cm, οι επιστήμονες υπολογίζουν τα αέρια που αποτέλεσαν την ατμόσφαιρα οποιαδήποτε στιγμή, από τη σημερινή ημέρα μέχρι και τις προηγούμενες τέσσερις εποχές του πάγου. Οι επιστήμονες ανέλυσαν παγιδευμένες στον πάγο φυσαλίδες του αέρα που ανέσυραν από βάθος μέχρι και 3,2 χιλιομέτρων στην Ανταρκτική και διαπίστωσαν ότι οι σημερινές συγκεντρώσεις του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα είναι πρωτοφανείς, τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα βρίσκονται σήμερα στο υψηλότερο σημείο στα τελευταία 800.000 χρόνια. (www.physics4u.gr/articles/2003)

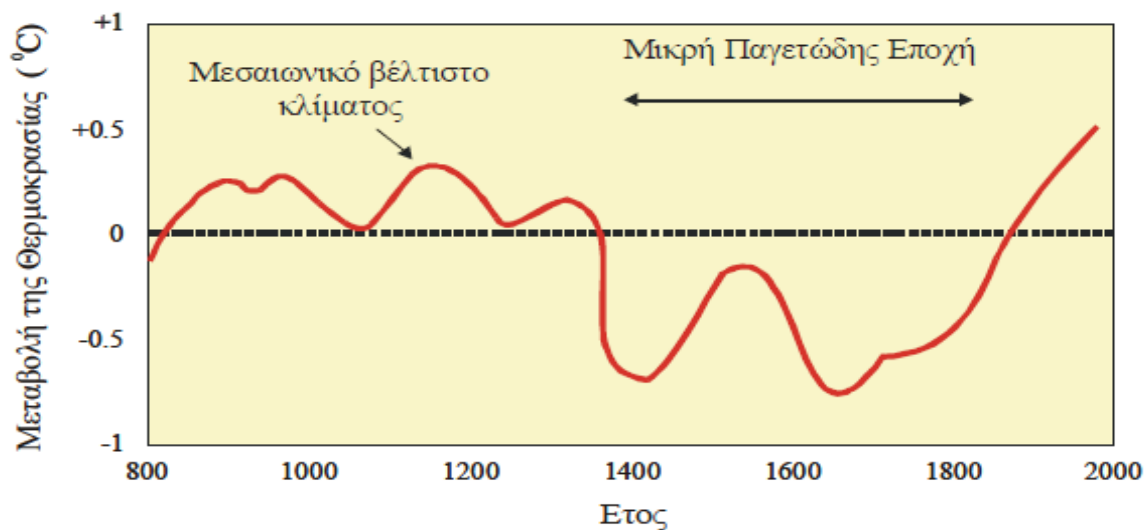
Οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι γνωστές με ακρίβεια από το 1958, αλλά με βάση μετρήσεις στον πάγο και των ισοτόπων του άνθρακα στους δακτυλίους των δένδρων έχουν υπολογιστεί και για τις τελευταίες χιλιετίες. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας περιόδου των παγετώνων, οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα προσδιορίστηκαν στα 200 ppm αλλά στο τέλος της περιόδου, πριν περίπου 15.000 χρόνια εκτοξεύτηκε στα 280 ppm. Ήταν η περίοδος που η γη άρχισε να ζεσταίνεται και σε λιγότερο από 10.000 χρόνια, εξελίχθηκε από ένα πλανήτη, στον οποίο πολύ μεγάλα ποσοστά της επιφάνειας του ήταν καλυμμένα με πάγο, στον σημερινό που ουσιαστικά είναι ελεύθερος από πάγους. (Ζιώμας Γ, 2007)

Μπορούν να δουν όχι μόνο τις προηγούμενες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου - τα δύο κύρια αέρια που κατηγορούνται για την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας - μπορούν επίσης να μετρήσουν και τις προηγούμενες θερμοκρασίες. (Εικόνα 5.2). Τα αποτελέσματα είναι τα ίδια, το διοξείδιο του άνθρακα και η θερμοκρασία αυξάνονται και πέφτουν μαζί. (www.physics4u.gr/articles/2003)



Εικόνα 5.1. Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα την τελευταία χιλιετία όπως αυτές εκτιμήθηκαν με βάση τις μετρήσεις στους πάγους της Ανταρκτικής. (Ζιώμας Γ, 2007, Πηγή: www.dar.csiro.au/info/material/info98_2.htm)

Οι μεταβολές στη θερμοκρασία πάνω στον Πλανήτη μας δεν είναι κάτι καινούργιο, υπήρξαν πολλές Περίοδοι Παγετώνων με ενδιάμεσες Θερμές Περίόδους. Πριν από 800.000 χρόνια το φαινόμενο του θερμοκηπίου είχε κάνει και τότε την εμφάνισή του. Οι πυρήνες πάγου μας αποκαλύπτουν το ρυθμό μεταβολής του γήινου κλίματος κατά τη διάρκεια των χρόνων αυτών και η μελέτη τους δείχνει ότι μεταβολές στη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα συνοδεύονταν από μια αλλαγή του κλίματος. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 200 ετών η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει αυξήσει το διοξείδιο του άνθρακα έξω από τα φυσιολογικά όρια. Στον πάγο η ταχύτερη αύξηση που μετρήθηκε ήταν 30 ppm σε μία περίοδο περίπου 1.000 ετών. (Εικόνα 5.1.) Τα τελευταία 30 ppm της αύξησης έχουν πραγματοποιηθεί σε ακριβώς 17 χρόνια. Κάποιες ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας θα απορροφηθούν από τους οργανισμούς που το προσλαμβάνουν για να κάνουν φωτοσύνθεση ή για να χτίσουν τους σκελετούς τους και τα καλύμματα τους (κοχύλια). Αλλά οι οργανισμοί αυτοί μπορούν να γίνουν λιγότερο αποδοτικοί τα επόμενα χρόνια, επομένως δεν αρκούν τα είδη για τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. (www.physics4u.gr/news/2006)



Εικόνα 5.2: Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη. (Μελάς 2000)

5.4. ΑΚΡΑΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ακραία φαινόμενα χαρακτηρίζονται τα φυσικά γεγονότα τα οποία αποκλίνουν πολύ από τα συνήθως παρατηρούμενα σε μια περιοχή και επειδή είναι δυσμενή είναι και ανεπιθύμητα, η ένταση, η συχνότητα και ποικιλομορφία των οποίων έχει αυξηθεί στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη. Οφείλονται σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα όπως ξηρασία, έντονες βροχοπτώσεις, καύσωνες, παγετοί, πλημμύρες ή γεωλογικά φαινόμενα όπως σεισμοί. Τα ακραία φαινόμενα διακόπτουν την συνήθη φυσιολογική λειτουργία των περιοχών στις οποίες εμφανίζονται και έχουν επιπτώσεις στην οικονομική ζωή, στις μεταφορές και επικοινωνίες, στην οργάνωση της ζωής της κοινωνίας, στα οικοσυστήματα και μεταβάλλουν τα δεδομένα που σχετίζονται με την δημόσια υγεία. Οι άμεσες επιπτώσεις αφορούν τραυματισμούς ή θανάτους, ενώ οι έμμεσες επιπτώσεις αναφέρονται σε προβλήματα διατροφής, σε ψυχολογικά προβλήματα και σε ασθένειες από παθογόνους μικροοργανισμούς. Το τελευταίο οφείλεται κυρίως στη χρήση ακατάλληλου νερού για πόση ή παρασκευή τροφής, ενώ πρόσθετα προβλήματα σχετικά με το νερό είναι η μετάδοση ασθενειών από ενδιάμεσους ξενιστές, όπως είναι τα κουνούπια που πολλαπλασιάζονται όπου υπάρχουν στάσιμα νερά και κατάλληλη θερμοκρασία.

Το νερό αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση των κοινωνιών με πολλούς τρόπους, το πόσιμο για υδροδότηση των αστικών περιοχών, το βιομηχανικό για τις ανάγκες της παραγωγής, το αρδευτικό για τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, αλλά και για την ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων. Μεταβολές στην ποιότητα και ποσότητα του νερού - όπως είναι αυτές που προκαλούνται από τα ακραία φαινόμενα - επιδρούν σε όλους τους προηγούμενους τομείς και σε πολλές συνιστώσες της ανθρώπινης υγείας. Τα ζητήματα που προκύπτουν από διαταραχές στην ποσότητα και την ποιότητα του νερού έχουν πρακτικές συνέπειες που χρήζουν αντιμετώπισης με κατάλληλες πολιτικές διαχείρισης του νερού. Οι οικονομικές επιπτώσεις τέτοιων διαταραχών είναι συνήθως αρνητικές όταν συμβαίνουν σε περιοχές με ανθρώπινες δραστηριότητες. Από τα ακραία φαινόμενα που προκαλούν μεταβολές στην ποιότητα του νερού μείζονος σημασίας είναι τα έντονα φαινόμενα που προκαλούν, οι πλημμύρες, οι σεισμοί και η κλιματική αλλαγή.

Σεισμοί.

Σεισμός είναι δόνηση της επιφάνειας της γης που οφείλεται σε φυσικά αίτια, κυρίως σε μετατόπιση τμημάτων του φλοιού της γης. Σε τοπικό επίπεδο μπορεί να οφείλεται σε

ηφαιστειακή δράση, μεγάλες κατολισθήσεις ή κατακρημνίσεις στο εσωτερικό της γης (στοές, σπήλαια). Οι σεισμοί είναι φαινόμενα που συμβαίνουν συχνότερα σε περιοχές του πλανήτη όπως η Ελλάδα που βρίσκεται σε σεισμογενή ζώνη σύγκλισης τεκτονικών πλακών. Τα υπόγεια υδατικά συστήματα εξαρτώνται από τα υποκείμενα και υπερκείμενα εδάφη. Οι σεισμοί επιφέρουν αλλαγές στην υδρογεωλογική ισορροπία, όμως μπορεί να συμβεί και το αντίθετο, αλλαγές μεγάλης κλίμακας στην υδρογεωλογία να προκαλέσουν σεισμούς.

Οι σεισμοί προκαλούν υδρογεωλογικές αλλαγές που μπορεί να επηρεάσουν τα υδρολογικά φαινόμενα κοντά αλλά και χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρό του επειδή οι σεισμοί επηρεάζουν το σύστημα μεταφοράς νερού στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Συνηθισμένα αποτελέσματα είναι η μεταβολή της στάθμης στο νερό πηγαδιών, εξαφάνιση πηγών ή εμφάνιση νέων, αύξηση ή ελάττωση ροής σε ρυάκια και πηγές, θολερότητα στο νερό καθώς και υποβάθμιση της ποιότητάς του με αλλαγές χημικής σύστασης. Υδρολογικές αλλαγές μπορεί να γίνουν και πριν το σεισμό, έχουν καταγραφεί αλλαγές της θερμοκρασίας, συγκέντρωσης ραδονίου, χλωριούχων και θεικών αλάτων καθώς και διαλυμένων αερίων σε πηγές μεταλλικού νερού πριν από σεισμούς. Αυξομείωση της στάθμης του νερού σε πηγάδια μετά από σεισμό συμβαίνει συχνά, αυτό εξαρτάται από την ένταση και το βάθος του σεισμού, την δημιουργία ρηγμάτων του γήινου φλοιού της περιοχής, την απόσταση από το επίκεντρο και το υδρογεωλογικό προφίλ της περιοχής. Η αύξηση ή η ελάττωση της στάθμης του νερού και οι αλλαγές στη ροή του μπορεί να έχουν μικρή διάρκεια ή να διαρκέσουν μήνες.

Τα προβλήματα που προκαλούνται από σεισμούς, όσον αφορά στο νερό, είναι:

- Αλλαγές στον όγκο παροχής νερού. Ο σεισμός μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση ή την αύξηση της παροχής πηγών και επιφανειακών νερών. Η ελάττωση προκαλεί λειψυδρία και ίσως προβλήματα στην δημόσια υγεία ενώ η αύξηση μπορεί να δημιουργήσει κατολισθήσεις εδαφών, διαβρώσεις κ.λπ.
- Καταστροφές ή ζημιές σε εγκαταστάσεις άντλησης, αποθήκευσης και τροφοδοσίας νερού. Η δόνηση του φλοιού της γης προκαλεί παραμορφώσεις, ρωγμές, μετατοπίσεις ή θραύσεις στις κατασκευές συλλογής, μεταφοράς, αποθήκευσης και διανομής νερού, με σοβαρές συνέπειες στην υδροδότηση. Ρωγμές ή θραύσεις σε αγωγούς διανομής ενέχουν κινδύνους μόλυνσης του νερού με παθογόνους μικροοργανισμούς, ιδίως όταν οι αγωγοί ύδρευσης και αποχέτευσης βρίσκονται κάτω από δρόμους, όπως συμβαίνει στα δίκτυα.
- Χημικές αλλαγές. Το νερό πηγαδιών, πηγών ή γεωτρήσεων που επηρεάζεται από σεισμό μπορεί να αποκτήσει θολερότητα που φράζει τα συστήματα φιλτραρίσματος πόσιμου ή βιομηχανικού νερού. Γεωλογικές αναδιατάξεις μετά από σεισμό ρυπαίνουν πηγές πόσιμου νερού με αργό πετρέλαιο. Άλλες αλλαγές που έχουν καταγραφεί από σεισμούς είναι μεταβολές σε διαλυμένα αέρια (CO_2 , H_2S , CH_4 κ.α.) ή στερεά (Na , Mg , SO_4^{2-} κ.α.).
- Μικροβιολογική επιβάρυνση. Ζημιές στις εγκαταστάσεις άντλησης και διανομής πόσιμου νερού μπορεί να προκαλέσουν επαφή με λύματα από δίκτυα αποχέτευσης και τελικά μόλυνση του νερού με την είσοδο μικροοργανισμών στο δίκτυο ύδρευσης. Προβλήματα προκύπτουν και από την ανάμειξη νερού διαφορετικών υπόγειων οριζόντων και από διήθηση ρυπαντών μέσω του εδάφους. Βακτήρια κοπρανώδους προέλευσης έχουν απομονωθεί μετά από σεισμό από υδροφόρους ορίζοντες που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και χρησιμοποιούνται για ύδρευση, ενώ οι υδροφόροι ορίζοντες που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος διατρέχουν μικρότερο κίνδυνο.

Πλημμύρες.

Πλημμύρα ονομάζεται η υπερβολική συσσώρευση νερού πάνω σε έδαφος. Τα νερά των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων καλύπτουν τις ανάγκες των φυτών και εμπλουτίζουν τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Στις πλημμύρες, το νερό δεν προλαβαίνει να κατεισδύσει και μεταφέρεται με ποταμούς και χειμάρρους στον πλησιέστερο υδάτινο αποδέκτη, όμως συχνά ξεχειλίζει από τις όχθες τους και πλημμυρίζει την γύρω περιοχή. Πλημμυρικά φαινόμενα προκαλούνται και από τυφώνες, κυκλώνες, θαλάσσιες καταιγίδες καθώς και σε περιοχές παραθαλάσσιες από μετατοπίσεις του θαλάσσιου πυθμένα από σεισμό και το τσουνάμι που επακολουθεί. Οι ξαφνικές πλημμύρες μεταφέρουν και βράχους, λάσπη και αντικείμενα.

Οι πλημμύρες είναι συχνό φαινόμενο σε μερικές περιοχές του κόσμου όπως στις ΗΠΑ, αλλά και στην Ευρώπη εμφανίζονται συχνότερα τα τελευταία χρόνια. Η κλιματική αλλαγή και οι συνέπειές της αναμένεται ότι θα συμβάλλουν στην επιδείνωση της κατάστασης τα επόμενα χρόνια αφού προβλέπεται αύξηση της συχνότητας, της έντασης και του μεγέθους πλημμυρών. Προκαλούν άμεσες ζημιές σε υποδομές όπως κτίρια, δρόμοι, γέφυρες αλλά δημιουργούν και έμμεσα προβλήματα, επιδρώντας στην δημόσια υγεία. Τα προβλήματα μπορεί να συμβούν κατά την διάρκεια ή αμέσως μετά την πλημμύρα αλλά και εβδομάδες ή μήνες αργότερα. Άμεσες επιπτώσεις είναι οι πνιγμοί, οι τραυματισμοί, οι υποθερμίες, τα καρδιακά επεισόδια, η αυξημένη συχνότητα ψυχολογικών διαταραχών καθώς και τα προβλήματα που δημιουργούνται από μικροοργανισμούς (επιμόλυνση τραυμάτων, δερματίτιδες, επιπεφυκίτιδες, μολύνσεις των αυτιών, μύτης, λαιμού κ.ά.). Έμμεσες επιπτώσεις προέρχονται από την μόλυνση του πόσιμου νερού εάν γίνουν καταστροφές στα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης και το νερό της πλημμύρας εισχωρήσει στο δίκτυο ύδρευσης, έτσι συχνά το πόσιμο νερό επιβαρύνεται με βακτήρια, ιούς, παράσιτα που μπορεί να προκαλέσουν ασθένειες. Το πρόβλημα είναι επίσης σημαντικό εάν μολυνθούν με παθογόνους μικροοργανισμούς τα διαθέσιμα υπόγεια υδατικά αποθέματα ή ταμιευτήρες νερού (φράγματα, λίμνες) τα οποία σε τοπική κλίμακα πιθανόν να αντιπροσωπεύουν το σύνολο των διαθέσιμων αποθεμάτων υδροληψίας και υδροδότησης. Η μόλυνση του πόσιμου νερού μπορεί να προκαλέσει απλές γαστρεντερίτιδες έως πολύ σοβαρές λοιμώξεις όπως η χολέρα, κυρίως σε χώρες του τρίτου κόσμου. Παραδείγματα είναι η επιδημία χολέρας που προκλήθηκε από τις πλημμύρες της Δυτικής Βεγγάλης το 1998 ή η εμφάνιση τυφοειδούς πυρετού το 1980 στον Άγιο Μαυρίκιο. Οι πλημμύρες προκαλούν επίσης μεταναστεύσεις τροφικών που μεταφέρουν νοσογόνους παράγοντες και συντελούν στην έμμεση αύξηση των περιστατικών ασθένειας από μολύνσεις που μεταδίδονται με μεσολάβηση ενδιάμεσου ξενιστή επειδή αυξάνουν τον αριθμό και την έκταση των περιοχών που είναι κατάλληλες για πολλαπλασιασμό των ξενιστών. Με επιδημίες ελονοσίας συνδέονται περιοδικές πλημμύρες που προκαλούνται από το φαινόμενο Ελ Νίνιο στον Ειρηνικό Ωκεανό. Στις πλημμύρες αποδίδεται η αναζωπύρωση του δάγκειου πυρετού στην αμερικανική ήπειρο τα τελευταία δέκα χρόνια και στην Ευρώπη μετά τις πλημμύρες της Ρουμανίας το 1996-97, της Τσεχίας το 1997, της Ιταλίας το 1998.

Όταν γίνονται πλημμύρες, το νερό βγαίνει από την διαδρομή του και μπορεί να έρθει σε επαφή με επικίνδυνες ουσίες από αγροτικά και βιομηχανικά απόβλητα επειδή οι πλημμύρες που καταστρέφουν βιομηχανικά συγκροτήματα και αποθήκες προκαλούν ζημιές σε αγωγούς μεταφοράς υγρών ή διευκολύνουν την έκλυση χημικών ουσιών. Νερά πλημμυρών έχουν βρεθεί επιβαρυσμένα με πετρέλαιο, φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα, αρσενικό και βαρέα μέταλλα.

Ακραία φαινόμενα και διαχείριση νερού.

Τα ακραία φαινόμενα έχουν σημασία για την διαχείριση του νερού επειδή αυξάνουν τις πιθανότητες να επηρεαστούν ορισμένες παροχές νερού και οδηγούν σε αβεβαιότητα για την ασφάλεια της υδροδότησης. Με δεδομένες τις ιδιαιτερότητες της διαχείρισης του νερού - εγκαταστάσεις συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας, δίκτυα ύδρευσης - οι αποφάσεις που λαμβάνονται σήμερα και αφορούν στην διαχείριση του πόσιμου νερού θα έχουν επιπτώσεις στην αξιοπιστία των συστημάτων ύδρευσης για πολλές δεκαετίες. Επιπλέον οι σχεδιασμοί για την βελτίωση των χρήσεων του νερού απαιτούν πολύ χρόνο για να εφαρμοσθούν και ακόμα περισσότερο χρόνο έως ότου επιτύχουν πλήρως τους στόχους τους. Η ανάγκη αντιμετώπισης της αβεβαιότητας αυτής, απαιτεί γνώσεις για τις καταστάσεις που δημιουργούνται από τέτοια φαινόμενα και τις επιπτώσεις που θα έχουν στην διαχείριση των υδατικών πόρων.

Ο σχεδιασμός πολιτικών πρόληψης και προσαρμογής από την Πολιτεία, βοηθά στο να μειωθούν οι αρνητικές συνέπειες και οι επιπτώσεις. Σχετικές δράσεις προγραμματίζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ δράσεις σε τοπικό επίπεδο ρυθμίζουν και λύνουν αποτελεσματικά τα τοπικά προβλήματα. Διαχειριστικό σχέδιο για αντιμετώπιση των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων θα περιείχε πρόβλεψη για εκσυγχρονισμό υδρευτικών και αρδευτικών δικτύων -ώστε να γίνουν λιγότερο τρωτά σε ακραία φαινόμενα-, επαναχρησιμοποίηση νερού, ελάττωση άρδευσης με καταιονισμό και μείωση της απώλειας νερού από πεπαλαιωμένες εγκαταστάσεις ύδρευσης. Σημαντικό ρόλο αναμένεται να παίξει η δημιουργία στον γενικό πληθυσμό συνείδησης καλού καταναλωτή, με στόχο την ελάττωση της σπατάλης νερού.

Κάθε αλλαγή σε βροχοπτώσεις θα έχει συνέπειες στην ποσότητα των νερών απορροής ανά περιοχή. Αυτό θα απαιτήσει αλλαγές στις μονάδες διαχείρισης υγρών αποβλήτων σε περιοχές όπου το αποχετευτικό σύστημα δέχεται εκτός από λύματα και το βρόχινο νερό. Σε περιοχές που αναμένεται αύξηση των βροχοπτώσεων οι τοπικές αρχές θα πρέπει να προβλέψουν κατασκευές υποδομών για να ανταπεξέλθουν τους αυξημένους κινδύνους πλημμύρας, την περίσσεια νερού στους ταμιευτήρες, ανάπτυξη νέων διαδικασιών επεξεργασίας νερού. Εκεί όπου αναμένεται μείωση των βροχών η διαχείριση υδάτινων πόρων θα απαιτήσει την εξεύρεση εναλλακτικών πηγών πόσιμου και βιομηχανικού νερού.

Η διαχείριση του πόσιμου νερού στην παράκτια ζώνη θα δεχθεί τα περισσότερα πλήγματα διότι εδώ θα προστεθούν τα προβλήματα από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, κυρίως στα δίκτυα ύδρευσης που εξαρτώνται από το υπόγειο νερό επειδή η διείσδυση του θαλάσσιου νερού θα αυξήσει την αλατότητα στους υδροφόρους ορίζοντες και θα απαιτηθούν νέες και πιο δαπανηρές μέθοδοι επεξεργασίας του νερού. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η αύξηση των καταιγίδων απειλεί τις υποδομές των μονάδων επεξεργασίας του πόσιμου νερού και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που βρίσκονται σε παράκτιες ζώνες. Για τη διαχείριση τέτοιων μονάδων πρέπει να προβλεφθεί κατασκευή προστατευτικών δομών και να ληφθούν μέτρα προστασίας. Η προστασία από πλημμύρες είναι δυσκολότερη όταν η περίσσεια νερού προέρχεται από διακρατικά νερά, όπως συμβαίνει με το βόρειο τμήμα της Ελλάδας, στο οποίο οι σημαντικοί ποταμοί πηγάζουν από άλλες χώρες (Αξιός, Στρυμόνας, Νέστος, Έβρος).

Οικονομικές επιπτώσεις.

Οι οικονομικές επιπτώσεις που δημιουργούνται από ακραία φαινόμενα σε όλους τους τομείς της οικονομίας είναι εξαιρετικά αρνητικές. Με δεδομένο ότι το νερό ύδρευσης εξυπηρετεί τις ανάγκες των νοικοκυριών αλλά και τις απαιτήσεις του τουριστικού και βιομηχανικού τομέα και

ότι η διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης καθορίζει την αγροτική παραγωγή, οι δυσμενείς οικονομικές επιπτώσεις αναμένονται από το κόστος στην ανθρώπινη υγεία, την υφαλμύρωση υδροφόρων οριζόντων, την ελάττωση δραστηριοτήτων αναψυχής, την μειωμένη παραγωγή αγροτικών προϊόντων, την μειωμένη παραγωγή ενέργειας (υδροηλεκτρικοί σταθμοί), την αύξηση του κόστους αγοράς νερού, την χειροτέρευση της ποιότητας του προσφερόμενου τουριστικού προϊόντος σε παράκτιες περιοχές άρα την μείωση του εισοδήματος από τουριστικές δραστηριότητες, την αύξηση του λειτουργικού κόστους ξενοδοχειακών μονάδων.

Σε ότι αφορά στην ανθρώπινη υγεία η κλιματική αλλαγή αναμένεται να προκαλέσει αύξηση των περιστατικών υγειονομικού ενδιαφέροντος λόγω χειροτέρευσης της χημικής και μικροβιολογικής ποιότητας του πόσιμου νερού με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους στην ιατρική και νοσοκομειακή περίθαλψη και απώλεια ημερών εργασίας. (Μαυρίδου et al, 2014)

6. Η ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

6.1. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα τρία τέταρτα της επιφάνειας της γης καλύπτονται από νερό. Τα υδάτινα οικοσυστήματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τα θαλάσσια οικοσυστήματα (ωκεανοί, παράκτια θαλάσσια οικοσυστήματα, παράκτιοι υγρότοποι, κοραλλιογενείς ύφαλοι) και τα οικοσυστήματα γλυκών νερών (λίμνες, ποτάμια, πηγές, χείμαρροι, ρέματα, ρυάκια, έλη). Τα όρια μεταξύ των οικοσυστημάτων αυτών δεν είναι πάντα ευδιάκριτα, πχ στις εκβολές των ποταμών το νερό είναι υφάλμυρο, γεγονός που αυξάνει την ποικιλία των υδατικών οικοσυστημάτων.

Οι οργανισμοί των υδάτινων οικοσυστημάτων επηρεάζονται από τις φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού μέσα στο οποίο βρίσκονται. Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την κατανομή των ζωντανών οργανισμών στο νερό και επηρεάζουν την δραστηριότητά τους, είναι η θερμοκρασία, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα, η αλατότητα, η περιεκτικότητα του νερού σε θρεπτικά συστατικά, η διαπερατότητα του φωτός και η υδροστατική πίεση. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Η θάλασσα είναι ο μεγαλύτερος τόπος διαβίωσης ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη μας. Η ζωή εμφανίστηκε αρχικά στη θάλασσα και πολύ αργότερα κάποια ζωικά είδη κατοίκησαν και προσαρμόστηκαν στα γλυκά νερά και στην ξηρά. Η θάλασσα φιλοξενεί πολλά είδη φυτών και ζώων, τα οποία αποτελούν την τροφή άλλων οργανισμών, φυσικά και του ανθρώπου. Από την άποψη της ποικιλίας των ειδών η ζωή στα γλυκά νερά μειονεκτεί έναντι των αλμυρών νερών. Η μικρή, σε σχέση με το θαλασσινό νερό, παρουσία των ζωικών ειδών στα γλυκά νερά οφείλεται στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι οργανισμοί για να προσαρμόσουν τις φυσιολογικές τους λειτουργίες σ' αυτά.

Το νερό ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος παρουσιάζει συνήθως σταθερά φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά. Η συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων, η θερμοκρασία, η πυκνότητα και το pH των νερών αυτών παρουσιάζουν μικρές μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους, γεγονός που διευκολύνει την προσαρμογή των οργανισμών στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Αντίθετα οι συνθήκες στα γλυκά νερά είναι λιγότερο σταθερές, η θερμοκρασία τους παρουσιάζει μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους -ακόμη και κατά τη διάρκεια της μέρας αν τα νερά είναι σχετικά μικρού βάθους-, η περιεκτικότητά τους σε οξυγόνο είναι πολύ χαμηλή αν τα νερά είναι στάσιμα και τέλος και το pH παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις .

Σε σχέση με την ικανότητα προσαρμογής τους στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του νερού οι υδρόβιοι οργανισμοί διακρίνονται σε ευρύθερμους και σε στενόθερμους, ενώ σε σχέση με την ικανότητα προσαρμογής τους σε μεγάλες μεταβολές της αλατότητας διακρίνονται σε ευρύαλους που έχουν ικανότητα προσαρμογής σε μεγάλες μεταβολές της αλατότητας του νερού και στενόαλους που έχουν περιορισμένη αυτή την ικανότητα και ζουν μόνιμα σε νερά με σταθερή αλατότητα. Με βάση τον παράγοντα αλατότητα οι υδρόβιοι οργανισμοί χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, στους οργανισμούς αλμυρών (θαλάσσιοι), στους οργανισμούς υφάλμυρων και στους οργανισμούς γλυκών νερών (λιμναίοι και ποτάμιοι). (Βούτσινος Γ, 2000)

6.2. ΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οι οργανισμοί σε ένα υδατικό οικοσύστημα διακρίνονται σε πλαγκτόν, νηκτό και βένθος.

Ως πλαγκτόν χαρακτηρίζονται οι οργανισμοί που επιπλέουν και των οποίων η κίνηση είναι παθητική και εξαρτάται από τα ρεύματα του νερού. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν αυτότροφοι

οργανισμοί (παραγωγοί) όπως τα άλγη (φυτοπλαγκτόν, φύκη), ετερότροφοι οργανισμοί (καταναλωτές) όπως το ζωοπλαγκτόν και οργανισμοί-αποικοδομητές, όπως μύκητες και βακτήρια. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Ως νηκτό χαρακτηρίζεται το σύνολο των οργανισμών με ενεργητική κίνηση. Είναι υδρόβιοι οργανισμοί που έχουν την ικανότητα να κολυμπούν και να κινούνται με ευχέρεια. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κυρίως τα διάφορα είδη κεφαλοπόδων (χταπόδια, καλαμάρια κ.λπ.) και σπονδυλωτών (ψάρια).

Ως βένθος χαρακτηρίζονται οι υδρόβιοι οργανισμοί που ζουν στον πυθμένα των υδάτινων οικοσυστημάτων ή εξαρτώνται άμεσα από αυτόν. Μπορεί να είναι φυτά προσκολλημένα στον πυθμένα ή ζώα που είναι μόνιμα προσκολλημένα στον πυθμένα ή μετακινούμενα πολύ αργά. Στους βενθικούς ζωικούς οργανισμούς, λόγω της μόνιμης διαβίωσής τους αλλά και της εξάρτησής τους από τον πυθμένα, υπάγονται και ορισμένα είδη ψαριών, όπως το μπαρμπούνι, η κουτσομούρα, η γλώσσα κ.λπ. (Βούτσινος Γ, 2000)

Στα περισσότερα υδατικά συστήματα οργανισμοί ανώτεροι από εκείνους των βακτηρίων, των αλγών και του ζωοπλαγκτόν, αποτελούν ένα μικρό μέρος της συνολικής βιομάζας. Οι αυτότροφοι οργανισμοί για να αναπτυχθούν χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια και μετατρέπουν ανόργανες ενώσεις όπως το CO₂, σε πολύπλοκη οργανική ύλη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται φωτοσύνθεση και είναι σημαντική όχι μόνο γιατί δεσμεύει ηλιακή ενέργεια, αλλά και γιατί αναπληρώνει τα αποθέματα οξυγόνου και παράγει νέα οργανική ύλη διαθέσιμη στην τροφική αλυσίδα. Αυτότροφοι υδάτινοι οργανισμοί είναι τα άλγη, που αποτελούν τους σημαντικότερους παραγωγούς. Τα φυτά με ρίζες, συνήθως βρίσκονται σε αβαθείς περιοχές και έχουν δευτερεύουσα σημασία στα υδατικά οικοσυστήματα.

Οι καταναλωτές (ετερότροφοι οργανισμοί) χρησιμοποιούν τις οργανικές ενώσεις που παράγουν οι παραγωγοί και με το οξυγόνο που προσλαμβάνουν διασπούν την οργανική ύλη για να παράγουν ενέργεια και για να συνθέσουν τη βιομάζα τους. Καταναλωτές είναι τα ζωοπλαγκτόν (πρωτογενείς καταναλωτές) και τα ψάρια. Άλλη κατηγορία ετερότροφων οργανισμών είναι οι αποικοδομητές (κυρίως τα βακτήρια και οι μύκητες.) που διασπούν την οργανική ύλη σε απλές οργανικές ενώσεις. (Αδαμαντιάδου et al, 2015)

6.3. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το σύνολο του θαλάσσιου περιβάλλοντος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα τεράστιο οικοσύστημα, όμως επειδή χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη πολυπλοκότητα γίνεται μια επί πλέον διάκριση σε παράκτια θαλάσσια οικοσυστήματα και σε οικοσυστήματα ανοικτής θάλασσας (ωκεανούς). Σημαντικό κριτήριο διάκρισης αποτελεί η ποσότητα του διαθέσιμου φωτός, γιατί από αυτήν εξαρτάται η φωτοσύνθεση. Λιγότερο από το 40% της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του νερού διεισδύει σε βάθος μεγαλύτερο του ενός μέτρου και λιγότερο από το 1% της ακτινοβολίας φθάνει σε βάθος μεγαλύτερο από 50 μέτρα.

Με κριτήριο την ποσότητα του διαθέσιμου φωτός διακρίνονται οι παρακάτω υδατικές ζώνες:

- Εύφωτη ζώνη που ξεκινάει από την επιφάνεια του νερού και φθάνει μέχρι βάθος 50m.
- Ολιγόφωτη ζώνη που οριοθετείται από την κατώτερη επιφάνεια της εύφωτης ζώνης και την επιφάνεια βάθους 500 μέτρων.
- Αφωτη ζώνη που εκτείνεται σε βάθη μεγαλύτερα των 500 μέτρων.

Μια άλλη διάκριση στα θαλάσσια οικοσυστήματα αφορά την απόστασή τους από την ξηρά. Τα νερά που καλύπτουν τα κεκλιμένα και αβαθή ηπειρωτικά κράσπεδα αποτελούν την νηριτική ζώνη και βρίσκονται κοντά στις ακτές, ενώ στη συνέχεια της νηριτικής ζώνης μακριά από τις ακτές, βρίσκεται η πελαγική ζώνη, τα νερά της οποίας ταξινομούνται με κριτήριο το βάθος τους, σε επιμέρους ζώνες. Η πιο εκτεταμένη από τις ζώνες αυτές είναι η άβυσσαία, βάθους 4.000-6.000 μέτρων, στην οποία ζουν ασπόνδυλα, αρθρόποδα και σπάνιες μορφές μικρών ψαριών και αποτελεί το μεγαλύτερο σε έκταση οικοσύστημα της Γης. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν στην άβυσσο κυμαίνονται από 4° έως 0°C. Η μόνη ζώνη που είναι βαθύτερη από την άβυσσο είναι η υπεραβυσσαία ζώνη που συναντάται σε τάφρους βάθους μεγαλύτερου των 6.000 μέτρων.

Τα κύρια θαλάσσια οικοσυστήματα είναι οι ωκεανοί και τα παράκτια οικοσυστήματα.

Οι ωκεανοί αποτελούν τα μεγαλύτερα και σταθερότερα οικοσυστήματα του πλανήτη και παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ζωής στη γη και στη ρύθμιση του κλίματος, (συμβάλλουν στην ανακύκλωση νερού μέσω του υδρολογικού κύκλου, λειτουργούν ως αποθηκευτικοί χώροι διοξειδίου του άνθρακα, απορροφούν και διασπούν απόβλητα).

Οι περισσότεροι οργανισμοί στους ωκεανούς ζουν στα ανώτερα στρώματα. Κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας επιπλέει ένας μεγάλος αριθμός μονοκύτταρων ή πολυκύτταρων οργανισμών που μεταφέρονται με τα ρεύματα ενώ μερικοί διαθέτουν περιορισμένες δυνατότητες ενεργητικής μετακίνησης. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί εξαπλώνονται σε όλο το εύρος της ευφωτικής ζώνης όπου το φως επαρκεί για τις φωτοσυνθετικές τους λειτουργίες. Στην ολιγόφωτη ζώνη οι μοναδικοί φωτοσυνθετικοί οργανισμοί που συναντώνται είναι φυτά εφοδιασμένα με ευαίσθητες χρωστικές που μπορούν να απορροφούν την κυανή ακτινοβολία, η οποία είναι η πιο διεισδυτική. Οι ετερότροφοι θαλάσσιοι οργανισμοί εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς της ευφωτικής ζώνης. Το ζωοπλαγκτόν βρίσκεται κυρίως στην ευφωτική ζώνη, εκεί όπου το μεγαλύτερο μέρος του τρέφεται με φυτοπλαγκτόν ή με άλλα είδη ζωοπλαγκτού. Στα βαθύτερα στρώματα που το φως είναι ελάχιστο η καθόλου, η θερμοκρασία χαμηλή και η πίεση υψηλή, αναπτύσσονται απομονωμένα οικοσυστήματα. Αν και οι συνθήκες αυτές αποτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλων και σύνθετων βιοκοινοτήτων, έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη σε αυτές συγκεκριμένων ειδών που είναι εφοδιασμένα με ανάλογα προσαρμοστικά χαρακτηριστικά. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Τα παράκτια θαλάσσια οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγικότητα. Συμβάλλουν στην οικολογική ισορροπία των γειτονικών χερσαίων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων και στη μείωση της θαλάσσιας ρύπανσης. Έχουν σημαντικό ρόλο στην επιβίωση πολλών ειδών (θαλάσσιων, υδρόβιων, πτηνών). Τέτοια οικοσυστήματα είναι οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών και οι παράκτιοι υγρότοποι.

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι απαντούν σε τροπικά κλίματα και είναι από τα πλέον παραγωγικά οικοσυστήματα. Αποτελούν βιοκοινότητες πολύ διαφορετικές από τις υπόλοιπες. Σχηματίζονται από αποικίες κοιλεντερόζων (με τη μορφή πολύποδα) τα οποία σχηματίζουν ασβεστολιθικό εξωτερικό σκελετό. Είναι πλούσιες σε άνθρακα, οξυγόνο και διαλυμένα μεταλλικά στοιχεία. Το φως και η υψηλή σχετικά θερμοκρασία (σπάνια κάτω από τους 21°C) είναι βασικά χαρακτηριστικά των κοραλλιογενών σχηματισμών και μια μεγάλη ποικιλία θαλάσσιων οργανισμών βρίσκουν τροφή και καταφύγιο στα όρια τους.

Οι εκβολές αποτελούν τα παράκτια τμήματα των ποταμών. Η εκβολή ενός ποταμού είναι το τελικό του τμήμα, εκεί που τα νερά του καταλήγουν στη θάλασσα. Στις εκβολές το αλμυρό νερό

της θάλασσας αναμιγνύεται με το γλυκό νερό του ποταμού. Τα διάφορα υλικά που μεταφέρονται με τα νερά του ποταμού και καταλήγουν στις εκβολές δημιουργούν αμμώδεις «γλώσσες» ξηράς που εισέρχονται στη θάλασσα και σχηματίζουν τα δέλτα των ποταμών. Το νερό στα δέλτα των ποταμών έχει μικρό βάθος και επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός μέχρι τον πυθμένα. Τα επιφανειακά νερά των ποταμών μεταφέρουν πολλά θρεπτικά συστατικά για αυτό η παραγωγικότητά τους είναι υψηλή και και τα δέλτα των ποταμών αποτελούν ευνοϊκό βίοτοπο για μεγάλο αριθμό ζωικών ειδών.

Οι παράκτιοι υγρότοποι βρίσκονται στο όριο μεταξύ χερσαίων και υδάτινων περιοχών και χαρακτηρίζονται από αβαθή, μόνιμα ή εποχικά νερά. Περιλαμβάνουν τις λιμνοθάλασσες, τα έλη και άλλα παράκτια υδατικά συστήματα. Οι λιμνοθάλασσες είναι εκτάσεις ρηχών αλμυρών ή υφάλμυρων νερών που ενώνονται με τη θάλασσα μέσω στενών διωρύγων. Τα έλη είναι περιοχές παροδικά ή μόνιμα πλημμυρισμένες με αλμυρά ή γλυκά νερά. Διακρίνονται για την υψηλή παραγωγικότητά τους που έχει ως αποτέλεσμα την ιδιαίτερα μεγάλη βιοποικιλότητα (κυρίως της πανίδας). (ΚΕΕ, 2018)

6.4. ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα οικοσυστήματα γλυκού νερού καλύπτουν το 1,8% της επιφάνειας της γης. Περιλαμβάνουν τις φυσικές ή τεχνητές λίμνες, τους ποταμούς, τους χειμάρρους και τα ρέματα. Περιέχουν πολύ μικρότερες ποσότητες νερού από τα θαλάσσια οικοσυστήματα, παρουσιάζουν μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, προσβάλλονται ευκολότερα από τη ρύπανση και η στάθμη τους δεν είναι σταθερή αλλά άλλοτε αυξάνεται λόγω πλήρωσής τους στη διάρκεια των βροχερών μηνών ή τήξης των πάγων και άλλοτε μειώνεται λόγω εξάτμισής τους σε περιόδους ξηρασίας. Η ποικιλία των μορφών ζωής στα οικοσυστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντική, παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα βιοποικιλότητας σχετικά με τα χερσαία και τα θαλάσσια οικοσυστήματα, αν υπολογίσουμε την αφθονία τους σε είδη σε σχέση με τη συνολική έκταση που καταλαμβάνουν.

Το οικοσυστήματα των γλυκών νερών διακρίνονται σε oligοτροφικά και ευτροφικά, ανάλογα με τα επίπεδα των θρεπτικών συστατικών και του διαλυμένου οξυγόνου που περιέχουν. Ευτροφισμός ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία αυξάνεται η συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών σε ένα υδατικό οικοσύστημα. Ο εμπλουτισμός των νερών με θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φώσφορο, οδηγεί σε αύξηση της φυτικής βιομάζας.

Άλλη διάκριση των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού μπορεί να γίνει ανάμεσα στα ρέοντα ύδατα των ποταμών και στα «στάσιμα» νερά των λιμνών. Όπως και οι θάλασσες έτσι και οι ποταμοί, τα ρυάκια και οι λίμνες περιέχουν νηκτόν, πλαγκτόν και βενθικούς οργανισμούς, όμως τα είδη των οργανισμών που ζουν σε αυτά καθορίζεται κυρίως από την ταχύτητα ροής του νερού. Τα υδρόβια φυτά με ρίζες και οι σκαπτικοί οργανισμοί απαντούν σε ήρεμες λίμνες, όπου συσσωρεύονται ιζήματα. Εκεί όπου το νερό ρέει πιο γρήγορα δε συσσωρεύονται ιζήματα και οι τοπικοί βενθικοί οργανισμοί ζουν κάτω από βράχους ή μέσα σε ρωγμές.

Στα υδατικά οικοσυστήματα των λιμνών, διακρίνονται τρεις ζώνες:

- Η παρόχθια, που είναι η ρηχή ζώνη κοντά στη στεριά και σε αυτήν ζουν υδρόβια φυτά με ριζικό σύστημα και μια μεγάλη ποικιλία ζώων, όπως σαλιγκάρια, σκουλήκια, υδρόβια έντομα, καθώς επίσης αστακοί, αχιβάδες, μύδια, στρείδια και ψάρια.

- Η ζώνη των απομακρυσμένων από τις όχθες επιφανειακών νερών των λιμνών, εκεί όπου δεν αναπτύσσονται υδρόβια φυτά με ρίζες, αποτελούν τη λιμναία ζώνη. Διαπερνάται από το φως και περιέχει άφθονο φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν καθώς και ψάρια.
- Στις βαθιές λίμνες, τα νερά κάτω από τη λιμναία ζώνη αποτελούν τη βαθιά ζώνη στην οποία φθάνει πολύ λίγο ή καθόλου φως και επομένως δεν αναπτύσσεται βλάστηση και ζουν μόνο σκουλήκια, καρκινοειδή, μαλάκια και κάποιοι μικροοργανισμοί όπως βακτήρια και μύκητες.

Τα οικοσυστήματα του γλυκού νερού είναι ανομοιογενή και πολλά είδη οργανισμών που ζουν και αναπτύσσονται σε αυτά είναι απομονωμένα γεωγραφικά, αφού δεν μπορούν να διασχίσουν τα τμήματα ξηράς που μεσολαβούν ανάμεσα σε δύο υδάτινα οικοσυστήματα (ποτάμια ή λίμνες) και επομένως δεν μπορούν να μετακινηθούν σε άλλα, με αποτέλεσμα:

-Οι οργανισμοί των ποταμών και των λιμνών να αντιμετωπίζουν τις κλιματικές και τις άλλες περιβαλλοντικές αλλαγές επί τόπου, χωρίς να έχουν δυνατότητες διαφυγής.

- Η βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού μερικές φορές είναι μοναδική για μια συγκεκριμένη περιοχή. Συχνά ακόμα και μικρού μεγέθους λίμνες αποτελούν το χώρο ανάπτυξης και βιολογικής εξέλιξης μοναδικών μορφών ζωής, χαρακτηριστικών για τη συγκεκριμένη περιοχή που ονομάζονται ενδημικά είδη. (Χαραλάμπους Α, 2007)

7. ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ

7.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

Οι υδάτινοι πόροι είναι διαθέσιμες πηγές νερού που είναι χρήσιμες για τον άνθρωπο και καταλαμβάνουν ιδιαίτερη θέση μεταξύ των άλλων φυσικών πόρων. Το νερό είναι η πιο διαδεδομένη ουσία στον πλανήτη μας, κινείται μέσα από τον υδρολογικό κύκλο (Εικόνα 7.1) και παίζει καθοριστικό ρόλο για το περιβάλλον και για τους ανθρώπους που το χρειάζονται γιατί χωρίς νερό, ο πολιτισμός, τα οικοσυστήματα και η οικονομία καταρρέουν. Η βιομηχανία και η γεωργία είναι σήμερα οι μεγαλύτεροι χρήστες νερού στον κόσμο και οι μελλοντικές ανάγκες για αυτές μεγαλώνουν. (Κώττης 1994).



Εικόνα 7.1. Ο υδρολογικός κύκλος. (Πηγή <http://ga.water.usgs.gov/edu>)

Η αύξηση της παραγωγής βιοκαυσίμων και οι αντισυμβατικοί πόροι υδρογονανθράκων ενισχύουν τη ζήτηση του νερού και μπορούν να υποβαθμίσουν σημαντικά την ποιότητά του. Η ανεπαρκής παροχή γλυκού νερού μπορεί να οδηγήσει σε ασθένειες και στο θάνατο, αλλά και σε ξηρασία, πυρκαγιές, υποβάθμιση του οικοσυστήματος, εξαφάνιση ειδών.

Οι υδάτινοι πόροι αναφέρονται στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα σε μια δεδομένη περιοχή. Η έννοια αυτή δεν περιορίζεται μόνο στη ποσότητα, αλλά περιλαμβάνει και περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις. Το μέγιστο ποσοστό, που το νερό είναι εν δυνάμει διαθέσιμο για ανθρώπινη χρήση και διαχείριση, θεωρείται συνήθως ως το καλύτερο μέτρο μέτρησης του συνόλου των υδατικών πόρων μιας δεδομένης περιοχής. Περίπου το 30% του πόσιμου νερού στον κόσμο είναι σε υγρή μορφή και είναι πιθανώς προσβάσιμο για ανθρώπινη χρήση και διαχείριση σε κάθε δεδομένη στιγμή (Ανδρίτσος, 2008).

Οι προσπάθειες εκτίμησης των διαθέσιμων υδάτινων πόρων έχουν περιορισμένη δυνατότητα εφαρμογής. Οι μετρήσεις των συγκεντρωτικών ποσοτήτων του νερού - που αφορούν την σχετική αφθονία και την έλλειψη νερού σε περιφερειακό επίπεδο - συχνά δεν είναι αξιόπιστες. Η δυσκολία για συνολική αξιολόγηση απορρέει από τη έλλειψη αξιόπιστων πληροφοριών για τη διαθεσιμότητα του νερού, την ποιότητα και τη χρήση του σε πολλές περιοχές του κόσμου.

Οι προσπάθειες για την εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης, καθώς και τα σχέδια για ένα βιώσιμο μέλλον, παρεμποδίζονται σοβαρά από αυτήν την έλλειψη αξιόπιστων πληροφοριών. Οι μελέτες των υδάτινων πόρων που οδηγούν σε ουσιαστική αξιολόγηση, διαπιστώθηκε ότι είναι ρεαλιστικές μόνο αν πραγματοποιούνται σε περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο. Οι μειώσεις σε κλίμακα επιτρέπουν επίσης την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας χρήσης του και την αξιολόγηση των παραγόντων που βοηθούν στο να καθοριστεί η κατά κεφαλήν χρήση νερού (Μιγκίρος 2011).

Παρά τους μεγάλους περιορισμούς, οι προσπάθειες για την περιγραφή της παγκόσμιας χρήσης του νερού έχουν οδηγήσει σε ορισμένα συμπεράσματα, όπως το ότι από το 1900, η παγκόσμια κατανάλωση έχει αυξηθεί περίπου εννέα φορές και η κατά κεφαλήν κατανάλωση έχει τετραπλασιαστεί. (Τσόγκας 1999).

7.2. ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

Το νερό είναι ισχυρός διαλύτης και για αυτό περιέχει πολλές διαλυμένες ενώσεις με τις οποίες εμπλουτίζεται κατά την επαφή του με το περιβάλλον. Τα φυσικά νερά στο πέρασμα του χρόνου έχουν αποκτήσει μια σχεδόν σταθερή περιεκτικότητα σε διάφορες ενώσεις, γεγονός που τα κατατάσσει σε θαλάσσιο νερό, νερό της ατμόσφαιρας (βροχή, χιόνι), επιφανειακό νερό (λίμνες, ποτάμια) και υπόγειο νερό (πηγές, έδαφος). Η περιεκτικότητα των φυσικών νερών σε διάφορες ενώσεις καθορίζει και τη χρήση τους (νερό ύδρευσης, άρδευσης, βιομηχανίας, κολύμβησης). Από ανθρώπινες κυρίως δραστηριότητες, το νερό μπορεί να περιέχει ουσίες σε συγκεντρώσεις επικίνδυνες για τους ζωντανούς οργανισμούς, ή ενώσεις που το καθιστούν ακατάλληλο για τις διάφορες χρήσεις.

Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού - δηλαδή του συνόλου των χαρακτηριστικών που καθιστούν το νερό αποδεκτό για την επιθυμητή χρήση - και του βαθμού ρύπανσης του, περιλαμβάνει τον καθορισμό και τον έλεγχο ορισμένων παραμέτρων ποιότητάς του. Η επιβάρυνση της ποιότητας του νερού εξαρτάται από μια μεγάλη ποικιλία ρυπαντών και έτσι ο αριθμός των παραμέτρων θα μπορούσε να είναι απεριόριστος, όμως γίνεται κάποια επιλογή με βάση τη συχνότητα που εμφανίζονται και τη προοριζόμενη χρήση του νερού.

Επιπτώσεις της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού.

Οι επιπτώσεις της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού διακρίνονται σε οικολογικές όταν οι ρύποι προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στη λειτουργία των υδατικών οικοσυστημάτων, σε αισθητικές όταν η ρύπανση γίνεται αιτία για την ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών, χρωματισμού και θολότητας του υδατικού αποδέκτη και σε υγειονομικές όταν το νερό γίνεται φορέας παθογένειας και τοξικότητας για τον άνθρωπο και τα ζώα που χρησιμοποιούν είτε το ίδιο για πόση είτε τους υδρόβιους οργανισμούς για τροφή.

Η σημασία της ποιότητας του νερού αναγνωρίστηκε αργά, αρχικά οι άνθρωποι έκριναν την ποιότητα του νερού με βάση τις φυσικές αισθήσεις, της όρασης, όσφρησης και γεύσης. Μετά την ανάπτυξη των βιολογικών, χημικών και ιατρικών επιστημών, ανακαλύφθηκαν μέθοδοι για τον προσδιορισμό της σύστασης του, επομένως και της ποιότητας του και τις επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία.

Για πρώτη φορά στα μέσα του 19ου αιώνα σχετίστηκε η σχέση μεταξύ πόσιμου νερού και ασθενειών από παθογόνους μικροοργανισμούς, όμως χρειάστηκαν πολλά χρόνια ακόμα για να γίνει αποδεκτή η συσχέτιση αυτή και να ληφθούν μέτρα. Το 1854 ο Dr. J. Snow, παρατήρησε

μια υψηλή συσχέτιση μεταξύ των περιστατικών χολέρας και της κατανάλωσης νερού από ένα πηγάδι που είχε επιμολυνθεί με αστικά λύματα στο Λονδίνο. Η συσχέτιση αυτή δεν έγινε άμεσα αποδεκτή από τους σύγχρονους του Snow.

Πρόοδοι στην μικροβιακή θεωρία της ασθένειας έγιναν από τον Pasteur και η αντίληψη ότι η ασθένεια αυτή προέρχεται από το νερό με τη βοήθεια μικροοργανισμών έγινε αποδεκτή και άρχισε η ανάπτυξη της επιστήμης της μικροβιολογίας και χημείας του νερού. Στην Ελλάδα, τα κρούσματα τυφοειδούς πυρετού, που ήταν συχνά στη δεκαετία του 1950, ελαττώθηκαν ραγδαία μόλις βελτιώθηκαν οι συνθήκες ύδρευσης. Σήμερα, έχει πιστοποιηθεί η παρουσία στο νερό πολλών χημικών ενώσεων από βιομηχανικές διεργασίες και από τη γεωργία και η επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία σε μερικές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί ενώ σε άλλες ερευνάται. Τα βιομηχανοποιημένα κράτη που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν βιολογικά καθαρό νερό, είναι εκείνα που έχουν την ευθύνη για τη δημιουργία τοξικών χημικών αποβλήτων επικίνδυνων στην ανθρώπινη υγεία.

Το πρόβλημα της κατάταξης των ρυπαντών των φυσικών νερών μπορεί να προσεγγισθεί με διάφορους τρόπους. Ένας τρόπος είναι η κατάταξη τους με βάση τα χαρακτηριστικά τους και τα προβλήματα που δημιουργούν όταν καταλήγουν στους φυσικούς αποδέκτες. Σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο οι βασικοί ρυπαντές μπορεί να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες: 1) απόβλητα που απαιτούν οξυγόνο, 2) παθογόνοι οργανισμοί 3) θρεπτικά συστατικά, 4) άλατα, 5) θερμότητα, 6) βαρέα μέταλλα, 7) ζιζανιοκτόνα, 8) ραδιενεργά κ.α.

Ένας άλλος τρόπος κατάταξης γίνεται ανάλογα με τον τρόπο ανίχνευσης και μέτρησης των ρυπαντών. Οι προς παρακολούθηση παράμετροι, οι μέθοδοι προσδιορισμού τους και οι ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές των παραμέτρων ποιότητας ποικίλουν για τις διάφορες κατηγορίες νερού (πόσιμο, άρδευσης κλπ.) και θεσπίζονται νομοθετικά. Οι νομοθετικές διατάξεις αναθεωρούνται, με προσθήκες νέων παραμέτρων ή με μεταβολές στα αποδεκτά επίπεδα συγκέντρωσης. (Χαραλάμπους, 2007)

7.3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι παράμετροι ποιότητας που εξετάζονται για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας των νερών (ή των υγρών αποβλήτων), κατατάσσονται σε 5 βασικές ομάδες:

α. Οι οργανοληπτικές παράμετροι (4), που αναφέρονται στις φυσιολογικές ιδιότητες του νερού και έχουν σχέση με τα αισθητικά χαρακτηριστικά του νερού.

β. Οι φυσικο-χημικές παράμετροι (15) που αναφέρονται στα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού.

γ. Οι παράμετροι που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες (24). Αναφέρονται στις ουσίες οι οποίες όταν είναι παρούσες σε μεγάλες ποσότητες είναι ανεπιθύμητες και ορισμένες από αυτές μπορεί να είναι και τοξικές.

δ. Οι παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες (13)

ε. Οι μικροβιολογικές παράμετροι (6) (Χαραλάμπους Α, 2007)

α. Οργανοληπτικές παράμετροι (Χρώμα, θολερότητα, Οσμή, Γεύση)

Χρώμα: Για να είναι το νερό αισθητικά ευχάριστο θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από χρώμα. Ο χρωματισμός των υδάτων οφείλεται σε διαλυμένες ουσίες φυσικής προέλευσης ή σε τεχνητές χρωστικές, εμποδίζει τη διέλευση του φωτός και επομένως τη φωτοσύνθεση. Το χρώμα στο νερό

είναι έμμεσος δείκτης του βαθμού ρύπανσής του και το καθιστά ακατάλληλο για πόση αλλά και για άλλες χρήσεις (βιομηχανία, ιχθυοκαλλιέργεια κ.λπ.).

Θολερότητα: Η θολερότητα οφείλεται κυρίως σε αδιάλυτες αιωρούμενες ουσίες (σωματίδια ιλύος, υδροξειδίων του σιδήρου και αργιλίου, διοξείδιο του πυριτίου). Αυξημένη θολερότητα αποτελεί ένδειξη ρύπανσης, εμποδίζει τη διέλευση του φωτός και επηρεάζει τη φωτοσύνθεση.

Γεύση/Οσμή: Είναι υποκειμενικές παράμετροι οι οποίες μπορούν να εκτιμηθούν. Η ευχάριστη γεύση οφείλεται στο O₂, στο CO₂ και στα διτανθρακικά άλατα, ενώ η άσχημη οφείλεται σε περιεχόμενες ξένες ουσίες όπως, φαινόλες, χλώριο, σηπόμενες ουσίες και μεταλλικά ιόντα. Η οσμή του νερού οφείλεται σε πτητικές ενώσεις που δημιουργούνται από την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης, της παρουσίας αλγών, των προϊόντων διάβρωσης μετάλλων και χημικών ουσιών βιομηχανικής και γεωργικής προέλευσης. Η άσχημη γεύση ή οσμή καθιστούν το νερό ακατάλληλο για πόση.

β. Φυσικο-χημικές παράμετροι (Θερμοκρασία, pH, αγωγιμότητα, αλκαλικότητα, χλωρίοντα, πυρίτιο, θειικά ιόντα, ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο, κάλιο, σκληρότητα, διαλυμένο οξυγόνο, στερεά).

Θερμοκρασία: Έχει σημαντική επίδραση στα υδάτινα οικοσυστήματα, όπως στη δημιουργία ρευμάτων, στην οξυγόνωση του νερού και στη διαβίωση των υδρόβιων οργανισμών. Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την διαλυτότητα των αερίων στο νερό άρα και του οξυγόνου. Η μείωση αυτή μπορεί να αποβεί μοιραία για πολλούς υδρόβιους οργανισμούς.

pH: (ενεργός οξύτητα): Είναι πολύ σημαντική παράμετρος των υδατικών οικοσυστημάτων και βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με το είδος των χημικών ουσιών που περιέχονται σε αυτό, ρυθμίζει τους μηχανισμούς των αντιδράσεων και επιταχύνει ή παρεμποδίζει τις βιοχημικές διεργασίες που πραγματοποιούνται. Τα κύτταρα των ζωντανών οργανισμών επιβιώνουν σε pH το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 5 και 9. Ορισμένες ενώσεις είναι αδιάλυτες σε υψηλό pH και καθιζάνουν ως ίζημα σε αλκαλικές συνθήκες. Το pH των φυσικών γλυκών νερών είναι ελαφρά αλκαλικό λόγω της παρουσίας ανθρακικών και διτανθρακικών ιόντων, η διατήρηση του pH μεταξύ των τιμών 6.6 - 8.5 θεωρείται ικανοποιητική για το πόσιμο νερό.

Αγωγιμότητα: Εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από τους διάφορους αγωγούς. Στα υδατικά διαλύματα η αγωγιμότητα αυξάνεται όταν αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων που περιέχουν η οποία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών. Επομένως η αγωγιμότητα παρέχει πληροφορίες για την ποιότητα του νερού, για την ποσότητα των διαλυμένων αλάτων και για το βαθμό ρύπανσης.

Αλκαλικότητα: Ο όρος αλκαλικότητα, αποτελεί μέτρο της ικανότητας του νερού να δρα ως βάση και να εξουδετερώνει μια ορισμένη ποσότητα υδρογονοκατιόντων. Αποτελεί μια εύκολη μέτρηση της ικανότητας του νερού να αντιστέκεται στην αύξηση της οξύτητας που προκαλείται από την όξινη βροχή. Η αλκαλικότητα είναι σημαντική παράμετρος στην κατεργασία του νερού και στη χημεία και βιολογία των φυσικών νερών και η τιμή της στο νερό πρέπει να είναι γνωστή ώστε να υπολογισθούν οι ποσότητες των χημικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατεργασία του. Νερό με μεγάλη αλκαλικότητα περιέχει σημαντικές ποσότητες διαλυμένων στερεών που καθιστούν το νερό επιβλαβές αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε λέβητες, για την κατεργασία τροφών ή σε συστήματα ύδρευσης.

Χλωριόντα: Ο έλεγχος της παρουσίας χλωριόντων στο νερό (πόσιμο, άρδευσης, βιομηχανίες) είναι απαραίτητος για να καθορισθεί η χρήση του. Αυξημένη συγκέντρωση στα υπόγεια νερά είναι σοβαρή ένδειξη ρύπανσης τους από χώρους τελικής διάθεσης στερεών αποβλήτων.

Ασβέστιο: Είναι το δεύτερο σε συγκέντρωση συστατικό (μετά τα HCO_3^-) των φυσικών νερών. Στο πόσιμο νερό η συγκέντρωση του κυμαίνεται από 10-100 mg/L, από 40-100 mg/L θεωρείται σκληρό έως πολύ σκληρό. Είναι απαραίτητο για τη διατροφή των ζωντανών οργανισμών, στον άνθρωπο η έλλειψη ασβεστίου προκαλεί οστεοπόρωση, όμως οι μεγάλες καθημερινές δόσεις μπορεί να δημιουργήσουν πέτρες στα νεφρά.

Πυρίτιο: Το πυρίτιο είναι μετά το οξυγόνο το πιο διαδεδομένο στοιχείο στη φύση και βρίσκεται σε όλα σχεδόν τα πετρώματα, εδάφη και νερά. Στα νερά απαντά με τη μορφή του πυριτικού οξέος (H_4SiO_4) ή υδροξειδίου του πυριτίου ($\text{Si}(\text{OH})_4$).

Θειικά ιόντα: Τα θειικά ιόντα εισέρχονται στα φυσικά νερά από την οξείδωση ορυκτών πχ. θειούχου σιδήρου (FeS) ή τη διαλυτοποίηση γύψου. Το θειικό οξύ, ο θειούχος σίδηρος και άλλα θειούχα και θειικά άλατα είναι από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια στη βιομηχανία, με αποτέλεσμα την παρουσία σημαντικών ποσοτήτων θειούχων και θειικών ιόντων στα παραγόμενα απόβλητα και στην περίπτωση που δεν γίνεται αποτελεσματική απομάκρυνσή τους, ρυπαίνουν τα φυσικά ύδατα στα οποία καταλήγουν άμεσα ή έμμεσα.

Μαγνήσιο: Στο πόσιμο νερό η συγκέντρωσή του είναι από 4-40 mg/L. Εισέρχεται στο νερό από διάφορα πετρώματα και είναι μαζί με το ασβέστιο τα στοιχεία στα οποία οφείλεται η σκληρότητα του νερού. Είναι στοιχείο απαραίτητο στον ανθρώπινο οργανισμό και η συνιστώμενη ημερήσια δόση ενηλίκων είναι 250 mg. Η παρουσία του στο νερό είναι επιθυμητή όπως και στα νερά άρδευσης γιατί είναι απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για τα φυτά ως εδαφοβελτιωτικό.

Κάλιο: Το κάλιο (K^+) βρίσκεται συνήθως σε μικρές συγκεντρώσεις στα φυσικά νερά, η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωσή του στο πόσιμο νερό είναι 12 mg/L. Είναι απαραίτητο θρεπτικό συστατικό των φυτικών οργανισμών.

Νάτριο: Εισέρχεται στα φυσικά νερά από διάφορα πετρώματα, όπως ορυκτό χλωριούχο νάτριο. Οι συνήθεις συγκεντρώσεις του στα γλυκά φυσικά νερά είναι μικρές, ενώ η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωσή στο πόσιμο νερό είναι 175 mg/L. Η μέση ημερήσια απαίτηση νατρίου από ενήλικες είναι 5700 mg. Στα υπερτασικά άτομα η ημερήσια ποσότητα μειώνεται στα 500 mg και έτσι είναι σημαντικό η συγκέντρωση νατρίου να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα στο πόσιμο νερό. Ο προσδιορισμός νατρίου αποτελεί σημαντική παράμετρο για τα νερά άρδευσης και είναι ένα από τα ανόργανα συστατικά (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) που μετράται στα επεξεργασμένα αστικά λύματα για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των λυμάτων για άρδευση εδαφών, επειδή έχει δυσμενή επίδραση στα εδάφη και στις καλλιέργειες.

Σκληρότητα: Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στα δισθενή κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , κ.α.). Στα φυσικά νερά, οι συγκεντρώσεις των κατιόντων -εκτός από του ασβεστίου και του μαγνησίου- είναι συνήθως πολύ μικρές και δεν υπολογίζονται στην τιμή της σκληρότητας του νερού. Έτσι, ως σκληρότητα του νερού ορίζεται το άθροισμα των συγκεντρώσεων του ασβεστίου και μαγνησίου και εκφράζεται σε ισοδύναμη ποσότητα CaCO_3 , δηλαδή σε mg CaCO_3/L νερού, ή σε ppm ισοδύναμης ποσότητας CaCO_3 .

Ανάλογα με το είδος των περιεχομένων αλάτων, η σκληρότητα του νερού διακρίνεται σε μόνιμη και παροδική. Η «παροδική (ανθρακική) σκληρότητα» του νερού οφείλεται στα ευδιάλυτα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Το όνομά της οφείλεται στο γεγονός ότι αίρεται με το βρασμό του νερού, κατά τον οποίο τα διαλυμένα στο νερό όξινα ανθρακικά άλατα καταβυθίζονται ως αδιάλυτα ανθρακικά άλατα. Η «μόνιμη (μη ανθρακική) σκληρότητα» του νερού οφείλεται στα χλωριούχα και τα θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Αυτή δεν αίρεται με βρασμό, αφού τα παραπάνω άλατα δεν καταβυθίζονται με τον τρόπο αυτό. Το σύνολο της παροδικής και της μόνιμης σκληρότητας αποτελεί την ολική σκληρότητα του νερού.

Νερό με ολική σκληρότητα 0-60 mg CaCO₃/L χαρακτηρίζεται ως μαλακό νερό, με ολική σκληρότητα 60-120 mg CaCO₃/L μέτρια σκληρό, με ολική σκληρότητα 120-200 mg CaCO₃/L σκληρό και με ολική σκληρότητα πάνω από 200 mg CaCO₃/L ως πολύ σκληρό. Το σκληρό νερό χρησιμοποιείται ως πόσιμο μόνο εάν είναι ανάγκη, ενώ είναι ακατάλληλο για πλύσιμο. Το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την τροφοδοσία ατμολεβήτων και άλλων μηχανημάτων, επειδή κατά τη θέρμανση αποτίθενται στα τοιχώματα τους ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου (πουρί). Με την αύξηση της θερμοκρασίας, μειώνεται η διαλυτότητα του όξινου ανθρακικού ασβεστίου και αποτίθεται ίζημα ανθρακικού ασβεστίου. Κατά τη μεταφορά του πόσιμου νερού από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας στους σταθμούς διανομής και τελικά στους καταναλωτές μπορεί να προκύψουν προβλήματα αλλοίωσής του εξαιτίας των προϊόντων διάβρωσης των σωληνώσεων. Για αυτό επιβάλλεται ο προσδιορισμός της σκληρότητας του νερού, ώστε να λαμβάνονται μέτρα για την αποσκλήρυνσή του.

Στερεά: Τα διαλυμένα ή αδιάλυτα στερεά στο νερό (και στα απόβλητα) επηρεάζουν τη χρήση του. Οι σημαντικότερες παράμετροι που έχουν σχέση με τις στερεές ουσίες είναι τα ολικά στερεά, τα αιωρούμενα στερεά, τα ολικά διαλυμένα στερεά και τα καθιζάνοντα στερεά.

Ολικά Στερεά: Είναι το σύνολο των στερεών που υπάρχουν στο νερό μετά από εξάτμιση σε θερμοκρασία 102-105°C. Εκφράζονται σε mg/L δείγματος. Η μέτρηση των ολικών στερεών παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την επιβάρυνση που έχει υποστεί ο υδάτινος αποδέκτης.

Ολικά Αιωρούμενα Στερεά: Αποτελούνται από οργανικές και ανόργανες ενώσεις, έχουν μικρό μέγεθος (10⁻³mm), δεν καθιζάνουν και ροφούν στην επιφάνειά τους διαλυτές ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Η παρουσία τους στα νερά δημιουργεί θολότητα η οποία εκτός από την αισθητική υποβάθμιση του νερού έχει ως συνέπεια να παρεμποδίζεται η διέλευση του φωτός και να μειώνεται η φωτοσύνθεση. Η παράμετρος των αιωρούμενων στερεών είναι σημαντική στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, αφού αποτελεί μέτρο ελέγχου του βαθμού απόδοσης των μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων.

Ολικά Διαλυμένα Στερεά: Οφείλονται στην παρουσία κυρίως ευδιάλυτων ανόργανων αλάτων όπως τα αλκάλια, τα χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά κ.λπ. Κάποιοι κανονισμοί που αφορούν το πόσιμο νερό συνιστούν ή επιβάλλουν ανώτατο όριο για την ολική συγκέντρωσή τους, όμως τα προβλήματα που δημιουργούν τα στερεά αυτά οφείλονται κυρίως στα ειδικά χημικά χαρακτηριστικά τους παρά στην ολική συγκέντρωσή τους.

Καθιζάνοντα στερεά: Τα στερεά που καθιζάνουν σχηματίζουν ιλύ στον πυθμένα που δημιουργεί δυσμενείς επιπτώσεις στα ασπόνδυλα και μπορεί να φράξει στρώματα χαλικιού όπου τα ψάρια αποθέτουν τα αυγά τους. Αν υπάρχουν στο αρδευτικό νερό, αποτίθενται στις δεξαμενές και τους αγωγούς, φράσσουν την επιφάνεια του εδάφους εμποδίζοντας την διείσδυση νερού και αέρα. Επί πλέον σχηματίζουν επιστρώματα στα φύλλα των φυτών παρεμποδίζοντας τη φωτοσύνθεση.

Διαλυμένο οξυγόνο (DO):

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι η πιο βασική παράμετρος ποιότητας του νερού επειδή όλοι σχεδόν οι υδρόβιοι οργανισμοί χρειάζονται οξυγόνο για να ζήσουν. Στο νερό πρέπει να υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο σε επαρκή ποσότητα αφού η μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο νερό μπορεί να αποβεί μοιραία για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Το περισσότερο οξυγόνο των φυσικών νερών προέρχεται από την ατμόσφαιρα όπου υπάρχει σε ποσοστό 20.95% κ.ο, η δυνατότητα οξυγόνωσης των νερών από την ατμόσφαιρα είναι πολύ σημαντική παράμετρος για την ποιότητα τους. Οξυγόνο προέρχεται και από την φωτοσύνθεση, όμως δεν μπορεί να διατηρήσει το οξυγόνο στα επιθυμητά επίπεδα.

Ως διαλυτότητα οξυγόνου ορίζεται η μέγιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου σε κατάσταση ισορροπίας και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου [DO], η ποσότητα του O₂ που είναι διαλυμένη στο νερό, η οποία δεν αποτελεί συγκέντρωση ισορροπίας αλλά εξαρτάται από την ταχύτητα διάλυσης του οξυγόνου στο νερό. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από τη μερική πίεση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, γενικά η διαλυτότητα των αερίων αυξάνεται με την αύξηση της πίεσης. Εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία του νερού και την περιεκτικότητα του νερού σε άλατα και είναι αντιστρόφως ανάλογη προς αυτές. Μεγάλες τιμές DO που φθάνουν τιμές κορεσμού δείχνουν νερά καθαρά. Κάθε παράγοντας που προκαλεί κατανάλωση ή μείωση του οξυγόνου στο νερό, δημιουργεί κινδύνους στους υδρόβιους οργανισμούς.

Σε νερά όπου εξελίσσονται διεργασίες που καταναλώνουν οξυγόνο, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου μειώνεται δραστικά και μπορεί να φθάσει και σε μηδενική τιμή αν απουσιάζουν οι παράγοντες που προκαλούν την ταχύτερη οξυγόνωση των νερών όπως, η ροή ποταμού, ο κυματισμός της θάλασσας ή ο αερισμός των δεξαμενών ενεργούς ιλύος κατά την δευτεροβάθμια κατεργασία. Σε υψηλές θερμοκρασίες η μειωμένη διαλυτότητα του οξυγόνου σε συνδυασμό με την επιτάχυνση των μεταβολικών διεργασιών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου σε πολύ μικρές τιμές. Όταν η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου γίνει μικρότερη από 4 ppm αρχίζουν να επικρατούν ανοξικές συνθήκες ενώ όταν η συγκέντρωση του μειωθεί και φτάσει τα 2 ppm ή και λιγότερο επικρατούν ανοξικές συνθήκες. Γενικά ο βαθμός μείωσης της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου εξαρτάται από την σχέση των ρυθμών αποξυγόνωσης και οξυγόνωσης του συγκεκριμένου οικοσυστήματος.

γ. Οι παράμετροι που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες (24). Είναι ουσίες που όταν βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στο νερό είναι ανεπιθύμητες και μερικές μπορεί να είναι και τοξικές. (οργανικές ουσίες, ενώσεις αζώτου και φωσφόρου, ανόργανες ενώσεις όπως υδρόθειο, θειούχες και φθοριούχες ενώσεις καθώς και ιχνοστοιχεία όπως Fe, Mn, Cu, Zn και Ba).

δ. Οι παράμετροι (13) που αφορούν τοξικές ουσίες (βαρέα μέταλλα όπως υδράργυρος, κάδμιο, αρσενικό, χρώμιο, κυανιούχες ενώσεις και τοξικές οργανικές ουσίες όπως οι PAHs, τα παρασιτοκτόνα και τα PCBs). (Χαραλάμπους Α, 2007)

ε. Οι μικροβιολογικές παράμετροι. Οι σπουδαιότερες μικροβιολογικές παράμετροι που αφορούν την ανθρώπινη υγεία είναι οι δείκτες οργανισμοί (κολοβακτηρίδια) και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (μικροοργανισμοί που προκαλούν ασθένειες). (Αντωνόπουλος Γ, 2001)

7.4. Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΗ

Το νερό στον πλανήτη μας σχηματίστηκε πριν περίπου 3,4 δισεκατομμύρια χρόνια. Οι ποσότητες νερού που δημιουργούνται ή χάνονται στον πλανήτη μας είναι αμελητέες επομένως η συνολική ποσότητα νερού είναι σταθερή. Η κατανομή όμως του νερού στους ωκεανούς τις ηπείρους και την ατμόσφαιρα μεταβάλλεται συνεχώς αφού το νερό, διαγράφει ένα πολύπλοκο κύκλο στη φύση ο οποίος περιλαμβάνει φάσεις εξάτμισης, συμπύκνωσης και ροής πάνω στη γη.

Πίνακας 7.1 Αποθέματα του νερού στη γη. (Πηγή: Χαραλάμπους Α, 2007)

	Ποσότητα (10^6 Km^3)	Ποσοστό % συνολικής ποσότητας
Ωκεανοί	1360	97,3
Παγετώνες - πάγοι	29	2,09
Υπόγεια νερά (έως 1 Km βάθος)	4,2	0,30
Υπόγεια νερά (κάτω από 1 Km)	4,2	0,30
Λίμνες- Ποτάμια	0,125	0.009
Υφάλμυρες λίμνες	0,104	0,007
Έδαφος	0,067	0,005
Ατμόσφαιρα	0,013	0.0009
Νερό βιολογικών δράσεων έμβιων όντων	0,003	0,0002
Ρέματα	0,001	0,00007

Οι συνολικές ποσότητες του υδάτινου δυναμικού της Γης υπολογίζονται στα $1,4 \times 10^{18} \text{ m}^3$, περίπου. Ο μεγαλύτερος όγκος του νερού, περίπου $1,35 \times 10^{18} \text{ m}^3$ νερού (το 97% του νερού της Υδρόσφαιρας) περιέχεται στους ωκεανούς, ενώ $33,6 \times 10^{15} \text{ m}^3$ (το 2,4%) βρίσκεται σε στερεή κατάσταση στις ηπειρωτικές περιοχές, κυρίως στους πάγους της Αρκτικής και Ανταρκτικής. Η Ατμόσφαιρα περιέχει $0,013 \times 10^{15} \text{ m}^3$ ή το 0,001% του συνολικού νερού της Υδρογείου.

Το νερό στις ηπειρωτικές περιοχές κατανέμεται σε διάφορους ταμειυτήρες, όπως στους πάγους και τα χιόνια ($25 \times 10^{15} \text{ m}^3$), στο υπέδαφος ($8,4 \times 10^{15} \text{ m}^3$), στις λίμνες, τις εσωτερικές θάλασσες και τους ποταμούς ($0,2 \times 10^{15} \text{ m}^3$) και στους ζωντανούς οργανισμούς της βιόσφαιρας ($0,0006 \times 10^{15} \text{ m}^3$). Η ποσότητα του νερού που είναι δεσμευμένη στους πολικούς πάγους είναι μεγάλη και υπολογίζεται στο 1,84% του συνολικού νερού. Από τη συνολική ποσότητα του υπόγειου νερού, η ποσότητα που περιέχεται στο χώμα αντιστοιχεί μόνον σε $0,066 \times 10^{15} \text{ m}^3$. Το υπόλοιπο κατανέμεται μεταξύ των ταμειυτήρων που βρίσκονται σε διάφορα βάθη. (Πίνακας 7.1)

Η ποσότητα του νερού στην Ατμόσφαιρα αποτελεί μικρό μέρος της συνολικής ποσότητας, όμως αυτά τα $0,013 \times 10^{15} \text{ m}^3$ αποτελούν μια μεγάλη ποσότητα νερού που αιωρείται στον αέρα και αν συμπυκνωνόταν και έπεφτε στη Γη, θα σχημάτιζε στρώμα ύψους 2,5 cm. (Κατσούλης Β, 2009)

7.5. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό καλύπτει το 70% του πλανήτη μας, όμως το διαθέσιμο για τον άνθρωπο είναι πάρα πολύ λίγο. Η συνολική ποσότητα νερού στη γη εκτιμάται ότι είναι περίπου 1400 εκατομμύρια Km^3 (1 Km^3 αντιστοιχεί σε ένα δισεκατομμύριο τόνους νερού). Το μεγαλύτερο μέρος του, το 97,3% αποτελεί το νερό των ωκεανών, το οποίο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης αλάτων που περιέχει. Τα υπόλοιπα περίπου 40 εκατομμύρια Km^3 (2,7%), είναι τα αποθέματα γλυκού νερού. Από αυτά, τα 30 περίπου εκατομμύρια Km^3 βρίσκονται με τη μορφή παγετώνων και πάγων και το υπόλοιπο 0,7% κατανέμεται όπως φαίνεται στον πίνακα 7.1. Τελικά το διαθέσιμο νερό αποτελεί μόνο το 0,3% της συνολικής ποσότητας του νερού που υπάρχει στη γη. Η ποσότητα αυτή μειώνεται σημαντικά αν υπολογίσουμε τις ποσότητες νερού (λίμνες, ποτάμια) που έχουν ρυπανθεί σοβαρά και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλέον.

Στη σημερινή εποχή, η σύγχρονη τεχνολογία είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη χρήση νερού, αφού οι περισσότερες βιομηχανίες το χρησιμοποιούν και βασίζονται στις ιδιότητές του. Επομένως απαραίτητη προϋπόθεση για την επιβίωσή μας, είναι η επαρκής παροχή νερού τόσο σε ποιότητα όσο και ποσότητα. Το πρόβλημα της ανεπάρκειας του νερού είναι έντονο σε πολλές περιοχές της γης, η Αφρική, η Μέση Ανατολή και Νότια Ασία είναι οι πλέον άνυδρες περιοχές του πλανήτη, η νοτιοδυτική Β. Αμερική, ορισμένες περιοχές της Ν. Αμερικής και της Αυστραλίας είναι επίσης ξηρές περιοχές.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, το νερό είναι ένας πεπερασμένος πόρος. Με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, ο παγκόσμιος δείκτης απορροής ανά κάτοικο έχει μειωθεί σταδιακά από 40.000 m^3 ανά άτομο το 1800 στα 6840 m^3 το 1995, ενώ εκτιμάται ότι θα μειωθεί περαιτέρω σε 4692 m^3 μέχρι το 2025. Ταυτόχρονα, σε κατά κεφαλήν βάση, η διαθεσιμότητα νερού φέρει ανισότητες. Έτσι, η Βόρεια Αμερική έχει ετήσια απορροή της τάξεως των 17.000 m^3 ανά κάτοικο ετησίως, ενώ στην Αφρική αντιστοιχούν 6000 m^3 , και στην Αίγυπτο 50 m^3 . Άλλωστε, λιγότερο από το 1% του χρησιμοποιήσιμου γλυκού νερού του πλανήτη βρίσκεται στη Μέση Ανατολή ή τη Βόρεια Αφρική, αν και σε αυτή την περιοχή κατοικεί το 5% του παγκόσμιου πληθυσμού (Beaumont, 1997).

Η διανομή του νερού και η πρόσβαση σε αυτό είναι επίσης ασύμμετρη εντός των χωρών και των πόλεων μεταξύ κοινωνικών τάξεων, διαφορετικών φύλων και φυλών. Πολλές χώρες με χαμηλή διαθεσιμότητα του νερού, ιδιαίτερα στην Αφρική, έχουν υψηλά ποσοστά αύξησης του πληθυσμού, έτσι η διαθεσιμότητα του νερού μειώνεται ακόμα περισσότερο για εκείνους για τους οποίους η πρόσβαση είναι ήδη κακή. Επιπλέον, η αύξηση του βιοτικού επιπέδου οδηγεί σε μεγαλύτερη ζήτηση για νερό (Gleditsch et al. 2006).

Η μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών του πλανήτη μας επιτείνει τη σοβαρότητα της έλλειψης διαθέσιμου νερού. Η εμπιστοσύνη για παροχή καλής ποιότητας νερού κλονίζεται από περιβαλλοντικά προβλήματα όπως είναι η ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών νερών με τοξικά απόβλητα, η δημιουργία ανεπιθύμητων καρκινογόνων ουσιών κατά την αποστείρωση του πόσιμου νερού καθώς και η ρύπανση των θαλασσών με επικίνδυνες ενώσεις που περιέχονται σε απόβλητα βιομηχανιών, νοσοκομείων ή προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες.

Τα βασικά αίτια ανεπάρκειας νερού είναι:

- Η λειψυδρία (μακροχρόνια έλλειψη νερού από μια περιοχή που οφείλεται σε ξηρό κλίμα).
- Η αύξηση του πληθυσμού η οποία αυξάνει τη ζήτηση.
- Η αύξηση της κατανάλωσης λόγω αύξησης του βιοτικού επιπέδου.
- Η αύξηση της κατανάλωσης νερού από τη βιομηχανία και την γεωργία.
- Η ρύπανση των επιφανειακών (λιμνών, ποταμών) και υπόγειων νερών.
- Η μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών.

Όλα τα παραπάνω καθιστούν επιτακτική την ανάγκη προστασίας της ορθολογικής χρήσης του νερού τόσο όσον αφορά την ποσότητα του αλλά όσον αφορά την ποιότητα του.

7.6. ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η Οδηγία 2000/60 της Ε.Ε., που θεσπίστηκε στις 22/12/2000, καθόρισε τις βασικές αξίες της διαχείρισης για το νερό στην Ε.Ε. Με βάση αυτήν δρομολογήθηκε και εφαρμόστηκε ένα πρόγραμμα με στόχο την αειφορική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Στο άρθρο 5 της Οδηγίας, αναφέρονται οι οικονομικές συνιστώσες της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και ορίζονται οι υποχρεώσεις των κρατών-μελών για κάθε υδατικό διαμέρισμα. Οι κύριοι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν σύμφωνα με την Οδηγία, είναι:

- Η διατήρηση, προστασία και βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων
- Η αειφορική διαχείριση του νερού.
- Η προστασία και βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος μέσω της μείωσης επικίνδυνων απορριμμάτων.
- Η καταγραφή των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασία.
- Η προστασία των υπόγειων νερών (Καρβούνης, Γεωργακέλλος, 2003).

Ο βασικός στόχος της Οδηγίας 2000/60 για την επίτευξη καλής ποιότητας υδάτων σε όλες τις χώρες της Ε.Ε., προϋποθέτει την υλοποίηση διακριτών σταδίων, που ρητά αναφέρονται στην Οδηγία. Τα πιο πιεστικά από άποψη χρόνου στάδια αφορούν τον προσδιορισμό των επιμέρους λεκανών απορροής και τις μελέτες των επιπτώσεων και των οικονομικών παραμέτρων, που σχετίζονται με τη χρήση των υδάτων σε κάθε περιφέρεια.

Με βάση το Π.Δ. 51/8.3.2007 (ΦΕΚ 54Α), το οποίο εναρμονίζει τα σημαντικά θέματα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, επιδιώκεται η ολοκληρωμένη προστασία και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων (επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων νερών) της χώρας. Έτσι, οι δράσεις που απαιτούνται σε εφαρμογή του Π.Δ., είναι οι εξής:

- Προσδιορισμός των υδατικών διαμερισμάτων και καθορισμός και ένταξη υδάτινων μαζών σε αυτά.
- Προσδιορισμός περιβαλλοντικών στόχων.
- Εκτίμηση πιέσεων και ανάλυση επιπτώσεων.
- Οικονομική ανάλυση.

- Σύνταξη μητρώου προστατευόμενων περιοχών.
- Κατάρτιση Σχεδίων διαχείρισης και προστασίας των Υδατικών Διαμερισμάτων.
- Σύνταξη και εφαρμογή Προγραμμάτων Παρακολούθησης.
- Δημοσιοποίηση των Σχεδίων Διαχείρισης.
- Εκπλήρωση υποχρεώσεων στην Επιτροπή ΕΚ. (Ανδρίτσος 2008).

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) ασχολήθηκε με ζητήματα των υδάτινων πόρων και όχι μόνο. Άρχισε τη λειτουργία του το 1994 με έδρα την Κοπεγχάγη. Έχει σκοπό την παροχή έγκυρης και ανεξάρτητης πληροφόρησης για το περιβάλλον, η οποία χρησιμεύει στη χάραξη ευρωπαϊκών και εθνικών πολιτικών. Αποτελεί την κύρια πηγή πληροφόρησης για όσους συμμετέχουν στην ανάπτυξη, υιοθέτηση, αξιολόγηση και εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής, καθώς και για το ευρύ κοινό. Σήμερα, ο ΕΟΠ αριθμεί 32 χώρες μέλη, έχει ετήσιο προϋπολογισμό 40 εκατομμυρίων ευρώ και παρέχει στοιχεία και εκτιμήσεις για την κατάσταση του περιβάλλοντος, τις περιβαλλοντικές τάσεις (συμπεριλαμβανομένης και της εκτίμησης κοινωνικοοικονομικών παραγόντων που επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον), τις διάφορες πολιτικές και την αποτελεσματικότητά τους, καθώς και τις πιθανές μελλοντικές εξελίξεις και τα προβλεπόμενα προβλήματα (Καρβούνης, Γεωργακέλλος, 2003).

Τα τελευταία χρόνια οι Ελληνικές Κυβερνήσεις ακολούθησαν τις Κοινοτικές Οδηγίες που σχετίζονται με ρυθμίσεις για την προστασία του νερού. Ορισμένες από αυτές ήταν οι εξής:

- α) Υ.Α. 46399/1352/86: ρυθμίσεις για την απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών υδάτων.
- β) Υ.Α. 18186/271/88: θέσπιση μέτρων και περιορισμών για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα.
- γ) Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου 73/90: καθορισμός οριακών τιμών ποιότητας των υδάτων από απορρίψεις επικίνδυνων ουσιών. (Κώττης, 1994):

Η περιβαλλοντική πολιτική που δρομολογήθηκε το 1972, διέπεται από τα άρθρα 174 και 176 της συνθήκης ΕΚ. Το έκτο πρόγραμμα δράσης, «Περιβάλλον 2010: Το μέλλον μας, η επιλογή μας» δημιούργησε το στρατηγικό πλαίσιο για αυτήν την πολιτική έως το 2012.

Η οδηγία 2004/35/ΕΚ σχετικά με την περιβαλλοντική ευθύνη που αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημίας, διαμόρφωσε ένα πλαίσιο για την ευθύνη με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Η οδηγία εφαρμόζεται σε περιβαλλοντική ζημία ή επικείμενη απειλή τέτοιας ζημίας λόγω ρύπανσης διάχυτου χαρακτήρα, μόνον αν μπορεί να αποδειχθεί η συνάφεια μεταξύ της ζημίας και των δραστηριοτήτων φορέων εκμετάλλευσης.

Σύμφωνα με το άρθρο 24 του Συντάγματος, η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους και δικαίωμα του κάθε πολίτη. Για τη διαφύλαξή του, το Κράτος έχει υποχρέωση να παίρνει μέτρα ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά στο πλαίσιο της αρχής της αειφορίας. Ο κύριος νόμος για το περιβάλλον και την προστασία του είναι ο 1650/1986 (ΦΕΚ 160Α/18-10-1986) που σκοπό έχει τη θέσπιση κανόνων και την καθιέρωση κριτηρίων και μηχανισμών, ώστε ο άνθρωπος, τόσο ως άτομο όσο και ως μέλος του κοινωνικού συνόλου, να ζει σε ένα υψηλής ποιότητας περιβάλλον μέσα στο οποίο προστατεύεται η υγεία του και ευνοείται η ανάπτυξη της προσωπικότητάς του.

Εκτός από το Ν. 1650/1986, η εθνική περιβαλλοντική νομοθεσία απαρτίζεται από πολλούς νόμους, υπουργικές αποφάσεις και προεδρικά διατάγματα σε εθνικό επίπεδο. Μερικοί από αυτούς είναι:

Ν. 1327/1983 (ΦΕΚ 21Α/07-02-1983) «Κύρωση και τροποποίηση της από 18 Ιουνίου 1982 Πράξης Νομοθετικού Περιεχομένου: "Αντιμετώπιση έκτακτων επεισοδίων ρύπανσης του περιβάλλοντος και ρύθμιση συναφών θεμάτων"».

Υ.Α. 55648/2210/91 Θέσπιση μέτρων και περιορισμών για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος. Καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα.

Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) με Αριθμ. Οικ. 3277/209/2000 (ΦΕΚ 180Β/17-02-2000) «Καθορισμός γενικών αρχών και αρμοδίων υπηρεσιών, για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του περιβάλλοντος» (Καρβούνης, Γεωργακέλλος, 2003).

7.7. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η Ευρωπαϊκή ένωση παράγει ετησίως σχεδόν 200 εκατομμύρια τόνους αποβλήτων, εκ των οποίων τα 40 εκατομμύρια τόνοι είναι επικίνδυνα. Η ποσότητα αυτή αναμένεται να αυξηθεί πάνω από 40% έως το 2020. (Λοϊζίδου Μ, 2006)

Τα προβλήματα διαθεσιμότητας των υδάτινων πόρων σε παγκόσμιο επίπεδο οφείλονται κυρίως στην άνιση κατανομή τους, στην αύξηση της ζήτησης νερού λόγω της αύξησης του πληθυσμού και στη μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων. Η έλλειψη νερού ήταν ένα φαινόμενο σχετικά περιορισμένο μέχρι το 1950. Εκτιμάται ότι το 2050, το 60-70% του πληθυσμού της γης θα αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα επάρκειας νερού. Οι αυξανόμενες ανάγκες σε νερό επιβάλλουν την εφαρμογή νέων τρόπων διαχείρισης των υδάτινων πόρων. Ορισμένες πρακτικές αποβλέπουν στην αύξηση του υδατικού δυναμικού μιας περιοχής και άλλες στην αποδοτικότερη χρήση του νερού.

Οι κυριότερες πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την εξοικονόμηση νερού είναι η κατασκευή φραγμάτων και ταμιευτήρων, ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων οριζόντων, οι μεταφορές νερού από περιοχές πλούσιες σε νερό σε άλλες φτωχότερες (εκτροπές ποταμών) και η αφαλάτωση του θαλάσσιου νερού. Άλλες πρακτικές αποβλέπουν στην περισσότερο αποδοτική χρήση νερού και περιλαμβάνουν την επαναχρησιμοποίηση αστικών λυμάτων, την ελάττωση των απωλειών νερού κατά την άρδευση, την βιομηχανική και οικιακή χρήση, καθώς και σε άλλες καταναλωτικές χρήσεις. Όλες αυτές οι λύσεις έχουν πλεονεκτήματα παράλληλα όμως εμφανίζουν και σοβαρά μειονεκτήματα και πολλές φορές δημιουργούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. (Χαραλάμπους Α, 2007)

7.8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Η ρύπανση των υπόγειων νερών οδηγεί στη μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων και στην αύξηση του κινδύνου εξάπλωσης της ρύπανσης στους γειτονικούς υδροφορείς και στα επιφανειακά υδάτινα οικοσυστήματα. Επομένως η ανάγκη αποκατάστασης και εξυγίανσης των υπόγειων υδροφορέων και του εδάφους είναι μεγάλη. Η αποκατάσταση ενός υπόγειου υδροφορέα, δηλαδή η άντληση του νερού στην επιφάνεια, ο καθαρισμός και η επαναφορά του στον υδροφόρο ορίζοντα είναι ιδιαίτερα δαπανηρό εγχείρημα. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Ο σκοπός της εξυγίανσης είναι η επαναφορά της ποιότητας του εδάφους και των υπόγειων νερών στις συνθήκες πριν τη ρύπανσή τους με την απομάκρυνση των ρύπων. Δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί πλήρης αποκατάσταση επειδή είναι αδύνατο να απομακρυνθούν όλα τα μόρια του ρύπου. Υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές μέθοδοι για την εξυγίανση και την αποκατάσταση των ρυπασμένων περιοχών των υδροφορέων. Γνωστές και εφαρμόσιμες είναι ο εγκιβωτισμός του ρυπασμένου εδάφους, η απομάκρυνση των ρύπων μαζί με το έδαφος, οι επεμβάσεις στην περιοχή ρύπανσης και η μείωση των κινδύνων με θεσμικούς ελέγχους.

- Εγκιβωτισμός του ρυπασμένου εδάφους: Σκοπός του εγκιβωτισμού είναι να παραμείνουν οι ρύποι στο έδαφος και να αποφευχθεί η εξάπλωσή τους και σε άλλες περιοχές. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται φυσικά και υδροδυναμικά φράγματα. Μία από τις τεχνικές εγκιβωτισμού είναι η δημιουργία γύρω από τη ρυπασμένη περιοχή τοιχωμάτων από υλικό μικρής διαπερατότητας. Έτσι απομονώνονται οι ρύποι από τη γύρω περιοχή ή προκαλείται διακοπή της ροής δια μέσου της ρυπασμένης περιοχής.
- Η απομάκρυνση των ρύπων από το έδαφος. Η απομάκρυνση των ρύπων από το έδαφος είναι η πιο ολοκληρωμένη μέθοδος αποκατάστασης της ποιότητας μίας περιοχής και μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους. Με την άντληση από φρεάτια απομακρύνονται οι ρύποι από το έδαφος. Η χρησιμοποίηση στραγγιστικών αγωγών και τάφρων για τη συλλογή των ρύπων στο επίπεδο της υπόγειας στάθμης, είναι επίσης μια μέθοδος απομάκρυνσης των ρύπων. Οι πτητικές οργανικές ουσίες μπορούν να απομακρυνθούν από την ακόρεστη ζώνη με αερισμό. Η πιο δραστική μέθοδος είναι η εκσκαφή και απομάκρυνση του εδάφους με το ρύπο.
- Επεξεργασία του ρύπου στη θέση του. Μερικές από τις τεχνικές επεξεργασίας ρύπων μπορούν να εφαρμοστούν *in situ* για την μείωση και απομάκρυνση των ρύπων. Τέτοιες τεχνικές είναι η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών, η οξειδωση και η ακινητοποίηση των ρύπων. Η βιολογική και χημική αποικοδόμηση των ρύπων είναι από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους. Η βιολογική αποικοδόμηση περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση των οργανικών ουσιών των ρύπων ως πηγή ενέργειας των βακτηρίων και την παραγωγή πιο απλών προϊόντων, όπως νερού και διοξειδίου του άνθρακα από τα σύνθετα οργανικά μόρια. Με τη χημική αποικοδόμηση επεξεργάζονται οι ρύποι *in situ* προσθέτοντας -μέσω ενός δικτύου φρεατίων- τα κατάλληλα χημικά μόρια. Το μεγάλο πρόβλημα είναι η αβεβαιότητα επιτυχίας σε σχέση με τις άλλες μεθόδους αποκατάστασης, γιατί αν η διαδικασία χημικής εξυγίανσης αποτύχει, θα πρέπει μετά να καθαριστούν εκτός από τον αρχικό ρύπο και τα χημικά πρόσθετα της αποικοδόμησης.

Η εξυγίανση με βιολογικές μεθόδους είναι μια βιώσιμη μέθοδος για την εξυγίανση και αποκατάσταση των υπόγειων νερών από τη ρύπανσή τους με χημικές ενώσεις. Κατά την εξυγίανση με βιολογικές μεθόδους, χρησιμοποιούνται μικροβιολογικές διαδικασίες καθαρισμού του ρυπασμένου εδάφους και των υπογείων νερών. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ο μόνιμος περιορισμός των ρύπων με βιοχημικούς μετασχηματισμούς και ανοργανοποίηση, αποφεύγεται η επεξεργασία με χημικά και φυσικά μέσα, γίνεται αποκατάσταση *in situ* και το κόστος δεν είναι απαγορευτικό. Η βιοαποκατάσταση περιλαμβάνει σύνθετες αλληλεπιδράσεις βιολογικών, χημικών και φυσικών διεργασιών που πραγματοποιούνται σε κλίμακες που κυμαίνονται από μικρομεγέθη ίσα με αυτά που αντιστοιχούν στα κύτταρα των μικροβίων (10^{-4} cm), μέχρι μεγέθη που απαντώνται σε φυσικές συνθήκες (10 - 1000 m).

Σε κάθε πρόβλημα ρύπανσης του υπόγειου νερού μελετώνται οι παράγοντες που καθορίζουν το ρυθμό με τον οποίο επιτυγχάνεται η βιοαποικοδόμηση. Η επιλογή της στρατηγικής αποκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνει την εκτίμηση των φαινομένων που αποτελούν τους περιοριστικούς παράγοντες αποκατάστασης. Η εκτίμηση αυτή γίνεται για να προσδιοριστεί η δυνατότητα επιτυχούς βιοαποκατάστασης, η δυνατότητα αύξησης της ταχύτητας του φαινομένου, ο τρόπος επίτευξης και το πώς μπορεί να τροποποιηθεί η διαδικασία αυτή. Μετά τον προσδιορισμό των φαινομένων που κυριαρχούν σε ένα πρόβλημα γίνεται η εκτίμηση της δυνατότητας αντιμετώπισης του φαινομένου με βιομετασχηματισμούς.

Η βιοαποικοδόμηση εξαρτάται από την παρουσία και τη δράση των βακτηρίων που μπορούν να αποικοδομήσουν τον κυρίαρχο ρύπο. Η επιτυχία της εξαρτάται από τον αριθμό των βακτηρίων και από τις συνθήκες που αναστέλλουν την ανάπτυξή τους. Αυτές οι συνθήκες είναι η απουσία των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξή τους, η μείωση της δραστηριότητας τους σε χαμηλές συγκεντρώσεις υποστρώματος και η εκλεκτική χρησιμοποίηση άλλων πηγών άνθρακα αντί αυτού του ρύπου. Αντίθετα, η μεταφορά των ρύπων με τη διασπορά και τη ροή του νερού έχει σημαντική επίδραση στην κατανομή των ρύπων και τη διαθεσιμότητα του υποστρώματος για τους μικροοργανισμούς. Για παράδειγμα οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά οξυγόνου διαφοροποιούν την ταχύτητα αποικοδόμησης του ρύπου στα υπόγεια νερά και η αποικοδόμηση είναι ταχύτερη στα σημεία που υπάρχει μεγαλύτερη οξυγόνωση. Γενικά, η ταχύτητα και η επιτυχία της βιοαποκατάστασης εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η ταχύτητα των αντιδράσεων, η προσρόφηση και η εκρόφηση που πρέπει να μελετώνται κατά το σχεδιασμό της διαδικασίας αποκατάστασης. (Αντωνόπουλος Β, 1999)

7.9. ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ

Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την ανάπτυξη του ευτροφισμού είναι η αύξηση των θρεπτικών συστατικών σε ένα οικοσύστημα, επομένως η αποκατάσταση της ποιότητας ενός υδάτινου αποδέκτη στηρίζεται στον έλεγχο της ποσότητας των θρεπτικών συστατικών του αποδέκτη. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με μεθόδους που μειώνουν τα εισερχόμενα θρεπτικά συστατικά είτε με μεθόδους που απομακρύνουν τα ήδη υπάρχοντα θρεπτικά συστατικά.

Μέθοδοι πρόληψης - μείωσης:

- Ο έλεγχος οικιακών λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που απορρίπτονται στους υδάτινους αποδέκτες. Τα μέτρα ελέγχου αφορούν τα φωσφορικά άλατα των απορρυπαντικών για τα οικιακά λύματα και τα φωσφορικά και νιτρικά άλατα για τα βιομηχανικά απόβλητα.
- Η απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών από το νερό που απορρέει επιφανειακά πριν αυτό καταλήξει στους υδατικούς αποδέκτες.
- Η τροποποίηση προϊόντων, όπως είναι η μείωση των φωσφορικών αλάτων που περιέχονται στα απορρυπαντικά, ως αποτέλεσμα οικολογικού ανασχεδιασμού, ανάλυσης κύκλου ζωής, συμμόρφωσης με περιβαλλοντικές προδιαγραφές για απόκτηση οικολογικής σήμανσης (οικολογικά κριτήρια για προϊόντα καθαρισμού γενικής χρήσης, ΚΑ 2001/523/EC).
- Ο έλεγχος των λιπασμάτων σε γεωργικές καλλιέργειες, ώστε να μην χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών αλάτων αζώτου και φωσφόρου οι οποίες δεν μπορούν να αφομοιωθούν από τα φυτά (κώδικας ορθής γεωργικής πρακτικής στη χρήση λιπασμάτων).

Μέθοδοι αντιμετώπισης:

- Η αλλαγή κατεύθυνσης της επιφανειακής απορροής. Με την μέθοδο αυτή εκτρέπεται η ροή των επιφανειακών υδάτων που είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, ώστε αυτά να μην καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες. Η μέθοδος αυτή δεν λύνει το πρόβλημα, απλά το μεταθέτει επιβαρύνοντας άλλους φυσικούς αποδέκτες.
- Η αραίωση των υδάτων που παρουσιάζουν ευτροφισμό με ύδατα φτωχότερα σε θρεπτικά συστατικά, πρακτική που δεν θεωρείται αποτελεσματική και περιβαλλοντικά ορθή.
- Εκβάθυνση. Στις λίμνες μικρού βάθους, η ανάδευση της ιλύος του πυθμένα είναι η πιο σημαντική αιτία για την εκδήλωση του ευτροφισμού. Η εκβάθυνση των λιμνών επιτρέπει τη στρωματοποίηση και μειώνει το βαθμό ανάδευσης, άρα και την ανάπτυξη του φαινομένου.
- Απομάκρυνση της ιλύος από τον πυθμένα μιας λίμνης ώστε να αποφευχθεί η επαναδιάλυση των φωσφορικών αλάτων που περιέχονται σε αυτή, διαδικασία σημαντικά δαπανηρή.
- Οι χημικές τεχνικές αφορούν στην προσθήκη διαφόρων χημικών ουσιών στα φυσικά ύδατα, με στόχο την καταβύθιση των θρεπτικών αλάτων ή τη μετατροπή τους σε λιγότερο βιολογικά διαθέσιμες μορφές. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Περιβαλλοντική πολιτική για την αντιμετώπιση του προβλήματος του ευτροφισμού.

Ο ευτροφισμός των υδάτινων αποδεκτών (λιμνών, αβαθών κόλπων κ.λπ.) είναι έμμεσος και οφείλεται στις υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών στους ποταμούς λόγω των ανεξέλεγκτων απορρίψεων. Συνήθως οι ποταμοί διασχίζουν περισσότερες από μία χώρες, άρα ορισμένες χώρες εξαρτώνται από το νερό που προέρχεται από άλλες. Για παράδειγμα, στην Ολλανδία και το Βέλγιο, άνω του 80% και στη Γερμανία και Πορτογαλία άνω του 40% των υδάτινων πόρων τους προέρχεται από άλλες χώρες. Ως εκ τούτου, πρέπει να υπάρξει συντονισμός των δραστηριοτήτων των διαφόρων χωρών για τη μείωση της ρύπανσης των υδάτων, αφού το πρόβλημα σε αυτές τις περιπτώσεις είναι διασυνοριακού χαρακτήρα.

Η Οδηγία 91/676/ΕΟΚ για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση θέτει στόχους για τη μείωση των αζωτούχων ρύπων. Η Οδηγία αυτή δεν έχει εκπληρώσει το στόχο της, δηλαδή να μειωθεί σημαντικά η ρύπανση από νιτρικά και να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα του ευτροφισμού. Μελέτες έδειξαν ότι δεν σημειώθηκε σημαντική βελτίωση ως προς τις συγκεντρώσεις αζώτου που καταγράφηκαν μεταξύ 1990 και 1998 στους υδατικούς αποδέκτες των χωρών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, κυρίως επειδή το 70-80% του απορριπτόμενου αζώτου προέρχεται από τη γεωργία και είναι δυσκολότερος ο έλεγχος των εκροών αυτών. Σύμφωνα με την Οδηγία, τα κράτη - μέλη πρέπει να εντοπίσουν και να καταγράψουν τους φυσικούς αποδέκτες γλυκού νερού της επικράτειάς τους στους οποίους η συγκέντρωση νιτρικών υπερβαίνει ή είναι πιθανόν να υπερβεί το όριο των 50mg/l (ευπρόσβλητες ζώνες), να καταρτίσουν Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής (ορθολογική χρήση λιπασμάτων, επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς, ασφαλής χρήση ιλύος στη γεωργία κλπ.) οι οποίοι να είναι εφαρμόσιμοι σε ολόκληρη την επικράτειά τους και να καταρτίσουν προγράμματα δράσης για τις ευπρόσβλητες ζώνες.

Τα προγράμματα δράσης περιλαμβάνουν την ανάπτυξη πλαισίου προδιαγραφών για τη χρήση φυσικών λιπασμάτων (κοπριάς) στη γεωργία, την συντηρητική χρήση λιπασμάτων με βάση τις

πραγματικές ανάγκες των καλλιεργούμενων εδαφών, την σταδιακή μείωση της προσθήκης κοπριάς σε καλλιεργήσιμα εδάφη, την υποχρεωτική εφαρμογή του Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής στις ευπρόσβλητες ζώνες, την συστηματική παρακολούθηση των συγκεντρώσεων νιτρικών αλάτων στα ύδατα προκειμένου να εκτιμάται η αποτελεσματικότητα των μέτρων που εφαρμόζονται και την υποβολή έκθεσης προς την Ευρωπαϊκή Ένωση μετά την ολοκλήρωση κάθε προγράμματος δράσης.

Η νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης οφείλεται στα ανόργανα χημικά λιπάσματα και τα φυσικά λιπάσματα (κοπριά από την εντατική ζωική παραγωγή). Η έκπλυση των εδαφών στα οποία έχουν προστεθεί λιπάσματα είναι πιθανότερο να συμβεί το φθινόπωρο και το χειμώνα αφού έχει γίνει ο θερισμός, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας. Για παράδειγμα, μια καλλιέργεια σιταριού αφήνει ως κατάλοιπο το 25% του χρησιμοποιούμενου λιπάσματος, ενώ τα λαχανικά και τα ζαχαρότευτλα αφήνουν αντιστοίχως ποσοστό 35% και 65%. Επίσης, εξαρτάται και από την επόμενη καλλιέργεια, η οποία εάν αναπτυχθεί κατά το χειμώνα θα αφαιρέσει ένα μεγάλο ποσοστό του καταλοίπου. Η χρήση άχυρου μπορεί να περιορίσει την επίπτωση αυτή δεδομένου ότι τα νιτρικά ιόντα του εδάφους καταναλίσκονται από βακτήρια καθώς αυτά διασπούν το άχυρο το οποίο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Ένα από τα δυσμενή σενάρια είναι όταν τα εδάφη τεθούν σε αγρανάπαυση κατά την επόμενη περίοδο και η φυτική κάλυψη είναι ανεπαρκής. Η πτώση της χρήσης λιπασμάτων περίπου κατά 10% την προηγούμενη δεκαετία οφείλεται κυρίως στη θέσπιση της αγρανάπαυσης παρά σε ενέργειες που έχουν ληφθεί σε σχέση με τη συγκεκριμένη Οδηγία. (Χαραλάμπους Α, 2007)

7.10. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η μεγαλύτερη ποσότητα των αποβλήτων που καταλήγει στο νερό (ακτές θάλασσας, εκβολές ποταμών, λίμνες) είναι τα αστικά λύματα, τα οποία περιέχουν μια μεγάλη ποικιλία ουσιών οργανικής φύσης που αποσυντίθενται κυρίως από τη δραστηριότητα βακτηρίων. Η βακτηριακή αποσύνθεση πραγματοποιείται με την οξειδωση των οργανικών ενώσεων σε ανόργανες. Τα αερόβια βακτήρια για να διασπάσουν τα λύματα, χρησιμοποιούν το οξυγόνο που είναι διαλυμένο στο νερό του αποδέκτη των λυμάτων με αποτέλεσμα την μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου. Τα αναερόβια βακτήρια οξειδώνουν τις οργανικές ουσίες χωρίς τη χρήση O_2 , αλλά τα τελικά προϊόντα περιλαμβάνουν τις ενώσεις του υδρόθειου (H_2S) και μεθανίου (CH_4), οι οποίες είναι τοξικές για πολλούς οργανισμούς, ενώ η διεργασία είναι πολύ πιο αργή από εκείνη των αερόβιων βακτηρίων.

Η χημική σύσταση όλων σχεδόν των οργανικών αποβλήτων είναι πολύπλοκη και τα συστατικά τους απαιτούν διαφορετική ποσότητα O_2 για να επιτευχθεί πλήρης οξείδωση τους. Είναι ουσιαστικά αδύνατο να αναλυθούν πλήρως τα απόβλητα για να διαπιστωθεί το ακριβές περιεχόμενό τους. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται έμμεσες μέθοδοι με τη μέτρηση του οξυγόνου που απαιτείται συνολικά για την πλήρη υποβάθμιση των αποβλήτων.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι:

α. Η μέθοδος προσδιορισμού του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD).

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) είναι η ποσότητα του οξυγόνου η οποία απαιτείται για την πλήρη οξείδωση της οργανικής ύλης. Το απαιτούμενο οξυγόνο μετρείται με την προσθήκη ενός οξειδωτικού μέσου στο δείγμα του απόβλητου (π.χ. διχρωμικό κάλιο $K_2Cr_2O_7$). Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται η ποσότητα του οξειδώσιμου υλικού στο δείγμα.

β. Η μέθοδος του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD)

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) ορίζεται η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί για την πλήρη βιοχημική οξείδωση της οργανικής ύλης. Η συγκέντρωση του οξυγόνου στο δείγμα του απόβλητου μετριέται πριν και μετά τη βακτηριακή δράση, για τυπικό χρόνο. Αυτό δίνει ένα άμεσο μέτρο της χρησιμοποίησης οξυγόνου στη βακτηριακή υποβάθμιση του δείγματος. Η μέθοδος BOD, είναι η διαδικασία μέτρησης του οργανικού φορτίου στα απόβλητα. Επειδή η ολοκλήρωση της διαδικασίας απαιτεί πολύ χρόνο, χρησιμοποιείται συνήθως το BOD₅ που είναι το BOD που ικανοποιείται τις 5 πρώτες μέρες σε θερμοκρασία 20°C. Για την αντιμετώπιση της ρύπανσης των νερών από οργανικές ενώσεις, σημαντικός είναι επίσης ο ρόλος των παραγόντων της αραιώσης, της καθίζησης καθώς και των ημερήσιων και εποχικών διακυμάνσεων του διαλυμένου οξυγόνου.

Ο χρόνος παραμονής των αστικών λυμάτων είναι μικρότερος στους ποταμούς και στις ανοικτές θάλασσες και μεγαλύτερος στις εκβολές των ποταμών και στις θαλάσσιες ακτές. Σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και άπνοιας, στα λιμναία και θαλάσσια νερά δημιουργείται το λεγόμενο θερμοκλινές, ένα στρώμα διαχωρισμού του ψυχρού και πυκνού νερού του πυθμένα από το θερμό επιφανειακό νερό και το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Η βακτηριακή υποβάθμιση οργανικού υλικού στο βυθό, οδηγεί σε έλλειμμα οξυγόνου. Αυτό αποτελεί μόνιμο χαρακτηριστικό των λιμνών και των κλειστών θαλασσών, αλλά έχει παρατηρηθεί και σε ανοικτή θάλασσα. Τα ρεύματα και τα κύματα συμβάλουν σημαντικά στην ανανέωση του οξυγόνου στο νερό. (Κατσούλης Β, 2009)

7.11. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ - ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Ο όρος λύματα αναφέρεται στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (οικιακά λύματα) και από τις δραστηριότητες μιας πόλης (αστικά λύματα). Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν και σημαντικές ποσότητες υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τότε ονομάζονται υγρά αστικά απόβλητα. Τα οικιακά λύματα παράγονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και είναι κυρίως προϊόντα μεταβολισμού και απορρίμματα τροφής και καθαριότητας. Κατά μέσο όρο παράγονται 180 - 300 λίτρα ανά άτομο την ημέρα. Τα αστικά λύματα παράγονται από δημόσια κτήρια, νοσοκομεία κλπ. Η ποιότητα και η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων μεταβάλλεται και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, αφού πολλές βιομηχανίες -παράνομα- ρίχνουν ανεπεξέργαστα τα απόβλητά τους στο αποχετευτικό δίκτυο. Η σύνθεση των λυμάτων μπορεί να προσδιορισθεί χρησιμοποιώντας φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες κ.α.

Η επεξεργασία λυμάτων είναι η διαδικασία που διαχωρίζει τις επικίνδυνες ουσίες από το νερό στα λύματα, ώστε το νερό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά. Τα λύματα μεταφέρονται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού μέσω αγωγών και υπονόμων ή με χρήση ειδικών βυτιοφόρων οχημάτων και συγκεντρώνονται σε κλειστούς χώρους όπου επεξεργάζονται. (Μελάς Δ, 2000)

Η βιολογική επεξεργασία βασίζεται στη δράση μικροοργανισμών οι οποίοι για την δράση, την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό τους χρησιμοποιούν τις οργανικές ουσίες που περιέχονται στα λύματα. Στην αερόβια επεξεργασία, απαιτείται η παρουσία οξυγόνου και τα οργανικά συστατικά αποικοδομούνται προς διοξείδιο του άνθρακα, νερό και στερεά υλικά (ιλύς), ενώ στην αναερόβια η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών πραγματοποιείται χωρίς οξυγόνο και τα προϊόντα είναι κυρίως μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Ο καθαρισμός του νερού γίνεται από τους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα απόβλητα και γι' αυτό το λόγο ονομάζεται «βιολογικός καθαρισμός».

Αρχικά πραγματοποιείται προκατεργασία των αστικών λυμάτων με σκοπό την απομάκρυνση αντικειμένων μεγάλου μεγέθους και αποφρακτικών ουσιών με την εσχάρωση (απομάκρυνση μεγάλου μεγέθους σωμάτων που επιπλέουν ή αιωρούνται στα λύματα και εγκυμονούν κινδύνους καταστροφής των εγκαταστάσεων του βιολογικού καθαρισμού), την εξάμμωση - λιποσυλλογή (η παρουσία τους δημιουργεί προβλήματα στις εγκαταστάσεις), καθώς και την μέτρηση ή και την εξισορρόπηση της παροχής. Ακολουθεί η επεξεργασία των αστικών λυμάτων που περιλαμβάνει τρία στάδια: Την πρωτοβάθμια, τη δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια επεξεργασία, που παράγουν μεγάλες ποσότητες στερεών ιζημάτων, τα οποία χρειάζεται να διαχειριστούν με άλλους τρόπους, Το νερό είναι πλέον καθαρό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλες χρήσεις πχ πότισμα ή να χύνεται στη θάλασσα. (Λοϊζίδου Μ, 2006)

Πρωτοβάθμια επεξεργασία.

Η πρωτοβάθμια καθίζηση πραγματοποιείται σε δεξαμενές καθίζησης και έχει στόχο την απομάκρυνση των στερεών υλικών που αιωρούνται και καθιζάνουν με την βαρύτητα. Με την διαδικασία αυτή αφαιρείται το 50-70% των αιωρούμενων στερεών και το 25-40% του BOD₅., μειώνοντας έτσι το ρυπαντικό φορτίο του υγρού που προορίζεται για τα επόμενα στάδια επεξεργασίας. (Μαυρίδου Α, 2014)

Δευτεροβάθμια Επεξεργασία. (Βιολογικός καθαρισμός).

Στόχος του δεύτερου σταδίου είναι η μείωση του οργανικού φορτίου των λυμάτων. Οι βιολογικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των λυμάτων, βασίζονται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Τα λύματα περιέχουν νερό, οργανική ύλη και μικροοργανισμούς και μεταφέρονται σε απόλυτα ελεγχόμενο κλειστό χώρο πχ μια δεξαμενή. Εκεί η επεξεργασία τους απομακρύνει τον οργανικό άνθρακα, το άζωτο και τον φώσφορο. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, οι οποίοι χρειάζονται τροφή (είναι η οργανική ύλη που είναι άφθονη στα λύματα) και οξυγόνο. Το διαθέσιμο οξυγόνο δεν επαρκεί, για αυτό κατά την δευτεροβάθμια επεξεργασία παρέχεται οξυγόνο στους μικροοργανισμούς ώστε αυτοί να αποικοδομήσουν τις οργανικές ενώσεις σε CO₂ μέσω της διαδικασίας της κυτταρικής αναπνοής, ενώ ταυτόχρονα τα αμμωνιακά ιόντα (NH₄⁺) οξειδώνονται σε νιτρώδη (NO₂⁻) και στη συνέχεια σε νιτρικά (NO₃⁻).

Το οξυγόνο διοχετεύεται στην υγρή μάζα των αποβλήτων με την τοποθέτηση ενός σωλήνα και με μια αντλία μεταφέρεται σε αυτά αέρας, καθώς και με την ανάδευση των λυμάτων από μια προπέλα ώστε να πηγαίνει παντού ο αέρας. Σε άλλο τμήμα του αντιδραστήρα που η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι μηδενική, τα νιτρικά ιόντα μετατρέπονται σε αέριο άζωτο (N₂) το οποίο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. (Φράγκου Μ-Χ, Καλλής Γ, 2010)

Τριτοβάθμια Επεξεργασία.

Τριτοβάθμια επεξεργασία ονομάζεται η επί πλέον επεξεργασία που υφίστανται τα λύματα που προέρχονται από την δευτεροβάθμια επεξεργασία όταν αυτά δεν ικανοποιούν τις νομοθετημένες απαιτήσεις για την απόρριψή τους στους υδάτινους αποδέκτες ή όταν γίνεται επαναχρησιμοποίησή τους (π.χ. στην βιομηχανία, για άρδευση ή για χώρους αναψυχής). Στόχος της είναι η απομάκρυνση βαρέων μετάλλων και τοξικών ή άλλων συστατικών καθώς και η απομάκρυνση του φωσφόρου και του αζώτου που έχουν απομείνει, αφού το άζωτο βρίσκεται στο νερό με την μορφή αμμωνίας η οποία είναι τοξική για τα ψάρια και τα άλατα του φωσφόρου προκαλούν ευτροφισμό στις λίμνες ή στη θάλασσα. (Βλυσίδης Α, 2016)

Η Κοινοτική Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για τα αστικά λύματα θέτει περιορισμούς και προδιαγραφές σχετικά με την επεξεργασία των αποβλήτων. Ανάμεσα στα θέματα που διαπραγματεύεται, καθιστά υποχρεωτική τη δημιουργία σταθμών επεξεργασίας των λυμάτων και την επίτευξη ποιότητας επεξεργασμένης εκροής που να επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση ή την ασφαλή διάθεσή τους στο περιβάλλον. Επίσης προβλέπει την υποχρεωτική μέτρηση συγκεκριμένων ρυπαντικών παραμέτρων στα επεξεργασμένα λύματα, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται το άζωτο και ο φώσφορος, εάν οι μονάδες επεξεργασίας βρίσκονται σε περιοχές που ενδέχεται να αναπτυχθούν φαινόμενα ευτροφισμού των υδάτων. (Χαραλάμπους Α, 2007)

7.12. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ως πόσιμο ορίζεται το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση ή χρήση και δεν περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς ή μικροοργανισμούς δείκτες μόλυνσης με περιττωματικές ουσίες ή χημικές ουσίες σε συγκεντρώσεις που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου (ΚΥΑ Α2/2003). Για να χρησιμοποιηθεί το νερό ως πόσιμο, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι δεν είναι επικίνδυνο ή δυνητικά επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Το πρώτο βήμα στη διαδικασία επιλογής και επεξεργασίας νερού είναι η συλλογή του. Το νερό που συλλέγεται και προορίζεται για πόσιμο πρέπει να διαθέτει την καλύτερη δυνατή χημική και μικροβιολογική ποιότητα, όσο καλύτερης ποιότητας είναι τόσο λιγότερη επεξεργασία χρειάζεται στα επόμενα στάδια. (Μαυρίδου Α 2014.)

Το πόσιμο νερό χρειάζεται καθαρισμό και επεξεργασία ώστε να γίνει κατάλληλο για τον ανθρώπινο οργανισμό, γιατί συνήθως περιέχει μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούν τα διάφορα συστατικά του νερού σαν τροφή, όπως και το οξυγόνο που είναι διαλυμένο σε αυτό. Αυτοί οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι πολλοί, συνήθως βακτήρια όπως αυτά που προκαλούν τον τύφο, την πανώλη, τη χολέρα. (Γαλανοπούλου Ν., 2007).

Η διαδικασία επεξεργασίας του πόσιμου νερού είναι μια διαδικασία με πολλά στάδια και σε ορισμένες περιπτώσεις με σημαντικές τεχνικές δυσκολίες προκειμένου να επιτευχθεί η αποτελεσματική απολύμανση. Η βασική διαδικασία απολύμανσης πραγματοποιείται με αερισμό (αφαίρεση γεύσεων και οσμών), προσθήκη θεικού αργιλίου, καθίζηση κροκίδων και άλλων υλικών, δεξαμενές καθίζησης, διήθηση (μέσα από στρώματα άμμου) και απολύμανσή του στο τελικό στάδιο. (Μαυρίδου Α 2014)

Η απολύμανση γίνεται είτε με χλώριο 0,5 ppm, ποσότητα που είναι ικανή να σκοτώσει τα βακτήρια χωρίς το νερό να έχει γεύση χλωρίου είτε με όζον που έχει έντονη οξειδωτική συμπεριφορά (η μέθοδος αυτή δίνει νερό που έχει άσχημη γεύση) είτε με υπεριώδη ακτινοβολία που έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες, το νερό που προκύπτει είναι ακίνδυνο, η μέθοδος όμως είναι ακριβή και δεν χρησιμοποιείται συχνά. (Γαλανοπούλου Ν., 2007)

Χλωρίωση Πόσιμου Νερού.

Η απολύμανση του πόσιμου νερού με ενώσεις χλωρίου σε περιπτώσεις ανάγκης, εφαρμόζεται από πολύ παλιά. Το 1904 έγινε προσπάθεια για τη συνεχή χλωρίωση του νερού της δημόσιας ύδρευσης στην Αγγλία, ενώ στις ΗΠΑ οι πρώτες εφαρμογές έγιναν το 1908. Στην Ελλάδα αναγνωρίστηκε ως επίσημη μέθοδος απολύμανσης το 1958 με την Υγειονομική Διάταξη ΥΜ5673/4-12-1957 (ΦΕΚ/5/Β '9-1-1958).

Το χλώριο χρησιμοποιείται εκτεταμένα γιατί παρουσιάζει ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα, όπως το ότι έχει χαμηλό κόστος, διατίθεται σε αέρια, υγρή και στερεή μορφή, αφήνει υπόλειμμα

στο νερό το οποίο προστατεύει όλο το σύστημα ύδρευσης και είναι ισχυρά τοξικό για τους περισσότερους μικροοργανισμούς, επομένως έχει ευεργετικά αποτελέσματα για τη δημόσια υγεία στην προσπάθεια καταπολέμησης των λοιμωδών νοσημάτων.

Το χλώριο είναι κιτρινοπράσινο αέριο με ερεθιστική και αποπνιχτική οσμή. Αντιδρά με πολλές ανόργανες και οργανικές ουσίες, όμως έτσι σχηματίζονται πολλά παραπροϊόντα, που είναι το σημαντικό μειονέκτημα της χλωρίωσης. Αρχικά πρέπει να ικανοποιηθεί η απαίτηση των ενώσεων αυτών σε χλώριο και μετά να υπάρχει διαθέσιμη μικρή ποσότητα χλωρίου που συνεχίζει την απολύμανση.

Η αντιμικροβιακή δράση του χλωρίου οφείλεται στην καταστροφή ή την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών επειδή αντιδρά με τα ένζυμα τους ή λόγω της κυτταρικής διείσδυσής του. Η μικροβιοκτόνος δράση του εξαρτάται από τη χημική του μορφή, το χρόνο επαφής, τη συγκέντρωση, τη θερμοκρασία, το pH και το είδος των μικροβίων. Τα βακτήρια *E. Coli* είναι πολύ πιο ευαίσθητα από την σαλμονέλα του τυφοειδούς πυρετού και από τους βάκιλους του άνθρακα. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Η πιο συνηθισμένη πρακτική είναι η προσθήκη χλωρίου ή χλωραμίνης στην παροχή νερού. Η οξειδωτική του δυνατότητα καταστρέφει τους μικροοργανισμούς του νερού. Η χλωρίωση είναι πιο αποτελεσματική στη μορφή ελεύθερου (υπολειμματικού) χλωρίου, δηλαδή αν το χλώριο είναι σε μοριακή μορφή ή σε μορφή υποχλωριώδους οξέος (HOCl) ή σε μορφή υποχλωριωδών ιόντων. Η μορφή του χλωρίου στο νερό εξαρτάται από το pH του νερού. Το χλώριο σε όξινο pH εξουδετερώνει αποτελεσματικά τα περισσότερα παθογόνα βακτήρια.

Στην αρχή της παροχής όλο το χλώριο δεσμεύεται. Μετά από κάποιο χρόνο δημιουργείται το δραστικό, ελεύθερο χλώριο. Σε $pH > 8$ δεν διατηρείται ελεύθερο χλώριο στο νερό. Η χλωρίωση δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική ενάντια σε κύστεις που παράγονται από το *Cryptosporidium* ή τη *Giardia* ή σε ιούς (Αδενοϊούς, Ηπατίτιδας Α). (Μαυρίδου Α 2014)

Σημαντικό πρόβλημα αποτελεί ο σχηματισμός ενώσεων τριαλογονομεθανίου με γενικό τύπο CHX_3 όπου X είναι χλώριο ή βρώμιο. Η πιο σημαντική ένωση είναι το χλωροφόρμιο $CHCl_3$, που θεωρείται καρκινογόνο, ενώ τα τρία βρωμιωμένα αλογονοφόρμια είναι μεταλλαξογόνα. Ελαχιστοποίηση των ενώσεων αυτών γίνεται με τη χρησιμοποίηση υπόγειων αποθεμάτων που συνήθως περιέχουν λιγότερες οργανικές ενώσεις, ή με την προσωρινή αντικατάσταση του χλωρίου με διοξειδίο του χλωρίου.

Η παρουσία καρκινογόνων οργανοχλωριωμένων ενώσεων θα μπορούσε να οδηγήσει σε προσπάθειες να εγκαταλειφθεί η χλωρίωση του νερού και να αντικατασταθεί πλήρως από άλλες μεθόδους όπως π.χ. την απολύμανση με όζον ή με υπεριώδη ακτινοβολία, όμως το μειονέκτημα των μεθόδων αυτών είναι ότι δεν σχηματίζεται «υπόλειμμα» ώστε να υπάρχει προστασία στο δίκτυο, από τον σταθμό επεξεργασίας μέχρι την κατανάλωση.

Συνηθίζεται το χλώριο, το υποχλωριώδες οξύ και το υποχλωριώδες ιόν να αναφέρονται ως ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο και οι χλωραμίνες ως δεσμευμένο υπολειμματικό χλώριο. Το «δεσμευμένο χλώριο» είναι πιο σταθερό από το «ελεύθερο χλώριο» αλλά λιγότερο δραστικό. Υπολογίζεται ότι το δεσμευμένο χλώριο χρειάζεται 100 φορές μεγαλύτερο χρόνο επαφής από το ελεύθερο χλώριο για να έχει τον ίδιο βαθμό απολύμανσης. Άρα, χρειάζεται υπολογισμός της ποσότητας χλωρίου που θα προστεθεί, ώστε να υπάρχει ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο για την καλύτερη απολύμανση του νερού. Από την άλλη πλευρά, επειδή το ελεύθερο χλώριο είναι τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς, η απολύμανση των λυμάτων για παράδειγμα γίνεται

κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην παραμένουν μεγάλες ποσότητες υπολειμματικού χλωρίου κατά τη διοχέτευση των λυμάτων σε υδατικούς αποδέκτες. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Άλλες Μέθοδοι απολύμανσης του νερού.

- Χρήση όζοντος.

Το όζον (O₃) χρησιμοποιείται για την απολύμανση του πόσιμου νερού κυρίως επειδή οξειδώνει πολλές χημικές ουσίες. Λόγω της υψηλής οξειδωτικής του ικανότητας αποικοδομούνται σύνθετες οργανικές ουσίες που παραμένουν στα υγρά απόβλητα μετά το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Τα όζον παράγεται από το υγρό οξυγόνο με σημαντική κατανάλωση ενέργειας και επειδή είναι χημικά ασταθές αέριο διασπάται πολύ γρήγορα μετά την παραγωγή του. Το βασικό μειονέκτημα της χρήσης όζοντος είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων παραγωγής του και το υψηλό κόστος λειτουργίας τους. Η χρήση όζοντος ενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου τα επεξεργασμένα απόβλητα πρέπει να απαλλαγούν από τα παραπροϊόντα χλωρίωσης. Όπως και με τη χλωρίωση, πρέπει να καθορίζονται οι κατάλληλες συγκεντρώσεις και ο χρόνος επαφής που είναι απαραίτητα για την απολύμανση. Η επεξεργασία με όζον χρησιμοποιείται συνήθως σε εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, όμως αυξάνονται και οι μονάδες όζοντος σε οικίες ή σε επιχειρήσεις. Το όζον είναι αποτελεσματικό για την εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών όπως τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια και η Legionella, αλλά δεν είναι αποτελεσματικό εναντίον κύστεων όπως του Cryptosporidium ή των ιών. (Νταράκας Ε., 2014)

- Χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας.

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) χρησιμοποιείται από παλιά στην επεξεργασία του νερού. Η εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας για την καταστροφή των μικροοργανισμών στα υγρά απόβλητα οφείλεται στην απορρόφηση της ακτινοβολίας από το γενετικό υλικό (DNA) των κυττάρων. Μέτρο της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία αποτελεί η ποσότητα της ενέργειας που απορροφάται από το μικροοργανισμό. Η δόση της ακτινοβολίας εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της ακτινοβολίας και είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την επιφάνεια που ακτινοβολείται. Ο σύγχρονος τρόπος επεξεργασίας με μονάδες υπεριώδους φωτός απαιτεί τη χρήση μιας λάμπας υπεριώδους ακτινοβολίας τοποθετημένης σε ένα δοχείο, γύρω από το οποίο ρέει το νερό. Η ακτινοβολία UV καταστρέφει το γενετικό υλικό των μικροοργανισμών, μεταξύ αυτών και των παθογόνων όπως τα κολοβακτηρίδια και η Legionella εμποδίζοντας την αναπαραγωγή τους, αλλά δεν είναι αποτελεσματική για την καταστροφή των κύστεων. (Μαυρίδου Α, 2014)

Τα πλεονεκτήματα της απολύμανσης με UV είναι πολλά. Ο εξοπλισμός καταλαμβάνει μικρό χώρο και είναι σχετικά οικονομικός, είναι αποτελεσματική μέθοδος για πολλά διαφορετικά είδη μικροοργανισμών, δεν επιφέρει χημικές μεταβολές στα απόβλητα οπότε δεν μεταβάλλει την επίπτωσή τους στον υδάτινο αποδέκτη και δεν υπάρχει τοξική υπολειμματική συγκέντρωση. Μειονεκτήματα είναι η απουσία μετρήσιμης υπολειμματικής ποσότητας σε αντίθεση με τη χλωρίωση και το υπολειμματικό χλώριο, η απουσία μεθόδων μέτρησης της δόσης και η πτώση της απόδοσης των συσκευών ακτινοβολίας και της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων. (Νταράκας Ε., 2014)

8. ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

8.1. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Τα μοντέλα του ισοζυγίου της ακτινοβολίας της ατμόσφαιρας, προβλέπουν αύξηση της πλανητικής θερμοκρασίας, λόγω της αυξανόμενης συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, CFCs, H₂O, H_xCy, NO_x, O₃). Η ακριβής έκταση και κατανομή της κλιματικής αλλαγής δεν είναι βέβαιες, εξαρτώνται από πολλούς φυσικούς παράγοντες, αλλά και από οικονομικές και κοινωνικές αποφάσεις που ελήφθησαν ή που πρέπει να ληφθούν. Για το λόγο αυτό, ο μακροχρόνιος σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης και της πλανητικής κλιματικής αλλαγής, απαιτεί ακριβείς προβλέψεις του μελλοντικού κλίματος, οι οποίες με τη σειρά τους έχουν ανάγκη από λεπτομερείς μετρήσεις.

Τα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν έναν υγρότερο πλανήτη, στον οποίο η κίνηση του νερού στον υδρολογικό κύκλο είναι ταχύτερη στον κλάδο της εξάτμισης και του υετού. Η αυξημένη νέφωση μπορεί να περιορίσει το ρυθμό της θέρμανσης, αλλά η νέα κατάσταση θα έχει υψηλότερη θερμοκρασία απ' ό,τι σήμερα, χωρίς όμως να επηρεαστούν με τον ίδιο τρόπο όλες οι περιοχές της Γης, η θερμοκρασιακή αλλαγή θα περιορισθεί, κυρίως, στα μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Η έρευνα της τελευταίας 20ετίας έδειξε ότι σε μεγάλες εκτάσεις στην Αμερική και την Ασία θα ελαττωθεί η υγρασία του εδάφους με αποτέλεσμα ξηρότερες συνθήκες. Τέτοιες μεταβολές του υετού και της θερμοκρασίας θα οδηγήσουν σε μεγάλης κλίμακας αναπροσαρμογές της κατανομής και του είδους της βλάστησης και άρα και της παγκόσμιας πρωτογενούς παραγωγής. (Κατσούλης Β, 2009)

Κλιματική αλλαγή.

Ο όρος καιρός περιγράφει την κατάσταση της ατμόσφαιρας σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή τις μεταβολές σε σύντομα χρονικά διαστήματα. Ο όρος κλίμα περιγράφει τον καιρό μιας περιοχής για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το κλίμα αναφέρεται στην ατμόσφαιρα, στη θάλασσα, στην ξηρά, στους πάγους και επηρεάζει τη βλάστηση και το επιφανειακό νερό. Είναι συνδυασμός θερμοκρασίας, υγρασίας, βροχοπτώσεων και ανέμων. Η ηλιακή ακτινοβολία κυρίως και οι ανθρώπινες δραστηριότητες δρουν ως σημαντικοί εξωτερικοί παράγοντες στο κλίμα. Οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε αυτούς τους παράγοντες καθορίζουν την διαφοροποίηση μεταξύ του κλίματος που βρίσκουμε στις διάφορες περιοχές του πλανήτη.

Κλιματική αλλαγή ονομάζουμε την μεταβολή από τις μέσες καιρικές συνθήκες και εξαρτάται από την χρονική περίοδο την οποία μελετάμε. Το κλίμα μεταβάλλεται από την μία δεκαετία στην άλλη ή από τον έναν αιώνα στον άλλον. Υπήρχαν δηλαδή πάντοτε μεταβολές στο κλίμα. Κλιματική αλλαγή είναι κάθε παροδική ή μόνιμη αλλαγή στην κατανομή των συνιστωσών του κλίματος (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμοι, κατακρημνίσεις -βροχή, χιόνι, χαλάζι-, κ.λπ.).

Κάθε αλλαγή σε μια από τις συνιστώσες του κλίματος έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές σε τοπικό και συχνά παγκόσμιο επίπεδο. Μια αλλαγή συχνά προκαλεί αλυσιδωτή αντίδραση στο κλιματικό σύστημα. Για παράδειγμα αυξημένη ηλιοφάνεια αυξάνει την θερμοκρασία του αέρα. Αυτό μειώνει τους πάγους και το χιόνι και επειδή το χιόνι και ο πάγος αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία η μείωση τους συνεπάγεται αυξημένη απορρόφηση θερμότητας από τη γη, γιατί το έδαφος έχει σκούρο χρώμα. Το έδαφος απορροφά θερμότητα και αυτό οδηγεί σε λιώσιμο περισσότερων πάγων και χιονιού. Επομένως όταν διαταράσσεται η ενεργειακή ισορροπία

(αύξηση ηλιοφάνειας) προκύπτουν διαταραχές και επιτυγχάνεται καινούργια ισορροπία μετά από πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα.

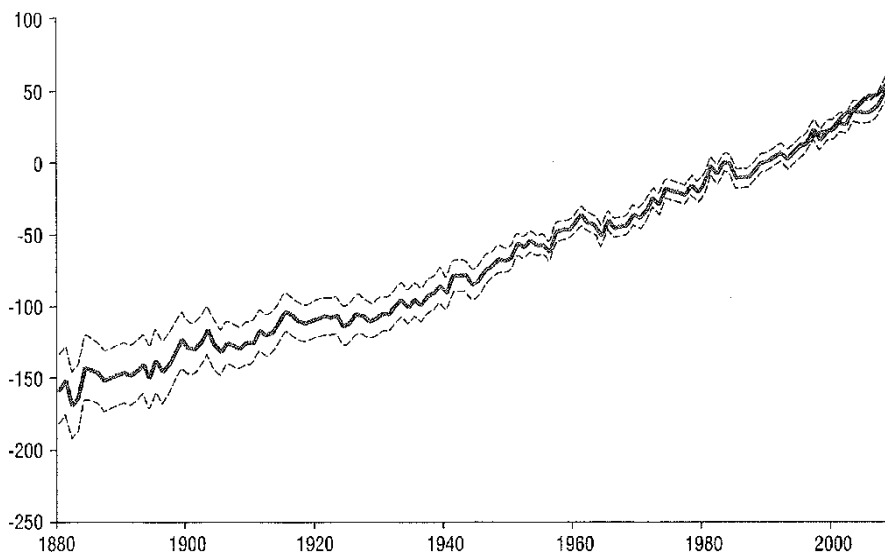
Τα τελευταία χρόνια οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιφέρουν αλλαγές στη σύσταση της ατμόσφαιρας, κυρίως με την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Εκτός από την αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας αναμένονται αλλαγές στην κυκλοφορία του αέρα της ατμόσφαιρας και του νερού των ωκεανών, ανύψωση της στάθμης της θάλασσας, καθώς και μεταβολές του υδρολογικού κύκλου που οδηγούν σε διαφοροποιήσεις στις βροχοπτώσεις και το λιώσιμο πάγων και χιονιών. Αυτό πιστεύεται ότι θα έχει επίδραση στα φυσικά και βιολογικά συστήματα, μεταξύ των οποίων στην παρουσία και διασπορά παθογόνων μικροοργανισμών, που θα δημιουργήσουν πρόσθετα προβλήματα δημόσιας υγείας. Η αύξηση των θερμοκρασιών και η αλλαγή της κατανομής των βροχοπτώσεων μπορεί να προκαλέσει ξηρασία. Αυτές οι καταστάσεις είναι αναμενόμενο να οδηγήσουν στην ανάγκη αλλαγών στο νομικό καθεστώς που διέπει τη διαχείριση νερού. Οι οικονομικές συνέπειες θα είναι επίσης σημαντικές.

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο υδάτινο περιβάλλον.

Οι υδατικοί πόροι έχουν σημαντική κοινωνική και πολιτική διάσταση και επιδρούν σε πολλούς σημαντικούς τομείς της οικονομίας. Το νερό είναι απαραίτητο για την λειτουργία των ανθρώπινων κοινωνιών αλλά και για την ισορροπία των οικοσυστημάτων. Εξ αιτίας των μεταβολών που θα φέρει η κλιματική αλλαγή, αναμένεται να ενταθεί ο ανταγωνισμός για την αξιοποίηση των υπαρχόντων αποθεμάτων ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του πληθυσμού και του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα το νερό ενός ποταμού σε κατάσταση ισορροπίας μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες για ύδρευση ενός πληθυσμού ανθρώπων, την άρδευση καλλιεργειών και τις ανάγκες σε νερό της άγριας πανίδας και χλωρίδας της περιοχής. Αν η ποσότητα του νερού ελαττωθεί, αλλά οι ανάγκες των ανθρώπων παραμείνουν σταθερές ή αυξηθούν, η κάλυψη των αναγκών δεν θα μπορεί αν ικανοποιηθεί. Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τα επιφανειακά νερά (ποταμοί, χείμαρροι, λίμνες, πηγές), τα υπόγεια νερά και το πόσιμο νερό. Οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στο υδάτινο περιβάλλον αφορούν αλλαγές στη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις και την μεταβολή της στάθμης της θάλασσας.

Θερμοκρασία.

Κύρια συνέπεια της κλιματικής αλλαγής είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στη γη. Οι καταγεγραμμένες πληροφορίες των 100 τελευταίων ετών δείχνουν αύξηση της θερμοκρασίας, ιδιαίτερα τα τελευταία 25 χρόνια (Εικόνα 8.1) Τα μοντέλα πρόγνωσης της κλιματικής αλλαγής συμφωνούν ότι η τάση αυτή θα συνεχιστεί κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα. Συντηρητικές προβλέψεις για τις μέσες θερμοκρασίες θεωρούν ότι θα αυξηθούν κατά 1,7 έως 3,9°C μέχρι το 2100 σε σχέση με τις θερμοκρασίες του 1890-1990. Επίσης, από το 1955 και μετά καταγράφεται αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών νερών, τάση που προβλέπεται ότι θα συνεχιστεί και θα επιδράσει στο νερό των ωκεανών, υψηλότερη θερμοκρασία θα απελευθερώσει μεγάλες ποσότητες CO₂ στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 8.1. Μέσος όρος της θερμοκρασίας της Γης από το 1850 έως το 2012. (Μαυρίδου et al, Πηγή: www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures).

Θερμότερο επιφανειακό νερό σημαίνει χαμηλότερα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου, πιο συχνές εξάρσεις φυτοπλαγκτού, αυξημένους αριθμούς βακτηρίων και μυκήτων, υψηλότερη συγκέντρωση ρύπων, καθώς και άλλες δυσμενείς συνέπειες τόσο στην ποιότητα του νερού όσο και στην βιωσιμότητα των βιοτόπων των ψαριών και των άλλων υδρόβιων οργανισμών.

Αύξηση της θερμοκρασίας πλανητικά θα προκαλέσει αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο, αλλά και ελάττωση στις ποσότητες του χιονιού. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα θα επηρεάσουν την μορφή των κατακρημνίσεων (βροχές, χιόνια, χαλάζι) με περισσότερες βροχές και λιγότερα χιόνια. Στις ορεινές περιοχές οι συντομότερες περίοδοι χιονοπτώσεων θα μειώσουν τα αποθέματα χιονιού, τα χιόνια θα λιώνουν πιο νωρίς και συνεπώς το καλοκαίρι θα απελευθερώνονται μικρότεροι όγκοι νερού που θα προέρχονται από το λιώσιμο των χιονιών. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες θα οδηγήσουν σε αύξηση της ξηρασίας, καθώς η ελάττωση των καλοκαιρινών βροχοπτώσεων και αύξηση της εξάτμισης προκαλούν ελάττωση της διαθεσιμότητας επιφανειακού νερού. Οι επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας θα επηρεάσουν τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα ή την πλήρωση των ταμιευτήρων.

Η διαχείριση των υδάτινων πόρων αναμένεται να επηρεαστεί από την αύξηση της θερμοκρασίας με πολλούς τρόπους, επειδή προκαλείται:

- Ελάττωση των αποθεμάτων νερού εξ αιτίας της εξάτμισης και της διαπνοής των φυτών.
- Αύξηση των αστικών και γεωργικών απαιτήσεων.
- Χειροτέρευση της ποιότητας του νερού σε ταμιευτήρες. Θρεπτικά άλατα απελευθερώνονται από τα ιζήματα στους πυθμένες των ταμιευτήρων και προκαλούν φαινόμενα όπως οι φυτοπλαγκτονικές εξάρσεις (bloom).
- Αύξηση των φυτοφαρμάκων και εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται στις ζώνες συλλογής επιφανειακών νερών. Αυξημένες θερμοκρασίες προκαλούν ανάπτυξη εντόμων και μικροοργανισμών που εξοντώνονται από τους γεωργούς με τοξικές χημικές ουσίες,
- Αυξημένος κίνδυνος παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών. Αύξηση της θερμοκρασίας στο σύστημα διανομής του πόσιμου νερού θα δημιουργήσει έλλειψη σε υπολειπόμενο χλώριο, που θα επιτρέπει την επιβίωση παθογόνων μικροοργανισμών.

- Επιμήκυνση της χρονικής περιόδου που πολλαπλασιάζονται φορείς ασθενειών όπως τα κουνούπια, τα οποία γεννούν σε στάσιμα νερά. Τα κουνούπια δρουν ως ενδιάμεσοι ξενιστές και μεταφέρουν ασθένειες στον άνθρωπο, όπως είναι η ελονοσία.
- Αυξημένες θερμοκρασίες ευνοούν την εξάπλωση κουνουπιών σε περιοχές που δεν υπέφεραν από κουνούπια παλαιότερα λόγω χαμηλών θερμοκρασιών.

Βροχοπτώσεις.

Η αύξηση της θερμοκρασίας θα προκαλέσει αλλαγές στις βροχοπτώσεις, οι οποίες επηρεάζονται από αλλαγές στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Αύξηση της εξάτμισης προξενεί μεγαλύτερο όγκο κατακρημνίσεων επομένως και των βροχοπτώσεων. Τα μοντέλα πρόγνωσης φαινομένων της κλιματικής αλλαγής προβλέπουν βροχοπτώσεις λιγότερο συχνές, αλλά μεγαλύτερης έντασης (ακραία καιρικά φαινόμενα). Οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις διαφέρουν από την μια περιοχή του πλανήτη στην άλλη, οι υποτροπικές περιοχές θα γίνουν πιο ξηρές ενώ οι εύκρατες θα δέχονται περισσότερη βροχή. Μετεωρολογικά δεδομένα δείχνουν μια αύξηση στον αριθμό των ημερών που η βροχή υπερέβη τα 50 χιλιοστά κατά την διάρκεια του 20ου αιώνα. Τα μοντέλα πρόγνωσης κλιματικών αλλαγών προβλέπουν επίσης πιθανή αύξηση της έντασης, ταχύτητας ανέμου και των βροχοπτώσεων που συνοδεύουν τροπικούς κυκλώνες και τυφώνες, οι οποίοι προκαλούνται από υψηλότερες θερμοκρασίες στους ωκεανούς. Αύξηση σε βροχοπτώσεις οδηγεί σε αύξηση του κινδύνου για πλημμύρες, διάβρωση εδαφών, θολερότητα και σωματίδια στους ταμιευτήρες νερού, επιβάρυνση του νερού με θρεπτικά και ρυπαντές στους υδάτινους αποδέκτες.

Υψηλής έντασης βροχοπτώσεις δεν επιτρέπουν ικανοποιητική απορρόφηση του νερού από τη γη και την συλλογή του στους υπόγειους ταμιευτήρες, δηλαδή ενίσχυση του υδροφόρου ορίζοντα. Υπάρχει απώλεια σε απορροές προς τον πλησιέστερο υδάτινο αποδέκτη και τελικά τη θάλασσα. Σε ακραίες καταστάσεις προκαλείται ξηρασία διότι ελαττώνονται τα υδατικά αποθέματα που αναβλύζουν ως επιφανειακά νερά. Αυτό προκαλεί εντατικοποίηση στην άντληση από υπόγεια νερά και η κατάσταση αυτή σε παράκτιες περιοχές συνήθως οδηγεί σε εισροή αλμυρού, θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα (υφαλμύρωση).

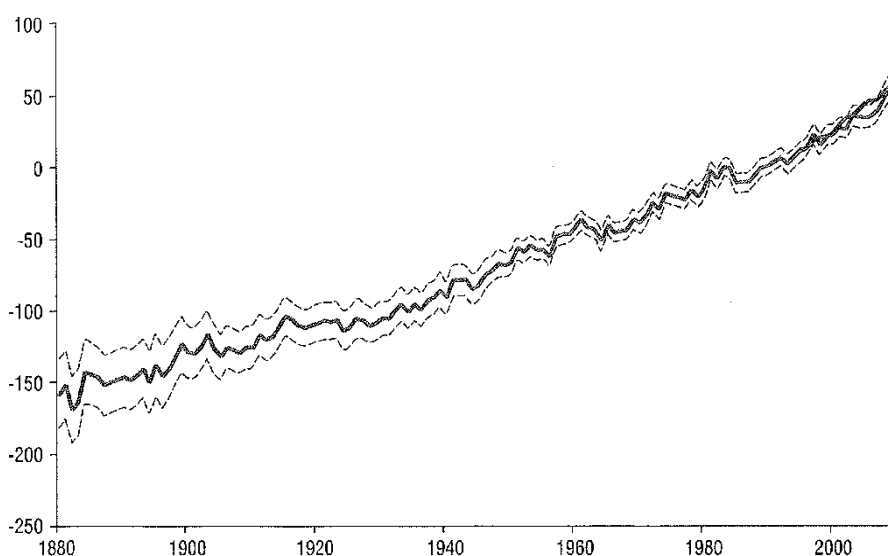
Μεγάλοι όγκοι νερού που πέφτουν ως βροχή με υψηλή ένταση προκαλούν γεωλογική διάβρωση, δηλαδή αποσύνδεση πετρωμάτων από την επιφάνεια της γης. Το νερό παρασύρει τα επιφανειακά πετρώματα και γόνιμα συστατικά του εδάφους. Διάβρωση λαμβάνει χώρα όταν η ένταση της βροχής υπερβαίνει την ικανότητα απορρόφησης νερού του εδάφους. Η διάβρωση οδηγεί και σε θολερότητα διότι το νερό που συλλέγεται σε ταμιευτήρες επιβαρύνεται από την απόπλυση στερεών σωματιδίων του εδάφους από το νερό που μετακινείται λόγω της βροχοπτώσης. Η υψηλή θολερότητα διατηρείται για διαστήματα έως τριών μηνών, δυσκολεύοντας τη χρήση του νερού του ταμιευτήρα σε δίκτυα ύδρευσης.

Στάθμη της θάλασσας.

Οι παράκτιες περιοχές της γης συγκεντρώνουν μεγάλο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού. Για πολλούς κοινωνικούς και οικονομικούς λόγους αποτελούν πόλο έλξης του πληθυσμού της ενδοχώρας και οι μετακινήσεις πληθυσμών προς τις παράκτιες περιοχές τις τελευταίες δεκαετίες υπήρξε χωρίς προηγούμενο στην ανθρώπινη ιστορία. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εκτιμά ότι περισσότερο από το μισό του πληθυσμού του πλανήτη ζει σε απόσταση μικρότερη από 60 χιλιόμετρα από τις ακτές της θάλασσας. Για τους λόγους αυτούς οι ακτές υφίστανται έντονες ανθρωπογενείς πιέσεις. Η κλιματική αλλαγή εντείνει τις πιέσεις και μια από τις

συνέπειές της είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας που οφείλεται στις υψηλότερες θερμοκρασίες και προκαλείται τόσο από το λιώσιμο παγετώνων και χιονιού που καταλήγουν στους ωκεανούς όσο και από τη θερμική διαστολή του νερού των ωκεανών.

Σήμερα η άνοδος της στάθμης της θάλασσας υπολογίζεται σε 3 χιλιοστά ετησίως (Εικόνα 8.2), ενώ προβλέπεται άνοδος κατά 20 έως 60 εκατοστά μέχρι το 2100. Υπάρχει πιθανότητα η στάθμη να ανέβει μέχρι και 1 μέτρο εάν υπάρξει σημαντική απώλεια πάγων από την Γροιλανδία ή την Ανταρκτική. Αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα απειλήσει τις παράκτιες περιοχές με αποτέλεσμα τις πλημμύρες σε παράκτιες εκτάσεις και πόλεις, τη μετατόπιση υγροτόπων, μεταβολές στο εύρος της παλίρροιας σε ποταμούς και όρμους, αλλαγές στην ιζηματογένεση, είσοδο αλμυρού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και σε εκβολικά οικοσυστήματα και αυξημένες καταστροφές σε περιοχές ευάλωτες σε τροπικές καταιγίδες και κυκλώνες.



Εικόνα 8.2. Καταγεγραμμένη πληροφορία (από το 1880 έως το 2009) της αύξησης της στάθμης της θάλασσας (σε mm). (Μαυρίδου et al, 2014, Πηγή: www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures.)

Οι συνέπειες είναι πολλαπλές: Καταστροφές σε παράκτιες κατοικημένες ζώνες (νησιωτικά κράτη στον Ειρηνικό και παράκτια αστικά και βιομηχανικά κέντρα θα εξαφανισθούν ή θα ελαττωθεί σημαντικά η έκτασή τους). Υφαλμύρωση του νερού που αντλείται για ύδρευση και άρδευση από τον παράκτιο υδροφόρο ορίζοντα, με συνέπεια την αύξηση της αλατότητας (γλυφό νερό). Σε παράκτιες περιοχές που τα γεωλογικά στρώματα είναι υδροπερατά, αναμένεται προέλαση της υφαλμύρωσης προς το εσωτερικό της ξηράς και επίδραση στον υδροφόρο ορίζοντα που βρίσκεται κάτω από την θάλασσα ή κοντά στην ακτογραμμή (παράκτιος).

Στην Ελλάδα η τεράστια -αναλογικά με την έκταση της χώρας- ακτογραμμή, αφήνει τον παράκτιο υδροφόρο ορίζοντα εκτεθειμένο σε κίνδυνο εισροής θαλασσινού νερού και υφαλμύρωση. Η ανύψωση της θάλασσας θα προκαλέσει διαταραχές σε οικοσυστήματα των γλυκών νερών που βρίσκονται κοντά σε ακτές, ενώ η αύξηση του κυματικού ύψους (μεγαλύτερης ταχύτητας άνεμοι) θα αυξήσει το ρυθμό διάβρωσης των ακτών. Πιθανές είναι και οι καταστροφές σε υποδομές επεξεργασίας πόσιμου νερού και υγρών αποβλήτων που βρίσκονται κοντά στις ακτές καθώς και σε υποδομές της τουριστικής βιομηχανίας των παράκτιων περιοχών, όπως παραλίες, πάρκα αναψυχής, μαρίνες κ.α. Επιπτώσεις θα υποστεί και η αλιεία, με καταστροφή αλιευτικών καταφυγίων, λιμανιών και ιχθυοσκαλών.

Κλιματική αλλαγή και Δημόσια Υγεία.

Η κλιματική αλλαγή επιδρά σε πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες που καθορίζουν την καλή υγεία - καθαρό αέρα, ασφαλές πόσιμο νερό, ικανοποιητική τροφή, μετάδοση ασθενειών από ενδιάμεσο ξενιστή. Οι πιο ευάλωτες ομάδες πληθυσμού είναι τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και οι υποσιτισμένοι. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) εκτιμά ότι η αύξηση της θερμοκρασίας από τη δεκαετία του '70 μέχρι το 2004 έχει κοστίσει περισσότερους από 140.000 θανάτους το χρόνο. Από τους βασικούς παράγοντες που προκαλούν την αυξημένη θνησιμότητα είναι οι διαρροϊκές ασθένειες. Εκτιμά επίσης ότι, η κλιματική αλλαγή ευθύνεται για το 2,4% των κρουσμάτων διάρροιας (έχει υπολογισθεί ότι σκοτώνουν 2,2 εκατομμύρια άτομα τον χρόνο) και το 6% των κρουσμάτων ελονοσίας παγκοσμίως.

Η παροχή πόσιμου νερού εξαρτάται από τις βροχές των οποίων η συχνότητα, η εποχικότητα και η ένταση αλλάζουν λόγω της κλιματικής αλλαγής. Η έλλειψη σταθερότητας στις βροχές, επιδρά στην διαθεσιμότητα του γλυκού νερού. Έλλειψη ασφαλούς νερού μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την δημόσια υγεία αυξάνοντας τα γαστρεντερικά προβλήματα, συχνά θανατηφόρα σε χώρες με χαμηλό υγειονομικό επίπεδο. Επίσης να οδηγήσει σε ελλιπή καθαριότητα ατομική, οικιακή και σε επίπεδο δημόσιων παροχών. Σε ακραίες περιπτώσεις έλλειψη νερού οδηγεί σε ξηρασία και πείνα. Η μετάδοση ασθενειών από ενδιάμεσο ξενιστή είναι επίσης σοβαρός παράγοντας νοσηρότητας και θνησιμότητας. Αύξηση της θερμοκρασίας και των στάσιμων νερών δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για τον πολλαπλασιασμό οργανισμών (κουνούπια, σκνίπες κ.α.) που μεταδίδουν ελονοσία, κίτρινο πυρετό, πυρετό του Δυτικού Νείλου και άλλες σοβαρές ασθένειες. (Μαυρίδου et al, 2014)

8.2. Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

Μεγάλο μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων πηγάζει από τις άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις των δραστηριοτήτων του ανθρώπου στον υδρολογικό κύκλο. Οι μεταβολές της επιφάνειας της γης, οι κλιματικές αλλαγές, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η υπεράντληση των αποθεμάτων είναι οι παράγοντες που συμβάλλουν στη διατάραξη της ισορροπίας του υδρολογικού κύκλου. (Χαραλάμπους Α, 2007)

α) Μεταβολές της επιφάνειας της γης.

Τα φυτά παίζουν καθοριστικό ρόλο στην απορρόφηση του νερού από το έδαφος, επομένως ρυθμίζουν και σταθεροποιούν τον υδρολογικό κύκλο. Η καταστροφή των δασών ελαττώνει την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί το νερό και να εμπλουτίζει τον υδροφόρο ορίζοντα με την κατείδυση του νερού. Σε μικρές λεκάνες απορροής, όπου αφαιρέθηκαν τα δέντρα, ο όγκος του επιφανειακού νερού αυξήθηκε πάνω από 200%, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος πλημμυρών. Τα επιφανειακά ρέοντα ύδατα απομακρύνουν και τα θρεπτικά συστατικά τα οποία γίνονται διαθέσιμα στους οργανισμούς με μακροχρόνιες διαδικασίες. Αυτά τα συστατικά καταλήγουν τελικά στους υδάτινους αποδέκτες, γι' αυτό το λόγο τα δέλτα των ποταμών εμφανίζουν υψηλή παραγωγικότητα. Επιπλέον το νερό συμπαρασύρει και εμπλουτίζει τους υδάτινους αποδέκτες με ρύπους. (Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

β) Κλιματικές αλλαγές.

Η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επηρεάζει το κλίμα κάθε περιοχής. Το νερό συνδέεται άμεσα με

τις κλιματολογικές συνθήκες. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η επίδραση των ωκεανών, οι οποίοι συμβάλλουν στη μετρίαση της αύξησης της θερμοκρασίας.

Από το 1955 έως το 1995 έχει παρατηρηθεί μέση αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών κατά 0,06°C, στη στήλη νερού από την επιφάνεια μέχρι βάθος 3.000 μέτρων. Ταυτόχρονα, από το 1850 έως σήμερα, η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα έχει αυξηθεί περισσότερο από 35% αν και με βάση τις ανθρώπινες δραστηριότητες οι ποσότητες του αερίου αυτού θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερες. Ένα μεγάλο ποσοστό απορροφάται από τους ωκεανούς, παραμένει ωστόσο άγνωστο μέχρι πότε και σε ποιο βαθμό θα είναι δυνατή η απορρόφηση από τους ωκεανούς του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας θα διαταράξει τον υδρολογικό κύκλο. Εάν συνεχισθεί η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με CO₂ και κατά συνέπεια η αύξηση της θερμοκρασίας, η κίνηση των θαλάσσιων υδάτων θα διακοπεί. Το επιφανειακό νερό θα έχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας με αυτό που βρίσκεται σε πιο μεγάλα βάθη και επομένως διαφορετική πυκνότητα. Αυτό θα οδηγήσει στο σχηματισμό δύο στρωμάτων νερού απόλυτα διαχωρισμένων και χωρίς δυνατότητα αλληλεπιδράσεων. Τα θερμά ρεύματα θα παραμένουν στην επιφάνεια, ενώ η ροή θρεπτικών συστατικών, CO₂ και O₂ από τα επιφανειακά στα βαθιά νερά θα σταματήσει επειδή η διαλυτότητα των αερίων μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα το CO₂ να παραμένει στην ατμόσφαιρα, επιταχύνοντας την αύξηση της θερμοκρασίας. Αν οι ωκεανοί θερμανθούν, μεγάλο μέρος του CO₂ θα απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα επιταχύνοντας την αύξηση της θερμοκρασίας της γης.

Επιπλέον, οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την εξάτμιση των ωκεανών, των ποταμών και των λιμνών με αποτέλεσμα την αύξηση της περιεκτικότητας υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Η σημαντική αύξηση υδρατμών -είναι ένα από τα κυρίαρχα αέρια του θερμοκηπίου-, μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Πιθανόν όμως να συμβάλλουν και στο σχηματισμό περισσότερων νεφών, τα οποία ανάλογα με το είδος τους (πυκνά ή λεπτά) και το ύψος τους να συνεισφέρουν είτε στη θέρμανση είτε στην ψύξη της ατμόσφαιρας.

γ) Ατμοσφαιρική ρύπανση.

Τα αιωρούμενα σωματίδια του ατμοσφαιρικού αέρα που προέρχονται τόσο από φυσικές πηγές όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (ηφαιστειακή στάχτη, σκόνη, καπνός, εκπομπές βιομηχανικών εγκαταστάσεων και οχημάτων), αποτελούν πυρήνες συμπύκνωσης των υδρατμών και συμβάλλουν στο σχηματισμό νεφών. Σε περιοχές όπου η συγκέντρωσή τους είναι ιδιαίτερα αυξημένη, παρατηρείται μείωση των βροχοπτώσεων επομένως και μείωση της διαθεσιμότητας του νερού. Γενικά, τα αιωρούμενα σωματίδια απορροφούν και διαχέουν την ορατή ακτινοβολία συμβάλλοντας αρνητικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

δ) Αντληση αποθεμάτων.

Η παροχή νερού σε παγκόσμιο επίπεδο παραμένει σταθερή αλλά η αύξηση του πληθυσμού, η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και η οικονομική ανάπτυξη έχουν όλο και περισσότερες απαιτήσεις από το περιβάλλον. Η χρήση νερού αυξήθηκε σημαντικά και η αύξηση του πληθυσμού οδηγεί σε χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού αλλά και στην παραγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων αποβλήτων τα οποία υπερφορτώνουν το νερό με τοξικές ουσίες. Οι μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό και η αύξηση των αποβλήτων έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ποσότητα και την ποιότητα του νερού, μειώνουν τα υπάρχοντα αποθέματα και διαταράσσουν τον υδρολογικό κύκλο. (Χαραλάμπους Α, 2007)

9. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

9.1. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

Από τη δεκαετία του 1950, το παγκόσμιο ποσοστό άντλησης νερού από επιφανειακούς και υπόγειους πόρους έχει πενταπλασιασθεί και προβλέπεται το ποσοστό αυτό να διπλασιαστεί τα επόμενα 20 χρόνια. Η κατά κεφαλή κατανάλωση νερού τριπλασιάστηκε, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση παγκοσμίως των αναγκών σε τροφή, βιομηχανικά προϊόντα και οικιακή χρήση. Κατά τη χρήση του νερού αναπόφευκτα παρεμβαίνουμε τόσο στην ποιότητα όσο και στη διαθέσιμη ποσότητά του.

Οι χρήσεις του νερού διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και από χώρα σε χώρα. Κατά μέσο όρο σε παγκόσμιο επίπεδο το 70% περίπου του νερού που αντλείται από επιφανειακά ή υπόγεια αποθέματα κάθε χρόνο χρησιμοποιείται για άρδευση, το 20% περίπου στη βιομηχανία, ενώ το 10% για οικιακή χρήση και ανθρώπινη κατανάλωση. Τα ποσοστά αυτά μπορούν να διαφέρουν σημαντικά από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με την βροχόπτωση, το βαθμό ανάπτυξης και τον πληθυσμό της περιοχής. Μπορεί επίσης να υπάρχουν επιπλέον διακυμάνσεις, που οφείλονται στο γεγονός ότι η κατανομή των υδάτινων πόρων ανά περιοχές είναι άνιση και δεν σχετίζεται με τα δημογραφικά στοιχεία του πληθυσμού ή την οικονομική ανάπτυξη (Σακκάς, 2004).

9.2. ΓΕΩΡΓΙΑ

Η γεωργία απαιτεί το μεγαλύτερο ποσοστό νερού. Οι δυνατότητες για εύρεση και χρήση νέων καλλιεργούμενων περιοχών έχουν μειωθεί επομένως η αύξηση της παραγωγής τροφίμων εξαρτάται από την υπάρχουσα γεωργική γη και η απόδοσή της κατά μεγάλο μέρος από την άρδευση. Στη διάρκεια του περασμένου αιώνα ο πληθυσμός που έπρεπε να τραφεί αυξήθηκε από 1,6 σε περίπου 7 δισεκατομμύρια και η γεωργική χρήση του νερού πενταπλασιάστηκε.

Το νερό αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα για την ανάπτυξη της γεωργίας και είναι απαραίτητο σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των φυτών και σε όλες τις λειτουργίες τους. Οι μεγάλες αυτές ανάγκες πρέπει να καλύπτονται από το διαθέσιμο νερό του εδάφους. Συνήθως το νερό του εδάφους στο βάθος που εκτείνονται οι ρίζες των φυτών δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες των φυτών, τόσο για την φυσιολογική ανάπτυξή τους, όσο και για τη μεγιστοποίηση της απόδοσής τους και η συμπλήρωση του νερού γίνεται με την άρδευση.

Τα φυτά προσλαμβάνουν με τις ρίζες τους το νερό μαζί με τα διαλυμένα σ' αυτό θρεπτικά συστατικά το οποίο κυκλοφορεί στο εσωτερικό των φυτών και που καταλήγει στα φύλλα. Όταν τα στόματα των φύλλων είναι ανοικτά, το νερό με τη μορφή υδρατμών απομακρύνεται στην ατμόσφαιρα (διαπνοή). Μια άλλη ποσότητα νερού χάνεται από την επιφάνεια του εδάφους της καλλιεργούμενης έκτασης με τη διαδικασία της εξάτμισης. Το νερό που απομακρύνεται από την καλλιέργεια με τις διαδικασίες αυτές αποτελεί την εξατμισοδιαπνοή. Το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται και τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα και από το είδος της καλλιέργειας.

Οι διαφορές των φυτών διαφοροποιούν το μέγεθος και το ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής από καλλιέργεια σε καλλιέργεια. Η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμά της όσο και από κλιματικούς παράγοντες, κυριότεροι από τους οποίους είναι η ταχύτητα του ανέμου, η ηλιακή ακτινοβολία, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

Το νερό που χρειάζονται οι καλλιέργειες για την ανάπτυξη και για τη μέγιστη απόδοσή τους προέρχεται από τη βροχή, από την εδαφική υγρασία στο βάθος που φτάνουν οι ρίζες της κάθε καλλιέργειας και από το υπόγειο νερό. Από τη βροχή ένα μέρος του νερού χάνεται με την επιφανειακή απορροή και τη διήθηση βαθιά στο έδαφος. Αυτό που απομένει αποτελεί την ωφέλιμη βροχή η οποία χρησιμοποιείται από τις καλλιέργειες για την κάλυψη των αναγκών τους. Η ωφέλιμη βροχή δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της, από τον τύπο του εδάφους και το είδος της καλλιέργειας. Όταν η βροχή έχει μεγάλο ύψος και ένταση, τότε το ποσοστό της που τελικά αποδίδεται στην καλλιέργεια ως ωφέλιμη βροχή είναι μικρό, αντίθετα το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει το 100%, αν οι βροχές είναι συχνές και μικρού ύψους. Το έδαφος μπορεί να συγκρατεί μια ποσότητα νερού, μετά την απομάκρυνση του νερού με απορροή, συχνά λόγω βροχών ή τήξης του χιονιού η ποσότητα αυτή είναι μεγάλη, αν αυτό γίνει πριν από την έναρξη της βλαστικής περιόδου είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμη από τις καλλιέργειες. Στην κάλυψη των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό συμβάλει και το υπόγειο νερό. Αυτό εξαρτάται από το βάθος που βρίσκεται η υπόγεια στάθμη του και από τα χαρακτηριστικά του υπερκείμενου εδάφους.

Σε περίπτωση που οι παραπάνω πηγές δεν είναι επαρκείς για να καλύψουν την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, για την φυσιολογική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών είναι απαραίτητο να προστεθεί νερό με άρδευση. Έτσι με τη γνώση και τον υπολογισμό όλων των παραπάνω παραμέτρων υπολογίζονται οι καθαρές ανάγκες σε αρδευτικό νερό. Εκτός από τις καθαρές ανάγκες σε νερό που πρέπει να καλυφθούν με άρδευση, πρέπει να υπολογιστούν επιπλέον ποσότητες νερού που πιθανόν θα απολεσθούν κατά τη μεταφορά του.

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες μεθόδων άρδευσης: η επιφανειακή άρδευση (το νερό εφαρμόζεται στην επιφάνεια του χωραφιού είτε ακίνητο, είτε κινούμενο), ο καταιονισμός-τεχνητή βροχή (το αρδευτικό νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια της καλλιεργούμενης έκτασης σαν απομίμηση της βροχής) και η άρδευση με σταγόνες (το νερό παρέχεται σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων σε κάθε φυτό χωριστά, έτσι ώστε να εφοδιάζεται με την απαραίτητη υγρασία). (Βούτσιος Γ, 2000)

9.3. ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Υδατοκαλλιέργειες είναι οι καλλιέργειες υδρόβιων οργανισμών κάτω από συγκεκριμένες και ελεγχόμενες συνθήκες. Ένα από τα χαρακτηριστικά που διακρίνει τις υδατοκαλλιέργειες από άλλες μορφές παραγωγής του υδάτινου περιβάλλοντος, είναι ο βαθμός της ανθρώπινης παρέμβασης στο περιβάλλον, όπου στις υδατοκαλλιέργειες ποικίλει πολύ αλλά είναι σημαντική. Οι υδατοκαλλιέργειες στο νερό είναι η αντίστοιχη μορφή της γεωργίας στη ξηρά, δηλαδή της χειρσαίας φυτικής και ζωικής παραγωγής και ένα κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι και οι δυο δραστηριότητες δεν μπορούν να εφαρμοστούν οικονομικά οπουδήποτε αλλά μόνο σε συγκεκριμένους χώρους.

Οι υδατοκαλλιέργειες χρησιμοποιούνται για πολλούς λόγους, ο πιο σημαντικός αφορά την παραγωγή προϊόντων για τη διατροφή του ανθρώπου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν λάβουμε υπόψη μας ότι οι δυνατότητες της αλιείας για μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή έχουν αγγίξει τα μέγιστα όριά της και το ότι οι ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού της γης γίνονται συνεχώς μεγαλύτερες. Η υψηλή παραγωγικότητα των υδατοκαλλιεργειών και η παραγωγή προϊόντων μεγάλης βιολογικής αξίας και χαμηλού κόστους, καθιστούν σημαντική τη συνεισφορά της στην επίλυση του διατροφικού προβλήματος της ανθρωπότητας. Οι

υδατοκαλλιέργειες εφαρμόζονται σε ένα ευρύ φάσμα ζωικών υδρόβιων οργανισμών, όπως ψαριών, καρκινοειδών, οστρακοειδών καθώς και υδρόβιων φυτικών οργανισμών.

Οι υδρόβιοι οργανισμοί συγκεντρώνουν ιδιαίτερα πλεονεκτήματα ως πηγή τροφίμων για τον άνθρωπο τόσο γιατί τα προϊόντα τους είναι πλούσια σε πρωτεΐνες (η περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες συχνά είναι μεγαλύτερη από αυτή των αγροτικών ζώων) όσο και γιατί η ανάπτυξη τους απαιτεί μικρότερη ενέργεια σε σχέση με τα άλλα αγροτικά ζώα. Από τους ζωικούς υδρόβιους οργανισμούς που αποτελούν αντικείμενο των υδατοκαλλιεργειών, τα ψάρια συγκεντρώνουν τα περισσότερα πλεονεκτήματα, γιατί ανταποκρίνονται καλύτερα στις διατροφικές ανάγκες του ανθρώπου, παρουσιάζουν πολύ ικανοποιητικό ρυθμό ανάπτυξης, το κόστος παραγωγής τους βρίσκεται στο πλαίσιο της σημερινής αξίας των αγαθών και επί πλέον πολλά είδη θεωρούνται εκλεκτή τροφή.

Οι υδρόβιοι οργανισμοί που κρίνεται κατάλληλοι για εκμετάλλευση έχουν τις δικές τους απαιτήσεις σε ότι αφορά το περιβάλλον εκτροφής ή καλλιέργειάς τους. Όμως ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του νερού που αφορούν την καταλληλότητά του για την εκτροφή ή και την καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών, είναι κοινά για πολλούς από τους οργανισμούς αυτούς, συνήθως με διαφορετικές τιμές. Τα χαρακτηριστικά του νερού που μελετώνται για να κρίνουν μια υδάτινη μάζα κατάλληλη για εκτροφή ή καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών είναι η κινητική του κατάσταση, η ποσότητά του, η θερμοκρασία του, το είδος του (θαλάσσιο -γλυκό - υφάλμυρο), η περιεκτικότητά του σε οξυγόνο, το χρώμα και η διαύγεια του, το pH, το CO₂ και η αλκαλικότητα του, τα ιόντα, το χλώριο, η ρύπανση (άλλες ουσίες και βαρέα μέταλλα, θερμική), η μόλυνση και τα θρεπτικά στοιχεία (Αζωτο-Φώσφορος). (Βούτσινογ Γ, 2000)

Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα.

Το ευνοϊκό κλίμα της χώρας μας και η σοβαρή οικονομική ενίσχυση από την Ε.Ε. συνετέλεσαν ώστε οι υδατοκαλλιέργειες να αποτελούν μια πολύ σημαντική δραστηριότητα η οποία έχει εξαπλωθεί σχεδόν σε ολόκληρη τη χώρα. Το 1996 λειτούργησαν περίπου 665 μονάδες υδατοκαλλιεργειών με συνολική παραγωγή 53.220 τόνους σημειώνοντας αύξηση 23,4% έναντι του προηγούμενου έτους, ενώ η συνολική ακαθάριστη αξία των προϊόντων τους αυξήθηκε κατά 35,6%. Η Ελλάδα βρίσκεται στη πρώτη θέση μεταξύ των χωρών της ΕΕ σε παραγωγή ευρύαλων ψαριών (τσιπούρες και λαβράκια) και είναι πρώτη σε ολόκληρη τη Μεσόγειο, η ετήσια παραγωγή τους στη χώρα μας το 1996 ανήλθε σε 24.000 τόνους. Σημαντική υπήρξε η παραγωγή και σε άλλα είδη, ιδιαίτερα στα μύδια, η παραγωγή των οποίων ανήλθε το 1996 σε 26.500 τόνους, ενώ άλλα είδη παρήχθησαν σε μικρότερες ποσότητες. Το ότι οι γνώσεις για τις υδατοκαλλιέργειες συνεχώς αυξάνουν και ο ανταγωνισμός στην αγορά γίνεται εντονότερος, έχουν σαν αποτέλεσμα οι προσπάθειες για την καλλιέργεια νέων ειδών να εντείνονται κι αυτές. Η Ελλάδα παρουσιάζει έλλειμμα σε αλιεύματα και οι υδατοκαλλιέργειες συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση του ισοζυγίου αυτού. (Βούτσινογ Γ, 2000)

9.4. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η βιομηχανία χρησιμοποιεί το νερό περισσότερο από κάθε άλλο υλικό για την παραγωγή αγαθών. Σε παγκόσμιο επίπεδο η βιομηχανία καταναλώνει περίπου το 20% της συνολικής ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται, το ποσοστό αυτό δεν είναι σταθερό και κυμαίνεται ανάλογα με το βαθμό βιομηχανικής ανάπτυξης των διαφόρων περιοχών. Στην Ευρώπη η βιομηχανία καταναλώνει το 55% της συνολικής ζήτησης νερού, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά για τη Βόρεια και Κεντρική Αμερική είναι 42%, για την Αφρική 4%, για την Ασία 8% και για τη

Νότια Αμερική 22%. Η παραγωγή των αγαθών που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή μας ζωή απαιτεί τεράστιες ποσότητες νερού, πχ η παραγωγή 1 κιλού χαρτιού μπορεί να απαιτήσει μέχρι και 700 κιλά νερό, ενώ η παραγωγή ενός τόνου ατσαλιού 280 τόνους.

Η βιομηχανοποίηση των αναπτυσσόμενων χωρών έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνονται ραγδαία οι απαιτήσεις τους σε νερό, για τις βιομηχανίες, για τις μεταλλευτικές επιχειρήσεις και για την κατεργασία πρώτων υλών. Μεγάλη χρήση νερού γίνεται και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αντίθετα η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν απαιτεί την αφαίρεση νερού από ένα ποτάμι ή λίμνη ή άλλο υδατικό απόθεμα.

Στη βιομηχανία μόνο ένα μικρό μέρος νερού καταναλώνεται, οι μεγάλες ποσότητες νερού χρησιμοποιούνται ως μέσον σε άλλα στάδια. Συνηθισμένο παράδειγμα είναι τα εργοστάσια κονσερβοποιίας όπου το νερό χρησιμοποιείται για να καθαρίσει το προϊόν και τις κονσέρβες, να κρυσώσει τους φούρνους, να βράσει το προϊόν, να απομακρύνει τα απόβλητα. Επομένως μόνο ένα μικρό τμήμα του βιομηχανικού νερού καταναλώνεται πλήρως, το περισσότερο είτε ανακυκλώνεται για άλλη χρήση είτε επιστρέφει στη φύση, σε αντίθεση με το νερό που χρησιμοποιείται στη γεωργία που όλο το νερό καταναλώνεται. (Βούτσιος Γ, 2000)

9.5. ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

Για οικιακή χρήση καταναλώνεται καθημερινά το 5-20% του νερού. Η εύκολη πρόσβαση και η αυξημένη χρήση του, κυρίως στον τομέα της προσωπικής υγιεινής, έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς η κατανάλωσή του. Το νερό του σπιτιού είναι καθαρό πόσιμο, όμως το μεγαλύτερο ποσοστό του χρησιμοποιείται για χρήσεις, που δεν απαιτούν καθαρό πόσιμο νερό. Το 40% του νερού απορρίπτεται από την τουαλέτα, το 25% χρησιμοποιείται στο ντους και στο μπάνιο, το 20% στο πλύσιμο των ρούχων και των πιάτων, το 10% στην κουζίνα και το 5% στο καθάρισμα. Στη σημερινή εποχή περίπου 145 λίτρα καταναλώνονται καθημερινά στην τουαλέτα, το μπάνιο, την περιποίηση του σώματος, το πλύσιμο ρούχων ή πιάτων, την καθαριότητα του σπιτιού, το πότισμα των λουλουδιών. Όσο ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο, αλλάζουν οι χρήσεις και οι απαιτήσεις των ανθρώπων για νερό. Αυτό αποδεικνύεται, κυρίως, με την συνεχώς αυξανόμενη οικιακή χρήση νερού, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες χώρες για την προσωπική υγιεινή. Η τάση αυτή αλλάζει μόνο όπου οι πολίτες περιορίζουν τη σπατάλη και επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης νερού.

Η κατανάλωση νερού στο σπίτι ανά άτομο διαφέρει πολύ από χώρα σε χώρα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων κάθε χώρας, στη συντήρηση των δικτύων, αλλά και στην συμπεριφορά των πολιτών. Η οικιακή κατανάλωση του νερού στην Ελλάδα έχει αυξηθεί σημαντικά, πάνω από το 90% των ελληνικών νοικοκυριών έχουν σήμερα πρόσβαση σε δίκτυο ύδρευσης, έναντι 30% τη δεκαετία του '50. Η χρήση νερού για ύδρευση έχει αυξηθεί κατά 45% σε σχέση με το 1980 και αυτή η τάση αυξάνεται. Η αύξηση αυτή συνδέεται κυρίως με την αύξηση της οικοδόμησης, την χρήση σύγχρονων αλλά και πιο υδροβόρων συσκευών (π.χ. πλυντήρια) και σύγχρονων ανέσεων (π.χ. κήποι, μπάνια, πισίνες). Η μεγαλύτερη αστική ζήτηση παρατηρείται στην Αττική, όπου οι απώλειες από διαρροές (δίκτυο, κατοικίες κ.α.) αντιστοιχούν στο 10-40% του μεταφερόμενου νερού. Μια σειρά έργων (φράγμα Μαραθώνα, δέσμευση νερών λίμνης Υλίκης καθώς και ποταμών Μόρνου και Εύηνου) μεταφέρουν στην Αττική περισσότερα από 600 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού το χρόνο. Αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις κατανάλωσης νερού τα έργα αυτά επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες της Αττικής μόνο μέχρι το 2030.

Το νερό είναι ένας φυσικός πόρος με ζωτική σημασία για την επιβίωση των ανθρώπων, όμως δεν έχουν όλοι την ίδια πρόσβαση και ίσα δικαιώματα σε αυτό. Όπως συμβαίνει και με άλλους πολύτιμους φυσικούς πόρους, ο αναπτυσσόμενος κόσμος τους εκμεταλλεύεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα, ενώ ο αναπτυσσόμενος κόσμος αγωνίζεται για την επιβίωση του. Σύμφωνα με πρόσφατη έκθεση της UNESCO, οι άνθρωποι στις αναπτυσσόμενες χώρες καταναλώνουν καθημερινά κατά μέσο όρο περίπου 10 φορές περισσότερο νερό από εκείνους στις αναπτυσσόμενες χώρες. Υπολογίζεται ότι ο μέσος καταναλωτής των αναπτυσσόμενων χωρών χρησιμοποιεί άμεσα ή έμμεσα 500-800 λίτρα ανά ημέρα, έναντι των 60-150 λίτρων ανά ημέρα των αναπτυσσόμενων χωρών. Η κατανάλωση νερού στις μεγάλες πόλεις υπολογίζεται σε 300-600 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα, ενώ στις μικρές πόλεις σε 100-150 λίτρα. Στις αναπτυσσόμενες χώρες στην Ασία, την Αφρική και τη Λατινική Αμερική, η δημόσια κατανάλωση νερού αντιπροσωπεύει τα 50-100 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα. Σε περιοχές με ανεπαρκείς υδάτινους πόρους, αυτός ο αριθμός μπορεί να μην ξεπερνάει τα 10-40 λίτρα ανά ημέρα. (Δίκτυο Μεσόγειος SOS, 2013)

9.6. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μέχρι τα μέσα του 18ου αιώνα η ενέργεια που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος προέρχονταν από τους ανεμόμυλους, τους υδρόμυλους και την καύση των ξύλων. Μετά την κατασκευή των ατμομηχανών χρησιμοποιήθηκαν ως καύσιμα αρχικά ο άνθρακας και στη συνέχεια το πετρέλαιο που οδήγησαν στη βιομηχανική επανάσταση. Η χρήση των μηχανών εσωτερικής καύσης και η ανάπτυξη θερμοηλεκτρικών εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ακολούθησε, έκαναν μεγαλύτερες τις ανάγκες για ορυκτά καύσιμα, κυρίως ως καύσιμα στις μηχανές εσωτερικής καύσης οι οποίες αναπτύχθηκαν από τα τέλη του 19ου αιώνα.

Η καύση των ορυκτών καυσίμων παράγει μεγάλα ποσά ενέργειας, αλλά οι αυξανόμενες ανάγκες των ανθρώπων σε ενέργεια οδηγούν στην εξάντληση των αποθεμάτων τους. Επί πλέον έχουν αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου. Η πιο επιβλαβής επίδραση στο περιβάλλον είναι η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα η οποία έχει ως αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου). Εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, απελευθερώνονται και άλλες επιβλαβείς ουσίες στην ατμόσφαιρα που είναι υπεύθυνες για τον σχηματισμό της όξινης βροχής καθώς και ραδιενεργές ουσίες ουσίες. (http://el.wikipedia.org/wiki/Ορυκτά_καύσιμα)

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ονομάζονται οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιήσαν οι άνθρωποι πριν στραφούν στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ είναι πρακτικά ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον, ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη τεχνολογιών που θα είναι αξιόπιστες και οικονομικά αποδοτικές. (http://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_μορφές_ενέργειας)

Η αντικατάσταση των μορφών ενέργειας που βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα με ΑΠΕ, αποτελεί την μοναδική μακροπρόθεσμη λύση για βιώσιμη διαχείριση της ενέργειας. Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που μπορούν να δεσμεύουν το δυναμικό των ΑΠΕ, ξεκίνησε μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. (Ζερβός Α, 2004)

Η Ε.Ε. έχει αναλάβει σοβαρές πρωτοβουλίες για την προώθηση των τεχνολογιών των ΑΠΕ. Για την Ελλάδα, ως στόχος για το 2010 τέθηκε η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές να καλύπτει την ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 20,1% (Κουτσογιάννης Δ, 2007).

Για κάθε χώρα οι ΑΠΕ αποτελούν εγχώρια πηγή ενέργειας που συνεισφέρουν θετικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα. Συμβάλλουν επίσης στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, αφού ο ενεργειακός τομέας κατά κύριο λόγο ευθύνεται για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και έτσι δεν αντιμετωπίζει ορατό κίνδυνο εξαντλήσεώς της. Παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα με σημαντικότερο ότι δεν ρυπαίνει το περιβάλλον και δεν παράγει απόβλητα ή κατάλοιπα.

Η υδραυλική ενέργεια αξιοποιεί το υδάτινο δυναμικό μιας χώρας. Το νερό στη φύση, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, έχει δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (φράγμα, υδροταμειυτήρας, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια) γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροστροβίλων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας μέσω μετατροπής της σε μηχανική ήταν γνωστή από τους αρχαίους χρόνους με τους νερόμυλους. Η τεχνολογία των νερόμυλων δεν εξελίχθηκε ουσιαστικά μέχρι την εμφάνιση, στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, των πρώτων μηχανών που θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως υδροστρόβιλοι. Τα έργα αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας που κατασκευάστηκαν στις τελευταίες δεκαετίες του 19^{ου} αιώνα ήταν μικρής ισχύος γιατί αυτό επέτρεπαν τα τεχνικά μέσα της εποχής. Σταδιακά, η αύξηση των ενεργειακών αναγκών και τα διαθέσιμων μέσων καθώς και οι τεχνολογικές πρόοδοι, επέτρεψαν την κατασκευή όλο και μεγαλύτερων έργων μετατροπής της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική. Σημαντικός σταθμός στην αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας ήταν η ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού, μία μορφή ενέργειας της οποίας η μεταφορά από την θέση παραγωγής στην θέση της κατανάλωσης είναι σχετικά εύκολη. Έκτοτε το έργο αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας γίνεται Υδροηλεκτρικό, δηλαδή η υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική από τον υδροστρόβιλο και στην συνέχεια σε ηλεκτρική από την ηλεκτρική γεννήτρια που είναι συζευγμένη με αυτόν. (Παπαντώνης Δ, 2007)

9.7. ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑ

Η ζωή γεννήθηκε στο νερό και η σχέση του ανθρώπου με το υγρό στοιχείο παραμένει στενή στο πέρασμα των αιώνων. Το νερό λατρεύτηκε θεϊκά από τα αρχαία χρόνια, καθώς πολλά ποτάμια ήταν οι θεοί των περιοχών τους, λόγω της ζωής που αναπτύσσονταν γύρω τους. Οι πρώτοι ανθρώπινοι οικισμοί κτίστηκαν κοντά σε λίμνες, ενώ όλοι οι μεγάλοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν σε περιοχές με συνεχείς βροχοπτώσεις που ευνοούσαν τη γεωργία ή σε παράκτιες περιοχές ή κοντά σε ποτάμια, λίμνες και πηγές. Ωστόσο, στο υδάτινο περιβάλλον, ο άνθρωπος συνήθισε να αναζητά όχι μόνο την κάλυψη των βιολογικών του αναγκών, αλλά και την απόλαυση στιγμών χαλάρωσης και ψυχαγωγίας, αφού από πολύ παλιά συνειδητοποίησε τη χρησιμότητα και τις δυνατότητες που του παρέχει η θάλασσα στο εμπόριο, στις μεταφορές ή μετακινήσεις, σε νέες ανακαλύψεις, σε νέες κατακτήσεις αλλά και στην ψυχαγωγία του.

Η ύπαρξη λουτρών σε πόλεις της αρχαιότητας και η χρήση τους ως τόπων ατομικής υγιεινής αλλά και συνάντησης, διασκέδασης και ανταλλαγής απόψεων, είναι ενδεικτική της ποικίλης χρησιμότητας του νερού στο κοινωνικό γίγνεσθαι. Στα μεταγενέστερα χρόνια, η εικόνα των λουτρών εξελίσσεται, προσεγγίζοντας σταδιακά αυτή των υδάτινων πάρκων με τη μορφή που είναι γνωστά σήμερα. Στη σύγχρονη εποχή, πολλά αθλήματα και δραστηριότητες πραγματοποιούνται σε υδάτινο περιβάλλον, όπως κολύμβηση, υδατοσφαίριση, καταδύσεις, ιστιοπλοΐα, ράφτινγκ κ.α. (<https://www.iwapublishing.com/news>)

Τα οφέλη από την επαφή με το νερό αξιοποιούνται από τα υδροψυχαγωγικά πάρκα. Γενικά τα ψυχαγωγικά θεματικά πάρκα είναι εγκαταστάσεις ειδικής τουριστικής υποδομής, οι οποίες βρίσκονται σε οριοθετημένες εκτάσεις γης και προσφέρουν στους επισκέπτες ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών ψυχαγωγίας γύρω από έναν ή περισσότερους θεματικούς άξονες. Στην έννοια των θεματικών πάρκων εμπίπτουν και τα υδροψυχαγωγικά πάρκα αν πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές των θεματικών πάρκων. Τα ψυχαγωγικά θεματικά πάρκα μπορούν να περιλαμβάνουν κτιριακές κατασκευές, υπαίθριες εγκαταστάσεις και εξοπλισμό υπαίθριων χώρων, διαμορφώσεις ελεύθερων χώρων, δίκτυα υποδομής, εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης επισκεπτών, βοηθητικές εγκαταστάσεις και ελεύθερους χώρους. Οι χώροι που αποτελούν πόλους έλξης επισκεπτών του θεματικού πάρκου μπορεί να είναι διαδραστικοί χώροι, χώροι εκθέσεων, προβολών, παραστάσεων, θεματικά διαμορφωμένοι υπαίθριοι χώροι, υπαίθρια αμφιθέατρα, ειδικές διαδρομές με οχήματα μεταφοράς προσώπων, αναβατήρες, ενυδρεία, υδροψυχαγωγικές εγκαταστάσεις, κ.λπ. (ΦΕΚ τεύχος 2^ο)

Στα υδροψυχαγωγικά πάρκα πραγματοποιούνται πολλές δραστηριότητες όπως καταδύσεις, παιχνίδια στο νερό και μαθήματα κολύμβησης για μικρά παιδιά με τη συμμετοχή και των γονιών τους. Έτσι πέρα από την κολύμβηση μαθαίνουν από νωρίς να αγαπάνε το νερό, ο δεσμός με τους γονείς ισχυροποιείται και η προσωπικότητά τους αναπτύσσεται καλύτερα αφού αποκτούν θάρρος και εμπιστοσύνη στον εαυτό τους, ταυτόχρονα γίνονται πιο κοινωνικά και πιο έξυπνα.

Η ιστιοπλοΐα είναι άθλημα που η εξάπλωση του στις τελευταίες δεκαετίες είναι τρομακτική. Είναι συναρπαστικό και ένα από τα ωραιότερα που υπάρχουν, γιατί συνδυάζει τη γοητεία της θάλασσας με τις ικανότητες των αθλητών, που πρέπει να είναι πολύ καλά γυμνασμένοι. Ταυτόχρονα η ιστιοπλοΐα εξαπλώνεται όλο και περισσότερο σε όλους τους ανθρώπους, αφού μας δίνει τη δυνατότητα να έρθουμε σε επαφή με τη θάλασσα που θα μας χαρίσει στιγμές ηρεμίας, που θα μας βοηθήσει να γνωρίσουμε νέους τόπους. Είναι ένας τρόπος για να κάνουμε τις διακοπές μας, τελείως ανεξάρτητοι και ελεύθεροι στις επιλογές του ταξιδιού μας. Μπορούμε να δούμε τα νησιά μας από μια άλλη οπτική γωνία και να επισκεφτούμε μέρη απρόσιτα από οποιοδήποτε άλλο μέσο. Ιδιαίτερα οι Ελληνικές θάλασσες με τα χιλιάδες νησιά τους, προσφέρονται, λόγω των καιρικών συνθηκών και της διαμόρφωσης των ακτών, για ιστιοπλοΐα όσο κανένα άλλο μέρος στον κόσμο. (<https://el.wikipedia.org/wiki/ιστιοπλοΐα>)

Το κανό είναι στενόμακρο πλοiάριο από κορμό δέντρου, που κινείται με κουπί ή και με πανιά. Τα κανό χρησιμοποιούνταν κυρίως στο παρελθόν για τις μετακινήσεις σε ήρεμες θάλασσες, ποταμούς, λίμνες, χρησιμοποιούνται όμως ακόμη και σήμερα από τους ιθαγενείς της Αμερικής, της Αφρικής και της Ωκεανίας για τον ίδιο λόγο. Στη σημερινή εποχή χρησιμοποιούνται κυρίως για αναψυχή σε θαλάσσια σπορ αλλά και για την μετακίνηση κατά μήκος ποταμών επειδή δεν υπάρχει άλλος τρόπος επίσκεψής τους και επειδή έτσι ερχόμαστε σε άμεση επαφή με την ομορφιά του φυσικού περιβάλλοντος.

10. ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ- ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

10.1. ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΑΓΑΘΟ

Το νερό είναι καθοριστικό για τη διατήρηση της ζωής στη Γη. Έχει ζωτική σημασία για τα οικοσυστήματα και καλύπτει βασικές ανάγκες του ανθρώπου, αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την ανάπτυξη στην βιομηχανία, τη γεωργία, την αλιεία, την παραγωγή ενέργειας και τον τουρισμό. Το νερό δεν είναι ανεξάντλητος πόρος. Η φαινομενική αφθονία του έχει σαν αποτέλεσμα να αντιμετωπίζεται ως δεδομένο αγαθό που παρέχεται δωρεάν ή με μικρό κόστος, με αποτέλεσμα την αλόγιστη χρήση και την ρύπανση του.

Η σημασία του νερού έγκειται στις πολλαπλές αξίες, χρήσεις και λειτουργίες του, όμως η οικονομική του αξία έχει επισκιάσει τις υπόλοιπες, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζεται όλο και πιο συχνά ως αγαθό. Όμως το νερό είναι ένας φυσικός πόρος και στα πλαίσια της ορθής διαχείρισής του πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι τρεις διαστάσεις του, η κοινωνική, η οικονομική και η περιβαλλοντική.

Το νερό ως κοινωνικό αγαθό: Η εξασφάλιση επαρκούς και καλής ποιότητας νερού είναι απαραίτητη προϋπόθεση για όλες τις βασικές ανάγκες επιβίωσης του ανθρώπου, όπως η πόση, το μαγείρεμα, η προσωπική και οικιακή υγιεινή, η πρόληψη της αφυδάτωσης και η μείωση των υδατογενών ασθενειών. Όλοι οι άνθρωποι έχουν δικαίωμα στην πρόσβαση σε καθαρό νερό, δικαίωμα το οποίο έχει κατοχυρωθεί τόσο από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, όσο και από τα Ηνωμένα Έθνη. Το ανθρώπινο δικαίωμα στο νερό αναφέρεται στη διασφάλιση επαρκούς ποσότητας ασφαλούς και φυσικά οικονομικά προσιτού σε όλους.

Το νερό ως οικονομικό αγαθό: Το νερό είναι απαραίτητο στοιχείο για όλους τους τομείς της βιομηχανικής παραγωγής ως πρώτη ύλη και ως μέσο για την επίτευξη διάφορων βασικών βιομηχανικών λειτουργιών. Το ίδιο φυσικά ισχύει και για τη γεωργία και την κτηνοτροφία, το νερό είναι απαραίτητο για την παραγωγή τροφής και τη γεωργική ανάπτυξη. Η οικονομική σημασία του νερού επεκτείνεται και σε ευρεία κλίμακα άλλων οικονομικών δραστηριοτήτων.

Το νερό ως περιβαλλοντικό στοιχείο: Το νερό καλύπτει το 70% του πλανήτη μας και έχει ζωτική σημασία για όλα τα οικοσυστήματα, τα οποία συντηρούν το σύνολο της χλωρίδας και της πανίδας του. Τα υπόγεια νερά, οι λίμνες, τα ποτάμια, οι θάλασσες, οι ωκεανοί και οι υγρότοποι είναι περιβάλλοντα τα οποία πρέπει να βρίσκονται σε καλή κατάσταση για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας, επί πλέον οι υγρότοποι στο σύνολό τους συμβάλλουν στη διαμόρφωση του παγκόσμιου κλίματος και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας από τον πιο μικρό ως τον μεγαλύτερο οργανισμό.

Παρά τις πολλαπλές σημασίες του νερού και την ανταγωνιστική - συνήθως - μεταξύ τους χρήση, η πραγματική αξία του νερού συνίσταται και στις τρεις διαστάσεις του. Το νερό δεν μπορεί να αντιμετωπίζεται ως κοινωνικό αγαθό που πρέπει να παρέχεται δωρεάν, ούτε ως χαμηλής αξίας ανανεώσιμος φυσικός πόρος, αφού αυτή η προσέγγιση οδηγεί στη σπατάλη και στην περιβαλλοντικά καταστροφική διαχείριση του. Το νερό πρέπει να αξιολογείται και να κοστολογείται ανάλογα με τη χρήση του, όταν προορίζεται για ύδρευση πρέπει να αντιμετωπίζεται ως κοινωνικό αγαθό, όταν πρόκειται για την συντήρηση της ζωής στη φύση πρέπει να αντιμετωπίζεται ως προστατευόμενο περιβαλλοντικό αγαθό και όταν προορίζεται για

αναπτυξιακές και οικονομικές δραστηριότητες πρέπει να αντιμετωπίζεται ως οικονομικό αγαθό, με στόχο την προστασία και την εξοικονόμηση του. (Φράγκου Μ-Χ, Καλλής Γ, 2010)

10.2. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΙΣΗ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Ο άνθρωπος στο μεγαλύτερο μέρος της ιστορίας του ήταν κυνηγός και τροφοσυλλέκτης, ενώ μόλις τα τελευταία περίπου 10 χιλιάδες χρόνια ανακάλυψε πώς να καλλιεργεί τη γη και να εξημερώνει ζώα. Η γεωργική επανάσταση πιθανότητα ξεκίνησε στους λόφους βόρεια της Μεσοποταμίας και από εκεί εξαπλώθηκε στην περιοχή του Νείλου και ως τις κοιλάδες του Ινδού ποταμού. Κατά τη διάρκεια της γεωργικής επανάστασης, η νομαδική ζωή αντικαταστάθηκε από την εγκατάσταση των ανθρώπων σε μόνιμους οικισμούς. Πριν από 6000 με 7000 χρόνια, τα αγροτικά χωριά της Εγγύς Ανατολής και της Μέσης Ανατολής έγιναν πόλεις. Οι ανάγκες της γεωργίας (άρδευση) οδήγησαν κατά τη Νεολιθική εποχή (περίπου 5700-2800 π.Χ.), στις πρώτες επιτυχημένες προσπάθειες για τον έλεγχο της ροής του νερού και εφαρμόστηκαν στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο, όπου υπάρχουν ακόμη υπολείμματα των προϊστορικών αρδευτικών καναλιών. Αστικά υδραυλικά συστήματα άρχισαν να αναπτύσσονται στην Εποχή του Χαλκού και ιδιαίτερα στα μέσα της τρίτης χιλιετίας π.Χ., στην ευρύτερη περιοχή που εκτείνεται από την Ινδία έως την Αίγυπτο (Mays et al, 2007).

Την ίδια χρονική περίοδο προηγμένες τεχνολογίες αναπτύχθηκαν στην Ελλάδα, κυρίως στην Κρήτη, όπου ανθούσε ο Μινωικός πολιτισμός. Σε αυτές τις τεχνολογίες περιλαμβάνονται η κατασκευή και η χρήση υδραγωγείων, στέρνες, πηγάδια, βρύσες, λουτρά, από τις οποίες διαπιστώνεται ότι τα πρότυπα του τρόπου ζωής ήταν κοντά στα σημερινά (Tasios, 2007).

Κατά την αρχαϊκή περίοδο και τους κλασικούς χρόνους του ελληνικού πολιτισμού, κατασκευάστηκαν υδραγωγεία, στέρνες και πηγάδια που χτίστηκαν με παρόμοιο τρόπο με τα μινωικά και τα μυκηναϊκά. Η επιστημονική και η μηχανική πρόοδος κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου επέτρεψε την κατασκευή πιο εξελιγμένων δομών. Σε αυτήν την περίοδο χρονολογείται η κατασκευή του πρώτου τούνελ στην ιστορία, που είναι το Ευπαλίνειο Όρυγμα (530 π.Χ.) στη Σάμο, το οποίο είχε σκαφτεί από δύο ανοίγματα με δύο γραμμές της κατασκευής που συναντιόνταν περίπου στο μέσο της απόστασης. Η κατασκευή της σήραγγας, η οποία εξυπηρέτησε την ύδρευση της Σάμου, κατέστη δυνατή με την πρόοδο στη γεωμετρία και τη γεωδαισία που ήταν αναγκαία για την ένωση των δύο ανεξάρτητων γραμμών της κατασκευής (Κουτσογιάννης et al., 2007a).

Υπάρχουν πολλά άλλα γνωστά υδραγωγεία σε ελληνικές πόλεις αφού η παροχή νερού θεωρήθηκε ως σημαντική και απαραίτητη υποδομή για κάθε πόλη. Τα υδραγωγεία ήταν πάντα υπόγεια, είτε τούνελ ή τάφροι. Στην είσοδο της πόλης, τα υδραγωγεία διακλαδώνονταν και τροφοδοτούσαν δεξαμενές και δημόσιες κρήνες. Το νερό που μεταφέρονταν από υδραγωγεία συνήθως προέρχονταν από πηγές. Η ύπαρξη φυσικών πηγών ήταν ένα απόλυτο κριτήριο για την επιλογή μιας περιοχής για εγκατάσταση. Η Ακρόπολη στην Αθήνα που αποτέλεσε το επίκεντρο του οικισμού των πρώτων χρόνων, παρείχε αμυντικές δυνατότητες και επί πλέον διέθετε υδροφόρο ορίζοντα και μία πηγή, την «Κλειψύδρα». Με την εντατικοποίηση της αστικής ανάπτυξης και της αύξησης του πληθυσμού, οι φυσικές πηγές δεν θα μπορούσαν να καλύψουν τη ζήτηση νερού (Tasios, 2007).

Η αύξηση του ελλείμματος του νερού αντιμετωπίστηκε με μεταφορά νερού από μακρινές πηγές από υδραγωγεία, πηγάδια και κατασκευή δεξαμενών για τα όμβρια ύδατα. Στην Αθήνα όλες οι εναλλακτικές λύσεις συνυπήρχαν: το υδραγωγείο Πεισίστρατου που κατασκευάστηκε στα τέλη

του βου αιώνα π.Χ. συνοδεύτηκε με μια πληθώρα από πηγάδια και δεξαμενές. Αλλά η διαχείριση ενός τέτοιου συστήματος δεν ήταν εύκολη και για αυτό, προέκυψε η ανάγκη για μια συνετή και αποτελεσματική διαχείριση. Στην Αθήνα αυτό επιτεύχθηκε μέσω νομοθετικών και θεσμικών εργαλείων. (Koutsoyiannis et al., 2008).

Οι τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν στην Ελλάδα μεταφέρθηκαν στις ελληνικές αποικίες στα ανατολικά στην Μικρά Ασία αλλά και στα δυτικά στην ιταλική χερσόνησο, τη Σικελία και άλλες μεσογειακές περιοχές. Εξαιρετικό παράδειγμα αποτελεί η ίδρυση των Συρακουσών στη Σικελία ως αποικία της Κορίνθου το 734 π.Χ.. Ανάμεσα στα στοιχεία που μεταφέρθηκαν από τον Κορινθιακό πολιτισμό, όπως η γλώσσα, η θρησκεία και η γεωργία, ήταν και η διαχείριση του νερού. Η μεταφορά της γνώσης σχετικά με τη διαχείριση του νερού διευκολύνθηκε από την ομοιότητα της γεωλογίας και του κλίματος μεταξύ των δύο χώρων. Από τον 8ο έως τον 1ο αιώνα π.Χ. η γνώση για τον εντοπισμό και τη συλλογή νερού συνδυάστηκε με την αύξηση της γνώσης για τη μεταφορά τόσο πόσιμου όσο και χρησιμοποιημένου νερού. Η γεωλογία της περιοχής, με τα παλαιά και νεότερα στρώματα ασβεστόλιθου πάνω από πηλό, δημιούργησαν μια αφθονία νερού. Η παροχή νερού προήλθε από επιφανειακά και υπόγεια ανοίγματα στον ασβεστόλιθο, ιδίως όπου βρίσκονταν πάνω από αδιαπέραστα στρώματα. (Crouch, 1993).

Οι δομές του νερού των Συρακουσών που κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια της ελληνικής περιόδου επεκτάθηκαν κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους. Οι Ρωμαίοι ανέπτυξαν δεξιότητες υψηλής μηχανικής και επέκτειναν αυτές τις τεχνολογίες για έργα μεγάλης κλίμακας σε όλη την αυτοκρατορία τους. Μετά την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, παρατηρήθηκε μια οπισθοδρόμηση ως προς τις έννοιες της επιστήμης και της τεχνολογίας που σχετίζονται με τους υδάτινους πόρους. Τα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης του νερού και της δημόσιας υγείας μειώθηκαν στην Ευρώπη. (Mays et al, 2007).

Οι αιώνες του Μεσαίωνα είναι περίοδος με ιδιαίτερα ανθυγιεινές συνθήκες, με μολυσμένο νερό και απόβλητα ανθρώπων και ζώων στους δρόμους, αλλά και λύματα που τα πετούσαν έξω από τα παράθυρα. Είναι μια περίοδος όπου οι επιδημίες ρημάζουν την Ευρώπη (Gray, 1940). Την ίδια περίοδο, αρκετές περιοχές στην Ελλάδα και τη Μικρά Ασία διατηρούσαν υψηλό επίπεδο πολιτισμού, ενώ σε ισλαμικούς πολιτισμούς τηρούνταν υψηλά επίπεδα προσωπικής υγιεινής, μαζί με ιδιαίτερα ανεπτυγμένες εγκαταστάσεις ύδρευσης και επαρκή συστήματα αποχέτευσης. Η Ευρώπη απέκτησε και πάλι υψηλά πρότυπα της ύδρευσης και αποχέτευσης μόλις κατά τον 19ο αιώνα. (Mays et al, 2007).

10.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΚΡΙΣΕΩΝ

Οι περισσότερες συγκρούσεις μεταξύ των χωρών αφορούν κάποιο είδος πόρων που είναι σημαντικοί και σπάνιοι, εφόσον και το έδαφος προσμετράται ως πόρος (Vasquez, 1995). Μετά το τέλος του Ψυχρού Πολέμου, ορισμένοι μελετητές όπως ο Klare, υποστηρίζουν ότι ο ανταγωνισμός για την πρόσβαση σε «ζωτικούς» πόρους αναδεικνύεται σε καθοριστικό παράγοντα των διεθνών σχέσεων. Ως προς το νερό, ο κίνδυνος του διεθνούς ανταγωνισμού για επαρκείς υδάτινους πόρους θα αυξηθεί αναπόφευκτα (Klare, 2001a). Η επικείμενη απειλή πολέμων για το νερό αποτελεί πλέον κοινή παραδοχή τόσο στην ακαδημαϊκή γραμματεία όσο και στη δημοσιογραφική γραφή, καθώς και στην πολιτική ρητορική (Iraní, 1991, Starr, 1991).

Το 1967, λίγο πριν από τον Πόλεμο μεταξύ του Ισραήλ και των Αράβων, ο Πρωθυπουργός Levi Eshkol δήλωσε ότι «το νερό είναι ένα ζήτημα επιβίωσης για το Ισραήλ» και ως εκ τούτου «το Ισραήλ θα χρησιμοποιήσει όλα τα μέσα που είναι αναγκαία για να εξασφαλίσει ότι το νερό θα

συνεχίζει να ρέει». Στα μέσα της δεκαετίας του 1980, σύμφωνα με πόρισμα των υπηρεσιών πληροφοριών των ΗΠΑ εκτιμήθηκε ότι υπήρχαν τουλάχιστον 10 μέρη στον κόσμο όπου θα μπορούσε να ξεσπάσει πόλεμος λόγω της μείωσης του νερού» (Starr, 1991). Στην Παγκόσμια Διάσκεψη για το Νερό στη Στοκχόλμη το 2004, διατυπώθηκαν έντονες ανησυχίες για την αυξανόμενη απειλή συγκρούσεων για το νερό (McLoughlin, 2004).

Σε σχετική έκδοση του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον σημειώνεται ότι, με την ισχύουσα αύξηση της κατανάλωσης νερού η οποία υπερβαίνει την πληθυσμιακή αύξηση, εκτιμάται ότι έως το 2025 τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζουν υπό συνθήκες πίεσης ως προς το νερό, ενώ παράλληλα, η σπανιότητα του καθαρού νερού και η ρύπανσή του, έχουν πλέον αναδειχθεί ως τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα του πλανήτη μετά την κλιματική αλλαγή (UNEP, 1999).

Στη σύγχρονη εποχή το ζήτημα της περιβαλλοντικής ασφάλειας αφορά συνολικά την ανθρώπινη ασφάλεια. Ιστορικά φαίνεται ότι η έλλειψη καθαρού γλυκού νερού οδηγεί σε πολιτική αστάθεια και σε οξεία βία, καθώς όσο η ποσότητα του νερού μειώνεται η πολιτική αστάθεια σε μια περιοχή μεγαλώνει. Το μοναδικό ίσως καταγεγραμμένο περιστατικό πολέμου με αντικείμενο διένεξης το νερό, σημειώνεται 4.500 χρόνια πριν ανάμεσα σε δύο πόλεις-κράτη της Μεσοποταμίας στην περιοχή του νότιου Ιράκ (Wolf, 2003). Αντίθετα, μεταξύ των ετών 805 και 1984, έχουν υπογραφεί μεταξύ των χωρών περισσότερες από 3600 συνθήκες που σχετίζονται με το νερό, σε πολλές από τις οποίες φαίνεται μια πρόθεση συνεργασίας για την αντιμετώπιση αυτού του κρίσιμου πόρου (Wolf, 1998).

Από μια θετική οπτική γωνία, τα κοινά συμφέροντα, η ανθρώπινη δημιουργικότητα και οι θεσμικές δυνατότητες κατά μήκος μιας υδάτινης οδού φαίνεται να βελτιώνουν και να αντικαθιστούν τις περιπτώσεις των συγκρούσεων που προκαλούνται για το νερό. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι αν έχει επιτευχθεί συνεργασία χωρών μέσω αντίστοιχων Συνθηκών, αποδεικνύεται μάλλον ανθεκτική στην πάροδο του χρόνου, ακόμη και όταν πρόκειται για κατά τα άλλα εχθρική αντιμετώπιση των κατοίκων των παρόχθιων περιοχών ή ακόμη και όταν επικρατούν συγκρούσεις αναφορικά με άλλα θέματα (Zeitoun & Mirumachi, 2008). Έτσι, φαίνεται τελικά ότι το ιστορικό συνεργασίας μεταξύ των χωρών για το νερό, υπερτερεί των καταγραφών οξείων συγκρούσεων επί των διεθνών υδάτινων πόρων (Yoffe et al, 2003).

Με τη σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να υποστηριχθεί ότι υπάρχει αρκετό νερό, εφόσον υπάρχει και συνεργασία μεταξύ των κρατών. Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για τη συνεργασία είναι οι διαπραγματεύσεις, κάτι που οι ειδικοί αποκαλούν υπερτασόμενες αξίες. Πρόκειται για αξίες, πέρα από τις άμεσες ωφελμιστικές αξίες με τις οποίες ταυτίζονται ανταγωνιστικά πολιτικά κόμματα. Αναζωπυρώνοντας τέτοιες αξίες όπως η αίσθηση του ιερού στο νερό, μπορεί να διευκολυνθεί η εποικοδομητική συζήτηση σχετικά με τη συνεργασία για το νερό σε υψηλότερα επίπεδα και ως εκ τούτου να επηρεαστεί η ικανότητα να φτάσει η συνεργασία και στη διαχείριση της σύγκρουσης (Prisco, 2009).

11. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

11.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ - ΚΥΡΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ρύπανση του νερού ορίζεται κάθε φυσική, χημική ή βιολογική μεταβολή που το καθιστά ακατάλληλο για τους οργανισμούς οι οποίοι ζουν σ' αυτό ή το χρησιμοποιούν. Μεταβολές στην ποιότητα του νερού οι οποίες το καθιστούν ακατάλληλο για τους οργανισμούς προκαλούνται με διάφορους τρόπους. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η ρύπανση του νερού ξεκινά από την αστική και τη βιομηχανική δραστηριότητα της ξηράς και καταλήγει στις θάλασσες, στους ποταμούς και στις λίμνες. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Ν. 3199/2003 - ΦΕΚ Α' 280/9.12.2003), ρύπανση είναι η εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας από τον άνθρωπο στο περιβάλλον -άμεσα ή έμμεσα- προκαλώντας σε αυτό βλαβερές επιπτώσεις τέτοιας φύσεως, ώστε να κινδυνεύει η ανθρώπινη υγεία, να βλάπτονται οι ζωντανοί πόροι και τα οικοσυστήματα και να ελαττώνεται η αξία ή να μειώνονται οι ανέσεις των τόπων διαμονής και άλλες λογικές χρήσεις του περιβάλλοντος.

Το νερό, μετά τον αέρα, αποτελεί το πλέον αναντικατάστατο φυσικό αγαθό. Η ρύπανση του νερού, παρακολουθεί την ιστορία του ανθρώπου από τότε που τα λύματα των πρώτων οικισμών του απελευθερώνονταν στα γειτονικά ποτάμια, τις λίμνες και τις θάλασσες. Πολύ αργότερα η συγκέντρωση των πληθυσμών στις ανεγειρόμενες πόλεις αύξησε την ποσότητα των λυμάτων που παράγονταν από τους κατοίκους τους και προσέθεσε στους ήδη υπάρχοντες ρύπους τις τοξικές ουσίες και τα παραπροϊόντα των χημικών κατεργασιών όπως αυτά της βυρσοδεψίας και της μεταλλουργίας. (Αδαμαντιάδου Σ., 2015)

Η ρύπανση του περιβάλλοντος, αλλά και η ρύπανση των υδάτων ειδικότερα, απασχολούν την επιστημονική κοινότητα αρκετές δεκαετίες. Η χημική ρύπανση του νερού, επειδή οφείλεται στην ανθρώπινη, αγροτική και βιομηχανική δραστηριότητα, απασχολεί τις αναπτυγμένες χώρες κυρίως, αντίθετα η ρύπανση των υδάτων από μικροοργανισμούς απαντάται συνήθως στις υποανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες. (Αντωνόπουλος, 2008).

Ρύπανση των υδάτων διαπιστώνεται, όταν αυτά δε χαρακτηρίζονται από πλήρη καθαρότητα. Οι απαιτήσεις για καθαρότητα του νερού κάθε χρήσης του, διαφέρουν. Έτσι, για το πόσιμο νερό ανθρώπινης χρήσης, η απαίτηση για καθαρότητα είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι είναι για τη χρήση του νερού για άρδευση ή για τη βιομηχανία κ.λπ. Γι' αυτό, το νερό που θεωρείται ακατάλληλο για κάποια χρήση μπορεί να είναι κατάλληλο για άλλου είδους χρήσεις. Στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες, η ρύπανση των υδάτων έχει λάβει τεράστιες διαστάσεις. Για παράδειγμα, η ρύπανση των υδάτων των Μεγάλων Λιμνών της Β. Αμερικής, από τεράστιες ποσότητες αμμωνίας και άλλων βλαβερών ουσιών, έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον της διεθνούς κοινής γνώμης και της επιστημονικής κοινότητας, λόγω της τεράστιας ποσότητας νερού που έχει υποστεί ρύπανση και του σοβαρού βαθμού της ρύπανσης αυτής. Οι Λίμνες αυτές αποτελούν, στο σύνολο τους, τη μεγαλύτερη δεξαμενή γλυκού νερού στη Γη. Περιέχουν το 20% της παγκόσμιας ποσότητας γλυκού νερού και τροφοδοτούν με νερό περιοχές που εμφανίζουν μεγάλες πληθυσμιακές και βιομηχανικές συγκεντρώσεις. Η λίμνη Βαϊκάλη στη Ρωσία, η οποία αποτελεί τη μεγαλύτερη λίμνη με γλυκό νερό στον πλανήτη, έχει υποστεί ανάλογο βαθμού ρύπανση, όπως και άλλες λίμνες και μεγάλοι ποταμοί της Γης (Αμαζόνιος, Γάγγης, Βόλγας, Ρήνος, Δούναβης κ.ά.).

Οι θάλασσες επίσης αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ρύπανσης, σε μερικές περιπτώσεις το πρόβλημα είναι οξύτατο λόγω της διαρροής μεγάλων ποσοτήτων αργού πετρελαίου από

δεξαμενόπλοια, όμως οικολογική καταστροφή δεν προκαλείται μόνο από το αργό πετρέλαιο. Οι τεράστιες ποσότητες ακάθαρτων υδάτων που μεταφέρουν οι ποταμοί στις θάλασσες, τα αστικά λύματα που χύνονται από τα αποχετευτικά συστήματα χωρίς επαρκή επεξεργασία, τα απορρίμματα που καταλήγουν στα νερά, ρυπαίνουν τις θάλασσες, θανατώνουν την υδρόβια ζωή και καθιστούν το νερό ακατάλληλο για κολύμβηση. Πολλές κλειστές θάλασσες και κόλποι κινδυνεύουν τα τελευταία χρόνια από τη ρύπανση (π.χ. Μεσόγειος Θάλασσα, Περσικός Κόλπος, Κόλπος του Μεξικού, Βαλτική Θάλασσα κ.α.). (Κατσούλης Β, 2009)

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη ποιότητα των φυσικών νερών είναι οι βιομηχανικές, οι αστικές (συγκοινωνίες, θέρμανση, απορρίμματα, αστικά λύματα) και οι γεωργικές (λιπάσματα, παρασιτοκτόνα, κ.α.). Η εισαγωγή βιομηχανικών, αστικών και γεωργικών αποβλήτων προκαλεί σοβαρά προβλήματα στους υδάτινους αποδέκτες. Τα αστικά λύματα, για παράδειγμα, αυξάνουν την περιεκτικότητα των φυσικών νερών σε διαλυμένες και αιωρούμενες ανόργανες και οργανικές ουσίες. Αύξηση της περιεκτικότητας διαλυμένων αλάτων σε διαφορετικές αναλογίες επιφέρουν και τα νερά άρδευσης. Επιπλέον, τα αστικά, βιομηχανικά και γεωργικά υγρά απόβλητα περιέχουν μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων, οι επιπτώσεις από την εισαγωγή περίσσειας οργανικής ύλης είναι πολλές και διαφορετικής μορφής. Οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ενώσεις απομακρύνονται σε σταθμούς κατεργασίας λυμάτων ή αποικοδομούνται από τους οργανισμούς. Η αραίωση των λυμάτων από τον φυσικό αποδέκτη είναι σημαντική, χωρίς αραίωση, το πλεόνασμα συνήθως δεν μπορεί να καταναλωθεί, αλλά ακόμα και στην περίπτωση που αυτό συμβεί οι οργανισμοί καταναλώνουν για την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης αυξημένες ποσότητες οξυγόνου, διαταράσσοντας έτσι την ισορροπία του συστήματος, αφού το οξυγόνο δεν προλαβαίνει να αντικατασταθεί φυσιολογικά από την ατμόσφαιρα. Σε περίπτωση έλλειψης οξυγόνου, αναστέλλονται οι αερόβιες διεργασίες και επικρατούν οι αναερόβιες με αρνητικές συνέπειες για τα υδάτινα οικοσυστήματα.

Οι επιπτώσεις από την παρουσία μη βιοαποικοδομήσιμων οργανικών ενώσεων στο νερό εξαρτώνται από τη φύση των ενώσεων. Για παράδειγμα, οι τοξικές οργανικές ενώσεις μεταβάλλουν ή διακόπτουν βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στα φυσικά νερά. Άλλες προσδίδουν δυσάρεστη γεύση και οσμή ή έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία., ενώ άλλες μπορεί να αντιδράσουν με τα χημικά αποστείρωσης και να παραχθούν νέες ενώσεις (π.χ. οργανοχλωριωμένες), οι οποίες προκαλούν κινδύνους στη υγεία.

Τα φυσικά νερά περιέχουν μικροοργανισμούς, ακόμα και το νερό που έχει απολυμανθεί περιέχει μικροοργανισμούς. Ο σημαντικός ρόλος των μικροοργανισμών στα υδατικά οικοσυστήματα συνδέεται με τους μετασχηματισμούς που καταλύουν. Οι δραστηριότητες αυτές διακρίνονται σε αυτές που παράγουν χημική ενέργεια (καταβολισμός) και σε αυτές στις οποίες ο οργανισμός δαπανά ενέργεια (αναβολισμός) και είναι πολυάριθμες. Η φωτοσύνθεση είναι αντίδραση που πραγματοποιείται με τη συμμετοχή μικροοργανισμών που δεσμεύουν ηλιακή ενέργεια και κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα ανάγεται σε οργανική ύλη από το νερό, με την παραγωγή οξυγόνου, επομένως συντελεί στη παρουσία της περισσότερης οργανικής ύλης στη γη και στα φυσικά νερά και επηρεάζει την ποιότητα των νερών. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί καταναλώνουν τον ανόργανο άνθρακα στα υδατικά διαλύματα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αλκαλικότητα και να αυξάνεται το pH στα φυσικά νερά που αναπτύσσονται. Με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης παράγεται οξυγόνο, έτσι σε νερά όπου παρατηρείται αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, επικρατούν αερόβιες συνθήκες.

Άλλες αντιδράσεις παραγωγής ενέργειας από μικροοργανισμούς είναι η αναγωγή νιτρικών σε αμμωνία, η αναγωγή των θεικών σε θειώδη και η αναγωγή του CO₂ σε μεθάνιο. Οι αντιδράσεις αυτές έχουν σοβαρές επιπτώσεις στη σύσταση των νερών επειδή τα μόρια που σχηματίζονται μετέχουν και σε πολλές άλλες αντιδράσεις. Για παράδειγμα, τα θειώδη ενώνονται με μεταλλικά ιόντα και καταβυθίζονται, με αποτέλεσμα η βακτηριακή αναγωγή των θεικών σε θειώδη να συνοδεύεται από μείωση της περιεκτικότητας των βαρέων μετάλλων σε ένα υδατικό σύστημα.

Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί καταναλώνουν τον ανόργανο άνθρακα από τα υδατικά συστήματα και παράγουν οργανικές ενώσεις. Οι ετερότροφοι οργανισμοί χρησιμοποιούν αυτές τις οργανικές ενώσεις για την ανάπτυξή τους και έτσι μειώνουν τη συγκέντρωση της οργανικής ύλης. Η σύνθεση όμως κυτταρικής ύλης, εκτός από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο απαιτεί και στοιχεία όπως άζωτο, φώσφορο και κάλιο, επομένως η ανάπτυξη οργανισμών στα φυσικά νερά μεταβάλλει τη συγκέντρωση αυτών των θρεπτικών συστατικών. Η ανάπτυξη άλγεων σε φυσικά νερά με μεγάλη παραγωγικότητα έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του αζώτου και φωσφόρου. Πολλές φορές, οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών όπως αζώτου (NH₄⁺, NO₃⁻) και φωσφόρου (PO₄³⁻) καθορίζουν την ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών.

Οι ανθρωπογενείς και κυρίως οι βιομηχανικές δραστηριότητες προκαλούν αύξηση της οξύτητας της ατμόσφαιρας και των συμπυκνώσεων που έρχονται σε επαφή με αυτή. Το νερό με αυξημένη οξύτητα (όξινη βροχή) έχει μεγαλύτερη διαλυτική ικανότητα από το νερό που προέρχεται από καθαρή ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την αύξηση της περιεκτικότητας των επιφανειακών νερών σε άλατα. Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί σε λίμνες των Σκανδιναβικών χωρών (από τις εκπομπές ρύπων της κεντρικής Ευρώπης που κατευθύνονται βόρεια) και του Καναδά (από βιομηχανικές εκπομπές των ΗΠΑ που κατευθύνονται στον Καναδά) (Χαραλάμπους Α, 2007)

11.2. ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Πηγή ρύπανσης των υδάτων (Εικόνα 11.1) θεωρείται ο χώρος στον οποίο παράγονται οι ρύποι που εκβάλλονται στο υδάτινο περιβάλλον και το ρυπαίνουν. Οι βασικές πηγές ρύπανσης είναι:

- Το αργό πετρέλαιο και τα παράγωγά του, μετά από ατυχήματα.
- Τα αστικά και οικιακά λύματα των αποχετεύσεων.
- Τα νερά των ποταμών που μεταφέρουν απορρίμματα (αποστραγγίσματα χωματερών, γεωργικά φάρμακα, εντομοκτόνα και λιπάσματα).
- Τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων, κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, φαρμάκων, χαρτιού, μετάλλων, χημικών προϊόντων, βυρσοδεψίας και πετροχημικών προϊόντων.
- Τα ραδιενεργά κατάλοιπα από τη γήρανση και καταστροφή πυρηνικών αντιδραστήρων, καθώς και τα νοσοκομειακά ραδιενεργά απόβλητα.
- Τα απόβλητα και απορρίμματα εμπορικών και στρατιωτικών πλοίων (υπολείμματα υλικών, καυσίμων κ.λπ.).
- Η εξόρυξη πρώτων υλών από λίμνες ή θάλασσες (άντληση πετρελαίου, εξόρυξη ραδιενεργών μεταλλευμάτων κ.α.).
- Τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με τα θερμά νερά που εκβάλλουν (σε ποταμούς, κλειστές θάλασσες κ.λπ.).
- Ο τουρισμός σε παράκτιες περιοχές (υπεράντληση νερού, ρύπανση υδροφόρου ορίζοντα).

Τα απόβλητα και τα αστικά λύματα οδηγούνται στα ποτάμια, τις λίμνες και στις θάλασσες, από εγχύσεις ρυπαντικών υλικών διαμέσου των αποχετεύσεων, από τις ροές των ποταμών, από βιομηχανικές δραστηριότητες σε παράκτιες περιοχές, από τις ναυτιλιακές δραστηριότητες, από παράκτιες εισροές, από απόβλητα, από την ιπτάμενη τέφρα των εργοστασίων παραγωγής ενέργειας και των ανθρακωρυχείων η οποία πέφτει στη θάλασσα, από πετρελαιοκηλίδες, από ραδιενεργά υλικά και απορρίμματα καθώς και από εκπομπές ρυπαντών στην Ατμόσφαιρα και εναποθέσεις και καθιζήσεις στην ξηρά και στη θάλασσα. (Κατσούλης Β, 2009)

Οι πηγές ρύπανσης διακρίνονται σε σημειακές και σε μη σημειακές - διάχυτες.

Σημειακές πηγές ρύπανσης χαρακτηρίζονται οι πηγές ρύπων σε συγκεκριμένα εντοπισμένα σημεία, όπως οι βιομηχανικές μονάδες, οι μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων οι οποίες απομακρύνουν μέρος μόνο των ρύπων, εγκαταλειμμένα ή ενεργά ορυχεία, πετρελαιοπηγές, δεξαμενόπλοια κ.α. Οι σημειακές πηγές μπορούν να εντοπισθούν και να ελεγχθούν πιο εύκολα.

Μη σημειακές πηγές ρύπανσης χαρακτηρίζονται οι πηγές οι οποίες δεν εντοπίζονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Συνήθως πρόκειται για μεγάλες περιοχές που ρυπαίνουν τους υδάτινους αποδέκτες μέσω απορροών. Με την πτώση της βροχής στο έδαφος, αρχίζει η διεργασία απορροής. Τα επιφανειακά νερά ρυπαίνονται από χημικές ενώσεις από τις καλλιέργειες (λιπάσματα, παρασιτοκτόνα), τους αυτοκινητόδρομους, τα δομικά έργα, τους βόθρους, κ.α. Για παράδειγμα, η μεταφορά ιζημάτων στα επιφανειακά νερά από τη διάβρωση των εδαφών και οι αποθέσεις ρύπων από την ατμόσφαιρα, θεωρούνται μη σημειακές πηγές ρύπανσης. Επομένως ο έλεγχος της μη σημειακής ρύπανσης του νερού είναι πιο δύσκολος. (Χαραλάμπους Α, 2007)



Εικόνα 11.1. Πηγές ρύπανσης των υδάτων (Αδαμαντιάδου et al, 2015)

11.3. ΤΥΠΟΙ ΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Οι διάφορες μορφές ρύπανσης ταξινομούνται σε κατηγορίες. Ο πρώτος διαχωρισμός των ρυπαντικών ουσιών γίνεται με βάση τη διαλυτότητα και απορροφητικότητά τους από το νερό και από την αναλλοίωτη ή όχι παρουσία τους μέσα σ' αυτό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Δηλαδή, το κριτήριο που χρησιμοποιείται για τη διάκρισή τους, είναι η δυνατότητα που παρέχει η φύση των ρυπαντών στα ρέοντα νερά, ώστε βαθμιαία να αυτοκαθαρίζονται. Οι πέντε γενικές κατηγορίες ρυπαντών είναι οι φυσικοί ρυπαντές, οι βιολογικοί ρυπαντές, οι διαλυτοί χημικοί ρυπαντές, οι δυσδιάλυτοι-αναλλοίωτοι χημικοί ρυπαντές και η θερμότητα.

Τα υλικά που μεταφέρονται στα νερά θεωρούμε ότι ανήκουν σε μια από τις κατηγορίες ρυπαντικών ουσιών λόγω των διακριτών ιδιοτήτων τους και της ομοιότητας των επιπτώσεων που αυτά έχουν στο υδάτινο περιβάλλον, όμως τα υλικά που πραγματικά εισρέουν στα νερά και κυρίως τη θάλασσα, σπάνια είναι τόσο απλά στη χημική τους σύνθεση. Τα απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής ενέργειας είναι το «θερμό νερό», όμως αυτό περιέχει και ποσότητες χλωρίου, το οποίο προστίθεται για να εμποδίζει τους υδρόβιους οργανισμούς να επικάθονται στο σύστημα ψύξης και να το εμποδίζουν να λειτουργεί ομαλά αλλά και ποσότητες μετάλλων που αποσπώνται από το σύστημα ψύξης και τους στροβίλους. Τα αστικά λύματα είναι κυρίως οργανικά, αλλά περιέχουν και ποσότητες μετάλλων, λιπαντικών και ελαίων, απορρυπαντικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Μια βιομηχανική εισροή αποβλήτων έχει ποικιλότητα υλικών τόσο από την ποικιλόμορφη βιομηχανία όσο και από τον αστικό πληθυσμό. Επιπλέον, οι περιοχές των εκβολών των ποταμών είναι αποδέκτες των διαφόρων φερτών υλικών των ποταμών που μπορεί να περιέχουν φυτοφάρμακα, κτηνιατρικά φάρμακα και υποπροϊόντα γεωργικής δραστηριότητας από ολόκληρο το σύστημα απορροής. (Κατσούλης Β, 2009)

11.3.1. Ρύπανση από οργανικά απόβλητα.

Βασικές πηγές είναι τα οργανικά απόβλητα που περιέχονται στα οικιακά λύματα και στα απόβλητα των βιομηχανιών. Αποτελούν τις μεγαλύτερες ποσότητες ρυπαντικών ουσιών, οι οποίες εκχύνονται στις ακτές των θαλασσών και στις εκβολές των ποταμών και περιέχουν οργανική ύλη, η οποία υπόκειται σε βακτηριακή δράση. Η διαδικασία αυτή είναι μια οξειδωτική δράση, η οποία μειώνει και μετατρέπει τις οργανικές ενώσεις σε ευσταθείς ανόργανες ενώσεις, όπως είναι το CO₂, το H₂O και η NH₃. Τα απόβλητα που υπάγονται σ' αυτήν την κατηγορία, αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό των αστικών λυμάτων, των γεωργικών βιομηχανιών και των βιομηχανιών τροφίμων, της ζυθοποιίας, των χαρτοποιείων, των χημικών βιομηχανιών και των πετρελαιοκηλίδων. Αυτά τα υποβαθμισμένα απόβλητα δεν είναι διαφορετικά από τα υπολείμματα των φυτών και των ζώων που υπόκεινται σε βακτηριακή δράση. Η αύξηση οργανικού υλικού αντιπροσωπεύει έναν εμπλουτισμό του οικοσυστήματος, που συγκρίνεται με την προσθήκη σταθερού φυσικού ή χημικού λιπάσματος στους αγρούς.

Εάν ο ρυθμός εισόδου των αποβλήτων είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό της βακτηριακής υποβάθμισης, τότε τα οργανικά αυτά υλικά συσσωρεύονται στα νερά του αποδέκτη. Ο ρυθμός της βακτηριακής δράσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το διαθέσιμο οξυγόνο και άλλους παράγοντες. Εάν οι παράγοντες αυτοί είναι περιορισμένοι, ο ρυθμός της βακτηριακής δράσης ελαττώνεται και η χωρητικότητα των υδάτων να δεχθούν οργανικά απόβλητα μειώνεται πολύ. Εάν η εισαγωγή αποβλήτων στο νερό είναι μεγάλη, πυροδοτείται μια έντονη βακτηριακή δραστηριότητα μέχρις ότου οι αντιδράσεις υποβάθμισης μειώσουν σημαντικά την ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου, οδηγώντας την κατάσταση του νερού σε «αποξυγόνωση». Σ' αυτές τις

περιπτώσεις, η περαιτέρω υποβάθμιση εξαρτάται από τη δραστηριότητα αναερόβιων βακτηρίων, μια διεργασία η οποία παράγει ως τελικά προϊόντα υδρόθειο (H_2S) και μεθάνιο (CH_4). Αυτά προκαλούν δυσοσμία του νερού, αλλαγή του χρώματός του, ενώ προκαλείται θάνατος στους οργανισμούς που βρίσκονται σ' αυτό.

Η συσσώρευση οργανικής ύλης και η αποξυγόνωση του νερού, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στους ζωντανούς οργανισμούς, σε χαμηλά επίπεδα διαλυμένου O_2 τα περισσότερα φυτά και ζώα εξαφανίζονται. Άρα, εάν η είσοδος των οργανικών αποβλήτων βρίσκεται μέσα στα όρια της χωρητικότητας των υδάτων υποδοχής - η οποία σχετίζεται με τη θερμοκρασία, το διαθέσιμο διαλυμένο O_2 και τα υδάτινα ρεύματα κ.λπ. - θα έχει ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των νερών, προς όφελος κυρίως των φυτών. Εάν όμως, η χωρητικότητα των υδάτων υποδοχής ξεπεραστεί, η συσσώρευση οργανικής ύλης και η ανάπτυξη ανοξικών συνθηκών, καταλήγει σε μείωση της πανίδας και της χλωρίδας. (Κατσούλης Β, 2009)

11.3.2. Ρύπανση του Νερού από Υψηλή Θερμοκρασία.

Ο όρος χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου στους φυσικούς αποδέκτες καταλήγουν μεγάλες ποσότητες θερμού νερού που έχουν χρησιμοποιηθεί ως νερά ψύξης. Συνήθως, η εκφόρτωση του θερμού νερού γίνεται σε θερμοκρασία $10^\circ C$ πάνω από τη θερμοκρασία του νερού του αποδέκτη και η εξασθένιση της θερμότητας εξαρτάται κυρίως από το ρυθμό ανάμειξης του θερμού με το ψυχρό νερό. Είναι μια από τις κύριες μορφές ρύπανσης των φυσικών νερών και συνήθως αφορά τα νερά ποταμών και λιμνών. Το θερμό νερό από τις ψυκτικές εγκαταστάσεις των πυρηνικών αντιδραστήρων και των εργοστασίων που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, όταν διοχετεύεται σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας του νερού και επομένως ελάττωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένο σ' αυτό επειδή με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται η διαλυτότητα των αερίων στα υγρά. Μειώνεται επίσης η πυκνότητα του νερού, επομένως ως ελαφρύτερο παραμένει στην επιφάνεια εμποδίζοντας τη φυσιολογική διάλυση του οξυγόνου. Για αυτό ορίζονται νομοθετικά τα επιτρεπτά όρια θερμοκρασίας των υγρών αποβλήτων. Θερμοκρασία που κυμαίνεται από $7-11^\circ C$ είναι επιθυμητή στο πόσιμο νερό, ενώ θερμοκρασία πάνω από $25^\circ C$ είναι ανεπιθύμητη. (Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

Το διαλυμένο οξυγόνο (O_2) στο νερό είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της υδρόβιας ζωής, επομένως η μείωσή του μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τον θάνατο ορισμένων ζωικών και φυτικών οργανισμών, ιδιαίτερα σε τροπικές θάλασσες όπου οι θερινές θερμοκρασίες είναι σχεδόν κοντά στο θερμικό θάνατο πολλών οργανισμών. Επί πλέον ελαττώνεται η αντοχή των υδρόβιων οργανισμών στις ασθένειες και τις τοξικές ουσίες, αυξάνονται υπέρμετρα τα βακτήρια που καταναλώνουν οξυγόνο με αποτέλεσμα το νερό να αποκτά δυσάρεστη οσμή και γεύση και τέλος αυξάνεται η ταχύτητα χημικών αντιδράσεων και του μεταβολισμού. (Με αύξηση κατά $10^\circ C$ ο ρυθμός μεταβολισμού των ζώων διπλασιάζεται. (Κουϊμτζής 1998)

11.3.3. Ρύπανση του νερού από Τοξικές Οργανικές Χημικές ουσίες.

Οι τοξικές οργανικές ενώσεις περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία ενώσεων όπως οι αρωματικοί πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) και τα παράγωγά τους, τα παρασιτοκτόνα και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

Οι PAHs περιέχουν στο μόριό τους αρωματικούς δακτυλίους, κυριότεροι είναι αυτοί που περιέχουν στο μόριο τους 2-8 αρωματικούς δακτυλίους. Οι φυσικοχημικές ιδιότητές τους, η περιβαλλοντική τους συμπεριφορά και οι αλληλεπιδράσεις τους με τα βιολογικά συστήματα

επιηρεάζονται από τον αριθμό και τη θέση των δακτυλίων καθώς και τη θέση, τη φύση και τον αριθμό των υποκαταστατών που περιέχουν. Σχηματίζονται κατά την ατελή καύση οργανικής ύλης και επειδή οι διαδικασία αυτή είναι πολύ διαδεδομένη, ανιχνεύονται σε όλα τα μέρη του περιβάλλοντος, όπως στα καυσαέρια των αυτοκινήτων, στην ιπτάμενη τέφρα κ.α.

Η κυριότερη πηγή ρύπανσης των φυσικών νερών με PAHs είναι οι διαρροές πετρελαίου ή προϊόντων διύλισης από πετρελαιοπηγές, διυλιστήρια και δεξαμενόπλοια. Το αργό πετρέλαιο περιέχει PAHs σε υψηλές συγκεντρώσεις, οι οποίες κυμαίνονται ανάλογα με την προέλευσή του. Δύο εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου και προϊόντων του καταλήγουν κάθε χρόνο στους ωκεανούς από τα διυλιστήρια και τα εργοστάσια πετροχημικών. Ανάλογη είναι η ρύπανση λιμνών και ποταμών που προκαλείται από απόβλητα διυλιστηρίων. Άλλη πηγή PAHs στα φυσικά νερά είναι τα απόβλητα διαφόρων βιομηχανιών (βιομηχανίες διαλυτικών, χρωμάτων, εντομοκτόνων κ.α.). Μεγάλο ποσοστό των PAHs που καταλήγουν στα νερά, προσροφάται στα αιωρούμενα σωματίδια και αποτίθεται στα ιζήματα του πυθμένα. Τέλος, μικρό ποσοστό της επιβάρυνσης των φυσικών νερών με PAHs αποδίδεται στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι PAHs είναι ελάχιστα διαλυτοί στο νερό, όμως η παρουσία απορρυπαντικών αυξάνει τη διαλυτότητα τους μέχρι και 104 φορές. Πολλοί PAHs έχουν ανιχνευθεί σε υδρόβια φυτά, οστρακοειδή και διάφορα είδη ψαριών. Συγκεντρώσεις PAHs διαπιστώθηκαν και σε οστρακοειδή απομακρυσμένων περιοχών της γης (π.χ. Ανταρκτική), γεγονός που οφείλεται στην διασπορά των πετρελαιοειδών και των προϊόντων καύσης σε όλο τον κόσμο.

Τα παρασιτοκτόνα είναι χημικές ενώσεις που καταστρέφουν ανεπιθύμητους οργανισμούς. Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και την καταστροφή διαφόρων ανεπιθύμητων οργανισμών που εμφανίζονται στις καλλιέργειες και διακρίνονται σε ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα, εντομοκτόνα κ.α. Τα παρασιτοκτόνα χωρίζονται σε οργανοχλωριωμένες ενώσεις, οργανοφωσφορικούς εστέρες, καρβαμιδικές ενώσεις και χλωροφαινοξυ-οξέα. Οι δύο πρώτες ομάδες δρουν κυρίως ως εντομοκτόνα, οι καρβαμιδικές ενώσεις έχουν πολλαπλή χρήση, ενώ τα χλωροφαινοξυ-οξέα χρησιμοποιούνται κυρίως ως ζιζανιοκτόνα.

Για δυο τουλάχιστον δεκαετίες (1950-70), η χρήση των οργανοχλωριωμένων ενώσεων ήταν μεγαλύτερη από τη συνολική χρήση όλων των άλλων παρασιτοκτόνων. Είναι ανθεκτικές στην υδρόλυση και στην οξείδωση, οι περισσότερες είναι σταθερές. Προσροφώνται στα ιζήματα των πυθμένων, στο έδαφος και στα αιωρούμενα σωματίδια και επειδή η ταχύτητα βιοαποικοδόμησης τους είναι πολύ μικρή τα ιζήματα λειτουργούν ως μέσα αποθήκευσης των ενώσεων αυτών.

Όπως και οι περισσότερες πολυχλωριωμένες ενώσεις τα χλωριωμένα παρασιτοκτόνα είναι ελάχιστα διαλυτά στο νερό. Συσσωρεύονται στα αποθέματα λίπους των ασπόνδυλων και των ψαριών που ζουν στο θαλασσινό αλλά και στο γλυκό νερό. Οι συντελεστές συσσώρευσης ποικίλουν ανάλογα με το είδος του παρασιτοκτόνου, το είδος του οργανισμού και το χρόνο έκθεσης, π.χ. τα οστρακοειδή είναι ικανά να συσσωρεύουν στο σώμα τους ποσότητα DDT 700.000 φορές μεγαλύτερη απ' αυτή που περιέχεται στο θαλασσινό νερό. Όσο προχωρούμε προς την κορυφή της τροφικής αλυσίδας η βιοσυσσώρευση μεγαλώνει.

Σοβαρό πρόβλημα προέκυψε από τη συσσώρευση των εντομοκτόνων στη φύση. Οι κυριότερες πηγές τους είναι ψεκασμοί γεωργικών περιοχών από το έδαφος ή από αεροπλάνα. Προσροφώνται στο έδαφος και στα αιωρούμενα σωματίδια και με τις βροχές, ένα μέρος τους μεταφέρεται στα φυσικά νερά. Η μεταφορά αυτή είναι μεγαλύτερη την άνοιξη, γεγονός που οφείλεται στο λιώσιμο των πάγων και τις ισχυρές βροχοπτώσεις.

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 άρχισε ο περιορισμός στη χρήση των χλωριωμένων παρασιτοκτόνων. Στις περισσότερες από τις προηγμένες χώρες έχει απαγορευτεί η χρήση του DDT, όμως άλλα χλωριωμένα παρασιτοκτόνα συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται ακόμη τόσο στις προηγμένες όσο και στις υποανάπτυξη χώρες.

Οι δυσάρεστες επιπτώσεις των χλωριωμένων παρασιτοκτόνων αποτέλεσαν αφορμή για τη σύνθεση νέων παρασιτοκτόνων. Τα μη αποικοδομήσιμα, υψηλής αντοχής, ευρέως φάσματος παρασιτοκτόνα έπρεπε να αντικατασταθούν από άλλα αποικοδομήσιμα, βραχύβια και πιο ειδικά. Έτσι, αναπτύχθηκαν οι οργανοφωσφορικοί εστέρες και οι καρβαμιδικές ενώσεις.

Οι οργανοφωσφορικές ενώσεις διασπώνται πλήρως σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (η ημιπερίοδος ζωής τους κυμαίνεται από 1 μέχρι 10 εβδομάδες). Τα προϊόντα διάσπασής τους είναι επικίνδυνα, π.χ. το parathion υδρολύεται προς θειοφωσφορικό οξύ και π-νιτροφαινόλη, προϊόντα που προκαλούν σοβαρά προβλήματα στο υδατικό περιβάλλον.

Οι καρβαμιδικές ενώσεις αποικοδομούνται γρήγορα με υδρόλυση. Η ημιπερίοδος ζωής τους είναι 1 περίπου εβδομάδα. Η τοξικότητά τους είναι μικρότερη των οργανοφωσφορικών. Σήμερα, οι δυο αυτές ομάδες έχουν αντικαταστήσει τις οργανοχλωριωμένες ενώσεις.

Από την ομάδα των χλωροφαινοξυ-οξέων, το 2,4,5-T, είναι ένα επικίνδυνο ζιζανιοκτόνο που δρα ως αποφυλλωτικό. Χρησιμοποιήθηκε στον πόλεμο του Βιετνάμ για την απούλλωση των δασών και είχε ολέθριες συνέπειες για τον πληθυσμό. Σήμερα, έχει απαγορευτεί η χρήση του.

Τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια προέρχονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, εισέρχονται στο σύστημα ατμόσφαιρα - έδαφος - νερό και μέσω της τροφικής αλυσίδας καταλήγουν στον άνθρωπο. Πολλά έχουν χαρακτηριστεί ως ρύποι άμεσης προτεραιότητας, ενώ ορισμένα χαρακτηρίζονται ως παραμένοντες οργανικοί ρύποι (POPs) γιατί είναι ιδιαίτερα τοξικά, δεν αποδομούνται (χημικά, βιολογικά, φωτολυτικά) με αποτέλεσμα να παραμένουν στο περιβάλλον μεγάλο χρονικό διάστημα. Χαρακτηρίζονται από θερμική και χημική σταθερότητα και πολύ μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα, γι' αυτό χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά και μονωτικά μετασχηματιστών και πυκνωτών, βερνίκια, πρόσθετα για την ευκαμψία μονωτικών υλικών κ.α. Οι παραπάνω εφαρμογές των ενώσεων αυτών αποτελούν και τις κυριότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος. Είναι ελάχιστα διαλυτά στο νερό, προσροφώνται ισχυρά στα αιωρούμενα σωματίδια και στα ιζήματα, είναι ενώσεις σταθερές στην υδρόλυση, χημική οξείδωση και θερμική διάσπαση, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και να ανιχνεύονται σε όλη τη γη, σε οργανισμούς ακόμη και των πόλων. (Χαραλάμπους Α, 2007).

11.4. ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις, οι διαδικασίες αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών από τα βακτήρια του εδάφους και η καύση υγρών καυσίμων απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του θείου. Αυτά μετατρέπονται με την επίδραση των υδρατμών της ατμόσφαιρας σε νιτρικό και θειικό οξύ αντίστοιχα και επιστρέφουν στην επιφάνεια της Γης διαλυμένα στο νερό της βροχής, στο χιόνι, ή στο χαλάζι. Όταν οι συγκεντρώσεις των οξειδίων αυτών είναι μικρές, το νιτρικό και το θειικό οξύ που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό της βροχής την καθιστούν ελαφρά όξινη, με τιμή pH γύρω στο 5,6. Στις περιοχές στις οποίες η ατμόσφαιρα έχει επιβαρυνθεί με μεγάλες συγκεντρώσεις των οξειδίων αυτών, είτε γιατί γίνεται εντατική καύση υγρών καυσίμων είτε γιατί οι ρύποι αυτοί έχουν μεταφερθεί με τον άνεμο, μεγαλώνει και η ποσότητα των οξέων που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό της βροχής. Έτσι όμως η βροχή

γίνεται περισσότερο όξινη και η τιμή του pH της μπορεί να πέσει αρκετά κάτω από το 5. (Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

Για να γίνει ο μετασχηματισμός των οξειδίων του θείου σε θειικό οξύ χρειάζονται μερικές μέρες, διάστημα που η αέρια μάζα μπορεί να μεταφερθεί ακόμη και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από την πηγή εκπομπής και η όξινη βροχή να πλήξει περιοχές οι οποίες δεν βρίσκονται κοντά στις πηγές ρύπανσης, ενώ ο μετασχηματισμός των οξειδίων του αζώτου γίνεται σε μικρότερο χρόνο οπότε οι επιπτώσεις εμφανίζονται σε μικρές έως μεσαίες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής. (Ζιώμας Γ., Αθήνα 2007)

Επιπτώσεις της όξινης βροχής.

Από το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα υπήρχαν καταγεγραμμένες μαρτυρίες για περιστατικά όξινης βροχής. Όμως το πρόβλημα ήταν παραγνωρισμένο μέχρι το 1968, όταν ο Σουηδός ερευνητής ο Svante Oden παρουσίασε μια έκθεση στην οποία επιστούσε την προσοχή για την συνεχώς αυξανόμενη οξίνιση των κατακρημνίσεων, τις οποίες απέδιδε στις εκπομπές ρύπων στην Κεντρική Ευρώπη και την Μεγάλη Βρετανία. Παρουσίασε μια σειρά υποθέσεων για το πως θα επηρεάζονταν τα οικοσυστήματα από την οξίνιση, υποθέσεις που προκάλεσαν μεγάλες αντιδράσεις από τις χώρες που κατονομάζονταν σαν «χώρες πηγών», οι υποθέσεις όμως αργότερα αποδείχτηκαν αληθινές: καταστροφές δασών, εξαφάνιση ψαριών από λίμνες κλπ.

Η όξινη βροχή έχει οδηγήσει στην οξίνιση λιμνών και ποταμών σε πολλές περιοχές της Ευρώπης και της Αμερικής με αποτέλεσμα την μείωση της βιοποικιλότητας. Όταν το pH είναι χαμηλότερο από 3 μπορεί να οδηγήσει στην απελευθέρωση μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο υδράργυρος από τα ιζήματα και τα γειτονικά εδάφη στο νερό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειωθεί ακόμη περισσότερο η βιοποικιλότητα των λιμνών. (Ζιώμας Γ, 2007) Εξαιτίας της όξινης βροχής καταστρέφεται το φύλλωμα των δέντρων (Εικόνα 11.2), ελαττώνεται η γονιμότητα του εδάφους και θανατώνονται οι υδρόβιοι οργανισμοί.



Εικόνα 11.2 Η όξινη βροχή καταστρέφει τα δάση στη Βόρεια Ευρώπη. (Πηγή Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

Το ίδιο φαινόμενο προκαλεί καταστροφές και στα ιστορικά αρχιτεκτονικά μνημεία και στα έργα τέχνης που είναι κατασκευασμένα από μάρμαρο (Εικόνα 11.3), γιατί τα οξέα που περιέχονται στη βροχή διαβρώνουν τις εξωτερικές επιφάνειές τους. (Αδαμαντιάδου Σ, 2015)



Εικόνα 11.3. Η όξινη βροχή προκαλεί γυψοποίηση των μαρμάρινων αρχιτεκτονικών μνημείων. (Πηγή, Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

11.5. ΒΙΟΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

Σοβαρή πηγή ρύπανσης είναι και η βιομηχανική δραστηριότητα. Στα απόβλητά της περιέχεται πλήθος από διαφορετικούς ρύπους, οι οποίοι όταν εισάγονται στα υδάτινα οικοσυστήματα, διαταράσσουν την ισορροπία τους και εγκυμονούν κινδύνους για τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Τέτοιες ουσίες είναι οι συντηρητικοί ρυπαντές που δεν υπόκεινται σε βακτηριακή δράση ή αν υπόκεινται, η διαδικασία είναι πολύ αργή. Πρακτικά αυξάνονται συνεχώς στο υδάτινο περιβάλλον και επιδρούν στα φυτά και τα ζώα, μερικές φορές με καταστρεπτικά αποτελέσματα. Οι βασικές κατηγορίες αυτών των αποβλήτων είναι τα βαρέα μέταλλα (Υδράργυρος, Μόλυβδος, Χρώμιο, Κάδμιο κ.τ.λ.) και οι αλογόνοι υδρογονάνθρακες (το DDT και άλλοι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια PCBs). Τα βαρέα μέταλλα (υδράργυρος, μόλυβδος, σελήνιο, αρσενικό, κασσίτερος κλπ) τα οποία δεν είναι απαραίτητα για το μεταβολισμό, είναι τοξικά για τα κύτταρα, ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις. Οι αλογόνοι υδρογονάνθρακες(περιέχουν χλώριο, φθόριο, βρώμιο ή ιώδιο), δεν υποβαθμίζονται εύκολα και προστίθενται στο υδάτινο περιβάλλον όπως και τα μέταλλα. Αντίθετα με τα μέταλλα οι αλογόνοι υδρογονάνθρακες δεν παράγονται από τη φύση, είναι ανθρωπογενείς χημικές ενώσεις και οι περισσότεροι περιέχουν χλώριο (χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες). Τα βαρέα μέταλλα, οι αλογόνοι υδρογονάνθρακες και οι σύνθετες οργανικές ουσίες που δε διαλύονται στο νερό, μπορούν να περάσουν μέσω των τροφικών αλυσίδων στον άνθρωπο, με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του. (Κατσούλης Β, 2009)

Στις περισσότερες περιπτώσεις κριτήριο για την απειλή που συνιστά ένας ρύπος για το περιβάλλον δεν είναι τόσο η ποιότητά του όσο ο ρυθμός με τον οποίο προστίθεται σε ένα οικοσύστημα. Για αυτό είναι δυνατό μια αβλαβής σε μικρές συγκεντρώσεις ουσία να γίνει απειλητική, αν ο ρυθμός εισαγωγής της στο οικοσύστημα είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απομάκρυνσης ή αδρανοποίησής της από τους μηχανισμούς αποκατάστασης της ισορροπίας που διαθέτουν τα οικοσυστήματα. Ανάλογα, μια τοξική ουσία δεν μπορεί να προκαλέσει σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αν απομακρύνεται ή αδρανοποιείται από τους μηχανισμούς του

οικοσυστήματος, με μεγαλύτερο ρυθμό από ότι εισάγεται στο οικοσύστημα. (Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

Οι πιο τοξικοί ρυπαντές στη βιόσφαιρα είναι τα διάφορα παρασιτοκτόνα και εντομοκτόνα, που απέκτησαν ιδιαίτερη σημασία μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω της αυξημένης απελευθέρωσής τους στο περιβάλλον. Είναι αδιάλυτα στο νερό και εισέρχονται σε αυτό με τους ψεκασμούς και την μεταφορά μέσω του αέρα, καθώς και με τα νερά των βροχών και των αρδεύσεων που καταλήγουν στα ρυάκια και τα ποτάμια. Το κοινό στοιχείο της επίδρασης των ουσιών αυτών στο περιβάλλον είναι ότι δεν διασπώνται από τους οργανισμούς, δεν μεταβολίζονται, δεν αποβάλλονται με τις απεκκρίσεις και συσσωρεύονται στους ιστούς, με αποτέλεσμα, ακόμη και αν βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις, να συσσωρεύονται στους κορυφαίους καταναλωτές, καθώς περνούν από το ένα επίπεδο της τροφικής αλυσίδας στο επόμενο. Το φαινόμενο κατά το οποίο αυξάνεται η συγκέντρωση τοξικών χημικών ουσιών στους ιστούς των οργανισμών καθώς προχωρούμε κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας ονομάζεται βιοσυσώρευση. Η συσώρευση των μη βιοδιασπώμενων ουσιών αφορά όλους τους οργανισμούς και φυσικά και τον άνθρωπο, αφού συνήθως αποτελεί τον ανώτερο καταναλωτή σε πολλές τροφικές αλυσίδες.

Ένα τέτοιο μόριο είναι το εντομοκτόνο DDT. Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 διαπιστώθηκε ότι, εξαιτίας των τεράστιων ποσοτήτων εντομοκτόνου που είχαν ριφθεί τόσο στην αφρικανική ήπειρο τα προηγούμενα χρόνια για την καταπολέμηση του κουνουπιού (που είναι ο φορέας του πλασμοδίου που προκαλεί ελονοσία), αλλά και σε άλλες χώρες, πάρα πολλοί οργανισμοί παρουσίαζαν αυξημένη συγκέντρωση DDT στους ιστούς τους. Στις έρευνες που επακολούθησαν βρέθηκε ότι το εντομοκτόνο DDT είχε συσσωρευτεί ακόμη και στους πγκουίνους της Ανταρκτικής και στο μητρικό γάλα των Εσκιμών. Η συνειδητοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί η χρήση DDT οδήγησε στην αντικατάστασή του από άλλα βιοδιασπώμενα εντομοκτόνα, όμως το τίμημα της συσώρευσής του στους οργανισμούς το έχει ήδη πληρώσει ακριβά το περιβάλλον. Μια από τις συνέπειες είναι ότι, η συσώρευσή του στα αρπακτικά πτηνά καθιστά εύθραυστα τα κελύφη των αυγών τους, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των ρυθμών αναπαραγωγής τους που μπορεί να τα οδηγήσει στα πρόθυρα της εξαφάνισης. (Αδαμαντιάδου Σ, 2015)

11.6. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΑΔΡΑΝΕΙΣ ΥΛΕΣ

Οι αδρανείς ύλες περιλαμβάνουν τον κονιορτό από την αποσάθρωση του εδάφους, την αιωρούμενη αιθάλη από την καύση των ορυκτών καυσίμων στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα απόβλητα της κεραμοποιίας, της τσιμεντοποιίας, των ασβεστοκαμίνων, η σκόνη από τις ερήμους, τα παράγωγα εξορύξεων, τα απόβλητα ανθρακωρυχείων, τα ρινίσματα μετάλλων και πολλές άλλες στερεές ουσίες οι οποίες μεταφέρονται με τη βοήθεια κυρίως του αέρα και δεν συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις μέσα στο νερό.

Οι αδρανείς αυτές ουσίες, προκαλούν θόλωση του νερού, επηρεάζουν τις τροφικές και αναπνευστικές δομές των ζώων, ελαττώνουν τη φωτοσύνθεση των υδρόβιων φυτών επειδή μειώνουν την διαπερατότητα του φωτός, ενώ όταν κατακάθονται στον πυθμένα προκαλούν ασφυξία στα υδρόβια ζώα και αλλάζουν το υπόστρωμα του πυθμένα της θάλασσας. Το πρόβλημα μπορεί να αποκατασταθεί ή να μετριαστεί με τη μηχανική αφαίρεση των αδρανών υλών από το νερό. (Κατσούλης Β, 2009)

11.7. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΑ ΥΛΙΚΑ

Τα ραδιενεργά υλικά προέρχονται από την εξόρυξη και την κατεργασία των ραδιενεργών ορυκτών, τη χρήση ραδιενεργών υλικών στην ιατρική, τη βιομηχανία και την παραγωγή ατομικών όπλων, την έρευνα και τη λειτουργία εργοστασίων πυρηνικής ενέργειας. Με τη βροχή καταλήγουν στα ποτάμια και τη θάλασσα, ενώ το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η διάθεση των αποβλήτων αυτών στο έδαφος με αποτέλεσμα να καταλήγουν στους υπόγειους υδροφορείς. Τα ραδιενεργά υλικά που χρησιμοποιούνται στην ιατρική, τη βιομηχανία και την έρευνα, καταλήγουν στη θάλασσα μέσα από τα αποχετευτικά δίκτυα. Η επικινδυνότητα της ραδιενέργειας εξαρτάται από το μέγεθος της δόσης, από την διάρκειά της σε χρόνο και από την πηγή από την οποία προέρχεται. Η ραδιενέργεια επιφέρει ανεπανόρθωτες βλάβες στην υγεία του ανθρώπου καθώς προσβάλλοντας τα κύτταρα προκαλεί μεταλλάξεις και ασθένειες όπως λευχαιμίες, καρκίνο και παραμορφώσεις στα παιδιά.

Η ρύπανση από ραδιενεργά υλικά επιβαρύνει το νερό και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για την υγεία, ακόμη και όταν οι συγκεντρώσεις αυτών των στοιχείων είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Οι ραδιενεργές ουσίες διασπώνται με πολύ αργό ρυθμό, ο χρόνος ημιζωής τους-ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί στο μισό η ραδιενέργεια ενός σώματος- κυμαίνεται από μερικά χρόνια (κρυπτό 85 χρόνια) έως χιλιάδες (πλουτόνιο 24.000 χρόνια) ή και δισεκατομμύρια χρόνια (ουράνιο²³⁵ 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια). (Βλάχου Α, 2001)

Το χαρακτηριστικό αυτό είναι η αιτία που δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα με τη διάθεση των ραδιενεργών καταλοίπων. Συνηθισμένος τρόπος διάθεσης τους είναι η ταφή σε ορυχεία και τάφρους ή η απόρριψή τους σε ανοικτές θάλασσες, ρυπαίνοντας έτσι τα υπόγεια νερά και τις θάλασσες αντίστοιχα. Σημαντικές ποσότητες βιομηχανικών ραδιενεργών καταλοίπων οδηγούνται και διαλύονται σε ποτάμια, επειδή έχουν χαμηλή περιεκτικότητα ραδιενέργειας, όμως, ακόμη και οι μικρές ποσότητες ραδιενεργών ουσιών που περιέχουν, όταν εισέλθουν στο νερό αυξάνουν τη ραδιενέργειά του σε επικίνδυνα επίπεδα. Η διάθεση των αποβλήτων πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και έπειτα από ειδική μελέτη, με στόχο να μην αποτελεί πηγή κινδύνων στο μέλλον για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. (Βαλαβανίδης, 2008).

Τα ραδιενεργά απόβλητα διακρίνονται σε γρήγορης και αργής απώλειας ραδιενέργειας. Στην δεύτερη περίπτωση, τα ραδιενεργά στοιχεία όπως το Πλουτόνιο (Pu), το Καίσιο (Cs) και το Στρόντιο (Sr), πρέπει να αποθηκεύονται σε ειδικούς χώρους, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος στο μέλλον για την ανθρώπινη υγεία και για το περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια συνηθίζεται η συγκέντρωση των αποβλήτων αυτών σε ειδικές ψυχόμενες δεξαμενές για 5-10 χρόνια, με σκοπό να μειωθεί η εκλυόμενη από αυτά θερμότητα και ακολουθεί ο ενταφιασμός τους σε ερημικές περιοχές, μέσα σε ειδικές δεξαμενές από μπετόν που ελέγχονται συνεχώς για τυχόν έκλυση ραδιενέργειας. Τα υλικά αυτά εκλύουν ραδιενέργεια για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα που μπορεί να διαρκέσει μέχρι και εκατοντάδες χρόνια έως ότου μπορέσουν να γίνουν εντελώς ακίνδυνα. (Αναγνωστόπουλος 1993).

Η διαχείριση των ραδιενεργών αποβλήτων που προέρχονται από τα καύσιμα των σταθμών πυρηνικής ενέργειας και τα παραπροϊόντα τους, αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για το περιβάλλον επειδή ακόμη και σήμερα δεν υπάρχουν αξιόλογες εναλλακτικές λύσεις για την διαχείρισή τους, οπότε η παραπάνω διαδικασία είναι η μόνη που χρησιμοποιείται. Οι περιοχές στις οποίες γίνεται ενταφιασμός πυρηνικών καταλοίπων μπορεί να γίνουν ακατάλληλες και επικίνδυνες τόσο για τον άνθρωπο όσο και για κάθε άλλη μορφή ζωής για πάρα πολλά χρόνια.

Το πρόβλημα της διάθεσης των ραδιενεργών αποβλήτων γίνεται όλο και πιο σοβαρό επειδή αυξάνονται συνεχώς οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες αλλά και επειδή διαπιστώνονται όλο και περισσότεροι κίνδυνοι που προέρχονται από αυτά για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. (Φυτιανός 2003).

11.8. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ

Τα διαλυτά στο νερό συστατικά του ακατέργαστου πετρελαίου και τα παράγωγα της διύλισής του (κυρίως υδρογονάνθρακες), περιλαμβάνουν μια σειρά από τοξικές ενώσεις για τον άνθρωπο, όπως ορισμένοι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΡΑΗς) που είναι καρκινογόνοι αλλά και για πάρα πολλά είδη θαλάσσιων φυτών και ζώων και προκαλούν μεγάλες οικολογικές καταστροφές.

Η πετρελαϊκή ρύπανση προκαλεί και εμπορική ζημιά στην αλιεία και τον τουρισμό. Το ενδιαφέρον των ανθρώπων για την πετρελαϊκή ρύπανση οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ορατή και οι περισσότεροι άνθρωποι την γνωρίζουν είτε άμεσα ως κολυμβητές, είτε ως θεατές εικόνων στην τηλεόραση και τον τύπο, όταν συμβεί κάποιο σημαντικό ατύχημα. Τα ατυχήματα αυτά δεν αντιπροσωπεύουν τη μοναδική πηγή πετρελαιο-υδρογονανθράκων που εισάγονται στη θάλασσα. Επιπτώσεις στο περιβάλλον προκαλούν και οι παράκτιες ή θαλάσσιες λειτουργίες εγκαταστάσεων άντλησης και φόρτωσης-εκφόρτωσης του πετρελαίου.

Οι υδρογονάνθρακες είναι οργανικές ενώσεις και αποικοδομούνται με τη βακτηριακή δράση σε ανόργανα προϊόντα. Όπως γίνεται και με τα λύματα, έτσι και το πετρέλαιο σε κηλίδες, είναι καταστροφικό για το υδάτινο περιβάλλον όταν η ποσότητά του είναι μεγάλη, αλλά έχει και άλλες επιπτώσεις, που προκαλούν επιπρόσθετες περιβαλλοντικές καταστροφές στο νερό. Υπολογίζεται ότι, περισσότεροι από 5 εκατομμύρια τόνοι υδρογονανθράκων καταλήγουν κάθε χρόνο στη θάλασσα. Τα πλοία μεταφοράς πετρελαίου από τις πηγές στα διυλιστήρια των χωρών κατανάλωσης, ρυπαίνουν με πετρέλαιο τις θάλασσες είτε λόγω διαρροών και ατυχημάτων είτε λόγω του καθαρισμού τους με την πλύση. Η άντληση πετρελαίου από παράκτιες ή θαλάσσιες περιοχές και η μεταφορά του με αγωγούς προκαλούν επίσης ρύπανση των νερών. Τα παράκτια διυλιστήρια, τα αστικά λύματα, η αστική απορροή και η απορροή των ποταμών, η βιοσύνθεση και άλλες δράσεις αποτελούν πηγές πετρελαϊκής ρύπανσης.

Ο ρυθμός της φυσικής διάσπασης και το πάχος του στρώματος των κηλίδων, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη φύση του πετρελαίου. Μια κηλίδα, δεν παραμένει στη θέση της, αλλά μετακινείται, με εξαίρεση τις κλειστές θάλασσες και τις εκβολές των ποταμών. Ο καθαρισμός της θάλασσας από κηλίδες, περιλαμβάνει τη φυσική απομάκρυνση και τη διάλυσή τους με τη βοήθεια χημικών ουσιών. Μετά τη χημική δράση, μια ποσότητα καταλήγει στον πυθμένα. Μερικές φορές χρησιμοποιείται και η καύση του απλωμένου πετρελαίου και ο καθαρισμός των ακτών που ήλθαν σε επαφή με την πετρελαιοκηλίδα. (Κατσούλης Β, 2009)

11.9. ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων (Εικόνα 11.4) εξαρτάται και από τρεις παράγοντες:

- το φυσικό περιβάλλον που περιέχει τη μάζα του νερού και από τη λεκάνη απορροής του,
- τις επιπτώσεις των δραστηριοτήτων που αλλοιώνουν απευθείας το περιβάλλον αυτό (π.χ. λιπάσματα ή απόρριψη βιομηχανικών καταλοίπων σε ποτάμια κλπ.) και

- τις έμμεσες επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως αυτές συμβαίνουν μέσω της ατμοσφαιρικής μεταφοράς και της απόθεσης ανθρωπογενών εκπεμπόμενων ουσιών.

Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να ευθύνονται είτε μεμονωμένα, είτε συνολικά για την υδάτινη ρύπανση (Καρβούνης, Γεωργακέλλος, 2003).



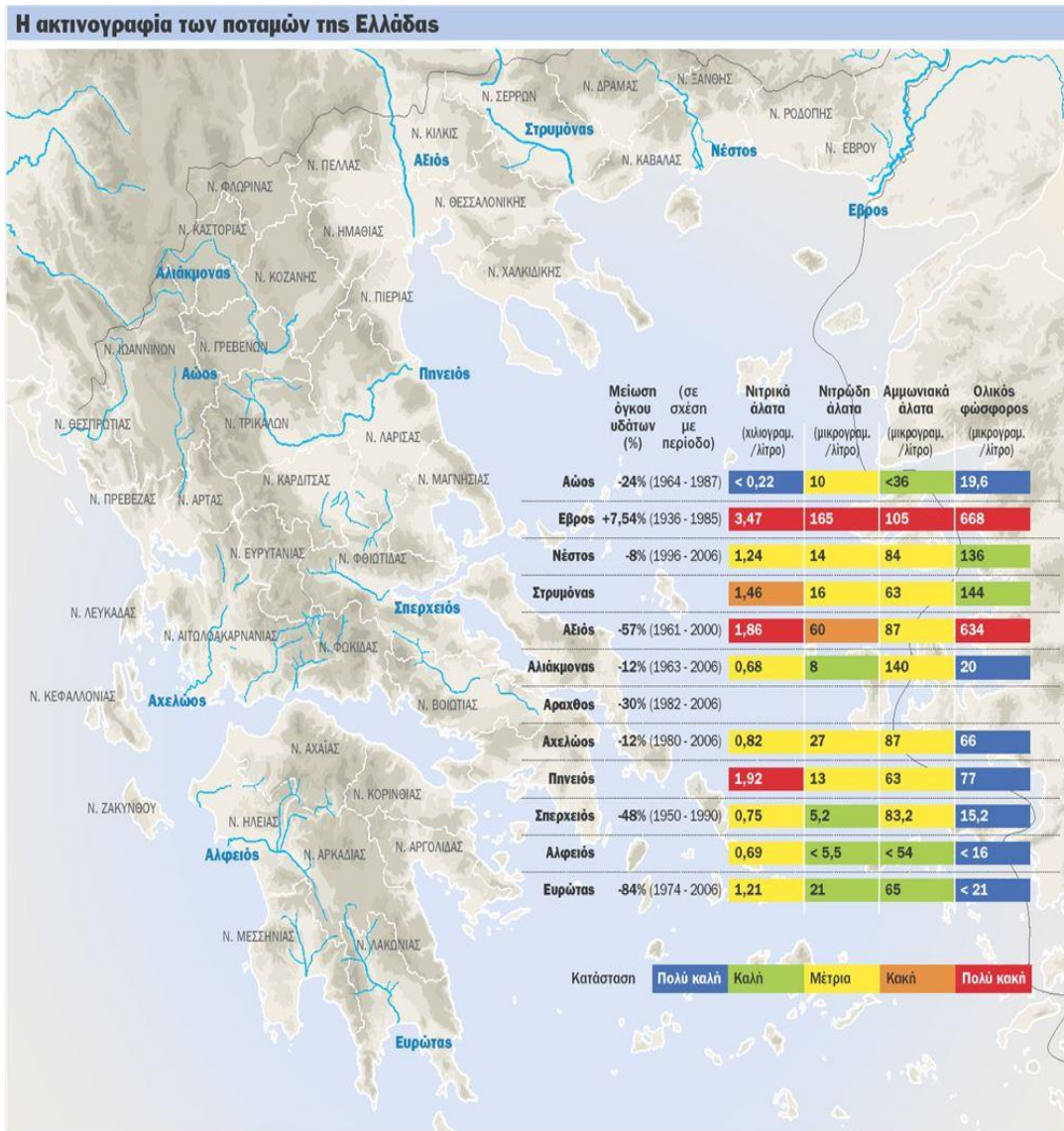
Εικόνα 11.4. Ρύπανση επιφανειακών υδάτων (Πηγή www.24h.com.cy)

Οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης για τους ποταμούς και τις λίμνες είναι οι γεωργικές δραστηριότητες, οι αστικές απορροές του νερού και τα ιδιωτικά αποχετευτικά συστήματα. Στις γεωργικές δραστηριότητες συμπεριλαμβάνεται η διάβρωση του επιφανειακού εδάφους, τα φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα, στις αστικές απορροές του νερού περιέχεται πλήθος ρύπων και ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες μόλυβδου, ενώ τα ιδιωτικά αποχετευτικά συστήματα στο μεγαλύτερο ποσοστό απορρέουν χωρίς καμία επεξεργασία (Tietenberg, 2001).

Η ποιότητα των ελληνικών επιφανειακών υδάτων της χώρας μας είναι ικανοποιητική. Τα νερά των ποταμών είναι ποιοτικά καλύτερα έναντι των λιμνών. Προβλήματα εντοπίζονται κυρίως σε ποταμούς που ρέουν κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα ή κοντά σε περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Θεσσαλικός Πηνειός ποταμός, καθώς έχουν εντοπιστεί στα νερά του αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών, φωσφορικών και αμμωνιακών αλάτων. Τα νερά των λιμνών είναι περισσότερο επιβαρυνμένα και ποσοστό 60% αυτών χαρακτηρίζονται ως ευτροφικές ή μεσοτροφικές (Σφυρόερας, 2011).

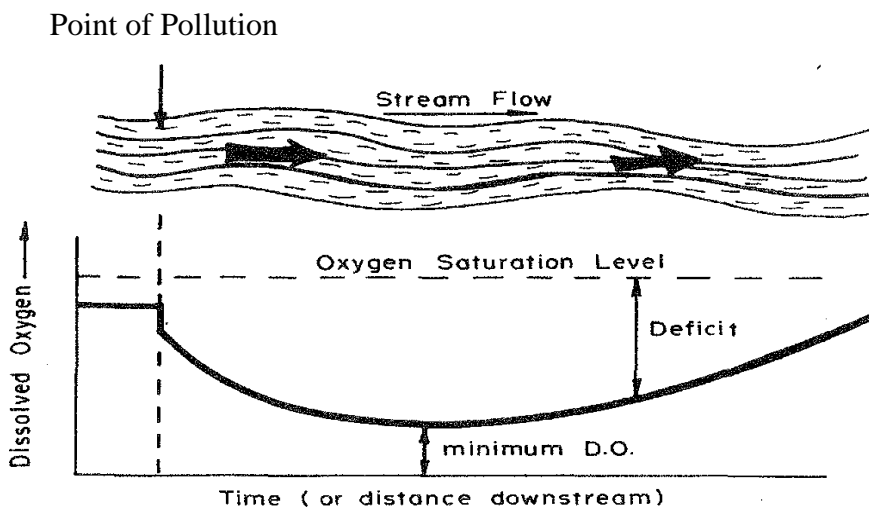
11.9.1. Ρύπανση ποταμών.

Τα ποτάμια έχουν μεγάλη ικανότητα να αυτοκαθαρίζονται κυρίως γιατί το νερό ρέει. Η ροή του νερού προκαλεί ταχύτερη διάλυση του οξυγόνου, ανάμειξη και μεταφορά ρύπων, θρεπτικών συστατικών και μικροοργανισμών. Οι ρύποι διασπώνται σε συνδυασμό με την αραίωση και την βιοαποικοδόμηση. Η φυσική αποκατάσταση των ποταμών είναι δυνατή όταν δεν φορτώνονται υπερβολικά από ρύπους και όταν η ροή τους δεν μειώνεται από την ξηρασία ή τις κατασκευές φραγμάτων ή την μεταβολή της ροής τους (π.χ. για άρδευση). Την δυνατότητα αυτοκαθαρισμού των ποταμών περιορίζει και η εισαγωγή σε αυτούς μη βιοαποικοδομήσιμων τοξικών ρυπαντών. Αν βιοαποικοδομήσιμη ύλη εισέλθει σε νερά ποταμών, συντελούνται πολλές μεταβολές κατά μήκος της ροής του ποταμού από το σημείο εισαγωγής του ρύπου έως τις εκβολές του ποταμού.



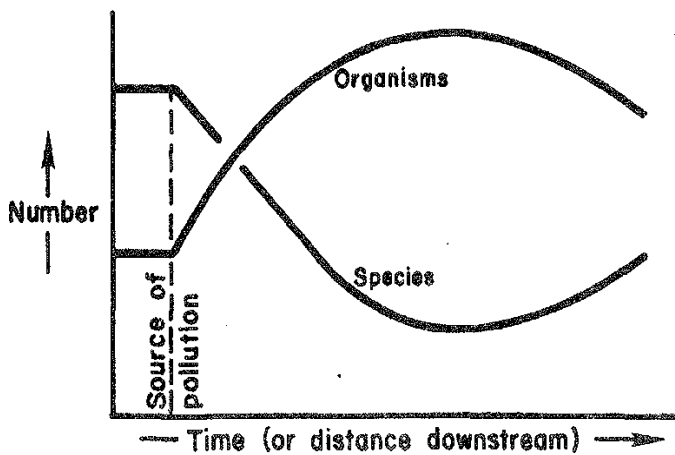
Εικόνα 11.5. Ποτάμια της Ελλάδος και ρύπανση. (Πηγή www.tovima.gr)

Με την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης ελαττώνεται το διαλυμένο οξυγόνο και αυξάνεται η ταχύτητα διάλυσης του οξυγόνου από την ατμόσφαιρα κατά μήκος της ροής. (Εικόνα 11.6)



Εικόνα 11.6. Μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου, κατά μήκος της ροής υδατικού ρεύματος (Πηγή, Χαραλάμπος Α, 2007)

Αν η ποσότητα ρύπων είναι μεγάλη τότε επικρατούν αναερόβιες συνθήκες. Η ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου προκαλεί ελάττωση ή εξαφάνιση ειδών που χρειάζονται οξυγόνο, ενώ τα είδη που μπορούν να επιζήσουν πολλαπλασιάζονται υπερβολικά. (Εικόνα 11.7)



Εικόνα 11.7. Μεταβολή αριθμού των διαφόρων ειδών οργανισμών(species) και αριθμού επιζώντων οργανισμών (organisms) κατά μήκος ροής από το σημείο ρύπανσης. (Πηγή, Χαραλάμπους Α, 2007)

Οι ενώσεις του αζώτου χρησιμοποιούνται ως παράμετροι ρύπανσης, μεγάλες συγκεντρώσεις ενώσεων του αζώτου υποδηλώνουν πιο πρόσφατη ρύπανση.

11.9.2. Ρύπανση των λιμνών.

Οι λίμνες είναι πιο ευάλωτες στη ρύπανση από ότι τα ποτάμια. Στις λίμνες, λόγω της ανυπαρξίας ρευμάτων, σημαντικές παράμετροι είναι η διαπερατότητα του φωτός και η θερμοκρασία. Η θερμοκρασία του νερού των λιμνών παρουσιάζει σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις. Τον χειμώνα, αν η λίμνη δεν παγώνει, η θερμοκρασία του νερού είναι σχεδόν σταθερή σε όλο το βάθος. Το οξυγόνο είναι κορεσμένο στην επιφάνεια και μειώνεται με το βάθος. Αν η λίμνη παγώσει, λόγω της χαρακτηριστικής μεταβολής της πυκνότητας του νερού με τη θερμοκρασία, η λίμνη παγώνει μόνο επιφανειακά. Με την άνοδο της θερμοκρασίας η σχέση πυκνότητας - θερμοκρασίας του νερού και το γεγονός ότι το νερό είναι μάλλον κακός αγωγός της θερμότητας, έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό στρωμάτων (θερμική στρωματοποίηση). Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το επιφανειακό στρώμα θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Επειδή είναι ελαφρύτερο σχηματίζει ένα επιφανειακό στρώμα, το epilimnion, πάνω από το στρώμα του πυθμένα που ονομάζεται υπολήμνιο. Το στρώμα που βρίσκεται ανάμεσα τους ονομάζεται μεταλήμνιο ή θερμοκλινές. Όταν υπάρχει σημαντική διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα δυο στρώματα, αυτά δεν αναμιγνύονται μεταξύ τους και χαρακτηρίζονται από διαφορετικές χημικές και βιολογικές δράσεις. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Ευτροφισμός.

Το φαινόμενο της μεγάλης αύξησης των αλγών σε φυσικά νερά λόγω της μεγάλης ποσότητας θρεπτικών συστατικών (κυρίως νιτρικά και φωσφορικά ιόντα) ονομάζεται ευτροφισμός και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και την επικράτηση αναερόβιων συνθηκών, τη δημιουργία τοξικών ενώσεων και τελικά το θάνατο υδρόβιων οργανισμών.

Ο ευτροφισμός των λιμνών είναι ένα φυσικό φαινόμενο. Οι λίμνες δέχονται ιλύ και θρεπτικά συστατικά από τις γύρω περιοχές ως αποτέλεσμα της φυσικής διάβρωσης και αποσάθρωσης του

εδάφους και της επιφανειακής απορροής. Η εισροή όμως θρεπτικών συστατικών από ανθρώπινες δραστηριότητες επιταχύνει το φυσικό φαινόμενο με τρομακτικούς ρυθμούς. Έτσι ενώ για τη φυσική εξέλιξη του φαινομένου χρειάζονται εκατοντάδες ή χιλιάδες χρόνια, με την ανθρώπινη δραστηριότητα το φαινόμενο μπορεί να εξελιχθεί ακόμη και σε μια δεκαετία. Οι κυριότερες πηγές θρεπτικών συστατικών από ανθρώπινες δραστηριότητες είναι οι αγροτικές - γεωργικές δραστηριότητες, οι βιομηχανικές δραστηριότητες και τα οικιακά λύματα.

Ο ευτροφισμός επιταχύνεται από τη χρήση λιπασμάτων σε γεωργικές καλλιέργειες επειδή τα λιπάσματα δεν αφομοιώνονται όλα από τις ρίζες των φυτών και μεγάλο ποσοστό της χρησιμοποιούμενης ποσότητας μεταφέρεται άμεσα (μέσω επιφανειακής απορροής) ή έμμεσα (μέσω διείσδυσης) στους υδάτινους αποδέκτες.

Η βιομηχανική δραστηριότητα συμβάλλει στο φαινόμενο του ευτροφισμού επειδή τα βιομηχανικά απόβλητα από μονάδες που χρησιμοποιούν ενώσεις του αζώτου και του φωσφόρου ως πρώτες και βοηθητικές ύλες, είναι ιδιαίτερα βεβαρημένα με αυτά τα θρεπτικά συστατικά και η μη αποτελεσματική επεξεργασία τους οδηγεί σε υπέρμετρη αύξηση των ενώσεων του αζώτου και του φωσφόρου που καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες.

Η τελική διάθεση μη επαρκώς επεξεργασμένων αστικών λυμάτων οδηγεί σε επιβάρυνση των υδάτινων αποδεκτών με φωσφορικά άλατα επειδή τα άλατα αυτά έχουν ευρεία οικιακή χρήση ως απορρυπαντικά. Η ποσότητα του φωσφόρου που αποτίθεται στους υδάτινους αποδέκτες έχει σχεδόν διπλασιαστεί τα τελευταία χρόνια, ως αποτέλεσμα της χρήσης απορρυπαντικών πλούσιων σε φωσφορικά άλατα. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Η δημιουργία του φαινομένου του ευτροφισμού.

Οι αυτότροφοι οργανισμοί που υπάρχουν στα υδατικά οικοσυστήματα, έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν απλές ανόργανες ενώσεις όπως CO_2 , NO_3^- , PO_4^{3-} σε σύνθετες οργανικές ενώσεις π.χ. πρωτεΐνες. Χαρακτηριστικοί αυτότροφοι οργανισμοί είναι τα άλγη που υπάρχουν στα νερά (φυτοπλαγκτόν, φύκη κ.α.). Ο εμπλουτισμός των νερών με μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών αζώτου και φωσφόρου δημιουργεί εκρηκτική αύξηση των αλγών και ανατρέπει τη φυσιολογική ροή της τροφικής αλυσίδας.

Οι ετερότροφοι οργανισμοί (ζωοπλαγκτόν, ψάρια κ.α.) που είναι καταναλωτές, τρέφονται με τις οργανικές ουσίες των αυτότροφων οργανισμών που καταναλώνουν και αυξάνονται. Η αύξηση του πληθυσμού των καταναλωτών οδηγεί με τη σειρά της σε αύξηση του αριθμού των οργανισμών που πεθαίνουν και κατά συνέπεια σε αύξηση των αποικοδομητών που απαιτούν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου για την αποικοδόμηση της νεκρής οργανικής ύλης.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι η σχεδόν πλήρης κατανάλωση του οξυγόνου και ο θάνατος των υδρόβιων οργανισμών, οι οποίοι δεν έχουν στη διάθεση τους το οξυγόνο που χρειάζονται. Η υπεραύξηση των παραγωγών στην επιφάνεια του νερού, μειώνει και την διείσδυση του ηλιακού φωτός στα κατώτερα στρώματα του νερού, γεγονός που μειώνει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και επομένως την παραγωγή οξυγόνου, δημιουργώντας ακόμη μεγαλύτερο πρόβλημα έλλειψης οξυγόνου για τους ανώτερους υδρόβιους οργανισμούς (ψάρια), πολλοί από τους οποίους οδηγούνται σε ασφυξία. Η επικράτηση αναερόβιων συνθηκών οδηγεί επίσης στη δημιουργία δυσοσμίας, κυρίως λόγω της παραγωγής H_2S .

Ο ευτροφισμός εμφανίζεται συχνότερα και σε πιο έντονο βαθμό, σε υδάτινους αποδέκτες όπου δεν γίνεται συχνή και εκτεταμένη ανανέωση του νερού όπως οι λίμνες και οι κλειστοί κόλποι και όχι σε κινούμενα ύδατα (ποτάμια και εκβολές ποταμών).

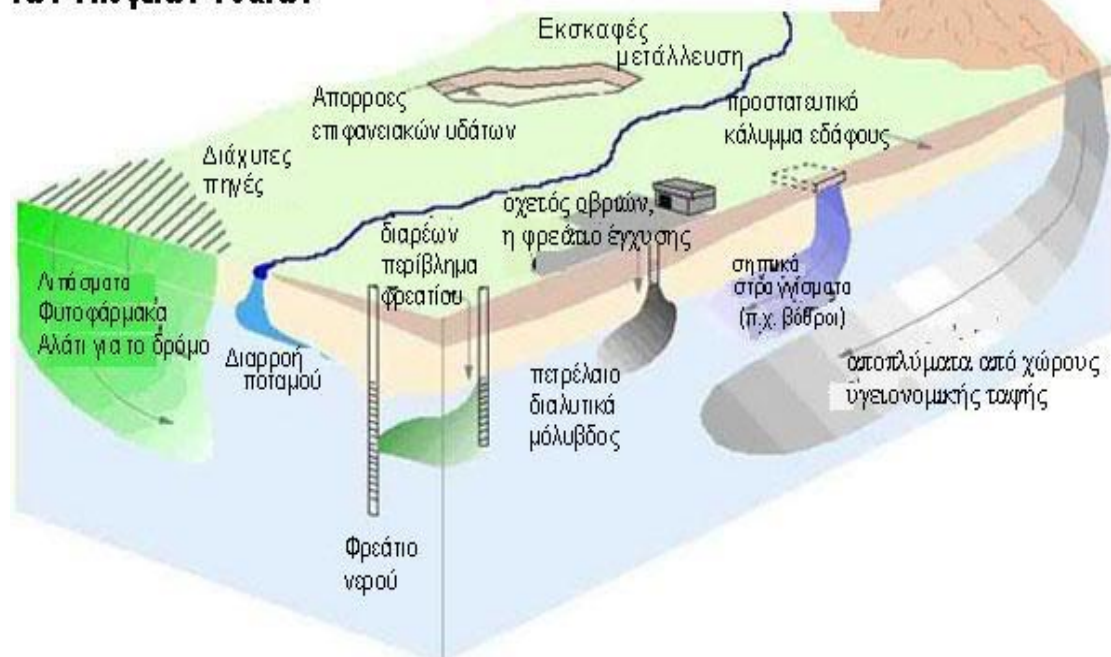
Ο ευτροφισμός εκτός από τις οικολογικές έχει και οικονομικές συνέπειες. Το νερό γίνεται ακατάλληλο για χρήση ως πόσιμο και ακατάλληλο για αλιεία και κολύμβηση, μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία λόγω υψηλών συγκεντρώσεων σε νιτρικά άλατα, απαιτείται υψηλό κόστος για τον καθαρισμό και αποκατάστασή του, μειώνεται η αλιεία, δημιουργούνται εμπόδια στη ροή αρδευτικών και αποχετευτικών καναλιών και προκαλούνται προβλήματα στις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Εάν ο ευτροφισμός δεν διακοπεί, μπορεί μετά από πολλά χρόνια μια λίμνη να μετατραπεί σε έλος και τελικά σε στεριά. (Χαραλάμπους, 2007)

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, αναγνωρίζοντας το μέγεθος του προβλήματος, έχει αναπτύξει περιβαλλοντική πολιτική για την αντιμετώπισή του, ελέγχοντας την παρουσία του φαινομένου σε κάθε χώρα ξεχωριστά και θεσπίζοντας το αντίστοιχο νομοθετικό πλαίσιο, τα προβλεπόμενα του οποίου πρέπει να τηρούνται από κάθε χώρα – μέλος (91/676/ΕΟΚ).

11.10. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Τα υπόγεια νερά αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη πηγή γλυκού νερού στον υδρολογικό κύκλο (περίπου 95% παγκοσμίως), μεγαλύτερα σε όγκο από τα νερά ποταμών, λιμνών και υγροβιότοπων μαζί. Όταν επιβλαβείς ουσίες εισέρχονται σε αυτά προκαλούν τη ρύπανση τους. Οι επιβλαβείς ουσίες εισέρχονται στους υπόγειους υδροφορείς μέσω της κίνησης των επιφανειακών υδάτων, τα οποία διηθούνται στο έδαφος και εισχωρούν μέσω της ακόρεστης ζώνης προς τους υπόγειους υδροφορείς. Πηγές ρύπανσης είναι οι χώροι ταφής βιομηχανικών αποβλήτων, οι χωματερές, τα πηγάδια εναπόθεσης τοξικών αποβλήτων, οι βόθροι, τα κέντρα βιολογικών καθαρισμών, οι υπόνομοι, οι χώροι απόθεσης κτηνοτροφικών και γεωργικών αποβλήτων, τα ρυπασμένα επιφανειακά νερά, η διαρροή πετρελαιοειδών κ.α. (Εικόνα 11.8)

Συνήθεις Πηγές Ρύπανσης των Υπογείων Υδάτων



Εικόνα 11.8. Πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων. (Πηγή dailyarticle.gr)

Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για τον άνθρωπο, εφόσον το ποσοστό του πόσιμου νερού που προέρχεται από τα υπόγεια νερά στην Ευρώπη είναι 75% και είναι το μεγαλύτερο παγκοσμίως. Επιπλέον, τα υπόγεια νερά τροφοδοτούν τα επιφανειακά υδάτινα συστήματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επομένως, η ποιότητα των υπόγειων υδάτων έχει άμεση επίδραση στη ποιότητα των επιφανειακών υδάτων καθώς και στα συσχετιζόμενα υδάτινα και μη οικοσυστήματα. Τα τελευταία χρόνια, τα υπόγεια νερά των περισσότερων χωρών έχουν ρυπανθεί σημαντικά εξαιτίας των τρόπων διάθεσης, απόθεσης και ταφής απορριμμάτων και αποβλήτων. (Tietenberg, 2001).

Η ικανότητα του εδάφους να παρέχει καθαρό νερό δεν επιτυγχάνεται λόγω της ρύπανσης των υπόγειων νερών, με αποτέλεσμα σημαντικούς κινδύνους για τη δημόσια υγεία επειδή αυτά αποτελούν πηγές υδροδότησης. Οι βασικές δυσκολίες αντιμετώπισης της ρύπανσης είναι:

- Η ρύπανση υπάρχει αλλά δεν γίνεται αντιληπτή για μεγάλο χρονικό διάστημα, λόγω της μικρής ταχύτητας κίνησης του νερού. Η ρύπανση των υπόγειων νερών γίνεται αντιληπτή όταν κάποια πηγή πόσιμου νερού παρουσιάσει πρόβλημα.
- Οι ρύποι συνεχίζουν να εξαπλώνονται ακόμα και μετά το τέλος της εκπομπής τους από τη πηγή ρύπανσης.
- Η αποκατάσταση του ρυπασμένου υδροφόρου στρώματος είναι μια διαδικασία δύσκολη και μακροχρόνια.

Τα υπόγεια νερά δεν έχουν την ίδια ικανότητα αυτοκαθαρισμού που έχουν τα επιφανειακά νερά, στα οποία τα χαρακτηριστικά της ροής, η διαθεσιμότητα σε οξυγόνο και η ταχύτητα που γίνονται οι διεργασίες διάλυσης και διάχυσης, διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού, όπου η βακτηριακή αποσύνθεση των ρύπων συνήθως περιορίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ή λίγο κάτω από αυτήν. Επομένως περιορίζονται και ο ρυθμός κίνησης και η δυνατότητα διασποράς και διάλυσης. Επιπλέον η έλλειψη οξυγόνου σκοτώνει τους αερόβιους μικροοργανισμούς, ενώ αντίθετα είναι περιβάλλον κατάλληλο για την ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ρύπανσης με έμμεση ανθρώπινη δραστηριότητα είναι η διείδυση της θάλασσας σε υδροφόρους ορίζοντες παράκτιων περιοχών, φαινόμενο που ονομάζεται υφαλμύρωση. Η υφαλμύρωση προκαλείται συνήθως από την υπεράντληση νερού από γεωτρήσεις και πηγάδια, με αποτέλεσμα την ταπείνωση της επιφάνειας του νερού και την διείδυση του θαλάσσιου νερού προς τους υπόγειους υδροφορείς. (πχ Αργολίδα). Η ίδια διαδικασία μπορεί να γίνει και με φυσικό τρόπο μετά από έντονη και παρατεταμένη ξηρασία. Η υφαλμύρωση αντιστρέφεται πολύ δύσκολα και έχει δυσμενείς επιπτώσεις για την ύδρευση και άρδευση της περιοχής στην οποία εκδηλώνεται. (Παπανικολάου Δ, Σίδερης Χ, 2007)

11.11. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΩΝ

Ρύπανση των ωκεανών

Το νερό των ωκεανών είναι ένα πολύπλοκο χημικό διάλυμα και με βάση τα επιστημονικά στοιχεία η σύστασή του έχει μεταβληθεί ελάχιστα μέσα σε εκατομμύρια χρόνια. Λόγω αυτής της σταθερότητας οι οργανισμοί των ωκεανών έχουν μικρή αντοχή σε περιβαλλοντικές αλλαγές. Η παλαιότερη άποψη ότι, λόγω του μεγάλου όγκου της υδάτινης μάζας τους οι ωκεανοί έχουν υψηλό δυναμικό αποικοδόμησης πολλών ενώσεων επανεκτιμάται και σήμερα θεωρείται ότι αποτελούν ένα ευάλωτο στη ρύπανση οικοσύστημα.

Οι πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης των θαλασσών είναι οι θαλάσσιες μεταφορές, τα απόβλητα βιομηχανιών, τα αστικά λύματα, οι γεωργικές καλλιέργειες, τα απορρίμματα κ.α.

Οι παράκτιες περιοχές και οι κλειστές θάλασσες έχουν τα μεγαλύτερα προβλήματα από τη διάθεση αποβλήτων. Η κατανομή, η τύχη και οι συνέπειες των αποβλήτων στις παράκτιες περιοχές εξαρτώνται από φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που ελαττώνουν τη συγκέντρωση ή μεταβάλλουν τη χημική μορφή ή βιοδιαθεσιμότητα των αποβλήτων και απομακρύνουν τους ρύπους. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Ρύπανση της Μεσογείου.

Μεσόγειος σημαίνει θάλασσα που βρίσκεται στη μέση της Γης. Είναι ένας μικρός ωκεανός που περιβάλλεται από στεριά με χερσονήσους, κόλπους, νησιά και πόλεις, που άλλαξαν αρκετές φορές τον πληθυσμό τους και την ταυτότητά τους. Το έδαφος της Μεσογείου είναι γενικά φτωχό και γι' αυτό υποβάλλεται σε εντατική γεωργία, όμως το ίδιο συμβαίνει και με τη θάλασσα. Η διαύγεια των νερών της οφείλεται κυρίως στη μικρή παραγωγικότητά της.

Στο ερώτημα «αν μπορεί να είναι μολυσμένη η θάλασσα με τις γαλάζιες ακτές», απάντηση έδωσε ο ορισμός μιας ομάδας εμπειρογνομόνων: «Υπάρχει θαλάσσια ρύπανση όταν ο άνθρωπος, έμμεσα ή άμεσα, εισάγει στο θαλάσσιο περιβάλλον ουσίες ή ενέργεια που έχουν ως κύριες βλαβερές συνέπειες την προσβολή των ζωντανών οργανισμών, την απειλή της ανθρώπινης υγείας, την παρεμπόδιση θαλάσσιων δραστηριοτήτων (όπως η αλιεία), την αλλοίωση της ποιότητας του θαλασσινού νερού, την υποβάθμιση της ομορφιάς του τοπίου». Όλα αυτά, άλλα σε μικρότερο και άλλα σε μεγαλύτερο βαθμό, χαρακτηρίζουν τη Μεσόγειο θάλασσα, που είναι μια θάλασσα "κλειστή", με μικρή δηλαδή παραγωγικότητα και κυκλοφορία ρευμάτων.

Το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης της Μεσογείου προέρχεται από τις ακτές και είναι το πιο σοβαρό πρόβλημα, αφού συνήθως είναι μη αναστρέψιμο. Η δυναμική της φύσης μπορεί να επαναφέρει την καθαρότητα στο νερό της θάλασσας ή να αναγεννήσει το καμένο δάσος αν εξαλειφθούν οι αιτίες που τα προκαλούν, όμως δεν μπορεί να γίνει το ίδιο και για τις ακτές, όπου τα αποτελέσματα της ανθρώπινης δράσης είναι μη αντιστρεπτά.

Βασικές πηγές ρύπανσης της Μεσογείου είναι η βιομηχανία, ο πληθυσμός και ο τουρισμός, σημαντικές επιπτώσεις προκαλούν και τα πετρελαιοειδή και ορισμένα μέταλλα.

Η βιομηχανία.

Μεγάλο μέρος των βιομηχανιών είναι εγκατεστημένες στη ζώνη των ακτών και η τάση αυτή ενισχύεται. Εκτός από την άμεση χρήση της γης και των χώρων για τις βιομηχανίες, απαιτείται και ανάλογος χώρος για τις εξ επαγωγής χρήσεις, όπως είναι η επέκταση των περιοχών κατοικίας, η υποδομή για τα δίκτυα μεταφοράς, τα συστήματα επικοινωνιών κ.λπ. Το πιο σημαντικό όμως πρόβλημα που προκύπτει είναι, οι παλιές βιομηχανίες να εγκαταστήσουν συστήματα αντιρρύπανσης και οι καινούριες να υιοθετήσουν σύγχρονες και περισσότερο καθαρές τεχνολογίες. Ο έλεγχος αυτός έχει μεγάλο κόστος, απαιτεί μεγάλες επενδύσεις και γι' αυτό το λόγο χρειάζεται να γίνει υποκατάσταση της ενέργειας των συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιείται σήμερα, με φυσικό αέριο, ηλιακή και αιολική ενέργεια ή μελλοντικά με υδρογόνο. Η μοναδική οικολογικά αποδεκτή λύση για τη βιομηχανία λιπασμάτων είναι να καταργηθεί, δίνοντας σταδιακά τη θέση της στη Βιοτεχνολογία και στα οργανικής προέλευσης υλικά.

Ο πληθυσμός.

Ο πληθυσμός της Μεσογείου σήμερα είναι παραπάνω από 400 εκατομμύρια και θα ξεπεράσει τα 500 εκατομμύρια μέχρι το έτος 2025. Η δημογραφική αυτή εξέλιξη, θα αυξήσει σημαντικά τόσο τον πληθυσμό όσο και τα ποσοστά χρήσης γης των παράκτιων περιοχών. Η ένταση που θα ασκηθεί στο μεσογειακό χώρο, θα διπλασιάσει τις πιέσεις στα οικοσυστήματα (χερσαία και θαλάσσια) αλλά και θα οξύνει όλο και περισσότερο τα προβλήματα του νερού, της διάθεσης των αποβλήτων, της έλλειψης ελεύθερων χώρων και της ανεκτής κατοικίας.

Ο Τουρισμός.

Η Μεσόγειος είναι η μόνη θάλασσα του κόσμου που ο τουρισμός την επηρεάζει (από άποψη ρύπανσης) σε πολύ μεγάλο βαθμό. Διαβρέχει 19 κράτη και υπόκειται σε μεγάλη επιβάρυνση τόσο από τους κατοίκους της, όσο και από τα εκατοντάδες εκατομμύρια τουριστών ετησίως. Παράλληλα η δράση άλλων παραγόντων, έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση των "στοιχείων τουριστικής έλξης" αλλά και γενικότερα του περιβάλλοντος. Το 1985, το 85% των αποβλήτων από τις 120 μεγαλύτερες Μεσογειακές πόλεις, απορρίπτονταν στη θάλασσα χωρίς κανέναν περιορισμό ή καθαρισμό. Ο τουρισμός καταστρέφει την τοπική χλωρίδα, τους παράκτιους βιότοπους, τον τοπικό πολιτισμό, τις ιδιαιτερότητες και την αρχιτεκτονική κάθε περιοχής.

Τα πετρελαιοειδή.

Στις θαλάσσιες οδούς της Μεσογείου διακινούνται περισσότεροι από 300 εκατομμύρια τόνοι υγρών καυσίμων το χρόνο, από 250 περίπου πετρελαιοφόρα, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 35% του παγκόσμιου στόλου. Αυτά προέρχονται κυρίως από τον Περσικό Κόλπο, απ' όπου είτε προορίζονται για τις μεσογειακές χώρες μέσω της διώρυγας του Σουέζ είτε συνεχίζουν να ταξιδεύουν για άλλες χώρες. Αυτά τα πετρελαιοφόρα πλοία και ένας στόλος 2.000 περίπου εμπορικών σκαφών, μαζί με τις χερσαίες πηγές ρύπανσης από τα πετρελαιοειδή (δυλιστήρια, άντληση πετρελαίου, σταθμοί ανεφοδιασμού, εγκαταστάσεις καθαρισμού, αγωγοί λυμάτων), αποβάλλουν στη Μεσόγειο ένα εκατομμύριο τόνους πετρελαίου το χρόνο, καθιστώντας έτσι τη Μεσόγειο μία από τις πιο ρυπασμένες -από πετρέλαιο- θάλασσες στον κόσμο. Μια έρευνα της ΕΟΚ το 1982, επισήμανε στα νερά της Μεσογείου, 37 πετρελαιοκηλίδες μεγαλύτερες σε έκταση του μισού τετραγωνικού χιλιομέτρου. Μόνο πέντε από αυτές (13%), είχαν δηλωθεί επίσημα.

Τα Μέταλλα.

Οι ποσότητες των βαρέων μετάλλων που εισέρχονται στη Μεσόγειο (από χερσαίες πηγές) φαίνεται ότι είναι δευτερεύουσας σημασίας, σε σχέση με τις ποσότητες που προέρχονται από την ίδια τη θάλασσα. Σημαντικές συγκεντρώσεις μπορεί να παρατηρηθούν σε λιμάνια, κλειστούς κόλπους ή δέλτα ποταμών, ιδιαίτερα για τα μέταλλα που φτάνουν στη θάλασσα διαμέσου των αποχετευτικών αγωγών ή των επιφανειακών απορροών. Στη Μεσόγειο ιδιαίτερα εντυπωσιακές είναι οι συγκεντρώσεις μολύβδου (Pb) στα μύδια που κυμαίνονται από 2,5 μέχρι και πάνω από 100 μg/g (ξηρού βάρους) και οι συγκεντρώσεις χαλκού (Cu) που ξεπερνούν αρκετές φορές τα 150 μg/L. (Κατσούλης Β, 2009)

11.12. ΑΣΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Αστικά λύματα ονομάζονται τα οικιακά υγρά απόβλητα ή το μείγμα οικιακών αποβλήτων με βιομηχανικά απόβλητα ή/και όμβρια ύδατα, ενώ οικιακά λύματα ονομάζονται τα υγρά απόβλητα από περιοχές κατοικίας και υπηρεσιών που προέρχονται κυρίως από τον ανθρώπινο μεταβολισμό και τις εμπορικές δραστηριότητες. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Το 80-90% του νερού ύδρευσης που χρησιμοποιείται για οικιακή κατανάλωση έχει ως κατάληξη την αποχέτευση. Οι αυξανόμενες απορρίψεις λυμάτων χωρίς τις απαραίτητες διαδικασίες επεξεργασίας και καθαρισμού του, οδηγούν σε ρύπανση του νερού και σε κίνδυνο για την υγεία των ζωντανών οργανισμών. Τα συστατικά που περιέχονται στα αστικά λύματα είναι θρεπτικά συστατικά, παθογόνοι μικροοργανισμοί, άλατα, αιωρούμενα στερεά και ουσίες που απαιτούν οξυγόνο. Ο οργανικός άνθρακας στα λύματα συναντάται με τη μορφή λιπιδίων, υδατανθράκων και πρωτεϊνών. Τα ανόργανα συστατικά περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις φωσφορικών, αμμωνιακών, θεικών αλάτων και βαρέων μετάλλων (Raouf et al., 2012).

Αν τα αστικά λύματα δεν υφίστανται αποτελεσματική επεξεργασία, οι περιεχόμενοι σε αυτά ρύποι μπορεί να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα στους φυσικούς αποδέκτες. Οι κύριες αρνητικές επιδράσεις των αστικών λυμάτων είναι η ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών (Εικόνα 11.9), τα προβλήματα υγείας στο περιβάλλον από τους παθογόνους μικροοργανισμούς, το αυξημένο οργανικό φορτίο, η διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας με εμφάνιση ευτροφισμού από την αύξηση των θρεπτικών συστατικών και η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου. Επομένως είναι απολύτως απαραίτητη η επεξεργασία των λυμάτων, ώστε να περιορίζονται οι επιπτώσεις στους υδάτινους αποδέκτες. (Γκομούζας κ. συν., 2004).

Τα αιωρούμενα στερεά (TSS) μαζί με τα διαλυμένα στερεά (DS) αποτελούν τα ολικά στερεά (TS). Τόσο τα αιωρούμενα όσο και τα ολικά στερεά διακρίνονται σε πτητικά (που αεριοποιούνται σε θερμοκρασία 550°C και αντιπροσωπεύουν κυρίως τα οργανικά στερεά) και σταθερά (το υπόλειμμα της καύσης και αποτελούνται από ανόργανα στερεά).

Το οργανικό φορτίο (το οποίο προσδιορίζεται με τις παραμέτρους COD και BOD₅) έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου και μετατρέπεται κατά την αποικοδόμηση του σε αμμωνιακά, νιτρικά και φωσφορικά άλατα που είναι οι κατηγορίες θρεπτικών αλάτων που προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού. (Χαραλάμπους Α, 2007)



Εικόνα 11.9. Νεκρά ψάρια στα νερά του Πηνειού που δέχεται ανεπεξεργαστα αστικά λύματα και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα (Πηγή www.tovima.gr)

Έλεγχος αστικών λυμάτων.

Για τον έλεγχο και γενικά τη διαχείριση των αστικών λυμάτων, ισχύουν όσα προβλέπονται από την Κοινοτική Οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, όπως αυτή τροποποιήθηκε από την Οδηγία 98/15/ΕΚ, του Συμβουλίου της 27/10/1998. Η Οδηγία αφορά στη συλλογή, επεξεργασία και την τελική διάθεση των αστικών λυμάτων και ειδικότερα την διαχείριση των αποβλήτων αυτών, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι αρνητικές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Για εφαρμογή όσων προβλέπονται στην Οδηγία, οι χώρες - μέλη υποχρεούνται να προωθήσουν τους κατάλληλους κανονισμούς, διατάξεις και νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την τελική διάθεση των εκροών από τις ΜΕΑΛ και την πιθανή απόρριψη υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στα αποχετευτικά δίκτυα που καταλήγουν σε ΜΕΑΛ. (Χαραλάμπους Α, 2007)

11.13. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Οι βιομηχανικές δραστηριότητες παράγουν υγρά, στερεά και αέρια απόβλητα τα οποία αποτελούν τις πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης στις αναπτυσσόμενες χώρες. Κάθε ένα είδος ρύπανσης μπορεί να είναι άμεσο προϊόν της παραγωγικής διαδικασίας ή έμμεσο προϊόν από τις διαδικασίες καθαρισμού των πρωτογενών αποβλήτων.

Ανάλογα με τις παραγωγικές δραστηριότητες της βιομηχανίας, τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα φέρουν ρυπαντικό φορτίο που ανήκει σε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- Αδιάλυτα στερεά, όπως τα επιπλέοντα ελαιώδη στερεά, οι ρητίνες, τα αιωρούμενα στερεά, τα υδροξείδια, άμμος κλπ., που διαχωρίζονται με φυσικές διεργασίες και με ή χωρίς κροκίδωση.
- Οργανικές ενώσεις, όπως τα χρώματα, τα απορρυπαντικά, οι μακρομοριακές φαινολικές ενώσεις και οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες που διαχωρίζονται με προσρόφηση.
- Ιόντα μετάλλων και ανιόντα που διαχωρίζονται με ιζηματοποίηση. Τα κυριότερα μέταλλα είναι: Fe, Cu, Zn, Ni, Al, Hg, Pb, Cr, Cd, που σε ορισμένες τιμές του pH παράγουν ιζήματα υδροξειδίων ή θειούχων ενώσεων, ενώ τα ανιόντα είναι τα PO_4^{-3} , SO_4^{-2} και SO_3^{-2} .
- Ενώσεις που απομακρύνονται με εμφύσηση, όπως H_2S , NH_3 , SO_2 , φαινόλες, ελαφρείς ή αρωματικοί και χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες.
- Ενώσεις οι οποίες απαιτούν οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, όπως ιόντα CN^- , Cr^{+6} , S^{-2} , Cl^- .
- Ανόργανα οξέα όπως υδροχλωρικό, νιτρικό, θειικό, υδροφθορικό κλπ. και κάποιες βάσεις όπως το υδροξείδιο του νατρίου.
- Ενώσεις που απομακρύνονται με ιονταλλαγή ή αντίστροφη ώσμωση, όπως τα ραδιενεργά στοιχεία, I^* , Mo^* , Cs^* , τα άλατα ισχυρών βάσεων και οξέων, οι ιονισμένες οργανικές ενώσεις (με ιονταλλαγή) ή οι μη ιονισμένες οργανικές ενώσεις (με αντίστροφη ώσμωση).
- Βιοαποικοδομήσιμες ουσίες, οι οποίες καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα οργανικών ενώσεων όπως είναι τα σάκχαρα, οι πρωτεΐνες, οι φαινόλες κλπ. Οι μικροοργανισμοί που εκτελούν τη βιολογική αποικοδόμηση είναι δυνατόν να αποδομούν ενώσεις όπως η φορμαλδεΐδη, τα απορρυπαντικά, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και να οξειδώνουν πολλές ανόργανες ενώσεις. (Δεληγιάννης, 2009)

Απόβλητα βιομηχανιών ποτών και τροφίμων.

Τα υγρά απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων και ποτών είναι πλούσια σε οργανική ύλη και χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές σε BOD, περιέχουν μεγάλα ποσοστά αιωρούμενων στερεών και συχνά μεγάλες ποσότητες χημικών ρυπαντών. Η επεξεργασία τους περιλαμβάνει διήθηση για την απομάκρυνση των αιωρημάτων και δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία για μείωση του BOD. (Νταράκας, 2006)

Τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων περιλαμβάνουν στερεά ή ημίρρευστα απόβλητα, όπως ιλύες, αλλά και στερεά απόβλητα παρόμοιας σύστασης με τα αστικά απορρίμματα, όπως τα υλικά των συσκευασιών ή τα χαρτιά που δεν απαιτούν ιδιαίτερη επεξεργασία και μπορούν να διατεθούν σε ΧΥΤΑ μαζί με τα υπόλοιπα απόβλητα. Περιλαμβάνουν επίσης και μη άχρηστα υλικά όπως υπολείμματα αγροτικών προϊόντων που είναι αξιοποιήσιμα για την παραγωγή ζωοτροφών ή αξιοποιούνται από άλλες βιομηχανίες (Γριζόπουλος, 2012).

Απόβλητα βιομηχανίας γάλακτος.

Τα στερεά απόβλητα έχουν τα χαρακτηριστικά των αστικών στερεών αποβλήτων ενώ τα υγρά απόβλητα περιέχουν αιωρούμενα στερεά περίπου 2000 ng/l, έχουν BOD₅ 30-50.000 (Πίνακας 11.1) και σημαντικό φορτίο ιόντων χλωρίου, φωσφορικών και αζωτούχων. Οι μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων των βιομηχανιών γάλακτος είναι κοσκίνηση, καθίζηση και επίπλευση με διαλυμένο αέρα για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, επίπλευση για την απομάκρυνση λιπών και ελαίων, χημική κατακρήμνιση για απομάκρυνση των ιόντων και μέθοδοι ενεργού ιλύος για την αντιμετώπιση της οργανικής ύλης. Τα στερεά απόβλητα των γαλακτοβιομηχανιών είναι κυρίως τα στερεά τρίμματα τυρομάζας και τυροπήγματος όπως και τα στερεά απόβλητα (ιλύς) από τις διαδικασίες του βιολογικού καθαρισμού. Σημαντικές ποσότητες στερεών αποβλήτων είναι οι συσκευασίες και τα χάρτινα κουτιά, καθώς και οι χάρτινοι σάκοι συσκευασίας της σκόνης γάλακτος (Γριζόπουλος, 2012)

Τα υγρά απόβλητα των γαλακτοβιομηχανιών περιέχουν κυρίως γάλα ή προϊόντα γάλακτος και διάφορες απορρυπαντικές ουσίες και παρουσιάζουν πολύ υψηλό οργανικό φορτίο, υψηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρου και διακυμάνσεις ως προς την θερμοκρασία και το pH, λόγω της παρουσίας βασικών και όξινων χημικών ουσιών καθαρισμού. Ο όγκος των αποβλήτων τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος και η ποσότητα των προϊόντων, ο μηχανολογικός εξοπλισμός, οι πρακτικές καθαρισμού κ.λπ. (Metcalf and Eddy, 2004).

Πίνακας 11.1. Το οργανικό φορτίο BOD που περιέχει το γάλα ανάλογα με την προέλευση του. (Πηγή Γριζόπουλος, 2012)

Γάλα	Οργανικό φορτίο (BOD, mg/l)
Αγελαδινό πλήρες	104.000
Αγελαδινό άπαχο	67.000
Απόβλητο τυρόγαλα	34.000
Πρόβειο πλήρες	156.000
Αίγαιο	116.000

Οι κυριότερες πηγές επιβάρυνσης των υγρών αποβλήτων προέρχονται από τα νερά πλύσης των δεξαμενών γάλακτος, γραμμών παραγωγής, μηχανημάτων, δαπέδων, μέσων μεταφοράς γάλακτος, από τις απώλειες γάλακτος κατά την παραγωγική διαδικασία (π.χ. παραλαβή, αποθήκευση, παστερίωση, κ.λπ.) και από την διάθεση τυρογάλακτος, βουτυρογάλακτος στα απόβλητα. Η μείωση των απωλειών κατά τη διαδικασία παραγωγής είναι πολύ σημαντική τόσο για την εξοικονόμηση πρώτων υλών όσο και για την αποφυγή επιβάρυνσης των αποβλήτων με πρόσθετο ρυπαντικό φορτίο.

Απόβλητα βιομηχανίας κρέατος.

Τα απόβλητα της βιομηχανίας κρέατος προέρχονται από τα μη αξιοποιήσιμα προϊόντα τους όπως είναι το αίμα, τα λίπη, οι ζωικοί ιστοί κλπ. Είναι πλούσια σε ιόντα χλωρίου, αζωτούχες ενώσεις και αιωρούμενα στερεά με BOD ίσο με 500-1500. Η απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ιόντων γίνεται με χημική κατακρήμνιση, ενώ η απομάκρυνση των αζωτούχων ενώσεων επιτυγχάνεται με μεθόδους απονιτροποίησης (Γριζόπουλος, 2012).

Τα υγρά απόβλητα των σφαγείων προέρχονται από τις διαδικασίες παραγωγής όπως είναι το πλύσιμο των σφαγίων, οι απώλειες αίματος κατά την διαδικασία, η αποστράγγιση των ζώων και το πλύσιμο των εγκαταστάσεων. Ο όγκος τους είναι αρκετά μεγάλος και κυμαίνεται από 7-9 m³ ανά τόνο ζωντανού βάρους. Οι μέσες τιμές του οργανικού φορτίου είναι συνήθως από 0,5 - 2,0 kg/κεφαλή και κυμαίνονται στα 1850 – 2000 mg/l. Για τον καθαρισμό των αποβλήτων εφαρμόζονται αρχικά διεργασίες επίπλευσης για την απομάκρυνση των λιπών, τα οποία συνήθως θάβονται. Στη συνέχεια τα απόνερα οδηγούνται σε αναερόβιες δεξαμενές χώνευσης, διαδικασία που μειώνει το B.O.D. περίπου κατά 95%. (Τζάνου και συν. 2005)

Απόβλητα ελαιοτριβείων.

Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων αποτελούν μια μεγάλη πηγή βιολογικής τοξικής ρύπανσης επειδή περιέχουν μεγάλα ποσά φυτοφαρμάκων και λιπαρών υλών, μεγάλο οργανικό φορτίο και εμφανίζουν μεγάλες τιμές οξύτητας. Είναι τα υγρά του ελαιοκάρπου αυξημένα με το νερό της κατεργασίας και προέρχονται από τα στάδια επεξεργασίας του ελαιοκάρπου (έκθλιψη, τελικός φυγοκεντρικός διαχωρισμός, πλύση ελαιοκάρπου με καθαρό νερό). Η οσμή τους είναι χαρακτηριστική και παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλούς δείκτες ρύπανσης όπως BOD και COD. Ο όγκος τους κυμαίνεται περίπου στο 1 m³/ τόνο ελαιοκάρπου ή σε 5 m³/ τόνο ελαιόλαδου. Ο κυριότερος όγκος προέρχεται σε ποσοστό 80% από το στάδιο της έκθλιψης και το υπόλοιπο 20% από το στάδιο της πλύσης. Οι ιδιαίτερα υψηλές τιμές σε οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι BOD 42Kg/ τόνο ελαιοκάρπου και TSS 65 Kg/ τόνο ελαιοκάρπου. (Νταράκας, 2006)

Στα ελαιοτριβεία που χρησιμοποιούν το κλασικό φυγοκεντρικό σύστημα τα υγρά απόβλητα είναι λίγο περισσότερα και κυμαίνονται σε 7,5 m³ / τόνο ελαιόλαδου λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας νερού που χρησιμοποιούν κατά την κατεργασία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το 10% των αποβλήτων των ελαιοτριβείων προέρχεται από το στάδιο της πλύσης και το 85% από το στάδιο του φυγοκεντρικού διαχωρισμού (Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, 2015)

Η κατεργασία των αποβλήτων ελαιουργείων περιλαμβάνει εξουδετέρωση με προσθήκη άσβεστου (CaO) σε συνδυασμό με προσθήκη κροκιδωτικών ουσιών σε δεξαμενές καθίζησης, καθώς και διεργασίες επίπλευσης για την απομάκρυνση των λιπαρών ουσιών. Η παραγόμενη λάσπη από τις δεξαμενές καθίζησης διατίθεται στον τελικό αποδέκτη (χωράφια) είτε απευθείας είτε μετά από χώνευση και ξήρανση.

Οι μονάδες εξευγενισμού του ελαιόλαδου (ραφιναρίες) παράγουν ιδιαίτερα τοξικά απόβλητα και με μεγάλα ποσοστά οργανικής ύλης. Η αποτελεσματικότερη μέθοδος κατεργασίας των αποβλήτων αυτών είναι ο βιολογικός καθαρισμός με τη μέθοδο ενεργού ιλύος, αφού προηγηθεί χημική κατεργασία για την απομάκρυνση των τοξικών ουσιών και τη ρύθμιση του pH, διεργασίες επίπλευσης για την απομάκρυνση των επιπλέοντων λιπαρών υλών και διεργασίες καθίζησης για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία μειώνει το B.O.D₅ κατά 80% (Γεωργιοπούλου, 2007).

Τα στερεά απόβλητα των ελαιοτριβείων είναι λιγότερο βλαβερά από τα υγρά και συνήθως έχουν μεγάλη ομοιότητα με τα στερεά αστικά απόβλητα. Είναι κυρίως φύλλα ελαιόδεντρων από το στάδιο της διαλογής και του καθαρισμού του ελαιοκάρπου, ενώ οι ελαιοπυρήνες προωθούνται σε πυρηνελαιουργεία για την παραγωγή πυρηνέλαιου (ΕΣΔΑ, 2015)

Απόβλητα βιομηχανίας χαρτομάζας.

Τα απόβλητα των χαρτοβιομηχανιών περιέχουν κυτταρίνη, τανίνες και χημικές ενώσεις για την κατεργασία της πρώτης ύλης, που αποτελούν πηγές τοξικής ρύπανσης επειδή περιέχουν διάφορες δραστικές χημικές ουσίες, που χρησιμοποιούνται στα στάδια επεξεργασίας και παραγωγής. Οι σύγχρονες μονάδες διαθέτουν συστήματα επεξεργασίας των αποβλήτων που επιτρέπουν την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των χημικών αυτών ουσιών. Μια τυπική μονάδα καθαρισμού αποβλήτων χαρτοβιομηχανίας περιλαμβάνει δεξαμενές καθίζησης των αιωρούμενων στερεών και δεξαμενές βιολογικής επεξεργασίας.

Η παραγωγή υγρών αποβλήτων από τις χαρτοβιομηχανίες είναι ανάλογη της κατανάλωσης νερού. Η σύστασή τους εξαρτάται από την παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται, τις πρώτες ύλες, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται και τον χρόνο παραμονής του νερού στις εγκαταστάσεις παραγωγής. Η κύρια μάζα των λυμάτων είναι το νερό και οι οργανικές ενώσεις που περιέχουν τα ανεπεξέργαστα απόβλητα της χαρτοβιομηχανίας.

Το νερό και οι ηλεκτρολύτες προκαλούν τη διαλυτοποίηση των οργανικών και ανόργανων συστατικών της χαρτομάζας. Η ύπαρξη οργανικών ουσιών, μικροοργανισμών και CO₂ που προέρχεται από την ατμόσφαιρα, προκαλούν βιολογικές διεργασίες, οι οποίες συντελούν ώστε οι αρχικές οργανικές ενώσεις να συνυπάρχουν με τα προϊόντα της αποσύνθεσής τους, δηλαδή αμινοξέα, αμμωνία, υδρόθειο, αλκοόλες, CO₂, μεθάνιο, νιτρικά και νιτρώδη άλατα, θειικά άλατα, καθώς και με άλλες οργανικές και ανόργανες ενώσεις (Γεωργιοπούλου, 2007).

Οι βιοκτόνες ενώσεις που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή και απομακρύνονται μαζί με τα υγρά απόβλητα, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για την επεξεργασία των αποβλήτων. Οι συγκεντρώσεις σε οργανικό φορτίο στα υγρά απόβλητα των χαρτοβιομηχανιών είναι 10,5 kg BOD/tn προϊόντος, 26,7 kg COD/tn και 17,8 kg SS/tn (Νταράκας, 2006)

Τα στερεά απόβλητα της χαρτοβιομηχανίας, είναι παρόμοια με τα αστικά απορρίμματα, συνήθως είναι τα υλικά συσκευασίας των πρώτων υλών όπως σχοινιά, χώμα, πλαστικά, άμμος, τεμάχια ξύλου κτλ. Το μεγαλύτερο μέρος τους απομακρύνεται από τις σχάρες των πολτοποιητών και στην συνέχεια συγκεντρώνονται στα κόσκινα σε υπαίθριους χώρους όπου συσσωρεύονται και διατίθενται μαζί με τα αστικά απορρίμματα. (Βλάχου, 2001).

Πετροχημικές βιομηχανίες.

Οι μονάδες αυτές προκαλούν σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση σε μια περιοχή επειδή ρυπαίνουν σε όλα τα επίπεδα. Προκαλούν ρύπανση στο υπέδαφος, τα επιφανειακά και υπόγεια

νερά, αλλά και στην ατμόσφαιρα κατά τις διεργασίες άντλησης, κλασματικής απόσταξης, καταλυτικής διάσπασης και κατά τις διεργασίες ραφινάρισματος του πετρελαίου. Η αποθήκευση και μεταφορά του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του δημιουργεί επίσης σοβαρά προβλήματα στο υπέδαφος και το υδάτινο περιβάλλον λόγω διαρροών. Η ρύπανση από τις μονάδες αυτές οφείλεται κυρίως στους υδρογονάνθρακες και τα καυστικά που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια κατεργασίας (Γεωργιοπούλου, 2007).

Τα απόνερα των διυλιστηρίων περιέχουν μεγάλες ποσότητες πτητικών και αιωρούμενων στερεών, έχουν μεγάλες τιμές pH και το BOD5 έχει τιμή περίπου 800. Παράγονται κατά την εξόρυξη και μεταφορά της πρώτης ύλης και των προϊόντων διύλισης, κατά την παραγωγή των πετροχημικών προϊόντων και κατά την διύλιση. Η κατεργασία τους περιλαμβάνει διεργασίες καθίζησης και καταβύθισης για τα αιωρούμενα στερεά, διεργασίες διαχωρισμού επίπλευσης και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα για τους υδρογονάνθρακες. Η ποιότητα των υγρών αποβλήτων από τις πετροχημικές βιομηχανίες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις διαδικασίες που ακολουθούνται και πριν διατεθούν στο περιβάλλον πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία καθαρισμού. (Βλάχου, 2001).

Ρύπανση από τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα.

Επικίνδυνα απόβλητα είναι τα απόβλητα που περιέχουν ουσίες που χαρακτηρίζονται ως τοξικές, εκρηκτικές, εύφλεκτες, καρκινογόνες, ραδιενεργές, ερεθιστικές και μεταλλαξογόνες, καθώς και κάθε ουσία που μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις στο νερό, τον αέρα ή το έδαφος. Η σωστή διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων είναι αναγκαία και αποτελεί προτεραιότητα τόσο για την χώρα μας όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η πολιτική αυτή προστατεύει το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, ενώ παράλληλα επικεντρώνεται στην πρόληψη και ελαχιστοποίηση της παραγωγής και της επικινδυνότητας τους.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στον τομέα της διαχείρισης των επικίνδυνων αποβλήτων έχει θεσπίσει νομικό πλαίσιο όπως, οδηγίες, αποφάσεις και κανονισμούς. Η Οδηγία 75/442/ΕΟΚ αναφέρεται στη διαχείριση αποβλήτων, ενώ η οδηγία 91/689/ΕΟΚ εξειδικεύεται στο αντικείμενο των επικίνδυνων αποβλήτων. Το Κοινοτικό Δίκαιο αποτελείται από εξειδικευμένα νομοθετήματα που αφορούν είτε μεθόδους διαχείρισης είτε ορισμένα είδη αποβλήτων τα οποία χρειάζονται ειδική αντιμετώπιση.

Στην Ελλάδα, η Εθνική Νομοθεσία πρέπει να προσαρμοστεί στην αντίστοιχη κοινοτική και μέσω περιβαλλοντικής πολιτικής να εφαρμοστεί για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων. Για το λόγο αυτό, συντάχτηκαν μια σειρά νομοθετημάτων (Νόμοι, Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις, Προεδρικά Διατάγματα) και εγκύκλιοι, που αναφέρονται κυρίως:

- Στη διαχείριση μη επικίνδυνων αποβλήτων
- Στη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων
- Στην υγειονομική ταφή αποβλήτων
- Στη διαχείριση πολυχλωροδифαινυλίων και πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT)
- Στην εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων
- Στην ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση επικίνδυνων ουσιών (Κουϊμτζής κ.α 2002).

11.14. ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Νιτρορύπανση.

Ως νιτρορύπανση θεωρείται η απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων, με σημαντικότερες επιπτώσεις την υποβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων και τις βλάβες στην υγεία του ανθρώπου. Πηγές νιτρορύπανσης είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες με πιο σημαντική τις αγροτικές δραστηριότητες. Η υπέρμετρη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων για βελτίωση της παραγωγής, έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ενώσεων στο υπέδαφος.

Υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων συνήθως παρατηρούνται σε περιοχές με αυξημένη γεωργική δραστηριότητα, αλλά και σε περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση ζωικών αποβλήτων (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2015). Η αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζωικών αποβλήτων αποτελούν σημαντικές πηγές νιτρικών αλάτων. Τα λύματα από τις γεωργικές αποχετεύσεις και αρδεύσεις αποτελούν μεγάλο ποσοστό των συνολικών λυμάτων. Περιέχουν διάφορους μικροοργανισμούς, χημικά υπολείμματα και νιτρικά άλατα που τα καθιστούν σημαντικούς ρυπαντές, αφού η διάθεσή τους ρυπαίνει τα υπόγεια και επιφανειακά νερά και γενικότερα υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού στο οποίο τελικά καταλήγουν. (Raouf et al., 2012).

Τα νιτρικά και αζωτούχα λιπάσματα.

Το άζωτο αποτελεί το πιο κοινό χημικό στοιχείο στη φύση, καθώς αποτελεί το 80% της ατμόσφαιρας. Είναι βασικό συστατικό σημαντικών βιομορίων, όπως είναι οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα, οι βιταμίνες και οι ορμόνες. Στους ζωντανούς ιστούς, είναι το τέταρτο πιο κοινό στοιχείο, μετά τον άνθρακα, το οξυγόνο και το υδρογόνο (EFSA, 2008).

Τα νιτρικά ανιόντα αποτελούν μέρος του κύκλου του αζώτου, μέσω του οποίου γίνεται η ανταλλαγή του αζώτου μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντος. Τα νιτρικά ανιόντα είναι μια μορφή αζώτου, που εύκολα προσλαμβάνονται από τα φυτά και για το λόγο αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο στη θρέψη και τη λειτουργία των φυτών (Γκομούζας κ. συν., 2004).

Τα νιτρικά ανιόντα βρίσκονται φυσιολογικά στα επιφανειακά νερά σε μικρές συγκεντρώσεις (mg/L). Η παρουσία τους οφείλεται κυρίως στην οξείδωση των νιτρωδών ιόντων, τα οποία είναι ασταθή. Σχηματίζονται με φυσικές διαδικασίες σε ζωντανούς αλλά και σε αποσυντιθέμενους φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις αγροτικές καλλιέργειες ως λίπασμα για την αντικατάσταση της κοπριάς, καθώς και ως πρόσθετη ύλη στην παρασκευή τροφίμων (EFSA, 2008).

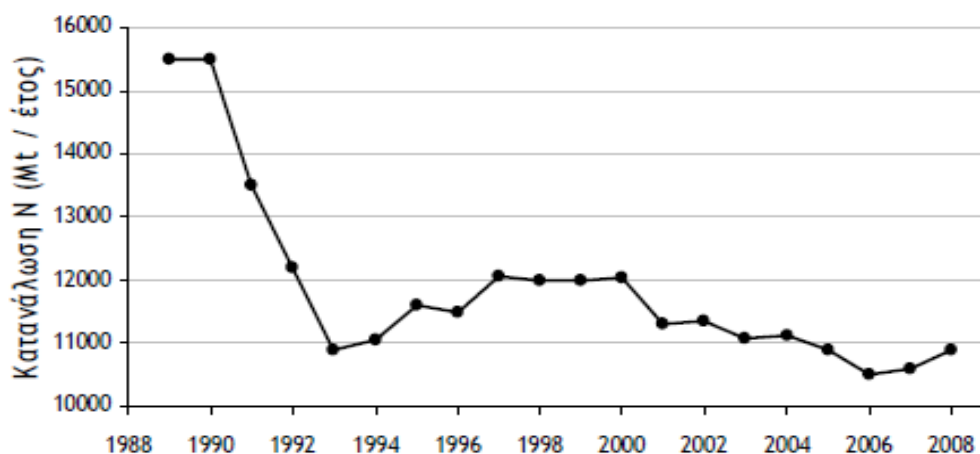
Η παρουσία τους στα υπόγεια ύδατα συχνά είναι αυξημένη, εξαιτίας της προσθήκης τους στις αγροτικές καλλιέργειες με τη μορφή λιπασμάτων για την αύξηση της παραγωγής και της διήθησης του επιφανειακού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Βρίσκονται επίσης στα βιομηχανικά, κτηνοτροφικά και οικιακά απόβλητα. (Raouf et al., 2012).

Οι ποσότητες νιτρικών ιόντων που συσσωρεύει ένα φυτό εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι η εποχή, το φως, η θερμοκρασία, οι συνθήκες ανάπτυξης των φυτών και η χρήση λιπασμάτων. Ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων εντοπίζονται στις βορειότερες χώρες, εκεί όπου η ένταση του φωτός και οι ώρες ηλιοφάνειας είναι περιορισμένες (EFSA, 2008).

Πίνακας 11.2. Ετήσια κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων ανά χώρα, εκφρασμένη σε εκατομμύρια τόνους αζώτου. (Πηγή Δόρτσιου, 2009)

Χώρα	Συνολική χρήση αζώτου (σε εκατομμύρια τόνους αζώτου)
Κίνα	18,7
Ινδία	11,9
Η.Π.Α.	9,1
Γαλλία	2,5
Γερμανία	2,0
Βραζιλία	1,7
Καναδάς	1,6
Τουρκία	1,5
Μεγ. Βρετανία	1,3
Μεξικό	1,3
Ισπανία	1,2
Αργεντινή	0,4

Τα νιτρικά ιόντα δεν συγκρατούνται από το έδαφος, αλλά εκπλύνονται προς τους υπόγειους υδροφορείς, μέσω του νερού που διηθείται από την ακόρεστη ζώνη του εδάφους, επομένως μικρές μόνο ποσότητες είναι διαθέσιμες στα φυτά. Έτσι, οι αγρότες προβαίνουν σε λιπάνσεις με ανόργανα αζωτούχα λιπάσματα για να βελτιώσουν την απόδοση των καλλιεργειών τους, με αποτέλεσμα την αύξηση των νιτρικών στα υπόγεια νερά (Μέλφου, 2000).



Εικόνα 11.10. Κατανάλωση νιτρικών λιπασμάτων στην Ε.Ε. των 27, εκφρασμένη σε εκατομμύρια τόνους αζώτου. (Πηγή Δόρτσιου, 2009)

Η κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων παρουσιάζει μεγάλη αύξηση μετά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο. Στα νιτρικά λιπάσματα, η παγκόσμια κατανάλωση παρουσιάζει αντίστοιχη πορεία και έχει ξεπεράσει τα 90 εκατομμύρια τόνους. Οι χώρες της Ασίας είναι οι μεγαλύτεροι καταναλωτές αζωτούχων λιπασμάτων, ακολουθούμενες από τις Η.Π.Α. (Πίνακας 11.2)

Αντίθετα, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Εικόνα 11.10) παρατηρείται τάση μείωσης των ποσοτήτων νιτρικών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται τα τελευταία 20 χρόνια, ως αποτέλεσμα των νομοθετικών μέτρων και της περιβαλλοντικής πολιτικής που εφαρμόζει η Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως για παράδειγμα η Οδηγία 91/676/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης (Δόρτσιου, 2009).

Όλοι οι τύποι αζωτούχων λιπασμάτων μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα με την βοήθεια των μικροοργανισμών του εδάφους. Τα νιτρικά ακολουθούν τις εξής οδούς:

- Μπορεί να προσληφθούν από τα φυτά. Το άζωτο που βρίσκεται στο έδαφος, γίνεται διαθέσιμο στα φυτά μετά από τη διαδικασία της ανοργανοποίησης. Κάθε χρόνο και ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και το είδος του εδάφους, ανοργανοποιείται από τους μικροοργανισμούς ένα ποσοστό 1-3% του οργανικού αζώτου, το οποίο μετατρέπεται σε αμμωνιακά ιόντα και στη συνέχεια σε νιτρικά ιόντα με τη βοήθεια νιτροποιητικών μικροοργανισμών του εδάφους.
- Μπορεί να εκπλυθούν στο έδαφος και να αποτελέσουν μέρος της νιτρορύπανσης. Τα νιτρικά ιόντα μετακινούνται πολύ εύκολα διαμέσου των εδαφικών στρώσεων με το νερό έκπλυσης. Τελικά συσσωρεύονται σε υδάτινους αποδέκτες και σε υψηλές συγκεντρώσεις να αποτελούν πρόβλημα για την ποιότητα του νερού.
- Μπορεί να απονιτροποιηθούν σε αέριες μορφές αζώτου, το οποίο διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της βιολογικής απονιτροποίησης κυρίως ως μοριακό άζωτο.

Οι ποσότητες των νιτρικών που εκπλύνονται, εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Την ένταση και το ύψος της βροχόπτωσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση και το ύψος της βροχόπτωσης, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος απώλειας θρεπτικών στοιχείων από την διήθηση και την επιφανειακή απορροή.
- Την φυτοκάλυψη. Η μεγαλύτερη έκπλυση νιτρικών προέρχεται από εδάφη, που είτε βρίσκονται σε αγρανάπαυση είτε έχουν κοπεί ή καεί τα δέντρα. Σε συνθήκες με ανεπαρκή φυτική κάλυψη, οι απώλειες φθάνουν τα 280 kg NO₃/εκτάριο/έτος και αυξάνονται αν έχει προηγηθεί καλλιέργεια ψυχανθών. Η έκπλυση του αζώτου μειώνεται σημαντικά στα δάση και τις λιβαδικές εκτάσεις. Η έκπλυση νιτρικών είναι 2-3 φορές μεγαλύτερη σε γυμνό έδαφος, συγκρίνοντας το με καλλιεργημένο έδαφος και 9 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με έδαφος, που φέρει λιβαδική φυτοκάλυψη. (Μέλφου, 2000)
- Τη κτηνοτροφία. Η υπερβόσκηση μειώνει την φυτική κάλυψη και διευκολύνει την έκπλυση.
- Τη μηχανική σύσταση του εδάφους. Η διήθηση του νερού είναι μικρότερη στα βαριά απ' ότι στα ελαφρά εδάφη, γεγονός που έχει επίπτωση στην έκπλυση νιτρικών. Κατά μέσο όρο, οι απώλειες από τα αμμώδη εδάφη φθάνουν τα 3-4 kg N/στρέμμα, ενώ από τα πηλώδη 2-3kg N/ στρέμμα (Σιμώνης και Σετάτου, 1995).

- Τη στάθμη υπεδάφιου νερού. Αν το βάθος του υπεδάφιου νερού είναι μικρό, η συσσώρευση νιτρικών λόγω έκπλυσής τους είναι μεγαλύτερη, ειδικά σε ελαφρά (αμμώδη) εδάφη.
- Τη χρήση λιπασμάτων. Η υπερβολική χρήση λιπασμάτων αυξάνει και την έκπλυση νιτρικών από το έδαφος. Διάφορα πειράματα έδειξαν ότι με παροχή 0-120kg ανά εκτάριο στα σιτηρά, οι απώλειες αζώτου με έκπλυση ήταν της τάξεως των 50kg N/ha/έτος. Όταν η παροχή αυξάνεται στα 180 kg/ha, οι απώλειες ανέρχονται στα 75kg N/ha/έτος. Άλλα πειράματα στις ΗΠΑ έδειξαν ότι κάθε ποσότητα αζωτούχου λίπανσης πάνω από τις πραγματικές ανάγκες των φυτών μπορεί να διαφύγει με έκπλυση σε ποσοστό πάνω από 50% (Μέλφου, 2000).

Ρύπανση από Φυτοφάρμακα.

Τα φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται για την αύξηση της αγροτικής παραγωγής. Είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται για την εξόντωση οργανισμών που επηρεάζουν την ανάπτυξη και παραγωγή των καλλιεργειών, όπως τα έντομα (εντομοκτόνα), μύκητες (μυκητοκτόνα), τρωκτικά (βιοκτόνα) και φυτά (ζιζανιοκτόνα). Αποτελούνται από χημικές ενώσεις, κατά κύριο λόγο συνθετικές, διαφορετικές από αυτές που υπάρχουν στο φυσικό περιβάλλον και ελευθερώνονται σε σημαντικές ποσότητες στο έδαφος. Η έκπλυση τους προς τα υπόγεια νερά αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα από τη χρήση τους. Τα υπόγεια νερά αποτελούν μια από τις κύριες πηγές νερού σε πολλές περιοχές αλλά και τα επιφανειακά νερά, ποτάμια, λίμνες και θάλασσες είναι αποδέκτες των φυτοφαρμάκων δια μέσου της επιφανειακής απορροής, της διάβρωσης και της διαρροής των υπόγειων νερών. Τα προβλήματα των φυτοφαρμάκων μπορούν να διακρίνονται σε αυτά που προκαλούνται από την έκπλυση προς τα υπόγεια νερά και την επιφανειακή απορροή και σε αυτά από την παραμονή τους στην καλλιεργούμενη ζώνη του εδάφους. Τα φυτοφάρμακα μπορεί να επηρεάσουν τους μικροοργανισμούς του εδάφους και των αποδεκτών της επιφανειακής απορροής και σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στις καλλιέργειες των επόμενων χρόνων.

Ο εντοπισμός των φυτοφαρμάκων στα υπόγεια νερά άρχισε να καταγράφεται από τα τέλη της δεκαετίας του 60, ενώ από τις αρχές της δεκαετίας του 80 άρχισε η ανάπτυξη συστηματικών προγραμμάτων καταγραφής με σκοπό τον προσδιορισμό της έκτασης του προβλήματος και την κατανόηση και διερεύνηση των παραγόντων που καθορίζουν την ικανότητα έκπλυσής των φυτοφαρμάκων και την επικινδυνότητα ρύπανσης των υπόγειων υδατικών πόρων. Οι κυριότερες ομάδες φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι τα εντομοκτόνα (3.520 tn/έτος), τα ζιζανιοκτόνα (3.440 tn/έτος) και τα μυκητοκτόνα (2.800 tn/έτος). Αρκετά εντομοκτόνα, όπως το DDT, έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα πριν από το 1972, άγνωστες όμως ποσότητες μετά την απόσυρση του το 1972, βρίσκονται θαμμένες σε διάφορες περιοχές της χώρας ή είναι πλημμελώς αποθηκευμένες και αποτελούν απειλή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν συστηματικές μετρήσεις και καταγραφές της ρύπανσης των υπογείων νερών από φυτοφάρμακα, μόνο περιστασιακές μετρήσεις που έγιναν σε μία ορεινή περιοχή και που συνήθως έχουν γίνει στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων.

Τα φυτοφάρμακα που εισέρχονται στο έδαφος μπορεί να προσληφθούν από τα φυτά, να αποικοδομηθούν προς άλλες χημικές ενώσεις και να εκπλυθούν προς τα υπόγεια νερά. Η ταχύτητα των μεταβολών των φυτοφαρμάκων στο υδάτινο και εδαφικό περιβάλλον εξαρτάται από τις ιδιότητες του φυτοφαρμάκου και του εδάφους, τις συνθήκες στην περιοχή εφαρμογής

τους και τις διαχειριστικές ενέργειες. Όσα δεν αποικοδομούνται μπορούν να κινηθούν ελεύθερα και να φτάσουν στα υπόγεια νερά, ενώ όσα είναι αδιάλυτα ή συγκρατούνται από τα εδαφικά μόρια θα παραμένουν στο επιφανειακό έδαφος και κάποιες ποσότητες θα απομακρυνθούν με την επιφανειακή απορροή και τη διάβρωση.

Τα φυτοφάρμακα σκοτώνουν τους ανεπιθύμητους οργανισμούς, αλλά οι ιδιότητες που τα κάνουν αποτελεσματικά αποτελούν κίνδυνο και για άλλους οργανισμούς, μεταξύ αυτών και του ανθρώπου. Αυτό εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα που απαιτείται για κάθε είδος, μια ορισμένη ποσότητα φυτοφαρμάκου που σκοτώνει τον επιθυμητό οργανισμό μπορεί να είναι στα όρια ανοχής του ανθρώπου. Η σταθερή και συνεχής όμως έκθεση μπορεί να προκαλέσει χρόνια προβλήματα, πιο σοβαρά από τα οξέα και μικρού χρόνου έκθεσης. Ακόμη και αν δεν υπάρχει πρόβλημα στους ανθρώπους οι ουσίες των φυτοφαρμάκων μπορεί να έχουν επικίνδυνες επιπτώσεις στην υγεία άλλων ζώων, όπως των οικοσίτων και της κτηνοτροφίας. Μεγάλος κίνδυνος προκαλείται και όταν μεταφέρονται σε άλλες περιοχές όπου αποτελούν πηγές έκθεσης σε άλλους οργανισμούς.

Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι εκτίμησης της τοξικότητας των φυτοφαρμάκων. Η τοξικότητα εκφράζεται ως προς το χρόνο έκθεσης κάποιου ζώου στο φυτοφάρμακο. Αναφέρεται σε επιθυμητά ή ανεπιθύμητα ζώα, όπως και τον άνθρωπο. Οι πιο κοινοί όροι έκφρασης της τοξικότητας είναι το LD50 και LC50. Το LD50 (θανατηφόρος δόση) είναι μέτρο της τοξικότητας της ουσίας. Με το LD50 εκφράζεται η δόση της ουσίας με την οποία πεθαίνει ο μισός πληθυσμός των πειραματόζωων. Κάθε χημική ουσία έχει διαφορετική τοξικότητα για κάθε ζώο. Για παράδειγμα το LD50 της αιθυλικής αλκοόλης είναι για τα ποντίκια 1400 mg/kg, ενώ το LD50 του DDT είναι 113 mg ουσίας/kg βάρους του ζώου. Το LC50 (θανατηφόρος συγκέντρωση) είναι μια άλλη μέτρηση της τοξικότητας. Το LC50 εκφράζει την συγκέντρωση του υλικού για να θανατωθεί ο μισός πληθυσμός των πειραματόζωων σε ορισμένο χρόνο. Η θανατηφόρος συγκέντρωση αναφέρεται στο μέσο, όπως ο αέρας και το νερό. Η τιμή του LC50 για ένα είδος ψαριού σημαίνει ότι η συγκέντρωση της τοξίνης στο νερό βρίσκεται σε τέτοιο επίπεδο που θανατώνει το μισό πληθυσμό από το είδος των ψαριών αυτών στο νερό. (Αντωνόπουλος Β, 1999)

Αλάτωση του εδάφους.

Αλάτωση ονομάζεται η συσσώρευση αλάτων στην επιφάνεια του εδάφους. Η αλάτωση ως φυσικό φαινόμενο παρατηρείται σε εδάφη που βρίσκονται σε χαμηλές από άποψη ανάγλυφου θέσεις, όπου η στάθμη του εδαφικού νερού φτάνει ορισμένες εποχές μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Η βλάστηση στα εδάφη αυτά αποτελείται από φυτά ανθεκτικά στα άλατα.

Σε παράκτιες περιοχές, η αλάτωση συχνά συνδέεται και με την υπέρμετρη άντληση υπόγειων υδάτων (λόγω κλιμάκωσης της αστικοποίησης και αύξησης της βιομηχανικής και γεωργικής ζήτησης σε νερό) με αποτέλεσμα να χαμηλώνει η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και να διευκολύνεται η είσοδος του θαλασσινού νερού. Στις Βόρειες χώρες μπορεί να οδηγήσει σε αλάτωση και η συντήρηση του οδικού συστήματος με άλατα κατά τη χειμερινή περίοδο.

Ως περιβαλλοντικό πρόβλημα η αλάτωση αποτελεί ένα από τα κυριότερα ζητήματα της αρδευόμενης γεωργίας - αφού βαθμιαία μπορεί να οδηγήσει στο να καταστούν τα εδάφη ακατάλληλα για γεωργική χρήση - και οφείλεται στην κακή διεύθυνση της άρδευσης. Σε παγκόσμιο επίπεδο το 1/3 της ξηράς είναι ημίξηρο ή ξηρό και το μισό αυτής της έκτασης αποτελείται από εδάφη που έχουν υποστεί σε κάποιο βαθμό αλάτωση. (Λοϊζίδου Μ, 2006)

12. ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

12.1. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΥΓΙΕΙΝΗ ΔΙΑΒΙΩΣΗ

Ο όρος Δημόσια Υγιεινή αναφέρεται στα μέσα που προωθούν τη δημόσια υγεία, μέσω της προστασίας της ανθρώπινης επαφής από τους κινδύνους που μπορεί να είναι φυσικοί, βιολογικοί ή χημικοί παράγοντες μιας ασθένειας. Στα απόβλητα που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα υγείας περιλαμβάνονται περιττώματα ανθρώπων και ζώων, οικιακά λύματα (ακαθαρσίες των υπονόμων), βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα. Προληπτικά μέσα υγιεινής μπορεί να είναι η χρήση τεχνικών λύσεων (π.χ. επεξεργασία λυμάτων), απλές τεχνολογίες (π.χ. τουαλέτες) ή και κανόνες προσωπικής υγιεινής (π.χ. πλύσιμο των χεριών με απλό σαπούνι. Η ανεπαρκής υγιεινή είναι η σημαντικότερη αιτία πρόκλησης ασθενειών σε παγκόσμιο επίπεδο και η βελτίωση των συνθηκών υγιεινής έχει θετικό αντίκτυπο στην υγεία, σε κάθε πληθυσμό. Η λέξη «υγιεινή» αναφέρεται και στη διατήρηση των συνθηκών υγιεινής μέσω υπηρεσιών, όπως η συλλογή των απορριμμάτων και η απόρριψη των λυμάτων.

Τους περασμένους αιώνες έλειπε η γνώση για το πως μεταδίδονται οι μικροοργανισμοί με αποτέλεσμα να ξεσπούν συχνά επιδημίες με πολλά θύματα, μεταξύ αυτών και από την χολέρα που μεταδίδεται με την κατανάλωση μολυσμένου νερού. Το νερό μολύνεται συνήθως από κόπρανα ασθενών, εξαιτίας της κακής λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, ενώ τα τρόφιμα, συνήθως λαχανικά, μολύνονται όταν πλένονται με μολυσμένο νερό. Αυτή ήταν η αιτία που το 1854 στο Λονδίνο χιλιάδες άνθρωποι πέθαναν από επιδημία χολέρας, αλλά και στην Ελλάδα που η χολέρα έπληξε την Αθήνα, τον Πειραιά και άλλες πόλεις προκαλώντας εκατοντάδες θύματα. Στη σημερινή εποχή η χολέρα εμφανίζεται σε περιοχές με κακές συνθήκες υγιεινής (παράγκες, καταυλισμούς τσιγγάνων ή προσφύγων κ.λπ.). Σε αναπτυσσόμενες χώρες της Αφρικής, της Νότιας Ασίας και της Λατινικής Αμερικής όπου εκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό νερό, δεν υπάρχουν αποχετεύσεις, η χολέρα σκοτώνει εκατομμύρια φτωχούς ανθρώπους. (<https://www.scienceandtechnology.gr>)

Ακόμη και σήμερα, το 1,1 δις του παγκόσμιου πληθυσμού δεν έχει πρόσβαση σε καθαρό νερό, ενώ 2,4 δις άνθρωποι δεν έχουν ικανοποιητικές συνθήκες αποχέτευσης, με αποτέλεσμα κάθε χρόνο να εμφανίζονται 900 εκατομμύρια περιστατικά γαστρεντερίτιδας και να πεθαίνουν 5.000.000 άνθρωποι, εκ των οποίων τα δύο εκατομμύρια να είναι παιδιά. Το 35% των κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση οφείλονται στο πόσιμο νερό. Αν όλοι είχαν πρόσβαση σε καθαρό νερό, υπολογίζεται ότι θα υπήρχαν 200 εκατομμύρια λιγότερα περιστατικά και 2.100.000 λιγότεροι θάνατοι. Σε παγκόσμιο επίπεδο ο ΠΟΥ εκτιμά ότι το 6% των νοσημάτων σχετίζεται με το νερό και ότι το μεγαλύτερο μέρος των περιστατικών αυτών θα μπορούσε να προληφθεί με τη βελτίωση της παροχής νερού, της αποχέτευσης και της ατομικής και δημόσιας υγιεινής. Η βελτίωση της ποιότητας του νερού και των δικτύων αποχέτευσης στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια είχε ως αποτέλεσμα την μείωση κατά 80% των διαρροϊκών νοσημάτων στις μικρές ηλικίες. (Μαυρίδου et al)

Σημαντικός παράγοντας για τη διατήρηση της υγείας του ανθρώπου είναι και η ατομική καθαριότητα που αποτελεί βασικό στοιχείο πολιτισμού. Για το λόγο αυτό κάθε άνθρωπος πρέπει να φροντίζει την καθαριότητα του σώματος του.

Στην επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος ζουν πάρα πολλοί μικροοργανισμοί, οι οποίοι όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες αναπτύσσονται και εκκρίνουν ρυπαρές ουσίες, οι οποίες μετατρέπονται σε εστίες ανάπτυξης διαφόρων άλλων μικροοργανισμών, μεταξύ αυτών και

ορισμένων παθογόνων. Η κατάσταση είναι αντιαισθητική (κακοσμία) τόσο για το ίδιο το άτομο όσο και για τους ανθρώπους του περιβάλλοντός του. Ασθένειες όπως μολυσματικές δερματοπάθειες, φθειρίαση, κασίδα κ.α. οφείλονται ή σχετίζονται με τις ρυπαρές ουσίες που δημιουργούνται στο σώμα του ανθρώπου. Ταυτόχρονα παρεμποδίζεται η «αναπνοή» του δέρματος επειδή ως ένα βαθμό φράσσουν οι πόροι του δέρματος. Επομένως είναι απαραίτητη η συχνή καθαριότητα του δέρματος και να απομακρύνονται οι ουσίες που δημιουργούν κινδύνους για την υγεία. Αυτό επιτυγχάνεται με το συχνό και επιμελημένο πλύσιμο που πρέπει να αποτελεί καθημερινή φροντίδα στο βαθμό που το επιτρέπουν οι συνθήκες.

Εκτός από το πλύσιμο του σώματος απαιτείται να πλένονται τακτικά για να διατηρούνται σε καθαρή και υγιεινή κατάσταση, κάποια μέλη του σώματος όπως τα μαλλιά και τα χέρια. Τα χέρια είναι το κύριο μέσο επαφής του ανθρώπου με το περιβάλλον, με αυτά πιάνει υλικά, αντικείμενα και ουσίες που μπορεί να μεταφέρουν μικρόβια και μέσω αυτών να μεταδοθούν στα υπόλοιπα μέρη του σώματος. Τα χέρια πρέπει να πλένονται πριν, κατά και μετά την παρασκευή φαγητού, πριν το φαγητό, μετά τη χρήση τουαλέτας, μετά από φτάρνισμα ή βήχα, όταν τα χέρια είναι βρώμικα, όταν στο σπίτι υπάρχει ασθενής, μετά από παιχνίδι με ζώα. Το καλό πλύσιμο των χεριών με σαπούνι και νερό μπορεί να μειώσει τις διάρροιες σε ποσοστό μέχρι 45%. Τακτικό πλύσιμο απαιτείται και για τα πόδια, ιδιαίτερα οι μεσοδακτύλιες περιοχές, επειδή μπορεί να γίνουν χώροι ανάπτυξης μικροβίων λόγω της ζέστης και υγρασίας (ιδρώτας) που επικρατούν σε αυτές. Προσεκτικό στέγνωμα των χεριών με χειροπετσέτα μιας χρήσης και μετά το πλύσιμο να σκουπίζονται πολύ καλά.

Τακτικό πλύσιμο απαιτείται και για τα ρούχα και τα υποδήματα μας, για ορισμένα τρόφιμα (φρούτα, λαχανικά) καθώς και ο καθαρισμός των χώρων διαμονής ώστε να απομακρύνονται τα μικρόβια που υπάρχουν σε αυτά. (<http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/maritime>)

Η πρόσβαση σε καθαρό νερό και σαπούνι δεν βελτιώνουν μόνο τη σωματική υγιεινή αλλά φαίνεται ότι ενισχύουν και την ανάπτυξη των παιδιών, σύμφωνα με έρευνα των επιστημόνων της Σχολής Υγιεινής και Τροπικής Ιατρικής του Λονδίνου σε συνεργασία με τη διεθνή ανθρωπιστική οργάνωση WaterAid. Οι επιστήμονες ανέλυσαν δεδομένα από 14 μελέτες που αφορούσαν σχεδόν 10.000 παιδιά από χώρες όπως το Μπαγκλαντές, η Αιθιοπία, η Νιγηρία, η Χιλή, ο Νεπάλ, η Κένυα και η Καμπότζη και βρήκαν πως η σωματική υγιεινή προσθέτει κατά μέσο όρο περίπου μισό εκατοστό στο ύψος των παιδιών μέχρι την ηλικία των πέντε ετών. Το καθαρό νερό και το σαπούνι προσφέρουν μία καλή σωματική υγιεινή και μειώνουν αποτελεσματικά τους θανάτους από λοιμώξεις, ενώ εμποδίζουν την εμφάνιση ασθενειών όπως η διάρροια, που εμποδίζουν τη σωστή ανάπτυξη του σώματος. (<http://www.enet.gr>)

12.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Σχεδόν όλοι οι τύποι της ρύπανσης του νερού είναι επιβλαβείς για την υγεία του ανθρώπου, αλλά και των ζώων. Η ρύπανση των υδάτων συνήθως δεν βλάπτει την ανθρώπινη υγεία αμέσως, αλλά μπορεί να είναι επιβλαβής μετά από μακροχρόνια έκθεση. Οι διαφορετικές μορφές των ρύπων επηρεάζουν την υγεία με διαφορετικούς τρόπους: Τα βαρέα μέταλλα από βιομηχανικές διεργασίες μπορούν να συσσωρευτούν σε κοντινές λίμνες και ποτάμια. Η τοξικότητα τους επηρεάζει τη θαλάσσια ζωή, όπως τα ψάρια και τα οστρακοειδή αλλά και τους ανθρώπους που τα καταναλώνουν. Τα βαρέα μέταλλα μπορεί να επιβραδύνουν την ανάπτυξη, να οδηγήσουν σε γενετικές ανωμαλίες, ενώ μερικά είναι καρκινογόνα. Περιέχουν επίσης τοξικές ενώσεις, που βλάπτουν την υγεία των υδρόβιων ζώων και των ανθρώπων που τα καταναλώνουν. Μερικές από

τις τοξικές ενώσεις των βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να έχουν ήπια επίδραση, ενώ άλλες πολύ σοβαρή, καθώς μπορούν να προκαλέσουν οξεία δηλητηρίαση, ανοσοκαταστολή, αναπαραγωγική αποτυχία. (Metcalf & Eddy 2006).

Οι επιδράσεις της ρύπανσης στον άνθρωπο και την υγεία του αναγνωρίστηκαν μόλις τον περασμένο αιώνα, κυρίως σε χώρες με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα όπου η ρύπανση ήταν περίπου διπλάσια συγκριτικά με άλλες. Σταδιακά προκλήθηκε ακόμη μεγαλύτερη επιβάρυνση στη φύση, επειδή η καταστροφή των δασών είχε ως συνέπεια την ελάττωση του οξυγόνου και την εξαφάνιση σημαντικής χλωρίδας και πανίδας. Επί πλέον, οι υδροφορείς επιβαρύνθηκαν από υγρά και στερεά απόβλητα, προκαλώντας τον θάνατο της υδρόβιας χλωρίδας και πανίδας με συνέπεια την υποβάθμιση του υδάτινου περιβάλλοντος και την ανάπτυξη κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία. Οι ρύποι μεταφέρονται μέσω της αναπνοής μολυσμένου αέρα, της κατανάλωσης μολυσμένης τροφής και νερού καθώς και της επαφής με ρυπογόνες ουσίες. Η ρύπανση επιδρά στο δέρμα, το αναπνευστικό, το γαστρεντερικό, το νευρικό, ουροποιητικό και γενετικό σύστημα, προκαλώντας παθήσεις (EFSA, 2008).

- Δέρμα: Αλλεργικές, τοξικές και λοιμώδεις δερματίτιδες, πρόωρη γήρανση του δέρματος και καρκίνος του δέρματος.
- Νευρικό Σύστημα: Αύξηση του στρες, των νευροπαθειών και διαταραχές του ύπνου.
- Αναπνευστικό Σύστημα: Αλλεργικές ρινίτιδες, αλλεργικές και χρόνιες βρογχίτιδες, άσθμα και καρκίνος του λάρυγγα.
- Γαστρεντερικό Σύστημα: Καρκίνος του στόματος, του φάρυγγα, του στομάχου, του ήπατος, του παχέος εντέρου, κίρρωση του ήπατος, γαστρίτιδες, έλκος στομάχου και δωδεκαδακτύλου.
- Ουροποιητικό: Τοξικές νεφροπάθειες, νεφρολιθιάσεις, καρκίνος της ουροδόχου κύστης, προστατίτιδες και καρκίνος του προστάτη.
- Γεννητικό Σύστημα: Μείωση του Libido, στέρωση και καρκίνος των γεννητικών οργάνων.

Η Ε.Ε. επικεντρώθηκε κυρίως στην αντιμετώπιση των ασθενειών του αναπνευστικού και του νευρικού συστήματος, στις διαταραχές της λειτουργίας των ενδοκρινών αδένων και στον παιδικό καρκίνο που προκαλούνται από τη ρύπανση του περιβάλλοντος (Μήτρακας, 2001).

12.3. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗ

Τα νιτρικά ιόντα υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωσή τους είναι χαμηλή. Υψηλές συγκεντρώσεις οφείλονται σε λιπάσματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Υπάρχουν και στον αέρα λόγω ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Στα υπόγεια ύδατα, η νιτρορύπανση οφείλεται κυρίως στη συσσώρευση νιτρικών, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνουν σε επίπεδα, που είναι απαγορευτικά για τη χρήση του νερού ως πόσιμο. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει θεσπίσει από το 1984 μια ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή συγκέντρωσης των νιτρικών στο πόσιμο νερό και είναι στα 50 mg/l και την επιβεβαίωσε το 1997 με τα νεότερα στοιχεία που προέκυψαν. Η ίδια τιμή έχει καθορισθεί ως οριακή και από την Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία των 50 mg/l (Κ.Υ.Α. 2/2600/2001 – ΦΕΚ 892/Β'/11-7-2001 και Οδηγία 98/83/ΕΚ), ωστόσο ακόμα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις (μεγαλύτερες από 25mg/l) δημιουργείται προβληματισμός για

μακροχρόνια χρήση του νερού ως πόσιμου. Παράλληλα, έχει οριστεί ανώτατη αποδεκτή τιμή για τα νιτρώδη 0,5 mg/l.

Ο άνθρωπος εκτίθεται στα νιτρικά κυρίως μέσω της κατανάλωσης λαχανικών και σε μικρότερο βαθμό μέσω του πόσιμου νερού και άλλων τροφίμων. Τα νιτρικά δεν είναι ιδιαίτερα τοξικά, όμως τα προϊόντα των αντιδράσεων τους, όπως είναι τα νιτρώδη, το μονοξειδίο του αζώτου και οι Νιτροζαμίνες προκαλούν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία, όπως μεθαιμογλοβιναιμία και νεοπλασίες του γαστρεντερικού συστήματος. Τα νιτρώδη είναι πιο τοξικά από τα νιτρικά και η έκθεση του ανθρώπου σε αυτά είναι κυρίως ενδογενής κατά τον μεταβολισμό τους στο ανθρώπινο σώμα, είτε στο στομάχι είτε στο στόμα όπου με τη βοήθεια του σάλιου πραγματοποιείται η αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη. Κάποιες ποσότητες λαμβάνονται και μέσω της κατανάλωσης τροφών.

Οι κίνδυνοι από την πρόσληψη νιτρικών και νιτρωδών από τον ανθρώπινο οργανισμό αξιολογήθηκαν για πρώτη φορά το 1961 από την Κοινή Επιτροπή Εμπειρογνομόνων στα πρόσθετα τροφίμων των οργανισμών FAO και WHO, οπότε και ορίστηκε ένα αποδεκτό ημερήσιο όριο πρόσληψης τους ανά κιλό σωματικού βάρους (A.D.I.). Αυτά τα όρια έχουν αναθεωρηθεί κατά την πορεία των ετών με την διεξαγωγή νέων ερευνών και από το 2002, οπότε και αναθεωρήθηκαν για τελευταία φορά ανέρχονται σε 0 - 3,7 mg/kg σωματικού βάρους για τα νιτρικά και 0 – 0,07 mg/kg σωματικού βάρους για τα νιτρώδη.

Τα νιτρικά που καταναλώνονται από τον άνθρωπο δεσμεύονται στο σάλιο. Η ποσότητα των νιτρικών στο σάλιο έχει βρεθεί ότι είναι δεκαπλάσια σε σύγκριση με το πλάσμα. Στην επιφάνεια της γλώσσας βακτήρια ανάγουν περίπου το 20% της ποσότητας των νιτρικών σε νιτρώδη. Τα νιτρώδη στη συνέχεια, καταπίνονται μαζί με τα μη μεταβολισμένα νιτρικά και απορροφώνται από το πεπτικό σύστημα. Η πλειοψηφία των προσλαμβανόμενων νιτρικών απομακρύνεται μέσω των ούρων (EFSA, 2008).

Ορισμένες τοξικολογικές επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία του ανθρώπου είναι:

Μεθαιμογλοβιναιμία (Σύνδρομο κυάνωσης των βρεφών).

Στην περίπτωση των βρεφών, κυρίως εξαιτίας του χαμηλού pH του γαστρικού τους υγρού, είναι δυνατή η αναγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων νιτρικών σε νιτρώδη (EFSA, 2008). Τα νιτρώδη διοχετεύονται στο αίμα, αντιδρούν με την αιμογλοβίνη και προκαλούν οξείδωση του δισθενούς σιδήρου σε τριθενή, με αποτέλεσμα τη μετατροπή της αιμογλοβίνης σε μεθαιμογλοβίνη με αποτέλεσμα την αδυναμία της να δεσμεύει οξυγόνο. Επειδή τα βρέφη δεν διαθέτουν το ένζυμο NAD⁺/NADH που μετατρέπει τη μεθαιμογλοβίνη σε αιμογλοβίνη, το ποσοστό της μεθαιμογλοβίνης αυξάνεται και μειώνεται η ικανότητα του αίματος να δεσμεύει οξυγόνο. Η νόσος ονομάζεται μεθαιμογλοβιναιμία και τα συμπτώματά της ποικίλουν, ανάλογα με το ποσοστό της μεθαιμογλοβίνης επί της συνολικής αιμογλοβίνης. Σε ποσοστό μεγαλύτερο από 10% τα συμπτώματα περιλαμβάνουν αδυναμία, πονοκεφάλους, κόπωση, ζάλη, δύσπνοια, κυάνωση, ενώ σε ποσοστό μεγαλύτερο από 60% μπορεί να προκαλέσει και θάνατο. Η κυάνωση είναι η αιτία που η ασθένεια ονομάζεται και «σύνδρομο των κυανών βρεφών» και παρατηρείται ιδιαίτερα σε βρέφη ηλικίας μέχρι έξι μηνών (Δόρτσιου, 2009).

Το επίπεδο των νιτρικών αλάτων που περιέχει το πόσιμο νερό στις Ηνωμένες Πολιτείες δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10 mg/L, αφού συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 10 mg/L αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την εμφάνιση του συνδρόμου κυάνωσης στα βρέφη. Το συμπέρασμα πρόσφατης μελέτης είναι ότι ακόμη και αυτό το επίπεδο δεν είναι ασφαλές και πιθανόν να

προκαλεί στις γυναίκες αυξημένο κίνδυνο για καρκίνο της ουροδόχου κύστης. Η έρευνα έγινε στην Iowa των ΗΠΑ και συμμετείχαν 22.000 γυναίκες ηλικίας από 55 έως 69 ετών. Στη μελέτη συγκρίθηκαν οι γυναίκες που για περίοδο 10 ετών, στο πόσιμο νερό τους είχαν περισσότερο από 2,46 mg/L σε νιτρικά άλατα με αυτές που το νερό τους είχε λιγότερο από 0,36 mg/L. Οι γυναίκες που έπιναν νερό με υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων είχαν 3 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να παρουσιάσουν καρκίνο της ουροδόχου κύστης σε σύγκριση με αυτές που έπιναν νερό με χαμηλότερες συγκεντρώσεις, γενικά ο κίνδυνος για καρκίνο της ουροδόχου κύστης αυξανόταν αναλογικά με την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων μέσα στο πόσιμο νερό. (EPA, 2015).

Καρκίνος του στομάχου.

Τα νιτρικά άλατα στο στομάχι μετατρέπονται σε νιτρώδη, τα οποία με τη σειρά τους μπορεί να μετατραπούν σε μια κατηγορία από τις ισχυρότερες καρκινογόνες ουσίες, τις νιτροζαμίνες. Ο σχηματισμός των νιτροζαμινών στο στομάχι, μπορεί να προκαλέσει καρκινογένεση σε πειραματόζωα, καθώς οι ουσίες αυτές έχουν καρκινογόνο δράση και η παρουσία τους συσχετίζεται με την ανάπτυξη διαφόρων μορφών καρκίνου. Δεν έχει αποδειχθεί κάτι αντίστοιχο για τον άνθρωπο, ωστόσο πολλοί ερευνητές συνδέουν την κατανάλωση αυξημένων ποσοτήτων αζώτου μέσω της διατροφής με την εμφάνιση καρκίνου στο στομάχι, στη ρινική και στοματική κοιλότητα, στους πνεύμονες, στον οισοφάγο, στην ουροδόχο κύστη, στους νεφρούς, στο λεμφικό σύστημα. (Ελληνική Εδαφολογική Εταιρία, 2000). Σε χώρες που οι άνθρωποι καταναλώνουν νερό με αυξημένη περιεκτικότητα σε νιτρικά (Κίνα, Κασμίρ, Κολομβία, Ουγγαρία, Πολωνία), Δανία έχουν καταγραφεί αυξημένα περιστατικά εμφάνισης καρκίνου του στομάχου. Στις αναπτυγμένες χώρες, αναφέρονται μειωμένες συχνότητες εμφάνισης καρκίνου του στομάχου που αποδίδεται στο γεγονός ότι εφαρμόζεται περιβαλλοντική πολιτική ελέγχου της ποιότητας του πόσιμου νερού, καθώς και των ποσοτήτων νιτρικών που περιέχονται στα τρόφιμα και κυρίως στα λαχανικά που αποτελούν σημαντική πηγή εμπλουτισμού του ανθρώπινου οργανισμού με νιτρικά. (Δόρτσιου, 2009).

12.4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Οι τοξικές οργανικές ενώσεις χαρακτηρίζονται από έντονη βιολογική δράση, πολλές από αυτές είναι καρκινογόνες, μεταλλαξογόνες ή πολύ τοξικές, για αυτό και οι συγκεντρώσεις τους απαγορεύεται να υπερβούν καθορισμένα επιτρεπτά όρια.

Οι PAHs είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν στο μόριό τους αρωματικούς δακτυλίους. Είναι λιποδιαλυτοί και γι' αυτό συγκεντρώνονται στους λιπώδεις ιστούς, στο γάλα, κυρίως όμως στο συκώτι. Αποτελούν μια πολύ επικίνδυνη κατηγορία ρύπων του περιβάλλοντος επειδή έχουν μεταλλαξογόνες και καρκινογόνες ιδιότητες. Ενοχοποιούνται ως κύρια αιτία για την ανάπτυξη διαφόρων τύπων καρκίνου στον άνθρωπο, όπως καρκίνο στο πεπτικό σύστημα, στον πνεύμονα, στο δέρμα και στην ουροδόχο κύστη.

Οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις, που χρησιμοποιούνται κυρίως ως εντομοκτόνα, είναι τα πιο διαδεδομένα παρασιτοκτόνα. Προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στους οργανισμούς όμως ο μηχανισμός με τον οποίο εμφανίζουν τοξική δράση στους οργανισμούς δεν είναι πλήρως γνωστός. Πιθανόν επειδή είναι λιποδιαλυτές ενώσεις, διαλύονται στη μεμβράνη λίπους που περιβάλλει τις ίνες των νεύρων και παρεμποδίζουν τη μεταφορά ιόντων προς ή και από την ίνα με αποτέλεσμα να προκαλούνται ρίγη, σπασμοί και τελικά θάνατος. Οι ενώσεις αυτές έχουν

αποδειχθεί ή θεωρούνται καρκινογόνες. Ορισμένα παρασιτοκτόνα (π.χ. DDT και dieldrin) διαπιστώθηκε ότι έχουν εμβρυοτοξική και τερατογόνο δράση σε διάφορα πειραματόζωα.

Οι οργανοφωσφορικοί εστέρες είναι ισχυρά τοξικές ενώσεις (το parathion είναι 30 φορές πιο τοξικό από το αρσενικό), συνήθως είναι πιο τοξικές από τα χλωριωμένα παρασιτοκτόνα.

Τα PCBs μπορεί να έχουν βραχείες ή χρόνιες επιδράσεις στον άνθρωπο, η έκθεση σε ατμούς τους προκαλεί ερεθισμούς στα μάτια, τη μύτη, και το λαιμό, ενώ υψηλές συγκεντρώσεις των ατμών αυτών επιδρούν και στο ήπαρ. Μακροπρόθεσμα, αναφέρεται ότι προκαλούν καρκίνο, μείωση του IQ και δυσλειτουργία οργάνων του σώματος. (<https://el.wikipedia.org/wiki/>)

Οι ορμόνες είναι ουσίες που παράγονται φυσιολογικά σε ένα οργανισμό (π.χ. οιστρογόνα, προγεστερόνη, τεστοστερόνη), μετακινούνται με την κυκλοφορία του αίματος σε όλο το σώμα μεταφέροντας κάποιο μήνυμα, καθορίζοντας έτσι την ανάπτυξη, την αύξηση, την αναπαραγωγή και τη συμπεριφορά του οργανισμού.

Παρότι πολλές περιβαλλοντικές τοξικές ουσίες μπορούν να επηρεάσουν την αναπαραγωγική ικανότητα, υπάρχει μία σημαντική κατηγορία ουσιών, οι ενδοκρινικοί διαταράκτες, οι οποίοι μιμούνται την δράση των φυσικών ορμονών προκαλώντας όμοιες χημικές αντιδράσεις στον οργανισμό, με αποτέλεσμα να προκαλούν διατάραξη της δράσης των ορμονών, γι' αυτό και αποκαλούνται ενδοκρινικοί διαταράκτες. Προορίζονται κυρίως για χρήση στη βιομηχανία ή παράγονται ως παραπροϊόντα βιομηχανικών διεργασιών, όπως φυτοφάρμακα, βιοκτόνα, πλαστικά, καλλυντικά που δεν ήταν εξ αρχής γνωστές οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου και των υπόλοιπων έμβιων όντων.

Η παρέμβαση αυτή στο ορμονικό σύστημα των ανθρώπων και των ζώων, έχει αρνητικά αποτελέσματα, όπως διαταραχή της γονιμότητας, νεοπλασίες, καρκίνο, διαβήτη, παχυσαρκία. Το σημαντικότερο είναι ότι η επίδρασή τους κατά τη διάρκεια της κύησης στο έμβρυο, οδηγεί στη δημιουργία «συγγενών ανωμαλιών» που αποτελούν σημαντική απειλή για τη υγεία του εμβρύου, ακόμα και στην ενήλικη ζωή του. Μεγάλος αριθμός μελετών δείχνουν ότι η περιβαλλοντική έκθεση σε τοξικές ουσίες κατά την εμβρυική περίοδο, αλλά και από την νεογνική ηλικία μέχρι και την εφηβεία ευθύνονται για διαταραχές του αναπαραγωγικού και ανοσοποιητικού συστήματος, για νευροαναπτυξιακές διαταραχές, καθώς και για ενδοκρινικές ανωμαλίες και ασθένειες όπως καρκίνο.

Ενδοκρινικοί διαταράκτες είναι ορισμένα PCBs, οι φθαλικοί εστέρες και η δισφαινόλη-A. που διαταράσσει την ορμονική δραστηριότητα και έχει αποδειχθεί ότι παρεμβάλλεται στη φυσιολογική ανάπτυξη και τη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος. Η δισφαινόλη-A είναι παράγωγο του πετρελαίου και περιέχεται σε πληθώρα προϊόντων, όπως στα πλαστικά είδη, στις συσκευασίες τροφίμων, στις κονσέρβες, στα ιατρικά εργαλεία και άλλα. Η έκθεση σε αυτήν γίνεται μέσα από τις συσκευασίες τροφών, τα πλαστικά και τη χρήση εκατοντάδων άλλων προϊόντων που την περιέχουν. Αρκετές μελέτες σε ζώα έχουν δείξει ότι η ουσία αυτή μπορεί να τροποποιήσει τη δράση των ορμονών, ενώ άλλες δείχνουν πιθανή συσχέτιση με διαταραχές νοητικής ανάπτυξης στα παιδιά, πιθανά αυξημένο κίνδυνο για καρδιαγγειακά προβλήματα, καρκίνο, παχυσαρκία, και διαβήτη. Ιδιαίτερα ανησυχητική είναι η έκθεση σε αυτήν την ουσία από τη βρεφική ηλικία ή ακόμη και κατά την ενδομήτριο ζωή.

Η χρονική στιγμή που είναι καθοριστική για την επίδραση μιας χημικής ουσίας επιδρά σε ένα οργανισμό ονομάζεται και ανοιχτό παράθυρο έκθεσης. Τα ανοιχτά παράθυρα έκθεσης πρέπει να εξετάζονται ώστε να προστατεύονται τα έμβρυα και τα νεογνά από σημαντικούς κινδύνους. Η

ανθρώπινη έκθεση σε ενδοκρινικούς διαταράκτες, μπορεί να συμβεί με ποικίλους τρόπους, μεταξύ αυτών και με την πρόσληψη νερού. (www2.keelrno.gr/blog/).

12.5. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

12.5.1. Εισαγωγή

Τα βαρέα μέταλλα -τα μέταλλα που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από εκείνο του σιδήρου- συγκαταλέγονται ανάμεσα στις ουσίες που ρυπαίνουν το περιβάλλον και προκαλούν από τις πιο επικίνδυνες μορφές ρύπανσης. Τα πιο τοξικά από τα βαρέα μέταλλα είναι ο Μόλυβδος, το Κάδμιο, ο Υδράργυρος, το Χρώμιο, το Νικέλιο και το Αρσενικό. Αντίθετα με τις περισσότερες τοξικές οργανικές ενώσεις, τα μέταλλα δεν αποικοδομούνται με φυσικές διαδικασίες στο νερό, αλλά συσσωρεύονται στους οργανισμούς. Τελικά στους ανώτερους καταναλωτές εμφανίζεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση, επομένως και οι πιο βλαπτικές επιδράσεις. Το κάδμιο, ο υδράργυρος και άλλα επικίνδυνα μέταλλα, περιλαμβάνονται στη «μαύρη λίστα» των ουσιών τα οποία μέσω διεθνών συμφωνιών δεν πρέπει να απορρίπτονται στη θάλασσα (Φυτιάνος, 1996).

Η τοξικότητα των βαρέων μετάλλων οφείλεται στην ισχυρή συγγένεια των κατιόντων των μετάλλων με το θείο. Αντιδρούν με τις σουλφυδρυλο-ομάδες (-SH) που συχνά διαθέτουν τα ένζυμα και τα αδρανοποιούν ή τα εμποδίζουν να δράσουν φυσιολογικά. Η τοξικότητα αυτή εξαρτάται από τη χημική μορφή του μετάλλου.

Η χημική μορφή με την οποία ένα στοιχείο εμφανίζεται στα φυσικά νερά είναι πολύ σημαντική στη χημεία νερού. Ένα στοιχείο μπορεί να εμφανίζεται ως ενυδατωμένο ιόν, ως μόριο, ως σύμπλοκο με άλλα ιόντα ή μόρια. Οι ιδιότητες των διαλυμένων μετάλλων στο νερό εξαρτώνται από τη φυσικοχημική μορφή του μετάλλου στο υδατικό σύστημα. Έτσι, η περιβαλλοντική συμπεριφορά ενός μετάλλου σε ένα υδάτινο οικοσύστημα κατανοείται μόνο μέσω των διαφορετικών χημικών του μορφών. Για το λόγο αυτό, η διάκριση των χημικών μορφών των μετάλλων (και ιδιαίτερα των βαρέων) στα φυσικά νερά και στα υγρά απόβλητα είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί ο προσδιορισμός μόνο της ολικής συγκέντρωσης τους δεν επαρκεί για την ερμηνεία της τοξικής δράσης τους. Η περιβαλλοντική συμπεριφορά και η τοξικότητα ενός στοιχείου προσδιορίζεται από τις συγκεντρώσεις των μορφών που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη κινητικότητα, τοξικότητα κλπ., σε σχέση με τις υπόλοιπες μορφές του στοιχείου.

Ως ολική συγκέντρωση ορίζεται η συγκέντρωση ενός μετάλλου στο δείγμα ανεξάρτητα από τη μορφή στην οποία βρίσκεται σε αυτό. Για να προσδιοριστούν οι διάφορες μορφές με τις οποίες βρίσκεται το στοιχείο, ακολουθούνται σύνθετες τεχνικές που βασίζονται σε διαδοχικά βήματα. Σημαντικός είναι και ο προσδιορισμός των μετάλλων στα ιζήματα ποταμών, λιμνών, θαλασσών, γιατί τα ιζήματα του πυθμένα είναι η «μνήμη» του υδατικού περιβάλλοντος και χρησιμοποιούνται ως δείκτες ρύπανσης των υδατικών συστημάτων. Τα ιζήματα σε ένα υδατικό οικοσύστημα δρουν είτε ως πηγή ή ως δεξαμενή βαρέων μετάλλων.

Οι πηγές εισόδου των βαρέων μετάλλων στα υδατικά οικοσυστήματα διακρίνονται σε φυσικές και σε τεχνητές από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι φυσικές πηγές είναι, η διάβρωση του εδάφους, τα ιζήματα, η σκόνη, ενώ οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συμβάλλουν στην είσοδο στο υδατικό περιβάλλον μεγάλων ποσοτήτων βαρέων μετάλλων.

Τα βαρέα μέταλλα και οι ενώσεις τους χρησιμοποιούνται σε πολλούς βιομηχανικούς κλάδους όπως τα διυλιστήρια πετρελαίου, χαλυβουργεία, επιμεταλλωτήρια, βιομηχανία παραγωγής λιπασμάτων, φαρμακευτικών, ηλεκτρονικών προϊόντων κ.α. Έτσι καταλήγουν στα υδάτινα

οικοσυστήματα με τα βιομηχανικά απόβλητα, τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (από εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας), τα αστικά λύματα (τα απορρυπαντικά αυξάνουν τη διαλυτότητα τους) και τα νερά έκπλυσης των δρόμων από τις βροχές. (Χαραλάμπους, 2007)

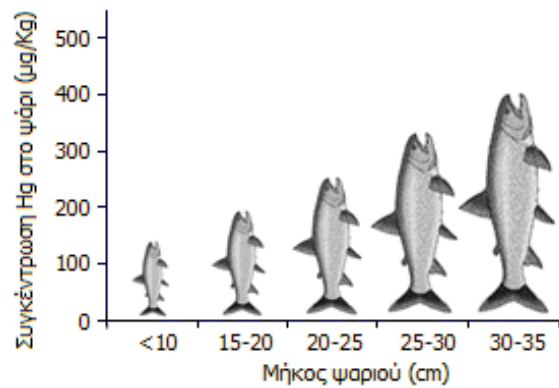
12.5.2. Επιπτώσεις του Υδραργύρου (Hg) στην υγεία

Ο υδράργυρος εκλύεται από φυσικές πηγές όπως τα ηφαίστεια, όμως μεγάλες ποσότητες του απελευθερώνονται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση του πετρελαίου. Έχει ευρεία χρήση όπως στην βιομηχανία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, στην παρασκευή χρωμάτων και οδοντιατρικών αμαλαμάτων, στην κατασκευή θερμομέτρων κ.α., γεγονός που οδήγησε σε σημαντική αύξηση της περιβαλλοντικής έκθεσης και εναπόθεσης. Οι εκλύσεις αυτές δημιούργησαν στο περιβάλλον ένα «παγκόσμιο απόθεμα», μέρος του οποίου κινητοποιείται, εναποτίθεται και επανακινητοποιείται μεταξύ νερού, ιζημάτων και εδάφους.

Ο υδράργυρος και οι ενώσεις του είναι ιδιαίτερα τοξικές για τους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα. Υψηλές δόσεις μπορεί να είναι θανατηφόρες για τον άνθρωπο αλλά και σχετικά χαμηλές δόσεις μπορεί να έχουν σοβαρές αρνητικές συνέπειες. Έχει τοξική δράση στο νευρικό σύστημα, τους νεφρούς, τον εγκέφαλο, την σπονδυλική στήλη, το ήπαρ, το καρδιαγγειακό, το ανοσολογικό και το αναπαραγωγικό σύστημα. Εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε πολλές εφαρμογές, όπως η εξόρυξη χρυσού σε μικρά ορυχεία αφού είναι το μόνο στοιχείο που μπορεί να διαλύει τον χρυσό. Είναι υγρός σε θερμοκρασία δωματίου και εξατμίζεται εύκολα, έτσι κυκλοφορεί στην ατμόσφαιρα, το νερό και το έδαφος και διανύει μεγάλες αποστάσεις. Υψηλές συγκεντρώσεις του παρατηρούνται σε πολλές περιοχές του κόσμου, σε ορισμένες οφείλονται σε τοπικές πηγές, κυρίως στη μικρή κλίμακα εξόρυξη χρυσού στη Νότιο Αμερική, την Αφρική και την Ασία. Είναι διαμεθοριακός ρύπος, μεταφέρεται μακριά από τις πηγές του σε όλη τη Γη, για αυτό η ρύπανση από Υδράργυρο η οποία αρχικά θεωρήθηκε ως τοπικό πρόβλημα σήμερα θεωρείται παγκόσμιο, διάχυτο και χρόνιο.

Ο υδράργυρος συγκαταλέγεται μεταξύ των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας της Οδηγίας Πλαίσιο για το νερό. Στις λίμνες, τους ποταμούς και το θαλασσίνο νερό, με την επίδραση βακτηρίων μεθυλιώνεται και μετατρέπεται σε μεθυλοϋδράργυρο, που αποτελεί την πλέον τοξική μορφή του. Ο μεθυλοδράργυρος είναι διαλυτός σε βιολογικούς ιστούς και μπορεί να μεταφερθεί με το αίμα στον εγκέφαλο, . Τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα απ' τους ενήλικες στη δηλητηρίαση από υδράργυρο και είναι πιθανότερο να έχουν σοβαρές παρενέργειες από την έκθεση σε ατμούς υδραργύρου. Στις έγκυες γυναίκες, ο υδράργυρος μπορεί να περάσει μέσω του πλακούντα στο έμβρυο και να επηρεάσει τη φυσιολογική ανάπτυξη του εγκεφάλου και γενικότερα του νευρικού συστήματος. Η έκθεση στο μεθυλοδράργυρο συνήθως προέρχεται από τη διατροφή μας, μεταφέρεται μέσω των τροφικών αλυσίδων, με αποτέλεσμα να καθιστά ιδιαίτερα ευπαθείς τους ανθρώπους που τρέφονται σε μεγάλο ποσοστό με ψάρια και θαλασσινά. (Χαραλάμπους, 2007)

Ο βιογεωχημικός κύκλος του Hg είναι πολύπλοκος, η μία μορφή του μετατρέπεται στην άλλη. Ιδιαίτερα ενδιαφέρει η μορφή του CH_3Hg^+ που είναι η τοξικότερη και υπόκειται σε βιομεγέθυνση. Τελικά ο Hg καταλήγει στα ιζήματα, στα ψάρια και σε άλλους οργανισμούς, όπως επίσης και στην ατμόσφαιρα ως $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ή ατμοί Hg. Οι μεθυλιωμένες ενώσεις του υδραργύρου συσσωρεύονται αρχικά στο πλαγκτόν που καταναλώνεται από τα μικρά ψάρια και αυτά τρώγονται από μεγαλύτερα. Η τροφική αλυσίδα λειτουργεί ως κλίμακα βιοσυσώρευσης και βιομεγέθυνσης. Οι ενώσεις αυτές συσσωρεύονται στους λιπώδεις ιστούς των ψαριών και οι άνθρωποι δηλητηριάζονται σιγά-σιγά με την κατανάλωση των ψαριών που είναι η τροφή τους.



Μέση συγκέντρωση υδραργύρου σε ψάρια της λίμνης St. Clair, Ontario (κατά το διάστημα 1993-1998)

Εικόνα 12.1. Μέση συγκέντρωση υδραργύρου σε ψάρια της λίμνης St. Clair, Ontario (κατά το διάστημα 1993-1998) (Πηγή http://195.134.76.37/chemicals/chem_Me2Hg.htm)

Ασθένεια Minamata (1956-1959)

Ασθένεια Minamata ονομάζεται το σύνδρομο που προκαλείται από δηλητηρίαση με υδράργυρο. Προκαλεί διανοητική καθυστέρηση στα βρέφη, σοβαρές βλάβες στο νευρικό σύστημα, στην όραση και την ακοή, παράλυση και σε ακραίες περιπτώσεις θάνατο. (<https://el.wikipedia.org/>)

Στο σύγχρονο κόσμο το σοβαρότερο περιστατικό ρύπανσης του νερού από Υδράργυρο σημειώθηκε στην Μιναμάτα της Ιαπωνίας, όπου η βιομηχανία της Chisso Corporation απελευθέρωνε στη θάλασσα από τη δεκαετία του 1930 ως τη δεκαετία του 1960, μεγάλες ποσότητες υδραργύρου. Ο υδράργυρος ενσωματώθηκε στα φύκη του κόλπου, πέρασε σε οστρακοειδή και ψάρια και από αυτά στους κατοίκους της περιοχής και συσσωρεύονταν στον ανθρώπινο οργανισμό. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1956 και λόγω της δηλητηρίασης ως το 1960 νόσησαν 116 άτομα και πέθαναν 43. Θεωρείται μια από τις δέκα μεγαλύτερες περιβαλλοντικές καταστροφές στην ιστορία της ανθρωπότητας. (Αδαμαντιάδου, 2016)

Ενώ οι θάνατοι ζώων και ανθρώπων συνεχίζονταν για περισσότερα από 30 χρόνια, η κυβέρνηση και η εταιρεία έκαναν ελάχιστα για την πρόληψη της ρύπανσης. Την άνοιξη του 1956, τέσσερις ασθενείς από τη Μιναμάτα μεταφέρθηκαν στο νοσοκομείο παρουσιάζοντας κοινά συμπτώματα που ήταν σπασμοί, διαταραχές ομιλίας και ανεξέλεγκτες κινήσεις των άκρων, απώλεια συνείδησης και κόμα. Τελικά μετά από υψηλό πυρετό και οι 4 πέθαναν. Άλλοι 13 άνθρωποι είχαν πεθάνει με τα ίδια συμπτώματα, ενώ τα κρούσματα σε ανθρώπους αυξάνονταν. Διαπιστώθηκε ότι κοινός παράγοντας όλων των θυμάτων ήταν ότι έφαγαν μεγάλες ποσότητες ψαριών από τον κόλπο της Μιναμάτα. Τα συμπτώματα των ανθρώπων ήταν ίδια με αυτά που παρατηρούνταν επί χρόνια στις γάτες και που οι ντόπιοι ονόμαζαν «ασθένεια χορού της γάτας» λόγω της ακανόνιστης κίνηση τους, αλλά και σε άλλα κατοικίδια καθώς και σε θαλασσοπούλια, τα οποία ξαφνικά πετούσαν σπειροειδώς πριν «καρφωθούν» με ταχύτητα στη θάλασσα.

Μετά από μακροχρόνιες έρευνες μιας πανεπιστημιακής ομάδας, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ασθένεια δεν ήταν μεταδοτική, αλλά μάλλον δηλητηριάζονταν από τοξικές ουσίες. Η έρευνα αποκάλυψε ότι τα λύματα από το εργοστάσιο της Chisso περιείχαν βαρέα μέταλλα σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις και τελικά αναγνωρίστηκε ο υδράργυρος ως η υπεύθυνη τοξική ουσία. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο υδράργυρος μέσα από την τροφική

αλυσίδα πέρασε στους ανθρώπους με την κατανάλωση οστρακοειδών και ψαριών που αποτελούσαν το σημαντικότερο μέρος της διατροφής τους. (<http://wikipedia.qwika.com>).

Παρά τις αντιδράσεις η εταιρεία εξακολούθησε για 12 ακόμη χρόνια να χρησιμοποιεί τον υδράργυρο αμφισβητώντας την ευθύνη της για τις μαζικές δηλητηριάσεις. Το 1968 η κυβέρνηση της Ιαπωνίας δημοσίευσε τα επίσημα συμπεράσματα της ότι η νευρολογική ασθένεια ήταν αποτέλεσμα της δηλητηρίασης από τον υδράργυρο και προσδιόρισε ότι η πηγή ρύπανσης ήταν η Chisso. Μετά τον καταλογισμό της ευθύνης της εταιρείας για την εμφάνιση της ασθένειας, πολλά θύματα προχώρησαν σε αγωγές εναντίον της. (<http://chemicals/chem>)

Το 1973 συμφωνήθηκε σύστημα αποζημιώσεων από την εταιρεία προς τους πληγέντες και το 1987 καταδικάστηκαν οριστικά η Chisso, ο Δήμος και η Νομαρχία της περιοχής για πλημμελή προστασία των πολιτών. Τα θύματα να υπολογίζονται σε 17.000 και τουλάχιστον δύο εκατομμύρια άνθρωποι μπορεί να είχαν επηρεαστεί με την κατανάλωση μολυσμένων ψαριών. Επίσημα το κράτος μέχρι το 2001 είχε αναγνωρίσει μόλις 2.265 θύματα, εκ των οποίων τα 1.784 είχαν ήδη πεθάνει, τη στιγμή που η ίδια η εταιρεία κατέβαλε οικονομική αποζημίωση σε περισσότερα από 10.000 θύματα.

Ο φωτογράφος William Eugene Smith συγκίνησε όλο τον κόσμο με τις φωτογραφίες που έβγαλε από ένα κορίτσι θύμα της ασθένειας. Το 1971, ο Smith κάλυψε φωτογραφικά το σκάνδαλο της δηλητηρίασης από υδράργυρο και τις επιπτώσεις του στους κατοίκους. Η πιο γνωστή φωτογραφία του Smith θεωρείται η φωτογραφία που απεικονίζεται η Ryoko Uemura που κρατά στην αγκαλιά της την κόρη της Tomoko Uemura μέσα σε λουτρό (Εικόνα 12.2) Η Tomoko, θύμα της «Νόσου της Μιναμάτα», γεννήθηκε παραμορφωμένη, κωφάλαλη και τυφλή. Η μητέρα της δέχτηκε να φωτογραφηθεί με την κόρη της, ώστε ο Smith να αποτυπώσει τις επιπτώσεις της ασθένειας στην Tomoko. Είκοσι χρόνια μετά τον θάνατο της Tomoko η φωτογραφία αποσύρθηκε από άλλες εκδόσεις. (<https://en.wikipedia.org>).



Εικόνα 12.2. Η Ryoko Uemura κρατά στην αγκαλιά της την κόρη της Tomoko Uemura μέσα σε λουτρό. (Πηγή https://en.wikipedia.org/wiki/Tomoko_Uemura_in_Her_Bath, W.Eugene Smith)

Η Σύμβαση της Μιναμάτα.

Στις 10-10-2013 υπογράφηκε από εκπροσώπους 140 χωρών η Σύμβαση της Μιναμάτα και έχει σαν σκοπό τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από υδράργυρο και πήρε το όνομα της πόλης στην οποία χιλιάδες άνθρωποι δηλητηριάστηκαν με υδράργυρο. Είναι η πρώτη συμφωνία για τον έλεγχο του υδραργύρου και καλύπτει πλήθος ζητημάτων, όπως η εξόρυξη, η εμπορία, η χρήση στη χημική βιομηχανία και οι εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η Σύμβαση δίνει στις κυβερνήσεις που την αποδέχθηκαν περιθώριο 15 ετών για να σταματήσουν την εξόρυξη υδραργύρου. Θέτει επίσης το χρονοδιάγραμμα για τη σταδιακή κατάργηση μιας σειράς προϊόντων έως το 2020. Ένα από τα προϊόντα αυτά είναι τα θερμομέτρα υδραργύρου, τα οποία έχουν ήδη απαγορευτεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ωστόσο η Σύμβαση δεν βάζει τέλος στη χρήση υδραργύρου σε ορυχεία χρυσού. Το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα του ΟΗΕ (UNEP), που οργάνωσε την τελευταία συνάντηση στην Ιαπωνία, είχε δημοσιεύσει έκθεση για τη ρύπανση από υδράργυρο σε παγκόσμια κλίμακα. Προειδοποιούσε ότι οι εκπομπές υδραργύρου αυξάνονται στον αναπτυσσόμενο κόσμο, ενώ η συγκέντρωσή του σε ένα στρώμα 100 μέτρων κάτω από την επιφάνεια των ωκεανών διπλασιάστηκε στη διάρκεια του περασμένου αιώνα. Σύμφωνα με την ίδια έκθεση, οι βλάβες που προκαλεί ο υδράργυρος στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία έχουν κόστος 22 δισ. δολαρίων το χρόνο. ([https://el.wikipedia.org/wiki/Σύμβαση_Μιναμάτα.](https://el.wikipedia.org/wiki/Σύμβαση_Μιναμάτα))

12.5.3. Επιπτώσεις του Μολύβδου (Pb) στην υγεία.

Ο Μόλυβδος αφθονεί στη φύση, χρησιμοποιείται ευρύτατα και για αυτό βρίσκεται διασκορπισμένος στο περιβάλλον. Δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα κυρίως όταν διαλύεται και προκύπτει σε ιοντική μορφή. Πιο τοξικές μορφές του είναι οι οργανικές του ενώσεις. Ο τετραμεθυλιούχος και ο τετρααιθυλιούχος μόλυβδος, χρησιμοποιήθηκαν ως βελτιωτικά καύσης στη βενζίνη, γεγονός που συνέβαλε σημαντικά στην έκθεση του ανθρώπου στο Μόλυβδο. Η χρήση αμόλυβδης βενζίνης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της πρόσληψης μολύβδου από τους ανθρώπους. Στο παρελθόν τον χρησιμοποιούσαν και σε σωλήνες ύδρευσης, με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης του στο νερό και τη δημιουργία δυσμενών επιπτώσεων στον άνθρωπο. Επεμβαίνει στη λειτουργία πολλών ενζύμων, έχουν αναφερθεί επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα, το ήπαρ και στην αναπαραγωγή, ακόμη και σε περιπτώσεις έκθεσης μικρής διάρκειας. Το μεγαλύτερο μέρος από τον Pb που προσλαμβάνει ο άνθρωπος περνά στο αίμα και τους μαλακούς ιστούς, συμπεριλαμβανομένων των οργάνων και του εγκεφάλου και τελικά αποτίθεται στα οστά. Τα άτομα που κινδυνεύουν περισσότερο είναι τα έμβρυα και τα παιδιά κάτω των 7 ετών. Μια άλλη παρενέργεια της υψηλής συγκέντρωσης Pb είναι η δυσλειτουργία των νεφρών. Η δηλητηρίαση από σκεύη επικαλυμμένα από ουσίες με Pb είναι γνωστή από τους αρχαίους Έλληνες. (Μήτρακας 2001)

12.5.4. Επιπτώσεις του Καδμίου (Cd) στην υγεία.

Το κάδμιο χρησιμοποιείται στην κατασκευή συσσωρευτών, χρωμάτων, πλαστικών και ξηρών μπαταριών. Το μεγαλύτερο μέρος του παράγεται ως παραπροϊόν στα εργοστάσια επεξεργασίας ψευδαργύρου και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η καύση του άνθρακα και η καύση απορριμμάτων που περιέχουν κάδμιο. Σε μέρη όπου η συγκέντρωση του καδμίου είναι υψηλή τα φυτά το απορροφούν στη θέση του ψευδαργύρου. Είναι ένα από τα πιο επικίνδυνα μέταλλα, ο άνθρωπος το προσλαμβάνει μέσω της αναπνοής και της τροφής και λιγότερο από το πόσιμο νερό. Οι επιδράσεις του στην υγεία εξαρτώνται από την οδό έκθεσης (αναπνευστική, γαστρεντερική), την διάρκεια επίδρασης (οξεία, χρόνια) και την ποσότητα του

προσλαμβάνεται. Με υψηλές ποσότητες πρόσληψης προκαλεί σοβαρές παθήσεις σε ήπαρ, νεφρά, σπλήνα και αντικαθιστά το ασβέστιο των οστών. Θεωρείται ύποπτο καρκινογένησης καθώς υπάρχουν επαρκή στοιχεία που υποδεικνύουν την καρκινογόνο δράση του στα ζώα. Θανατηφόρος δόση για τον άνθρωπο είναι περίπου 1 gr.

Η απορρόφηση του όμως είναι μικρή (5–8%), η οποία ενισχύεται σε περιπτώσεις που υπάρχει χαμηλή διαιτητική πρόσληψη Ασβεστίου ή Σιδήρου. Τα τρόφιμα που είναι πλούσια σε Κάδμιο μπορεί να αυξήσουν σημαντικά την συγκέντρωση του καδμίου στον ανθρώπινο οργανισμό. Παραδείγματα τροφίμων πλούσιων σε κάδμιο είναι το ήπαρ, οι νεφροί ζώων, μανιτάρια, οστρακοειδή, τα ψάρια και πολλά φυτά που καλλιεργούνται σε όξινα εδάφη. Ένα μέρος του αποβάλλεται από τον οργανισμό αλλά με πολύ αργό ρυθμό, η ημιπερίοδος ζωής του στον ανθρώπινο οργανισμό ανέρχεται σε 20-30 χρόνια. (Αναγνωστόπουλος 1993)

Νόσος Ιτάϊ- Ιτάϊ (1947)

Χαρακτηριστικό επεισόδιο ρύπανσης από κάδμιο εμφανίστηκε κυρίως μεταξύ ηλικιωμένων πολυτόκων γυναικών στην Ιαπωνία, σε ένα χωριό στον ποταμό Jintsu από τα απόβλητα μεταλλείου ψευδαργύρου που περιείχαν κάδμιο. Τα απόβλητα διοχετεύονταν στα νερά ποταμού που τα χρησιμοποιούσαν για άρδευση ορυζώνων. Η νόσος Ιτάϊ- Ιτάϊ (ωχ-ωχ) που ονομάστηκε έτσι εξαιτίας των ισχυρών πόνων που προκαλούσε, επιδρούσε ιδιαίτερα στα οστά και τις αρθρώσεις, προκαλούσε πολλαπλά κατάγματα και νεφρική δυσλειτουργία και μείωση της άμυνας του οργανισμού στις μολυσματικές ασθένειες. (Χαραλάμπους Α, 2007)

12.5.5. Επιπτώσεις του Χρωμίου (Cr) στην υγεία.

Το χρώμιο είναι ευρέως διαδεδομένο στο φλοιό της Γης, στα περισσότερα εδάφη υπάρχει σε χαμηλές περιεκτικότητες (2-60 mg/kg). Τα φυσιολογικά επίπεδά του στα μη ρυπασμένα επιφανειακά ύδατα κυμαίνονται από 1 - 10 μg/L, ενώ στο πόσιμο νερό οι συγκεντρώσεις του κυμαίνονται από 0,4 - 8 μg/L. Στον αέρα βρίσκεται σε συγκεντρώσεις < 0,1 μg/m³.

Το χρώμιο περιέχεται στα απόβλητα από βιομηχανικές δραστηριότητες αφού χρησιμοποιείται ως συστατικό κραμάτων, ως προστατευτικό διάβρωσης μετάλλων, ως μέσο για την προστασία αντλιών και εναλλακτών θερμότητας. Ενώσεις του χρησιμοποιούνται ως χρωστικές στη φωτογραφία, στο χρωματισμό του βινυλίου, του ελαστικού και του χαρτιού, σε βαφές υφασμάτων και δέρματος, ως συντηρητικά ξύλου, στην κατεργασία δερμάτων, αν και λόγω της μεγάλης τοξικότητάς του η χρήση του πλέον αποθαρρύνεται.

Είναι ανάμεσα στα στοιχεία με βιολογική σημασία, αφού το τρισθενές χρώμιο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για το μεταβολισμό των σακχάρων και των λιπιδίων και συντελεί στην πρόληψη του διαβήτη και της αρτηριοσκλήρυνσης. Στα φυσικά νερά απαντάται συνήθως με τη μορφή εξασθενούς χρωμίου το οποίο σε χαμηλές συγκεντρώσεις προκαλεί ερεθισμό του γαστρικού και εντερικού βλεννογόνου. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, αφού απορροφάται από τη γαστρεντερική οδό και φθάνει σε πολλά όργανα του σώματος προκαλώντας σοβαρές βλάβες και καρκίνο.

Το Cr⁺⁶ εισέρχεται στα κύτταρα μέσω της κυτταρικής μεμβράνης, αντίθετα οι ενώσεις του Cr⁺³ διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη αργά ή και καθόλου. Για το λόγο αυτό το Cr⁺⁶ είναι η επικίνδυνη μορφή του χρωμίου και όχι το Cr⁺³. Στο εσωτερικό των κυττάρων το Cr⁺⁶ ανάγεται σε Cr⁺³. Η πορεία αναγωγής του μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του DNA, όπως οξειδωτικές βλάβες, θραύση των κλώνων του και διακλωνικές συνδέσεις.

Το Cr^{+6} θεωρείται ευκίνητο στο υδάτινο περιβάλλον, παραμένει στη διαλυτή φάση και είναι βιοδιαθέσιμο. Είναι πολύ τοξικό σε αντίθεση με το Cr^{+3} που είναι σχετικά αδρανές, λιγότερο βιοδιαθέσιμο και έχει μειωμένη τοξικότητα για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Με την Οδηγία 98/83/EC έχει θεσπιστεί ως ανώτατο επιτρεπτό όριο ολικού χρωμίου στο πόσιμο νερό τα 50 $\mu\text{g/L}$, όμως δεν έχει καθοριστεί ανώτατο επιτρεπτό όριο ειδικά για το εξασθενές χρώμιο. Στις ΗΠΑ, η EPA έχει θεσπίσει ως ανώτατο επιτρεπτό όριο ολικού χρωμίου στο πόσιμο και υπόγειο νερό τα 100 $\mu\text{g/L}$, θεωρώντας αυτή την τιμή ασφαλή για την υγεία του ανθρώπου. Στην Ελλάδα, με την ΚΥΑ 4859/726 ρυθμίζονται οι εκπομπές ολικού χρωμίου από απόβλητα βιομηχανιών σε υδάτινους αποδέκτες, σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται (ανάλογα με τον αποδέκτη) από 0,6 έως 3 mg/L . Οι εκπομπές ρύπων των βιομηχανιών στην Ελλάδα μπορούν να καθοριστούν από τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις κατά περίπτωση και κυμαίνονται για το Cr^{+6} από 0,3 έως 1 mg/L στα υγρά απόβλητα. Όριο για το έδαφος δεν έχει θεσπιστεί ακόμα. (http://195.134.76.37/chemicals/chem_cr6.htm)

Η ρύπανση του Ασωπού ποταμού.

Σύμφωνα με στοιχεία του Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. στον Ασωπό ποταμό καταλήγουν τα απόβλητα από 60 βιομηχανίες μετάλλων, οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται στην ευρεία περιοχή Οινοφύτων και Σχηματαρίου. Οι βιομηχανίες μετάλλων είναι υποχρεωμένες από το νόμο να διαθέτουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας των αποβλήτων τους, όμως δεν το κάνουν επειδή είναι πιο εύκολη και οικονομική λύση να ρίχνουν τα απόβλητα στο ποτάμι από το να δημιουργήσουν συστήματα καθαρισμού, με αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη καταστροφή του περιβάλλοντος. Οι μετρήσεις στον Ασωπό και ο εντοπισμός εξασθενούς χρωμίου που οι συγκεντρώσεις του αυξάνονται συνεχώς, οδήγησαν στη διακοπή χρήσης νερού ως πόσιμου σε πολλές περιοχές. Ο υδροφόρος ορίζοντας είναι ενιαίος, επομένως το πρόβλημα της ρύπανσης των υδάτων του Ασωπού αφορά ευρύτερες περιοχές. Η περίπτωση του Ασωπού αποτελεί ένα ακόμη δείγμα ακραίας αυθαιρεσίας σε βάρος της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. (kapodistriako.uoa.gr/)

Λόγω των σχετικά λίγων διαθέσιμων στοιχείων, λίγες χώρες έχουν προχωρήσει ως σήμερα στην επιβολή ανώτατων ορίων στο εξασθενές χρώμιο, στις περισσότερες περιπτώσεις, τα όρια αφορούν μόνο την ολική συγκέντρωση χρωμίου. Κάθε χώρα «επιβάλλεται» να καθορίσει όρια και για το πόσιμο νερό με βάση την Αρχή της Προφύλαξης, «καθώς αρκεί η ύπαρξη αμφιβολιών, γύρω από την επέλευση σοβαρών ή μη αναστρέψιμων βλαβών στο περιβάλλον ή στη δημόσια υγεία, για τη λήψη μέτρων εκ μέρους της Πολιτείας».

Η πολιτεία της Καλιφόρνια στις ΗΠΑ, στην οποία εμφανίσθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου στο πόσιμο νερό (υπόθεση Έριν Μπρόκοβιτς) ξεκίνησε τη διαδικασία για τον καθορισμό ορίων το 2011, ενώ η Ιταλία έχει θεσπίσει από το 1999 το όριο των 5 μg εξασθενούς χρωμίου ανά λίτρο επιφανειακών υδάτων που προορίζονται ύδρευση.

Στην Ελλάδα, έχουν καθοριστεί όρια για το εξασθενές χρώμιο στα υγρά απόβλητα που καταλήγουν στον Ασωπό. Η Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ 20488/10) καθορίζει όριο 30 $\mu\text{g/l}$ στη μέση ετήσια συγκέντρωση εξασθενούς χρωμίου στα υγρά απόβλητα που διοχετεύονται στο ποτάμι, ενώ στα νερά του ίδιου του Ασωπού το όριο καθορίστηκε στα 3 $\mu\text{g/l}$. Επίσης έχει εκδοθεί απόφαση του Διοικητικού Πρωτοδικείου Χαλκίδας, στο πλαίσιο της προσωρινής δικαστικής προστασίας, που καθορίζει όριο 2 $\mu\text{g/l}$ για την περιεκτικότητα εξασθενούς χρωμίου στο πόσιμο νερό της περιοχής των Μεσσαπίων στην Εύβοια.

Το χρώμιο δεν προέρχεται μόνο από τη βιομηχανική δραστηριότητα και τα λύματα αλλά υπάρχει και στο έδαφος ορισμένων περιοχών, όμως ο βαθμός επικινδυνότητας είναι ανεξάρτητος από την πηγή προέλευσης. (www//in.gr, 2014),

12.5.6. Επιπτώσεις του Νικελίου (Ni) στην υγεία.

Χρησιμοποιείται σε μικρές ποσότητες ως καταλύτης ενώ σε μεγαλύτερες χρησιμοποιείται κυρίως σε κράματα με το χάλυβα για την αύξηση της σκληρότητας και της ανθεκτικότητάς του. Έτσι, παρασκευάζονται πυροσωλήνες και θωρακίσεις αρμάτων μάχης. Σε υλικά κυρίως οικιακής χρήσης πραγματοποιείται επινικέλωση για προστασία από τη διάβρωση.

Χρησιμοποιείται επίσης στη κατασκευή διάφορων εργαλείων, αντικειμένων πολυτελείας, χημικών οργάνων, εξαρτήματα ραδιοφώνων και ηλεκτρονικών συσκευών. Για αυτό και περιέχεται σε απόβλητα βιομηχανιών κατεργασίας μετάλλων. (el.wikipedia.org/Νικέλιο)

Απορροφάται λίγο από το έντερο και συγκεντρώνεται κυρίως στους πνεύμονες και τον εγκέφαλο. Μπορεί να προκαλέσει αλλεργικές δερματίτιδες και άσθμα, νεφρικό και γαστρικό καρκίνο, καρκίνο στους πνεύμονες, τους παραρρίνιους κόλπους και στον λάρυγγα, κυρίως σε εργαζόμενους σε εργαζόμενους επιχειρήσεων που χρησιμοποιείται το μέταλλο. Τα περισσότερα προβλήματα προκαλούνται από παράγωγα του νικελίου όπως το οξειδίο του νικελίου και τα κρυσταλλικά του σύμπλοκα π.χ. Ni_3S_2 .

Επειδή ακόμη δεν έχει καθοριστεί η σχέση μεταξύ της δόσης του Νικελίου και της αντίδρασης του ανθρώπινου οργανισμού, τα όρια έκθεσης στο νικέλιο είναι πολύ αυστηρά.

12.5.7. Επιπτώσεις του Αρσενικού (As) στην υγεία.

Κυριότερες φυσικές πηγές αρσενικού είναι τα ηφαίστεια και η αποικοδόμηση της φυτικής ύλης, επί πλέον ποσότητες απελευθερώνονται στο περιβάλλον από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στο νερό μεταφέρεται από την διάβρωση πετρωμάτων, λόγω κατάληξης των βιομηχανικών αποβλήτων και εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων κλπ.

Το Αρσενικό περιέχεται σε ορυκτά του χαλκού, του μολύβδου και του ψευδαργύρου, ενώ στη μορφή του τριοξειδίου του αρσενικού (As_2O_3) αποτελεί πρώτη ύλη για παρασκευή ζιζανιοκτόνων, μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων, και ως προσθετικό τροφίμων και φαρμάκων. Απορροφάται από τον οργανισμό με την αναπνοή, τις τροφές και από το δέρμα. Είναι δηλητηριώδες και οι ενώσεις του προκαλούν καρκίνο του πνεύμονα. Τέτοια περιστατικά έχουν παρατηρηθεί σε εργαζόμενους σε χυτήρια χαλκού, ορυχεία και εργοστάσια παραγωγής παρασιτοκτόνων. Η τοξικότητα των ενώσεων αρσενικού, οφείλεται στην αδρανοποίηση ενζύμων που παίρνουν μέρος στις οξειδωτικές διεργασίες των κυττάρων. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εντοπίζονται στο δέρμα, τα νύχια και τις τρίχες. Αποθηκεύεται επίσης σε ήπαρ, νεφρούς, σπλήνα και πνεύμονες. Προκαλεί βλάβες στο γαστρεντερικό σωλήνα, τριχοειδείς αιμορραγίες, πτώση της αρτηριακής πίεσης. Ενοχοποιείται για διάφορες μορφές καρκίνου (παγκρέατος, νεφρών, ήπατος, προστάτη, πνευμόνων). (Χαραλάμπους Α, 2007)

12.6. ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι μικροοργανισμοί υπάρχουν παντού. Οι περισσότεροι είναι ωφέλιμοι για το περιβάλλον και για τον άνθρωπο, κάποιοι άλλοι δεν τον βλάπτουν, ενώ κάποιοι μικροοργανισμοί προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο και ονομάζονται παθογόνοι μικροοργανισμοί. Οι άνθρωποι υπέφεραν από τους παθογόνους μικροοργανισμούς χωρίς να γνωρίζουν την ύπαρξή τους, μέχρι

τα μέσα του 19^{ου} αιώνα που ο Γάλλος Μικροβιολόγος και Χημικός Λουίς Παστέρ κατάλαβε ότι πολλές οι ασθένειες προκαλούνται από μικροοργανισμούς. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να μεταδοθούν στον άνθρωπο και μέσω του νερού. Οι ασθένειες που μεταδίδονται μέσω του νερού ονομάζονται υδατογενείς λοιμώξεις.

Οι υδατογενείς λοιμώξεις μπορούν να μεταδοθούν με την άμεση επαφή με το νερό, με την κατανάλωση μολυσμένου νερού, με εισπνοή αερολύματος (υδατοσταγονίδια) και με εισρόφηση μολυσμένου νερού. Προκαλούνται από διάφορα είδη μικροοργανισμών όπως είναι τα βακτήρια που προκαλούν χολέρα, δυσεντερία και τυφοειδή πυρετό, ιοί που προκαλούν λοιμώδη ηπατίτιδα και πολυομυελίτιδα, διάφορα παρασιτικά πρωτόζωα και σκουλήκια.

Μόλυνση του νερού είναι το είδος της ρύπανσης του που οφείλεται σε μικροοργανισμούς και συνδέεται άμεσα με την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών που προήλθαν από ανθρώπινες δραστηριότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η απόρριψη οργανικών αποβλήτων στη θάλασσα, με άμεση συνέπεια τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών.

Κύρια πηγή μόλυνσης των υδάτων είναι τα αστικά λύματα, τα κτηνοτροφικά απόβλητα και τα περιττώματα των ζώων και των ανθρώπων που περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς για τον άνθρωπο. Όταν καταλήξουν στο νερό, εκτός από τις άλλες μορφές ρύπανσης, μπορεί να προκαλέσουν και μόλυνση εξαιτίας της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών σε αυτά. Στα αστικά λύματα περιέχονται παθογόνοι μικροοργανισμοί που προέρχονται από τα ανθρώπινα περιττώματα. Κατά την επεξεργασία των αστικών λυμάτων απομακρύνεται σημαντικός αριθμός μικροοργανισμών, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το βαθμό επεξεργασίας και το είδος του οργανισμού.

Κάποιοι ρύποι αποτελούν παράγοντες αύξησης για τους οργανισμούς, όπως η οργανική ύλη. Κάποια άλλα είδη οργανισμών παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε διάφορους τύπους ρύπων και μπορούν να επιβιώνουν σε ρυπασμένες περιοχές, οπότε και χαρακτηρίζονται ως «δείκτες ρύπανσης» και η παρουσία τους σε μια συγκεκριμένη περιοχή υποδηλώνει την ύπαρξη συγκεκριμένου τύπου ρύπανσης (Σφυρόερας, 2011).

Τα επιφανειακά νερά μπορεί να μολυνθούν από οργανισμούς εντερικής προέλευσης είτε παροδικά είτε μόνιμα. Περισσότεροι από 100 διαφορετικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί για τον άνθρωπο βρίσκονται στα κόπρανα και επομένως μεταφέρονται στα λύματα και στα επιφανειακά ρυπαινόμενα νερά, έτσι μπορεί να βρεθούν στο πόσιμο νερό ή στις τροφές με αποτέλεσμα την άμεση μετάδοση ασθενειών από τους μικροοργανισμούς.

Οι μικροοργανισμοί επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες για να επιβιώσουν, όπως είναι το pH, ο αέρας για τους αερόβιους μικροοργανισμούς, η ποσότητα οργανικής ύλης για την τροφή τους, οι άνεμοι, τα κύματα, τα θαλάσσια ρεύματα, η εξάτμιση, η καθίζηση και η ηλιακή ακτινοβολία. Οι φυσικοί παράγοντες που συντελούν στην μείωση των μικροοργανισμών μίας ρυπασμένης υδάτινης περιοχής είναι η παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών από το πλαγκτόν, η έκθεση στο ηλιακό φως και την θερμοκρασία καθώς και η υψηλή περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε διαλυμένα άλατα. Τα περισσότερα εντερικά παθογόνα βακτήρια πεθαίνουν πολύ γρήγορα όταν βρεθούν εκτός των ανθρώπινων περιττωμάτων, ενώ τα βακτήρια δείκτες, όπως είναι το *Escherichia coli* επιβιώνουν για μεγαλύτερους χρόνους. (Αντωνόπουλος 2001)

12.7. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι σπουδαιότερες μικροβιολογικές παράμετροι που αφορούν την ανθρώπινη υγεία είναι:

- Οι δείκτες οργανισμοί. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα κολοβακτηρίδια και κολοβακτηρίδια των περιττωμάτων (όπως τα είδη *Enterobacter*, *Escherichia coli*), οι στρεπτόκοκκοι των περιττωμάτων (είδη που κυρίως σχετίζονται με τα ζώα, όπως το *Streptococcus bovis*).
- Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί. Είναι μικροοργανισμοί που ανιχνεύονται από εξειδικευμένα εργαστήρια και προκαλούν ασθένειες. Στα είδη αυτά ανήκουν οι σαλμονέλες, οι εντερικοί νηματοδείς, οι μύκητες που προκαλούν γαστρεντερικά προβλήματα κ. α. (Αντωνόπουλος 2001)

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί βρίσκονται στο νερό σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και η ανίχνευσή τους είναι πολύ δύσκολη. Ως δείκτης μικροβιολογικής ρύπανσης (παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών) χρησιμοποιούνται τα κολοβακτηρίδια, τα οποία ζουν στον εντερικό σωλήνα των ανθρώπων, δεν προκαλούν ασθένειες και αποβάλλονται καθημερινά με ρυθμούς που κυμαίνονται από 100×10^9 έως 400×10^9 ανά άτομο/ημέρα. Όταν υπάρχουν κολοβακτηρίδια περιττωμάτων στο νερό το πιθανότερο είναι να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί, έτσι ο προσδιορισμός τους είναι προκαταρκτική παράμετρος. Για το πόσιμο νερό το νομοθετημένο όριο είναι 0/100ml δείγματος. Επί πλέον προσδιορίζονται εντερόκοκκοι, σαλμονέλες και άλλα παθογόνα μικρόβια.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που τα καθιστά ως κατάλληλο δείκτη για την ύπαρξη πιθανής μόλυνσης στο νερό, είναι το γεγονός ότι η απολύμανση του νερού τα καταστρέφει δυσκολότερα σε σύγκριση με τα παθογόνα βακτήρια. Επομένως η εξάλειψη των κολοβακτηριδίων εξασφαλίζει και την εξάλειψη των παθογόνων βακτηρίων. Δεν ισχύει το ίδιο και για τους ιούς επειδή δεν υπάρχει συσχέτισή τους με τα κολοβακτηρίδια και απαιτούνται εξειδικευμένες αναλύσεις για τον προσδιορισμό τους. Οι εκκρίσεις ενός φορέα περιέχουν δισεκατομμύρια παθογόνων μικροοργανισμών και έτσι μέσω του νερού μπορεί να προκληθεί επιδημία τεραστίων διαστάσεων. (Χαραλάμπους Α, 2007)

Τα πρότυπα ποιότητας νερού σχετικά με τις συγκεντρώσεις των μικροοργανισμών ποικίλλουν και εξαρτώνται κυρίως από τις δραστηριότητες που θα αναπτυχθούν στο νερό. Στην Ελλάδα, έχουν νομοθετηθεί συγκεκριμένα όρια, τα οποία προσδιορίζουν την καταλληλότητα του νερού με βάση το μικροβιολογικό φορτίο (Dermatas and Meng 2004).

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 438//3.7.86, τα επιθυμητά όρια για τους παθογόνους μικροοργανισμούς στο νερό κολύμβησης, είναι:

- Το επιθυμητό όριο στο σύνολο κολοβακτηριδίων είναι 500 αποικίες ανά 100 ml δείγματος νερού, ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι 10.000 αποικίες ανά 100 ml. Για τα κολοβακτηρίδια περιττωμάτων, το επιθυμητό όριο είναι 100 αποικίες ανά 100 ml δείγματος νερού ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο είναι 500 αποικίες ανά 100 ml.
- Στους εντεροκόκκους, το επιθυμητό όριο είναι 100 αποικίες ανά 100 ml δείγματος νερού το οποίο είναι και το ανώτερο επιτρεπτό όριο.
- Τα νομοθετημένα όρια, που αφορούν την διαβίωση και την καλλιέργεια οστρακοειδών, έχουν επιθυμητό ανώτερο όριο τις 70 αποικίες ανά 100 ml δείγματος νερού (Fytianos 2007).

12.8. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Η μόλυνση του πόσιμου νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς μπορεί να επηρεάσει την υγεία εκατομμυρίων ανθρώπων και να προκαλέσει νοσηρότητα και θνησιμότητα κυρίως σε ευάλωτους πληθυσμούς. Επομένως η πρόληψη της μόλυνσης έχει ζωτική σημασία για την υγεία των ανθρώπων και η πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για αυτήν. Οι εμβολιασμοί στην παιδική ηλικία, οι σύγχρονες μέθοδοι υγιεινής και η πρόσβαση σε πόσιμο νερό έχουν αυξήσει τη διάρκεια ζωής και βελτίωσαν την υγεία περισσότερο από κάθε άλλο επίτευγμα στον τομέα της ιατρικής. (Last et al., 1998).

Τα υδατογενή νοσήματα, που οφείλονται στο πόσιμο νερό μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Νοσήματα που οφείλονται στην κατανάλωση του νερού ως πόσιμου (στοματο-πρωκτική οδός, π.χ. χολέρα, τυφοειδής πυρετός κλπ.)
- Νοσήματα που προκύπτουν από μη επαρκή ποσότητα νερού (επιπεφυκίτιδες, τράχωμα, γαστρεντερίτιδες κλπ.).
- Νοσήματα από μικροοργανισμούς όπου το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής τους (σχιστοσωμίαση, δρακοντίαση).
- Νοσήματα που οφείλονται σε έντομα που εκκολάπτονται στο νερό ή που τσιμπούν κοντά σε συλλογές νερού (κίτρινος πυρετός, ελονοσία κ.α.).

Οι ασθένειες αυτές είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες για τα μικρά παιδιά, αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 60% των πρόωρων θανάτων της παιδικής ηλικίας σε όλο τον κόσμο, ιδιαίτερα στον αναπτυσσόμενο όπου ασθένειες όπως η χολέρα και ο τυφοειδής πυρετός είναι οι κύριες αιτίες της παιδικής θνησιμότητας. Αν και οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχουν μειώσει την εμφάνιση των ασθενειών που σχετίζονται με το νερό, οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες εξακολουθούν να αγωνίζονται για να βρουν ασφαλές και καθαρό νερό. Σε ορισμένες περιοχές του κόσμου (όπως Ινδία, Κίνα, Αφρική), οι ασθένειες που σχετίζονται με το νερό, αποτελούν ακόμη σημαντική κύρια αιτία θανάτου (Gilbert et al., 2008).

Λοιμώξεις που προκαλούνται από τα βακτήρια (EFSA, 2008):

- *Salmonella* spp: Περίπου 2000 ορότυποι *Salmonella* (εκτός τη *S.Typhi*) προκαλούν σαλμονελώσεις σε παιδιά κάτω των 5 ετών. Η μετάδοση της γίνεται κυρίως μέσω τροφίμων και νερού, αν και η μετάδοσή της μέσω του πόσιμου νερού είναι σχετικά σπάνια στις ανεπτυγμένες χώρες. Τα είδη *Salmonella* που προκαλούν γαστρεντερίτιδα είναι η *S.typhimurium* και η *S.enteritidis*. Ο τυφοειδής πυρετός προκαλείται από την *S.Typhi*, της οποίας η υδατογενής μετάδοση συμβαίνει πλέον αποκλειστικά στις αναπτυσσόμενες χώρες.
- *Shigella* spp: Η *Shigella* προσβάλλει το κόλον προκαλώντας κολίτιδα και μεταδίδεται μέσω της τροφής και του μολυσμένου νερού. Τα συμπτώματα ποικίλλουν από ήπια μέχρι σοβαρά (διάρροια με πυρετό και αιματηρά κόπρανα), ενώ η συγκεκριμένη νόσος είναι αυτοιάσιμη σε διάστημα περίπου μίας εβδομάδας.
- *E.coli*: Είναι δυνητικά παθογόνο για τον άνθρωπο, αποτελεί μέρος της φυσιολογικής μικροβιακής χλωρίδας. Εντοπίζεται σε αφθονία στο γαστρεντερικό σύστημα των ανθρώπων και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλεται με τα κόπρανα. Η παρουσία του σε δείγματα νερού αποδεικνύει κοπρανώδη μόλυνση του νερού. Η μετάδοση της γίνεται

κυρίως μέσω τροφίμων και νερού, αν και μέσω του πόσιμου νερού είναι σχετικά σπάνια στις ανεπτυγμένες χώρες. Τα συμπτώματα είναι διάρροια, η ναυτία, εμετοί, κοιλιακοί πόνοι, μυαλγίες και χαμηλός πυρετός. Η διάρκεια της νόσου ποικίλλει από 1 ημέρα έως και 2 εβδομάδες.

- *Campylobacter* spp: Οι υδατογενείς λοιμώξεις από *Campylobacter* προκαλούνται κατά κύριο λόγο από το *C. jejuni*, που προκαλεί συνήθως διάρροια στις ανεπτυγμένες χώρες. Η προέλευση του βακτηρίου είναι τα κόπρανα ζώων και ανθρώπων φορέων ή πασχόντων, από τα οποία μολύνονται το νερό και τα τρόφιμα. Τα δίκτυα ύδρευσης συχνά επιμολύνονται από τα κόπρανα πουλιών, όπου το *Campylobacter* αποτελεί φυσική χλωρίδα του εντέρου τους. Η απουσία ή η έλλειψη επεξεργασίας και απολύμανσης του νερού προκαλούν επιδημία. Τα συμπτώματα είναι ναυτία, εμετοί, κοιλιακός πόνος, διάρροια (αιματηρά κόπρανα), πυρετός, κακουχία, ενώ η διάρκεια της νόσου διαρκεί από 1 ημέρα έως 1 εβδομάδα. Τυχόν επιπλοκές περιλαμβάνουν αρθρίτιδες, εγκεφαλίτιδες ή σηψαιμία. Η παρουσία του βακτηρίου στο νερό σημαίνει πρόσφατη περιττωματική μόλυνση και υψηλό κίνδυνο επιμόλυνσης του πληθυσμού.
- *Vibrio cholerae*: Η χολέρα προκαλείται από το *Vibrio cholerae*, ενδημεί κυρίως στην Ασία και σε λιγότερο βαθμό σε Ευρώπη και Αφρική. Η μετάδοσή της γίνεται υδατογενώς, αποικίζοντας το λεπτό έντερο. Το *Vibrio cholerae* έχει χρόνος επώασης 1-5 ημέρες, ενώ τα συμπτώματα είναι είτε ήπια είτε πιο βαριά, όπως διάρροια, ταχεία αφυδάτωση ή θάνατος.

Λοιμώξεις που προκαλούνται από ιούς:

Στον γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου υπάρχουν διάφοροι ιοί, οι οποίοι μέσω των κοπράνων ρυπαίνουν το υδάτινο περιβάλλον. Η υδατογενής μεταφορά των ιών αυτών αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για την Δημόσια Υγεία. Οι ιοί εντερικής προέλευσης, που μεταδίδονται μέσω του νερού είναι οι εξής:

- Ιός ηπατίτιδας Α (HAV): Η ηπατίτιδα Α προκαλείται από τον ιό Hepatitis A (HAV) και εμφανίζει ιδιαίτερα μεγάλο επιπολασμό. Η μετάδοση του συγκεκριμένου ιού γίνεται και υδατογενώς μέσω του πόσιμου νερού, ενώ τα συμπτώματα είναι πυρετός, ναυτία, ανορεξία, καταβολή, διάρροιας. Η εκδήλωση των συμπτωμάτων εξαρτάται συχνά από την ανοσολογική κατάσταση και την ηλικία του ξενιστή, τον τύπο και τη λοιμογόνο ικανότητα του ιού και την οδό μόλυνσης. Η ηπατίτιδα Α συνήθως διαρκεί 1-2 εβδομάδες.
- Ιοί πολιομυελίτιδας (Polioviruses): Η συχνότερη οδός μετάδοσης είναι η αναπνευστική οδός, αν και έχει βρεθεί ότι η υδατογενής μεταφορά είναι και αυτή σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Η συγκεκριμένη νόσος δεν παρουσιάζει σημαντικό επιπολασμό στις ανεπτυγμένες χώρες αλλά εμφανίζεται στις λιγότερο ανεπτυγμένες. Ο ιός πολλαπλασιάζεται μετά την κατάποση μολύνοντας την γαστρεντερική οδό, τους λεμφαδένες και το Κ.Ν.Σ (Αλμπάνης, 2009).

Λοιμώξεις που προκαλούνται από πρωτόζωα:

- Αμοιβαδοειδής δυσεντερία. Η *Entamoeba histolytica* είναι πρωτόζωο του εντέρου και προκαλεί κοιλιακά άλγη, κακουχία, ναυτία, πυρετό, βλεννοαιματηρή διάρροια, εξωεντερικά αποστήματα σε ήπαρ, πνεύμονες, σπλήνα και εγκέφαλο, έλκη σε ειλεό,

σκωληκοειδή απόφυση και άλλα μέρη του παχέος εντέρου. Μεταδίδεται από άτομο σε άτομο κυρίως μέσω νερού μολυσμένου με κόπρανα.

- Η λοίμωξη από το πρωτόζωο *Giardia lamblia* γίνεται με κατάποση κύστεων του πρωτόζωου που βρίσκονται σε μολυσμένα ύδατα και προκαλεί κοιλιακά άλγη, ανορεξία, υδαρή δύσσομη διάρροια. Η αφαίρεση κύστεων γίνεται με ειδικές τεχνικές διήθησης επειδή το παράσιτο είναι ανθεκτικό στη χλωρίωση. (Τσακρής Α, 2008)

12.9. ΕΠΙΔΗΜΙΕΣ ΜΕΣΩ ΜΟΛΥΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προκαλούν ασθένειες στους ανθρώπους. Αν η ασθένεια εμφανίζεται σε έναν πληθυσμό και σε δεδομένη χρονική στιγμή σε βαθμό μεγαλύτερο του αναμενόμενου τότε χαρακτηρίζεται ως επιδημία ή λοιμός. Αν η επιδημία εξαπλωθεί και εκτός των γεωγραφικών ορίων μιας χώρας, ονομάζεται πανδημία. (Μαυρίδου Α, 2014)

Επιδημίες του παρελθόντος. Χολέρα - Η πιο τρομακτική Ασθένεια του 19ου Αιώνα.

Η χολέρα είναι λοιμώδης νόσημα που προκαλείται από το βακτήριο *Vibrio cholerae*. Συνήθως είναι ασυμπτωματική ή ήπια, ενώ σοβαρά νοσεί το 5-10% των ασθενών. Τα άτομα που υποσιτίζονται ή έχουν εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα ανήκουν στις ομάδες υψηλού κινδύνου. Τα συνήθη συμπτώματα είναι η ναυτία, ο έμετος, οι κοιλιακοί μυϊκοί σπασμοί, η ταχυκαρδία, η υπνηλία, το αίσθημα κόπωσης, διάρροια με σοβαρή απώλεια υγρών και η αφυδάτωση. Όταν δεν αντιμετωπίζεται θεραπευτικά και η αφυδάτωση είναι σοβαρή, μπορεί να οδηγήσει τον ασθενή στον θάνατο, ακόμη και λίγες ώρες μετά την μόλυνση του. Με την κατάλληλη και έγκαιρη ενυδάτωση του ασθενή η θνητότητα είναι μικρότερη από 1% (Heymann D, 2008). Σύμφωνα με εκτιμήσεις, κάθε χρόνο σημειώνονται 3-5 εκατομμύρια κρούσματα χολέρας και 100-130.000 θάνατοι λόγω του νοσήματος. (Zuckerman et al, 2007).

Η χολέρα μεταδίδεται με την κατανάλωση μολυσμένου νερού ή τροφών. Το νερό μολύνεται συνήθως από κόπρανα ασθενών, εξαιτίας της κακής λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, ενώ τα τρόφιμα, συνήθως λαχανικά, μολύνονται όταν πλένονται με μολυσμένο νερό. Για την πρόληψη της νόσου η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας έχει εγκρίνει εμβόλια για την προστασία ευαίσθητων πληθυσμιακών ομάδων, όπως είναι τα παιδιά.

Τους περασμένους αιώνες έλειπε η επιστημονική γνώση για τους μικροοργανισμούς και τους τρόπους αντιμετώπισης τους, με αποτέλεσμα να ξεσπούν συχνά επιδημίες με πολλά θύματα, μεταξύ αυτών και από την χολέρα. Οι επιδημίες εξαπλώνονταν σχεδόν σε όλο τον κόσμο, ενώ στην Ελλάδα η χολέρα έπληξε το 1854 την Αθήνα, τον Πειραιά και άλλες πόλεις προκαλώντας εκατοντάδες θύματα. (<https://epidimiology.wordpress.com/>)

Το 1854 το Λονδίνο υπέφερε από επιδημία χολέρας που εξαπλώνονταν με ταχύτητα, πολλοί άνθρωποι ξυπνούσαν υγείς και πέθαιναν μέχρι το βράδυ, θεραπεία δεν υπήρχε. Τα αίτια της δεν ήταν γνωστά, πολλοί πίστευαν ότι μεταδίδεται με την εισπνοή των αποκρουστικών οσμών από τα νερά του Τάμεση που διαρρέει το Λονδίνο, κυρίαρχη θεωρία της ιατρικής κοινότητας για τον τρόπο μετάδοσης θανατηφόρων ασθενειών, ήταν αυτή του «κακού αέρα».

Ο Άγγλος επιδημιολόγος Δρ. Τζον Σνόου διαφωνούσε, ήδη πέντε χρόνια νωρίτερα είχε διατυπώσει την άποψη ότι η χολέρα προκαλείται από μολυσμένο νερό και όχι από μολυσμένο αέρα. Μελέτησε τις συνθήκες ζωής όσων είχαν προσβληθεί από την ασθένεια σε μια οδό του Λονδίνου και μετά από συνομιλίες με τους κατοίκους της περιοχής, παρατήρησε ότι όλα τα θύματα της χολέρας είχαν πει νερό από την ίδια αντλία από μία πηγή νερού στη γειτονιά. Αφού

παρουσίασε τα ευρήματα του στις τοπικές αρχές, η κάνουλα της πηγής αφαιρέθηκε και τα περιστατικά της χολέρας μειώθηκαν αμέσως δραματικά. Μετά από έρευνες, οι αρχές διαπίστωσαν ότι το πηγάδι είχε φτιαχτεί μόλις δύο μέτρα από έναν παλιό υπόνομο, του οποίου τα λύματα διέρρεαν στο πηγάδι. Αργότερα, ο Τζον Σνόου διαπίστωσε ότι η ιδιωτική εταιρία ύδρευσης Southwark and Vauxhall Waterworks Company υδροδοτούσε το Λονδίνο με νερό από περιοχές του Τάμεση στις οποίες κατέληγαν τα λύματα, μεταδίδοντας έτσι τη χολέρα στην πόλη. Έτσι απέδειξε ότι, η ποιότητα του νερού σχετιζόταν με τη μετάδοση της χολέρας και με τη δράση του άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονταν οι λοιμώδεις ασθένειες. Κατασκευάστηκε νέο αποχετευτικό σύστημα με το οποίο θα καθάριζε ο Τάμεσης και όταν όλο το Λονδίνο συνδέθηκε με το νέο σύστημα, οι επιδημίες σταμάτησαν. Δεν υπήρχε αμφιβολία ότι η χολέρα προκαλούνταν από μολυσμένο νερό ή φαγητό και αυτό που χρειαζόταν για την πρόληψή της ήταν οι καλές συνθήκες υγιεινής. Η θεωρία του Τζον Σνόου δεν έγινε αμέσως αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα, όμως λίγα χρόνια αργότερα, ο Λουί Παστέρ και ο Ρόμπερτ Κοχ επέδειξαν το ρόλο των μικροβίων στις μεταδοτικές ασθένειες. Αποδείχθηκε ότι τη χολέρα την προκαλεί το μικρόβιο *V. cholerae* που είχε ανακαλύψει ο Ιταλός επιστήμονας Φίλιππο Πατσίνι και το 1892 κατασκευάστηκε το πρώτο εμβόλιο κατά της ασθένειας. (<https://www.scienceandtechnology.gr/>)

Οι επιδημίες στον σύγχρονο κόσμο.

Οι υδατογενείς λοιμώξεις συχνά εκδηλώνονται ως μεγάλες επιδημίες, προσβάλλοντας πολλά άτομα. Για να χαρακτηριστεί μια επιδημία ως υδατογενής, θα πρέπει να πληροί δύο κριτήρια: Πρώτον πολλά άτομα να παρουσιάζουν παρόμοια συμπτώματα μετά την κατάποση πόσιμου νερού ή μετά την έκθεση σε νερό που χρησιμοποιείται για λόγους αναψυχής και δεύτερο, τα επιδημιολογικά και εργαστηριακά δεδομένα να υποστηρίζουν την υπόθεση ότι το νερό είναι η πιθανή πηγή του νοσήματος. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται διεθνώς αύξηση της συχνότητας εμφάνισης των υδατογενών λοιμώξεων κυρίως λόγω της παλαιότητας των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης και της βελτίωσης των μεθόδων ανίχνευσης των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό. Η αύξησή τους έχει αποδοθεί και σε άλλους παράγοντες όπως οι μαζικές μετακινήσεις πληθυσμών, η αύξηση των ανοσοκατεσταλμένων ατόμων, οι αλλαγές στον τρόπο ζωής (π.χ. αύξηση των ταξιδιών) και οι κλιματικές αλλαγές.

Πολύ συχνές είναι οι λοιμώξεις που μεταδίδονται με την κατανάλωση μολυσμένου νερού και οδηγούν στην εμφάνιση γαστρεντερίτιδας. Τέτοιες επιδημίες έχουν προκληθεί διεθνώς από πλήθος μικροοργανισμών. Τις περισσότερες επιδημίες βακτηριακής αιτιολογίας στις ανεπτυγμένες χώρες τα τελευταία χρόνια έχει προκαλέσει το *Campylobacter jejuni*, ενώ από τους ιούς συχνότερα ανιχνεύεται ο Νοροϊός και από τα πρωτόζωα το *Cryptosporidium* και η *Giardia lamblia*, αν και συχνά συνυπάρχουν περισσότεροι του ενός υπεύθυνοι παράγοντες.

Το 2006 δηλώθηκαν 17 υδατογενείς επιδημίες στην Ευρώπη από 5 μόλις χώρες, αριθμός που υποδηλώνει ότι αρκετές επιδημίες δεν καταγράφονται, αυτές που δηλώθηκαν προκλήθηκαν από διάφορους παράγοντες. Στην Ελλάδα καταγράφηκαν 12 υδατογενείς επιδημίες εκ των οποίων οι έξι ήταν βακτηριακής αιτιολογίας, οι τρεις ιικής και σε τρεις ο αιτιολογικός παράγοντας παρέμεινε άγνωστος. Από αυτά προκύπτει η σημασία της επιδημιολογικής διερεύνησης των υδατογενών επιδημιών γαστρεντερίτιδας. Η εργαστηριακή επιβεβαίωσή συχνά δεν γίνεται είτε λόγω μη λήψης δειγμάτων νερού ή καθυστερημένη λήψη δειγμάτων και αφού έχουν ληφθεί μέτρα εξυγίανσης του δικτύου ύδρευσης (π.χ. χλωρίωση) είτε λόγω ατελούς ελέγχου των

δειγμάτων. Η επιδημιολογική διερεύνηση προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες για το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά της επιδημίας. (www2.keelrno.gr/blog)

Η χολέρα εμφανίζεται σε περιοχές με κακές συνθήκες υγιεινής (παράγκες, καταυλισμούς τσιγγάνων ή προσφύγων κ.λπ.) και σπάνια μεταφέρεται από άνθρωπο σε άνθρωπο. Στην Ευρώπη η ασθένεια δεν ενδημεί, λόγω της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου, της επαρκούς πρόληψης αλλά και της επιτυχούς αντιμετώπισής της από τις υγειονομικές υπηρεσίες των χωρών αυτών, καταγράφονται ελάχιστα κρούσματα που προκύπτουν μετά από ταξίδι σε ενδημική για τη νόσο περιοχή. Η μέση δηλούμενη επίπτωση στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στις χώρες της ΕΕΑ/ΕFTA (European Economic Area/European Free Trade Association) το 2009, σύμφωνα με τα τελευταία δημοσιευμένα δεδομένα, ήταν μικρότερο του 0,001 κρούσματα ανά 100.000 πληθυσμού. (ECDPC, 2011)

Στην Ελλάδα, η τελευταία επιδημία χολέρας καταγράφηκε το 1912-1913 (Βαλκανικοί πόλεμοι). Σε αναπτυσσόμενες χώρες της Αφρικής, της Νότιας Ασίας και της Λατινικής Αμερικής όπου εκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό νερό, δεν υπάρχουν αποχετεύσεις και τα φάρμακα σπανίζουν, η χολέρα σκοτώνει εκατομμύρια φτωχούς ανθρώπους του πλανήτη. Το 1994 καταγράφηκε επιδημία χολέρας σε μετανάστες από τη Ρουάντα στη Δημοκρατία του Κονγκό με 50.000 περιστατικά χολέρας και 24.000 θανάτους σε λιγότερο από ένα μήνα (WHO 2009). Τον Ιανουάριο του 2010 ισχυρός σεισμός έπληξε την Αϊτή προκαλώντας τον θάνατο χιλιάδων ανθρώπων και ανυπολόγιστες υλικές ζημιές. Ο σεισμός κατέστρεψε και τις υποδομές πόσιμου νερού και αποχέτευσης, με αποτέλεσμα την επιδημία εξάπλωσης της χολέρας και την πρόκληση εκατοντάδων θανάτων μεταξύ των φτωχών και εξαθλιωμένων αστέγων κατοίκων του νησιού. Μέχρι το Νοέμβριο του 2010 είχαν καταγραφεί 60.240 κρούσματα χολέρας και 1.415 θάνατοι. (WHO 2010). Τον Αύγουστο του 2008 επιδημία χολέρας στη Ζιμπάμπουε είχε ως αποτέλεσμα μέχρι τον Ιούνιο του 2009 να προσβληθούν από τη νόσο 98.531 άτομα και να πεθάνουν 4.282. (WHO 2009)

12.10. ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΨΥΧΙΚΗ ΥΓΕΙΑ

Το αίσθημα ευεξίας που αισθανόμαστε όταν βρισκόμαστε κοντά στο νερό μαρτυρά τους λόγους που μας έλκει οποιαδήποτε μορφή νερού, από μια μικρή πηγή μέχρι τη θάλασσα. Αδιαμφισβήτητα, η κατανάλωση νερού είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής, ωστόσο νέες έρευνες που πραγματοποιούνται, αποδεικνύουν τα οφέλη που προσδίδει το νερό όπως η γαλήνη, η δημιουργικότητα, η συγκέντρωση, η ευτυχία, καθώς και η ποιότητα ύπνου.

Η έκθεση στη φύση, αλλά και σε μεγάλους εξωτερικούς χώρους ενεργοποιεί τα τμήματα εκείνα του εγκεφάλου που σχετίζονται με την ενσυναίσθηση, τα θετικά συναισθήματα και την αυτογνωσία, δηλαδή τα θεμελιώδη στοιχεία της ευτυχίας. Στοιχεία από μελέτες μαρτυρούν πως τα υδάτινα τοπία ενισχύουν σε μεγαλύτερο βαθμό την αίσθηση της ευτυχίας σε σύγκριση με τα αστικά τοπία. Με τη θέα του νερού υποσυνείδητα ηρεμούμε, αναφέρει ο θαλάσσιος Βιολόγος Ουάλας Νίκολς, ο οποίος σε μια μελέτη του καταγράφει πως, περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται λιγότερο με το άγχος και περισσότερο με την ενσυναίσθηση, ενεργοποιούνται όταν βλέπουμε φυσικά τοπία. Ενώ οι εικόνες των αστικών τοπίων προκαλούν δραστηριότητα στις περιοχές που σχετίζονται με το στρες, οι συμμετέχοντες στην έρευνα που είδαν φωτογραφίες φύσης, έδειξαν δραστηριότητα στους εγκεφαλικούς τομείς που σχετίζονται με την «θετική προοπτική, τη συναισθηματική σταθερότητα και τις ευτυχισμένες αναμνήσεις».

Οι φωτογραφίες προσφέρουν ευχαρίστηση, όμως ο αληθινός κόσμος είναι ακόμη καλύτερος. Ο Νίκολς σε μια μελέτη του 2011 κατέγραψε τις συνήθειες 22.000 συμμετεχόντων, οι οποίοι έλαβαν κάποιες στιγμές προτροπές να αναφέρουν πόσο ευτυχισμένοι ήταν εκείνη τη στιγμή. Σύμφωνα με τις πάνω από 1,1 εκατομμύρια απαντήσεις που στάλθηκαν, οι άνθρωποι όχι μόνο ήταν χαρούμενοι όταν βρίσκονταν έξω, αλλά ήταν κατά 5,2% πιο ευτυχισμένοι όταν βρίσκονταν κοντά στο νερό. Σε μια άλλη μελέτη που δημοσιεύτηκε το 1995 στο περιοδικό Περιβαλλοντικής Ψυχολογίας, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι οι επιδόσεις σε γνωστικά τεστ, των μαθητών που διέμεναν σε μια εστία, επηρεάζονταν από τη θέα των δωματίων της συγκεκριμένης εστίας. «Αλλά δωμάτια έβλεπαν σε μια λίμνη με δέντρα, άλλα έβλεπαν σε κτίρια με γκαζόν, άλλα έβλεπαν σε πλίθινους τοίχους και ουρανό. Οι μαθητές που έβλεπαν στη λίμνη είχαν καλύτερη επίδοση στα τεστ, αλλά αξιολογήθηκαν και ως “έχοντες την καλύτερη προσήλωση» ανάμεσα στους άλλους μαθητές. (<http://www.thetoc.gr/new-life/well-being/article/giati-oi-diakopes-sti-thalassa-einai-aparaitites>)

Η κολύμβηση αποτελεί απόλαυση για τους ανθρώπους και παρέχει οφέλη στη λειτουργία του εγκεφάλου και την ψυχική υγεία. Αποτελεί ιδανική δραστηριότητα για άσκηση, ψυχική ηρεμία και μείωση του στρες. Η λειτουργία του εγκεφάλου βελτιώνεται μέσω της διαδικασίας της νευρογένεσης. Κατά τη διάρκεια της ο εγκέφαλος αντικαθιστά την απώλεια κυττάρων που προκαλείται από το άγχος. Η κολύμβηση σε γαλανά νερά βελτιώνει τη διάθεσή και απαλλάσσει τον οργανισμό από την κούραση και την κατάθλιψη. Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση της ροής του αίματος στον εγκέφαλο όταν είμαστε στο νερό. Η κολύμβηση απελευθερώνει ενδορφίνες, που είναι οι ουσίες που μας κάνουν να αισθανόμαστε καλύτερα και μας βοηθούν να αποβάλλουμε το στρες. (<https://www.news247.gr>)

Σε μια μελέτη, ασθενείς με καρκίνο που υπέφεραν από χρόνιους πόνους παρακολούθησαν ένα βίντεο δεκαπέντε λεπτών το οποίο είχε ήχους από κύματα, καταρράκτες, ρυάκια και πιτσιλίσματα. Έπειτα από αυτό, οι ορμόνες που ευθύνονται για την εμφάνιση άγχους όπως η κορτιζόλη και η επινεφρίνη εξασθένισαν κατά 20-30%. Σε μια άλλη μελέτη, τα επίπεδα άγχους εφήβων που περίμεναν στην αίθουσα αναμονής του οδοντιάτρου τους, παρουσίασαν σημαντική μείωση όταν εκείνοι εκτέθηκαν σε ήχους από καταρράκτες.

Η ιστορία της ανθρώπινης εξέλιξης μπορεί να εξηγήσει την έντονη προτίμησή μας για το υδάτινο περιβάλλον. Το νερό ήταν ανέκαθεν ζωτικής σημασίας για την επιβίωση του ανθρώπου. Όλοι οι παραπάνω λόγοι εξηγούν γιατί οφείλουμε να προστατεύουμε τους υδάτινους πόρους. Όχι μόνο για να διασφαλίσουμε τη σωματική μας υγεία, αλλά και την πνευματική και συναισθηματική εξίσου. (<https://www.iwapublishing.com/news/>)

12.11. ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ

Η λειτουργία του οργανισμού εξαρτάται από το νερό. Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται περίπου από 70% νερό, με το ποσοστό του στον εγκέφαλο να φθάνει στο 85% και στο αίμα το 90%, το μεγαλύτερο μέρος του μεσοκυττάρου υγρού αποτελείται από νερό. Αν και δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη ποσότητα που όλοι πρέπει να καταναλώνουμε. Οι ανάγκες σε νερό εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η ηλικία, η φυσική δραστηριότητα, η εργασία κ.λπ. Σύμφωνα με το Συμβούλιο Διατροφής του Ινστιτούτου Ιατρικής των ΗΠΑ η απαραίτητη ποσότητα νερού σε ενήλικες άνδρες είναι περίπου 3,7 λίτρα ημερησίως και στις γυναίκες 2,7 λίτρα.

Τα οφέλη από την επαρκή κατανάλωση νερού είναι πολλά:

- Το νερό ενυδατώνει τις αρθρώσεις, οι χόνδροι που τις καλύπτουν και δημιουργούν τους μεσοσπονδύλιους δίσκους αποτελούνται κατά 80% από νερό. Η μακροχρόνια αφυδάτωση μπορεί να μειώσει την ικανότητα απορρόφησης των κραδασμών στις αρθρώσεις των άκρων και της σπονδυλικής στήλης.
- Δημιουργεί το σάλιο και τη βλέννα, η επαρκής παραγωγή σάλιου είναι απαραίτητη για την πέψη των τροφίμων και την διατήρηση υγιών των δοντιών ενώ η βλέννα επιτελεί πολλές λειτουργίες στην αναπνευστική, στην πεπτική και στην γεννητική οδό, όπως η προστασία διαφόρων οργάνων (στόμα, στομάχι, έντερο, κόλπος κ.λπ.). Ο οργανισμός παράγει σχεδόν ένα λίτρο βλέννα την ημέρα, γεγονός που προϋποθέτει επαρκή κατανάλωση υγρών.
- Μεταφέρει το οξυγόνο και τα θρεπτικά συστατικά σε όλο το σώμα αφού το αίμα αποτελείται κατά 90% από νερό. Είναι απαραίτητο και για την αποβολή των άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού μέσω των ούρων και των κοπράνων.
- Διατηρεί την υγεία του δέρματος. Η ενυδάτωση του οργανισμού «φαίνεται» στο δέρμα. Αν ο οργανισμός είναι αφυδατωμένος, το δέρμα χάνει την ελαστικότητα και τη λάμψη του και είναι πιο ευάλωτο σε δερματικά προβλήματα και στην πρόωρη γήρανση.
- Ρυθμίζει τη σωματική θερμοκρασία, η έκκριση ιδρώτα και η εξάτμιση του αποτελεί έναν από τους κύριους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς του οργανισμού.
- Προστατεύει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό που περιβάλλονται από ένα υγρό προστατευτικό, το εγκεφαλονωτιαίο υγρό. Ο εγκέφαλος αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από νερό, η αφυδάτωση επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία του, ο χρόνος αντίδρασής του επηρεάζεται από το νερό. Παίζει ρόλο στην παραγωγή νευροδιαβιβαστών και ορμονών που παράγονται στον εγκέφαλο και ρυθμίζουν την μετάδοση μηνυμάτων στα κύτταρά του, ενισχύει την πνευματική εργασία και μειώνει τους πονοκεφάλους. Η παρατεταμένη αφυδάτωση τέλος μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα σκέψης και λογικής.
- Συμβάλει στην πέψη. Το έντερο χρειάζεται άφθονο νερό για να λειτουργεί ομαλά, με το νερό μειώνεται ο κίνδυνος δυσκοιλιότητας και ο καρκίνος του εντέρου. Η αφυδάτωση μπορεί να οδηγήσει σε πεπτικά προβλήματα, αφυδάτωση και πολύ όξινο περιβάλλον στο στομάχι αυξάνοντας τον κίνδυνο για γαστρικό έλκος.
- Διατηρεί υγιείς τους νεφρούς οι οποίοι ρυθμίζουν την ποσότητα υγρών στο σώμα. Η αφυδάτωση μπορεί να οδηγήσει στη νεφρολιθίαση (πέτρες στα νεφρά) και άλλα προβλήματα. Το νερό μειώνει τον κίνδυνο καρκίνου της ουροδόχου κύστης και τον κίνδυνο λοιμώξεων της ουρητικής οδού και απαλλάσσει από υπερβάλλον νάτριο, που μπορεί να προκαλέσει κατακράτηση υγρών.
- Είναι απαραίτητο και για τους αεραγωγούς. Όταν το σώμα είναι αφυδατωμένο, οι αεραγωγοί συστέλλονται σε μια προσπάθεια να αποφευχθεί η απώλεια νερού μέσω της αναπνοής. Αυτό μπορεί να επιδεινώσει το άσθμα και τις αναπνευστικές αλλεργίες.
- Είναι απαραίτητο για τη θρέψη. Πολλές βιταμίνες και ιχνοστοιχεία είναι υδατοδιαλυτά, επομένως πρέπει να διαλυθούν σε νερό για να φθάσουν σε όλα τα κύτταρα.
- Συμβάλλει στη διατήρηση της αρτηριακής πίεσης αφού η αφυδάτωση μπορεί να αυξήσει την αρτηριακή πίεση. (<https://www.medicalnewstoday.com>)

Ιαματικές πηγές.

Ιαματικές ονομάζονται οι πηγές τα νερά των οποίων έχουν θεραπευτικές ιδιότητες. Τα νερά τους πηγάζουν μέσα από πετρώματα και κατά τη διαδρομή τους μέχρι την επιφάνεια της Γης, εμπλουτίζονται με μεταλλικά στοιχεία στα οποία οφείλεται και η ιαματική τους δράση.

Οι θεραπευτικές ιδιότητες του νερού ήταν γνωστές από παλιά. Το 2000 π.χ. οι Βαβυλώνιοι είχαν συνδέσει την έννοια του γιατρού με όποιον γνώριζε πολύ καλά το νερό, ενώ στην Ελληνική μυθολογία αναφέρονται συχνά οι θεραπευτικές ιδιότητες πολλών πηγών. Ο Ηρόδοτος ήταν ο πρώτος που παρατήρησε τις θεραπευτικές τους ιδιότητες στον άνθρωπο, ενώ ο Ιπποκράτης ήταν ο πρώτος που ασχολήθηκε συστηματικά με το αντικείμενο, κατηγοριοποίησε τις πηγές και κατέγραψε τις ασθένειες στις οποίες είχαν ευεργετική επίδραση. Διέκρινε τα νερά σε ελώδη, όμβρια και στα αναβλύζοντα από πετρώματα, δηλαδή τα μεταλλικά.

Η γεωγραφική κατανομή των ιαματικών πηγών δεν είναι τυχαία, συνδέεται είτε με τεκτονικά γεγονότα (Κυλλήνης, Λαγκαδά) είτε με ηφαιστειακή δραστηριότητα (Μεθάνων, Μήλου, Σαμοθράκης). Ανάλογα με τη σύνθεση των νερών τους, χαρακτηρίζονται αλκαλικές, σιδηρούχες, θειούχες, ραδιενεργές κλπ. Η υδροθεραπεία διακρίνεται στην εσωτερική όταν τα ιαματικά νερά χρησιμοποιούνται για πόση, εισπνοή και πλύσεις και στην εξωτερική όταν τα ιαματικά νερά χρησιμοποιούνται για λουτρό.

Ασθένειες στις οποίες υπάρχει θετική επίδραση των ιαματικών πηγών είναι η αρτηριακή υπέρταση και αναπνευστικές, δερματικές, ρευματικές παθήσεις κλπ. Στην Ελλάδα υπάρχουν καταγεγραμμένες 822 ιαματικές πηγές εκ των οποίων οι 752 μπορούν να αξιοποιηθούν. Από τις 752 χρησιμοποιούνται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό οι 348, οι 77 από αυτές είναι επίσημα ανακηρυγμένες. (Μαυρίδου Α, 2014)

Κολύμβηση και επίδραση στην υγεία.

Το κολύμπι είναι καλή άσκηση χαμηλής έντασης και για αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί από ανθρώπους κάθε βάρους, ηλικίας ή σωματικής ικανότητας. Βοηθά στην απώλεια βάρους, επειδή δουλεύουν όλοι οι μύες του σώματος χωρίς να δημιουργείται πίεση στον οργανισμό.

Το κολύμπι, όπως πολλές άλλες αερόβιες ασκήσεις, αυξάνει την ικανότητα των πνευμόνων. Επειδή το νερό είναι πιο πυκνό από τον αέρα, οι πνεύμονες χρειάζεται να εργάζονται πιο σκληρά για να προσφέρουν αρκετό οξυγόνο στο αίμα, ασκώντας σημαντικά τους πνεύμονες και μειώνοντας τα συμπτώματα άσθματος.

Το κολύμπι δρα εναντίον της γήρανσης και φαίνεται ότι μειώνει τον κίνδυνο θνησιμότητας κατά σχεδόν 50%. Σύμφωνα με έρευνα του University of South Carolina που διήρκεσε 32 χρόνια, οι κολυμβητές έχουν το χαμηλότερο ποσοστό θνησιμότητας. Οι ερευνητές παρακολούθησαν 40.000 άντρες 20-90 ετών και διαπίστωσαν ότι όσοι κολυμπούσαν είχαν 50% χαμηλότερο ποσοστό θνησιμότητας από όσους έτρεχαν, περπατούσαν ή δεν ασκούνταν. Με την άσκηση μειώνονται και τα επίπεδα γλυκόζης, η αερόβια και η άσκηση με αντιστάσεις βελτιώνουν τον έλεγχο του σακχάρου σε ασθενείς με διαβήτη. Επί πλέον η άσκηση στο νερό βελτιώνει την ψυχική υγεία. (<https://tvxs.gr/news/ygeia/>)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το νερό είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την ύπαρξη της ζωής στη γη. Το νερό είναι παντού όχι όμως σε ποσότητες τέτοιες που να ικανοποιούν τις ανάγκες των ανθρώπων και των δραστηριοτήτων τους και να επιτρέπουν την αλόγιστη χρήση του. Οι μικρές ποσότητες του διαθέσιμου νερού κινούνται μέσα από τον υδρολογικό κύκλο, όμως ακραία φαινόμενα όπως η κλιματική αλλαγή επηρεάζουν τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητά του. Οι δραστηριότητες του ανθρώπου προκαλούν ρύπανση του νερού από βαρέα μέταλλα, ραδιενεργά υλικά, νιτρικά άλατα και τοξικές οργανικές ουσίες που έχουν σοβαρές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα αλλά και την υγεία του ανθρώπου, αφού έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν καρκίνο, διαταραχές στο νευρικό και αναπαραγωγικό σύστημα και επηρεάζουν την ανάπτυξη των εμβρύων.

Είναι λοιπόν απολύτως απαραίτητο το νερό να προστατεύεται τόσο όσον αφορά την ποσότητα του όσο και την ποιότητα του. Ο βιολογικός καθαρισμός του νερού των αστικών λυμάτων, η μείωση των ρύπων των βιομηχανικών αποβλήτων που καταλήγουν στο νερό, η μείωση της χρήσης νιτρικών ιόντων και φυτοφαρμάκων στην γεωργία είναι τρόποι που συμβάλλουν στη διατήρηση της καλής ποιότητας του νερού.

Επί πλέον η μόλυνσή του από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι η αιτία πρόκλησης σοβαρών ασθενειών που ευθύνονται για πολλούς θανάτους και μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές επιδημίες. Τους περασμένους αιώνες πολλές επιδημίες προκλήθηκαν από μολυσμένο νερό και επέφεραν χιλιάδες θύματα.

Το νερό για να γίνει κατάλληλο προς πόση πρέπει να υφίσταται επεξεργασία και απολύμανση πριν την χρήση του για να παρεμποδίζεται η μετάδοση παθογόνων μικροοργανισμών. Η χλωρίωση του νερού και η εφαρμογή μεθόδων όπως η χρήση όζοντος και υπεριώδους ακτινοβολίας, συμβάλλουν στο σκοπό αυτό. Στη σημερινή εποχή έχουν βελτιωθεί σημαντικά οι συνθήκες στα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης, επομένως και στην παροχή καθαρού νερού με αποτέλεσμα η μετάδοση παθογόνων μικροοργανισμών και οι επιδημίες να έχουν μειωθεί σημαντικά. Παρόλα αυτά μεγάλο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού δεν έχει ακόμη δυνατότητα πρόσβασης σε καθαρό νερό και η παγκόσμια κοινότητα πρέπει να στρέψει το βλέμμα της ακόμη περισσότερο προς το πρόβλημα αυτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική.

Αδαμαντιάδου Σμ., Γεωργάτου Μ., Γιαπιτζάκης Χ., Λάκκα Λ., Νοταράς Δ., Φλωρεντίν Ν., Χατζηγεωργίου Γ., Χαντζηκωντή Ολ., 2015, Βιολογία Γενικής Παιδείας Γ' Ενιαίου Λυκείου, Αθήνα, ΙΤΥΕ Διόφαντος.

Αλμπάνης Τ, 2009, “Ρύπανση και τεχνολογίες προστασίας περιβάλλοντος”, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζιόλα.

Αναγνωστόπουλος Α, 1993, Η ρύπανση του περιβάλλοντος. Γ' Έκδοση, Θεσσαλονίκη, Έκδοση Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Ανδρίτσος Ν., 2008, Ενέργεια και Περιβάλλον, Διδακτικές σημειώσεις Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, Βόλος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αντωνόπουλος Β, 1999, Ποιότητα και ρύπανση υπόγειων νερών, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

Βαλαβανίδης, Α., 2008, Οικοτοξικολογία και περιβαλλοντική τοξικολογία, Ερευνητική μεθοδολογία για την εκτίμηση οικολογικού κινδύνου από επικίνδυνες χημικές ουσίες, Νέα Σμύρνη-Αθήνα, Εκδόσεις Σύγχρονα Θέματα.

Βαλκανάς Γ., 1992, Ρύπανση Περιβάλλοντος - Επιστήμη και Τεχνική Αντιμετώπισης, Αθήνα, Εκδόσεις Παπαζήση.

Βασιλάκης Μ., 1992, Επισήμανση περιβαλλοντικών προβλημάτων Ν. Ηρακλείου. ΤΑΥ (Έκδοση ΤΕΕ/ Τμήματος Ανατολικής Κρήτης), τεύχος 13, Οκτώβριος 1992, σελ. 64-67.

Βλάχου, Α., 2001, Περιβάλλον και Φυσικοί Πόροι – Οικονομική Θεωρία και Πολιτική, Αθήνα, Εκδόσεις Κριτική.

Βλυσίδης Α, Γρηγοροπούλου Ε, Λυμπεράτος Γ, Περιβαλλοντική Μηχανική, 2016, Αθήνα, ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών.

Βούτσινος Γεώργιος, Κοσμάς Κωνσταντίνος, Καλκάνης Γεώργιος, Σούτσας Κωνσταντίνος, 2000, Διαχείριση Φυσικών Πόρων, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.

Γαλανοπούλου Ν., Ζαμπετάκης Γ, Μαυρή Μ., Σιαφάκα Α, 2007, Διατροφή και Χημεία τροφίμων, Αθήνα, Εκδόσεις Σταμούλη.

Γεωργιοπούλου Μ., 2007, Ανάπτυξη μεθόδων για την επιλογή της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας για την επεξεργασία υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Γεωργόπουλος Γ., 1997, Γη, Ένας Μικρός και Ευαίσθητος Πλανήτης. Αθήνα, Εκδόσεις Gutenberg.

Γριζόπουλος Ε., 2012, Χαρακτηριστικά και τρόποι επεξεργασίας των αποβλήτων από βιομηχανίες τροφίμων, Καβάλα, ΤΕΙ Καβάλας.

Γκομούζας Γ., Γρίβας Α., Ζωγράφου Χ., Καμπούρογλου Α., Κεχαγιά Ο., 2004, Διαχείριση υγρών αποβλήτων στο τμήμα περιβάλλοντος στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Δεληγιάννης Α., 2009, Βιολογική Επεξεργασία Λυμάτων, Θεσσαλονίκη, University Studio Press.

Δίκτυο Μεσόγειος SOS, 2013, Φύλο Εκπαιδευτικών 14-15

Δόρτσιου, Μ.Κ., 2009, Ηλεκτροχημική απομάκρυνση των νιτρικών και της αμμωνίας από υδατικά διαλύματα και περιβαλλοντικά δείγματα, Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.

Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, 2015, Αθήνα, ΥΠΕΚΑ.

Ζερβός Α, 2007, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Αθήνα, ΕΜΠ, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

Ζιώμας Γιάννης, 2007, Ατμόσφαιρα-Ατμοσφαιρική ρύπανση, Αθήνα, ΕΜΠ, Σχολή Χημικών Μηχανικών.

Καρβούνης Σ., Γεωργακέλλος Δ., 2003, Διαχείριση Περιβάλλοντος – Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη, Αθήνα, Εκδόσεις Σταμούλης.

Κατσούλης Β., Κασσωμένος Π., 2009, Μαθήματα Φυσικής του Περιβάλλοντος, Ιωάννινα, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Καψάλης Α, Μπουρμπουχάκης Ιωάννης, Περάκη Βασιλική, Σαλαμαστράκης Στέργος, 2010, Βιολογία Γενικής Παιδείας Β' Γενικού Λυκείου, Αθήνα, ΟΕΔΒ.

Κουϊμτζής Θ, Φυτιάνος Κ, Σαμαρά Κ. , 2002, Ρύπανση του Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.

Κουτσογιάννης Δ, 2007, Τεχνική Υδρολογία, Αθήνα, ΕΜΠ

ΚΥΑ 19652/1906 (ΦΕΚ 1575/5.8.1999): Προσδιορισμός των νερών που υφίστανται νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης.

Κ.Υ.Α. 2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/Β'/11-7-2001): Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998.

ΚΥΑ 25638/2905 (ΦΕΚ 1422/Β'/22.10.2001): Πρόγραμμα δράσης για το Θεσσαλικό πεδίο που έχει χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητη ζώνη από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης σύμφωνα με το άρθρο 2 της 19652/1906/1999 κοινής υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ 1575/Β').

Κώττης Γ., 1994, Οικολογία και Οικονομία, Αθήνα, Εκδόσεις Παπαζήση.

Λοϊζίδου Μαρία, 2006, Στερεά Απόβλητα, Αθήνα, ΕΜΠ.

Λοϊζίδου Μαρία, 2006, Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Επιστήμη - Περιβαλλοντική πολιτική, Αθήνα, ΕΜΠ.

Μαυρίδου Αθηνά, Βανταράκης Απόστολος, Ευστρατίου Μαρία, Αρβανιτίδου-Βαγιονά Μαλαματένια, 2014, Μικροβιολογία και επιδημιολογία νερού, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ.Πασχαλίδης.

Μελάς Δ., Ασωνίτης Γ., Αμοιρίδης Β., 2000, Κλιματική αλλαγή [Οδηγός εκπαιδευτικών], Αθήνα, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.

Μέλφου, Α., 2000, Ρύπανση υδάτων με νιτρικά. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας.

Μήτρακας Μ, 2001, Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζιόλα.

Μιγκίρος Γ. , 2011, Διαχείριση νερού ως φυσικός πόρος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Νταράκας Ε., 2014, Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Παπανικολάου Δ, Σίδερης Χ, 2007, Γεωλογία, η Επιστήμη της Γης, Αθήνα, Εκδόσεις Πατάκη.

Παπαντώνης Δ, 2007, Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, Αθήνα, Εκδόσεις Συμεών.

Σακκάς Ι., 2004, Τεχνική Υδρολογία - Υδρολογία επιφανειακών υδάτων, Τόμος 1, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Αϊβάζη.

Σιμώνης, Δ. και Σετάτου, Β., 1995, Το πρόβλημα με τα νιτρικά. Περιοδικό Γεωργία - Τεχνολογία, τεύχος Μάρτιος-Απρίλιος, σελ 50.

Σφυρόερας, Μ., 2011, Καθαρισμός υδατικών αποβλήτων από ανόργανες αζωτούχες ενώσεις με φυσικά ροφητικά μέσα, Διπλωματική εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Τζάνου Ε, Οικονόμου Ε, Γείτονας Α, 2005, Χρήση μικροοργανισμών και δράση ενζύμων στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων, Αθήνα, ΤΕΕ.

Τσόγκας Χ., 1999, Υδρολογία, Αθήνα, Εκδόσεις ΊΩΝ.

Υπ. Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2015, Νιτρορύπανση. (<http://www.ypeka.gr/?tabid=250>)

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2011, «Έκθεση εφαρμογής της οδηγίας 2006/118/ΕΚ σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από την ρύπανση και την υποβάθμιση».

ΦΕΚ ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ Αρ. Φύλλου 2086 29 Σεπτεμβρίου 2009.

Φράγκου Μ-Χ, Καλλής Γ, 2010, Προβλήματα και λύσεις για την ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού, Αθήνα, WWF Ελλάς.

Φραγκούλης Εμμανουήλ, 2005, Μαθήματα Βιοχημείας, Αθήνα, Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας.

Φυτιανός Κ, 2003, Η Ρύπανση των Θαλασσών, Β' έκδοση, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις University Studio Press.

Χαραλάμπους Αικατερίνη, 2007, Υδατικό περιβάλλον, ΕΜΠ, Αθήνα

Ξενόγλωσση.

CHNRI (2010). "An overview of diarrhea, symptoms, diagnosis and the costs of morbidity".

Dermatas, D. and Meng, X.,(2004) "Removal of As, Cr and Cd by Adsorptive Filtration", Global Nest (Environmental Science and Technology): the International Journal, Vol. 6, No. 1, pp.73-80, March 2004

Environmental protection Agency - EPA, (2015). Estimated Nitrate Concentrations in Groundwater Used for Drinking. <https://www.epa.gov/nutrient-policy-data/estimated-nitrate-concentrations-groundwater-used-drinking>.

European Food Safety Authority – EFSA, 2008, Nitrate in vegetables - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. The EFSA Journal (2008) 689, 1-79. (σ.σ. 6-9)

- Fytianos K., 2007, "Groundwater Pollution", Ecocity Expo, Athens, April 2007
- Gilbert M. Masters and Wendell P. Ela, (2008), "Introduction to Environmental Engineering and Science", Pearson International Edition, Third Edition
- John Maynard Smith, 1979, Αθήνα, Εκδόσεις Άλμπατρος
- Last JM. ,1998, Public Health and Human Ecology. Stamford, Conn: Appleton & Lange;
- Metcalf and Eddy, Inc., 2004, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Metcalf & Eddy, Inc., 2006, Μηχανική υγρών αποβλήτων, Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση, 4η έκδοση, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζιόλα.
- Pink, Daniel H., 2006, "Investing in Tomorrow's Liquid Gold".
- Raouf N., Al-Homaidan A.A., Ibraheem I.B.M., 2012, Microalgae and wastewater treatment Saudi Journal of Biological Sciences 19, 257–275
- Tietenberg, T. , 2001, Οικονομική Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων, Αθήνα, Εκδόσεις Gutenberg.
- West, Larry (2006). "World Water Day: A Billion People Worldwide Lack Safe Drinking Water".
- Beaumont, P., 1997, "Water and armed conflict in the Middle East e Fantasy or reality?". In N. P. Gleditsch (Ed.), *Conflict and the environment*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.
- Crouch D.P., 1993, *Water Management in Ancient Greek Cities*. Oxford University Press, New York, USA
- European Centre for Disease Prevention and Control: Annual Epidemiological Report on Communicable Diseases in Europe 2011. Stockholm, European Centre for Disease Prevention and Control, 2011. Available from: http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/1011_SUR_Annual_Epidemiological_Report_on_Communicable_Diseases_in_Europe.pdf.
- Giordano, M. A., & Wolf, A. T. (2003). Sharing waters: Post-Rio international water management. In *Natural Resources Forum* (Vol. 27, No. 2, pp. 163-171).
- Gleditsch, N. P., Furlong, K., Hegre, H., Lacina, B., & Owen, T., 2006, Conflicts over shared rivers: Resource scarcity or fuzzy boundaries? *Political Geography*, 25(4), 361-382.
- Gray, H. F., 1940, Sewerage in Ancient and Medieval Times, *Sewage Works Journal*, 12 (5), 939 – 946.
- Heymann D. Control of Communicable Diseases Manual, 19th Edition, 2008, American Public Health Association.
- Irani, R., 1991, Water wars. *New Statesman & Society*, 4(149), 24-25.
- Klare, M. T., 2001a, The new geography of conflict. *Foreign Affairs*, 80(3), 49e61.
- Klare, M. T., 2001b, The new landscape of global conflict. *Resource wars*. New York: Metropolitan.

Koutsoyiannis, D., Zarkadoulas, N., Angelakis, A. N., & Tchobanoglous, G., 2008, Urban water management in Ancient Greece: Legacies and lessons. *Journal of water resources planning and management*, 134(1), 45-54.

Koutsoyiannis, D., Mamassis, N., and Tegos, A., 2007, Logical and illogical exegeses of hydrometeorological phenomena in ancient Greece. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(1), 1-12.

Mays, L. W., Koutsoyiannis, D., & Angelakis, A. N., 2007, A brief history of urban water supply in antiquity. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(1), 1-12.

McLoughlin, P., 2004, *Scientists say risk of water wars is rising*. Environmental News Network, (www.enn.com/news/2004-08-24/s_26656.asp).

Priscoli, J. D., & Wolf, A. T., 2009, *Managing and transforming water conflicts*. Cambridge University Press.

Starr, J. R., 1991, Water wars. *Foreign Policy*, 82, 17-36.

Tassios, T. P., 2007, Water supply of ancient Greek cities. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(1), 1-12.

UNESCO (2003) *Water management and early civilizations: from conflict to cooperation*, (http://webworld.unesco.org/water/wwap/pccp/cd/pdf/history_future_shared_water_resources/water_management_early.pdf.)

Yoffe, S., Wolf, A. T., & Giordano, M., 2003, Conflict and cooperation over international freshwater resources: indicators of basins at RISR1. *Journal of the American Water Resources Association*, 25(3), 1109-1127.

Vasquez, J. A., 1995, Why do neighbors fight? Proximity, interaction, or territoriality. *Journal of Peace Research*, 32(3), 277-293.

Wolf, A. T., Yoffe, S. B., & Giordano, M., 2003, International waters: Identifying basins at risk. *Water policy*, 5(1), 29-60.

Zeitoun, M., & Mirumachi, N., 2008, Transboundary water interaction I: Reconsidering conflict and cooperation. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 8(4), 297-316.

Zuckerman JN, Rombo L, Fisch A. The true burden and risk of cholera: implications for prevention and control. *Lancet Infectious Diseases*, 2007, 7:521–530.

Ιστοσελίδες.

http://www.kee.gr/perivallontiki/eco_b.pdf (KEE)

[http://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_μορφές_ενέργειας_\(ΑΠΕ\)](http://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_μορφές_ενέργειας_(ΑΠΕ))

https://el.wikipedia.org/wiki/Ορυκτά_καύσιμα

https://el.wikipedia.org/wiki/Σύμβαση_της_Μιναμάτα.

https://el.wikipedia.org/wiki/Επεξεργασία_λυμάτων

<https://el.wikipedia.org/wiki/Νερό> http://wikipedia.qwika.com/en2el/Minamata_disease

https://en.wikipedia.org/wiki/Tomoko_Uemura_in_Her_Bath by W. Eugene Smith

http://kapodistriako.uoa.gr/stories/124_th_01/index.php?m=1
<http://www.in.gr/ Συνήγορος Πολίτη, 21-3-2014,>
<https://perekp.wordpress.com/2013/10/14/ Δίκτυο Μεσόγειος SOS, 2013>
<https://www.medicalnewstoday.com/articles/290814.php>
<http://www2.keelpno.gr/blog/?p=2853, Nicolopoulou-Stamati Polyxeni, 2001.>
<https://www.news247.gr/life-guide/pos-to-kolympi-energopoiei-ton-egkefalo-mas.6463026.html>
https://el.wikipedia.org/wiki/Πολυχλωριωμένα_διφαινύλια.
<https://el.wikipedia.org/wiki/Νικέλιο>
<https://el.wikipedia.org/wiki/Νερό>
http://195.134.76.37/chemicals/chem_Me2Hg.htm,Υδράργυρος, Χημική Ένωση του μήνα, Ιανουάριος 2010, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ
[http://195.134.76.37/chemicals/chem_cr6.htm, Εξασθενές χρώμιο, Cr\(VI\), \(ενώσεις του\), Η χημική ένωση του μήνα, Νοέμβριος 2007, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ](http://195.134.76.37/chemicals/chem_cr6.htm, Εξασθενές χρώμιο, Cr(VI), (ενώσεις του), Η χημική ένωση του μήνα, Νοέμβριος 2007, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ)
<https://epidimiology.wordpress.com/2014/06/04/, Οι επιδημίες του παρελθόντος που απειλούν και πάλι την ανθρωπότητα – Χολέρα>
<http://www2.keelpno.gr/blog/?p=168/, Υδατογενείς λοιμώξεις και επιδημίες γαστρεντερίτιδας υδατογενούς αιτιολογίας.>
World Health Organization(WHO) available from: http://www.who.int/csr/don/2009_02_20/en/index.html
World Health Organization(WHO) available from:http://www.who.int/csr/don/2010_11_24/en/index.ht
<http://www.physics4u.gr/news/2006/scnews2593.html>
World Health Organization (WHO) available from: http://www.who.int/hac/crises/zwe/sitreps/zimbabwe_epi_w24_7_13june2009.pdf
<https://www.scienceandtechnology.gr/news/ta-katorthomata-tou-alithinoy-john-snow/>
<http://www.physics4u.gr/articles/2003/epica.html>
<http://physics4u.gr/blog/2017/05/12/Οι αρχαιότερες ενδείξεις μικροβιακής ζωής στην ξηρά που γεννήθηκε σε μια ζεστή λίμνη.>
<https://tvxs.gr/news/ygeia/kolympi-poia-einai-ta-ofeli-toy-stin-ygeia.>
<http://www.helmepacadets.gr/gr/0h-climate-change-q02>
<http://www.wallacejnichols.org/101/819/psychology-today-the-brain-aquatic.html>
<https://www.iwapublishing.com/news/brief-history-water-and-health-ancient-civilizations-modern-times>
http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/maritime/FILES/biblia/biblia/naytikh_texni_a/kef05.pdf
<http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=378061>
<http://www.thetoc.gr/new-life/well-being/article/giati-oi-diakopes-sti-thalassa-einai-aparaites>
<https://el.wikipedia.org/wiki/ιστιοπλοΐα.>