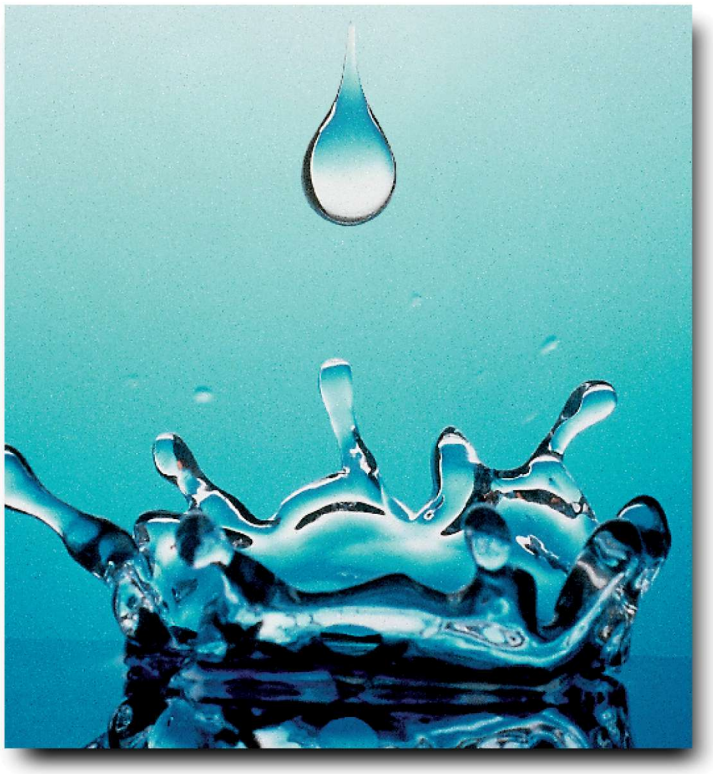
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
NATIONAL CENTRE FOR MARINE RESEARCH

ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
MONOGRAPHS ON MARINE SCIENCES

1



Θεόδωρος Σ. Κουσουρής
Theodore S. Koussouris

Το Νερό στη Φύση, στην Ανάπτυξη, στην Προστασία του Περιβάλλοντος

The Water in Nature, in Development, in Environmental Protection

Αθήνα 1998
Athens 1998

ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Επιστημονική Έκδοση του ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Καθηγητής Δρ. Δ. Ι. Παπανικολάου, *Πρόεδρος Δ.Σ. και Διευθυντής ΕΚΘΕ*

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δρ. Γ. Χρόνης, *Δ/ντής Ινστ. Ωκεανογραφίας*
Δρ. Κ. Παπακωνσταντίνου, *Δ/ντής Ινστ. Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων*
Δρ. Θ. Κουσουρής, *Δ/ντής Ινστ. Εσωτερικών Υδάτων*

MONOGRAPHS ON MARINE SCIENCES

Scientific Publication of the NATIONAL CENTRE FOR MARINE RESEARCH

CHIEF EDITOR

Professor Dr. D. J. Papanikolaou, *NCMR President of the Board and General Director*

EDITORIAL BOARD

Dr. G. Chronis, *Director of Inst. of Oceanography*
Dr. K. Papakonstantinou, *Director of Inst. of Marine Biological Resources*
Dr. Th. Koussouris, *Director of Inst. of Inland Waters*

Εκδότης:
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
Άγιος Κοσμάς, Ελληνικό
166 04, Αθήνα

Editor:
NATIONAL CENTRE FOR MARINE RESEARCH
PUBLICATION OFFICE
Aghios Kosmas, Helliniko
166 04, Athens

Τηλ./Tel.: +301-98 55 023 Fax: +301-98 33 095
e-mail: publ@ncmr.gr
Web Site: http://www.ncmr.gr

ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
MONOGRAPHS ON MARINE SCIENCES

1

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
NATIONAL CENTRE FOR MARINE RESEARCH

ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
MONOGRAPHS ON MARINE SCIENCES

1

Θεόδωρος Σ. Κουσουρής
Theodore S. Koussouris

Το Νερό στη Φύση, στην Ανάπτυξη, στην Προστασία του Περιβάλλοντος

The Water in Nature, in Development, in Environmental Protection

Αθήνα 1998
Athens 1998

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

σελ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 9
ABSTRACT 11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ 13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ 17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
ΤΟ ΝΕΡΟ ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ 21
1. Υδρολογικός Κύκλος 21
2. Υδατικό Ισοζύγιο 22
3. Κατανομή του Νερού 25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ 29
1. Ιδιότητες 29
2. Φυσικά και Φυσικο-Χημικά Χαρακτηριστικά 30
1. Φως 33
2. Διαφάνεια νερού 34
3. Θολερότητα 35
4. Θερμοκρασία 35
5. Ενεργός οξύτητα (pH) 38
6. Διαλυμένα αέρια (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο) 41
7. Ηλεκτρική αγωγιμότητα 43
8. Αλατότητα 44
9. Αλκαλικότητα 44
10. Σκληρότητα 45
11. Χλωριούχα ιόντα 46
12. Θειικά ιόντα και υδρόθειο 46
13. Θρεπτικά άλατα 46
14. Άνθρακας 51
15. Τοξικές ουσίες 51
16. Οργανικές ενώσεις 52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ 55
1. Ευτροφισμός 59
2. Τροφική Κατάσταση και Φόρτιση Θρεπτικών 60
3. Δείκτες Ρύπανσης - Καθαρότητας 61
4. Οικομετρική Ανάλυση 63
1. Ανάπτυξη δεικτών 66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
ΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΝΕΡΑ 69
1. Προέλευση και Ταξινόμηση 69
1. Λίμνες, λιμνοθάλασσες και έλη 72
2. Πηγές, ποταμοί, χείμαρροι, εκβολές και δέλτα ποταμών 75
3. Γενικά για υγροτόπους 76
2. Μορφολογικά, Υδρολογικά και Υδροβιολογικά Χαρακτηριστικά 83
1. Μορφολογία και υδρολογία λιμνών και ποταμών 83
2. Φυσική διάρθρωση και ζώνωση λιμνών και ποταμών 85
3. Υδρόβιες κοινότητες και χαρακτηριστικά 88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ 109
1. Μορφολογικά και Άλλα Χαρακτηριστικά 110
1. Γενική προβληματική 121
2. Χρήσεις, προβλήματα, απειλές 124
3. Ποιότητα νερών και τροφική κατάσταση 125
4. Προοπτικές ανάκαμψης - εξυγίανσης 131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7
ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ 133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8
Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΤΗΣ 137
1. Πόσιμο Νερό και Κριτήρια 139
1. Η σημασία των παραμέτρων ελέγχου 142
2. Μικροοργανισμοί στο πόσιμο νερό 147
3. Μέθοδοι απομάκρυνσης και εξουδετέρωσης των μικροοργανισμών 149
4. Επιλογή φυσικού νερού για ύδρευση και επεξεργασία 150
5. Εμφιαλωμένα νερά 154
6. Οικιακά φίλτρα νερού 153
2. Νερό για Άρδευση και Κριτήρια 153

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ - ΕΛΕΓΧΟΣ) 159
1. Έλεγχος του Περιβάλλοντος και Δυνατότητες Σχεδιασμού Αναπτυξιακών Δραστηριοτήτων 160
2. Γενικά για Παραμέτρους Ελέγχου, Σχεδιασμού και Διαχείρισης 163
3. Παράμετροι για τη Διαχείριση Υδάτινου Περιβάλλοντος 165
1. Ανανέωση επιφανειακών και βαθιών νερών 166
2. Εκτίμηση της δυναμικής των ιζημάτων 166

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10
ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ 171
1. Έλεγχος για την Υπάρχουσα Χωρητικότητα και Ποσοτικοποίηση της Χωρητικότητας για Αξιοποίηση 171
2. Εκτίμηση της Χωρητικότητας 172

ΕΠΙΛΟΓΟΣ 176
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ 178
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 179

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της νέας πολιτικής επιστημονικών εκδόσεων που εγκαινιάζει το Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, εκδίδεται το παρόν πρώτο τεύχος της σειράς "Μονογραφίες Θαλασσίων Επιστημών", με συγγραφέα τον Δρ. Θ. Σ. Κουσουρή, Διευθυντή του Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων του ΕΚΘΕ.

Ο στόχος των Μονογραφιών Θαλασσίων Επιστημών είναι η δημοσίευση ολοκληρωμένων θεμάτων, που σχετίζονται με τα ενδιαφέροντα και τις δραστηριότητες του ΕΚΘΕ, σε διάφορα αντικείμενα θαλάσσιας επιστήμης και τεχνολογίας, τα οποία αφ' ενός μεν δίνουν μια σφαιρική και ενημερωμένη με τις τελευταίες εξελίξεις πληροφόρηση, αφ' ετέρου δε, προκαλούν ερεθίσματα και προβληματισμούς για περαιτέρω έρευνα ή για ενδεχόμενη αξιοποίηση της επιστημονικής γνώσης από την κοινωνία.

Εν προκειμένω, η μονογραφία σχετικά με το "Νερό", του Θ. Κουσουρή, ανταποκρίνεται στις παραπάνω γενικές προδιαγραφές των Μονογραφιών Θαλασσίων Επιστημών, δεδομένου ότι περιλαμβάνει και άφθονο πληροφοριακό υλικό γενικά για το νερό, αλλά και ειδικά για το νερό στην Ελλάδα δίνει πολλά νέα στοιχεία. Η διαχρονική χρήση του νερού από τον άνθρωπο γίνεται σαφής σε όλη τη μονογραφία από την περίοδο όπου ο άνθρωπος απλά χρησιμοποιούσε ελάχιστες ποσότητες από το νερό στη φύση έως τη σημερινή κατάσταση, όπου πλέον μιλάμε για μια "κρίσιμη περίοδο", όπου "το νερό κινδυνεύει" και όπου "οι πόλεμοι θα γίνονται για το νερό" και που γι' αυτό η σχετική έρευνα αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο στο νέο Πέμπτο Πλαίσιο - Πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της μονογραφίας είναι η προκύπτουσα ανάγκη για πολυκλαδική συστηματική προσέγγιση του θέματος, από την απλή χημική ένωση, στον υδρολογικό κύκλο, στο ρόλο του για τους οργανισμούς, για τον άνθρωπο, την αναζήτηση της ποσότητας και της ποιότητας και τέλος τη διαχείρισή του.

Είναι βέβαιο ότι η παρούσα μονογραφία θα φανεί χρήσιμη, τόσο σε συναδέλφους επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων όσο και σε στελέχη διαφόρων υπηρεσιών, Υπουργείων και Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης αλλά ακόμη και για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Καθηγητής Δημήτρης Ι. Παπανικολάου
Πρόεδρος Δ.Σ και Διευθυντής ΕΚΘΕ

The Water in Nature, in Development, in Environmental Protection

ABSTRACT

Keywords: *Water, Development, Protection, Environment.*

Water is one of the principal elements of nature and life. It is a renewable resource and important factor for maintaining balance in the nature. Its physical and chemical properties support the biological cycles of the livings and control the climatic and geological conditions everywhere. The water as food and raw material is strictly connected with life and describes the human's cultural development throughout the centuries. Works on water supply and irrigation are well known among great ancient civilizations and even in mythology. Water usage through the centuries was differentiated and the human activities began to bring about the first threats to water quality and supply. Nowadays under the public awareness for the environmental protection and the demand for sustainable development, the need for a discreet water use is urgent.

With the solar radiation as motive power, our biosphere is dominated by water's perpetual circle such as evaporation, evaportranspiration, transpiration, rainfall and natural flow on ground's surface as well as its penetration deeper under the earth's surface. Study of the hydrological cycle of water can give answers to questions related to its quantitative characteristics, hydrology and hydrodynamics. The great water basins such as sea and natural lakes, play an active role in the water's cycle. However, the water found in the biosphere is unequally distributed. A great portion of it (95%) is banded into the rocks and it can't be used. From the remaining quantity only an amount in the order of 15.000 Km^3 can be used annually.

Water as an inorganic compound appears with its three phases in all parts of the biosphere. It has an unusual molecular structure and constitutes a universal solvent due to its great solving ability. This property as well as its irregularity between temperature and density are the major natural properties that characterize it. The impact of water on the ground, rocks and life is well known. That is, water is of essential importance and plays a defining role in the ecosystems and in the biogeochemical cycles of different elements.

Natural waters are not clean because they are enriched during their course with gases, substances and salts. Different anions found in the water play an active role in living organisms, their development and metabolism. Certain cations are essential from the biological point of view as well as for water usage. In natural waters carbonate and surface radicals prevail, as a result of the presence of carbonate rocks and sulfuric compounds.

Solar radiation is of essential importance for the water ecosystems. This kind of energy beyond its biological usage affects the thermal conditions of water masses and consequently the recycling of different substances, as well as the presence of dissolved gases. Light is an important ecological factor for fauna and flora while water transparency is a quality criterion giving an indication for water eutrophication.

Transparency and turbidity alterations, beyond the influence of temperature and aesthetics, affect the whole biological environment, trophic relations and activities. When solar energy is absorbed from the water masses, it is converted to heat which is the most important parameter of the biosphere. Its affect is consisted of changes on oxygen consumption by the organisms, changes on their metabolism, as well as on biodegradation procedures of organic substances. Temperature is a limiting factor for the development of aquatic organisms and plays a decisive role in the functional properties of every water ecosystem.

The thermal behavior of each water body is influenced by morphometrical, climatic and other factors. This behavior leads to a thermal stratification on the water circulation in lakes located on different climatic zones such as tropical, polar and temperate or with different circulation patterns such as monomictic, dimictic, amictic or polymictic ones...

The pH depends on temperature, salinity, concentration of dissolved gasses, other substances and metabolic activity of aquatic organisms. Most natural waters show a sufficient buffer capacity while these are interrelations among carbon dioxide, photosythesis and pH. Dissolved gases give important information on what kind of chemical and biological activities take place in the water bodies. For example, dissolved oxygen is essential for the respiratory needs of aquatic organisms, while water oxygenation gives information on the trophic status and the function and uses of a particular water mass.

The presence of carbon dioxide depends on photosythesis and respiration, which are the major factors influencing its concentration, which in its turn regulates abrupt changes on natural waters.

Natural water dissolves a great amount of salts and as a result conductivity defines the mobility of all ions found in it. Salinity is related to the electrolyte concentration into the water and affects living organisms indirectly. If there are changes to salinity there are also changes in the physicochemical conditions of the water column. Alkalinity, which is the ability of water to neutralize acids, indicates the nature and weathering of bed rocks in the watershed and measures the buffer capacity of the water.

Another natural property of water is hardness and it is mainly expressed as its concentrations of calcium and magnesium. In natural water the concentration of chloride ions is low excepted in polluted and brackish water. Sulfate ions are spread in natural waters because they are enriched by anthropogenic activities.

Biologic productivity in water depends on dissolved nutrients. Phosphorus and nitrogen are the most important elements for plants. Phosphorus and its compounds play an important role in the biological metabolism while nitrogen salts supply water system with nitrogen which is essential for the trophic relations among organisms. These salts are created from a variety of biogeochemical reactions and mechanisms deriving from aerobic and anaerobic microorganisms. However relations between nutrients are essential for the eutrophication and its control. Silica in natural water is found in small concentrations, while the total amount of inorganic carbon which is contained in the water, can be estimated from alkalinity, pH and temperature measurements.

Toxic substances found in the water, natural or artificial, create toxic events and are bioaccumulated. Organic substances originated by anthropogenic activities are dangerous for human health and most of aquatic organisms. The most common methods to estimate organic pollution are based on the estimation of biochemical and chemical oxygen demands. Thus, areas with BOD less than 2mg/l are not affected by organic pollutants, while those with BOD over 5mg/l are affected by organic pollutants. In this case sources of pollutants must be located and the proper anti-polluting technologies should be applied.

The alteration of natural water features is characterized as pollution and can lead to disturbances of the ecosystems which can cause damages to materials and humans. Water pollution could become a problem for the economy, health, aesthetics etc. Pollution can be caused by urban wastes and other human activities through physicochemical changes in the water masses. Industrial pollution and oil spills are considered to be the most harmful. Agricultural and cattle-breeding activities can cause harmful effects when fertilizers, pesticides and herbicides are overused. When nutrients enter in excess into aquatic ecosystem from natural and human activities, they create overproduction of some organisms and plants, known as eutrophication.

Nowadays, with the help of some mathematical expressions we are able to know the trophic status of a water body as well as to anticipate unpleasant situations. Furthermore, the presence or absence of certain organisms and the application of certain relations can give an indication of water quality. Ecometric analysis contributes basically to the knowledge of the water ecosystems. In this case different systems of ecological indices, that are tested for each area, are used, while biological indices are also very useful.

Inland waters constitute natural resources that include important functions for the biosphere and our natural environment, while their beneficial values for humans and the environment are multiple. In the water courses (torrents, streams, rivers) and in the water reservoirs (lakes, lagoons, marshes) with the process of biogeochemical and microbiological activities the main characteristics on inland waters are formed. The distribution of these ecosystems differs morphometrically, hydrodynamically and in biological activity.

Special effort is made to classify inland waters at an international as well as at a national level, while the general functions and usage of wetlands are presented. Indicative methodology is presented to restore basic function of wetlands that have been ecologically degraded. Many famous scientists emphasized the fact that morphological, hydrological and climatic conditions are decisive factors for maintaining natural function and the biological productivity of ecosystems of inland waters. For studying reasons, these systems are differentiated according to their morphological, hydrological and hydrobiological characteristics. Their natural structure and zonation are explained by natural and biological means while biocommunities with their characteristics appear in a different chapter of the book.

Representative flora and fauna from the hellenic inland waters are presented in a few tables. Physical, chemical characteristics, trophic status, major problems and the existing threats for lakes and lagoons along with restoring and upgrading perspectives are also presented in relative tables.

Water management matters and the relevant policy are very important subjects that need a multiscientific approach. Demographic evolution along with economic development demand sufficient quantity and excellent water quality. Nevertheless the water “crisis” is real. That is why it is necessary not only a wise restriction on the water use but also to change our traditional mentality of overusing water, and to start considering it as “food in shortage”. In addition, parameters for drinking and irrigation water are presented, given that they are significant for health, development and environmental protection.

The aquatic environment needs special care. It is known that each area has a specific potential to support development that must be considered within the framework of environmental protection and sustainable growth.

Το Νερό στη Φύση, στην Ανάπτυξη, στην Προστασία του Περιβάλλοντος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λέξεις-Κλειδιά: *Νερό, Ανάπτυξη, Προστασία, Περιβάλλον.*

Από τα κυρίαρχα στοιχεία της φύσης και της ζωής είναι το νερό. Είναι αναντικατάστατη ουσία, βασικό στοιχείο στη διατήρηση της ισορροπίας της φύσης. Οι φυσικές και χημικές του ιδιότητες στηρίζουν τους βιολογικούς κύκλους των οργανισμών και ελέγχουν τις κλιματικές και γεωλογικές συνθήκες κάθε περιοχής. Το νερό ως τροφή και ως πρώτη ύλη είναι στενά συνδεδεμένο με τη ζωή και περιγράφει την ανθρώπινη πολιτιστική εξέλιξη μέσα στους αιώνες. Από πολύ παλιά ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε το νερό για τυπικές χρήσεις, αλλά και για την κάλυψη πολιτιστικών και αναπτυξιακών του αναγκών. Από τη μυθολογία και τους αρχαίους μεγάλους πολιτισμούς γνωστά είναι τα έργα ύδρευσης και άρδευσης. Με το πέρασμα των αιώνων διαφοροποιούνται οι χρήσεις του νερού, εντατικοποιούνται οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτό και αρχίζουν να εμφανίζονται κίνδυνοι που απειλούν την ποιότητα και την επάρκειά του. Σήμερα, με τη γενικότερη ευαισθητοποίηση στα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και την προώθηση της αειφορικής ανάπτυξης, προβάλλει επιτακτική η ανάγκη για συνετή διαχείριση του νερού.

Με κινητήρια δύναμη την ηλιακή ενέργεια, η βιόσφαιρά μας, κυριαρχείται από τον αέναο κύκλο του νερού με τις διεργασίες της εξάτμισης και εξατμισοδιαπνοής, βροχόπτωσης, φυσικής ροής και κίνησης στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά και τη διείσδυσή του βαθύτερα. Δηλαδή ο υδρολογικός κύκλος του νερού περιλαμβάνει μεταφορά, αποθήκευση και μεταβολή της φυσικής κατάστασής του. Μέσω του υδρολογικού κύκλου μπορούν να απαντηθούν ερωτήματα που έχουν σχέση με τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του νερού, την υδρολογία και την υδροδυναμική του. Οι μεγάλες υδατοσυλλογές, όπως είναι οι θάλασσες και οι μεγάλες λίμνες, παίζουν σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο του νερού. Το νερό όμως που βρίσκεται στη βιόσφαιρά μας έχει άνιση κατανομή. Κατά 95% το νερό είναι χημικά δεσμευμένο στα πετρώματα και δεν μπορεί να συμμετάσχει στον υδρολογικό κύκλο και να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο. Αλλά και από την υπόλοιπη ποσότητα, η μέση διαθέσιμη ποσότητα γλυκού νερού στη γη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο είναι της τάξης των 15.000 km^3 ετησίως.

Το νερό ως ανόργανη χημική ένωση εμφανίζεται σε όλα τα τμήματα της βιόσφαιρας με τις τρεις φάσεις του. Έχει ασυνήθιστη ασύμμετρη μοριακή δομή και αποτελεί τον παγκόσμιο διαλύτη αφού έχει πολύ μεγάλη διαλυτική ικανότητα. Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα του νερού, καθώς και η ανώμαλη εξάρτηση της πυκνότητάς του με τη θερμοκρασία, είναι μια από τις κύριες φυσικές ιδιότητες του νερού που το χαρακτηρίζουν. Γνωστή είναι η δράση τού νερού στο έδαφος, στα πετρώματα και στη ζωή. Το νερό δηλαδή, είναι συστατικό πρωταρχικής σημασίας που με τη δομή του, την παρουσία του, και τις ιδιότητές του, παίζει σημαντικό ρόλο στα οικοσυστήματα, στους βιογεωχημικούς κύκλους των στοιχείων και στην ανάπτυξη.

Τα φυσικά νερά δεν είναι καθαρά, γιατί κατά τη διαδρομή τους εμπλουτίζονται με αέρια, ουσίες, άλατα. Τα ανιόντα στα νερά συμμετέχουν δραστήρια στη ζωή των οργανισμών, στην ανάπτυξη και στο μεταβολισμό τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα φυσικά νερά έχουν ορισμένα κατιόντα και μάλιστα η μεταξύ τους σχέση πολλές φορές είναι σημαντική από βιολογική άποψη, αλλά και ως προς τις χρήσεις του νερού. Στα φυσικά νερά επικρατούν οι ανθρακικές και οι θειϊκές ρίζες ως αποτέλεσμα της παρουσίας ανθρακικών πετρωμάτων και θειούχων ενώσεων αντίστοιχα.

Πρωταρχικής σημασίας για τα υδάτινα οικοσυστήματα αποτελεί η ηλιακή ακτινοβολία. Η ενέργεια αυτή εκτός από την άμεση βιολογική της χρήση επηρεάζει τη θερμική κατάσταση των υδάτινων μαζών και επομένως την υδροδυναμική τους και την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών και των διαλυμένων αερίων. Το φως είναι σημαντικός παράγοντας οικολογικής σπουδαιότητας για την υδρόβια πανίδα και χλωρίδα κάθε περιοχής, ενώ η διαφάνεια του νερού αποτελεί κριτήριο της διαπερατότητας του φωτός μέσα σε μια υδάτινη μάζα, καθώς και για την

τροφική κατάσταση διαφόρων υδάτινων περιοχών.

Η κατάσταση μεταβολής της διαύγειας του νερού και η θολερότητά του επηρεάζουν εκτός από τη θερμοκρασία, και την αισθητική, το βιολογικό περιβάλλον, τις τροφικές σχέσεις και δραστηριότητες. Όπως είναι γνωστό, η ηλιακή ενέργεια, όταν απορροφάται από τα υδάτινα οικοσυστήματα, μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη αβιοτική παράμετρο της βιόσφαιρας, διότι επιδρά στο μεταβολικό ρυθμό, στην κατανάλωση του οξυγόνου κατά την αναπνοή των οργανισμών, αλλά και στις διαδικασίες διάσπασης - αποσύνθεσης των οργανικών συστατικών και των προϊόντων της αφομοίωσης των οργανισμών. Η θερμοκρασία δηλαδή αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών, καθώς επίσης έχει καθοριστικό ρόλο στο γενικό χαρακτήρα και τις δομικές - λειτουργικές ιδιότητες κάθε υδάτινου οικοσυστήματος.

Μορφομετρικοί, κλιματικοί και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν κάθε φορά τη θερμική συμπεριφορά κάθε υδατοσυλλογής, η οποία οδηγεί σε στρωματοποιημένα ή μη νερά, σε θερμικές διαφοροποιήσεις με δική τους ή μη κυκλοφορία των νερών, σε εύκρατες, τροπικές ή πολικές υδατοσυλλογές, σε διμικτικές, μονομικτικές, πολυμικτικές ή αμικτικές λίμνες, σε λίμνες πρώτης, δεύτερης ή τρίτης τάξης.

Η ενεργός οξύτητα στα νερά εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τις συγκεντρώσεις αερίων, διαφόρων αλάτων, ενώσεων και ουσιών, αλλά και από τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών. Τα περισσότερα νερά παρουσιάζουν μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα, ενώ υπάρχουν στενές σχέσεις μεταξύ του διοξειδίου του άνθρακα, της φωτοσύνθεσης και του pH. Εξάλλου, τα διαλυμένα αέρια σε ένα υδάτινο σύστημα δίνουν σημαντικές πληροφορίες για το είδος των εκεί βιολογικών και χημικών αντιδράσεων, αλλά και για το μεταβολισμό των οργανισμών που τα έχουν ανάγκη. Για παράδειγμα, το διαλυμένο οξυγόνο είναι ουσιώδες για τις αναπνευστικές λειτουργίες των περισσότερων υδρόβιων οργανισμών, ενώ η κατάσταση της οξυγόνωσης των νερών δίνει πληροφορίες για την τροφική κατάσταση και τις λειτουργίες και χρήσεις που το νερό αυτό εξυπηρετεί.

Ως προς το διοξείδιο του άνθρακα στο νερό, η φωτοσύνθεση και η αναπνοή είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωσή του και επιδρούν ρυθμιστικά στις απότομες μεταβολές του στα φυσικά νερά.

Επειδή τα φυσικά νερά είναι διαλύτες ενός σημαντικού αριθμού αλάτων, η αγωγιμότητά τους καθορίζει την κινητικότητα του συνόλου των ιόντων μέσα στο νερό. Με την περιεκτικότητα ενός νερού σε ηλεκτρολύτες είναι συνδεδεμένη η αλατότητα, η οποία επηρεάζει έμμεσα τους οργανισμούς, γιατί η μεταβολή τους προκαλεί τροποποίηση της φυσικοχημικής κατάστασης του νερού. Η ικανότητα όμως του νερού να εξουδετερώνει τις όξινες απορροές και απορρίψεις βασίζεται στην αλκαλικότητά του η οποία είναι ένας δείκτης που φανερώνει τη φύση των πετρωμάτων της λεκάνης απορροής, το βαθμό αποσάρθρωσής τους και μετρά τη ρυθμιστική ικανότητα του νερού.

Άλλη μια φυσική ιδιότητα του νερού είναι η σκληρότητά του και εκφράζεται πρωτίστως από τις συγκεντρώσεις ασβεστίου και μαγνησίου που βρίσκονται σ' αυτό. Ως προς τα χλωριούχα ιόντα, οι συγκεντρώσεις τους είναι συνήθως μικρές στα φυσικά νερά, αυξάνουν σε ρυπασμένα και υφάλμυρα νερά, ενώ τα θειϊκά ιόντα είναι πολύ διαδεδομένα στα φυσικά νερά, καθώς εμπλουτίζονται με αυτά και από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Όπως είναι γνωστό η βιολογική παραγωγικότητα στα νερά εξαρτάται από τα διαλυμένα σ' αυτά θρεπτικά άλατα, από τα οποία ο φώσφορος και το άζωτο θεωρούνται ότι είναι οι περισσότερο σημαντικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών. Ο φώσφορος και οι ενώσεις του, παίζουν σημαντικό ρόλο στο βιολογικό μεταβολισμό, ενώ τα άλατα του αμμωνίου, τα νιτρώδη και νιτρικά άλατα, εφοδιάζουν ένα υδάτινο σύστημα με άζωτο που είναι ουσιώδες για τις τροφικές σχέσεις των οργανισμών. Τα τελευταία αυτά άλατα προέρχονται από μια ποικιλία βιογεωχημικών αντιδράσεων και μηχανισμών, όπου παρεμβαίνουν αερόβιοι και αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Εξάλλου και οι σχέσεις ανάμεσα στα θρεπτικά άλατα έχουν ιδιαίτερη σημασία για τον έλεγχο των πηγών προέλευσής τους. Το πυρίτιο στα φυσικά νερά εμφανίζεται συνήθως με μικρές συγκεντρώσεις, ενώ η συνολική ποσότητα του ανόργανου άνθρακα που περιέχεται στα νερά, συνήθως εκτιμάται με βάση τις μετρήσεις της συνολικής αλκαλικότητας του pH και της θερμοκρασίας.

Οι τοξικές ουσίες που βρίσκονται στα νερά είναι φυσικές ή συνθετικές, δημιουργούν τοξικά φαινόμενα και βιοσυσσώρευση, ενώ οι οργανικές ενώσεις που προέρχονται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι επικίνδυνες για την υγεία και τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς. Οι συνήθεις μέθοδοι για τον εντοπισμό των οργανικών συστατικών στηρίζονται στη βιοχημική ή χημική ανάγκη σε οξυγόνο για να διασπαστούν. Έτσι, υδάτινες περιοχές με BOD μικρότερο των 2mg/l έχουν μικρή επίδραση ρύπων, ενώ όταν υπερβαίνει τα 5mg/l θα πρέπει να αναζητηθεί η πηγή προέλευσης της ρύπανσης και να εφαρμοστούν επιτόπου τεχνολογίες αντιρρύπανσης.

Κάθε αλλοίωση των χαρακτηριστικών των φυσικών νερών αποτελεί ρύπανση που μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχές των οικοσυστημάτων και να προκαλέσει βλάβες στον άνθρωπο και τα υλικά. Η ρύπανση των νερών μπορεί να καταστεί πρόβλημα οικονομίας, υγείας, αισθητικής, κ.λπ. Ρύπανση μπορεί να προκληθεί από τα αστικά λύματα και τις γενικότερες δραστηριότητες του ανθρώπου μετά από φυσικές και χημικές μεταβολές των νερών. Περισσότερο επιβλαβής θεωρείται η ρύπανση από τις βιομηχανίες, τις απορρίψεις πετρελαιοειδών, καθώς και από τις γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες, όταν γίνεται κατάχρηση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Όταν οι προστιθέμενες θρεπτικές ουσίες στα νερά από φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια υπεραυξάνουν το περιεχόμενο των

νερών σε θρεπτικά άλατα, είναι δυνατό να ευνοηθεί η ανάπτυξη ορισμένων μικροφυκών και να υπεραυξηθεί η υδρόβια βλάστηση. Σ' αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει ο ευτροφισμός. Ρύπανση όμως και ευτροφισμός δεν είναι πάντοτε το ίδιο πράγμα. Σήμερα με τη βοήθεια μαθηματικών σχέσεων είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την τροφική κατάσταση κάθε υδάτινης περιοχής, αλλά και να προβλέπουμε δυσάρεστες καταστάσεις. Είναι γνωστό εξάλλου, ότι η παρουσία ή απουσία ορισμένων οργανισμών και η εφαρμογή ορισμένων σχέσεων μπορεί να μας δείξει ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών. Αλλά αυτό που ουσιαστικά συμβάλλει στη γνώση της οικολογικής στάθμης των υδάτινων οικοσυστημάτων είναι η οικομετρική ανάλυση, η οποία αναφέρεται και στο συνδυασμό διεπιστημονικής προσέγγισης με τις ανάλογες μετρήσεις και στην ερμηνεία των οικολογικών δεδομένων. Εδώ χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα οικολογικών δεικτών, τα οποία όμως θα πρέπει να έχουν δοκιμασθεί για την αποτελεσματικότητά τους σε κάθε περιοχή, ενώ και οι βιολογικοί δείκτες είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι.

Τα εσωτερικά νερά αποτελούν φυσικούς πόρους που περικλείουν σημαντικές λειτουργίες για τη βιόσφαιρα και το φυσικό μας περιβάλλον, ενώ οι ωφελητικές αξίες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον είναι πολλαπλές. Στις οδούς μεταφοράς του νερού (χείμαρροι, ποτάμια) και στις υδατοσυλλογές (λίμνες, λιμνοθάλασσες, έλη, λιμνοδεξαμενές), διαμορφώνονται ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία με τη βοήθεια βιο-γεωχημικών και μικρο-βιολογικών διεργασιών συνθέτουν τα οικοσυστήματα των εσωτερικών νερών. Η σύνθεση και κατανομή αυτών των οικοσυστημάτων ποικίλλει σε μορφομετρικά μεγέθη, σε υδροδυναμικές διεργασίες, σε βιολογική δραστηριότητα, σε γεωγραφική κατανομή. Γίνεται ιδιαίτερη μνεία στην κατηγοριοποίηση των εσωτερικών υδάτων σε διεθνές αλλά και σε ελλαδικό επίπεδο, ενώ παρουσιάζονται οι γενικότερες λειτουργίες, χρήσεις και αξίες των υγροτοπικών περιοχών. Παρατίθεται επίσης ενδεικτική μεθοδολογία για το βαθμό αποκατάστασης των βασικών λειτουργιών υγροτόπου που έχουν αλλοιωθεί και υποβαθμιστεί οικολογικά. Αυτό όμως που επανειλημμένα έχει τονισθεί από διεθνούς φήμης επιστήμονες είναι ότι οι μορφολογικές, υδρολογικές και κλιματικές συνθήκες είναι προσδιοριστικοί παράγοντες για τη διατήρηση των φυσικών λειτουργιών και της βιολογικής παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων των εσωτερικών νερών. Για τη διευκόλυνση μάλιστα της απόκτησης της σχετικής γνώσης διαφοροποιούνται τα συστήματα αυτά σε μορφολογικά, υδρολογικά και υδροβιολογικά χαρακτηριστικά, ερμηνεύεται η φυσική διάρθρωση και η ζώνωσή τους με φυσικούς και βιολογικούς όρους και με την παρουσία ή μη ορισμένων υδρόβιων οργανισμών, ενώ οι κοινότητές τους με τα χαρακτηριστικά τους συνθέτουν ιδιαίτερα κεφάλαια του βιβλίου. Παρατίθενται εξάλλου, σχετικοί πίνακες με τους πιο αντιπροσωπευτικούς και συνήθεις φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς των ελληνικών εσωτερικών νερών. Για τα εσωτερικά νερά της Ελλάδας παρουσιάζονται σε σχετικούς πίνακες, τα φυσικά, χημικά και φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά, η τροφική τους κατάσταση, τα κυριότερα προβλήματα και οι απειλές που υφίστανται, καθώς και οι κυριότερες λίμνες και λιμνοθάλασσες στην Ελλάδα και διατυπώνεται σχετική προβληματική για προοπτικές ανάκαμψης - εξυγίανσής τους.

Τα ζητήματα διαχείρισης του νερού και η σχετική πολιτική της είναι ιδιαίτερα σημαντικό θέμα, το οποίο έχει την ανάγκη πολυεπιστημονικής κάλυψης και διεπιστημονικής προσέγγισης. Ένα τέτοιο σύστημα ορθολογικής διαχείρισης των νερών θα πρέπει συνεχώς να γίνεται επίκαιρο ως προς τα ποιοτικά και ποσοτικά του χαρακτηριστικά, ενώ είναι απαραίτητες και οι κοινωνικο - οικονομικές συνιστώσες σε κάθε λεκάνη απορροής και οι προοπτικές περαιτέρω ανάπτυξης της περιοχής.

Η δημογραφική εξέλιξη μαζί με την οικονομική ανάπτυξη απαιτούν επάρκεια καθαρού νερού άριστης ποιότητας. Είναι υπαρκτό όμως το πρόβλημα της "κρίσης" για το νερό. Τα περιθώρια συνετής χρήσης υπάρχουν, αλλά υπάρχει ανάγκη μεταβολής παραδοσιακών συνηθειών και θεσμικών μέτρων. Αυτά μάλιστα τα μέτρα αρχίζουν να υιοθετούνται σε όλες τις περιοχές για την από κοινού αντιμετώπιση του νερού, ως αγαθού σε ανεπάρκεια. Έτσι, παρουσιάζονται οι παράμετροι ελέγχου του πόσιμου νερού και του νερού άρδευσης, καθώς και η σημασία τους για την υγεία, την ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στο τελευταίο κεφάλαιο του βιβλίου γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις παραμέτρους του περιβάλλοντος που θα πρέπει να αποκτηθούν κάθε φορά που προτιθέμεθα να αξιοποιήσουμε κάποια περιοχή. Γιατί όπως είναι γνωστό κάθε περιοχή έχει τη δική της ταυτότητα ως προς τις δυνατότητες και τη χωρητικότητα για αξιοποίηση. Εξάλλου θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη η βιωσιμότητα της αξιοποίησης - ανάπτυξης μέσα στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος.

«Άριστον μεν Ύδωρ»
Πίνδαρος

«Αρχή Πάντων Ύδωρ»
Θαλής ο Μιλήσιος

«Από το νερό προέρχεται το κάθε τι
και με το νερό συντηρείται»
Γκαίτε

«Το νερό και τα λόγια...,
πολύ εύκολα χύνονται και ρέουν,
αλλά δύσκολα επανακτώνται»
Κινέζικη παροιμία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι ένα από τα κυρίαρχα στοιχεία της φύσης, της δημιουργίας και της ζωής. Ανέκαθεν υπήρξε το επίκεντρο της επιστήμης, της φιλοσοφίας, της μυθολογίας και της θρησκείας, καθώς και βασικό υλικό στη διαμόρφωση των λαϊκών παραδόσεων. Όλοι οι λαοί της γης λάτρεψαν το νερό ως θεότητα και η θρησκεία το υιοθετεί ως μέσο εξαγνισμού. Οι αρχαίοι έλληνες φιλόσοφοι, Αριστοτέλης και Εμπεδοκλής, πίστευαν ότι το σύμπαν αποτελείται από "ύδωρ-πυρ-γη-αήρ", συστατικά από τα οποία προήλθε ο κόσμος. Το νερό μάλιστα το χαρακτήριζαν ως "αίμα" της γήινης ζωής και το θεωρούσαν μαζί με το φως, βασικά ενεργειακά συστατικά ολόκληρης της ζωής. Την πρωταρχική όμως σημασία του νερού την περιγράφει ο Πίνδαρος ως "Αριστον μεν Υδωρ". Τον 6ο αιώνα π.χ. στην Ιωνία της Μ. Ασίας, ο Θαλής ο Μιλήσιος και οι συνεργάτες του κάνουν υπέρβαση της μυθολογίας προς μία φιλοσοφική εξήγηση της προέλευσης του κόσμου και θεωρούν το νερό ως αρχή των όντων. Πολύ αργότερα ο Newton το 17ο αιώνα, αναγνωρίζει και αυτός ότι το νερό είναι η πρωταρχική ουσία από την οποία προέρχονται όλα τα υλικά αγαθά του ανθρώπου. Σήμερα γνωρίζουμε ότι τα βασικά στοιχεία της ζωής είναι περισσότερα από εκατό και ότι το νερό είναι ένα από αυτά.

Η λέξη νερό εμφανίζεται στα Βυζαντινά χρόνια, όταν το φρέσκο νερό λεγόταν "νεαρόν ύδωρ" απ' όπου το "νεαρόν" με παραφθορά κατέληξε σε "νερό". Σήμερα η λέξη "ύδωρ" αναφέρεται στην καθαρώς χημική ένωση δύο ατόμων υδρογόνου με ένα άτομο οξυγόνου. Το φυσικό νερό σε αντιδιαστολή με το χημικώς καθαρό νερό, μπορεί να περιέχει σε διάλυση διάφορες ουσίες και μικροοργανισμούς. Εξάλλου, το νερό όχι μόνο δεν είναι απλό, αλλά ως προς τη φυσική και χημική του συμπεριφορά είναι ασυνήθιστο, η κατασκευή του πολύπλοκη, ενώ πολλά από τα χαρακτηριστικά του παραμένουν ακόμα θέματα μελέτης.

Το νερό ως τροφή και ως πρώτη ύλη είναι στενά συνδεδεμένο με τη ζωή και περιγράφει την ανθρώπινη πολιτιστική εξέλιξη μέσα στους αιώνες. Ο άνθρωπος απαιτεί γλυκό νερό για να επιβιώσει, γι' αυτό και σε όλη την περίοδο της εξέλιξής του ζούσε κοντά σε ποταμούς και λίμνες. Οι αρχαιότεροι πολιτισμοί δημιουργήθηκαν στις πεδινές περιοχές της Β.Αφρικής και νοτιοδυτικής Ασίας, στις οποίες το νερό είναι πολύτιμο. Στις περιοχές αυτές, οι άνθρωποι αναγνωρίζοντας τη σημασία του νερού, αξιοποίησαν μεθοδολογικά τις χρήσιμες ιδιότητές του και εφάρμοσαν τη γνώση και την τεχνολογία της εποχής εκείνης στο περιβάλλον της περιοχής τους και ειδικότερα στις πρακτικές άρδευσης και αποστράγγισης των καλλιεργειών τους.

Από πολύ παλιά ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε το νερό για ζωτικές, ως προς την επιβίωσή του, παραδοσιακές χρήσεις, όπως είναι η πόση, η παρασκευή φαγητών και το πότισμα των χωραφιών. Εξάλλου, χρησιμοποιούσε το νερό για την κάλυψη των πολιτιστικών και αναπτυξιακών του αναγκών, δηλαδή την καθαριότητα, τη βιοτεχνική-βιομηχανική-εμπορική-μεταφορική και άλλες παραγωγικές δραστηριότητες μέχρι και την πυρόσβεση.

Όταν ο άνθρωπος ζούσε από το κυνήγι, κατοικούσε σε περιοχές κοντά στο νερό, στις οποίες πήγαιναν τα θηράματά του για να ξεδιψάσουν. Αργότερα με την καλλιέργεια του εδάφους, συνειδητοποίησε ότι το νερό είναι απόλυτα αναγκαίο για τις σοδειές του, γεγονός που μαρτυρείται από τα ερείπια παλαιών αρδευτικών δικτύων, που αξιοποιούσαν με κάθε δυνατό μέσο τη μέγιστη δυνατή χρήση του διαθέσιμου νερού. Με τη συγκρότηση των κοινωνικών ομάδων και την εγκαθίδρυση των μόνιμων οικισμών, δημιουργήθηκε

ανταγωνισμός για την κατοχή του επιθυμητού ζωτικού χώρου που χαρακτηριζόταν από την αφθονία του γλυκού νερού και επομένως από την επάρκεια της τροφής. Εξάλλου, το νερό ως μέσο μεταφοράς, καλύπτοντας την ανάγκη της ανταλλαγής των προιόντων και του εμπορίου, μετέτρεψε την ανθρώπινη αυτή δραστηριότητα σε συντελεστή οικονομικής και πολιτιστικής προόδου. Όπως γνωρίζουμε, στην κοιλάδα του Νείλου, βάρκες και σχεδίες συνέδεαν τους ανθρώπινους καταυλισμούς για πολλούς αιώνες, ενώ η σημασία του νερού για τις μεταφορές φαίνεται και από τα αφιερώματα που βρίσκονται στους βασιλικούς τάφους της αρχαίας Αιγύπτου.

Προϋπόθεση αλλά και αποτέλεσμα της εμφάνισης μεγάλων πολιτισμών στην Αίγυπτο, στη Μεσοποταμία και στην Κίνα ήταν η ύπαρξη του νερού. Οι πρώτες ανθρώπινες κοινωνίες, από την 4η χιλιετία, δημιούργησαν σημαντικά τεχνικά έργα για τη χρήση και την αξιοποίηση του νερού. Επίσης, έργα ύδρευσης αναφέρονται στη δεύτερη χιλιετία στην Αίγυπτο, στην Κίνα, στην Περσία, στην Κρήτη, κ.ά. Γνωστά από τη μυθολογία είναι τα αρδευτικά έργα στην περιοχή της Κωπαΐδας, στον Αχελώο και στον Αλφειό, κατά την προϊστορική περίοδο στην Ελλάδα. Από το 1250 μέχρι το 800 π.Χ., ακολούθησε μια αβέβαιη περίοδος κατά την οποία εμφανίζονται τα πρώτα συστηματικά έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων στην Αθήνα την περίοδο του Πεισίστρατου. Από το Σόλωνα το νομοθέτη συντάσσονται σχετικοί Νόμοι για τη διαχείριση των νερών όπου μεταξύ άλλων απαγορευόταν η διάνοιξη πηγαδιού στην ίδια περιοχή όταν σε ορισμένη απόσταση προϋπήρχε άλλο πηγάδι.

Οι Ρωμαίοι, ως άριστοι μηχανικοί κατασκεύασαν σε ολόκληρη την αυτοκρατορία τους έργα μεγάλης κλίμακας και έτσι εξασφάλισαν υποδειγματικές για την εποχή τους συνθήκες υγιεινής και καθαριότητας. Αργότερα, ο Μεσαίωνας χαρακτηρίζεται από μεγάλη οπισθοδρόμηση με συνέπεια τις μεγάλες επιδημίες και την κατάρρευση του αναπτυξιακού και πολιτιστικού επιπέδου της εποχής. Τότε, χρησιμοποιούνταν τα ρυάκια στις πόλεις ως αγωγοί για τα λύματα. Συνήθιζαν να ρίχνουν στο δρόμο τα σκουπίδια και τα ακάθαρτα νερά και να περιμένουν τις βροχές για να τα παρασύρουν μακρύτερα. Χολέρα, δυσεντερία και τύφος υπήρξαν οι συνέπειες, ενώ μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα άρχισαν να κατασκευάζονται αποχετευτικοί αγωγοί.

Με το πέρασμα πολλών αιώνων και φτάνοντας στη βιομηχανική επανάσταση, διαφοροποιούνται οι χρήσεις του γλυκού νερού, εντατικοποιούνται οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτό και αρχίζουν να εμφανίζονται κίνδυνοι που απειλούν και την ποιότητα και την επάρκειά του. Σ' αυτό συνέβαλε σημαντικά και η αυξημένη χρήση των επιφανειακών νερών, ιδιαίτερα των λιμνών και ποταμών, για ύδρευση, άρδευση, ενέργεια, υδατοκαλλιέργεια, αναψυχή, τουρισμό και για περιβαλλοντική χρήση.

Παλαιότερα, η φυσική-δυναμική λειτουργία του βιο-γεω-φυσικού χώρου κατόρθωνε να αντισταθμίζει (αυτο-καθαρισμός) και να εξισορροπεί τις ανθρώπινες επεμβάσεις και συμπεριφορές πάνω στο νερό και τους πόρους του. Η οργάνωση όμως του σύγχρονου παραγωγικού συστήματος, σε συνδυασμό με τις αυξημένες απαιτήσεις για καταναλωτικά αγαθά και νέες ανάγκες, οδήγησαν στην εντατικοποίηση των διαφόρων δραστηριοτήτων, οι οποίες διατάραξαν την ισορροπία της φυσικής λειτουργίας των υδάτινων πόρων. Κάπως έτσι δημιουργήθηκαν τα προβλήματα της ρύπανσης των νερών. Σήμερα, στις σοβαρότερες μορφές ρύπανσης των νερών συγκαταλέγονται η χημική ρύπανση, ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα, αστικά λύματα και γεωργοκτηνο-τροφικές απορροές, η ραδιενεργός ρύπανση, η ρύπανση από πετρελαιοειδή, καθώς και η θερμική ρύπανση.

Πριν από λίγες δεκαετίες, οι απαιτήσεις ενός περισσότερο ευαισθητοποιημένου κοινού για καλύτερες συνθήκες ζωής και για αναβαθμισμένη ποιότητα νερού, καθώς και η ανάγκη κάλυψης πολλαπλών χρήσεων που προσφέρουν οι υδατικοί πόροι, ιδίως σε περιοχές με ανεπάρκεια νερού, δημιούργησαν την ανάγκη προστασίας του. Στις μέρες μας προβάλλει επιτακτική η ανάγκη για συνετή διαχείριση του νερού, ώστε να εξασφαλίζεται η μόνιμη και καλή ποιότητά του. Σημασία όμως έχει και η επαρκής ποσότητά του σε επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους, γιατί είναι πλέον γνωστό ότι το νερό είναι πολύτιμος φυσικός πόρος σε ανεπάρκεια. Εξάλλου και η ζωή στη βιόσφαιρά μας, με όλες τις εκφάνσεις της, επιβάλλει τη συνεχή και αδιάληπτη εξασφάλιση κατάλληλης ποιότητας και ικανής ποσότητας νερού.

Η ζωή βασίζεται στο νερό, είναι αναντικατάστατη ουσία και αποτελεί τα 4/5 του ανθρώπινου σώματος. Το ποσοστό σε νερό σε άλλους οργανισμούς ή στα συστατικά τους, είναι μεγαλύτερο, όπως για παράδειγμα στα ψάρια (συνήθως 80%), στις μέδουσες και στις τομάτες (95%), στο καρπούζι (97%) ή μικρότερο, όπως είναι στα ερυθρά αιμοσφαίρια (60%), στα οστά (30%) και στους σπόρους του σιταριού και του καλαμποκιού (λιγότερο από 10%). Χωρίς νερό δεν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή γιατί οι πολύπλοκες βιοχημικές αντιδράσεις των κυττάρων χρειάζονται νερό. Εξάλλου, η σημασία του για τη ζωή φαίνεται και από το γεγονός, ότι η βιομάζα

των διαφόρων οργανισμών σε κάθε περιοχή της ξηράς είναι ανάλογη με τον όγκο των βροχοπτώσεων σ' αυτή την περιοχή.

Το νερό γενικά δεν είναι μόνο βασικό στοιχείο για τη διατήρηση και ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη μας, αλλά και πολιτικό όπλο. Δυστυχώς όμως, ενώ αυξάνονται σταθερά οι ανάγκες για πόσιμο νερό, μειώνονται όλο και περισσότερο τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματά του. Παράλληλα, απειλείται η ποιότητά τους και δημιουργούνται προβλήματα λόγω και της εντατικής εκμετάλλευσης του εδάφους με τις γεωργικές καλλιέργειες. Έτσι, τα υπόγεια νερά, αποτελούν αποθεματικό φυσικό πόρο στρατηγικής σημασίας και επομένως έχουν την ανάγκη ιδιαίτερης προστασίας και διαχείρισης.

Στο παρελθόν, σε πολλές περιοχές στην Ελλάδα το υπόγειο νερό ήταν ιδιαίτερα κατάλληλο για πόση. Σήμερα, οι πιθανότητες ρύπανσης των υπόγειων νερών είναι πολλαπλές και συνδέονται με τις ανεξέλεγκτες απορρίψεις των απορριμμάτων, την υπερ-χρήση των γεωργικών λιπασμάτων και φαρμάκων, τις απορρίψεις βιομηχανικών αποβλήτων, την απουσία αποχέτευσης, την αποθήκευση και μεταφορά επικίνδυνων χημικών ουσιών, τις εξορυκτικές δραστηριότητες, την υπερ-άντληση για αρδευτικούς κυρίως σκοπούς, την υπερβόσκηση, την ενεξέλεγκτη υλοτομία κ.ά. Επίσης, για τη χώρα μας είναι αρκετά επίκαιρο τα τελευταία έτη, η επείγουσα λήψη πρακτικών μέτρων, για το πρόβλημα που έχει αρχίσει να εμφανίζεται από την εισχώρηση-εισβολή του θαλασσινού νερού (υφαλμύρυνση) προς τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, ιδιαίτερα στις παράκτιες πεδιάδες και στα νησιά. Εξάλλου και οι εκτεταμένες πυρκαγιές διαφοροποιούν πλέον, περισσότερο ή λιγότερο, το κλιματικό και υδατικό καθεστώς των περιοχών, με συνέπεια να αναμένεται η εμφάνιση ακραίων φαινομένων, όπως πλημμύρες, ξηρασία, ερημοποίηση κ.λπ.

Το νερό, είναι πολύτιμο συστατικό, εξαιρετικά πρωταρχικό και βασικό στη διατήρηση της ισορροπίας της φύσης, γιατί επηρεάζει και κατευθύνει με την ποιότητα και την ποσότητά του το γενικό οικολογικό σύστημα του αέρα και του εδάφους, τη βιόσφαιρά μας. Έτσι, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού στηρίζουν τους βιολογικούς κύκλους και οι θερμικές του ιδιότητες κατά κανόνα ελέγχουν τις κλιματικές και γεωλογικές συνθήκες κάθε περιοχής. Όμως, η ποιότητα του νερού και τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματά του, εξαρτώνται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, τα φυσικά αίτια, αλλά και από τις τεχνολογικές επιτεύξεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

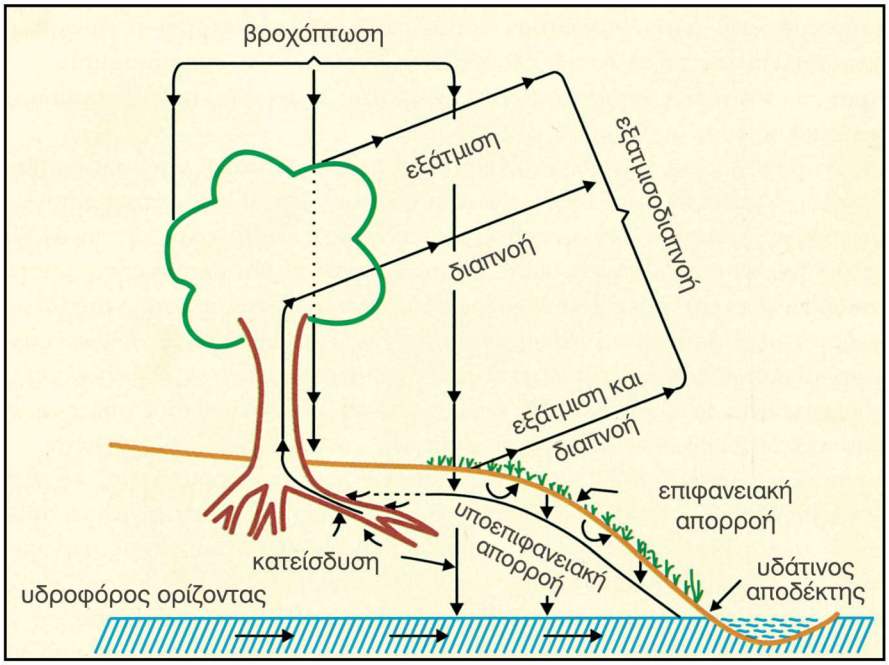
ΤΟ ΝΕΡΟ, ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ

2.1. Υδρολογικός Κύκλος

Το νερό στη γη δεν βρίσκεται ποτέ σε ακινησία, αλλά είναι πάντοτε σε διαρκή κίνηση, εκτός από εκείνο που περιέχεται στους πάγους και παγετώνες. Το νερό συνεχώς κινείται μέσα από μιά ποικιλία "μονοπατιών", στην ατμόσφαιρα, στην υδρόσφαιρα, στη λιθόσφαιρα και μέσα στους ζωντανούς οργανισμούς. Η κίνηση αυτή περιλαμβάνει έναν ατέλειωτο μετασχηματισμό του νερού από τη μία κατάσταση (υγρή, στερεή, αέρια) στην άλλη. Η διεργασία της φυσικής ροής ή της κίνησης του νερού, αποτελεί τον κύκλο του ή τον **υδρολογικό** του κύκλο (Εικ. 1), κινητήρια δύναμη του οποίου είναι η ηλιακή ενέργεια.

Το μεγαλύτερο μέρος του κύκλου του νερού πραγματοποιείται ανάμεσα στη θάλασσα και την ατμόσφαιρα (Εικ. 2).

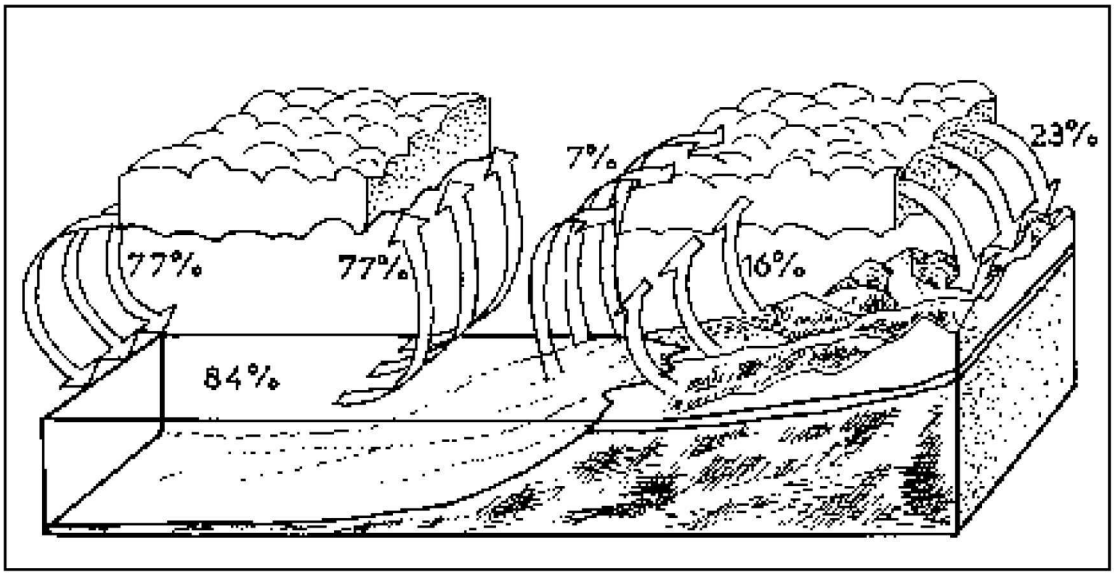
Το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια της γης και από κάθε επιφάνεια ελεύθερου νερού, ενώ συγχρόνως, μέσω των φυσιολογικών λειτουργιών της αναπνοής και της διαπνοής, αποβάλλεται από τους οργανισμούς. Οι υδρατμοί, που έτσι δημιουργούνται, ως ελαφρότεροι ανέρχονται στην ατμόσφαιρα, υγροποιούνται και επανέρχονται στην επιφάνεια της γης με τη μορφή βροχής, χιονιού, υγρασίας κ.ά.



Εικ. 1: Ο υδρολογικός κύκλος του νερού σε σχηματική απλούστευση.

Το νερό που φτάνει στην ξηρά μπορεί να ακολουθήσει τρεις δρόμους, την επιφανειακή ροή, την κατείσδυση μέσα στο έδαφος και την πρόσληψή του από τους οργανισμούς (φυτά και ζώα). Με απλά λόγια, ο υδρολογικός κύκλος του νερού στη φύση περιλαμβάνει μεταφορά, αποθήκευση και μεταβολή της φυσικής κατάστασης του νερού, δηλαδή τα κατακρημνίσματα, την εξάτμιση, την επιφανειακή και την υπόγεια ροή. Αυτή η συλλογή, η αποθήκευση και η ροή του νερού στην επιφάνεια και τα υπόγεια στρώματα διαμορφώνονται ανάλογα με την τοπογραφία της περιοχής, τη δομή και τη σύσταση του εδάφους, το κλίμα, την υγρασία του εδάφους, τη βλάστηση, τις χρήσεις της γης, το είδος των κατακρημνισμάτων κ.ά. (ΣΟΥΛΙΟΣ, 1986).

Ως **κατακρημνίσματα** ορίζονται η βροχή, το χιόνι, η δρόσος, το χαλάζι, η ομίχλη κ.ά. Οι κατακρημνίσεις διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και από έτος σε έτος. Για την περιγραφή τους απαιτούνται να έχουμε δεδομένα για το ετήσιο ύψος τους, την κατανομή τους κατά τη διάρκεια ενός έτους, καθώς και για τις ετήσιες και υπερετήσιες μεταβολές τους. Το μέσο ύψος της βροχής που πέφτει πάνω στη συνολική επιφάνεια της γης είναι γύρω στα 1030 mm. Αυτό συμβαίνει γιατί μια τεράστια ποσότητα νερού επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση και την εξατμισοδιαπνοή και μάλιστα εκτιμάται ότι το ίδιο νερό ανακυκλώνεται 30 φορές κατά τη διάρκεια ενός έτους, δηλαδή κάθε 9-12 ημέρες γίνεται η ανανέωσή του.



Εικ. 2: Ο κύκλος του νερού ανάμεσα στη θάλασσα στην ξηρά και στην ατμόσφαιρα.

Όταν το νερό της βροχής ρέει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα διάβρωσης των εδαφών και των πλημμυρικών φαινομένων, ιδιαίτερα στις περιοχές όπου δεν υπάρχει η φυσική βλάστηση ή αυτή έχει υποστεί αλλοιώσεις ή και ακόμη όταν έχουν γίνει ανθρώπινες παρεμβάσεις (επιχωματώσεις, εκτροπές κοίτης), στα φυσικά υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής. Όταν το νερό κατεισδύει (απορρόφηση) μέσα στο έδαφος, ένα μέρος του συγκρατείται στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους και εξασφαλίζεται έτσι η προσφορά του προς τη βλάστηση, ενώ το υπόλοιπο που διεισδύει βαθύτερα εμπλουτίζει τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα. Εξάλλου, με την εξάτμισή από κάθε ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια, το νερό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, όπως επίσης με την εξατμισοδιαπνοή των φυτών και με την αποβολή του μέσω της αναπνοής των διαφόρων οργανισμών (ΣΟΥΛΙΟΣ,1986, STANNER & BOURDEAU, 1995).

2.2. Υδατικό Ισοζύγιο

Με τη βοήθεια μαθηματικών σχέσεων μπορούμε να μελετήσουμε τμήματα του υδρολογικού κύκλου. Οι εξισώσεις αυτές συνδέουν τις τροφοδοσίες και τις απώλειες σε νερό ενός συστήματος, όπως είναι μια λίμνη, ένα ποτάμι, ένας υπόγειος υδροφορέας, μια λεκάνη απορροής ή και ολόκληρη η γη. Μια συνηθισμένη και απλή σχέση για το υδρολογικό ισοζύγιο μιας περιοχής λαμβάνει υπόψη της τις εισόδους (επιφανειακή εισροή, υπόγεια εισροή, ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, προσαγόμενο νερό) και τις εξόδους του νερού σε μια περιοχή (επιφανειακή εκροή, υπόγεια εκροή, εξάτμιση ελεύθερης επιφάνειας νερού, πραγματική

εξατμισοδιαπνοή, απαγόμενο νερό), καθώς και τις μεταβολές στην αποθήκευση τού επιφανειακού και του υπόγειου νερού (ελάττωση και αύξηση επιφανειακής αποθήκευσης, ελάττωση και αύξηση υπόγειας αποθήκευσης) (ΣΟΥΛΙΟΣ, 1986).

Ένας τρόπος ποσοτικής έκφρασης του **υδατικού ισοζυγίου** μιας περιοχής περιγράφεται από την εξίσωση:

P=Ef+Ea+R+I

όπου, με P περιγράφονται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στην περιοχή, με Ef η εξάτμιση από κάθε υδάτινη επιφάνεια της περιοχής, με Ea οι ποσότητες της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της λεκάνης απορροής, με R η επιφανειακή απορροή από την υπόψη περιοχή και με I οι ποσότητες των νερών που κατεισδύουν και τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.

Με απλά λόγια ως **λεκάνη απορροής** ενός ποταμού ορίζεται το τμήμα εκείνο της επιφάνειας του εδάφους πάνω στο οποίο τα νερά που ρέουν επιφανειακά, με το υδρογραφικό δίκτυο φέρονται στην κοίτη του υπόψη ποταμού ο οποίος τα οδηγεί στον τελικό αποδέκτη τη θάλασσα. Επίσης, στη λεκάνη απορροής, κάθε τμήμα της επιφάνειας του εδάφους, εξαιτίας της μορφολογίας του, επιτρέπει μία μόνο επιφανειακή έξοδο στα νερά της περιοχής που συγκεντρώνει. Η περιφερειακή γραμμή μιας λεκάνης απορροής οριοθετεί την **υδροκριτική λεκάνη** της περιοχής και αντιστοιχεί στην κορυφογραμμή εκείνη εκατέρωθεν της οποίας τα επιφανειακά νερά κατευθύνονται σε διαφορετικές λεκάνες απορροής.

Στο υδρολογικό ισοζύγιο η σημασία της έννοιας “λεκάνη απορροής ή υδρολογική λεκάνη” έγκειται στο ότι αυτή αποτελεί τμήμα εδάφους με αυτόνομη επιφανειακή υδρο-οικονομία, δηλαδή η λεκάνη απορροής έχει το δικό της ανεξάρτητο υδρολογικό ισοζύγιο. Αυτό όμως που θα πρέπει να τονιστεί είναι ότι **τα επιφανειακά νερά δεν είναι ανεξάρτητα από τα υπόγεια νερά,** αν και συνήθως στις περιοχές με διαπερατούς σχηματισμούς και στις καρστικές περιοχές η επιφανειακή και υπόγεια υδρολογική λεκάνη δεν συμπίπτουν (ΣΟΥΛΙΟΣ, 1986).

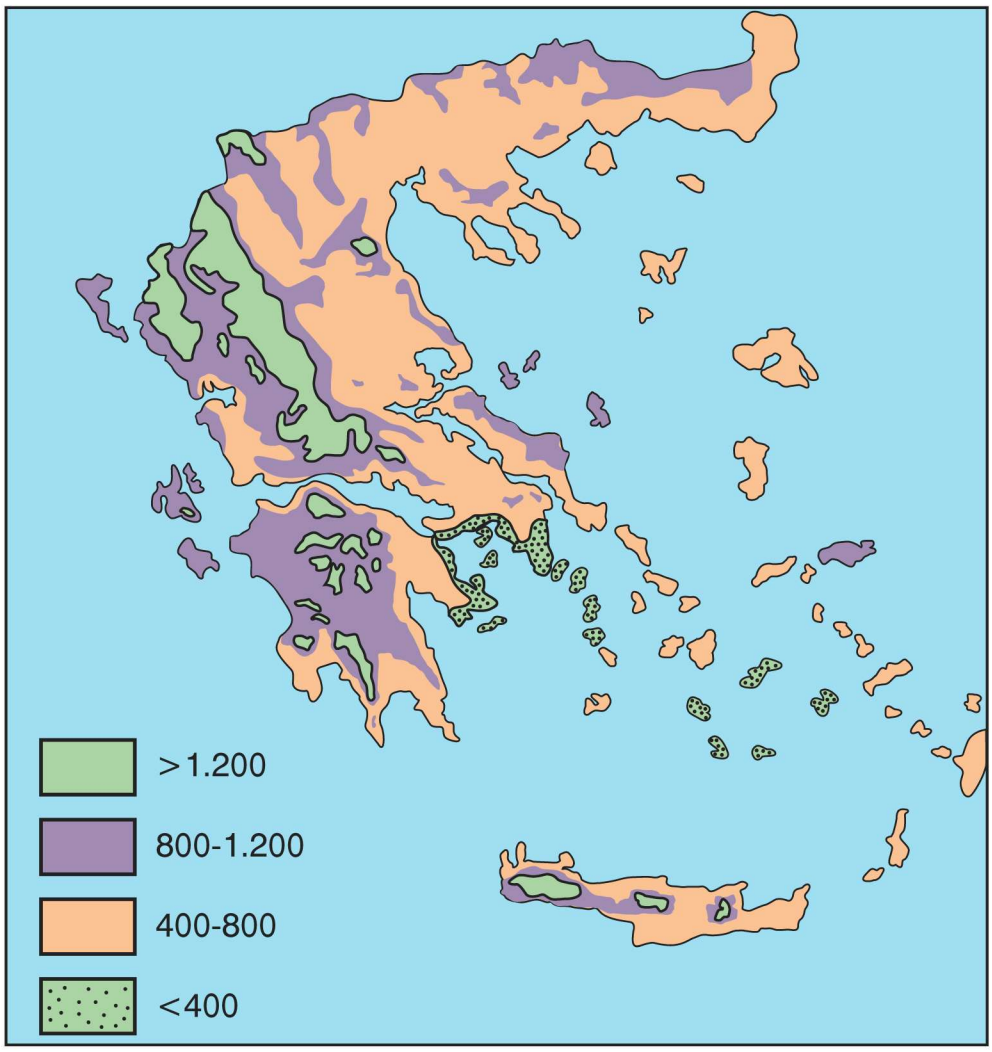
Η κατανομή των **βροχοπτώσεων** στην Ελλάδα είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και ανώμαλη (Εικ. 3). Ο συνολικός όγκος των βροχοπτώσεων υπολογίζεται περίπου στα 112 Km^3 με μέσο ύψος βροχής τα 856 mm. Τόσο η γεωγραφική διανομή των βροχοπτώσεων, όσο και η εποχιακή τους κατανομή διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Έτσι, το μέσο μέγιστο παρατηρείται στην Ήπειρο με ύψος βροχής 1567 mm και το μέσο ελάχιστο στην Αττική με 462 mm. Σε γενικές γραμμές, βροχερότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος και ξηρότερος ο Ιούλιος. Παρόλα αυτά υπάρχουν μεγάλες υπερετήσιες (4-6 έτη) διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων με συνήθως μικρότερα ύψη βροχής ή ανομβρίας (1984-1990) που διακρίνονται με 1-2 έτη πολυομβρίας (ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗΣ, 1973, ΜΙΜΙΚΟΥ, 1993).

Το νερό, σε ορισμένη ποσότητα, συγκρατείται από το έδαφος, τροφοδοτεί τη βλάστηση και εμπλουτίζει τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από τη γεωμορφολογία της περιοχής, την τεκτονική της κατάσταση, την κλίση του εδάφους, την παρουσία ή όχι βλάστησης κ.ά. Σε υδατοστεγή πετρώματα (άργιλοι, φλύσχης, σχιστόλιθοι) περίπου 5% των βροχοπτώσεων κατεισδύουν στο έδαφος, ενώ σε υδατοπερατά μέχρι και το 50% των βροχοπτώσεων (ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1986).

Ως **επιφανειακή απορροή** ορίζεται εκείνο το ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων το οποίο μόλις πέσει στην επιφάνεια του εδάφους ρέει επιφανειακά. Έτσι, δημιουργείται το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής. Η ποσότητα του νερού που απορρέει επιφανειακά σε μια λεκάνη καθορίζεται από κλιματικούς και φυσιογραφικούς παράγοντες, ενώ σημαντικό ρόλο παίζουν η πετρολογική σύσταση των πετρωμάτων και η γεωλογική-γεωμορφολογική τους κατασκευή. Για παράδειγμα, εκεί όπου επικρατούν ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, η επιφανειακή απορροή είναι της τάξης του 4-5% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, ενώ στις προσχωσιγενείς αποθέσεις είναι δύσκολος ο ακριβής προσδιορισμός της επιφανειακής τους απορροής. Στη χώρα μας εκτιμάται, ότι περίπου 45 Km^3 είναι ο ετήσιος όγκος των νερών της επιφανειακής απορροής (ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1979).

Η **κατείσδυση** αφορά το τμήμα εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων το οποίο διαπερνάει την επιφάνεια του εδάφους και φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Η ενεργός κατείσδυση, επειδή είναι ο παράγοντας εκείνος που αναπληρώνει τα υπόγεια αποθέματα του υπόγειου νερού, αποτελεί το σπουδαιότερο στοιχείο του υδρολογικού κύκλου. Ο συντελεστής κατείσδυσης εκφράζει το ποσοστό των κατακρημνισμάτων που κατεισδύουν στο έδαφος μέσα σε ορισμένο χρόνο και καθορίζεται από την περατότητα του εδάφους και του υπεδάφους, από τη φύση τους και κυρίως από τη λιθολογική τους σύσταση, ενώ δευτερευόντος από την κλίση του εδάφους, τη βλάστηση, το υψόμετρο, την κατανομή και ένταση των κατακρημνισμάτων κ.ά. Για παράδειγμα, σε γυμνό έδαφος με ασβεστολιθικά πετρώματα ο συντελεστής κατείσδυσης ανέρχεται στο 50-55% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, σε προσχωσιγενείς περιοχές ο

συντελεστής ενεργούς κατείσδυσης κυμαίνεται από 10-25%, ενώ σε αλλουβιακές αποθέσεις είναι μεταξύ 16-21% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (ΣΟΥΛΙΟΣ, 1986).



Εικ. 3: Ενδεικτική γεωγραφική κατανομή των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα (πηγή: ΚΑΡΡΑΣ, 1973).

Εξάτμιση είναι το φαινόμενο της μεταφοράς νερού στην ατμόσφαιρα, από κάθε υγρή επιφάνεια (θάλασσα, λίμνη, ποτάμι, νερόλακκος κ.ά), από γυμνό έδαφος ή από φυτοκαλυπτόμενη περιοχή (π.χ. δάσος), ενώ διαπνοή είναι η αποβολή (έξοδος) του νερού από τα στόματα των φύλλων των φυτών, δηλαδή τους πόρους ή τα ανοίγματα του εξωτερικού στρώματος των φύλλων και της επιδερμίδας των φυτών. Επομένως, η **εξατμισοδιαπνοή** είναι η ταυτόχρονη σύμπτωση των παραπάνω φαινομένων τα οποία αλληλοεπηρεάζονται (π.χ. η εξάτμιση από το έδαφος ελαττώνεται όταν παράλληλα εκδηλωθεί η διαπνοή).

Η εξάτμιση επηρεάζει μεταξύ των άλλων τις ετήσιες απορροές μιας λεκάνης, τη συλλογή των νερών σε ταμιευτήρες, τις απαιτήσεις των καλλιεργειών σε άρδευση, τις ετήσιες αποστραγγίσεις και την τροφοδοσία του υπόγειου νερού. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής είναι:

- με χρήση ειδικών συσκευών (ατμόμετρα ή δοχεία εξάτμισης) τα οποία προσομοιάζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα εξάτμιση κάθε ελεύθερου νερού,
- με εφαρμογή των εξισώσεων του υδατικού ισοζυγίου. Η μέθοδος αυτή μπορεί να καθορίσει την εξάτμιση ελεύθερου νερού και την εξατμισοδιαπνοή οποιουδήποτε συστήματος, εφόσον διαθέτουμε επαρκή υδρολογικά δεδομένα.

- με χρήση ειδικών οργάνων, των λυσιμέτρων, τα οποία περιέχουν αντιπροσωπευτικά δείγματα εδάφους και βλάστησης και δίνουν δεδομένα για την εφαρμογή της εξίσωσης του υδατικού ισοζυγίου.

Για να πραγματοποιηθεί το φαινόμενο της εξάτμισης πρέπει συνήθως να ισχύουν δύο συνθήκες. Να υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια για ατμοποίηση του νερού, ενώ θα πρέπει ο ατμός που παράγεται να μπορεί να μεταφερθεί από την επιφάνεια του εδάφους ή της υδατοσυλλογής στην ατμόσφαιρα. Ενα μέρος της ηλιακής ενέργειας σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιείται για την εξάτμιση. Υπολογίζεται ότι κάθε μέρα εξατμισοδιαπνέεται από την επιφάνεια της γης, όγκος νερού περίπου 1439 Km^3. Εκτιμάται ότι κάθε στιγμή υπάρχει στην ατμόσφαιρα νερό της τάξης των 13000 Km^3. Δηλαδή, μια φορά στις 9-12 μέρες ολόκληρη η ποσότητα του νερού που υπάρχει στην ατμόσφαιρα πέφτει στη γη και ανανεώνεται. Εξάλλου, η ποσότητα του νερού που πέφτει στην ξηρά είναι μεγαλύτερη από αυτή που εξατμίζεται.

2.3. Κατανομή του Νερού

Η παγκόσμια ισορροπία του νερού στον πλανήτη μας θεωρείται ότι είναι σταθερή, αλλά είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το παγκόσμιο ισοζύγιο του κύκλου του νερού. Σύμφωνα με τον Πίνακα Ι, που ασφαλώς οι ποσότητες αναφέρονται σε τάξη μεγέθους, διαπιστώνεται ότι κάθε έτος (UNESCO, 1978):

- η θάλασσα παίζει σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο γιατί δέχεται μεγαλύτερο όγκο βροχοπτώσεων, ενώ παράγονται από αυτήν περισσότεροι σε ποσότητα ατμοί, απ'ότι στην εδαφική επιφάνεια,
- η βροχή μεταφέρει στην επιφάνεια της γης όγκο νερού της τάξης των 110000 Km^3 (ύψος βροχόπτωσης 762 mm) από τα οποία τα 40000 Km^3 απορρέουν προς τη θάλασσα και τα 70000 Km^3 επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα,
- οι βροχοπτώσεις σε όγκο υπερέχουν της εξατμισοδιαπνοής στη στεριά, ενώ η εξάτμιση υπερισχύει των βροχοπτώσεων στη θάλασσα (Εικ. 4).

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

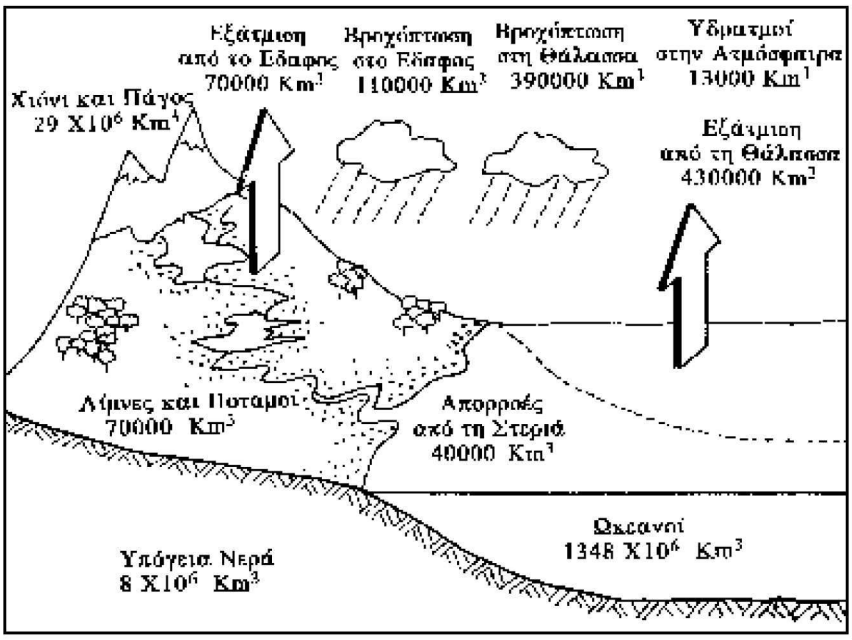
Η παγκόσμια ισορροπία του νερού και η διάθεσή του σε ετήσια βάση (πηγή: UNEP, 1991)

Τύπος	Όγκος Km^3	Ύψος mm
Εδαφική επιφάνεια της γης = 148.9 X 10^6 Km^2		
Βροχόπτωση	110000	762
Απορροή προς τη θάλασσα	40000	275
Εξατμισοδιαπνοή	70000	487
Θαλάσσια επιφάνειας της γης = 361 X 10^6 Km^2		
Βροχόπτωση	390000	1140
Εισροή από τη στεριά	40000	275
Εξάτμιση	430000	1254
Συνολική έκταση επιφάνεια της γης = 510 X 10^6 Km^2		
Βροχόπτωση	500000	1030
Εξατμισοδιαπνοή	500000	1030

Το νερό που βρίσκεται στη βιόσφαιρα έχει άνιση κατανομή. Κατά 95% είναι χημικά δεσμευμένο στα πετρώματα και επομένως δεν μπορεί να συμμετάσχει στον υδρολογικό του κύκλο και να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο. Από την υπόλοιπη ποσότητά του που βρίσκεται στη βιόσφαιρα (1100-1400 X 106 Km^3), το 94% αποτελεί τους ωκεανούς και τις θάλασσες, το 1.9% τους πολικούς πάγους και παγετώνες, περίπου 5% είναι τα εσωτερικά νερά που περιλαμβάνουν τις λίμνες, τα ποτάμια και τα εκμεταλλεύσιμα υπόγεια νερά, ενώ το 0.001% βρίσκεται στην ατμόσφαιρα ως υδρατμοί. Εκείνο το ποσοστό του νερού που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης καλύπτει έκταση 71% της συνολικής επιφάνειάς της (Πίν. ΙΙ).

Για το εποπτικό του θέματος, μπορούμε να κάνουμε ορισμένες υποθέσεις και γενικευμένες παραδοχές. Έτσι, αν το νερό που βρίσκεται στη βιόσφαιρά μας μπορούσε να απλωθεί πάνω στην επιφάνεια της γης θα σχηματιζόταν, από τους ωκεανούς και τις θάλασσες, στρώμα πάχους (βάθος) 2.61 χιλιομέτρων, από το νερό

των παγετώνων και των πάγων στρώμα πάχους 100 μέτρα, από τα υπόγεια νερά το πάχος θα ήταν 15 μέτρα, από τα επιφανειακά γλυκά νερά 40 εκατοστόμετρα και από το νερό που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα ως υδρατμός το στρώμα θα είχε πάχος μόλις 2.5 εκατοστόμετρα. Επίσης, είναι φανερό ότι από την πελώρια



Εικ. 4: Ο υδρολογικός κύκλος του νερού, η διακίνηση και τα αποθέματά του (πηγή: UNEP, 1991).

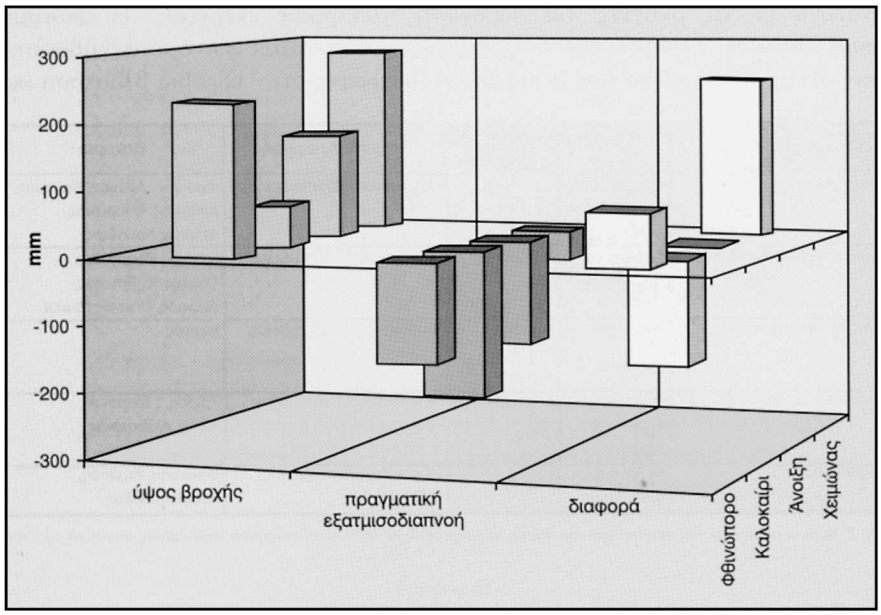
ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Κοινοί τύποι αποθήκευσης και μεταφοράς του νερού στο περιβάλλον κατά την παγκόσμια ισορροπία του (πηγή: UNEP,1991)

Τύπος ή Μορφή αποθήκευσης - μεταφοράς	**Όγκος X 10^6 Km^3**	**Ποσοστό όγκου βιόσφαιρας υδρόσφαιρας (%)**	**Χρόνος ανανέωσης (έτη)**	**ΣΑ (mm)**
Ως προς την Κατάσταση				
- Υγρή	1356.29	97.91		
- Στερεά	29.0	2.09		
- Αέρια	0.013	0.0009		
Ως προς το Περιβάλλον				
-Ωκεανοί-Θάλασσες	1348.0	97.31	8000	250
-Πάγοι-Παγετώνες	29	2.09	3000	69
-Ατμόσφαιρα	0.013	0.0009	12 ημέρ	1.9
-Νερά Ηπείρων	8.29	0.6		
(Υπόγεια νερά)	(8.065)	(0.58)	5000	34
(στην επιφάνεια)	(0.065)			
(σε βάθος>800μ.)	(4.0)			
(σε βάθος<800μ.)	(4.0)			
(Επιφανειακά νερά)				
(λίμνες, ποτάμια)	(0.224)	(0,016)	5	4.2
Σύνολο Βιόσφαιρας - Υδρόσφαιρας	1385.303	100	28000	260

(ΣΑ(mm)=σχετική αναλογία του όγκου του νερού της βιόσφαιρας ως προς τη σφαίρα ακτίνας ορισμένων mm).

ποσότητα του νερού που υπάρχει στη Γη μόνο το 2.8% (36000000 Km^3) είναι γλυκό νερό και από αυτό το μεγαλύτερο μέρος του είναι πάγοι και παγετώνες. Τελικά, ποσοστό περίπου 0.65% (8290000 Km^3) είναι σε υγρή κατάσταση, αλλά και πάλι το μεγαλύτερο μέρος αυτού του ποσοστού είναι μη προσιτό ή μη χρησιμοποιήσιμο, ενώ η μέση ετήσια διαθέσιμη ποσότητα γλυκού νερού στη γη είναι της τάξης των 15000 Km^3 (UNEP, 1991).



Εικ. 5: Ενδεικτική εποχιακή κατανομή των βροχοπτώσεων και της εξατμισοδιαπνοής στην Ελλάδα (πηγή: ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, 1997).

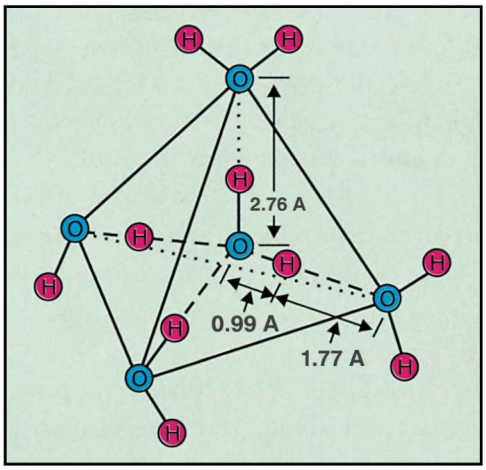
Στον ελλαδικό χώρο, η εποχιακή κατανομή των βροχοπτώσεων και της εξατμισοδιαπνοής, σύμφωνα με δεδομένα τριάντα μετεωρολογικών σταθμών (στοιχεία ΚΑΡΡΑΣ, 1973), παρουσιάζονται στην Εικ. 5, όπου μπορεί να διαπιστωθεί ότι γενικά στη χώρα μας υπάρχει αρνητικό ισοζύγιο νερού κατά την περίοδο του καλοκαιριού, ενώ επάρκεια κατά τη χειμερινή και φθινοπωρινή περίοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

3.1. Ιδιότητες

Το νερό είναι ανόργανη χημική ένωση η οποία εμφανίζεται σε όλα τα τμήματα της βιόσφαιρας δηλαδή την ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα και τη λιθόσφαιρα με τρεις φάσεις, τη στερεή, την υγρή και την αέρια. Το φυσικό νερό είναι συνήθως άοσμο, άγευστο, σχεδόν χωρίς χρώμα, είναι το μόνο υγρό που βρίσκεται άφθονο στη φύση. Το σημείο βρασμού του, σε σχέση με τα άλλα υγρά είναι αρκετά υψηλά και έχει υψηλές τιμές επιφανειακής τάσης και ιξώδους.



Εικ. 1: Απεικόνιση της γεωμετρίας των μορίων του νερού (πηγή: SNELL *et al.*, 1965).

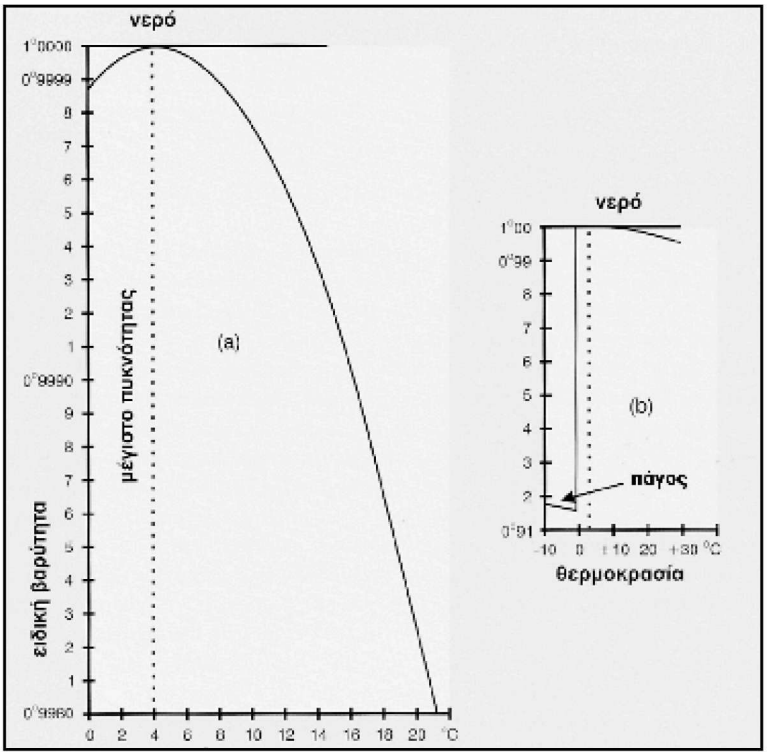
Από χημική άποψη το νερό έχει ασυνήθιστη μοριακή δομή, είναι ασύμμετρο και το ηλεκτρικό του φορτίο είναι ασταθές. Στο μόριό του υπάρχει ισχυρός δεσμός ανάμεσα στα δύο άτομα του υδρογόνου και στο ένα άτομο του οξυγόνου (Εικ.1). Εξάλλου, το νερό μπορεί εύκολα να εισχωρήσει ανάμεσα στα άτομα άλλων μορίων, εξαιτίας του θετικού και του αρνητικού του φορτίου. Επομένως, το νερό είναι ο "παγκόσμιος διαλύτης" εξαιτίας της γεωμετρίας των ατόμων υδρογόνου και οξυγόνου που το αποτελούν (γωνία χημικού δεσμού 105 μοίρες). Με αυτή την ιδιότητα, το νερό έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα. Αυτή μάλιστα η ιδιότητά του εξηγεί κατά ένα μέρος τη δράση του νερού πάνω στο έδαφος, τη γνωστή διάβρωση (SNELL *et al.*, 1965).

Η ασυνήθιστη μοριακή δομή του νερού έχει και άλλες ιδιότητες, οι οποίες έχουν σημασία για τη ζωή. Όταν το νερό παγώνει, τα μόριά του παίρνουν ανοιχτή κρυσταλλική διάταξη με συνέπεια ο πάγος να είναι λιγότερο πυκνός από το νερό και έτσι να επιπλέει. Με την τήξη του πάγου, η στερεή φάση γίνεται υγρή και τα μόρια κινούνται με μεγαλύτερη ευκολία και το νερό γίνεται πυκνότερο. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τα μόριά του

κινούνται όλο και ταχύτερα, καταλαμβάνοντας μεγαλύτερο χώρο, μέχρι το σημείο του βρασμού, οπότε προχωρεί και επικρατεί η αέρια φάση. Όταν το νερό μετατρέπεται από την υγρή στην αέρια φάση, εξαιτίας των ισχυρών μοριακών έλξεων, απαιτούνται τεράστια ποσά ενέργειας, ενώ κατά τη συμπύκνωση της αέριας φάσης προς την υγρή, ελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Για παράδειγμα, όταν το καλοκαίρι συγκεντρώνονται πολλά σύννεφα, μπορεί μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα να απελευθερωθεί ενέργεια σε τεράστιες ποσότητες και να προκληθεί καταιγίδα. Έτσι, υπολογίζεται ότι μια μέση καταιγίδα παράγει την ίδια ποσοτικά ενέργεια με εκείνη που εκλύεται κατά την καύση 6000 τόνων κάρβουνου.

Μεγάλη σημασία για τη ζωή παρουσιάζει η μεταβολή της πυκνότητας του νερού με τη θερμοκρασία (Εικ. 2). Όσο η θερμοκρασία μειώνεται, η πυκνότητα του νερού αυξάνεται, αλλά μέχρι τους 4° C. Το αποτέλεσμα είναι ότι το νερό γίνεται βαρύτερο, βυθίζεται και προκαλεί ανάμιξη των επιφανειακών στρωμάτων με τα βαθύτερα. Με αυτό τον τρόπο προκαλείται εξίσωση της θερμοκρασίας σε ολόκληρο τον υδάτινο όγκο μιας υδάτινης λεκάνης. Κάτω από τους 4° C, η πυκνότητα μειώνεται. Έτσι, μεγάλοι όγκοι νερού δεν παγώνουν ολοσχερώς, όταν η θερμοκρασία κατέλθει στο μηδέν ή κάτω από αυτό, αλλά μόνο επιφανειακά με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η νέκρωση της υδρόβιας ζωής.

Με θερμοκρασία νερού πάνω από τους 4° C, κάθε ψύξη στην επιφάνεια λόγω καιρικών μεταβολών, προκαλεί αύξηση της πυκνότητας του επιφανειακού νερού, με αποτέλεσμα τη βύθιση του προς τον πυθμένα μιας υδατοσυλλογής.



Εικ. 2: Η μεταβολή της πυκνότητας του νερού με τη θερμοκρασία του.

3.2. Φυσικά και Φυσικο-Χημικά Χαρακτηριστικά

Το νερό της βροχής δεν είναι ποτέ καθαρό. Κατά τη διαδρομή του στον υδρολογικό κύκλο του νερού, εμπλουτίζεται, σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές, με διαλυμένα αέρια, σκόνη, με διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου κ.ά. Εξάλλου, τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως μεταξύ των άλλων σε υψηλές συγκεντρώσεις, διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του σιδήρου και μια σειρά αλάτων, όπως όξινο ανθρακικό ασβέστιο, θειικό ασβέστιο, χλωριούχο μαγνήσιο, τα οποία έχουν διαβρωτικό ρόλο στις κατασκευές. Συνήθως, τα επιφανειακά φυσικά νερά δεν είναι και αυτά απολύτως καθαρά, αλλά περιέχουν διαλυμένες ενώσεις, όπως για παράδειγμα χλώριο και νάτριο που προέρχονται από τη θάλασσα, ενώσεις του ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου και οργανικές ενώσεις από τις εδαφικές εκτάσεις της ξηράς, ενώσεις αζώτου και θείου από τις βιομηχανικές δραστηριότητες και τις γεωργικές πρακτικές (MEYBECK *et al.*, 1989).

Οι παραπάνω λόγοι καθιστούν το νερό, συστατικό πρωταρχικής σημασίας που με τη δομή του, την παρουσία του και τις ιδιότητές του παίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή, στα οικοσυστήματα, στους γεω-βιοχημικούς κύκλους των στοιχείων και στην ανάπτυξη.

Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα του νερού, καθώς και η πυκνότητά του που παρουσιάζει ανώμαλη εξάρτηση με τη θερμοκρασία, είναι μία από τις κύριες φυσικές ιδιότητες του νερού που το χαρακτηρίζουν. Επομένως, από τη μια μεριά, τα φυσικά νερά περιέχουν άφθονες διαλυμένες ουσίες, ενώ μεγάλες υδάτινες μάζες στρωματώνονται (ως προς τη θερμοκρασία, πυκνότητα κ.ά) κατά την εναλλαγή των εποχών. Ως προς την πυκνότητα, το υγρό νερό έχει 0.99987 g/cm^3 έναντι 0,9164 g/cm^3 της στερεάς του κατάστασης (πάγος), δηλαδή αύξηση 9%. Ετσι, στους 4^o C το νερό έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα, φαινόμενο που, όπως είδαμε, έχει ιδιαίτερη σημασία για τη ζωή, ενώ η διαστολή και συστολή του προξενεί καταστροφές στις κατασκευές και διάβρωση των πετρωμάτων (HUTCHINSON, 1957).

Στα φυσικά νερά, τα διαλυμένα χημικά συστατικά και οι ενώσεις που βρίσκονται σε διαλυμένη ή και σε αιωρούμενη μορφή, διακρίνονται ανάλογα με την αφθονία τους και όχι με τη βιολογική τους σημασία σε κύρια, δευτερεύοντα συστατικά, σε ιχνοστοιχεία, αέρια και οργανικές ενώσεις (GOLTERMAN, 1975).

Τα φυσικά νερά περιέχουν ηλεκτρολύτες που κατανέμονται σε ανιόντα (αρνητικά φορτισμένα) και σε κατιόντα (φορτισμένα θετικά). Τα ανιόντα είναι το αποτέλεσμα της διάσπασης αλάτων κυρίως γεωλογικής προέλευσης (διάλυση πετρωμάτων) και μερικά από τα αυτά τα ανιόντα συμμετέχουν δραστήρια στη ζωή των οργανισμών, στην ανάπτυξη και στο μεταβολισμό τους (Πίν. Ι).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρον για τα φυσικά νερά είναι ότι περιέχουν νάτριο και κάλιο, ενώ η μεταξύ τους σχέση είναι σημαντική από βιολογική άποψη με τη μορφή χλωριούχων, θειικών και ανθρακικών αλάτων. Έτσι, ανάμεσα στα κατιόντα, τα πιο κοινά είναι τα αλκαλινογεώδη μέταλλα και ιδιαίτερα το ασβέστιο και το μαγνήσιο τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στα φυσικά νερά με τη μορφή των ανθρακικών - δισανθρακικών αλάτων. Τα άλατα του ασβεστίου έχουν ποικίλη διαλυτότητα, τα χλωριούχα είναι πολύ διαλυτά, τα θειικά λιγότερο, τα ανθρακικά ακόμη λιγότερο, ενώ η διαλυτότητά των φωσφορικών ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Το ασβέστιο στα φυσικά νερά προέρχεται κυρίως από τα πετρώματα με τα οποία το νερό έρχεται σε επαφή. Το ασβέστιο μαζί με το μαγνήσιο συνεισφέρουν στην αύξηση της σκληρότητας του νερού. Το μαγνήσιο βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και αποτελεί συστατικό των φυσικών νερών.

Το νάτριο αποτελεί κύριο συτατικό των φυσικών νερών. Σε υφάλμυρα νερά οι συγκεντρώσεις του νατρίου είναι πολύ υψηλές. Υψηλές τιμές νατρίου μπορεί να προκαλέσουν μείωση της περατότητας και του αερισμού των εδαφών, ενώ ο συντελεστής προσρόφησης νατρίου SAR, αποτελεί βασικό κριτήριο της καταλληλότητας ενός νερού για άρδευση.

Το κάλιο βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και η συγκέντρωσή του στα περισσότερα πόσιμα νερά δεν ξεπερνά συνήθως τα 20 mg/l.

Σε όλα τα επιφανειακά νερά το μαγγάνιο βρίσκεται σε ανιχνεύσιμες ποσότητες, συνήθως μικρότερες από εκείνες του σιδήρου, ο χαλκός σε ανιχνεύσιμα επίπεδα, ενώ ο ψευδάργυρος βρίσκεται σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του χαλκού.

Τα κατιόντα του καλίου ασβεστίου, μαγνησίου και νατρίου αποτελούν γενικά τα μακροθρεπτικά συστατικά για τους υδρόβιους οργανισμούς. Στα περισσότερα νερά συνήθως είναι κυρίαρχη η σχέση Ca> Mg> Na> K (HUTCHINSON, 1957). Τα κατιόντα των μετάλλων Fe, Mn, Cu, Zn κ.ά αποτελούν τα μικροθρεπτικά συστατικά τα οποία είναι απαραίτητα σε μικρές ποσότητες για τους υδρόβιους οργανισμούς (HUTCHINSON, 1957).

Οι συγκεντρώσεις των **κύριων συστατικών** ή ενώσεων στα φυσικά νερά κυμαίνονται από 0.1 μέχρι 10 meq/l, και είναι ανάλογες της αγωγιμότητάς τους η οποία κυμαίνεται από 10 μέχρι 100000 μS/cm. Εξάλλου, σημαντική είναι η αφθονία των ιόντων Ca^{++} και HCO_3^- γιατί καθορίζει τη ρυθμιστική ικανότητα του νερού. Η παρουσία επίσης των κύριων ιόντων, μπορεί να επηρεάσει τα βιολογικά χαρακτηριστικά μιας υδάτινης περιοχής και ειδικότερα να καθορίσει ποιοί οργανισμοί μπορεί να υπάρχουν εκεί. Συνήθως, η αφθονία των ιόντων στο νερό μπορεί να σχετίζεται με τη σύνθεση των ειδών, όχι όμως και με τη βιολογική τους παραγωγικότητα.

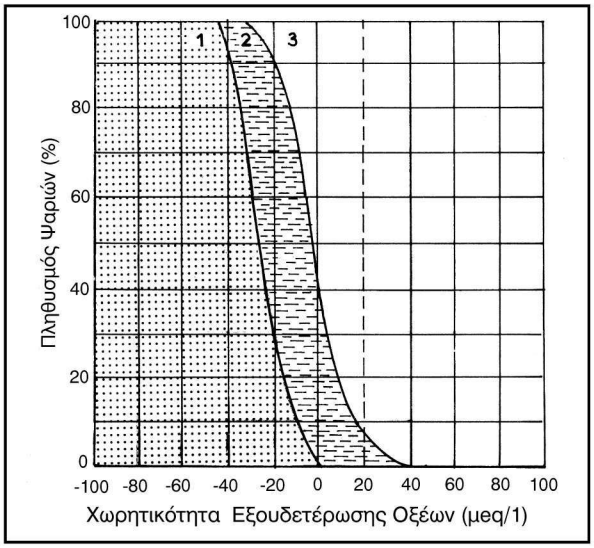
Στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων πλησιάζουν την τάξη g/l, τότε τα νερά έχουν υφάλμυρο χαρακτήρα και τότε μόνο παίζουν καθοριστικό ρόλο στη σύνθεση της χλωρίδας και της πανίδας ενός συστήματος και στη βιολογική τους παραγωγικότητα (GOLTERMAN, 1975, COLE, 1983).

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Κύρια και δευτερεύοντα συστατικά σε ιόντα και ιχνοστοιχεία στα φυσικά νερά

Κύρια Συστατικά σε Ιόντα meq/l	***Δευτερεύοντα Συστατικά σε Ιόντα mg/l***	***Ιχνοστοιχεία και Οργανικές Ενώσεις μg/l***
Ca^{++} (64%),Mg^{++} (17%), Na^{+} (16%),Cl^{-} (10%), K^{+} (3%), H^{+}, F^{-}, Fe^{++}		Fe, Cu, CO, Mo, Mn, Zn, B, V,
HCO_3^{-}(73%), SO_4^{--}(16%), NH_4^{+}	$N.NO_3^{-}$, $N.NH_4^{+}$, $N.NO_2^{-}$, $P.PO_3^{--}$, HPO_4^{--}, $H_2PO_4^{-}$, $Si.Si0_2^{-}$, $HSiO_3^{-}$	Οργανικές ενώσεις, Απεκκρίσεις, Βιταμίνες, Μεταβολίτες.
Συνήθεις Συγκεντρώσεις		
0.1 - 10 meq/l	< 1 mg/l	
Μέση τιμή		
2.4 meq/l		

Στην Εικ.3 παρουσιάζεται διαγραμματικά η σχέση που συνδέει τη **χωρητικότητα εξουδετέρωσης οξέων** (ΧΕΟ= η διαφορά μεταξύ του συνόλου των βασικών ανιόντων ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου και νατρίου προς τα ισχυρά όξινα θειικά, νιτρικά και χλωριούχα ανιόντα σε meq/l) και την απειλή επιβίωσης των ιχθοπληθυσμών μιας λίμνης (STANNERS & BOURDEAU, 1991). Για παράδειγμα, σύμφωνα με αυτή τη σχέση, σε ΧΕΟ πάνω από 20 meq/l υπάρχει μικρή πιθανότητα απειλής και κινδύνου για τα ψάρια, ενώ κάτω από -40 meq/l τα ψάρια δεν μπορούν να επιβιώσουν.



Εικ. 3: Η σχέση ανάμεσα στη συγκέντρωση της χωρητικότητας εξουδετερωμένης οξύτητας (ΧΕΟ) και στην απειλή για επιβίωση των ιχθυοπληθυσμών σε μια λίμνη (1=εξαφάνιση, 2=απειλή, 3=ανέπαφοι πληθυσμοί).

Τα βασικά θρεπτικά συστατικά των φυτικών οργανισμών είναι τα **δευτερεύοντα ιόντα.** Αυτά διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιοτική αφθονία των οργανισμών και επομένως στην παραγωγικότητα μιας υδάτινης περιοχής. Έτσι, για παράδειγμα, ο εποικισμός διαφόρων ειδών φυτοπλαγκτού σ' ένα λιμναίο σύστημα σχετίζεται με τη συγκέντρωση ορισμένων κύριων ιόντων, ενώ η αύξηση των πληθυσμών του, συνήθως συνδέεται με τη σχετική αφθονία των δευτερεύοντων ιόντων. Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι τα δευτερεύοντα ιόντα είναι εκείνα που επεμβαίνουν στη διαμόρφωση της τροφικής κατάστασης των λιμνών και καθορίζουν τις ολιγότροφες, μεσότροφες και εύτροφες συνθήκες τους. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων αυτών

ποικίλουν και κυμαίνονται σε τιμές μικρότερες των 1000 μg/l, αλλά και μέχρι πολλές χιλιάδες μg/l, όπως, για παράδειγμα, με το διοξείδιο του πυριτίου και τα νιτρικά όταν υπάρχει ρύπανση (MOSS, 1980, ROUND, 1981).

Στα περισσότερα φυσικά νερά και στις υδάτινες περιοχές "**ανθρακικού**" όπως λέμε τύπου, οι ανθρακικές ρίζες είναι συνήθως τα πλέον άφθονα ιόντα. Με τη μορφή μάλιστα των δισανθρακικών αυτών ιόντων ενώνονται τα ιόντα του ασβεστίου και σχηματίζουν το ανθρακικό ασβέστιο. Αυτό είναι δυσδιάλυτο, η διαλυτότητά του αυξάνει με την παρουσία του διοξειδίου του άνθρακα, ενώ ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Σημειώνεται ότι τα δισανθρακιά ιόντα συνήθως ελαττώνονται το χειμώνα, την άνοιξη βρίσκονται στα μικρότερα επίπεδα, ενώ τη θερινή περίοδο αυξάνονται και τη φθινοπωρινή φθάνουν στις μέγιστες συγκεντρώσεις τους.

Σε άνυδρες περιοχές όπου υπάρχουν νερά, παρατηρείται καθίζηση των ανθρακικών αλάτων η οποία συνοδεύεται από αφθονία ιόντων νατρίου. Έτσι, σχηματίζεται σε αφθονία ανθρακικό νάτριο και το λιγότερο διαλυτό όξινο ανθρακικό νάτριο. Οι υδάτινες περιοχές αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται ως περιοχές "**ανθρακικού νατρίου**" και είναι συνηθισμένο να αναπτύσσονται εκεί κατά μάζες είδη κυανοβακτηρίων, όπως είναι τα γένη *Spirulina* και *Arthrospira* (HUTCHINSON, 1957, GOLTERMAN, 1975, ROUND, 1981).

Ως υδάτινες περιοχές "**θειικού**" τύπου χαρακτηρίζονται εκείνες που στα νερά τους υπερισχύει η συγκέντρωση των θειικών ριζών. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των θειικών ιόντων σημειώνονται την άνοιξη, τη θερινή περίοδο παρατηρείται ελάττωση των συγκεντρώσεων, ενώ το φθινόπωρο έχουμε τις μικρότερες συγκεντρώσεις. Συνήθως, η ελάττωση των θειικών ιόντων αποδίδεται στην αναγωγή τους σε θειούχες ενώσεις και στη συνέχεια, στο αναερόβιο υπολίμνιο, μετατρέπονται σε αδιάλυτο θειούχο σίδηρο. Αντίθετα, τη χειμερινή περίοδο επικρατούν οξειδωτικές συνθήκες και οι θειούχες ενώσεις μετατρέπονται σε θειικές. Αυτή η διαδικασία της αναγωγής και της οξείδωσης των θεικών σε θειούχα και αντίστροφα, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την κατάσταση των θρεπτικών αλάτων και ιδίως για την κινητικότητα του φωσφόρου. Στις υδάτινες αυτές περιοχές αναπτύσσονται σημαντικά οι συγκεντρώσεις του υδροθείου και του θειούχου σιδήρου. Τέτοιες περιοχές απαντώνται συνήθως σε άνυδρες περιοχές και ειδικότερα εκεί όπου υπάρχει γεωλογικό υπόστρωμα γύψου (λίμνη Αμβρακία, λιμνοθάλασσα Αιτωλικού). Εξάλλου, εξαιτίας της βιομηχανικής ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα και του νερού, εμφανίζονται συνήθως σε λίμνες ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις θειικών ιόντων (COLE, 1983).

Σημειώνεται ότι σε μερικές περιπτώσεις τα θειικά ιόντα αποτελούν περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης ορισμένων οργανισμών. Για παράδειγμα, στη λίμνη της Αμβρακίας και του Οζερού δεν αναπτύσσεται το κοινό νεροκάλαμο *Phragmites australis* (KOUSSOURIS *et al.*,1972) εξαιτίας της γειτνίασης της περιοχής με κοιτάσματα γύψου από τα οποία τροφοδοτούνται τα νερά της λίμνης τα οποία και έχουν υψηλές συγκεντρώσεις θειικών αλάτων.

3.2.1. Φως

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι πρωταρχικής σημασίας για τη δυναμική των υδάτινων οικοσυστημάτων και ουσιαστικά ελέγχει το μεταβολισμό τους. Η ενέργεια αυτή μέσω της φωτοσύνθεσης προσφέρει χημική ενέργεια στο οικοσύστημα. Η φωτοσύνθεση δηλαδή, παράγει βιομάζα (παραγωγή οργανικών μορίων) η οποία είτε παράγεται στο υδάτινο σύστημα (αυτόχθονη), είτε στη χερσαία λεκάνη απορροής (αλλόχθονη) η οποία μπορεί να μεταφερθεί στο υδάτινο σύστημα με διάφορες μορφές διαλυμένης ή σωματιδιακής οργανικής ύλης.

Η ηλιακή ενέργεια, εκτός από την άμεση βιολογική της χρήση, με την απορρόφηση και μετατροπή της σε θερμική ενέργεια, επηρεάζει τη θερμική κατάσταση των υδάτινων μαζών προκαλώντας σ' αυτά στρωματώσεις, αναμίξεις, ή και ρεύματα. Αυτά τα φαινόμενα, όπως είναι γνωστό, παίζουν κυρίαρχο ρόλο, τόσο στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, όσο και στην κατανομή και συγκέντρωση των διαλυμένων αερίων και των πληθυσμών των οργανισμών. Επομένως, οι οπτικές ιδιότητες των υδάτινων οικοσυστημάτων έχουν ρυθμιστική σημασία για τη φυσιολογία και την πληθυσμιακή κατανομή και συμπεριφορά των υδρόβιων οργανισμών (e.g. HUTCHINSON, 1967, GOLTERMAN, 1975, WETZEL, 1983).

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε κάθε επιφάνεια νερού δεν εισχωρεί εξ ολοκλήρου μέσα στην υδάτινη μάζα. Ενα μεγάλο ποσοστό της απορροφιέται από αυτό ή και ανακλάται από την επιφάνεια του νερού και "χάνεται" για το υδάτινο οικοσύστημα, ένα μέρος της διεισδύει βαθύτερα περισσότερο ή λιγότερο βαθιά στην υδάτινη μάζα, ενώ ένα εξίσου σημαντικό ποσοστό της "χάνεται" λόγω διάχυσης. Το φως εκείνο που διεισδύει βαθύτερα είναι απαραίτητο από τους οργανισμούς που φωτοσυνθέτουν και έμμεσα και από τους άλλους οργανισμούς (BARKO *et al.*,1986).

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια μιας υδάτινης περιοχής εξαρτάται μεταξύ των άλλων, από το γεωγραφικό πλάτος και το μήκος της περιοχής, την εποχή και την ώρα της ημέρας, τις ατμοσφαιρικές και τις μετεωρολογικές συνθήκες κ.ά. Το φασματικό εύρος αυτής της ακτινοβολίας είναι από το υπεριώδες (300 nm) μέχρι το υπέρυθρο (3000 nm), ενώ η φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία (PAR) περιλαμβάνεται ανάμεσα στα 390 μέχρι τα 710 nm και αποτελεί το 46-48% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης (WETZEL, 1983, COLE, 1983).

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται σ' ένα υδάτινο οικοσύστημα διαρκώς ελαττώνεται με την αύξηση του βάθους του. Η ελάττωση αυτή οφείλεται τόσο στη διάχυση όσο και στην απορρόφηση που προκαλείται από το ίδιο το νερό, από τις διαλυμένες ουσίες, όπως και από τα αιωρούμενα σωματίδια. Επιπλέον, κατά την ελάττωση της ηλιακής ακτινοβολίας προκαλείται ταυτόχρονα και μετατροπή της σε θερμότητα. Αναφέρεται ότι, στο πρώτο μέτρο βάθους σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, το 53% της συνολικής φωτεινής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα (RUTTNER, 1963).

Το φως είναι σημαντικός παράγοντας, οικολογικής σπουδαιότητας για τα φυτά, αλλά και για τα ζώα. Η φωτεινή ακτινοβολία πρωτίστως συνδέεται με τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Εξάλλου, είναι αποδεκτό ότι για να είναι δυνατή η φωτοσύνθεση μέσα στον όγκο του νερού, η απαιτούμενη φωτεινή ενέργεια θα πρέπει να είναι τουλάχιστον σε ποσοστά το 1% του φωτός που προσπίπτει στην υδάτινη επιφάνεια. Η στήλη του νερού μέσα στην οποία η φωτεινή ενέργεια είναι τέτοια, ώστε να είναι δυνατή η φωτοσύνθεση, καλείται **ευφωτική ή φωτική ζώνη**. Οπωσδήποτε όμως υπάρχουν και ακραίες περιπτώσεις όπου μπορεί να επιτελεστεί η φωτοσύνθεση, όταν η ένταση του φωτός είναι κάτω από το προαναφερόμενο 1% (WETZEL, 1975).

Μεταξύ των παραμέτρων της φωτεινής ακτινοβολίας που έχουν ενδιαφέρον από φυσική και βιολογική άποψη, είναι το ποσοστό της απορροφούμενης ακτινοβολίας, ο συντελεστής απορρόφησης, η ένταση της ακτινοβολίας σ'ένα συγκεκριμένο βάθος και την επιφάνεια κ.ά.

3.2.2. Διαφάνεια του νερού

Το βάθος στο οποίο εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία μέσα σε ένα όγκο νερού, ελαττώνεται εξαιτίας της διάθλασης και της απορρόφησής του από τα αιωρούμενα υλικά και τους μικροοργανισμούς, καθώς και από το χρωματισμό του νερού. Για παράδειγμα, η σύνθεση και η αφθονία του φυτοπλαγκτού επιδρά στη διείσδυση του φωτός. Ακόμη και μικρές μεταβολές στην αφθονία και στο μέγεθος των πληθυσμών του πλαγκτού, μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση ως προς το βάθος μέχρι το οποίο μπορεί να εισέλθει το φως, δηλαδή το βάθος της εύφωτης ζώνης, της ζώνης εκείνης μέσα στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί το φως για τη φωτοσύνθεση (WETZEL, 1975).

Μια σχετική ένδειξη για το πόσο βαθιά σε μια υδάτινη περιοχή μπορεί να διεισδύσει το φως, μπορεί να αποκτηθεί από τη μέτρηση της διαφάνειας του δίσκου Secchi (κυκλικός δίσκος διαμέτρου 0.30μ με τέσσερις κυκλικούς τομείς χρωματισμένους εναλλάξ με άσπρο και μαύρο). Η διαφάνεια εκτιμάται ως ο μέσος όρος του βάθους κάτω από το οποίο ο δίσκος του Secchi εξαφανίζεται, όταν η παρατήρηση γίνεται στη σκιερή πλευρά του σκάφους και του βάθους στο οποίο επανεμφανίζεται ο δίσκος, αφού έχει κατέλθει σε αρκετό βάθος ώστε να είναι αόρατος. Η **διαφάνεια του Secchi** εξαρτάται από την ανακλώμενη ακτινοβολία από το δίσκο και επηρεάζεται από τη χαρακτηριστική απορρόφηση του ύδατος και των αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς και από την υποκειμενικότητα του παρατηρητή. Η διαφάνεια χρονικά και χωρικά παρουσιάζει συνήθως σημαντική διακύμανση που αποδίδεται στη μεταβλητότητα των συνθηκών του περιβάλλοντος, αλλά και στην υποκειμενικότητα που έχει η μέτρηση αυτή. Επομένως, **η διαφάνεια του νερού** αποτελεί κριτήριο της διαπερατότητας του φωτός, χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του βάθους της εύφωτης ζώνης, καθώς και ως κριτήριο για την τροφική κατάταξη των διαφόρων υδάτινων περιοχών (CARLSON, 1977, HAKANSON & JANSSON, 1983).

Υπάρχει αρκετά καλή συσχέτιση μεταξύ του βάθους του δίσκου Secchi και των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης-α, αλλά αυτή η σχέση δεν έχει γίνει πλατιά αποδεκτή. Συνήθως, μεγάλες συγκεντρώσεις πλαγκτού μπορούν να προκαλέσουν μικρή μεταβολή στη διαφάνεια, ενώ σε άλλες περιοχές η μεταβολή της διαφάνειας αποδίδεται σε διαφορετική συγκέντρωση χλωροφύλλης-α στους οργανισμούς ή σε διαφορετική απορρόφηση λόγω αυξημένων αιωρούμενων σωματιδίων. Παρόλα αυτά, για να βρεθούν προσεγγιστικά τα όρια της εύφωτης ζώνης, η διαφάνεια του δίσκου Secchi πολλαπλασιάζεται με έναν παράγοντα μετατροπής ο οποίος κυμαίνεται από 1.2-5.0 (REYNOLDS, 1984).

3.2.3. Θολερότητα

Θολερότητα είναι η κατάσταση μεταβολής της διαύγειας του νερού και προέρχεται όταν σ' αυτό βρίσκονται αιωρούμενα ή καθιζάνοντα σωματίδια. Η θολερότητα μπορεί να προέρχεται, από τα βιοτικά συστατικά (πλαγκτό, νευστό) της υδάτινης περιοχής, τα φερτά υλικά της γειτονικής εδαφικής περιοχής, την αποσάρθρωση των εδαφών, την αναμόχλευση του πυθμένα, τις κάθε είδους απορρίψεις κ.ά.

Η **θολερότητα** επηρεάζει, εκτός από τη θερμοκρασία και την αισθητική αξία κάθε υδάτινης περιοχής, το βιολογικό περιβάλλον, τις τροφικές σχέσεις και δραστηριότητες μερικών οργανισμών, ενώ έχει διαπιστωθεί ότι υποβοηθεί την αλιεία σε ορισμένες περιπτώσεις (WELCH, 1952). Επίσης, η θολερότητα επιδρά άμεσα στην κατανάλωση του οξυγόνου, ενώ η ανθεκτικότητα και η ευαισθησία των οργανισμών ποικίλει ανάλογα με το είδος και το βαθμό της θολερότητας. Γενικά, μεγάλες συγκεντρώσεις στη θολερότητα τείνουν να τροποποιήσουν τη γενική παραγωγικότητα μιας υδάτινης μάζας γιατί εξασκούν εκλεκτική επίδραση στους οργανισμούς και τροποποιούν την κάθετη με το βάθος κατανομή τους (PEARSE, 1939). Εξάλλου, η θολερότητα εμφανίζει ανομοιομορφίες εξαιτίας του μεταβαλλόμενου χαρακτήρα της επιφανειακής διαταραχής του νερού, της φύσης, της ποσότητας και ποιότητας των νερών που εισρέουν σε μια υδατοσυλλογή, των ανέμων που φέρνουν γεώδη υλικά σε μια υδάτινη περιοχή, της αφθονίας του πλαγκτού, της διαμόρφωσης των ακτών και από άλλες τοπικές ιδιαιτερότητες (WELCH, 1952, COLE, 1983).

3.2.4. Θερμοκρασία

Η ηλιακή ενέργεια είναι η σημαντικότερη πηγή ενέργειας για τα υδάτινα οικοσυστήματα η οποία απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμότητα. Η συνεισφορά θερμότητας στο νερό μπορεί να γίνει από τον αέρα, το ίζημα ή και τις χερσαίες γειτονικές περιοχές. Η συνεισφορά όμως αυτή είναι σχετικά μικρή σε σχέση με την άμεση απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την ίδια την υδάτινη μάζα. Παρόλα αυτά η συνεισφορά της "χερσαίας" θερμότητας, μέσω των επιφανειακών απορροών, μπορεί να είναι σημαντική για το θερμικό ισοζύγιο της ευρύτερης περιοχής (HUTCHINSON, 1957).

Η θερμοκρασία του νερού αποτελεί σημαντική αβιοτική παράμετρο, γιατί κυρίως επιδρά στο μεταβολικό ρυθμό και στην κατανάλωση του οξυγόνου κατά την αναπνοή των διαφόρων οργανισμών, καθώς και στη διαδικασία αποσύνθεσης-διάσπασης των οργανικών συστατικών. Δηλαδή, η θερμοκρασία, επηρεάζει τη βιολογική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών, αλλά και τις βιογεωχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε αυτό. Ειδικότερα, η θερμοκρασία ως μέτρο αξιολόγησης του νερού, μπορεί μεταξύ των άλλων να περιλαμβάνει, για παράδειγμα, τη διαλυτότητα σε ό,τι αφορά το διαλυμένο οξυγόνο, το ανθρακικό ασβέστιο και άλλα συστατικά.

Οι απαιτήσεις των φυτικών και ζωικών ειδών ως προς τη θερμοκρασία ποικίλουν. Οι διάφοροι οργανισμοί μπορούν να διακριθούν σε ευρύθερμους, με ανθεκτικότητα δηλαδή σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, στενόθερμοι, με αντοχή δηλαδή σε περιορισμένα όρια θερμοκρασίας, θερμοανθεκτικά, με αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, ψυχροανθεκτικά, με αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες κ.ά. Έτσι, όσο η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται προς το βέλτιστο όριο των θερμοκρασιών για τους διάφορους υδρόβιους οργανισμούς, τόσο οι οργανισμοί αυτοί γίνονται περισσότερο δραστήριοι, καταναλώνουν περισσότερη τροφή και χρησιμοποιούν περισσότερο οξυγόνο. Η θερμοκρασία δηλαδή αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών, ενώ το γενετικό υλικό των ειδών αυτών, η αλληλεπίδραση με τους άλλους οργανισμούς, το μέγεθός τους, η ηλικία τους, η υγιεινή τους κατάσταση κ.ά, διαφοροποιούν κάθε φορά και τα όρια βέλτιστης ανάπτυξής τους, καθώς και τα όρια της ανθεκτικότητάς τους στις μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος (WETZEL, 1983).

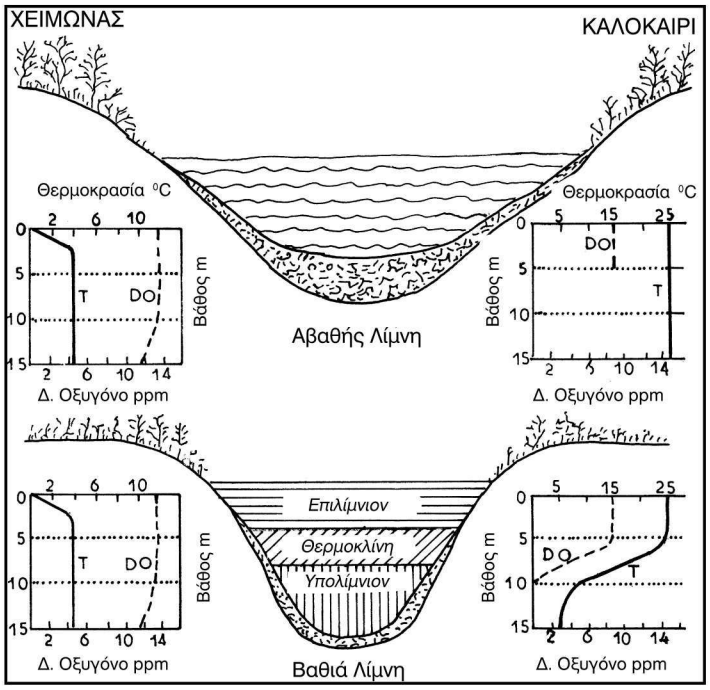
Όπως προαναφέρθηκε, η θερμοκρασία του νερού έχει καθοριστικό ρόλο στο γενικό χαρακτήρα και στις δομικές - λειτουργικές ιδιότητες ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Έτσι, οι μεταβολές της θερμοκρασίας επηρεάζουν σημαντικά τις μεταβολές των άλλων φυσικών, καθώς και των υδρο-βιο-γεω-χημικών παραμέτρων. Ως προς τις λίμνες, η θερμική τους συμπεριφορά είναι εκείνη η διαδικασία που επιτρέπει ή παρεμποδίζει τη θερμική στρωμάτωση των υδάτων και εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση της λίμνης, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και το βάθος της. Αυτοί μάλιστα οι παράγοντες συμβάλλουν, στην εναλλαγή της στρωμάτωσης και της κυκλοφορίας των νερών σε τακτά ή μη διαστήματα. Ο πλέον ολοκληρωμένος και πολύπλοκος θερμικός κύκλος παρατηρείται σε σχετικά βαθιές λίμνες στα εύκρατα γεωγραφικά πλάτη, εκεί όπου τη χειμερινή περίοδο η θερμοκρασία των νερών μπορεί να κατεβαίνει κάτω από τους 4° C, ενώ τη θερινή περίοδο η θερμοκρασία είναι πάνω από 4° C και η υδάτινη στήλη στρωματοποιείται (RUTTNER, 1963).

Εξάλλου, η σταδιακή θέρμανση ή ψύξη των επιφανειακών στρωμάτων κατά την άνοιξη ή το φθινόπωρο αντίστοιχα, οδηγεί στην εξομοίωση της πυκνότητας σε ολόκληρο τον όγκο της λίμνης, οπότε τα υδάτινα στρώματα αναμιγνύονται με τη χρήση της ελάχιστης δυνατής ενέργειας. Με την πάροδο της εαρινής κυκλοφορίας των νερών, και την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα, τα επιφανειακά στρώματα μιας λίμνης θερμαίνονται, κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμική όμως στρωμάτωση μιας λίμνης εξαρτάται κυρίως από τον άνεμο, το βάθος της, τη θερμική ακτινοβολία του ηλίου και από το λόγο που προσδιορίζεται από το βάθος του υδάτινου στρώματος που μπορεί να αναμιχθεί από τη δράση του ανέμου προς το μέγιστο βάθος της λίμνης. Το βάθος όμως της πιο πάνω ανάμιξης από τον άνεμο, εξαρτάται από την επιφάνεια της λίμνης και το βαθμό που είναι εκτεθειμένη αυτή στη δράση των ανέμων. Εξάλλου, ο βαθμός έκθεσης μιας περιοχής στον άνεμο είναι συνάρτηση της τοπογραφίας (HUTCHINSON,1957). Στην περίπτωση που υπάρχει η ιδανική αδιατάραχτη λίμνη με ομοιόμορφη οπτική σύσταση νερών, τότε έχουμε εκθετική μορφή στην καμπύλη θερμοκρασίας των νερών. Τα φυσικά όμως λιμναία συστήματα δεν είναι αδιατάραχτα, γιατί:

-η επιφάνειά τους θερμαίνεται κυρίως από τον ήλιο και διαταράσσεται από τον άνεμο,

-δημιουργούνται ρεύματα και τυρβώδεις κινήσεις που οδηγούν στη μεταφορά της θερμότητας σε βαθύτερα στρώματα και

-στα επιφανειακά τους στρώματα δημιουργούνται θερμικές απώλειες εξαιτίας της εξάτμισης.



Εικ. 4: Το θερμοκρασιακό καθεστώς και η κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου σε εύκρατες βαθιές και αβαθείς λίμνες κατά τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο.

Εποχιακά, στα εύκρατα γεωγραφικά πλάτη και σε βαθιές λίμνες η κατάσταση διαμορφώνεται ως εξής:

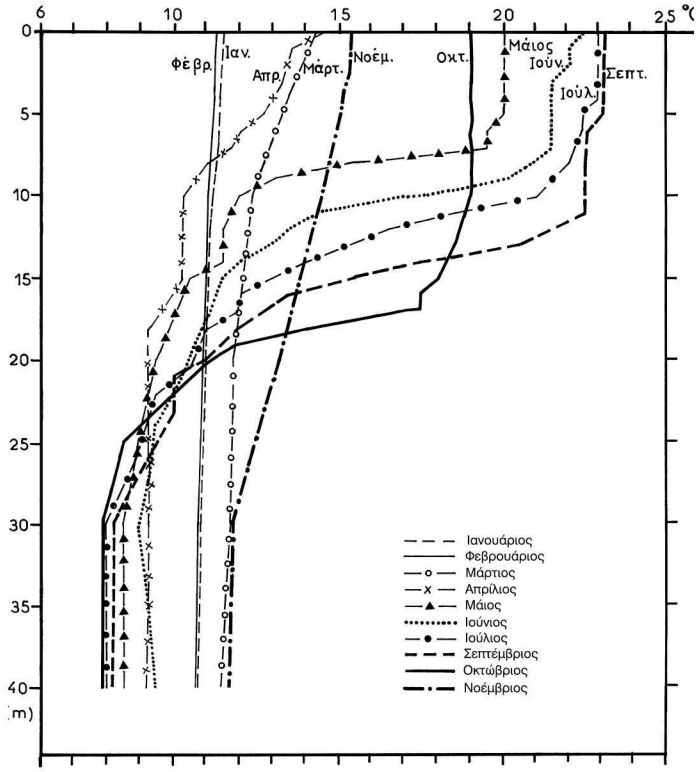
Η θέρμανση των επιφανειακών στρωμάτων οδηγεί σε διαχωρισμό των υδάτινων στρωμάτων σε ένα ανώτερο στρώμα με σχετικά ομοιόμορφη θερμοκρασία και δική του κυκλοφορία (**επιλίμνιο**) και ένα κατώτερο ψυχρότερο και σχετικά αδιατάραχτο στρώμα το **υπολίμνιο**. Στην ανώτερη περιοχή του υπολιμνίου και εκεί όπου διαχωρίζεται το επιλίμνιο από το υπολίμνιο, υπάρχει στρώμα ασυνέχειας (**μεταλίμνιο**) με γρήγορη ελάττωση της θερμοκρασίας, το γνωστό θερμοκλινές (Εικ.4).

Ως **θερμοκλινές**, παλαιότερα και αυθαίρετα σημειωνόταν ότι είναι η υδάτινη περιοχή όπου η ελάττωση της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από 1° C ανά μέτρο βάθους. Σήμερα, το θερμοκλινές ορίζεται ως η περιοχή (**μεταλίμνιο**) μέσα στην οποία παρατηρείται η μεγαλύτερη ελάττωση της θερμοκρασίας ή η περιοχή στην οποία η μεταβολή της θερμοκρασίας ορίζεται από τον τύπο(HUTCHINSON,1957, WETZEL, 1983):

$$\Delta\Theta = d2\theta / d2z = 0$$

όπου, δηλαδή η δεύτερη παράγωγος της θερμοκρασίας σε σχέση με το βάθος είναι ίσο με το μηδέν.

Στις Εικόνες 5, 6, 7 φαίνεται η εποχιακή μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού ως προς το βάθος στην τεχνητή λίμνη του Μόρνου, στη φυσική λίμνη της Τριχωνίδας και στην τεχνητή λίμνη Πλαστήρα.



Εικ. 5: Η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού στην τεχνητή λίμνη του Μόρνου, ανάλογα με την εποχή και το βάθος.

Στα εύκρατα γεωγραφικά πλάτη, με ψυχρό χειμώνα και θερμό καλοκαίρι, η κυκλοφορία των νερών στο σύνολο της υδάτινης στήλης συμβαίνει δύο φορές κάθε έτος, μία την άνοιξη με θέρμανση των επιφανειακών νερών και μία το φθινόπωρο κατά την ψύξη των νερών **(εύκρατες λίμνες).**

Λίμνες με μία μόνο περίοδο κυκλοφορίας και όπου η θερμοκρασία τους δεν κατεβαίνει ποτέ κάτω από τους 4° C ανήκουν στις **τροπικές λίμνες**, ενώ σε εκείνες όπου η θερμοκρασία τους δεν ανεβαίνει ποτέ πάνω από τους 4° C και έχουν μία περίοδο κυκλοφορίας το καλοκαίρι, ανήκουν στις **πολικές λίμνες**.

Ο γεωγραφικός αυτός διαχωρισμός δεν θεωρείται επιτυχημένος γιατί ορισμένες λίμνες θεωρούνται τροπικές και όμως ανήκουν στην εύκρατη ζώνη, ενώ άλλες βρίσκονται στην τροπική ζώνη και έχουν πολλαπλό πρότυπο κυκλοφορίας των νερών τους.

Σήμερα, είναι σε ισχύ η θερμική κατάταξη εκείνη των λιμνών η οποία διαχωρίζει τις λίμνες σε σχέση με το καθεστώς της κυκλοφορίας των νερών τους, χωρίς όμως τη γεωγραφική έννοια που εμπεριέχεται στο διαχωρισμό (DUSSART, 1966). Έτσι:

-**Διμικτική** είναι η λίμνη με δύο περιόδους πλήρους κυκλοφορίας κάθε έτος και με θερινή και χειμερινή θερμική στρωμάτωση.

-**Θερμή μονομικτική** είναι η λίμνη εκείνη με μία πλήρη κυκλοφορία κατά το χειμώνα και η θερμοκρασία των νερών της ποτέ δεν είναι κάτω από τους 4° C.

-**Ψυχρή μονομικτική** είναι η λίμνη εκείνη όπου η επιφάνειά της παγώνει κατά τη χειμερινή περίοδο, (χειμερινή στρωμάτωση), υπάρχει μόνο μία περίοδος κυκλοφορίας το καλοκαίρι και η θερμοκρασία των νερών της δεν είναι ποτέ κάτω από τους 4° C,

-**Αμικτικές** θεωρούνται οι λίμνες με μόνιμη επικάλυψη πάγου.

-**Ολιγομικτικές** λίμνες είναι εκείνες στις οποίες η θερμοκρασία των νερών τους είναι πάντα πάνω από τους 4° C και όπου σπάνια υπάρχει περίοδος κυκλοφορίας σε μη τακτικά χρονικά διαστήματα.

-**Πολυμικτική** λίμνη θεωρείται εκείνη όπου συνεχώς υπάρχει κυκλοφορία των νερών της με θερμοκρασία νερών λίγο μεγαλύτερη από 4° C και με ποικίλο βάθος (Εικ. 8).

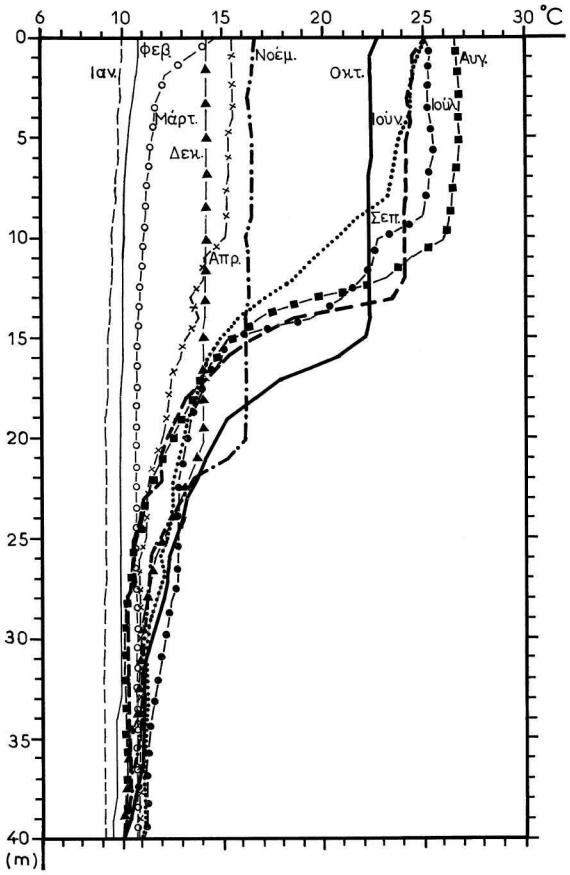
Όλες οι πιο πάνω περιπτώσεις αφορούν λίμνες που έχουν αρκετό βάθος, ώστε να είναι δυνατή η ανάπτυξη υπολίμνιου. Προκειμένου να δοθεί έμφαση και να συμπεριληφθούν, τόσο οι βαθιές, όσο και οι ρηχές λίμνες, συνήθως γίνεται διαχωρισμός σε λίμνες:

-**Πρώτης τάξης**. Η θερμοκρασία του υπολιμνίου κατά τη θερινή στρωμάτωση είναι γύρω στην ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρείται κατά την περίοδο της κυκλοφορίας (θερμές μονομικτικές λίμνες) ή γύρω στους 4° C (ψυχρές μονομικτικές λίμνες). Εδώ η ύπαρξη της θερμοκρασιακής κατανομής συνεισφέρει ελάχιστα στην αύξηση του θερμικού περιεχομένου της λίμνης, λόγω μεγάλου βάθους.

-**Δεύτερης τάξης**. Θερμικά στρωματοποιημένες λίμνες με θερμοκρασία των βαθύτερων υδάτινων στρωμάτων πολύ πάνω από τους 4° C ή πάνω από την ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρείται κατά την περίοδο της κυκλοφορίας. Εδώ η θερινή θερμοκρασιακή κατανομή συνεισφέρει στην αύξηση του θερμικού περιεχομένου της λίμνης.

-**Τρίτης τάξης**. Λίμνες χωρίς θερμική στρωμάτωση.

Επομένως, η θερμοκρασία αποτελεί τη βασική παράμετρο, τόσο για την αξιολόγηση της καταλληλότητας ή μη μιας περιοχής για αναπτυξιακές δραστηριότητες, όσο και για τη διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος.

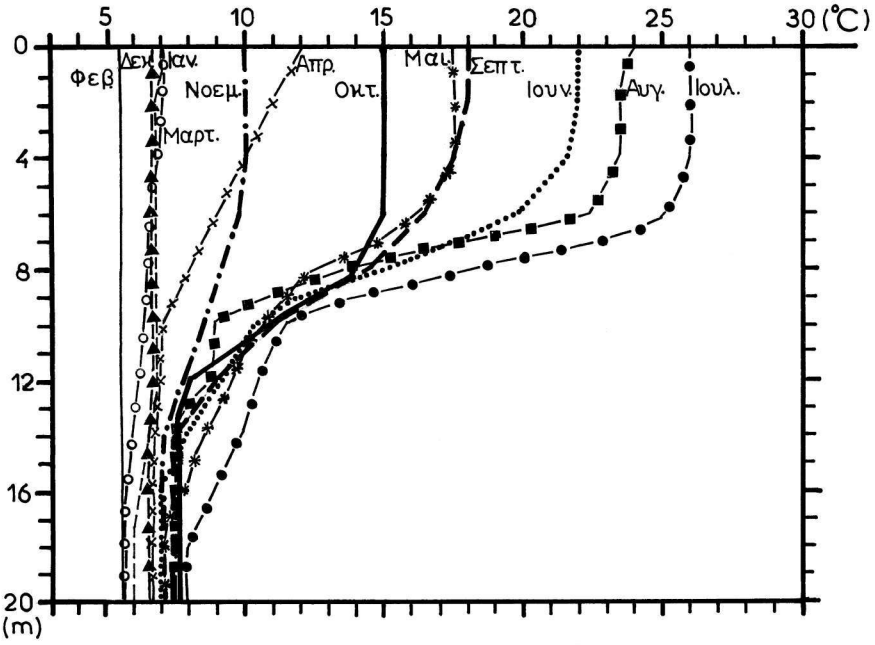


Εικ. 6: Η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού στη λίμνη της Τριχωνίδας ανάλογα με την εποχή και το βάθος.

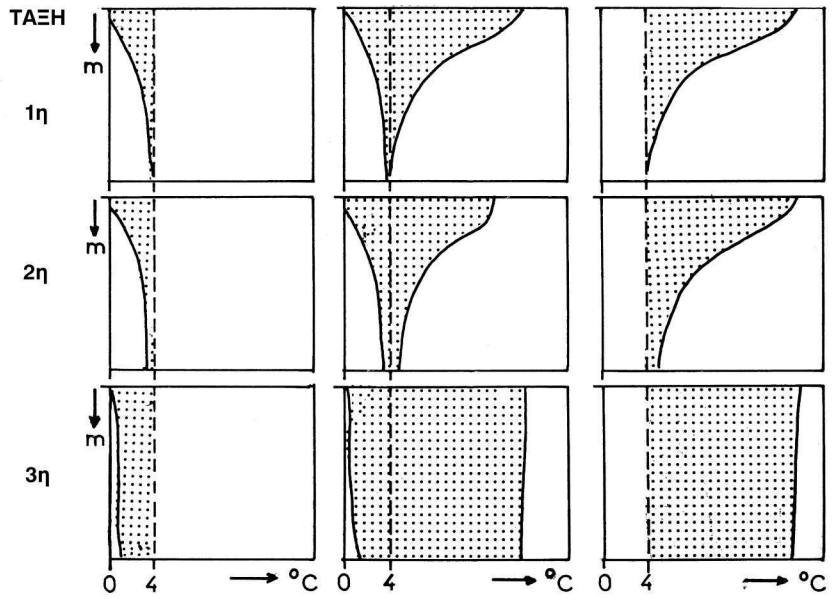
3.2.5. Ενεργός οξύτητα (pH)

Η ενεργός οξύτητα εκφράζει την ενεργό συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου. Τα περισσότερα φυσικά νερά έχουν τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4-9 μονάδες, ενώ τιμές μεταξύ 6.5-8.5 είναι συνήθως ακίνδυνες για τους υδρόβιους οργανισμούς, παρόλο που σε αυτό το εύρος είναι δυνατό να ενεργοποιηθεί η "δηλητηριώδης" δράση τοξικών ουσιών (HUTCHINSON, 1957). Πολύ χαμηλές τιμές βρίσκονται σε μερικές ηφαιστειακές λίμνες (περίπου 2 μονάδες), ενώ πολύ υψηλές (περίπου 12 μονάδες) σε μερικές κλειστές αλκαλικές νατριούχες λίμνες.

Όταν τα νερά έχουν τιμές pH μικρότερες του 5, τότε κυριαρχεί στο νερό το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μεταξύ 7-9, υπερέχουν τα οξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-), ενώ σε τιμές μεγαλύτερες του 9.5 στο νερό υπάρχουν σημαντικές συγκεντρώσεις δισανθρακικών ιόντων. Δηλαδή, στα νερά το pH καθορίζεται από τις



Εικ. 7: Η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού στην τεχνητή λίμνη Πλαστήρα ανάλογα με την εποχή και το βάθος.



Εικ. 8: Θερμικοί τύποι λιμνών (πηγή: DURSAT 1966).

συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, των όξινων ανθρακικών ιόντων, των δισανθρακικών ιόντων, των ιόντων υδρογόνου και υδροξυλίου, συχνά των θειικών ιόντων, των μεταλλικών κατιόντων και άλλων ανιόντων όπως χλωρίου, θείου κ.ά. (SCHOERBEL, 1971, WETZEL, 1983).

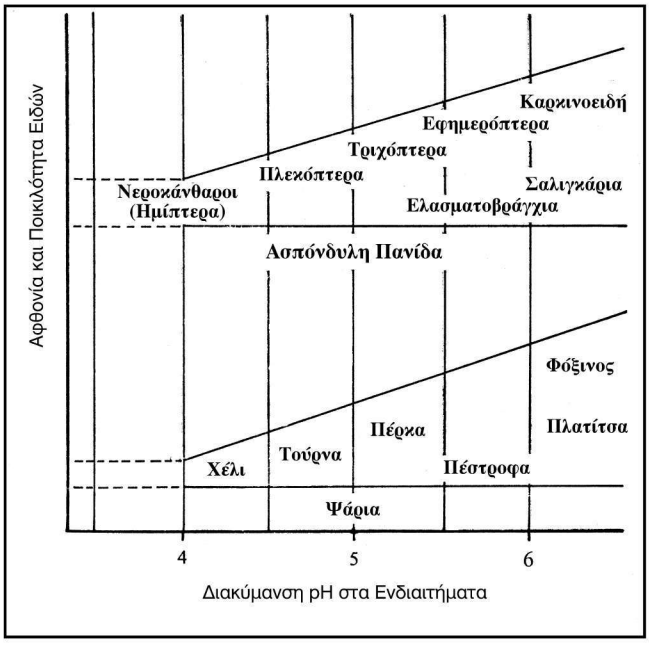
Η ενεργός οξύτητα στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, του οξυγόνου, των διαφόρων αλάτων και άλλων ενώσεων και ουσιών, καθώς και από

τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών και των διεργασιών αποσύνθεσης των συστατικών τους.

Εκεί όπου υπάρχουν όξινα νερά, η μακροφυτική βλάστηση είναι γενικά περιορισμένη, ενώ υπάρχει μεγάλη συσχέτιση ανάμεσα στον τύπο της βλάστησης και στο pH, όπως και στο pH και στη φωτοσύνθεση των υδρόβιων φυτών. Έχει αναφερθεί (WETZEL, 1975) ότι χαμηλές και υψηλές τιμές pH ίσως επιδρούν στην παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού, όπως και στη διαβίωση διαφόρων ζωικών οργανισμών (Εικ. 9).

Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου επηρεάζεται, όπως προαναφέρθηκε, και από το μεταβολισμό των φυτών και των ζώων. Κατά τις περιόδους της στρωμάτωσης των νερών σε μια λίμνη, παρατηρούνται προοδευτικές μεταβολές στο pH. Η κατανομή αυτή του pH είναι κλινόβαθμη και οφείλεται συνήθως στην κατανάλωση του διοξειδίου του άνθρακα στο επιλίμνιο κατά τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών και στην απελευθέρωσή του στο υπολίμνιο, κυρίως κατά την αποσύνθεση νεκρών πλαγκτικών οργανισμών και των οργανικών υλικών του πυθμένα (HEMENS & STANDER, 1969, HUTCHINSON, 1967). Ειδικότερα, είναι γνωστό ότι στο υπολίμνιο των εύτροφων λιμνών οι οποίες παρουσιάζουν κλινόβαθμη καμπύλη κατανομής του οξυγόνου, οι τιμές του pH μειώνονται. Αυτό αποδίδεται στο ότι η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα και των δισανθρακικών ιόντων αυξάνονται εξαιτίας του μεταβολισμού των μικροοργανισμών και της μειωμένης κατανάλωσης των ιόντων αυτών από τους φυτικούς οργανισμούς (WETZEL, 1983). Συνήθως, η αύξηση των τιμών του pH σχετίζεται με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα η οποία χρησιμοποιεί διοξείδιο του άνθρακα, ελαττώνει τα δισανθρακικά ιόντα, ιζηματοποιεί τα ανθρακικά και σχηματίζει υδροξυλικά ιόντα. Επίσης, η αύξηση των τιμών του pH σχετίζεται με την αύξηση του ανθρακικού περιεχομένου του νερού, ενώ η ελάττωση των τιμών του, ίσως οφείλεται στην αποσύνθεση των υπολειμμάτων του πλαγκτού και στη διάσπαση των οργανικών υλικών (HUTCHINSON, 1957, HEMENS & STANDER, 1969). Εξάλλου, και άλλοι παράγοντες όπως είναι για παράδειγμα η αναπνοή των υδρόβιων οργανισμών και οι μεταβολές της θερμοκρασίας, είναι υπεύθυνα για τη διακύμανση των τιμών του pH.

Τα περισσότερα φυσικά νερά παρουσιάζουν μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα, δηλαδή ανθίστανται στις απότομες μεταβολές του pH. Όταν μια ισχυρή βάση προστεθεί στο νερό, αντιδρά με το ανθρακικό οξύ και σχηματίζει δισανθρακικό άλας και κατόπιν ανθρακική ρίζα, η οποία χρησιμοποιείται από τη βάση. Αντίθετα, όταν οξύ προστεθεί στο νερό, χρησιμοποιείται στη μετατροπή των ανθρακικών σε δισανθρακικά και των δισανθρακικών σε ανθρακικό οξύ. Αυτές οι σχέσεις εξηγούν, γιατί η προσθήκη του διοξειδίου του άνθρακα της φωτοσύνθεσης ή η χρησιμοποίησή του από τη φωτοσύνθεση, επιδρούν στις απότομες μεταβολές του pH σε



Εικ. 9: Ο βαθμός της ανθεκτικότητας των διαφόρων ασπονδύλων και ψαριών ως προς το pH (πηγή: STANNERS & BOURDEAU, 1991).

φυσικά νερά χαμηλής συνολικής αλκαλικότητας, παρά σε καλά ρυθμιστικά νερά υψηλής συνολικής αλκαλικότητας (COLE, 1983). Εξάλλου, το θειικό οξύ το οποίο σχηματίζεται σε αναερόβια νερά από φωτοτροφικά και χημειοτροφικά βακτήρια, κατά την οξείδωση του υδροθείου προς στοιχειώδες θείο και κατόπιν προς θειικό οξύ, δεν είναι το μόνο που ελαττώνει το pH, αλλά και τα οργανικά χουμικά οξέα που βρίσκονται στο χώμα και φτάνουν σε μια υδατοσυλλογή με τις απορροές (COLE, 1975).

Υπάρχουν στενές σχέσεις μεταξύ πολλών μορφών του διοξειδίου του άνθρακα της φωτοσύνθεσης και του pH. Αν ένα νερό έχει σχετικά μεγάλα ποσά δισανθρακικού ασβεστίου και βρίσκεται σε ισορροπία με το CO_2, τα φυτά κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης απορροφούν CO_2, αφαιρούν δισανθρακικά, ιζηματοποιούνται τα ανθρακικά και σχηματίζονται υδροξυλικά ιόντα στο νερό. Όλα αυτά βοηθούν στην ανύψωση των τιμών του pH. Πρόσθετες αντιδράσεις (υδρόλυση των δισανθρακικών και εμφάνιση υδροξυλικών ιόντων) αυξάνουν το pH. Αντίθετα η πρόσθεση ελεύθερου CO_2 στο σύστημα με την αναπνοή, αντιστρέφει τις αντιδράσεις και ελαττώνει το pH (HEMENS & STANDER, 1969).

3.2.6. Διαλυμένα αέρια (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο)

Το διαλυμένο οξυγόνο σε ένα υδάτινο σύστημα δίνει σημαντικές πληροφορίες για το είδος των εκεί βιολογικών και χημικών αντιδράσεων. Επίσης, αποτελεί την πιο σημαντική παράμετρο για το μεταβολισμό των οργανισμών που το έχουν ανάγκη (αερόβιοι οργανισμοί). Τόσο η διαλυτότητα του οξυγόνου, όσο και η κατανομή του σε μια υδάτινη μάζα εξαρτώνται κυρίως από τη θερμοκρασία των νερών, την ατμοσφαιρική πίεση (γεωγραφικό ύψος), την αλατότητα, τη συμπεριφορά και ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών, τους ρυθμούς προσφοράς του από την ατμόσφαιρα και τη φωτοσύνθεση, καθώς και από το ρυθμό της κατανάλωσής του από τους αερόβιους οργανισμούς για τις φυσιολογικές τους λειτουργίες και για τη διάσπαση της οργανικής ύλης. Οι πιο πάνω μηχανισμοί και η αλληλεπίδρασή τους καθορίζουν την κατανομή του οξυγόνου, ενώ από αυτή την κατανομή και τη συγκέντρωση του οξυγόνου επηρεάζεται σημαντικά η διαλυτότητα πολλών ανόργανων ιόντων. Το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου που παραμένει σε διαλυμένη κατάσταση μέσα στο νερό επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική πίεση, τις μετεωρολογικές συνθήκες και την υδροστατική πίεση. Κορεσμός, δηλαδή του οξυγόνου ονομάζεται η ποσότητά του σε ποσοστά που μπορεί να συγκρατηθεί στο νερό χωρίς να σχηματίζονται φυσσαλίδες, από τη συνδυασμένη δράση της ατμοσφαιρικής και της υδροστατικής πίεσης. Συνήθως παρατηρείται υπερκορεσμός με οξυγόνο του νερού, λόγω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών, ενώ κατά τον υποκορεσμό η κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου υπερτερεί των μηχανισμών προσφοράς του (φωτοσύνθεση, ατμόσφαιρα, ρεύματα) (HUTCHINSON, 1967, WETZEL, 1983).

Το διαλυμένο στο νερό **οξυγόνο** είναι ουσιώδες για τις αναπνευστικές λειτουργίες των περισσότερων υδρόβιων οργανισμών. Η κατάστασης της οξυγόνωσης των νερών μιας υδάτινης περιοχής δίνει αρκετές πληροφορίες, τόσο για την τροφική κατάσταση, όσο και για τις λειτουργίες και χρήσεις που μπορεί να εξυπηρετήσει το νερό. Το διαλυμένο οξυγόνο αποτελεί δείκτη μεταβολής της ποιότητας των νερών. Η δυναμική της κατανομής του απορρέει από το ισοζύγιό ανάμεσα στις ποσότητες που προσφέρονται από τον ατμοσφαιρικό αέρα, και τη φωτοσυνθετική παραγωγή και σε αυτό το οξυγόνο που καταναλώνεται κατά τις βιογεωχημικές δραστηριότητες (WETZEL, 1983). Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική πίεση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του. Οι πηγές προσφοράς του διαλυμένου οξυγόνου σε μια περιοχή είναι η βιοχημική αφυδρογόνωση του νερού κατά τη φωτοσύνθεση και η φυσική ανταλλαγή οξυγόνου που συμβαίνει στην επαφή του επιφανειακού στρώματος του νερού με τον ατμοσφαιρικό αέρα (WETZEL, 1983).

Η διαθεσιμότητα της κατανομής του διαλυμένου οξυγόνου με το βάθος μιας υδάτινης περιοχής είναι σημαντικό χαρακτηριστικό. Αυτό το χαρακτηριστικό το εκμεταλλεύονται απευθείας πολλοί οργανισμοί, αλλά επηρεάζει τη διαλυτότητα και τη διαθεσιμότητα πολλών θρεπτικών συστατικών και την παραγωγικότητα του συστήματος. Μεταβολές στην κατανομή του οξυγόνου παρατηρούνται εποχικά, τοπικά, ακόμη και ανάμεσα στις συγκεντρώσεις ημέρας και νύχτας. Αυτές οι τελευταίες μεταβολές οφείλονται στη φωτοσυνθετική και αναπνευστική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών, καθώς και στις διαδικασίες διάσπασης-αποσύνθεσης των οργανικών συστατικών (GOLTERMAN, 1975). Κατά την περίοδο της ανάμιξης-κυκλοφορίας των νερών σε μια περιοχή, το διαλυμένο οξυγόνο κατανέμεται περισσότερο ή λιγότερο ομοιόμορφα από την επιφάνεια προς το βάθος. Κατά τη διάρκεια όμως της θερμικής στρωμάτωσης των νερών, όπου τα νερά δεν είναι ομοιογενή, η τροφολυτική ζώνη (ζώνη διάσπασης των οργανικών συστατικών) απομονώνεται από τα ανώτερα στρώματα του νερού, ενώ το οξυγόνο καταναλώνεται με ταχύτερους ρυθμούς (GOLTERMAN, 1975). Στην περίπτωση μάλιστα που περιβαλλοντικοί παράγοντες ευνοούν την παραγωγή άφθονης βιομάζας στα ανώτερα στρώματα του

νερού, τότε μεγάλες ποσότητες νεκρής οργανικής ύλης επιδρούν στην κατακόρυφη μείωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα. Αυτή η περίπτωση, της κατακόρυφης καμπύλης στην κατανομή του οξυγόνου, που χαρακτηρίζει τις εύτροφες περιοχές, καλείται κλινόβαθμη καμπύλη (HUTCHINSON, 1957, COLE, 1983).

Όταν σε μια υδάτινη περιοχή η προσφορά θρεπτικών αλάτων είναι μικρή και επομένως χαμηλή είναι και η οργανική παραγωγή, τότε η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου ρυθμίζεται κυρίως από φυσικές διεργασίες, όπως είναι η κυκλοφορία των νερών, η ανάδευση λόγω κυματισμού κ.ά. Σ' αυτές τις περιπτώσεις και κατά τη θερινή στρωμάτωση των νερών, το οξυγόνο στο ανώτερο, επιφανειακό τμήμα μιας υδάτινης μάζας (επιλίμνιο) ελαττώνεται εξαιτίας της ελάττωσης της θερμοκρασίας, ενώ στο ενδιάμεσο (μεταλίμνιο) και βαθύτερο τμήμα (υπολίμνιο) η συγκέντρωση του παραμένει στα επίπεδα της εαρινής κυκλοφορίας, αλλά με διαρκή ελάττωσή του. Αυτή η κατανομή χαρακτηρίζεται ως ορθοκλινής κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου. Αντίθετα, σε λίμνες με υψηλό περιεχόμενο θρεπτικών συστατικών και αντίστοιχη παραγωγή οργανικής ύλης, το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο καταναλώνεται γρήγορα και η καμπύλη του οξυγόνου είναι κλινοκλινής (HUTCHINSON, 1967).

Τα διαφορετικά είδη ζώων έχουν διαφορετικές ανάγκες σε οξυγόνο, ενώ διαφορετικοί είναι οι μηχανισμοί πρόσληψης και διάθεσής του στα ζωτικά τους όργανα. Το γεγονός αυτό συχνά εξηγεί γιατί ο κάθε οργανισμός βρίσκεται μόνο σε ένα ορισμένο τύπο νερού και διαβιοί μέσα σε ορισμένα όρια συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου. Οι περισσότεροι υδρόβιοι ζωικοί οργανισμοί παίρνουν το οξυγόνο που χρειάζονται για την αναπνοή τους, με τη διάχυσή του μέσα από την επιφάνεια του σώματός τους. Άλλοι οργανισμοί, όπως τα έντομα και τα καρκινοειδή, έχουν ειδικά βράγχια ή κολυμπούν στην επιφάνεια και αναπνέουν από το οξυγόνο του αέρα. Στην περίπτωση εκείνη όπου τα ζώα ζουν σε νερά με ανεπάρκεια οξυγόνου, τότε η δέσμευση του ελάχιστου οξυγόνου γίνεται με τη βοήθεια της αιμογλοβίνης, χρωστικής που υπάρχει στο αίμα τους και έτσι προσφέρεται σ'αυτά το ελάχιστο οξυγόνο που υπάρχει στο περιβάλλον για την αναπνοή τους. Τα ψάρια, ανάλογα με το είδος τους, τα διάφορα στάδια της ζωής τους και τις δραστηριότητές τους, έχουν διαφορετικές ανάγκες σε οξυγόνο (GOLTERMAN, 1975).

Ως προς το **διοξειδίο του άνθρακα** στο νερό, η φωτοσύνθεση και η αναπνοή είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωσή του. Μέσα στα φυσικά νερά το διοξείδιο του άνθρακα παρουσία αλάτων αλκαλικών γαιών ενώνεται με αυτά και σχηματίζει ανθρακικά και δισανθρακικά άλατα. Σε νερά με pH μεγαλύτερο του 8, το διοξείδιο του άνθρακα με μια αργή αντίδραση γίνεται ανθρακικό οξύ. Σε νερά με pH μεγαλύτερο του 10, υπερισχύει η αντίδραση κατά την οποία σχηματίζεται το όξινο ανθρακικό ιόν. Το ανθρακικό οξύ είναι ασθενές οξύ, διίσταται και σχηματίζει ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα. Σε ποτάμια και λίμνες που περιέχουν υψηλό ποσοστό ανθρακικών ιόντων με pH μεγαλύτερο του 7, προκαλείται αλκαλική συμπεριφορά από τα υδροξυλιόντα των πιο πάνω αντιδράσεων. Με αυτό τον τρόπο, όταν αυτά τα νερά διέρχονται μέσα από ασβεστολιθικά πετρώματα, εμπλουτίζονται σε διοξείδιο του άνθρακα. Στη συνέχεια, παράγεται ανθρακικό οξύ που δρα διαλυτικά σ' αυτά τα πετρώματα, καθώς και όξινο ανθρακικό ασβέστιο το οποίο είναι ευδιάλυτο στο νερό. Έτσι, αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων του ασβεστίου και των όξινων ανθρακικών στο νερό, ενώ αυξάνεται και το pH λόγω της παραγωγής των υδροξυλιόντων. Οι πιο πάνω ισορροπίες προσφέρουν "ρυθμιστική" ικανότητα στο υδάτινο περιβάλλον. Εξάλλου, η προσθήκη όξινων νερών σε αλκαλικά νερά που περιέχουν υψηλό ποσοστό όξινων ανθρακικών ιόντων, εξουδετερώνεται από τα υδροξυλιόντα τα οποία παράγονται από την αντίδραση των ανθρακικών με το νερό και επομένως το pH παραμένει ανεπηρέαστο, εκτός αν τα αποθέματα των ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων εξαντληθούν με τη συνεχή προσθήκη των όξινων νερών (HUTCHINSON, 1967, COLE, 1983). Δηλαδή, όταν ένα οξύ προστεθεί στο νερό, χρησιμοποιείται στη μετατροπή των ανθρακικών σε δισανθρακικά και των δισανθρακικών σε ανθρακικό οξύ. Αντίθετα, όταν μια ισχυρή βάση προστεθεί στο νερό, αντιδρά με το ανθρακικό οξύ και σχηματίζει δισανθρακικό άλας και κατόπιν ανθρακική ρίζα, η οποία χρησιμοποιείται από τη βάση. Αυτές οι σχέσεις εξηγούν γιατί η προσθήκη του διοξειδίου του άνθρακα της φωτοσύνθεσης ή η χρησιμοποιησή του από τη φωτοσύνθεση, επιδρούν στις απότομες μεταβολές του pH σε φυσικά νερά χαμηλής συνολικής αλκαλικότητας, παρά σε καλά ρυθμιστικά νερά υψηλής συνολικής αλκαλικότητας (COLE, 1975). Επίσης, το θειικό οξύ το οποίο σχηματίζεται σε αναερόβια νερά από φωτοτροφικά και χημειοτροφικά βακτήρια, κατά την οξείδωση του υδροθείου προς στοιχειώδες θείο και κατόπιν προς θειικό οξύ, δεν είναι το μόνο που ελαττώνει το pH, αλλά και τα οργανικά χουμικά οξέα που βρίσκονται στο χώμα και φτάνουν σε μια υδατοσυλλογή με τις απορροές (COLE, 1975). Τα περισσότερα φυσικά νερά παρουσιάζουν μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα, δηλαδή ανθίστανται στις απότομες μεταβολές του pH.

Η πιο σημαντική όμως ένωση των ανθρακικών ιόντων στα νερά είναι τα **ανθρακικό ασβέστιο**. Η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα στα νερά αυξάνεται με την αύξηση των ανθρακικών. Συνήθως, η κατανομή του

CO_2 και του pH στα νερά μεταβάλλεται με το βάθος των νερών και την εποχή, τη σύσταση των συστατικών που εισέρχονται στο σύστημα με τις γύρω απορροές, τις φυσικές συνθήκες, την παραγωγή και την κατανάλωση και από τις φυσιολογικές δραστηριότητες των βιοτικών συστατικών του περιβάλλοντος (φωτοσυνθετική κατανάλωση, μικροβιακό αερόβιο μεταβολισμό κ.ά). Ειδικότερα, κατά τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα ελαττώνεται το περιεχόμενο του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό και αυξάνεται το pH. Αντίθετα, κατά την αναπνοή παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και ελαττώνεται το pH. Η τελευταία αυτή διαδικασία, γίνεται και από την αερόβια διάσπαση της οργανικής ύλης, μέσα από τη μικροβιακή δραστηριότητα με σύγχρονη παραγωγή μεθανίου, καθώς και μέσα από τη νιτροποίηση της αμμωνίας και της οξείδωσης του υδροθείου (COLE, 1983, WETZEL, 1983).

Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου επηρεάζει το μεταβολισμό των φυτών και των ζώων. Κατά τις περιόδους της στρωμάτωσης των νερών σε μια υδάτινη μάζα, παρατηρούνται προοδευτικές μεταβολές στο pH. Η κλινόβαθμη κατανομή του pH σε μια υδάτινη περιοχή οφείλεται συνήθως στην κατανάλωση του διοξειδίου του άνθρακα στο επιλίμνιο (κατά τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών) και στην απελευθέρωσή του στο υπολίμνιο (κυρίως κατά την αποσύνθεση νεκρών πλαγκτικών οργανισμών και των οργανικών υλικών του πυθμένα) (HUTCHINSON, 1967, HEMENS & STANDER, 1969).

Υπάρχουν στενές σχέσεις μεταξύ πολλών μορφών του διοξειδίου του άνθρακα της φωτοσύνθεσης και του pH. Αν ένα νερό έχει σχετικά μεγάλα ποσά δισανθρακικού ασβεστίου και βρίσκεται σε ισορροπία με το διοξείδιο του άνθρακα, τα φυτά κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης απορροφούν CO_2, αφαιρούν δισανθρακικά, ιζηματοποιούν τα ανθρακικά και σχηματίζονται υδροξυλικά ιόντα στο νερό. Ολα αυτά βοηθούν στην ανύψωση των τιμών του pH. Πρόσθετες αντιδράσεις (υδρόλυση των δισανθρακικών και εμφάνιση υδροξυλικών ιόντων) αυξάνουν το pH. Αντίθετα, η πρόσθεση ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα στο σύστημα με την αναπνοή, αντιστρέφει τις αντιδράσεις και χαμηλώνει το pH. Επίσης, η τοξικότητα διαφόρων ρυπαντών επηρεάζεται έντονα από τις μεταβολές του pH, ενώ η παραγωγικότητα ενός συστήματος μειώνεται αισθητά κάτω από την τιμή pH 5 (HEMENS & STANDER, 1969).

3.2.7. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα φυσικά νερά μετρά την ικανότητα του νερού να "άγει" ηλεκτρικά φορτία και δείχνει το μέτρο του συνόλου των ηλεκτρολυτών τους, δηλαδή αποτελεί δείκτη της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στα νερά. Σημειώνεται ότι η αύξηση των τιμών της αγωγιμότητας πάνω από κάποια όρια δίνουν το μέτρο της αλατότητας του νερού. Η βαθμιαία αύξηση της αγωγιμότητας μπορεί να συνδεθεί με την ενηλικίωση (παλαίωση) μιας υδάτινης μάζας, καθώς και με την αύξηση των θρεπτικών συστατικών της (ευτροφισμός). Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα στα γλυκά νερά, τόσο μεγαλύτερη είναι η βιολογική τους παραγωγικότητα (RUTTNER, 1963). Η αγωγιμότητα εξαρτάται από την παρουσία των ιόντων, την ευκινησία και το σθένος τους και σχετίζεται με το ποσό των διαλυμένων ιόντων στο νερό, τη σκληρότητα και τις συγκεντρώσεις των χλωριούχων αλάτων (WELCH, 1952).

Συνήθως, η ηλεκτρική αγωγιμότητα στα φυσικά γλυκά νερά έχει τιμές που κυμαίνονται από 50-500 μS/cm, ενώ σε μερικά βιομηχανικά αποβλητα η τιμή φτάνει ή υπερβαίνει τα 10000 μS/cm (ΒΑΣΙΛΙΚΙΩΤΗΣ & ΦΥΤΙΑΝΟΣ, 1986). Η λίμνη Τριχωνίδα ως ολιγο-μεσότροφη λίμνη εμφανίζει τιμές που κυμαίνονται από 40-380 μS/cm, η μικρή Πρέσπα από 60-520 μS/cm, η Κορώνεια από 1150-1660 μS/cm, η Βόλβη από 67-1320 μS/cm, η Παμβώτιδα από 180-560 μS/cm.

Επειδή τα φυσικά νερά είναι διαλύτες ενός σημαντικού αριθμού αλάτων, τα οποία είναι περισσότερο ή λιγότερο διασπασμένα σε ιόντα, γι' αυτό και η αγωγιμότητά τους είναι η μέτρηση της ικανότητας διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος και καθορίζει την κινητικότητα του συνόλου των ιόντων μέσα στο νερό. Η ειδική αγωγιμότητα στα νερά αφορά την ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που μεταφέρεται από ένα ηλεκτρόδιο σε κάποιο άλλο, μέσα σε ένα δευτερόλεπτο και μέσα από μια τομή ενός τετραγωνικού εκατοστομέτρου, κάτω από διαφορά δυναμικού ενός βολτ. Η μονάδα της αγωγιμότητας είναι το mho/cm, δηλαδή το αντίστροφο της αντίστασης (ohm) ή το Siemens/m. Η ιοντική τάση-σύνθεση του νερού παίζει αποφασιστικό ρόλο στην παρουσία ή στην απουσία των φυτών και των ζώων στο νερό (RUTTNER, 1963). Στις υδάτινες μάζες η κάθετη με το βάθος κατανομή των συγκεντρώσεων των ηλεκτρολυτών διαφέρει κατά πολύ και ίσως οι χημικές και βιολογικές λειτουργίες έχουν κάποια επίδραση στην κατανομή αυτή.

Εξάλλου, είναι δυνατό να προσδιοριστούν κατά προσέγγιση τα διαλυμένα στο νερό στερεά, εάν η ηλεκτρική αγωγιμότητα πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 0.55 - 0.9 ανάλογα με τη φύση του νερού (Πίν. ΙΙ).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Σχέσεις που ισχύουν για τα φυσικά νερά ως προς την αγωγιμότητα, τη συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου και των ολικών διαλυμένων στερεών (πηγή: HACH, 1965)

Αγωγιμότητα μS/cm	***Χλωριούχο Νάτριο mg/l***	***Ολικά Διαλυμένα Στερεά mg/l $CaCO_3$***
0.105	0.05	0.043
1.908	0.9	0.428
10.60	5.0	4.28
19.08	9.0	7.70
106.0	50.0	42.8
212	100.0	85.6
1008	500.0	428
2000	1000.0	856

3.2.8. Αλατότητα

Η αλατότητα στα νερά συνδέεται με την περιεκτικότητά τους σε ηλεκτρολύτες. Ως αλατότητα ορίζεται η συγκέντρωση του συνόλου των ανόργανων διαλυμένων στερεών στο νερό, με την προϋπόθεση όμως ότι όλα τα ανθρακικά έχουν μετατραπεί σε οξείδια, όλα τα βρωμιούχα και ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα και όλη η οργανική ύλη έχει οξειδωθεί (HUTCHINSON, 1957). Η αλατότητα είναι ένας φυσικός παράγοντας ο οποίος έχει συνδεθεί ότι επηρεάζει έμμεσα τους οργανισμούς γιατί η μεταβολή της προκαλεί τροποποίηση της φυσικοχημικής κατάστασης του νερού (μεταβολή της διαλυτότητας των αερίων, αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για ωσμορύθμιση κ.ά).

Η αλατότητα εκφράζεται συνήθως σαν ποσοστό επί τοις χιλίοις. Στα φυσικά γλυκά νερά είναι μικρότερη από 0.5‰, ενώ στα υφάλμυρα νερά από 0.5-30‰.

3.2.9. Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα έχει μικρή μόνο σχέση με το pH. Συνήθως, είναι ένας δείκτης που φανερώνει τη φύση των πετρωμάτων της λεκάνης απορροής και το βαθμό αποσάθρωσής τους. Η αλκαλικότητα δημιουργείται κατά την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα του νερού στα ιζήματα των ανθρακικών πετρωμάτων που διαλύοντάς τα μερικώς σχηματίζονται δισανθρακικά διαλύματα. Η αλκαλικότητα μετρά τη ρυθμιστική ικανότητα του νερού, συνήθως εκφράζεται σε meq/l και αυτό γιατί τα φυσικά νερά περιέχουν αρνητικά ιόντα που μπορούν να αντιδράσουν με τα ιόντα του υδρογόνου (HUTCHINSON, 1957).

Η συνολική αλκαλικότητα μπορεί να αντιπροσωπεύει τη δισανθρακική αλκαλικότητα, ενώ, όταν το νερό περιέχει ανθρακικές (CO_3^-) και όξινες ανθρακικές ρίζες (HCO_3^-), τότε υπερισχύει η ανθρακική αλκαλικότητα, ενώ η αλκαλικότητα ορίζεται ως αλκαλικότητα φαινολοφθαλεΐνης (COLE, 1983).

Η αλκαλικότητα δηλαδή, είναι η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει τις όξινες απορροές και απορρίψεις. Ορίζεται ως το συνολικό ποσό των σπάνια ελεύθερων βάσεων που είναι συνήθως σε ισορροπία με τα ανθρακικά και τα όξινα ανθρακικά και οφείλεται στην παρουσία ανθρακικών, όξινων ανθρακικών και υδροξυλιόντων (HUTCHINSON, 1957). Ο THOMAS (1969) χρησιμοποιώντας τη διαφορά των συγκεντρώσεων της αλκαλικότητας ανάμεσα στο χειμώνα και το καλοκαίρι, αναφέρει ότι αυτή η διαφορά μπορεί να δείξει την τροφική κατάσταση μιας υδάτινης περιοχής. Εξάλλου, ο SPENCE (1967), εκτός του ότι συνδέει την αλκαλικότητα με την τροφική κατάσταση του νερού, τη συσχετίζει επίσης με την κατά βάθος κατανομή της καμπύλης του διαλυμένου οξυγόνου, καθώς και με την παρουσία οξειδωτικών και αναγωγικών συνθηκών στο ίζημα. Επίσης, ο FORNEY (1957) υποστηρίζει ότι η κυκλική τάση των υψηλών συγκεντρώσεων της αλκαλικότητας το χειμώνα και των χαμηλών το καλοκαίρι, οφείλεται στη χρησιμοποίηση των ανθρακικών κατά την περίοδο της βιολογικής δραστηριότητας, με επακόλουθο την επιστροφή τους στο νερό κατά τη διάρκεια της αναγωγικής δραστηριότητας.

3.2.10. Σκληρότητα

Με τον όρο συνολική ή ολική σκληρότητα εκφράζονται οι συγκεντρώσεις του ασβεστίου και του μαγνησίου που βρίσκονται στο νερό. Η πρόσκαιρη σκληρότητα του νερού ή σκληρότητα ασβεστίου μετρά το ανθρακικό ή όξινο ανθρακικό περιεχόμενο του νερού, ενώ η διαρκής ή μόνιμη σκληρότητα είναι το περιεχόμενο σε θειούχα και χλωριούχα δισθενή κατιόντα τα οποία κυριαρχούν κάτω από ειδικές συνθήκες σε ορισμένες περιοχές (RUTTNER, 1963). Η ανθρακική ή πρόσκαιρη σκληρότητα προέρχεται από διαλυμένα όξινα ανθρακικά άλατα τα οποία με το βρασμό σχηματίζουν δυσδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο το οποίο κατακάθεται στο τοίχωμα των δοχείων και έτσι απομακρύνεται από το νερό. Οι σκληρότητες που δεν είναι ανθρακικού τύπου προέρχονται από άλατα χλωρίου, θείου, μαγνησίου και άλλα, δεν απομακρύνονται με το βρασμό, ενώ απομακρύνονται με διάφορες χημικές αντιδράσεις (μέθοδοι ασβέστου-σόδας, φωσφορικού νατρίου) ή με τη μέθοδο της ιοντοανταλλαγής. Κατά την ιοντοανταλλαγή χρησιμοποιούνται ορισμένες ρητίνες (οργανικά πολυμερή) οι οποίες έχουν την ιδιότητα να ανταλλάσσουν τα υδρογονοϊόντα τους με μεταλλικά ιόντα που βρίσκονται στο νερό. Με την τελευταία αυτή μέθοδο παράγεται το απιονισμένο νερό που είναι νερό απαλλαγμένο από οποιαδήποτε ιόντα, ενώ το απεσταγμένο νερό προέρχεται μετά από βρασμό και συμπύκνωση (ΟΥΖΟΥΝΗΣ & ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, 1995).

Η ολική σκληρότητα οφείλεται στην παρουσία δισθενών μεταλλικών ιόντων και περιλαμβάνει τα συνολικά ποσά των αλκαλικών γαιών, καθώς επίσης και τα θειούχα και χλωριούχα ιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου.

Στα περισσότερα φυσικά νερά τα κυρίαρχα ανιόντα είναι τα δισανθρακικά που σχετίζονται κυρίως με το ασβέστιο και σε μικρότερο βαθμό με το μαγνήσιο και ακόμη μικρότερο με το κάλιο και το νάτριο. Ετσι, σαν σκληρότητα του νερού συνήθως χαρακτηρίζεται το σύνολο των συγκεντρώσεων των ιόντων Ca^{++}, Mg^{++} και εκφράζονται σε οξείδιο του ασβεστίου (CaO) ή ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$).

Η σκληρότητα (Πίν. ΙΙΙ) εκφράζεται σε γερμανικούς βαθμούς (1^0 dH=10mg/l CaO ή 0.179 mmol/l), σε γαλλικούς βαθμούς (1^0 fH=10 mg/l $CaCO_3$ ή 0.1 mmol/l), σε αγγλικούς βαθμούς (1^0 eH=10mg/0.7 l $CaCO_3$ ή 0.143 mmol/l) και σε αμερικάνικα δεδομένα (1mmol/l=100 ppm $CaCO_3$ και 0.01 mmol/l=1 ppm $CaCO_3$), ενώ η μεταξύ τους σχέση είναι:

1^0 dH=1.79^0 fH=1.25 ^{0} eH=17.9 ppm CaCO3.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Η σκληρότητα σε διάφορες εκφράσεις της (πηγή: HACH, 1965)

	mg/l $CaCO_3$	***Αγγλικός Βαθμός*** **(grains/gal $CaCO_3$)**	***Γαλλικός Βαθμός*** **(parts/100000 $CaCO_3$)**	***Γερμανικός Βαθμός*** **(parts/100000 CaO)**	***meq/l*** **(mval/l) (1=N/1000)**	***CaO*** **gr/l x10^{-3}**
mg/l $CaCO_3$	1	0.07	0.1	0.056	0.02	0.56
Αγγλικός Βαθμός	14.3	1	1.43	0.8	0.286	8
Γαλλικός Βαθμός	10	0.7	1	0.56	0.2	5.6
Γερμανικός Βαθμός	17.9	1.25	1.79	1	0.358	10
meq/l	50	3.5	5	2.8	1	28
CaO gr/l	1.79	125	179	100	35.8	1x10^{-3}

Συνήθως, τα νερά χαρακτηρίζονται ως "πολύ μαλακά" (0-4^0 dH), "μαλακά" (4-8^0 dH), "μέσης σκληρότητας" (8-12^0 dH), "αρκετά σκληρά" (12-18^0 dH), "σκληρά" (18-30^0 dH), "πολύ σκληρά" (>30^0 dH). Η κατά Klut σκληρότητα που εκφράζεται σε mg/l $CaCO_3$, είναι για πολύ μαλακά νερά 0-70, μαλακά 70-140, ημίσκληρα 140-220, σχεδόν σκληρά 220-320, σκληρά 320-540 και πολύ σκληρά πάνω από 540mg/l $CaCO_3$. Γενικά, από βιολογική άποψη τα σκληρά νερά είναι και τα παραγωγικότερα.

3.2.11. Χλωριούχα ιόντα

Τα εσωτερικά νερά (γλυκά νερά) χαρακτηρίζονται περισσότερο από τα ανθρακικά ή τα θειικά άλατα, ενώ στα υφάλμυρα νερά τα αλογόνα (κυρίως χλωριούχα) μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην αλατότητα. Η αλατότητα είναι γενικά συνδεδεμένη με την περιεκτικότητα των νερών σε ηλεκτρολύτες. Τα χλωριούχα άλατα βρίσκονται στα γλυκά νερά σε μικρές συγκεντρώσεις, ενώ οι συγκεντρώσεις τους αυξάνουν σε ρυπασμένα και υφάλμυρα νερά. Προέρχονται συνήθως από εδαφικούς και από ατμοσφαιρικούς παράγοντες (από τη θάλασσα με τη βροχή και τον άνεμο), καθώς και από τη ρύπανση (RUTTNER, 1975, COLE, 1983). Τα ιόντα χλωρίου βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα οικιακά λύματα, αφού το χλωριούχο νάτριο αποτελεί βασικό συστατικό της διατροφής μας. Στα φυσικά νερά σπάνια υπερισχύουν τα θειούχα και χλωριούχα ιόντα. Το χλώριο με τη μορφή υποχλωρικού οξέος και χλωραμινών είναι τοξικό στην υδρόβια ζωή και η τοξικότητά του αυξάνει με τη μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

3.2.12. Θειικά ιόντα και υδρόθειο

Τα θειικά ιόντα είναι πολύ διαδεδομένα στα φυσικά νερά. Μετά τα δισανθρακικά και τα πυριτικά άλατα, τα κύρια συστατικά και στοιχεία των εσωτερικών νερών, είναι τα θειικά. Συνήθως, το νερό της βροχής περιέχει θειικά ως θειικό ιόν συνδεμένο με αλκαλικά κατιόντα. Τα θειικά άλατα παράγονται εκτός από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και από διάφορες μεταλλευτικές εργασίες. Σημαντική όμως πηγή των θειικών αλάτων είναι τα κοιτάσματα γύψου και οι σχηματισμοί των εβαπορητών. Η περιεκτικότητα των νερών σε θειικά άλατα δεν επηρεάζεται μόνο από τις γεωλογικές και ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αλλά και από τις κλιματικές συνθήκες.

Οι αυτότροφοι και πολλοί ετερότροφοι οργανισμοί προσλαμβάνουν το θείο από τα θειικά άλατα, για να σχηματίσουν τα θειούχα αμινοξέα τους. Εξάλλου και ορισμένα βακτήρια διασπούν τις οργανικές ενώσεις και μπορούν να προσφέρουν το στοιχειώδες θείο, καθώς και προϊόντα οξείδωσης (θειούχα και θειικά άλατα) και αναγωγής (υδρόθειο, θειούχα). Το θείο στα φυσικά νερά έχει ανάλογο χημισμό με εκείνο του ασβεστίου και του σιδήρου με τα οποία συνήθως ενώνεται (θειούχος σίδηρος στα λιμναία ιζήματα), ενώ η ύπαρξή του συνδέεται με την ανάπτυξη των σιδηροβακτηρίων και των θειοβακτηρίων. Τα θειικά άλατα επιδρούν άμεσα στους υδρόβιους οργανισμούς, ενώ τα προϊόντα της αναγωγής τους (υδρόθειο) παίζουν άμεσο και έμμεσο ρόλο όταν συσσωρεύονται στα βαθιά νερά κοντά στον πυθμένα (RUTTNER, 1975).

Το υδρόθειο και τα σουλφίδια συναντώνται στη βιομηχανία χημικών προϊόντων, στα οικιακά λύματα και κατά την αποσύνθεση της ιλύος πλούσιας σε οργανικά συστατικά. Το υδρόθειο δημιουργείται από τη σήψη οργανικών συστατικών και είναι ιδιαίτερα τοξικό για τους αερόβιους υδρόβιους οργανισμούς. Η αναλογία υδροθείου και των υδατοδιαλυτών σουλφιδίων εξαρτάται από το pH των νερών. Αύξηση της τιμής του pH μειώνει την τοξικότητα του υδρόθειου, ενώ η σχέση υδρόθειου και θερμοκρασίας από τους 6 μέχρι τους 25 ^{o}C είναι αντιστρόφως ανάλογη (COLE, 1983).

3.2.13. Θρεπτικά άλατα

Είναι γνωστό ότι η βιολογική παραγωγικότητα στο νερό εξαρτάται και από τα διαλυμένα σ'αυτό θρεπτικά άλατα. Τα ποσά μάλιστα των διαλυμένων αυτών αλάτων είναι δείκτης της σχετικής παραγωγικότητάς τους. Στα περισσότερα νερά υπάρχει μεγάλη δυσαναλογία, μεταξύ των υπαρχόντων αλάτων και της ζήτησής τους από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς. Σ'αυτές τις περιπτώσεις το θρεπτικό που δεν επαρκεί αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των οργανισμών. Συνήθως, **ο φώσφορος και το άζωτο** θεωρούνται ότι είναι οι περισσότεροι σημαντικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών, οπωσδήποτε όμως παίζουν ρόλο και ορισμένες βιταμίνες και μικροστοιχεία (HUTCHINSON, 1957, WETZEL, 1983).

Η κατανομή των θρεπτικών αλάτων του φωσφόρου και του αζώτου μεταξύ των διαφόρων συστατικών μιας υδάτινης μάζας (νερό, ίζημα, πλαγκτό, υδρόβια μακροφυτική βλάστηση) είναι ουσιώδης διαδικασία για το οικοσύστημα. **Τα άλατα του αζώτου** συνήθως προέρχονται από το ίζημα και απελευθερώνονται ως αμμωνία κατά την ανοξική περίοδο και ως νιτρικά κατά την περίοδο της κυκλοφορίας των νερών που υπάρχει αφθονία διαλυμένου οξυγόνου στα νερά (SERRUYA, 1978). Αντίθετα, η απελευθέρωση του φωσφόρου από το ίζημα είναι πολύ περιορισμένη ακόμη και κατά τη διάρκεια της ανοξικής περιόδου.

Τα αποθέματα του **φωσφόρου** σε μια υδατοσυλλογή αυξάνουν κυρίως κατά τη διάρκεια της περιόδου κυκλοφορίας των νερών, όταν η ελάττωση του pH αυξάνει τα ποσά των ορθοφωσφορικών στο νερό και επομέ-

νως διευκολύνεται η πρόσληψή τους από τους φυτικούς οργανισμούς. Οταν υπάρχει υδρόβια μακροφυτική βλάστηση σε μία περιοχή, τα φυτά προσλαμβάνουν κυρίως φώσφορο από το υπόστρωμα, ενώ κατά τη διάρκεια της αύξησής τους απελευθερώνουν μεγάλα ποσά στο νερό, διαδικασία η οποία συνεχίζεται και μέχρι την ξήρανσή τους. Παραμονή αυτών των ξηρών φυτικών συστατικών στο νερό, διευκολύνει τις διαδικασίες αποσύνθεσης-διάσπασης τους, ενώ εμπλουτίζονται τα νερά με επιπρόσθετα θρεπτικά συστατικά και οργανικό υλικό (BARKO *et al.*, 1986).

Ο **φώσφορος** παίζει σημαντικό ρόλο στο βιολογικό μεταβολισμό. Είναι λιγότερο άφθονος στη φύση και συνήθως περιορίζει τη βιολογική παραγωγικότητα, είναι δηλαδή περιοριστικός παράγονας της πρωτογενούς παραγωγής στα ολιγότροφα και μεσότροφα νερά (KOHLER & LABUS, 1983).

Η τυπική διαδικασία ανακύκλωσης του **φωσφόρου** σε μιά λίμνη, ακολουθεί τις πιο κάτω διαδικασίες. Ο φώσφορος απελευθερώνεται στο επιλίμνιο κυρίως από την αποσύνθεση της παράκτιας βλάστησης, στη συνέχεια προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτό και την υδρόβια βλάστηση, ακολουθεί ιζηματοποίησή του από το νερό στο ίζημα και διάχυσή του από το ίζημα στο νερό κατά τη διάρκεια ανοξικών συνθηκών. Τα ορθο-φωσφορικά είναι η κυριότερη μορφή φωσφόρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας από τα φυτά (HUTCHINSON, 1957).

Στα περισσότερα φυσικά νερά οι συγκεντρώσεις του **ολικού φωσφόρου** συνήθως κυμαίνονται από 10 μέχρι 50 μg/l. Ο ολικός φώσφορος, παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση, από μικρότερες των 5 μg/l συγκεντρώσεις στα μη παραγωγικά ολιγότροφα νερά, μέχρι συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα 100 μg/l, στα πολύ εύτροφα νερά. Ως προς τα ιδανικά και αποδεκτά όρια του ολικού φωσφόρου που πρέπει να έχουν τα νερά μιας περιοχής που προγραμματίζεται να αξιοποιηθεί, προτείνονται διεθνώς τα στοιχεία που παρουσιάζονται στον Πίνακα IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Ενδεικνυόμενη χρήση νερού σε σχέση με τις συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου

(πηγή: BEVERIDGE, 1984)

Χρήση και Λειτουργία Νερού	***Ορια Ολικού Φωσφόρου mg/m³***	
	Ιδανικά	**Αποδεκτά**
Πόσιμο	<1.5	<45
Άρδευση	5-40	<300
Αναψυχή και Σπορ	5-200	<8
Υδροηλεκτρισμός	1-5	<200
Αλιεία ψυχρών νερών	2-10	2-70
Αλιεία θερμών νερών	5-40	<300
Εντατικές καλλιέργειες τιλάπιας & κυπρίνου	10-100	<220
Εντατικές ή ημιεντατικές καλλιέργειες σολομοειδών σε κλουβιά	1-20	<60
Εντατικές ή ημιεντατικές καλλιέργειες κυπρίνου σε κλουβιά & ιχθυόμανδρες	1-50	<150

Τα **άλατα του αμμωνίου, τα νιτρώδη και τα νιτρικά** εφοδιάζουν το σύστημα μιας λίμνης με άζωτο που είναι ουσιώδες για τις τροφικές σχέσεις των οργανισμών. Οι διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις των πιο πάνω αλάτων στα λιμναία οικοσυστήματα σχετίζονται με την εποχή ανάπτυξης των φυτών, τις συγκεντρώσεις του οξυγόνου και με τη θερμοκρασία που μέχρις ενός βαθμού ελέγχει τις βακτηριακές δραστηριότητες. Συνήθως, το άζωτο των νιτρικών που είναι το τελικό οξειδωμένο προϊόν δεν απαντάται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα φυσικά καθαρά νερά. Τα νερά γενικά εμπλουτίζονται με νιτρικά και άλλα συστατικά στην περιοχή απορροής που οφείλονται σε δραστηριότητες που συνοδεύουν τις πρακτικές των γεωργικών καλλιεργειών και από την ατμοσφαιρική κατακρήμνιση.

Τα **νιτρικά** παράγονται κατά τη διαδικασία της βακτηριακής νιτροποίησης η οποία γίνεται με την οξείδωση των αμμωνιακών σε νιτρώδη και με τη σειρά τους αυτά σε νιτρικά. Σε περιόδους βροχοπτώσεων, αυξημένη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων αντανακλά στις αυξημένες συγκεντρώσεις των νιτρικών στα νερά, γιατί τα νιτρικά εύκολα διακινούνται και αποπλένονται από τα αζωτούχα λιπάσματα. Φύκη, υδρόβια φυτά και βακτήρια που ανάγουν τα νιτρικά άλατα, είναι οι σπουδαιότεροι καταναλωτές του περιεχομένου αζώτου, καθώς και τα βακτήρια τα οποία νιτροποιούν και βοηθούν στην αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών στα νερά. Δηλαδή, στα υδάτινα οικοσυστήματα, ο κύκλος του αζώτου επιτελείται κυρίως από την οξείδωση και αναγωγή των

αζωτούχων ενώσεων και από τη φωτοσυνθετική ενσωμάτωση και χρήση του από τα φυτά. Σημειώνεται ότι κατά τη θερινή στρωμάτωση των νερών μιας λίμνης, τα νιτρικά μπορούν ακόμα και να εξαφανιστούν ως φυσικό αποτέλεσμα της χρησιμοποίησής τους στο επιφανειακό στρώμα του νερού, όπως επίσης και από τα βαθύτερα στρώματα, εξαιτίας της παρουσίας μικρών συγκεντρώσεων οξυγόνου, ενώ η εξαφάνισή του από ακόμα βαθύτερα στρώματα συνδέεται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις της αμμωνίας (HUTCHINSON, 1957).

Η **νιτροποίηση**, δηλαδή η οξείδωση του αζώτου και των αλάτων του που προχωρεί πολύ πιο γρήγορα το χειμώνα, λαμβάνει χώρα παρουσία οξυγόνου, ενώ η απονιτροποίηση (αναγωγή) το καλοκαίρι. Η νιτροποίηση λαμβάνει χώρα παρουσία οξυγόνου, ενώ η αναγωγή των νιτρικών απαντάται όλες τις περιόδους. Με τη νιτροποίηση τα νιτρικά αφομοιώνονται εύκολα από το σύνολο των φυτικών οργανισμών για να σχηματιστούν οργανικές ενώσεις που αφορούν κυρίως πρωτεΐνες και αμινοξέα. Με την έλλειψη οξυγόνου, οπότε επικρατούν αναερόβιες συνθήκες, αν τα νιτρικά δεν έχουν αφομοιωθεί από τους αυτότροφους οργανισμούς, τότε είναι δυνατό με τη βοήθεια βακτηρίων του γένους *Pseudomonas* να αποικοδομηθούν σε άζωτο (απονιτροποίηση). Γενικά, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των νιτρικών εμφανίζονται στο τέλος του χειμώνα και κατά την άνοιξη. Σε παραγωγικές λίμνες με κλινόβαθμη κάθετη κατανομή του του διαλυμένου οξυγόνου, τα νιτρικά μετακινούνται συνήθως λόγω της αφομοίωσης στο τροφογεννητικό στρώμα εξαιτίας της αναγωγής τους, κοντά στον πυθμένα. Έτσι, παράγεται μια διχοτοπική κατανομή με μέγιστο νιτρικών στα ενδιάμεσα στρώματα του νερού. Σε τέτοιες περιπτώσεις βρίσκεται συνήθως ένα μέγιστο των νιτρωδών μεταξύ του μεγίστου των νιτρικών στο ενδιάμεσο στρώμα και του μεγίστου της αμμωνίας κοντά στον πυθμένα. Σ' αυτή την περίπτωση τα νιτρικά παράγονται καθαρά από την αναγωγή των νιτρικών. Μικρά ποσά νιτρωδών στα επιφανειακά νερά καθαρών λιμνών ίσως οφείλονται στην αναγωγή των νιτρικών από το φυτοπλαγκτό, ενώ σε λίγες περιπτώσεις μικρό στρώμα άφθονο σε νιτρώδη σχετίζεται με μικρές συγκεντρώσεις αμμωνίας που υποδηλώνουν ότι ο σχηματισμός των νιτρωδών προέρχεται από την οξείδωση της αμμωνίας (HUTCHINSON, 1957, RUTTNER, 1975).

Τα **νιτρικά** μπορεί να παράγονται με βακτηριακή δράση, είτε με αναγωγή των νιτρικών, είτε με οξείδωση των αμμωνιακών (REYNOLDS, 1984). Βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις και μπορεί να αυξάνουν σε περιοχές με μικρή περιεκτικότητα διαλυμένου οξυγόνου (WETZEL, 1983). Τα νιτρώδη δεν παραμένουν για πολύ ελεύθερα, γιατί γρήγορα οξειδώνονται. Έχουν πολύ μεγάλη σημασία από πλευράς τοξικότητας, ιδιαίτερα σε περιοχές που χύνονται αστικά λύματα και όπου χρησιμοποιούνται γεωργικά φάρμακα. Τα νιτρώδη μπορούν να συσχετιστούν με εμφάνιση τοξικότητας στο νερό, όταν συνοδεύονται με ιόντα χλωρίου και ασβεστίου (RUSSO & THURSTON, 1977).

Η **αμμωνία** στο υδάτινο σύστημα με τη μορφή των αμμωνιακών αλάτων εισέρχεται στην υδάτινη φάση και με την επίδραση βακτηρίων του γένους *Nitrosomonas*, οξειδώνεται στην αρχή σε νιτρώδη και στη συνέχεια με τη βοήθεια του βακτηρίου *Nitrobacter* σε νιτρικά. Η αμμωνία είναι έντονα τοξική ουσία για τους υδρόβιους οργανισμούς, ενώ τα ιόντα του αμμωνίου είναι ακίνδυνα. Η αμμωνία γίνεται τοξική ανάλογα με τη θερμοκρασία, την αλατότητα και το pH. Η αναλογία αμμωνίου προς αμμωνία καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την τιμή του pH του νερού και δευτερευόντως από τη θερμοκρασία, ενώ επηρεάζουν την τοξικότητά της αμμωνίας η σκληρότητα του νερού, οι μειώσεις του διαλυμένου οξυγόνου καθώς και του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα, γεγονός που παρατηρείται συχνά κατά την έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των υδρόβιων φυτών (HUTCHINSON, 1957, COLE, 1983).

Άζωτο

Το άζωτο είναι από τα πιο σημαντικά συστατικά του ζωντανού πρωτοπλάσματος και μαζί με το φώσφορο, τον άνθρακα και το υδρογόνο επηρεάζουν την παραγωγικότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων. Το άζωτο υπάρχει στο νερό ως (διαλυμένο, σωματιδιακά οργανικό, οργανικές ενώσεις και χουμικά συστατικά):

-αέριο άζωτο σε διάλυση,

-οργανικό άζωτο δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, ουρία και μεθυλαμίνες,

-αμμωνία, κυρίως ως NH_4^+ και NH_4OH^-,

-νιτρώδες άζωτο κυρίως ως NO_2^- αν και σε όξινα νερά είναι πιθανό να υπάρχει σε μικρή ποσότητα HNO_3^-,

-νιτρικό άζωτο, κυρίως ως NO_3^{--}.

Το άζωτο είναι άφθονο και διαθέσιμο στους οργανισμούς από διάφορες πηγές. Συνήθως, ο εμπλουτισμός των νερών με αζωτούχες ενώσεις προέρχεται:

- από την απευθείας προσφορά των νερών της βροχής στην επιφάνεια μιας υδάτινης μάζας,
- από αζωτοδέσμευση, τόσο στο νερό, όσο και στο ίζημα και

- από τους μηχανισμούς διάβρωσης και απόπλυσης των εδαφών της λεκάνης απορροής, με τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά.

Οι απώλειες αζώτου από μια υδατοσυλλογή, μέσω διαφόρων μηχανισμών και δραστηριοτήτων, μπορεί να προέλθουν εξαιτίας:

-πλημμυρικής εκροής από μια υδάτινη μάζα,

-αναγωγής των νιτρικών σε άζωτο με βακτηριακή απονιτροποίηση και στη συνέχεια διαφυγή του αζώτου στην ατμόσφαιρα και

-μόνιμης καθίζησης στο ίζημα της υδατοσυλλογής ανόργανων και οργανικών συστατικών που περιέχουν άζωτο.

Κατά την αερόβια διαδικασία της μικροβιακής νιτροποίησης η πορεία των αντιδράσεων είναι:

$$NH_4^+ + 1½\ O_2 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O\ (\Delta G = -66\ Kcal),\ NO_2^- + ½\ O_2 \rightarrow NO_3^-\ (\Delta G = -17\ Kcal)$$

ενώ, η βακτηριακή διαδικασία της απονιτροποίησης που γίνεται κάτω από αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες, αφορά την αναγωγή των οξειδωμένων μορφών του αζώτου και είναι:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

Το διαλυτό οργανικό άζωτο (ΔΑ), που εξαρτάται από τις εισροές του ανόργανου αζώτου, είναι περίπου 5-10 φορές περισσότερο από το σωματιδιακό οργανικό άζωτο (ΣΑ) που περιέχεται στο πλαγκτό και στο σηστό. Εξάλλου, ο λόγος ΣΑ:ΔΑ ελαττώνεται όσο αυξάνεται η τροφική κατάσταση μιας λίμνης, πλησιάζει το 1:1 στην ευφωτική ζώνη και αυξάνεται στην αφωτική ζώνη (SERRUYA *et al.*, 1974).

Η κατανομή του αζώτου των νιτρικών στις υδάτινες μάζες εξαρτάται από το βαθμό τροφικότητάς τους. Τα νιτρικά για να αφομοιωθούν από τα υδρόβια φυτά και το πλαγκτό θα πρέπει να αναχθούν σε αμμωνία. Αυτή η διαδικασία είναι η σημαντικότερη της ευφωτικής ζώνης που στις ολιγοτροφικές λίμνες μπορεί να ελαττώσει τις παρατηρούμενες συγκεντρώσεις τους. Στις ευτροφικές λίμνες, στην κατανομή του αζώτου των νιτρικών παίζει ρόλο η απονιτροποίηση. Εξάλλου, σε μη ρυπαινόμενες και σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς η **σχέση αζώτου αμμωνιακών προς άζωτο νιτρικών** στις υδάτινες μάζες είναι συνήθως 1:25. Όταν οι συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι μικρές, ο πιο πάνω λόγος πλησιάζει το 1:1, ενώ σε περιοχές με μικρή ρύπανση από αστικά λύματα ή όπου στη λεκάνη απορροής χρησιμοποιούνται αζωτούχα λιπάσματα, ο πιο πάνω λόγος είναι συνήθως 10:1. Στα φυσικά νερά η τάξη μεγέθους των συγκεντρώσεων του αζώτου των νιτρικών θρεπτικών αλάτων κυμαίνεται από μη ανιχνεύσιμα επίπεδα μέχρι 10000 μg/l.

Η **απονιτροποίηση** των νιτρικών είναι βακτηριακή διαδικασία, γίνεται κάτω από αερόβιες ή και αναερόβιες συνθήκες και σε πρώτο στάδιο παράγονται τα νιτρώδη. Ο ρυθμός της απονιτροποίησης, όσο και της νιτροποίησης ελαττώνεται σε όξινες συνθήκες και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και εξαρτάται από την εποχή και το βάθος του νερού (TAN & OVERBECK, 1973). Στα φυσικά νερά το άζωτο των νιτρωδών ιόντων βρίσκεται γενικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0-10 μg/l) και μπορεί να αυξάνεται όταν η περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο είναι μικρή. Τα νιτρώδη ιόντα παράγονται με την αναγωγή των νιτρικών ή με την οξείδωση των αμμωνιακών ιόντων με χημική διαδικασία ή και με τη δράση ορισμένων βακτηρίων (WETZEL, 1983).

Η πλέον πρόσφορη πηγή αζώτου για τα φυτά είναι η αμμωνία, η οποία σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξική γι' αυτά. Η αμμωνία παράγεται κυρίως (μεγαλύτερο ποσοστό) από ετερότροφα βακτήρια και είναι το κυριότερο παράγωγο της απεκκριτικής λειτουργίας των ζώων (πολύ μικρό ποσοστό). Η αμμωνία βρίσκεται στα νερά με τη μορφή των ιόντων του αμμωνίου και της αδιαλύτου υδροξυλαμίνης που είναι ασταθής ένωση και απαντάται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις.

Όπως φαίνεται στην αντίδραση:

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4OH \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

όταν υπάρχουν ιόντα αμμωνίου υπάρχει σε κάποια αναλογία και ελεύθερη αμμωνία. Όπως προαναφέρθηκε η αναλογία NH_4^+ / NH_3 καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την τιμή του pH και κατά δεύτερο από τη θερμοκρασία και την αλατότητα του νερού. Οι σχετικές ποσότητες των δύο αυτών μορφών είναι, σε pH 6 είναι 3000:1, σε pH 7 είναι 300:1, σε pH 8 είναι 30:1 και σε pH 9 είναι 1:1 (Πίν. V).

ΠΙΝΑΚΑΣ V

Εκατοστιαία σχέση ανάμεσα στις συγκεντρώσεις της αμμωνίας και των ιόντων αμμωνίου με το pH

(πηγή: HUTCHINSON, 1957)

Τιμή pH	*NH_3 (%)*	*NH_4^+ (%)*
6	0	100
7	1	99
8	4	96
9	25	75
10	78	22
11	96	4

Δηλαδή, αν σε μια υδάτινη μάζα με τιμή pH 9 διαπιστωθεί αμμώνιο 0.9 mg/l, τότε η συγκέντρωση της τοξικής αμμωνίας είναι της τάξης του 25%, ήτοι 0.22 mg/l.

Στα φυσικά και μη ρυπαινόμενα νερά το άζωτο των αμμωνιακών μπορεί να κυμαίνεται από 0 μέχρι 5000 μg/l, ενώ υπερβαίνει τα 10000 μg/l στα αναερόβια υπολίμνια ευτρόφων λιμνών. Τα αμμωνιακά ιόντα είναι η κύρια πηγή αζώτου για τα ευγληνοειδή φύκη (WETZEL, 1983, REYNOLDS, 1984).

Η κατανομή του **αζώτου των αμμωνιακών** σε μια υδάτινη μάζα, εξαρτάται από το επίπεδο τροφικότητας της λίμνης και το βαθμό οργανικής ρύπανσης, ενώ αυτή η κατανομή μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το χώρο και τον τόπο. Σε ολιγοτροφικές λίμνες και στην ευφωτική τους ζώνη οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών είναι μικρές και αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή αζώτου για τα φυτά. Έτσι, η συγκέντρωση του αζώτου των αμμωνιακών στις περισσότερες λίμνες μετά την περίοδο της κυκλοφορίας των νερών τους είναι μικρή. Μπορεί όμως να υπάρξουν μεγάλες συγκεντρώσεις στο υπολίμνιο λόγω της καθίζησης της οργανικής ύλης, οπότε το υπολίμνιο γίνεται αναερόβιο (HUTCHINSON, 1967, FOGG, 1969, WARD & WETZEL, 1980).

Φώσφορος

Σε σύγκριση με τα φυσικά αποθέματα των άλλων θρεπτικών και δομικών συστατικών (άνθρακας, υδρογόνο, άζωτο, οξυγόνο, θείο), ο φώσφορος είναι ο λιγότερο άφθονος και συνήθως αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα της πρωτογενούς παραγωγής, δηλαδή μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη των φυτών και συνδέεται με τον ευτροφισμό των νερών. Σήμερα, αμφισβητείται ότι από μόνη της η συγκέντρωση του φωσφόρου καθορίζει την παραγωγικότητα σε ένα οικοσύστημα και θεωρείται ότι η σχετική αφθονία όλων των θρεπτικών αλάτων είναι ο πιο πιθανός παράγοντας που ρυθμίζει την ανάπτυξη των φυτών. Στα νερά ο φώσφορος απαντάται συνήθως με τη μορφή των ορθοφωσφορικών ιόντων που σε ποσοστό πάνω από 90% βρίσκεται ως οργανοφωσφορικά συστατικά των οργανισμών προσροφημένα σε ανόργανα σωματίδια, όπως και σε νεκρή σωματιδιακή οργανική ύλη (COLE, 1983).

Ο **φώσφορος** όμως είναι απαραίτητος για τη ζωή, γιατί μεταξύ των άλλων αποτελεί το δομικό συστατικό των βιολογικών μακρομορίων. Παρόλη τη μικρή του διαθεσιμότητα στα νερά, ο φώσφορος καθορίζεται ως μεγάλης οικολογικής σημασίας, γιατί είναι σημαντικός ο ρόλος του και στο μεταβολισμό των οργανισμών.

Στα φυσικά συστήματα η πλέον αντιπροσωπευτική μορφή του φωσφόρου θεωρείται ο ολικός φώσφορος που περιλαμβάνει και το φώσφορο που βρίσκεται σε σωματιδιακή μορφή, αλλά και το διαλυμένο φώσφορο, ενώ η μέτρησή του γίνεται σε μη φιλτραρισμένο νερό (WETZEL, 1983).

Στα φυσικά μη ρυπαινόμενα νερά οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου είναι μικρότερες από 1 μg/l, ενώ σε κλειστές αλμυρές λίμνες πάνω από 200000 μg/l. Αυτή η ποικιλία στις συγκεντρώσεις είναι απόρροια της γεωλογίας της περιοχής και των δραστηριοτήτων της λεκάνης απορροής, ενώ η ποσότητά του αυξάνεται συνήθως με την παραγωγικότητα μιας λίμνης (VOLLENVEIDER, 1968).

Η μέτρηση του συνολικού ανόργανου και οργανικού φωσφόρου γίνεται με χημικό διαχωρισμό και διαπιστώνεται ότι γύρω στο 70% βρίσκεται συνήθως σε οργανική μορφή. Στα φυσικά νερά το ποσοστό του ανόργανου φωσφόρου με τη μορφή των ορθοφωσφορικών ιόντων είναι πολύ μικρότερο από το 5% (COLE, 1983).

Η κατανομή του ολικού φωσφόρου σε συνάρτηση με το βάθος σε μια λίμνη εξαρτάται από το τροφικό της επίπεδο. Έτσι, ολιγοτροφικές διμικτικές λίμνες με ορθόκλινη καμπύλη οξυγόνου παρουσιάζουν μικρή μεταβολή στη συγκέντρωση του φωσφόρου κατά τη στρωμάτωση των νερών, καθώς και κατά την κυκλοφορία τους. Λίμνες με κλινοκλινή (ελαττούμενη συγκέντρωση με το βάθος) καμπύλη διαλυμένου οξυγόνου, συνήθως

έχουν αυξημένη συγκέντρωση από διαλυτό φώσφορο στο κατώτερο τμήμα του υπολιμνίου, κατά τις τελευταίες φάσεις της θερμικής στρωμάτωσης, ενώ ο σωματιδιακός στο επιλίμνιο κυμαίνεται ανάλογα με την αφθονία και τους πληθυσμούς του πλαγκτού (HUTCHINSON, 1968, COLE, 1983).

Πυρίτιο

Το πυρίτιο εμφανίζεται συνήθως με μικρές συγκεντρώσεις στα εσωτερικά νερά και απαντάται ως διαλυτό πυριτικό οξύ και ως σωματιδιακό πυρίτιο. Παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των διατόμων τα οποία το χρησιμοποιούν για να συνθέσουν τις θυρίδες τους. Το πυρίτιο στα νερά εμφανίζει χωρικές και τοπικές διαφοροποιήσεις. Μεγάλες συγκεντρώσεις παρατηρούνται κατά τη χειμερινή περίοδο και στην αρχή της άνοιξης, ενώ μικρές παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις του κατά τη θερινή περίοδο εξαιτίας της κατανάλωσής του από το φυτοπλαγκτό. Στις εύτροφες λίμνες και μάλιστα στην ευφωτική ζώνη, η συγκέντρωση του πυριτίου περιορίζεται συνήθως σε επίπεδα που δεν είναι ανιχνεύσιμα, ενώ σε ολιγότροφες λίμνες παρατηρούνται αυξομειώσεις των συγκεντρώσεων του κατά τη διάρκεια της θερμικής στρωμάτωσης των νερών (BAUMERT, 1979, WETZEL, 1983).

3.2.14. Άνθρακας

Όπως είναι γνωστό, η κυριότερη πηγή άνθρακα για τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών είναι το διοξείδιο του άνθρακα και τα όξινα ανθρακικά ιόντα. Η κατανάλωση όμως αυτή εξισορροπείται από την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα μέσω της αναπνοής και από την εισαγωγή διοξειδίου του άνθρακα και όξινων ανθρακικών από τα επιφανειακά νερά και την ατμόσφαιρα. Ο ανόργανος άνθρακας που περιέχεται σε μια υδατοσυλλογή είναι το σύνολο του περιεχομένου άνθρακα με τις μορφές διοξειδίου του άνθρακα, όξινων ανθρακικών και ανθρακικών ιόντων. Η συνολική ποσότητα του περιεχομένου ανόργανου άνθρακα συνήθως εκτιμάται με βάση τις μετρήσεις της συνολικής αλκαλικότητα, του pH και της θερμοκρασίας σύμφωνα με τον τύπο:

C(mg/l)= Συνολική Αλκαλικότητα Χ Παράγοντα pH.

ΠΙΝΑΚΑΣ VI

Ο παράγοντας pH με βάση τη θερμοκρασία του νερού και το pH (πηγή: WETZEL, 1983)

T (°C)	*0*	*5*	*10*	*15*	*20*	*25*
pH						
5	9.36	8.19	7.16	6.55	6.00	5.61
5.5	3.12	2.75	2.43	2.24	2.06	1.94
6	1.15	1.03	0.93	0.87	0.82	0.78
6.5	0.53	0.49	0.46	0.44	0.42	0.41
7	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29
7.5	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
8	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24
8.5	0.24	0.24	0,24	0.24	0.24	0.24
9	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23

3.2.15. Τοξικές ουσίες

Φυσικές και συνθετικές ουσίες είναι δυνατό να έχουν τοξική επίδραση στους οργανισμούς. Μάλιστα κατά την κίνηση-μεταβίβασή του από το ένα τροφικό επίπεδο σε κάποιο ανώτερο, δημιουργείται το φαινόμενο της **"βιοσυσσώρευσης"** που οφείλεται στη μικρή ταχύτητα αποβολής ή καταστροφής-αποικοδόμησης των ρύπων σε συνδυασμό με τη χαμηλή ενεργειακή τους αποδοτικότητα. Το τοξικό αποτέλεσμα εξαρτάται από τη συγκέντρωση της τοξικής ουσίας στους οργανισμούς σε συνδυασμό με περιβαλλοντικούς και άλλους παράγοντες.

Ως τοξικές ουσίες μπορούν να χαρακτηριστούν μεταξύ των άλλων τα εντομοκτόνα, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, τα φθοριούχα, το κάδμιο, και οι ραδιενεργές ουσίες.

3.2.16. Οργανικές ενώσεις

Τα οργανικά συστατικά στο νερό προέρχονται από τη διάσπαση των ουσίων αυτών που υπάρχουν στη φύση, στα αστικά λύματα και στα βιομηχανικά απόβλητα, αλλά και από τις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά την επεξεργασία και διανομή του νερού.

Στη φύση υπάρχουν σε μεγάλη αφθονία οι χουμικές ενώσεις, οι μεταβολίτες τους καθώς και αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Οι ενώσεις αυτές είναι από ενοχλητικές μέχρι επικίνδυνες για την υγεία.

Οι περισσότερες από τις οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στα νερά, προέρχονται από τις δραστηριότητες του ανθρώπου (απορρυπαντικά, φυτοφάρμακα, διαλύτες, δι-τριχλωρο-μεθυλαμίνες), είναι επικίνδυνες για την υγεία και σε ορισμένες περιπτώσεις εξαιτίας της απρόσεκτης χρήσης ή υπέρ-χρησης τους έχουν αρνητικές επιπτώσεις και αλλοιώνουν το περιβάλλον.

Η αποσύνθεση και διάσπαση του οργανικού υλικού επιτελείται κατά προτεραιότητα από τους μικροοργανισμούς και λαμβάνει χώρα, είτε στη στήλη του νερού, είτε και στην επιφάνεια των ιζημάτων. Η διαδικασία όμως αυτή της αποσύνθεσης απαιτεί την κατανάλωση οξυγόνου που μπορεί να εξελιχθεί σε πολύ γρήγορη αποξυγόνωση των νερών όταν η οργανική ρύπανση είναι πολύ μεγάλη (Πίν.VII). Σε τέτοιες περιπτώσεις συνήθως εξαφανίζονται από την περιοχή μεγάλο μέρος από τα ψάρια και την ασπόνδυλη πανίδα, το ενδιαίτημα παίρνει ομοιόμορφο χαρακτήρα και μόνο μερικά ανθεκτικά είδη μπορούν και ανέχονται τις νέες συνθήκες με το χαμηλό περιεχόμενο του νερού σε οξυγόνο. Εξάλλου, η αποσύνθεση των οργανικών υλικών απελευθερώνει αμμώνιο το οποίο, αν και από μόνο του δεν είναι τοξικό για την υδρόβια ζωή, μπορεί σε συνδυασμό με το pH και τη θερμοκρασία να μετατραπεί σε αμμωνία η οποία είναι τοξική.

ΠΙΝΑΚΑΣ VII

Η μέση ετήσια συνεισφορά οργανικού υλικού στα ευρωπαϊκά ποτάμια

(πηγή: STANNER & BOURDEAU, 1995)

	Μέση Τιμή mg/l	***Αναλογία Θέσεων Ποταμών με Οργανικό Υλικό που δεν Υπερβαίνει τα mg/l***		
		25%	**50%**	**75%**
Νερά Ποταμών καθόλο το μήκος τους				
BOD	4.5	1.9	2.8	4.7
COD	18.5	7.8	15.0	25.0
DO	9.4	8.4	9.7	10.7
Νερά Ποταμών πλησίον πηγών				
BOD		1.2	1.6	2.7
COD		5.1	13.3	29.9
DO		10.2	10.6	11.1

Όπως προαναφέρθηκε, το οργανικό υλικό στα νερά προέρχεται από αστικά λύματα, γεωργοκτηνοτροφικά και βιομηχανικά απόβλητα, καθώς και από τα υπολείμματα της σοδειάς, των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και από τη φυσική βλάστηση της περιοχής όταν αποξηραινόμενη εμπλουτίζει τους αποδέκτες. Λόγω του ότι η αποσύνθεση του οργανικού υλικού απαιτεί οξυγόνο, οι ποσότητες του υλικού αυτού μπορούν να μετρηθούν με τη βοήθεια της βιοχημικής απαίτησης σε οξυγόνο **(BOD)** ή της χημικής απαίτησης σε οξυγόνο **(COD)** σε mg/l. Επομένως, ο πιο σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα του νερού είναι το περιεχόμενό του σε διαλυμένο οξυγόνο. Η περιεκτικότητα όμως του νερού σε οξυγόνο εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το ποσό της οργανικής ύλης, την παρουσία φωτοσυνθετικών φυτών, το βαθμό διείσδυσης του φωτός μέσα στο νερό, το βαθμό θολερότητας του νερού κ.ά. Μια ιδέα για τη ρυπαντική κατάσταση των νερών δίνει το BOD, το οποίο μετρά την απαίτηση των ρυπασμένων νερών σε οξυγόνο για να μπορέσουν αυτά να αυτοκαθαριστούν με βιολογικά μέσα (αερόβιοι αποικοδομητές-βακτήρια). Έτσι, BOD 20 mg/l σημαίνει ότι 20 mg οξυγόνου καταναλώνονται από ένα λίτρο ακάθαρτων νερών σε 5 ημέρες και στους 20 βαθμούς Κελσίου. Ο χρόνος των 5 ημερών είναι συμβατικός και χρησιμοποιείται διεθνώς γιατί έχει βρεθεί ότι οι οργανικές ενώσεις

που περιέχονται στα αστικά λύματα διασπώνται κατά 70-80% μέσα σε πέντε ημέρες. Σχετικό με τη ρύπανση των νερών είναι και το COD το οποίο αφορά τις βιοδιασπούμενες εκείνες οργανικές ουσίες που η διάσπασή τους είναι βραδεία, αλλά και τις μη βιοδιασπούμενες ουσίες. Το COD ελέγχει την οξείδωση όλων των οργανικών ουσιών στο νερό με τη χρήση ισχυρών οξειδωτικών μέσων. Νερό, για παράδειγμα που περιέχει ξερά καλάμια δεν υφίσταται ταχεία βιολογική αποσύνθεση, οπότε το BOD σε 5 ημέρες δεν μπορεί να δείξει το πραγματικό οργανικό φορτίο και έτσι χρησιμοποιείται το COD όπου με ισχυρά οξειδωτικά μέσα οξειδώνεται ολόκληρο το οργανικό περιεχόμενο του νερού (ΛΕΚΚΑΣ, 1996).

Υδάτινες περιοχές με μικρή επίδραση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων έχουν γενικά BOD > 2 mg/l, ενώ, όταν αυτό υπεβαίνει τα 5 mg/l, τότε θα πρέπει να αναζητήσουμε την πηγή ρύπανσης. Αν και αμφότερα BOD και COD φανερώνουν τη δυνητική απαίτηση σε οξυγόνο του οργανικού υλικού που βρίσκεται στο νερό, δεν υπάρχει όμως αναγκαστική συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών μετρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ

Κάθε αλλοίωση της σύστασης ή της μορφής των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών των φυσικών νερών αποτελεί **ρύπανση**. Η ρύπανση μπορεί να οδηγήσει σε απότομη και σημαντική διαταραχή της ισορροπίας των υδάτινων οικοσυστημάτων, να προκαλέσει βλάβες στον άνθρωπο και στους άλλους οργανισμούς, φθορές στα υλικά και στην πολιτιστική μας κληρονομιά. Διαφορετική είναι η έννοια της **μόλυνσης** των νερών η οποία προκαλείται από την είσοδο στο υδάτινο περιβάλλον μικροβίων, ιών, ή γενικά παθογόνων μικροοργανισμών (Πίν. Ι) (MEYBECK *et al.*, 1989).

Γενικά η ρύπανση των νερών είναι μεταξύ των άλλων ένα πολύπλοκο και σοβαρό πρόβλημα:

-οικονομίας, αφού αυξάνει το κόστος των παραγωγικών δραστηριοτήτων, φθείρει τα υλικά και επιβαρύνει τις δαπάνες που χρειάζονται για να διατηρηθούν τα οικοσυστήματα σε σχετική ισορροπία,

-υγείας, αφού επηρεάζει άμεσα την ανθρώπινη υπόσταση,

-αισθητικής, αφού αλλοιώνει πολλές φορές ανεπανόρθωτα την ομορφιά της φύσης,

-προστασίας της φύσης, αφού διαταράσσει τη βιοποικιλότητα και την ισορροπία των διαφόρων οργανισμών.

Η ρύπανση των νερών που δημιουργούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αναφέρεται κυρίως στα αστικά λύματα, στα βιομηχανικά απόβλητα, στις απορροές από τις γεωργοκτηνοτροφικές πρακτικές και εγκαταστάσεις, στα στραγγίσματα των απορριμμάτων, στην υφαλμύρωση των υπόγειων υδροφορέων, κ.ά.

Τα **αστικά λύματα** προέρχονται από τις χρήσεις του νερού που καταναλώνει ο άνθρωπος για τις ανάγκες του και συνιστούν ένα θολό υγρό το οποίο περιέχει κυρίως νερό (99.9%), αιωρούμενα σύμπλοκα οργανικά και ανόργανα προϊόντα, στερεά κολλοειδή σωματίδια, διαλυμένα συστατικά και μικροοργανισμούς. Η δυσάρεστη οσμή και το χρώμα τους, κατά μεγάλο μέρος προκαλείται από το οργανικό υλικό το οποίο υφίσταται αναερόβια διάσπαση από βακτήρια. Τα οργανικά συστατικά στα λύματα είναι συνήθως κόπρανα, υπολείμματα τροφών, χαρτιού, ούρα, σαπούνια, απορρυπαντικά, λίπη, έλαια κ.ά. Στα ανόργανα συστατικά των λυμάτων περιλαμβάνονται άμμος, άργιλος, αμμωνία, άλατα αμμωνίου, καθώς και νιτρικά, φωσφορικά ή και άλλα άλατα. Επειδή τα αστικά λύματα είναι πλούσια σε οργανικά συστατικά, όταν απορρίπτονται ανεπεξέργαστα σε λίμνες ποταμούς και κλειστούς κόλπους, έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε οξυγόνο προκειμένου να διασπαστούν και αποικοδομηθούν από αερόβια βακτήρια και μύκητες. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται συνθήκες έλλειψης οξυγόνου και καταστάσεις δυσάρεστες για το περιβάλλον γενικότερα (Εικ. 1), (LIEBMANN, 1962).

Οι απορρίψεις λυμάτων ρυπαίνουν τα υπόγεια νερά, το έδαφος και τους γειτονικούς επιφανειακούς αποδέκτες. Γι'αυτό οι απορροφητικοί βόθροι θεωρούνται σήμερα ως το χειρότερο μέσο διάθεσης των ακάθαρτων νερών. Ακόμη και η απόρριψη των αστικών λυμάτων χωρίς επεξεργασία αλλοιώνει την ποιότητα των υδάτων και την τροφική τους κατάσταση με αποτέλεσμα τα οικοσυστήματα αυτά να υποβαθμίζονται και να μην εξυπηρετούν τις χρήσεις που μέχρι σήμερα στήριζαν (τουρισμό, αναψυχή, αλιεία) (ΛΕΚΚΑΣ, 1996).

Για να αποφευχθεί η ρύπανση των νερών από τα λύματα θα πρέπει αυτά να υποστούν **επεξεργασία** η οποία σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια (Εικ. 2):

-**Πρωτοβάθμιος** καθαρισμός. Εδώ διαχωρίζονται τα στερεά υλικά με μηχανικά μέσα, φυσαλίδες αέρα ή κροκιδωτικά, ενώ οι παθογόνοι μικροοργανισμοί καταστρέφονται με απολύμανση (χλώριο, όζον κ.ά).

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

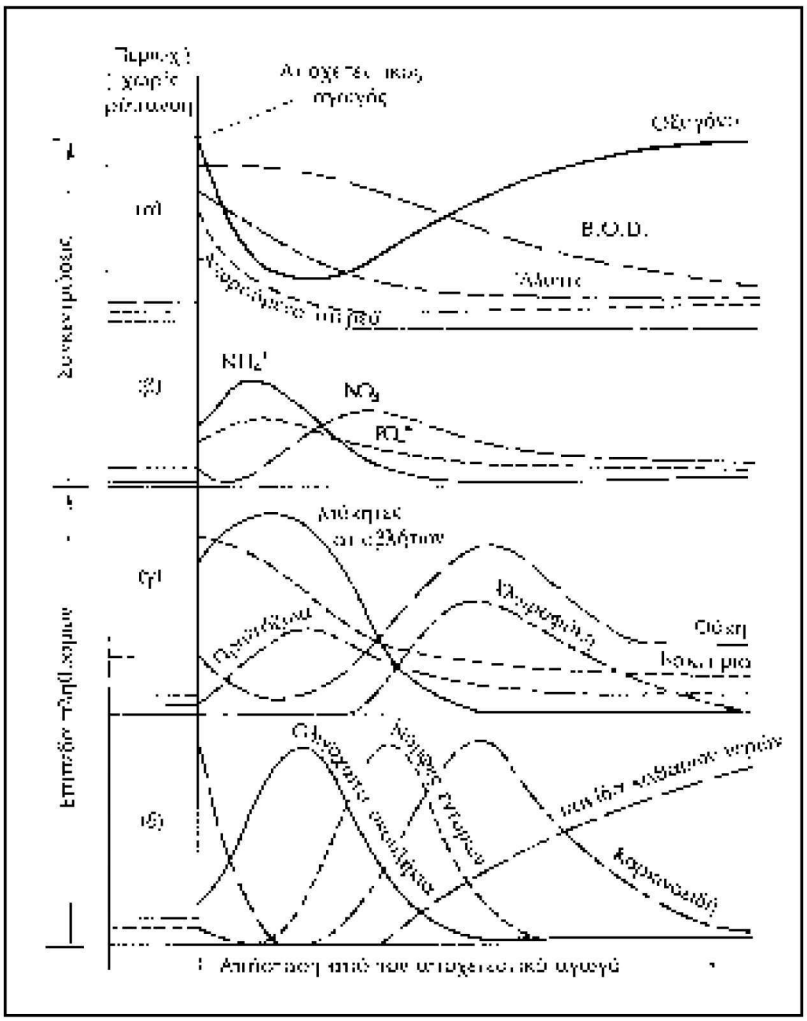
Τύποι ρύπανσης νερών, είδη ρύπων και η επίδρασή τους στο περιβάλλον

Τύπος	Πηγή	Είδος Ρύπου	Επίδραση Ρύπανσης
Θερμική	- Ενεργειακοί σταθμοί - Χυτήρια - Βιομηχανίες	- Θερμό νερό	- Ελαττώνει το οξυγόνο του νερού - Αυξάνει το ρυθμό μεταβολισμού των οργανισμών - Αυξάνει το ρυθμό αναπαραγωγής των οργανισμών, π.χ. των φυκών - Θανατώνει τα αυγά των ψαριών
Ραδιενεργός	- Πυρηνικοί σταθμοί	- Απόβλητα από νερά ψύξης - Ραδιενέργεια στο νερό	- Γενετικές αλλοιώσεις στους οργανισμούς - Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Ανόργανη μεταλλική	- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων - Χημικές βιομηχανίες - Μονάδες εντατικής εκτροφής ζώων - Μηχανουργεία - Μεταλλουργεία - Στερεά απορρίμματα - Μερικές βιομηχανίες - Φωτογραφεία	- Διαλυμένο στο νερό, Cu, Pb, Sn, Zn, Cd, Hg, Cr, Co, Ni, Ag, As, CN	- Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες - Αναχαίτιση της δράσης των ενζύμων - Ελάττωση της οικολογικής ποικιλότητας
Οργανική	- Χημικές βιομηχανίες - Φαρμακευτικές βιομηχανίες - Βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων - Σακχαρουργεία - Χαρτοποιεία - Κονσερβοποιεία - Στερεά απορρίμματα - Σφαγεία	- Τροφές, άμυλο, βακτήρια, αντιβιοτικά, ίνες χαρτιού, σιρόπια, φαινόλες, αμμωνία, απορρυπαντικά, διαλύτες, μύκητες, παράσιτα	- Αυξάνουν το B.O.D. (ελαττώνουν το διαλυτό οξυγόνο) - Μερικά είναι τοξικά (αμμωνία, φαινόλες) - Ελαττώνουν την οικολογική ποικιλότητα - Μερικά προξενούν φαινόμενα ευτροφισμού
Πετρελαιογενής	- Διυλιστήρια - Ξέπλυμα πετρελαιοδεξαμενών - Αυτοκίνητα - Διαρροές - Τηλεγραφόξυλα - Λείανση ασφαλτοδρόμων	- Ακατέργαστο πετρέλαιο - Πετρέλαιο - Άσφαλτος - Κριεζώτο - Άλλοι υδρογονάνθρακες	- Κατά την επαφή νεκρώνουν τα φυτά - Εμποδίζουν το πέταγμα, προξενούν υποθερμία και τελικά θανατώνουν τα πουλιά - Εμποδίζουν την οξυγόνωση του νερού - Ελαττώνουν την οικολογική ποικιλότητα
Αιωρούμενα στερεά	- Άργιλος - Άμμος, χαλίκια - Τσιμεντοβιομηχανίες - Κεραμουργεία - Σταύλοι - Λατομικές εργασίες	- Αιωρούμενα στερεά στο νερό	- Ελαττώνουν τη διείσδυση του φωτός - Μειώνουν το ρυθμό φωτοσύνθεσης - Καλύπτουν τους βιότοπους και καταστρέφουν τους βενθικούς οργανισμούς - Εμποδίζουν τη σύλληψη της τροφής και τους μηχανισμούς της αναπνοής των ψαριών, μαλακίων και καρκινοειδών - Ελαττώνουν την οικολογική ποικιλότητα
Αστική	- Σπίτια - Νοσοκομεία - Δρόμοι - Βιομηχανίες	- Ημίρρευστα στερεά που περιέχουν πολλούς από τους παραπάνω ρυπαντές (ειδικά μέταλλα και ανόργανα τοξικά και οργανικά λύματα)	- Η συνδυασμένη δράση των παραπάνω επιπτώσεων ελαττώνει το διαλυμένο οξυγόνο και την οικολογική ποικιλότητα

-**Δευτεροβάθμιος** καθαρισμός. Αυτή η επεξεργασία αποτελεί βιοχημική αερόβια ή και αναερόβια διάσπαση των περιεχομένων οργανικών συστατικών. Ο αερόβιος καθαρισμός γίνεται με την ελεγχόμενη παρουσία μικροοργανισμών (ενεργός λάσπη) κάτω από έντονο αερισμό. Ο αναερόβιος καθαρισμός έχει ως ανάλογό του τον απλό σηπτικό βόθρο στον οποίο τα οργανικά συστατικά παρουσία αναερόβιων μικροοργανισμών διασπώνται σε διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδρόθειο και άλλες ενώσεις (ΒΛΥΣΙΔΗΣ, 1985).

-**Τριτοβάθμιος** καθαρισμός. Αυτή η διαδικασία προσφέρει μεγαλύτερο βαθμό καθαρότητας και αποτελεί ένα σύνολο επεξεργασιών όπως διήθηση, προσρόφηση, αποστείρωση κ.ά. Η επεξεργασία αυτή απαιτεί υψηλή τεχνολογία, είναι δαπανηρή και πολύπλοκη. Τα παραπροϊόντα αυτού του καθαρισμού μπορούν να ρυπάνουν τα υπόγεια νερά γι' αυτό και επιδιώκεται η ανακύκλωση και αξιοποίησή τους.

Βακτήρια, ιοί και παράσιτα που συνήθως βρίσκονται στα αστικά και κτηνοτροφικά λύματα μπορούν να προκαλέσουν τη μόλυνση του περιβάλλοντος και παθογενείς επιδράσεις στον άνθρωπο (ηπατίτιδα, χολέρα, δυσεντερία κ.ά).

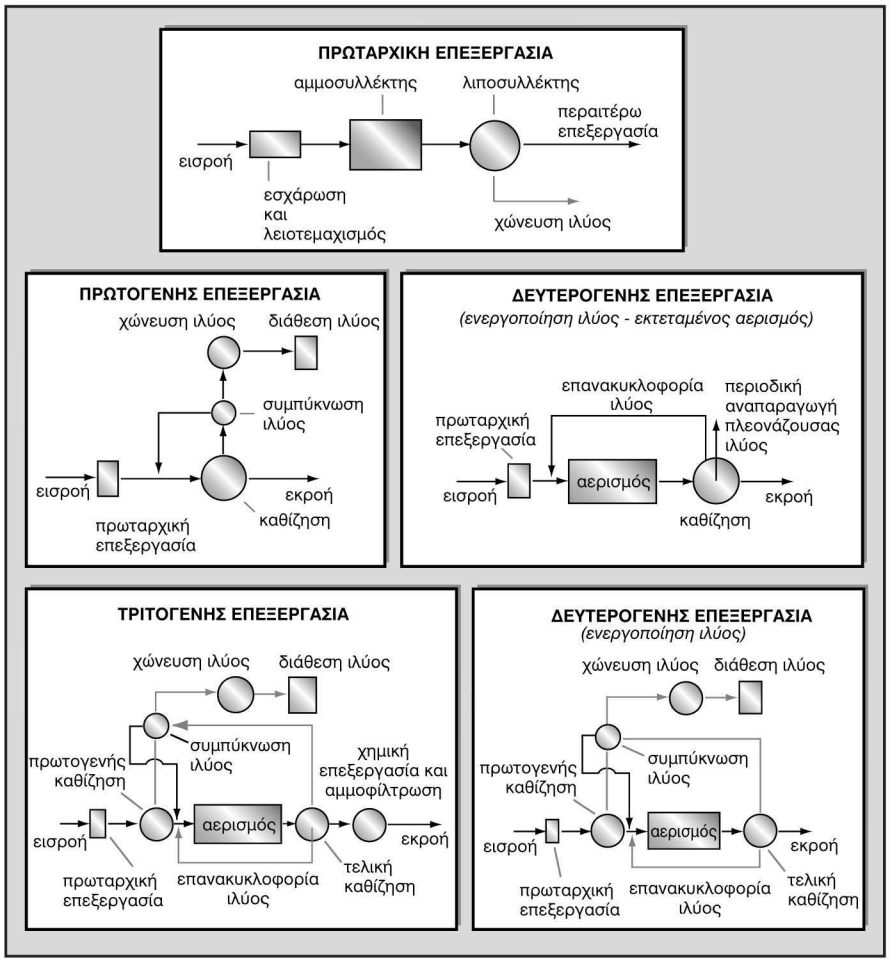


Εικ. 1: Διαγραμματική παρουσίαση των επιδράσεων των αστικών λυμάτων σε ένα ποταμό (πηγή: HYNES, 1990). (α,β= φυσικές και χημικές μεταβολές, γ= μεταβολές στην αφθονία των μικροοργανισμών, δ= μεταβολές στην αφθονία της ασπόνδυλης πανίδας).

Οι επιδράσεις των ρύπων στα νερά μπορεί να προκαλέσουν **φυσικές αλλοιώσεις** (αύξηση θολερότητας, ελάττωση οξυγόνου κ.ά), οπότε επιβραδύνεται η βιοαποικοδόμηση των οργανικών ουσιών, επηρεάζονται οι τροφικές αλυσίδες και διαταράσσονται τα οικοσυστήματα. Οι **χημικές αλλοιώσεις** στα νερά μπορεί να προέρχονται από θρεπτικά συστατικά αλλά και από χημικές τοξικές ουσίες. Τα θρεπτικά συστατικά μπορούν να προξενήσουν το φαινόμενο του **ευτροφισμού** με όλα τα συνοδευτικά φαινόμενά του. Οι τοξικές όμως ουσίες (βαριά μέταλλα, οξέα, αλκάλια, φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα κ.ά.) συνήθως προκαλούν δηλητηριάσεις στον άνθρωπο, ανάσχεση του ενζυματικού τους ελέγχου, εκλεκτική συσσώρευση ορισμένων ουσιών στους ιστούς των οργανισμών, μορφολογικές μεταβολές, αλλαγή στη συμπεριφορά, καρκινογενέσεις και άλλες βλάβες. Ειδικά η ρύπανση από βαριά μέταλλα (Πίν. ΙΙ) στα ελληνικά υδάτινα συστήματα θεωρείται σχετικά χαμηλή, αν και έχουν επισημανθεί υψηλές συγκεντρώσεις στους διασυνοριακούς ποταμούς, Αξιό, Έβρο, και στις λίμνες Κορώνεια, Βιστονίδα, Καστοριά και Βεγορίτιδα.

Η ρύπανση από παρασιτικτόνα και ζιζανιοκτόνα προέρχεται κυρίως από τα απόνερα των βομηχανιών παραγωγής τους και από τις γεωργικές χρήσεις τους. Από αυτές τις ενώσεις οι οργανοχλωριωμένες είναι οι περισσότερο επικίνδυνες, λόγω της σταθερότητάς, της αθροιστικότητας και τοξικότητάς τους (ΛΕΚΚΑΣ, 1996).

Η ποικιλία των βιομηχανικών δραστηριοτήτων παράγει αντίστοιχο πλήθος ρύπων και αποβλήτων. Ως **βιομηχανικά απόβλητα** χαρακτηρίζονται υγρές εκροές από βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής και επεξεργασίας προϊόντων.



Εικ. 2: Σχηματική παράσταση εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων.

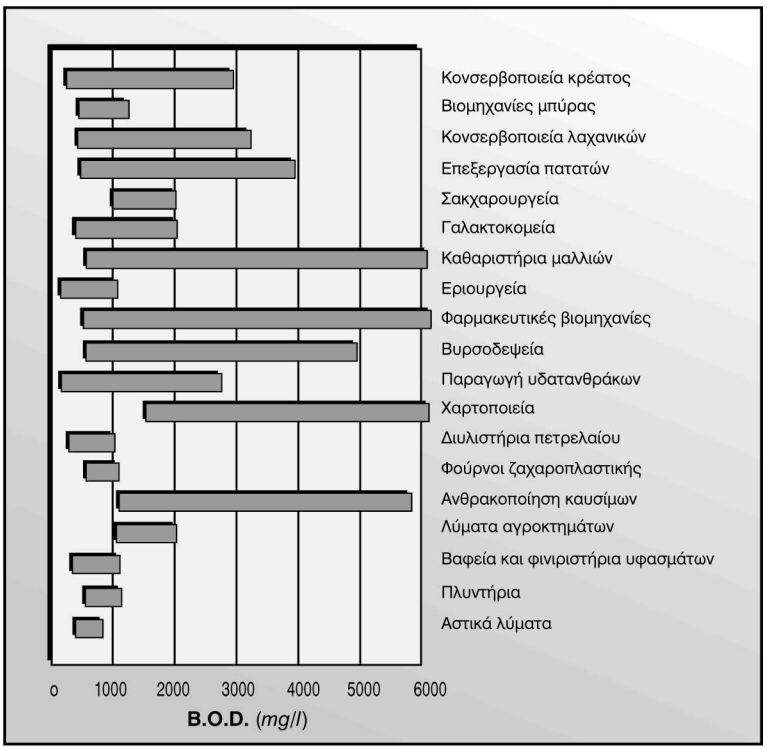
ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Μέσες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στις κυριότερες ελληνικές λίμνες

(πηγή: ALBANIS *et al.*, 1982, FYTIANOS *et al.*,1985, VASSILIKIOTIS *et al.*, 1989)

Λίμνες	*Pb*	*Zn*	*Cu*	*Ni*	*Co*	*Cr*	*Cd*	*Hg*	*As*
					ppb				
Τριχωνίδα		47.8	18.9						2.1
Βόλβη		5.9	4.8						30.2
Βεγορίτιδα	24.2	92.0	15.2	8.2		0.5	1.4	0.08	
Μικρ. Πρέσπα	0.2	23.6	14.4	2.5			0.1		2.0
Κορώνεια	36.8	115.5	3.7			15.3	1.8	0.46	53.7
Βιστονίδα	58.4	83.7	43.2		4.0	38.9	5.0	0.16	
Καστοριά	31.1	32.8	6.6				0.7	0.25	11.1
Παμβώτιδα		33.1	5.2				1.6		1.9
Δοϊράνη	22.3	40.0	9.6					0.04	43.3
Στυμφαλία	22.8	9.7							2.2
Παραλίμνη	112.0	39.3							3.0
Φυσικά νερά πηγών	<5	<2-5					<1		

Τα βιομηχανικά απόβλητα συνήθως αποτελούνται από νερό, οργανικούς διαλύτες, αιωρούμενα στερεά, διαλυμένα χημικά συστατικά, λάδια κ.ά. Η σύστασή τους μπορεί να είναι οργανική, ή και ανόργανη και έτσι το περιεχόμενό τους ποικίλλει σε ποιότητα, και ισχύ από τα τοξικά μεταλλικά συστατικά μέχρι τις ανόργανες ουσίες. Έτσι, (Εικ. 3) οι βιομηχανίες χαρτιού, μαλλιού, φαρμάκων, και επεξεργασίας δερμάτων έχουν απόβλητα με πολύ υψηλή συγκέντρωση BOD. Τα υγρά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων έχουν ανάλογες επιπτώσεις με εκείνες των αστικών λυμάτων, ενώ ανάλογες είναι και οι επιπτώσεις της τεχνολογίας απορρύπανσης με το βιολογικό καθαρισμό. Τα απόβλητα από τις βιομηχανίες μετάλλων έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο έδαφος και στα νερά, αλλά και τοξικές συνέπειες για τους οργανισμούς επειδή περιέχουν συνήθως βαριά μέταλλα (UNEP, 1991).



Εικ. 3: Ισχύς μερικών βιομηχανικών αποβλήτων σε BOD (mg/l).

Η ρύπανση από **πετρελαιοειδή** και λάδια στα νερά συνήθως προέρχεται από ατυχήματα και τις ανεξέλεγκτες απορρίψεις τους στο έδαφος και το νερό. Αυτή η ρύπανση έχει τεράστιες συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον και τα υπόγεια νερά.

Οι γεωργικές καλλιέργειες και οι **γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες** με την αυξημένη χρήση του νερού, των λιπασμάτων, των φυτοφαρμάκων και την ανεξέλεγκτη απόρριψη των περιττωμάτων των ζώων, εξελίσσονται σε ρυπαντικούς παράγοντες εξαιρετικά σημαντικούς για την ποιότητα των νερών και το φυσικό περιβάλλον. Τα προβλήματα ρύπανσης και αλατοποίησης των εδαφών που δημιουργούνται από αυτές τις δραστηριότητες έχουν σχέση με την υπέρχρηση του νερού, των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων, με τη διάβρωση του εδάφους, αλλά και την υποβάθμιση ή ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων.

4.1. Ευτροφισμός

Ο ευτροφισμός που οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες είναι τόσο παλαιός, όσο η ιστορία, η οποία από μόνη της μάς παρέχει πληθώρα παραδειγμάτων του φαινομένου, όπως το βιβλικό πέρασμα από τον ποταμό Νείλο που χρωματίστηκε κόκκινος. Χαρακτηριστικό είναι επίσης αυτό που αναφέρει η παράδοσή μας, ότι δηλαδή η λίμνη Παμβώτιδα στα Γιάννενα απέκτησε ευτροφισμό από τότε που ο Αλή Πασάς διέταξε και έριξαν στη λίμνη 400 “καντάρια” ζάχαρη για να γλυκάνει τον πόνο του για τον πνιγμό της Κυρα-Φροσύνης. Το πρόβλημα του ευτροφισμού είναι γνωστό και αναφέρεται και κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο. Οι όροι, ευτροφικός, ευτροφισμός και ρύπανση που πολύ συχνά χρησιμοποιούνται έχουν δημιουργήσει αρκετή σύγχυση στο

ευρύτερο κοινό και θα προσπαθήσουμε κατά πρώτο να τους ερμηνεύσουμε. Ο **ευτροφικός** αναφέρεται σε αυτόν που τρέφεται καλά και επομένως μία λίμνη λέγεται ευτροφική όταν είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, ενώ ολιγοτροφική όταν είναι πτωχή. Ο **ευτροφισμός** είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει όλες εκείνες τις διαδικασίες με τις οποίες από φυσικά αίτια ή ανθρωπογενείς δραστηριότητες οι προστιθέμενες θρεπτικές ουσίες στα νερά αυξάνουν το περιεχόμενό τους σε θρεπτικά άλατα. Το επακόλουθο τέτοιων καταστάσεων είναι η προοδευτική επιδείνωση της ποιότητας του νερού, η μείωση της αισθητικής του αξίας και των δυνατοτήτων του για ψυχαγωγία, σπορ καθώς και για περαιτέρω οικονομική του αξιοποίηση και ανάπτυξη. Ο ευτροφισμός είναι ένα από τα προβλήματα που σχετίζονται με τη ρύπανση των επιφανειακών νερών. Είναι όμως αδύνατο να γίνει καθαρή διάκριση μεταξύ του προβλήματος του ευτροφισμού και των άλλων προβλημάτων της ρύπανσης των νερών, επειδή μερικώς τουλάχιστον όλα είναι αλληλοσχετιζόμενα. **Ρύπανση όμως και ευτροφισμός δεν είναι πάντοτε το ίδιο πράγμα**. Μία λίμνη μπορεί να είναι ρυπασμένη χωρίς να έχει γίνει ευτροφική. Για παράδειγμα, ρύπανση μπορεί να προξενηθεί από βιομηχανικά απόβλητα τα οποία έχουν δηλητηριώδεις ουσίες, οξέα κ.ά., που αναστέλλουν τις διεργασίες της πρωτογενούς παραγωγικότητας. Οπωσδήποτε όμως ο ευτροφισμός μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση προξενώντας έλλειψη οξυγόνου στο νερό, μαζική ανάπτυξη φυκών, υπέρμετρη ανάπτυξη της υδρόβιας μακροφυτικής βλάστησης κ.ά. Ο ευτροφισμός μπορούμε να πούμε ότι είναι μια μορφή ρύπανσης που προξενείται από φυσικές διεργασίες (γήρανση των οικοσυστημάτων) ή και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (αστικές απορρίψεις, απορροές από γεωργοκτηνοτροφικές πρακτικές κ.ά). Το εμφανέστερο πάντως φαινόμενο που προκαλείται από τα προστιθέμενα θρεπτικά συστατικά σε κάποιο επιφανειακό νερό είναι η αύξηση της βιολογικής γενικά παραγωγής, συχνά σε ανεπιθύμητα επίπεδα. Όταν προκαλούνται δηλαδή, ανεπιθύμητες αλλοιώσεις, τότε ο ευτροφισμός θεωρείται ρύπανση. Υπάρχει διεθνώς τεκμηριωμένη μαρτυρία ότι τα άλατα του φωσφόρου και του αζώτου είναι υπεύθυνα για την αυξανόμενη ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών. Μάλιστα είναι πλέον παραδεκτό ότι τις περισσότερες φορές ο περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη της υδρόβιας χλωρίδας στα εσωτερικά νερά είναι ο φώσφορος παρά το άζωτο. Δηλαδή ο εμπλουτισμός στις υδατοσυλλογές των εσωτερικών νερών παίρνει υπέρμετρες διαστάσεις με τις απορροές αζωτούχων αλάτων, ενώ τα φωσφορικά υπολείπονται και επομένως με τον έλεγχό τους είναι δυνατός ο περιορισμός του ευτροφισμού (THIENEMANN, 1950, WHO, 1982, OECD, 1982).

4.2. Τροφική Κατάσταση και Φόρτιση Θρεπτικών

Οποιαδήποτε αξιοποίηση που σχεδιάζεται σε κάθε υδάτινη περιοχή θα πρέπει εκτός των άλλων να εκτιμήσει και την τροφική κατάσταση, λαμβάνοντας υπόψη την επιπλέον προσφορά ή όχι θρεπτικών συστατικών προς το περιβάλλον, το υδρολογικό και υδροδυναμικό καθεστώς της εν λόγω περιοχής, αλλά και την επικρατούσα κατάσταση του υδάτινου πόρου από φυσική, χημική και βιολογική άποψη, καθώς και την απόκριση του περιβάλλοντος στις εισαγόμενες μεταβολές.

Ουσιαστικά, η τροφική κατάσταση μιας υδάτινης περιοχής είναι συνάρτηση μεταξύ των άλλων του φορτίου των θρεπτικών συστατικών που εισέρχονται σ'αυτήν, του ποσοστού τους που κατακρατείται από το ίζημα του πυθμένα, εκείνου του ποσοστού που απομακρύνεται από τα όρια της περιοχής, το ρυθμό ανανέωσης των νερών και τη γενικότερη υδροδυναμική κατάσταση της περιοχής.

Οι κυριότεροι παράγοντες που είναι πιθανό να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια μιας παραγωγικής δραστηριότητας, όπως είναι η ιχθυοκαλλιέργεια, παρατίθενται σε γενικές γραμμές στον Πίνακα ΙΙΙ.

Η εκτίμηση των φορτίων των θρεπτικών συστατικών και οι πιθανότητες μετάπτωσης από τη σημερινή τροφική κατάσταση ισορροπίας σε κάποιο άλλο στάδιο προχωρημένου ευτροφισμού, όταν η ιχθυοτροφία για παράδειγμα εισαχθεί στην περιοχή, προσδιορίζονται από μαθηματικές εκφράσεις. Αυτές, αποτελούν μόνο το γνώμονα και δεν θα πρέπει να υιοθετούνται σε όλες τις περιπτώσεις και αυτό γιατί κάθε υδάτινη περιοχή έχει τη δική της ταυτότητα.

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων ο φώσφορος (συνήθως στα γλυκά νερά) ή το άζωτο (συνήθως στη θάλασσα) αποτελούν τον περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών και επομένως ελέγχουν την πρωτογενή παραγωγή και κατ' επέκταση την τροφική κατάσταση μιας περιοχής (OECD, 1982).

Η μαθηματική συνάρτηση ή το μοντέλο DILLON & RIGLER (1974) είναι η πλέον γνωστή έκφραση με την οποία μπορεί να εκτιμηθεί το επιφανειακό φορτίο του υπόψη θρεπτικού συστατικού (φωσφόρου ή και αζώτου). Βασική προϋπόθεση για την εξίσωση αυτή είναι ότι η περιοχή θα πρέπει να βρίσκεται σε σταθερές συνθήκες πλήρους ανάμιξης. Η μαθηματική σχέση είναι:

$$L(1-R)T=Z \times N$$

όπου, L= το επιφανειακό φορτίο του θρεπτικού συστατικού σε g/m^3 ανά έτος, R=το ποσοστό του θρεπτικού συστατικού που κατακρατείται στο ίζημα, T= η διάρκεια παραμονής του νερού στην υπόψη υδάτινη περιοχή, Z= το μέσο βάθος της περιοχής σε μέτρα, και N= η μέση ετήσια συγκέντρωση του θρεπτικού συστατικού στην περιοχή σε g/m^3.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Ο κυριότεροι παράγοντες που είναι πιθανό να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια μιας παραγωγικής δραστηριότητας που αποβάλλει θρεπτικά συστατικά στον υδάτινο αποδέκτη

(πηγή: ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1996)

	Χαρακτηριστικά και Παρατηρήσεις			
Πιθανές Παράμετροι Μεταβολής	***Ιδανικό Περιβάλλον***	***Αύξηση ή Ελάττωση***	***Επιπτώσεις στο Περιβάλλον(Π) ή και στους Οργανισμούς (Υ)***	***Πιθανά Αίτια***
Δ. Οξυγόνο	100%	Ε	Π+Υ	Αναπνοή & αποσύνθεση
				οργανικού υλικού
Αμμωνία	0%	Α	Π+Υ	Προϊόντα έκκρισης
pH	7.0-8.5	Ε	Π+Υ	Αύξηση CO_2
Διοξ. Ανθρακα	20 mg/l	Α	Υ	Αναπνοή
Ολικά Διαλυτά Στερεά	-	Α	Π+Υ	Απώλεια τροφής & περιττώματα
Νιτρικά	-	Ε		
Νιτρώδη	0%	Α	Υ	Ατελή νιτροποίηση
Ολικός Φωσφορος	-	Α	Π	Προϊόντα έκκρισης, απώλειες τροφών
Αλκαλικότητα	-	Α		
BOD5	-	Α		
Φυτοπλαγκτό	-	Α		
Ζωοπλαγκτό	-	Α		
Ζωοβένθος	-	Α		
Πρωτόζωα	-	Α		
Βακτήρια	-	Α		
Διαφάνεια νερού	-	Ε		

Το ποσοστό του θρεπτικού συστατικού που εισέρχεται κάθε έτος στο υδάτινο περιβάλλον και κατακρατείται στο ίζημα εκφράζεται από τον συντελεστή κατακράτησης R, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση του KIRCHNER & DILLON (1975) σύμφωνα με τον τύπο:

$$R=0.426\, e^{(-0.27 \times q)} + 0.574\, e^{(-0.00949 \times q)}$$

ή σύμφωνα με τη σχέση του VOLLENVEIDER (1975):

$$R = Z/q + Z$$

όπου q είναι το υδραυλικό φορτίο ή η φόρτιση του νερού.

4.3. Δείκτες Ρύπανσης - Καθαρότητας

Η παρουσία ή απουσία ορισμένων φυτικών ή ζωικών οργανισμών καθορίζει τους δείκτες της τροφικής κατάστασης ή και της ποιότητας των νερών. Οι βιολογικοί δείκτες της ρύπανσης έχουν το πλεονέκτημα ότι δείχνουν τη δομή των βιοκοινωνιών ως ολοκληρωμένη εικόνα για τις προηγούμενες συνθήκες του περιβάλλοντος και για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Δηλαδή, δείχνουν με ακριβή και αξιόπιστο τρόπο την αξιολόγηση και την πορεία τής τυχόν ρύπανσης. Αντίθετα, οι χημικές συνθήκες του περιβάλλοντος περιορίζονται και δείχνουν την κατάσταση κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Η ιστορία της εκτίμησης της ποιότητας των νερών βασισμένη σε βιολογικούς δείκτες της ρύπανσης ξεκίνησε τον περασμένο αιώνα. Το σύστημα τότε στηριζόταν στο σαπροβιοτικό σύστημα και αναμορφώθηκε στις αρχές του αιώνα περιλαμβάνοντας οργανισμούς του πλαγκτού και του βένθους (KOLKOWITZ & MARSSON,

1908). Η ιδέα της χρησιμοποίησης της ασπόνδυλης πανίδας ως βιοδείκτης καθορισμού των ποιοτικών και ποσοτικών μεγεθών του νερού, ξεκίνησε από τις Ηνωμένες Πολιτείες όπου δημιουργήθηκαν κατάλογοι δεικτών σαπροβίωσης, βιοτικοί δείκτες, δείκτες ποικιλότητας κ.ά. Γύρω στη δεκαετία του '70 πολλές ευρωπαϊκές χώρες απέρριψαν τους δείκτες σαπροβίωσης και ποικιλότητας και επικέντρωσαν την προσοχή τους στον βιοτικό δείκτη (biotic index) και στο σύστημα επιτυχίας (score system).

Η χρησιμοποίηση των ασπονδύλων ως βιοδείκτες, κέρδισε με τον καιρό έδαφος γιατί:

- οι βιοκοινωνίες τους είναι πολύ ετερογενείς,
- αντιπροσωπεύονται από πολλά φύλα,
- η απόκρισή τους στο είδος και στο βαθμό της ρύπανσης ποικίλλει,
- η απόκρισή τους στην οργανική ρύπανση είναι καλά πιστοποιημένη,
- βρίσκονται παντού και συλλέγονται εύκολα,
- η σχετική ακινησία τους από το βιοχώρο τους κάνει τα ασπόνδυλα να αντιπροσωπεύουν τις τοπικές συνθήκες,
- ο κύκλος της ζωής τους είναι σχετικά μακρύς, οπότε αποτελούν μια ολοκληρωμένη παράμετρο ποιότητας του νερού.

Οι πλέον διαδεδομένοι δείκτες είναι οι ακόλουθοι:

- Ο δείκτης του Sladecek (SLADECEK, 1973, MARKMANN, 1982) βασίζεται στην ύπαρξη οργανισμών, κυρίως ψαριών, με γνωστές προτιμήσεις σε ορισμένη ποιότητα νερού. Αύξηση του δείκτη σημαίνει χειροτέρευση της ποιότητας του νερού.
- Ο δείκτης με τα αρχικά ETBI (Expanded Trent Biotic Index), βασίζεται στην παρουσία ή απουσία ορισμένων βενθικών ασπόνδυλων οργανισμών και κυρίως σκωλήκων και νυμφών εντόμων, αφού όπως προαναφέρθηκε, τα αποτελέσματα είναι πιο άμεσα στο βένθος αντί στο πλαγκτόν (WOODWISS, 1964). Ο κατάλογος των ειδών ή των ομάδων δημιουργήθηκε από ένα βιολογικό δείγμα και η θέση του δείγματος στην κλίμακα (0-15) καθορίζεται στην αναφορά σ' έναν πίνακα οργανισμών. Ο δείκτης αυτός βασίζεται σε δύο αρχές, ότι δηλαδή:

  - επιλεκτικές ομάδες-κλειδιά ασπονδύλων εξαφανίζονται από μειωμένα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και
  - η μειωμένη ποιότητα του νερού ελαττώνει την ποικιλία των ειδών.

  Οι κατηγορίες ποιότητας νερού με βάση την παραπάνω κλίμακα δείχνουν για παράδειγμα ότι οι ιχθυοπαραγωγικές μονάδες συνήθως έχουν δείκτη 9 έως 10, δηλαδή οι επιπτώσεις του εμπλουτισμού του υδάτινου περιβάλλοντος με θρεπτικά και άλλα συστατικά είναι μηδαμινή. Αυτό φαίνεται και από το γεγονός ότι οι τιμές του καθαρού νερού βρίσκονται στα επίπεδα του 10-15 του προαναφερόμενου πίνακα.
- Στον δείκτη Chandler (CHANDLER, 1970), κάθε οργανισμός κατέχει μια θέση σε σχετικό πίκακα και μια τιμή ανάλογα με την αντοχή του στη ρύπανση, ενώ η τιμή αυτή εξαρτάται και από τον αριθμό των ατόμων του πληθυσμού του οργανισμού αυτού. Με βάση λοιπόν την παρουσία ή απουσία κάποιων ειδών, ως και τη σχετική τους αφθονία, μπορεί να υπολογιστεί όχι μόνον ο βαθμός ρύπανσης, αλλά και το είδος αυτής.
- Ο δείκτης BMWP (Biological Monitoring Working Party Score) ικανοποιεί τις απαιτήσεις για έρευνες σε ποταμούς και κατατάσσει τα νερά με βάση επιλεγμένες φυσικές και χημικές παραμέτρους, αλιείας και χρήσης νερού. Σ' αυτόν δίνεται ένα αποτέλεσμα για κάθε οικογένεια οργανισμών που υπάρχει στο δείγμα, ενώ στην οικογένεια έχει καθοριστεί προηγουμένως μια θέση στη σχετική κλίμακα βιολογικής ποιότητας. Το αθροιστικό σύνολο είναι το αποτέλεσμα αυτού του δείκτη για το δείγμα και σε γενικές γραμμές αυξανόμενα αποτελέσματα υποδηλώνουν καλύτερη ποιότητα νερού. Οι δείκτες ETBI και BMWP είναι ποιοτικοί και επομένως αγνοούν τη σχετική αφθονία των διαφορετικών ομάδων στο δείγμα. Ο BMWP ωστόσο δίνει λίγο μεγαλύτερη έμφαση στην ποικιλία των οργανισμών που εμφανίζονται σε διαφορετικούς τύπους τρεχούμενων νερών, απ' ό,τι ο ETBI (B.M.W.P.,1978).
- Ο δείκτης ASPT (Average Score per Taxon) βρίσκεται εάν διαιρεθεί το αποτέλεσμα του BMWP με τον αριθμό του συνόλου των ταξινομικών μονάδων. Αυτός ο δείκτης ποικίλλει λιγότερο από τον προηγούμενο με εποχιακή και δειγματοληπτική προσπάθεια και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως περισσότερο αξιόπιστος όσον αφορά τη μέτρηση της ποιότητας του νερού (ARMITAGE *et al.*, 1983).

- Ο δείκτης LQI (Lincoln Quality Index) αναπτύχθηκε ως μια απάντηση στην ανάγκη για ένα εύκολα κατανοητό δείκτη που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην τυπική εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του νερού στα ποτάμια και στους χειμάρρους. Για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη, οι θέσεις δειγματοληψίας ταξινομούνται σε σχέση με πλούσιο φυσικό περιβάλλον και με φτωχό περιβάλλον (EXTENCE *et al.*, 1987).

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Οι κατηγορίες ποιότητας νερού (ρέοντα ύδατα)
σύμφωνα με το ισχύον γερμανικό σύστημα που εμπεριέχει και το δείκτη σαπροβιότητας

(πηγή: IMHOFF & IMHOFF, 1985).

Χαρακτηριστικά του Δείκτη Ποιότητας Νερού						
Κατηγορία Ποιότητας Νερού	***Βαθμός Οργανικής Φόρτισης***	***Σαπροβιότητα***	***Δείκτης Σαπρο-βιότητας***	***BOD_5 (mg/l)***	***Αμμωνία (mg/l)***	***Ελάχιστη Περιεκτικότητα σε Οξυγόνο (mg/l)***
I	καμία	ολιγοσαπρόβιο	1-1.49	1	ίχνη	>8
I-II	μικρή	ολιγοσαπρόβιο με β-μεσοσαπρόβια μετάπτωση	1.5-1.79	1-2	περί το 0.1	>8
II	μέτρια	κανονικό β-μεσοσαπρόβιο	1.8-2.29	2-6	<0.3	>6
II-III	κρίσιμη	οριακή ζώνη α -και β-μεσοσπρόβια	2.3-2.69	5-10	<1	>4
III	ισχυρή ρύπανση	κανονικό α-μεσοσαπρόβιο	2.7-3.19	7-13	0.5 έως μερικά mg	>2
III-IV	πολύ ισχυρή ρύπανση	πολυσαπρόβιο με α-μεσοσαπρόβια μετάπτωση	3.2-3.49	10-20	μερικά mg	<2
IV	υπερβολική ρύπανση	πολυσαπρόβιο	3.5-4.0	>15	μερικά mg	<2

4.4. Οικομετρική Ανάλυση

Όπως έχει προαναφερθεί, η οικομετρική ανάλυση αναφέρεται σε περιβαλλοντικές μετρήσεις και σε ερμηνεία των οικολογικών δεδομένων, τόσο με τις πληροφορίες των δειγματοληψιών, προσδιορισμών και αναλύσεων, όσο και με τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων από τη συγκεκριμένη περιοχή έρευνας. Με την οικομετρική ανάλυση επιδιώκεται να αποκτηθούν τα διαγράμματα της φόρτισης των θρεπτικών συστατικών (παρατίθενται παραδείγματα σε επόμενα Κεφάλαια), ενώ στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει προσπάθεια για την απόκτηση μόνο της σχετικής με το οικολογικό επίπεδο γνώσης.

Η παρουσία ή απουσία ορισμένων φυτικών ή ζωικών οργανισμών, καθορίζει τους δείκτες της τροφικής κατάστασης των νερών, ενώ η εκτίμηση της ποιότητας του νερού βασίζεται στους βιολογικούς δείκτες ρύπανσης που άρχισε η εφαρμογή τους πριν από το τέλος του περασμένου αιώνα στη Γερμανία. Από τότε έχουν αναπτυχθεί περισσότερες από 50 μέθοδοι. Το 1908 επινοήθηκε ο πρώτος βιοτικός δείκτης, το σαπροβιοτικό σύστημα των KOLKOWITZ & MARSSON (1908). Αυτός βασιζόταν κυρίως στην παρουσία μικροοργανισμών που ανήκαν στο πλαγκτό και στις κοινωνίες του περίφυτου. Η ιδέα της χρησιμοποίησης των μακροασπονδύλων, ως βιοδείκτες, πρωτοεμφανίστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι μέθοδοι βαθμιαία εξελίχθηκαν από ποιοτικές σε ποσοτικές και δημιουργήθηκαν πολλοί πίνακες σαπροβιοτικών, βιοτικών και άλλων δεικτών. Κατά τα μέσα του 1970 πολλοί απέρριψαν τους σαπροβιοτικούς και άλλους δείκτες και άρχισαν να στρέφονται στο βιοτικό δείκτη και στα "συστήματα αποτελεσμάτων" (score systems).

ΠΙΝΑΚΑΣ V

Τα χαρακτηριστικά κατάταξης ρεόντων υδάτων με βάση το σύστημα που ισχύει στη Μεγάλη Βρετανία (πηγή: IMHOFF & IMHOFF, 1985)

Χαρακτηριστικά του Δείκτη Ποιότητας Νερού			
Κατηγορία Ποιότητας Νερού	***Οριακές Τιμές Παραμέτρων***	***Παρατηρήσεις***	***Χρήσεις Νερού***
1A	Οξυγόνο>80% BOD_5 < 3 mg/l NH_4 <0.4 mg/l	Μέσο BOD_5 κατά το δυνατόν <1.5 mg/l και καθόλου ορατή ρύπανση	Νερό υψηλής ποιότητας κατάλληλο για πόσιμο
1B	Οξυγόνο>60% BOD_5 < 5 mg/l NH_4 <0.9 mg/l	Μέσο BOD_5 κατά το δυνατόν <2 mg/l, μέση συγκέντρωση αμμωνιακών 0.5 mg/l και καθόλου ορατή ρύπανση	Νερό χαμηλότερης ποιότητας, αλλά εξίσου κατάλληλο για όλες τις χρήσεις
2	Οξυγόνο>40% BOD_5 < 9 mg/l	Μέσο BOD_5 κατά το δυνατόν <5 mg/l και καθόλου ορατή ρύπανση εκτός από ελαφρύ χρωματισμό από χώμα και λίγο αφρό στους υπερχειλιστές	Νερό κατάλληλο για πόσιμο μόνο κατόπιν επεξεργασίας. Δυνατότητα αλιείας και μέσης αξίας για αναψυχή
3	Οξυγόνο>10% BOD_5 < 17mg/l		Δεν υπάρχουν ψάρια ή υπάρχουν σποραδικά. Νερό κατάλληλο για κατώτερες βιομηχανικές χρήσεις αλλά κατόπιν επεξεργασίας
4	Περιεκτικότητα οξυγόνου χειρότερη της κατηγορίας 1Β και κατα διαστήματα αναερόβια νερά		Νερό ισχυρής ρύπανσης που προκαλεί οχλήσεις

Η χρήση των μακροασπονδύλων, ως βιοδείκτες, έχει πλέον επικρατήσει γιατί:

- οι κοινωνίες τους είναι πολύ ετερογενείς με διαφόρους αντιπροσώπους στα είδη,
- η απόκρισή τους σε διαφορετικούς βαθμούς και τύπους ρύπανσης είναι ποικίλες,
- συλλέγονται σχετικά εύκολα,
- η απόκρισή τους στην οργανική ρύπανση είναι γενικά κατανοητή και
- οι εδραίες συνήθειές τους κάνουν τα μακροασπόνδυλα τοπικούς αντιπροσώπους, ενώ η διάρκεια της ζωής τους είναι σχετικά μακρά.

Επομένως, τα μακροασπόνδυλα συγκροτούν τις παραμέτρους εκείνες με τις οποίες μπορεί να πιστοποιηθεί η ποιότητα του νερού.

Οι δείκτες ETBI (Expanded Trend Biotic Index) και BMWP (Biological Monitoring Working Party Score) χρησιμοποιούνται στην Αγγλία ως βιοδείκτες μακροασπονδύλων.

Ο δείκτης ETBI βασίζεται σε δύο αρχές, ότι δηλαδή:

- οι επιλεκτικές ομάδες-κλειδιά ασπονδύλων εξαφανίζονται στα χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και
- η μειωμένη ποιότητα του νερού ελαττώνει την ποικιλία των ειδών.

Οι ομάδες και τα είδη των ασπονδύλων που χρησιμοποιούνται ως βιοδείκτες κατά τον ETBI είναι:

- Κάθε γνωστό είδος των πλατυέλμινθων
- Annelida (εκτός από το γένος *Nais*)
- Το γένος *Nais* (σκουλήκι της λάσπης)
- Κάθε γνωστό είδος των Hirudinea (βδέλλες)

- Κάθε γνωστό είδος των μαλακίων
- Κάθε γνωστό είδος των καρκινοειδών
- Κάθε γνωστό είδος των πλεκοπτέρων (έντομα)
- Κάθε γνωστό είδος των εφημερόπτερων (έντομα)
- Το είδος *Baetis rhodani* (εφημερόπτερο έντομο)
- Κάθε οικογένεια των τριχόπτερων (έντομα)
- Κάθε είδος προνυμφών νευροπτέρων (έντομα)
- Η οικογένεια Chironomidae (δίπτερα έντομα)
- Το είδος Chironomus thummi
- Η οικογένεια Simulidae (μαύρες μύιγες)
- Κάθε γνωστό είδος άλλων προνυμφών εντόμων
- Κάθε γνωστό είδος κολεοπτέρων εντόμων
- Κάθε γνωστό είδος των Hydracarina (ακάρεα)

Ο BMWP κατατάσσει τα νερά με βάση επιλεγμένες φυσικές και χημικές παραμέτρους. Σ'αυτόν τον δείκτη δίνεται ένα αποτέλεσμα για κάθε οικογένεια οργανισμών που υπάρχει στο δείγμα, με βάση την θέση της στην κλίμακα βιολογικής ποιότητας. Το αθροιστικό σύνολο είναι το αποτέλεσμα του BMWP για το δείγμα και σε γενικές γραμμές αυξανόμενα αποτελέσματα υποδηλώνουν ποιότητα καλύτερου νερού.

Και οι δύο αυτοί δείκτες είναι ποιοτικοί και επομένως αγνοούν τη σχετική αφθονία των διαφορετικών ομάδων στο δείγμα. Μάλιστα ο BMWP δίνει λίγο μεγαλύτερη έμφαση στην ποικιλία των οργανισμών που εμφανίζονται σε διαφορετικούς τύπους στα τρεχούμενα νερά απ' ό,τι ο ETBI. Το αποτέλεσμα του BMWP διαιρούμενο με τον αριθμό των συνολικών ταξινομικών μονάδων (taxa) δίνει το δείκτη ASPT (Average Taxon Per Score). Αυτός ποικίλλει λιγότερο από το BMWP με εποχιακή και δειγματοληπτική προσπάθεια και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πλέον αξιόπιστο μέτρο της ποιότητας του νερού (ARMITAGE *et al.* 1983).

Για έναν απλό εύκολα κατανοητό δείκτη, αναπτύχθηκε ο δείκτης LQI (Lincoln Quality Index) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτατα σε μια συνηθισμένη τυπική εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του νερού στα ποτάμια και στους χειμάρρους. Σ' αυτόν, η μέθοδος χρησιμοποιεί πληροφορίες από το αποτέλεσμα του BMWP και από τον ASPT, επειδή και τα δύο μέτρα ανταποκρίνονται στις μεταβολές της ποιότητας του νερού, ενώ η απόκριση σε μεταβολή της κοινωνίας είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση. Για να υπολογίσουμε τον LQI, οι θέσεις της δειγματοληψίας αρχικά τοποθετούνται σε πλούσιο φυσικό περιβάλλον και σε φτωχό φυσικό περιβάλλον. Το αποτέλεσμα του BMWP χρησιμοποιείται για την εκτίμηση X από το σχετικό πίνακα και ο ASPT χρησιμοποιείται για να λάβουμε την εκτίμηση Y από άλλο σχετικό πίνακα.

Η συνολική εκτίμηση της ποιότητας (OQR) δίνεται από τον τύπο

$$\mathbf{OQR= (X+Y)/2.}$$

Εξάλλου οι τιμές για τον LQI βρίσκονται από άλλο σχετικό πίνακα και οι κωδικοί τους κυμαίνονται από θαυμάσιες (A) μέχρι πολύ κακές (I).

Οι PEARSON και ROSENBERG (1978) παρουσίασαν τις κλασικές καμπύλες των μεταβολών στον αριθμό των ειδών, στην αφθονία και στη βιομάζα των βενθικών οργανισμών κατά μήκος διαβαθμιζόμενης οργανικής ρύπανσης.

Εκτός από τους πιο πάνω δείκτες, διαδεδομένοι ανάλογα με την περίπτωση είναι και οι ακόλουθοι :

- Ο δείκτης Margalef. Εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος και αποδίδεται από τη σχέση

$$\mathbf{d= s-1/\log_e n,}$$

όπου s ο αριθμός των ανευρεθέντων ειδών και n ο αριθμός των ατόμων.

- Ο δείκτης Menhinich's. Αποδίδεται από τη σχέση

$$\mathbf{d=s/\sqrt{n}.}$$

- Ο δείκτης Shannon - Weaver. Είναι περισσότερο ευαίσθητος σε μεταβολές στη δομή των οργανισμών και αποδίδεται από τη σχέση

$$\mathbf{H'= -\sum_{i=1}^{S} \{(p_1 \ln p_1)\}}$$

όπου $p_i=n_i/N$ και n_i= ο αριθμός των ατόμων του i είδους, N= ο αριθμός του συνολικού αριθμού των ατόμων στο δείγμα και S = ο αριθμός των παρατηρημένων ειδών στο δείγμα.

Η δομή της βενθικής βιοκοινότητας περιγράφεται όπως προαναφέραμε από πολλούς δείκτες ποικιλότητας. Η ποικιλότητα των ειδών είναι μια συνάρτηση του αριθμού των ειδών που βρίσκονται σε μια περιοχή και της ομαλότητας (evenness) με την οποία αυτά τα είδη κατανέμονται στην περιοχή (MARGALEF 1958, PIELOU 1966). Οι δείκτες ποικιλότητας συχνά χρησιμοποιούνται σε μελέτες ρύπανσης (e.g. PEARSON & ROSENBERG 1978,

ASCHAN & SKULLERUD 1990). Σύμφωνα με GRAY *et al.*, (1988) οι μέθοδοι της ποικιλότητας δεν είναι πολύ ευαίσθητοι, αν και συνήθως δείχνουν τις τάσεις ξεκάθαρα. Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα είναι ότι θεωρούν όλα τα άτομα ότι συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο και ισότιμα και δεν λαμβάνεται υπόψη η ηλικία τους και άλλα χαρακτηριστικά. Επομένως, τα διαφορετικά είδη τα μεταχειριζόμαστε στους δείκτες ποικιλότητας με τον ίδιο τρόπο.

Ο πλέον κοινός δείκτης ποικιλότητας είναι ο δείκτης των Shannon-Weaver (H) (SHANNON & WEAVER 1963). Συχνά χρησιμοποιείται η ομοιομορφία, J, του δείκτη H' (PIELOU 1966), δηλαδή η σχέση μεταξύ παρατηρούμενης και μέγιστης ποικιλότητας. Άλλος δείκτης είναι του Sanders (SANDERS 1968) που αποκαλείται η τεχνική της αραίωσης. Οι GRAY και MIRZA (1979) εισήγαγαν τη μέθοδο παρουσίασης των αποτελεσμάτων με μια τυπική λογαριθμική κατανομή. Τα είδη κατά αυτούς διαιρούνται σε διαφορετικές γεωμετρικές τάξεις σύμφωνα με την αφθονία του καθενός και το αθροιστικό ποσοστό του αριθμού των ειδών που ανήκουν σε κάθε τάξη. Έτσι, σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, οι βενθικές κοινωνίες σε μη ρυπασμένη περιοχή ακολουθούν στο σχετικό διάγραμμα μια ευθεία γραμμή με την τυπική λογαριθμική κατανομή τους. Όταν η ρύπανση είναι μικρή η γραμμή παρουσιάζει ασυνέχεια, ενώ σε μεγάλη ρύπανση η γραμμή έχει μια αβαθή κλίση. Για να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος τα δείγματα θα πρέπει να είναι πολλά και οι γεωμετρικές τάξεις τουλάχιστο δέκα. Το πρόβλημα σ' αυτή τη μέθοδο είναι ότι η χρονική και χωρική διακύμανση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πολύ προσεκτικά διότι η ρύπανση δεν είναι ο μόνος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε παρέκκλιση από την τυπική λογαριθμική κατανομή.

Οι **οικολογικοί δείκτες** είναι στην ουσία ειδικές μαθηματικές εκφράσεις που δίνουν τη δυνατότητα να έχουμε σημαντικές πληροφορίες για την έρευνα. Σύμφωνα με τον WASHINGTON (1984) υπάρχουν δύο κύριοι τύποι δεικτών δομής, οι δείκτες ποικιλότητας και οι δείκτες ομοιότητας. Η ποικιλότητα είναι ένα βασικό στοιχείο της δομής των βιοκοινοτήτων με συγκεκριμένη βιολογική σημασία και υπόσταση που στηρίζεται σε δύο παράγοντες της κοινότητας που συνδέονται μεταξύ τους άμεσα τον αριθμό των ειδών που τη συγκροτούν και τη σχετική αφθονία του κάθε είδους. Η αλληλεπίδραση αυτών επηρεάζει τη λειτουργία του κάθε είδους καθώς και τη λειτουργία και την ευστάθεια της κοινότητας.

Για τον υπολογισμό της ποικιλότητας συνεκτιμούνται δύο παράμετροι:

-η αφθονία των ειδών (species richness), ο αριθμός δηλαδή των ειδών μιας βιοκοινότητας και

-η ισο-κατανομή των ειδών (species evenness) ο τρόπος δηλαδή που το σύνολο της μετρούμενης παραμέτρου κατανέμεται στα είδη που απαρτίζουν την βιοκοινότητα. Εκτιμώμενη παράμετρος μπορεί να αποτελεί ο αριθμός των ατόμων του κάθε είδους ή η βιομάζα κάθε είδους.

Με τη χρήση **δεικτών ποικιλότητας** γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστούν τα δεδομένα της αφθονίας των ειδών μιας βιοκοινωνίας με ένα μόνο αριθμό και έτσι η κατάσταση της βιοκοινωνίας να γίνει κατανοητή. Συχνά η ποικιλότητα εξισούται με την ποικιλία ή την πολυπλοκότητα, πιθανώς όμως ο καλύτερος ορισμός της ποικιλότητας είναι εκείνος που δίνει ο MARGALEF (1958) για την "ποικιλότητα των ειδών" ως συνάρτηση του αριθμού των ειδών και της ομοιομορφίας με την οποία τα άτομα είναι κατανεμημένα μεταξύ αυτών των ειδών. Ο λόγος που οι δείκτες ποικιλότητας χρησιμοποιούνται σε μελέτη δομής των οικοσυστημάτων είναι γιατί η ποικιλότητα συνδέεται με τη "σταθερότητα". Ωστόσο η σχέση αυτή είναι συζητήσιμη και το θέμα είναι σύνθετο και συγκεχυμένο. Μια εκτενής και διαφωτιστική ανασκόπηση του θέματος κάνει ο WASHINGTON (1984) ο οποίος τελικά συμπεραίνει ότι ένα ποικίλο σύστημα μπορεί να είναι σταθερό, αλλά δεν υπάρχει "a priori" σχέση η οποία να ορίζει ότι η ποικιλότητα προκαλεί σταθερότητα ή αντιστρόφως. Ακόμη αναφέρει ότι η ποικιλότητα είναι μια άποψη της δομής της βιοκοινωνίας, ενώ η σταθερότητα είναι άποψη της λειτουργίας της και ότι παρά τη σχετικά ασαφή σχέση αυτών, η μελέτη της ποικιλότητας δεν πρέπει να παραβλέπεται.

4.4.1 Ανάπτυξη δεικτών

Φυσικό επακόλουθο των συζητήσεων για το θέμα της ποικιλότητας ήταν η ανάπτυξη πολλών δεικτών για την εκτίμηση των παραμέτρων της. Από όλους τους διαθέσιμους δείκτες συνήθως χρησιμοποιούνται οι πιο σημαντικοί και χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (LUDWIG & REYNOLDS, 1988):

-Δείκτες αφθονίας (richness indices)

-Δείκτες ποικιλότητας (diversity indices)

-Δείκτες ισοδιανομής (evenness indices)

-Δείκτης κυριαρχίας (dominance index)

Δείκτες αφθονίας

Στους δείκτες αφθονίας διερευνώνται μεταξύ των άλλων:

-Ο **αριθμός των ειδών** του δείγματος S

-Ο **δείκτης του Margalef** (1958),

$$\mathbf{R_1=[S-1]/ln(n),}$$

όπου, S=ο αριθμός των ευρεθέντων ειδών και n=ο αριθμός όλων των ατόμων που βρέθηκαν στο δείγμα. Οι δείκτες R_1 (MARGALEF index) και R_2 (MENHINICH index) είναι οι γνωστότεροι δείκτες αφθονίας ειδών,ενώ η ομοιομορφία του H' προσδιορίζεται σύμφωνα με την PIELOU (1966) από τη σχέση J=H/Hmax, όπου $Hmax=\log_2 S$

-Ο **δείκτης του Menhinick** (1964),

$$\mathbf{R_2=S/[\div(n)],}$$

όπου S ο αριθμός των ειδών και n ο συνολικός αριθμός ατόμων όλων των ειδών του δείγματος.

Δείκτες ποικιλότητας

Στους δείκτες ποικιλότητας χρησιμοποιούνται συνήθως:

-Ο **δείκτης Simpson** (1949) όπως τροποποιήθηκε από τον ίδιο για εκτίμηση ποικιλότητας δείγματος βιοκοινότητας. Η πιθανότητα ότι τα δύο τυχαία επιλεγμένα άτομα ανήκουν στο ίδιο είδος, είναι το μέτρο της συγκέντρωσης (measure of concentration), που προτάθηκε από τον SIMPSON, δηλαδή το άθροισμα όλων των συνδυασμών πιθανοτήτων για κάθε είδος.

$$\mathbf{\lambda= -\sum_{i=1}^{S} ni(ni-1)/n(n-1)}$$

όπου λ η τιμή του δείκτη για δείγμα βιοκοινότητας, S ο αριθμός των ειδών του δείγματος, ni ο αριθμός ατόμων του είδους i και n ο συνολικός αριθμός ατόμων όλων των ειδών του δείγματος. Ο δείκτης αυτός παίρνει τιμές από 0 μέχρι 1 και μετρά την πιθανότητα για δύο τυχαία άτομα ενός δείγματος να ανήκουν στο ίδιο είδος. Με άλλα λόγια, αν η πιθανότητα είναι μεγάλη, τότε η ποικιλότητα του δείγματος είναι μικρή. Πολλές φορές χρησιμοποιείται ως δείκτης ποικιλότητας η έκφραση **D=1-λ**. Η PIELOU (1969) απέδειξε ότι αυτή η μέτρηση είναι μια μη βεβιασμένη εκτίμηση της ποικιλότητας του πληθυσμού από τον οποίο πάρθηκε το δείγμα.

-Ο **δείκτης Shannon** υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\mathbf{\lambda= -\sum_{i=1}^{S} \{((ni/n).ln(ni/n))\}}$$

όπου H' η τιμή του δείκτη, ni ο αριθμός των ατόμων του είδους I και n ο συνολικός αριθμός ατόμων όλων των ειδών του δείγματος. Ο δείκτης παίρνει τιμές από 0 μέχρι άπειρο. Την τιμή 0 την παίρνει όταν υπάρχει ένα μόνο είδος στο δείγμα και τη μεγίστη τιμή όταν όλα τα είδη του δείγματος εκπροσωπούνται από τον ίδιο αριθμό ατόμων. Δηλαδή, ο δείκτης αυξάνεται με τον αριθμό των taxa (n) και γίνεται μέγιστος όταν τα taxa είναι ισομερώς κατανεμημένα στο δείγμα. Η μέγιστη ποικιλότητα είναι **H'max=log(n**).

Ο δείκτης του Shannon μετρά την αβεβαιότητα για την πρόβλεψη του είδους στο οποίο ανήκει ένα άτομο που επιλέγεται στην τύχη από ένα δείγμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η αβεβαιότητα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλότητα του δείγματος. Πρέπει να τονιστεί πως ο δείκτης αυτός είναι ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος δείκτης ποικιλότητας στη διεθνή βιβλιογραφία και βασίζεται στη θεωρία της πληροφορίας (SHANNON & WEAVER, 1963). Είναι επίσης γνωστό ότι στο δείκτη αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν λογάριθμοι οποιασδήποτε βάσης χωρίς να μεταβάλεται η αποτελεσματικότητά του.

-**Οι δείκτες Hill** (1973) φαίνονται ελκυστικοί στους οικολόγους και είναι πολύ εύκολα ερμηνεύσιμοι από άλλους δείκτες ποικιλότητας.

$\mathbf{N_o=S}$ (S= συνολικός αριθμός ειδών στο δείγμα).

$\mathbf{N_1=e^{H'}}$ (H=ο δείκτης Shannon).

Ο δείκτης αυτός μετρά τον αριθμό των ειδών που εκπροσωπούνται με μεγάλο αριθμό ατόμων στο δείγμα.

$\mathbf{N_2=1/\lambda}$ (λ= ο δείκτης ποικιλότητας Simpson).

Ο δείκτης αυτός μετρά τον αριθμό των ειδών με πολύ μεγάλο αριθμό στο δείγμα.

Οι μονάδες των δεικτών του Hill είναι στην ουσία είδη και καθώς ο αριθμός τους αυξάνεται, δίνεται μικρότερο βάρος στα σπάνια είδη. Σημειώνεται ότι για τους δείκτες N_1 και N_2 προκύπτουν μικρότερες τιμές αφού μετρούν τον αριθμό των ειδών με πολύ μεγάλο αριθμό ατόμων. Άλλωστε οι δείκτες αυτοί δίνουν τη δυνατότητα απάντησης σε κάθε ερώτηση που ένας δείκτης ετερογένειας μπορεί να απαντήσει (PEET, 1974, LUDWIG & REYNOLDS, 1988).

Δείκτες ισοδιανομής

- **Ο δείκτης E_1=J'=H'/H'max=H'/ln(S)=ln(N1)/ln(S),** εκφράζει την ποικιλότητα Η' σε σχέση με τη μέγιστη τιμή της H'max και παίρνει τιμές από 0 μέχρι 1. Όσο η τιμή πλησιάζει τη μονάδα, τόσο μεγαλύτερη ισοδιανομή των ειδών υπάρχει στο δείγμα. Ο δείκτης αυτός επηρεάζεται κατά πολύ από την αφθονία των ειδών. Για παράδειγμα η προσθήκη ενός σπάνιου είδους στο δείγμα με μικρό αριθμό ειδών αλλάζει δραστικά την τιμή του.

- **Ο δείκτης Sheldon** (1969):

$$E_2=e^{H'}/S=N_1/N_o$$

Είναι στην ουσία εκθετική μορφή του E_1 και μετρά τον λόγο του αριθμού των ειδών που αντιπροσωπεύονται με μεγάλο αριθμό ατόμων στο δείγμα προς τον αριθμό των ειδών του δείγματος.

-**Ο δείκτης του Heip** (1974):

$$E_3=(e^{H'}-1)/(S-1)=(N_1-1)/(N_o-1),$$

Αποτελεί τροποποιημένη μορφή του E_2.

-**Ο δείκτης του Hill** (1973):

$$E_4=(1/\lambda)/e^{H'}=N_2/N_1,$$

μετρά το λόγο των πολύ άφθονων ειδών προς τα άφθονα είδη. Με τη μείωση της ποικιλότητας ο δείκτης πλησιάζει το 1.

-**Ο τροποποιημένος δείκτης του Hill** (1973):

$$E_5=(1/\lambda-1)/(e^{H'}-1)=(N_2-1)/(N_1-1).$$

Σύμφωνα με τον HILL (1973) ο δείκτης πλησιάζει το μηδέν κάθως ένα μόνο είδος γίνεται κυρίαρχο σε μια βιοκοινότητα, ιδιότητα που σαφώς είναι επιθυμητή για δείκτες ισοδιανομής.

Δείκτης κυριαρχίας (Dominance index)

Η μελέτη της κυριαρχίας των ειδών σε ένα οικοσύστημα αποτελεί σημαντική πληροφορία για τη δομή του οικοσυστήματος. Η κυριαρχία ενός είδους στη βιοκοινότητα αποτελεί επίσης σημαντική πληροφορία για τη διαβάθμιση της ρύπανσης σε ένα περιβάλλον, μια και υπάρχει μεταβολή στο πρότυπο κατανομής των αφθονιών κάθε είδους. Σε μια δεδομένη βιοκοινωνία υπό συνθήκες ρύπανσης, συνήθως μερικά είδη φθάνουν σε υψηλές τιμές αφθονίας, πολλών η αφθονία ελλαττώνεται, ενώ άλλα δεν επηρεάζονται (GRAY *et al.* 1988). Έτσι οι μετρήσεις της επικράτησης των ειδών μπορούν να θεωρηθούν ως διακριτές ιδιότητες της δομής της βιοκοινωνίας, ευαίσθητες στη ρύπανση, ενώ ιδιαίτερα σημαντική αρνητική συσχέτιση του δείκτη επικράτησης του McNAUGHTON (1967), με το δείκτη ποικιλότητας του SHANNON - WEAVER έχει αποδειχθεί (COOK 1976). Ωστόσο, ο συνδυασμός διαφορετικών τεχνικών, μεθόδων και δεικτών βοηθά καλύτερα στην προσέγγιση της επίδρασης της ρύπανσης στη βενθική πανίδα.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων του βένθους είναι πολύ σημαντική διαδικασία και έχει ως σκοπό τον έλεγχο της ρυπαντικής κατάστασης μιας περιοχής καθ' όλη τη διάρκεια μιας αξιοποίησης. Η ανάλυση αυτή μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους. Από παλιά είχε προταθεί (LEPPAKOSKI 1975) ο διαχωρισμός των βενθικών οργανισμών σε είδη **προοδευτικά** (progressive), **οπισθοδρομικά** (regressive) και **αδιάφορα** (indifference), ανάλογα αν είναι ή όχι ευαίσθητα στην οργανική ρύπανση. Έτσι, μια περιοχή που υφίσταται οργανική ρύπανση μπορεί να υποδιαιρεθεί σε διαφορετικές ζώνες ρύπανσης με τη χρησιμοποίηση της παρουσίας ορισμένων ειδών, την αφθονία τους και τη βιομάζα τους. Αυτά μάλιστα αποτυπώνονται με τις κλασικές καμπύλες SAB. Για παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί ότι είδη οπισθοδρομικά πρώτης τάξης θεωρούνται τα Ostracoda και το αμφίποδο *Pontoporeia affinis*. Οπισθοδρομικά δεύτερης τάξης είναι το *νηματώδες Prostoma obscurum, Saduria entomon* και από τα γαστερόποδα, τα είδη του γένους *Hydrobia*. Προοδευτικά είδη πρώτης τάξης είναι το δίπτερο έντομο *Chironomus plumosus*, ενώ δεύτερης τάξης θεωρούνται τα πολύχαιτα *Nereis diversicolor* και *Macoma baltica*.

Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί είναι ότι μεγάλο ρόλο παίζει η κατάσταση του πυθμένα της περιοχής όπου πρόκειται να γίνει η αξιοποίηση διότι τότε η περιοχή διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος και το βαθμό της οργανικής ρύπανσης. Το ίζημα πλησίον της πηγής ρύπανσης σχεδόν στερείται βενθικής μακροπανίδας. Μακρύτερα από την πηγή ρύπανσης παρατηρείται αύξηση της αφθονίας ειδών σε μικρούς αριθμούς. Αυτή η περιοχή συγκρατεί μερικά είδη που αντέχουν τη ρύπανση, ενώ ακολουθείται από ένα σημείο "**ecotone**" με μικρό αριθμό ειδών, αφθονίας και βιομάζας. Μετά ακολουθεί περιοχή υψηλής αφθονίας σε είδη και βιομάζα, όπου το οργανικό περιεχόμενο του ιζήματος είναι ακόμη υψηλό, αλλά το περιεχόμενο του οξυγόνου δεν βρίσκεται σε επάρκεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

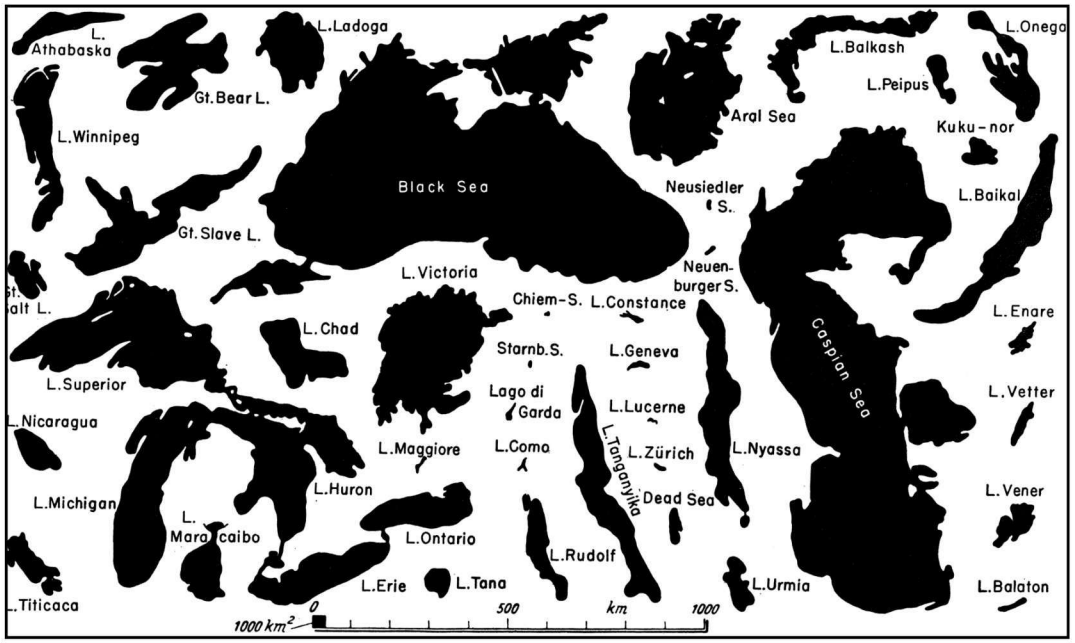
ΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΝΕΡΑ

5.1. Προέλευση και Ταξινόμηση

Τα οικοσυστήματα των εσωτερικών υδάτων αποτελούν φυσικούς πόρους όπου περικλείονται σημαντικές λειτουργίες για τη βιόσφαιρά μας, την ύπαρξή μας, το φυσικό μας περιβάλλον. Από τις λειτουργίες αυτές προκύπτουν ωφελιμιστικές αξίες για τον άνθρωπο και το φυσικό περιβάλλον γενικότερα. Παρόλα αυτά δημιουργούνται απειλές, κίνδυνοι και προβλήματα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αλλά και από φυσικά αίτια τα οποία μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στις λειτουργίες και αξίες των υδάτινων οικοσυστημάτων. Ειδικότερα, οι επιπτώσεις αυτές διαφοροποιούνται και επηρεάζονται από:

-την **άμεση και έμμεση αλληλεξάρτησή** τους με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στον ίδιο τον υδάτινο πόρο και στην ευρύτερη λεκάνη απορροής του και

- τους **συνεργηστικούς και ανταγωνιστικούς μηχανισμούς** που δημιουργούνται στον ίδιο τον υδάτινο πόρο και εκπορεύονται ακόμη και πέραν της λεκάνης απορροής του (κλιματικά φαινόμενα, υπόγεια νερά, υδατικό ισοζύγιο, φόρτιση θρεπτικών και άλλων συστατικών, γεωμορφολογία, γεωιστορία, βιογεωλογικοί κύκλοι, ανθρώπινες δραστηριότητες, βιοϊκανότητα απορρόφησης των οικολογικών κραδασμών, κ.ά).



Εικ. 1: Η έκταση της επιφάνειας των μεγαλύτερων εσωτερικών νερών με ίδια κλίμακα για όλα τα σχέδια. (πηγή: RUTTNER, 1963).

Στα νερά των επιφανειακών υγροτοπικών περιοχών ανήκουν τα ποτάμια, οι χείμαρροι, οι λίμνες, τα έλη, οι βάλτοι, οι λιμνοθάλασσες, οι λιμνοδεξαμενές και οι ταμιευτήρες, ενώ στα υπόγεια νερά περιλαμβάνονται τα νερά των γεωτρήσεων, των πηγαδιών, των πηγών και των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων (TAUB, 1984, CEC, 1992, BOON *et al.*, 1992).

Όλα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, ομίχλη κ.ά), εξαιτίας των δραστηριοτήτων της σημερινής κοινωνίας (βιομηχανικές, αγροτικές, αστικές), περιέχουν σημαντικές ποσότητες από ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Έτσι, όταν αυτό το νερό με τη μορφή της βροχής, του χιονιού και της υγρασίας ακόμη, πέφτει πάνω στο έδαφος, διαλύει ένα μέρος από τα συστατικά του, διαβρώνει το έδαφος και τελικά το συμπαρασύρει μακρύτερα. Ακολούθως, το νερό με τα προϊόντα της αποσάρθρωσης του εδάφους, μέσα από επίγειες και υπόγειες οδούς μεταφοράς εμπλουτισμένο με διαλυμένα και αιωρούμενα συστατικά, καταλήγει στους διάφορους αποδέκτες-υδατοσυλλογές όπως είναι τα ποτάμια, οι χείμαρροι, οι λίμνες, οι λιμνοθάλασσες, κάθε υγροτοπική περιοχή και τελικά οι παράκτιες περιοχές της θάλασσας. Κατά την πιο πάνω διαδρομή του, συμβαίνουν επιπλέον βιογεωχημικές αντιδράσεις οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη μεταβολή της ποιότητας και της ποσότητας των θρεπτικών και άλλων συστατικών που ήδη βρίσκονται στις υδατοσυλλογές. Εξάλλου, έχει παρατηρηθεί ότι κατά την πορεία του προς τους αποδέκτες, δημιουργείται εκλεκτική απώλεια ή και αύξηση στα πιο πάνω συστατικά του. Έτσι, τα αλλόχθονα συστατικά που περιέχονται στο νερό, τα συστατικά δηλαδή που έρχονται από μακρύτερα, δημιουργούν κατάλληλο "υπόστρωμα" (ποιότητα νερού) για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή των υδρόβιων οργανισμών που με τη σειρά τους όταν νεκρωθούν συμβάλλουν στον αυτόχθονο εμπλουτισμό, εμπλουτισμό του νερού με επιπλέον θρεπτικά και άλλα συστατικά (GOLDMAN & HORNE, 1983).

Ο τρόπος με τον οποίο διαμορφώθηκε μια υδάτινη μάζα καθορίζει σε γενικές γραμμές τη μορφολογία της, το υδρολογικό της καθεστώς και το χημισμό της. Αντίθετα, τα φυσικοχημικά και υδροβιολογικά χαρακτηριστικά μιας υδάτινης περιοχής δεν διαμορφώνονται από τον τρόπο προέλευσης της, γιατί ο χαρακτήρας της διαμορφώνεται και επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων που αλληλεπιδρούν και αλληλοεπηρεάζονται.

Η προέλευση, η κατανομή και ο σχηματισμός των φυσικών οδών επιφανειακής μεταφοράς και αποθήκευσης του νερού και των κάθε είδους υδατοσυλλογών σε οποιαδήποτε λεκάνη απορροής είναι αποτέλεσμα κλιματικών, γεωλογικών, γεωμορφολογικών παραγόντων και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Ειδικότερα, η δημιουργία των επιφανειακών υδατοσυλλογών στην ενδοχώρα μιας περιοχής οφείλεται κυρίως σε γεωλογικές διεργασίες, στη δράση των παγετώνων, των ηφαιστείων, των σεισμών και τέλος στη διαλυτική - διαβρωτική διεργασία του νερού. Επομένως, τα φυσικά αίτια αποτελούν τον κύριο παράγοντα της δημιουργίας τους και βάση για την ταξινόμησής τους (τεκτονική, ηφαιστειακή, παγετώδη, διαλυτική, κατολισθήσεων, κ.ά) (DUSSART, 1966).

Η διαμόρφωση ενός ποταμού αρχίζει από τη στιγμή που τα βρόχινα νερά θα πέσουν στην επιφάνεια της γης και θα την καλύψουν ως ένα είδος μανδύα ή και όταν τα υπόγεια νερά εκβάλλουν στην επιφάνεια της γης ως πηγές απ' όπου μπορεί να σχηματίζεται ένα ποτάμι. Έτσι, τα βρόχινα νερά ή τα πηγαία νερά σχηματίζουν τα πρώτα ρυάκια, τα πρωταρχικά ρέματα, τα οποία σε χαμηλότερα υψόμετρα συμβάλλουν και σχηματίζουν το κύριο τμήμα του ποταμού. Συνήθως, τα ποτάμια στις ορεινές περιοχές είναι ορμητικά, διασχίζουν απότομες και βραχώδεις περιοχές και έχουν σημαντική διαβρωτική δύναμη. Καθόλο το μήκος τους μπορούν να μεταφέρουν φερτά υλικά σε μεγάλες αποστάσεις τα οποία επηρεάζουν σημαντικά τις παράκτιες περιοχές όπου χύνονται, ενώ η διαβρωτική τους ενέργεια και οι μηχανισμοί μεταφοράς τους είναι πιθανό να δημιουργήσουν προβλήματα στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι ποταμοί είναι δυνατό να δημιουργήσουν λίμνες ή και να διαιρέσουν λίμνες, αν σημαντικά ποσά φερτών μεταφερθούν από έναν ποταμό ή χείμαρρο μέσα σε μια λίμνη. Για παράδειγμα, ο ποταμός Κομψάτος με τη μεταφορά φερτών υλικών τείνει να χωρίσει τη λίμνη Βιστωνίδα, όπως και ο ποταμός της Πολυκάρπης τείνει να χωρίσει τη λίμνη Καστοριά. Αντίθετα, η λίμνη του Τσιβλού στην Ακράτα της Πελοποννήσου δημιουργήθηκε όταν κατολισθήσεις έφραξαν τον ρου τού εκεί ποταμού στις αρχές του αιώνα μας.

Οι **ηφαιστειακές** λίμνες, που το σχήμα τους είναι συνήθως κυκλικό, μπορούν να σχηματιστούν κατά την ηφαιστειακή δράση, όταν δημιουργούνται βυθίσματα και κοιλώματα. Οι ηφαιστειακές λίμνες είναι σχετικά μη παραγωγικές, γιατί περιέχουν μικρές συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων. Οι λίμνες που σχηματίζονται από τη

βύθιση της οροφής ενός κενού θαλάμου που προήλθε από εκρηκτική προέλευση ονομάζονται “καλδέρες”, ενώ “μάαρς” είναι ηφαιστειακές λίμνες σε μικρά βυθίσματα, που προήλθαν από κρατήρες εκρηκτικής προέλευσης. Ηφαιστειακές λίμνες υπάρχουν στη Ν. Ζηλανδία, στην ισημερινή Ασία, στην Ιαπωνία και στις ΗΠΑ. Στην Ελλάδα και ειδικά στον Αλμυρό Βόλου υπάρχουν δύο μικρού μεγέθους λίμνες “**Μάαρς**” που οι κάτοικοι της περιοχής ονομάζουν **“Ζιλέρια**”.

Από μετακινήσεις του φλοιού της γης, προέρχονται οι **τεκτονικές** λίμνες που σχηματίστηκαν σε γεωβυθίσματα. Η Βαϊκάλη, η Ταγκανίκα, η Κασπία και άλλες βαθιές λίμνες θεωρούνται τεκτονικής προέλευσης, οι περισσότερες βρίσκονται σε τεκτονικές τάφρους και περιέχουν μεγάλο αριθμό ενδημικών ειδών χλωρίδας και πανίδας, αφού απομονώθηκαν πολύ νωρίς στη γεωλογική τους ιστορία. Στην Ελλάδα τεκτονικές λίμνες είναι οι βαθιές λίμνες Τριχωνίδα και Αμβρακία στην Αιτωλοακαρνανία που αποτελούν τα υπολείμματα της μεγάλης “Αιτωλοακαρνανίας λεκάνης” που κάλυπτε την ευρύτερη περιοχή μέχρι την περίοδο του πλειστόκαινου (ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ, 1974). Επίσης, η Βόλβη και η Κορώνεια είναι απομεινάρια της παλαιάς Μυγδονίας λίμνης που σχηματίστηκε κατά το κατώτερο πλειστόκαινο (ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, 1987).

Οι λίμνες **κατολισθήσεων** δημιουργούνται όταν μεγάλοι όγκοι ασύνδετων υλικών μετακινηθούν ξαφνικά από βροχοπτώσεις, γεω-ολισθήσεις, σεισμούς και άλλα φυσικά αίτια και φράξουν κοιλάδες ποταμών. Συνήθως, οι λίμνες αυτές έχουν περιοδικό χαρακτήρα. Η λίμνη Τσιβλού στην περιοχή Ακράτα Πελοποννήσου δημιουργήθηκε με αυτό τον τρόπο.

Οι λίμνες **παγετώδους** προέλευσης δημιουργήθηκαν από τις βαθμιαίες διαβρωτικές και αποθηκευτικές ενέργειες των μετακινήσεων του πάγου. Εκτός των πολικών περιοχών και των ψηλών βουνών, όπου μπορούν να σχηματιστούν τέτοιες λίμνες, ένα μεγάλος αριθμός λιμνών παγετώδους προέλευσης δημιουργήθηκε με την υποχώρηση των τελευταίων παγετώνων της πλειστόκαινης περιόδου, πριν δηλαδή από 2 εκ. χρόνια. Τέτοιες λίμνες βρίσκονται στη Σκανδιναβία, Καναδά και ΗΠΑ και διακρίνονται σε αμφιθεατρικές, αλυσιδωτές, φιόρδ, και λίμνες τύπου “χύτρας”, ανάλογα με τον τρόπο διάβρωσης, απόθεσης υλικών, εκβαθύνσεις και άλλες διεργασίες του παγετώνα σε κοιλάδες ή σε βουνά κοντά στη θάλασσα.

Οι **καρστικές** λίμνες προήλθαν από τη σταδιακή διάλυση ευδιαλύτων πετρωμάτων που κάλυπταν βυθίσματα. Οι λίμνες αυτές είναι συνήθεις στις ασβεστολιθικές περιοχές της Βαλκανικής, στις Αλπεις και στις ΗΠΑ. Οι καρστικές λίμνες κυκλικού σχήματος ονομάζονται “Δολίνες”. Το γνώρισμα των καρστικών λιμνών είναι ότι η στάθμη του νερού στη λίμνη είναι ευμετάβλητη. Στην Ελλάδα καρστικές λίμνες χαρακτηρίζονται οι Πρέσπες, η Καστοριά, η Βεγορίτιδα και η λίμνη των Ιωαννίνων.

Η δράση του ανέμου σε άνυδρες περιοχές μπορεί να δημιουργήσει τις λίμνες **αιολικής** προέλευσης, ενώ η δράση των κυμάτων και των ρευμάτων της θάλασσας, μπορεί να δημιουργήσει παράκτιες λίμνες. Παράκτιες λίμνες στη χώρα μας είναι πολλές και περιλαμβάνουν τις λιμνοθάλασσες του Αμβρακικού, του Μεσολογγίου και του Πόρτο Λάγος.

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν και οι λίμνες **οργανικής** προέλευσης και συνήθως δημιουργούνται από υπέρμετρη ανάπτυξη της φυτικής βλάστησης, από τη δράση των καστόρων, αλλά και από τον άνθρωπο με τις τεχνητές λίμνες.

Οι πρώτες αναφορές για **τεχνητές λίμνες** υπάρχουν εδώ και 2000 χρόνια από τους Αιγύπτιους. Αρχαία φράγματα ήταν γνωστά στη Μεσοποταμία, για αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς, ενώ τα σημερινά φράγματα έχουν κατασκευαστεί για τον έλεγχο των πλημμύρων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για υδροδότηση πόλεων και άρδευση γεωργικών εκτάσεων κ.ά.

Τα νερά της βροχής και γενικότερα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα συμβάλλουν στις επιφανειακές απορροές και συλλογές του νερού. Με την κατείσδυσή τους τροφοδοτούνται με νερό το έδαφος, οι ρίζες των φυτών, τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα, ενώ με τις απώλειες του νερού μέσω της διαπνοής των φυτών και της εξάτμισης νερού από κάθε ελευθερη επιφάνεια, εμπλουτίζεται ο ατμοσφαιρικός αέρας με υγρασία.

Γενικά, οι γεωμορφολογικές δράσεις των τρεχούμενων και λιμναζόντων νερών σε συνδυασμό με την υψηλή στάθμη των υπόγειων νερών, την αποθηκευτική ικανότητα των εδαφών και τη βλάστηση είναι δυνατό να δημιουργήσουν διαφόρους τύπους υγροτόπων, όπως έλη, βάλτους, μικρές λίμνες, λιμνοθάλασσες, υγρά λιβάδια, επίπεδα λασποτόπια κ.ά.

Ως **εσωτερικά νερά** συνήθως ορίζονται τα νερά που βρίσκονται στην ενδοχώρα ή και στον παράκτιο χώρο. Είναι "γλυκά" νερά που προέρχονται από την ενδοχώρα και τις βροχοπτώσεις ή αλμυρά νερά, υπεραλμυρά, αλλά και υφάλμυρα νερά που προέρχονται από θαλασσινά νερά τα οποία αραιώθηκαν με εισροές γλυκών νερών ή είναι γλυκά νερά που εμπλουτίστηκαν με άλατα (GOLDMAN & HORNE, 1983).

Τα εσωτερικά νερά μπορούν να διακριθούν σε στάσιμα, τρεχούμενα και αποθηκευμένα νερά, όπως και σε γλυκά, υφάλμυρα και αλμυρά νερά. Στα στάσιμα νερά συγκαταλέγονται οι λίμνες, τα έλη, οι παροδικά ή μόνιμα κατακλυζόμενες εκτάσεις. Οι ποταμοί και οι χείμαρροι ανήκουν στα τρεχούμενα νερά, ενώ οι πηγές και τα φρέατα στο αποθηκευμένο υπόγειο νερό.

Σήμερα η έρευνα και μελέτη των εσωτερικών υδάτων αποκτά ιδιαίτερη σημασία γιατί ο πόρος αυτός, δηλαδή το νερό, είναι συνδεδεμένος με τις δραστηριότητές μας, αλλά και η ίδια η επιβίωσή μας εξαρτάται από τη βέλτιστη και ορθολογική διαχείριση και προστασία του. Τα σημαντικότερα ζητήματα ως προς τα εσωτερικά νερά και την ύπαρξή μας είναι:

-πόσο νερό διατίθεται για τις ανάγκες μας (προσφορά-κατανάλωση-υδατικό ισοζύγιο),

-πού είναι αποθηκευμένο (επιφανειακοί και υπόγειοι υδροφορείς- αποδέκτες),

-ποιος είναι ο προσφορότερος τρόπος εκμετάλλευσης (υδροληψία),

-με ποιο τρόπο θα διατεθεί (διαχείριση),

-πού θα το διαθέσουμε (χρήσεις- λειτουργίες),

-πώς θα προστατεύσουμε το νερό (ποιότητα και ποσότητα, ρύποι, αλλοιώσεις, εξυγίανση, προστασία).

Τα εσωτερικά νερά στον πλανήτη μας κατανέμονται κυρίως στις φυσικές λίμνες που συγκεντρώνουν γύρω στα 200000 Km^3 νερό, στις τεχνητές λίμνες και στα ποτάμια που υπολογίζεται ότι έχουν 1200-1300 Km^3 νερό και στα υπόγεια νερά που υπολογίζεται ότι έχουν 8.4 X 10^6 Km^3 αποθηκευμένο ή μετακινούμενο νερό στα ανώτερα 1000 μέτρα του φλοιού της γης, ενώ άλλα τόσα κυβικά χιλιόμετρα νερό βρίσκονται βαθύτερα. Στην Ελλάδα, οι φυσικές και τεχνητές λίμνες καλύπτουν σε έκταση περίπου 956 Km^2 , οι λιμνοθάλασσες περίπου 288 Km^2, οι ποταμοί έχουν μήκος περίπου 4268 Km, τα έλη περίπου 58 Km^2 και οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών περίπου 723 Km^2 (Ν.Α., 1970-1996, ΕΚΒΥ, 1994).

5.1.1. Λίμνες, λιμνοθάλασσες και έλη

Συνήθως, η παρουσία και η δημιουργία μιας λίμνης εξαρτάται από την ύπαρξη ενός φυσικού βυθίσματος, κλειστού ή ανοιχτού τύπου με δομή τέτοια που να συγκρατεί λιγότερο ή περισσότερο τα νερά που οι βροχοπτώσεις ή και άλλες πηγές προσφοράς νερού φέρνουν μέσα σ' αυτό το βύθισμα. Ως λίμνη ορίζεται μικρή ή μεγάλη υδάτινη μάζα στη στεριά που περιέχει γλυκό, υφάλμυρο και αλμυρό νερό με άμεση, έμμεση, υπόγεια ή και επίγεια σύνδεση ή είναι χωρίς σύνδεση με άλλους υδάτινους χώρους και αποδέκτες (DUSSART, 1966).

Το φως, η θερμοκρασία, οι εδαφικοί, γεωμορφολογικοί και μορφομετρικοί παράγοντες, οι εισροές και απορροές των νερών, καθώς και η κλιματική κατάσταση της περιοχής παίζουν κυρίαρχο ρόλο σε μια λίμνη και διαμορφώνουν τα χαρακτηριστικά του οικοσυστήματός της (THIENEMANN, 1912).

Συνήθως, οι φυσικές καταστροφές (τεκτονική και ηφαιστειακή δραστηριότητα) δημιουργούν μια λίμνη, αλλά και ο ανθρωπος ή και τα ζώα μπορούν να δημιουργήσουν μια λίμνη. Το μέγεθος και το σχήμα μιας υδατοσυλλογής εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό από τις δυνάμεις που δημιούργησαν τη λεκάνη και από τη γεωλογική δομή, τη σύσταση και τη γεωμορφολογία της περιοχής.

Η Μαύρη Θάλασσα θεωρείται ως εσωτερική λίμνη που επικοινωνεί με τη θάλασσα, ενώ η Κασπία Θάλασσα είναι κλειστή αλμυρή λίμνη και είναι η μεγαλύτερη σε έκταση και όγκο (79300 Km^3) λίμνη στον κόσμο. Οι μεγάλες λίμνες της Β. Αμερικής (Superior, Huron, Michigan, Ontario, Erie) αποτελούν τη μεγαλύτερη μάζα επιφανειακού γλυκού νερού στη γη με συνολική έκταση 245240 Km^2 και όγκο 24620 Km^3. Η λίμνη Βαϊκάλη στην Ασία, με έκταση 31500 Km^2 , όγκο 23000 Km^3 και με μέγιστο βάθος 1741 μέτρα είναι η πιο βαθιά λίμνη στον κόσμο, ενώ η Ταγκανίκα στην Αφρική, είναι η δεύτερη σε βάθος λίμνη στον κόσμο με μέγιστο βάθος 1470 μέτρα, ενώ έχει έκταση 34000 Km^2 και όγκο περίπου 19000 Km^3 (HUTCHINSON, 1957), (Εικ. 1).

Στην πλειονότητα των λιμνών η στάθμη τους βρίσκεται πάνω από τη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας, ενώ υπάρχουν και λίμνες που η στάθμη της επιφάνειας τους βρίσκεται πολύ κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, όπως είναι η Νεκρά Θάλασσα στο Ισραήλ με τοπογραφικό υψόμετρο -980 μέτρα, η Θάλασσα της Γαλιλαίας με -210 και η Κασπία με -25 μέτρα. Οι περισσότερες από τις πλέον βαθιές λίμνες στον κόσμο τοποθετούνται με το βαθύτερο σημείο της λεκάνης τους, πολύ κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και τα

βυθίσματά τους ονομάζονται "**κρυπτοβυθίσεις**". Στην Ελλάδα, σε κρυπτοβύθισμα, βρίσκονται οι λίμνες της Αιτωλοακαρνανίας, Τριχωνίδα και Αμβρακία, αφού το βαθύτερο τμήμα της λιμναίας λεκάνης τους βρίσκεται κάτω από τη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας.

Οι **φυσικές λίμνες** στην Ελλάδα, που είναι 56, καταλαμβάνουν έκταση περίπου 29.5% (600 τ.χλμ) από το σύνολο των επιφανειακών εσωτερικών υδάτων της χώρας (2026 τ.χλμ), ενώ οι τεχνητές λίμνες που είναι 25 καλύπτουν το 17.7% (358 τ.χλμ).

Στην Ελλάδα, η λίμνη Τριχωνίδα στην Αιτωλοακαρνανία είναι η μεγαλύτερη σε έκταση λίμνη (98.6 Km^2), με όγκο 2900 X 10^3 m^3 και μέγιστο βάθος 58 μέτρα. Δεύτερη σε έκταση είναι η Βόλβη στη Μακεδονία με 68 Km^2, με όγκο 940 X 10^3 m^3 και μέγιστο βάθος 23 μέτρα, ενώ η Βεγορίτιδα στη Μακεδονία είναι η βαθύτερη ελληνική λίμνη με 70 μέτρα περίπου, τρίτη σε έκταση (53 Km^2) και δεύτερη σε όγκο (1530 X 10^3 m^3). Η Μεγάλη Πρέσπα που δεν είναι αποκλειστικά ελληνική λίμνη, έχει έκταση 266 Km^2 και μέγιστο βάθος 55 μέτρα περίπου.

Οι **λιμνοθάλασσες** είναι παράκτιες υδάτινες περιοχές με μικρό βάθος και χαρακτηρίζονται από ιδιότυπες παραγωγικές, υδροδυναμικές και ιζηματολογικές συνθήκες. Συνήθως χωρίζονται από τη γειτονική θαλάσσια περιοχή με φυσικό φράκτη την αμμολουρίδα η οποία διαχωρίζει και ουσιαστικά συντηρεί τη λιμνοθάλασσα. Έτσι, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην προστασία αυτής της δομής, ώστε να διατηρούνται τα φυσικά της χαρακτηριστικά. Εκεί όπου χρειάζονται και σε περιπτώσεις ανάγκης συνήθως έχουμε τεχνικές παρεμβάσεις (ενισχύσεις σταθερότητας, εσοδευτικά στόμια, εκβαθύνσεις κ.ά).

Οι λιμνοθάλασσες αποτελούν ιδιαίτερα παραγωγικά υδάτινα οικοσύστηματα και συχνά σχετίζονται με τη διαχείριση των φυσικών βιολογικών πόρων (αλιεία). Εξαιτίας του μικρού τους βάθους, της περιορισμένης τους έκτασης και της δεδομένης επικοινωνίας τους με τη θάλασσα, είναι συστήματα ιδιαίτερα ασταθή, με βιοποικιλότητα χαμηλή, χαρακτηρίζονται από περιορισμένη "αδράνεια" η οποία με τις επιδράσεις εξωγενών παραγόντων (ανθρωπογενών και φυσικών αιτίων) υπόκεινται σε έντονες διακυμάνσεις (CARTER, 1988). Σημειώνεται ότι ένα σημαντικό επίπεδο της οργάνωσής τους (π.χ. βενθική πανίδα) μπορεί να κυμαίνεται από την πλήρη εξαφάνιση μέχρι την πρόσκαιρη επανεποίκιση, ενώ ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τους πληθυσμούς της βενθοπανίδας είναι ο παράγοντας του "περιορισμού" του οποίου η επίδραση αυξάνει ανάλογα με την απόσταση επικοινωνίας με το θαλάσσιο χώρο. Επιπρόσθετα, στις λιμνοθάλασσες παρατηρούνται συχνά "κρίσεις δυστροφισμού" που αποδίδονται κυρίως στον έντονο ρυθμό βιοαποικοδόμησης της οργανικής ύλης που σε συνδυασμό με συγκεκριμένες υδρολογικές και κλιματολογικές συγκυρίες (νηνεμία, υψηλές θερμοκρασίες, απουσία ανανέωσης των νερών) προκαλούν έντονες αναγωγικές συνθήκες (GUELORGET *et al.*, 1983).

Εξαιτίας των πιο πάνω ιδιαιτεροτήτων οι λιμνοθάλασσες συνήθως ακολουθούν ένα πρότυπο ζώνωσης που τις διαφοροποιεί ανάλογα με το βαθμό απομόνωσής τους από τη γειτονική θάλασσα και οι οποίες αντανακλούν σε διαφορετικούς φυσικοχημικούς παράγοντες και σύνθεση βενθικών και πελαγικών κοινοτήτων (GUELORGET & PERTHUISOT,1992). Έτσι (Εικ. 2):

-η ζώνη I χαρακτηρίζεται από θαλάσσιο χαρακτήρα, με αποκλειστικά θαλάσσια είδη και φυτοπλαγκτό νηρητικής προέλευσης,

-στη ζώνη II απουσιάζουν τα τυπικά θαλάσσια είδη, απαντούν στενύαλα βενθικά είδη (*Mactra, Tellina*), το φυτοπλαγκτό έχει μειωμένη ποικιλότητα με κυρίως δινομαστιγωτά και διάτομα,

-στη ζώνη III τα είδη που απαντούν είναι ευρύοικα *(Glycera, Ruditapes*), η βιομάζα έχει μέγιστη τιμή και το φυτοπλαγκτό δεν έχει νηρητικό χαρακτήρα,

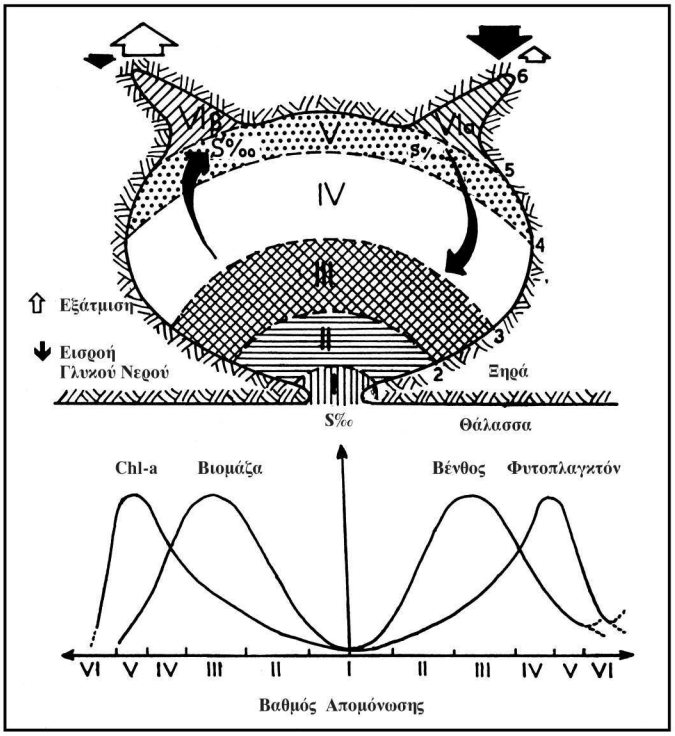
-στη ζώνη IV απουσιάζει η θαλάσσια πανίδα, τα είδη που απαντούν έχουν λιμνοθαλάσσιο χαρακτήρα (*Abra, Cerastoderma, Hediste, Gammarus*), το φυτοπλαγκτό αποτελείται κυρίως από δινομαστιγωτά και διάτομα και η χλωρίδα από το φανερόγαμο *Ruppia*,

-στη ζώνη V απαντάται υψηλή απομόνωση, στις υπερύαλες περιοχές τα είδη που απαντούν είναι μετακινούμενα βενθικά (*Corophium, Hydrobia*) ενώ στις υποΰαλες περιοχές απαντούν τριχόπτερα και ολιγόχαιτα, το φυτοπλαγκτό αποτελείται κυρίως από διάτομα και κυανοφύκη, η βιομάζα είναι μέγιστη και η χλωρίδα από *Potamogeton*,

-στη ζώνη Via υπάρχει μέγιστη απομόνωση, τα νερά είναι κυρίως γλυκά καθώς και τα είδη που απαντώνται, ελάχιστα είναι τα μετακινούμενα υφάλμυρα είδη, το φυτοπλαγκτό αποτελείται από διάτομα και η χλωρίδα από χλωροφύκη γλυκών νερών,

-στη ζώνη Vib υπάρχει μεγίστη απομόνωση, τα νερά είναι υπερύαλα ή εξατμισογενή εδάφη, εμφανίζονται κρούστες κυανοφυκών, τα χλωροφύκη είναι λίγα, ενώ η βενθοπανίδα σχεδόν απουσιάζει εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις.

Μια λιμνοθάλασσα μπορεί να περιέχει γλυκά, αλμυρά ή υφάλμυρα νερά. Ένας μεγάλος αριθμός αβιοτικών παραγόντων επηρεάζει την ισορροπία στο οικοσύστημα της λιμνοθάλασσας, όπως είναι το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, η θερμοκρασία, το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής, η αλμυρότητα και άλλοι παράγοντες.



Εικ. 2: Πρότυπο ζώνωσης σε μεσογειακό λιμνοθαλάσσιο οικοσύστημα και προσεγγιστικές καμπύλες μεταβολών στο βένθος, στο φυτοπλαγκτό, στη βιομάζα και στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α
(με λατινικούς αριθμούς παρίσταται η βιολογική ζώνωση και με αραβικούς καθορίζεται η απομόνωση κάθε ζώνης) (πηγή: GUELORGET & PERTHUISOT, 1992).

Οι λιμνοθάλασσες ανήκουν στα πλέον παραγωγικά συστήματα γιατί είναι συνεχής ο εμπλουτισμός τους σε άλατα, ενώ η βιοποικιλότητα διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της φυσικής τους αστάθειας που έτσι αποτρέπεται η εγκατάσταση πολλών βιοκοινωνιών. Παρόλα αυτά, η πρωτογενής παραγωγή τους στηρίζει αυξημένη δημιουργία οργανικής ύλης, η οποία υπερβαίνει την αυτοκατανάλωση μέσα στη λιμνοθάλασσα. Άφθονο είναι το οργανικό υλικό που εμπλουτίζει τον πυθμένα της λιμνοθάλασσας ή αυτό το οργανικό υλικό εξέρχεται προς τη θάλασσα από τα φυσικά ή τα τεχνητά ανοίγματά της. Η μεγάλη επομένως ποσότητα βιομάζας που κυριαρχεί σε ορισμένες περιοχές σε μια λιμνοθάλασσα, ουσιαστικά είναι απόθεμα ενέργειας και χρησιμεύει ως τροφή στο πολύπλοκο τροφικό τους πλέγμα. Γενικά οι λιμνοθάλασσες, με την άφθονη οργανική ύλη, την άφθονη πανίδα και χλωρίδα τους και τις ιδιόμορφες φυσικοχημικές τους συνθήκες ευνοούν την προσέλκυση πολλών ιχθυοπληθυσμών ορισμένη περίοδο, για τροφικούς κυρίως λόγους.

Από την άποψη της αλιευτικής παραγωγής οι λιμνοθάλασσες αποτελούν σημαντικά αλιευτικά κέντρα, όπου το 56% της παραγωγής αποτελούν οι κέφαλοι, γύρω στο 20% τα χέλια, 10% τα λαυράκια, και μικρότερες ποσότητες οι τσιπούρες, οι γοβιοί, οι γλώσσες, οι σπάροι και άλλα εμπορεύσιμα είδη. Με κριτήριο την αλιευτική παραγωγή, η μέση ετήσια συγκομιδή ψαριών από τις λιμνοθάλασσες ανέρχεται περίπου στα 6.3 χιλιόγραμμα ανά στρέμμα, με ακραίες τιμές παραγωγής εκείνης του Χαϊδευτού Καβάλας, όπου η ετήσια παραγωγή φτάνει τα 19.3 χιλιόγραμμα ανά στρέμμα και εκείνης των Αλυκών Θεσπρωτίας με 1.5 χιλιόγραμμα ανά στρέμμα.

Στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 72 λιμνοθάλασσες με συνολική έκταση περίπου 550 τ. χλμ, και παράγουν τουλάχιστον 6000 τόνους ψάρια υψηλής ποιότητας κάθε έτος. Στα Ιόνια νησιά έχουν καταγραφεί 10 λιμνοθάλασσες (21 τ.χλμ), στη δυτική Ελλάδα 9 (170 τ.χλμ) και με μικρότερους αριθμούς στις άλλες περιφέρειες.

Ανάλογα συστήματα με τις λίμνες είναι τα **έλη** και το χαρακτηριστικό τους είναι ότι πολύ συχνά μεταβάλλονται ποιοτικά, ποσοτικά και μορφολογικά, εξαιτίας των κλιματικών συνθηκών και του γεωλογικού-γεωμορ-

φολογικού υποβάθρου τους. Τα έλη είναι πρόσκαιρες ή μόνιμες υδάτινες περιοχές όπου τα λιμνάζοντα νερά είναι συνήθως αβαθή, καλύπτονται ως επί το πλείστον από υδρόβιες, υδροχαρείς και υδρόφιλες, καθώς και από ελόβιες φυτοκοινωνίες. Οι περιοχές των ελών πολλές φορές αποκαλούνται τέλματα ή βάλτοι ή τενάγη, αλλά ο διαχωρισμός αυτός έχει να κάνει με τις εδαφολογικές και υδρολογικές συνθήκες ανάπτυξης και διατήρησής τους.

Τα έλη έχουν ένα περιβάλλον με ιδιομορφίες και ιδιαιτερότητες και στα ενδιαιτήματά τους. Έχουν γρήγορη εξέλιξη, τα οργανικά υλικά τους ανακυκλώνονται γρήγορα και η βιομάζα τους εξαρτάται από το βένθος (οργανισμοί που ζουν στον πυθμένα), το νηκτό (οργανισμοί που κολυμπούν στο νερό) και από τα βακτήρια που αποτελούν τους κύριους οργανισμούς αποσύνθεσης. Η παραγωγικότητα των ελών εξαρτάται από το έδαφος και το pH του νερού. Έτσι, τα έλη των δασών με τα όξινα χουμικά συστατικά τους έχουν λάσπη πτωχή σε αποσυνθετικά βακτήρια και επομένως ο βακτηριακός μεταβολισμός δεν επιτρέπει την έντονη ανακύκλωση των οργανικών ουσιών. Το αντίθετο συμβαίνει με τα έλη των ευκράτων και τροπικών κλιμάτων.

Παλαιότερα τα έλη χαρακτηρίζονταν ως ανεπιθύμητες υδάτινες περιοχές γιατί είχαν συνδεθεί με την ελονοσία και ως περιοχές όπου αναδύονταν δηλητηριώδη αέρια (π.χ. υδρόθειο, μεθάνιο). Εξάλλου, ο Ιπποκράτης (400 π.χ.) στο βιβλίο του «περί αέρων, υδάτων, τόπων» αναφέρει ότι «...όσοι συνηθίζουν να πίνουν τα στάσιμα νερά των ελωδών εκτάσεων έχουν πρησμένη τη σπλήνα και το συκώτι τους». Η ελονοσία στην Ελλάδα πήρε μεγάλες διαστάσεις τη δεκαετία του 1920 με μεγάλη θνησιμότητα στους νομούς Χαλκιδικής, Κιλκίς, Ροδόπης, Θεσσαλονίκης, Δράμας, Σερρών, Πρέβεζας, Άρτας και Λευκάδας.

Η τάση για απόκτηση γης, για τις γεωργικές καλλιέργειες και για την επέκταση των οικισμών ώθησε από πολύ παλιά τον άνθρωπο να καταβάλλει προσπάθειες για την αποξήρανσή τους. Έτσι, τις τελευταίες δεκαετίες έγινε κατανοητό ότι και οι ελώδεις εκτάσεις αποτελούν πόρο του περιβάλλοντός μας με ιδιαίτερη σημασία και αξία, ενώ οι λειτουργίες που επιτελούν είναι σημαντικές.

Τα έλη ανάλογα με το βάθος του νερού, την προέλευσή τους, τη μορφολογία του εδάφους και την επίδραση των εξωτερικών παραγόντων διακρίνονται σε:

- **μικρά ή βαθιά τέλματα**. Μικρή έκταση, με βάθος νερού μικρότερο από 20 εκατοστόμετρα ή με βαθύτερο νερό (60-80 cm) και ευμετάβολη θερμοκρασία που εξαρτάται από το εξωτερικό περιβάλλον. Στα βαθύτερα τέλματα μπορεί να αναπτυχθεί, κατά τη διάρκεια της ημέρας, στρωμάτωση των νερών τους.

- **μεγάλα ή μικρά έλη**. Το βάθος του νερού τους είναι γύρω στο 1 μέτρο και εξαιτίας των θερμοκρασιακών μεταβολών που υφίστανται, αποτελούν πολυμικτικά συστήματα από την άποψη της κυκλοφορίας των νερών τους.

- **έλη που σχηματίζονται από τη βροχή, τροφοδοτούνται από πηγές, τρεχούμενα νερά κ.ά.**

Στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα περίπου 75 περιοχές με έλη συνολικής έκτασης περίπου 58 τ. χλμ, δηλαδή καλύπτουν το 2.8% του συνόλου των εσωτερικών υδάτων της χώρας. Η Θεσσαλία έχει 13 έλη (2 τ.χλμ), τα νησιά του βόρειου Αιγαίου 12 έλη (16 τ.χλμ), 11 είναι τα έλη στα νησιά του νότιου Αιγαίου (4 τ.χλμ), 9 έλη έχουν καταγραφεί στην Κεντρική Μακεδονία (10 τ.χλμ), ενώ λιγότερα υπάρχουν στις άλλες περιοχές (ΕΚΒΥ, 1994).

5.1.2. Πηγές, ποτάμια και χείμαρροι, εκβολές και δέλτα ποταμών

Οι **Πηγές** συνήθως σχηματίζονται όταν το αποθηκευμένο νερό που βρίσκεται στα υπόγεια στρώματα του γήινου φλοιού, εξέλθει στην επιφάνεια. Η έξοδος αυτή μπορεί να συμβαίνει σε σχισμή στο έδαφος ή και σε ρήγμα. Ουσιαστικά το νερό της βροχής που εισδύει βαθύτερα, γίνεται θερμότερο κατά 1° C κάθε 30 μέτρα και διαλύει μεγαλύτερο ποσό στερεών ουσιών. Το νερό αυτό όταν εξέρχεται είναι θερμότερο από τη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος της περιοχής. Στις πηγές συνήθως ζουν λίγα είδη οργανισμών, αλλά αυτά είναι συνήθως είδη ενδημικά.

Οι πηγές ανάλογα με τα υδρολογικά και άλλα χαρακτηριστικά τους ταξινομούνται σε (GOLDMANN & HORNE, 1983):

-**ελοκρηνείς.** Έξοδος νερών αργή με μικρή παροχή. Συναντώνται στα έλη και στα τέλματα, καθώς και στις όχθες των ποταμών, των ρυάκων και των λιμνών.

-**λιμνοκρηνείς.** Παροχή μερικές φορές σημαντική, με σταθερή θερμοκρασία και με ανάβλυση στο βυθό ελών και λιμνών.

-**ρεοκρηνείς**. Παροχή σταθερή, με σταθερή θερμοκρασία και ανάβλυση σε κεκλιμένα εδάφη.

Τα πηγάδια είναι ένας τύπος πηγής που δημιουργείται τεχνητά για τη συλλογή του νερού και την άντλησή του στην επιφάνεια.

Στην Ελλάδα υπάρχουν πολυάριθμες πηγές συνεχούς ή διαλείπουσας (διακοπτόμενη) παροχής, ενώ η ύπαρξή τους συνδέεται με τη γεωμορφολογία της περιοχής, την υδροφορία της και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα της ευρύτερης περιοχής.

Όταν τα ρυάκια και ρέματα των ορεινών περιοχών ενώνονται σε χαμηλότερα υψόμετρα σχηματίζουν τα **ποτάμια**. Η ταχύτητα των νερών τους εξαρτάται από την κλίση του εδάφους και την παροχή. Σημαντικές παράμετροι για τη μελέτη ενός ποταμού αποτελούν, οι εποχιακές μεταβολές της παροχής, η διακύμανση της στάθμης των νερών, η ποσότητα φερτών υλικών (στερεοπαροχή) και σε διάλυση υλικών και ουσιών, η μέση παροχή κ.ά. Το υδρολογικό καθεστώς σε ένα ποταμό είναι αποτέλεσμα της φύσης των εποχιακών διακυμάνσεων της παροχής (ΘΕΡΙΑΝΟΣ, 1974, ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, 1990). Υπάρχουν καθεστώτα:

-απλά με μια περίοδο πλημμύρας και μια περίοδο έλλειψης νερού,

-παγετώδη με άφθονη παροχή το καλοκαίρι και έλλειψη νερού το χειμώνα,

-ορεινά του χιονιού με παρόμοιες συνθήκες με εκείνες του παγετώδη τύπου, αλλά η άφθονη παροχή και η έλλειψη του νερού έρχονται εποχιακά νωρίτερα,

-**πεδινά** με παρόμοιες συνθήκες με τον προηγούμενο τύπο, αλλά η μεγάλη και άφθονη παροχή έρχεται εποχιακά ακόμη πιο νωρίς κατά την άνοιξη,

-τροπικό βροχερό με καθεστώς που χαρακτηρίζεται με πολύ μεγάλη παροχή την περίοδο των βροχών και έλλειψη την περίοδο της ξηρασίας,

-ωκεάνιο βροχερό με μέγιστο της παροχής του νερού να συμβαίνει το χειμώνα, ενώ υπάρχει έλλειψη το καλοκαίρι.

Πολλές φορές υπάρχουν και **σύνθετα-πολυδιάστατα** καθεστώτα στην παροχή ενός ποταμού.

Εξάλλου, οι ποταμοί ταξινομούνται ανάλογα με το χημισμό των νερών τους που είναι αποτέλεσμα βιογεωχημικών αντιδράσεων. Έτσι, διακρίνονται οι ποταμοί ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο, μαγνήσιο, ανάλογα με τη σχέση ασβεστίου προς μαγνήσιο και ως προς το pH.

Στην Ελλάδα τα περισσότερα ποτάμια έχουν νερό με όξινο ανθρακικό περιεχόμενο (57%) και ακολουθούν εκείνα με περιεχόμενο σε ασβέστιο (16%), μαγνήσιο, νάτριο, κάλιο, θειικά και χλωριόντα (SKOULIKIDIS, 1992). Από την άποψη της παροχής τους τα περισσότερα ποτάμια έχουν απεριοδική και χειμαρρώδη ροή, μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ιζημάτων ως αποτέλεσμα της διαβρωτικής τους δράσης και της χειμαρρώδους ροής τους. Το συνολικό μήκος των ποταμών στην Ελλάδα φτάνει τα 4268 χλμ.

Οι **εκβολές και τα δέλτα των ποταμών** θεωρούνται και ως εσωτερικά νερά. Αποτελούν χαρακτηριστικές περιοχές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη δυναμική ισορροπία απόθεσης και μετακίνησης φερτών υλικών, στη βιοποικιλότητα και στην προσέλκυση των νεαρών σταδίων ψαριών και καρκινοειδών. Στις περιοχές αυτές η προώθηση της ξηράς σε βάρος της θάλασσας είναι ένα γεγονός που εξαρτάται από την κατάσταση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των παραγόντων που δρουν στον ηπειρωτικό χώρο των λεκανών απορροής των ποταμών (κλίμα, γεωμορφολογία, τεκτονική, στερεοπαροχή κ.ά.) και των παραγόντων που δρουν στον παράκτιο χώρο των εκβολών (μορφολογία, τεκτονική, κύματα, ρεύματα, παλίρροια κ.ά) (ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ & ΧΑΧΑΜΙΔΟΥ, 1987). Οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών εξαιτίας του μεταβατικού χαρακτήρα και των αλληλεπιδράσεων ως προς το θαλασσινό και το γλυκό νερό έχουν επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Εδώ δημιουργούνται ιδιάζουσες φυσικοχημικές συνθήκες, συναθροίζονται συνήθως νεαρά ψάρια και καρκινοειδή, είναι δηλαδή οι "παιδότοποι" των αλιευμάτων. Το ιδιότυπο υδρολογικό καθεστώς που παρατηρείται στα ποτάμια της χώρας μας μπορεί σε ετήσια βάση να δημιουργήσει ακραίες καταστάσεις ως προς τη βιοπαραγωγικότητα της περιοχής των εκβολών και δέλτα. Τα δέλτα στη χώρα μας έχουν περιοριστεί σημαντικά στην προσπάθεια του ανθρώπου να καταλάβει και να αξιοποιήσει περισσότερο έδαφος (καλλιέργειες, αστική επέκταση), αλλά και να προστατεύσει τις αστικές και καλλιεργούμενες περιοχές από πλημμυρικά φαινόμενα.

5.1.3. Γενικά για υγροτόπους

Σύμφωνα με τις διεθνείς συμβάσεις για την προστασία των υγροτόπων, οι **υγρότοποι** είναι «φυσικές ή τεχνητές περιοχές παρόχθιες, παραλίμνιες ή παράκτιες περιοχές, αλυκές, έλη, τέλματα, βάλτοι ή και κατακλυζόμενες, μόνιμα ή πρόσκαιρα, από τα νερά της βροχής εκτάσεις, αλλά και περιοχές που καλύπτονται από θαλασσινό νερό το βάθος του οποίου κατά την αμπώτιδα δεν ξεπερνάει τα έξι μέτρα» (GREESON *at al.*, 1979, MALTBY *et al.*, 1989).

Οι υγρότοποι είναι γνωστό ότι αποτελούν ευαίσθητα οικοσυστήματα ανυπολόγιστης αξίας για την οικονομία της φύσης, τη λειτουργία της και την περιβαλλοντικής μας κληρονομιά και τούτο γιατί:

-Προσφέρουν **οικονομικές, πολιτιστικές, επιστημονικές και ψυχαγωγικές δυνατότητες**.

-Αποτελούν κυρίαρχο στοιχείο για την **υδρομηχανική ισορροπία** του εδάφους.

-Ρυθμίζουν την **υδρολογική ισορροπία**, δηλαδή το κλίμα, τη ροή και τη στάθμη των υδάτων.

-Ανήκουν στα **παραγωγικότερα** σε βιομάζα οικοσυστήματα.

-Είναι περιοχές **αδιάκοπων ενεργειακών διεργασιών**.

-Συγκεντρώνουν **μεγάλη ποικιλότητα** σε είδη χλωρίδας και πανίδας κ.ά (GOPAL *et al.*, 1982).

Όσο πιο απλό είναι ένα υδάτινο οικοσύστημα, τόσο πιο επώδυνες είναι οι διαταραχές στις βιοκοινότητές τους, ενώ η αυξημένη βιοποικιλότητα μαζί με την πολυπλοκότητα των τροφικών επιπέδων, επιτρέπουν στο σύστημα εναλλακτικές λύσεις και έτσι μπορεί το σύστημα να αντιπαρέλθει τις οποιεσδήποτε οχλήσεις χωρίς σημαντικούς κραδασμούς. Αποτελούν δηλαδή οι υγρότοποι, εργαστήρια της φύσης υψηλής αποδοτικότητας όπου συναντώνται όλοι οι κρίκοι και τα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας. Βασικοί όμως ρυθμιστές στο σύστημα αυτό είναι τα πουλιά τα οποία βρίσκονται στην κορυφή της τροφικής πυραμίδας και έτσι η προστασία των πουλιών τα τελευταία χρόνια έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία. Οι υγροβιότοποι, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις και ήπιους όπως λέμε τρόπους παρέμβασης και εκμετάλλευσης, μπορούν να καλύψουν βασικές ανάγκες του ανθρώπου όπως:

-την παροχή νερού και πρώτων υλών για κάθε χρήση.

-την προσφορά τροφών πλούσιων σε πρωτεΐνες (υδατοκαλλιέργειες) και

-την αναψυχή, τα σπορ και την ψυχαγωγία.

Όπως είναι γνωστό, μέσα στην ποικιλία και στον πλούτο των βιοτόπων που συνθέτουν το ελληνικό περιβάλλον, οι υγρότοποι αποτελούν μια ιδιαίτερα σημαντική ενότητα. Οι υγρότοποι ως οικοσυστήματα έχουν πολύπλοκη δομή και λειτουργικότητα, αποτελούν ζωτικούς χώρους για την επιβίωση αναρίθμητων ειδών της πανίδας και της χλωρίδας και προσφέρουν στον άνθρωπο υπηρεσίες και οφέλη με ανυπολόγιστη οικονομική, πολιτιστική, επιστημονική, ψυχαγωγική και άλλη σημασία. Ανέκαθεν οι υγρότοποι ήταν πόλος έλξης για πολλές δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα, εξαιτίας της παραγωγικότητάς τους. Έτσι, συχνά σημαντικοί υγρότοποι οδηγηθήκαν σε υπερεκμετάλλευση με αποτέλεσμα να είναι πλέον εμφανή τα φαινόμενα υποβάθμισης και διατάραξης της οικολογικής τους ισορροπίας και των πόρων τους (ΤΣΙΟΥΡΗΣ & ΓΕΡΑΚΗΣ, 1991).



Εικ. 3: Οι κυριότεροι υγρότοποι της σύμβασης Ramsar.

Οι υγρότοποι στο ελληνικό περιβάλλον έχουν ξεχωριστή σημασία και απλώνονται από το δέλτα του Έβρου μέχρι τη λίμνη Κουρνά στην Κρήτη και από τον υγρότοπο της Κω μέχρι τη λιμνοθάλασσα Αντινιώτη στην Κέρκυρα.

Οι κυριότεροι από τους υγρότοπους της Ελλάδας που έχουν ενταχθεί ή πρόκειται να ενταχθούν σε διεθνείς συμβάσεις είναι (Εικ. 3):

- το δέλτα του ποταμού Εβρου,
- το έλος Κουμπουρνού Θράκης, η λίμνη Μητρικό ή Ισμαρίδα και το σύμπλεγμα των γειτονικών λιμνών,
- η λίμνη Βιστωνίδα και το Πόρτο Λάγος,
- η λίμνη Κερκίνη,
- οι λίμνες Βόλβη και Κορώνεια,
- το έλος του Αγ. Μάμα στη Χαλκιδική,
- το δέλτα των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα και Λουδία,
- το δέλτα του Νέστου,
- οι λίμνες Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα,
- ο Αμβρακικός κόλπος με τις λιμνοθάλασσες και τους υγροτόπους στους ποταμούς Λούρο και ΄Αραχθο,
- το δέλτα του ποταμού Καλαμά,
- το δέλτα του ποταμού Σπερχειού,
- η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου και Αιτωλικού,
- η λιμνοθάλασσα Κοτύχι και δάσος Στροφυλιάς,
- η λίμνη Μουστός ή Μελιγκού Κυνουρίας,
- η αλυκή Κύτρους Πιερίας,
- μικροί υγρότοποι στη Μήλο, Τήνο, Νάξο, Σκιάθο, Σκόπελο,
- η αλυκή και η χορταρολίμνη στη Λήμνο,
- ο κόλπος της Καλλονής στη Λέσβο και οι γύρω μικροί υγρότοποι κ.ά.

Συνήθως, φυσικά αίτια και ανθρωπογενείς επεμβάσεις έχουν προκαλέσει εδώ και αρκετά χρόνια, βλάβες και καταστροφές στους ελληνικούς υγροτόπους. Φαίνεται εξάλλου, ότι διάφορα προβλήματα είναι υπεύθυνα για την απώλεια πολλών φυσικών λειτουργιών των υγροτόπων που σήμερα υπάρχουν, ενώ με αποσπασματικό τρόπο αντιμετωπίζεται κάθε προβληματική κατάσταση. Σήμερα προκηρύσσονται έργα αποκατάστασης των υγροτόπων όπου καλούνται οι ειδικοί επιστήμονες να συνεργαστούν σε διεπιστημονική βάση, ώστε να αντιμετωπίσουν το πολυσύνθετο αυτό σύστημα με ολοκληρωμένη προσέγγιση και να επιδιώξουν την εφικτή αποκατάσταση των βασικών λειτουργιών του υγρότοπου, μια και η ολική του αποκατάσταση είναι αδύνατη, διότι οι περιβαλλοντικές και άλλες συνθήκες έχουν μεταβληθεί στην περιοχή (ΤΣΙΟΥΡΗΣ & ΓΕΡΑΚΗΣ, 1991).

Η αποκατάσταση των βασικών λειτουργιών ενός υγροτόπου είναι μια χρονοβόρα φυσική εν πολλοίς διαδικασία, η οποία για να προωθηθεί έχει την ανάγκη υποστήριξης με τεχνικά μέσα, με παρεμβάσεις ήπιου χαρακτήρα, με αξιοποίηση όλων των δυνατοτήτων που σήμερα προσφέρονται στην περιοχή, ενώ οι περιβαλλοντικές, κοινωνικοοικονομικές και άλλες συνθήκες είναι σήμερα περισσότερο από κάθε άλλη φορά επιδεκτικές για την εφαρμογή των πιο πάνω διαδικασιών. Θα πρέπει εξάλλου να σημειωθεί ότι η αποκατάσταση μέρους των λειτουργιών κάθε υποβαθμισμένου υγροτόπου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη συνέχιση της περιβαλλοντικής μας κληρονομιάς και της αειφορικής ανάπτυξης της ευρύτερης περιοχής.

Σε γενικές γραμμές οι περισσότεροι των υγροτόπων περιλαμβάνουν ποικιλία βιοτόπων και ενδιαιτημάτων, όπως υγρά λιβάδια, μικρές αβαθείς περιοχές που καλύπτονται περιοδικά ή μόνιμα με νερό, αλοφυτικά έλη, αλίπεδα, διαπλάσεις από ελόφυτα, υδρόφυτα και αλόφυτα όπως αλμυρίθρες και αλμυρίκια, ενώ, όταν ο υγρότοπος είναι παράκτιος, σημαντικό μορφολογικό και λειτουργικό σύστημα αποτελούν οι αμμολουρίδες που διαχωρίζουν τον υγρότοπο από τη γειτονική θαλάσσια περιοχή.

Στις περισσότερες περιοχές τα πιο πάνω χαρακτηριστικά δεν έχουν μέχρι σήμερα επαρκώς μελετηθεί, ώστε να έχουμε την αναγκαία και απαραίτητη γνώση για τις βασικές λειτουργίες που σήμερα επικρατούν σε κάθε υγρότοπο, με βάση τις οποίες θα ερευνηθεί ο βαθμός αποκατάστασης και οι αναγκαίες παρεμβάσεις για την αναβάθμισή του και την παραπέρα διαχείρισή του. Συνήθως, η γνώση για τους περισσότερους από τους ελληνικούς υγροτόπους περιορίζεται μόνο σε γενικές περιγραφές, ενώ απουσιάζουν όλα εκείνα τα απαραίτητα στοιχεία τα οποία είναι αναγκαία και άμεσης προτεραιότητας να συλλεχθούν και να αξιολογηθούν, ώστε να προέλθει η ολοκληρωμένη προσέγγιση του θέματος που αφορά την αποκατάσταση και το βαθμό της αποκατάστασης των βασικών λειτουργιών του υγροτόπου, καθώς και τη διαχειρίσή του. Θέματα που αφορούν το υδρολογικό ισοζύγιο, την υδροπερίοδο, τις λειτουργίες του υγροτόπου και άλλα είναι απαραίτητα για κάθε παρέμβαση αποκατάστασης και διαχείρισης.

Οπως είναι γνωστό, μεγάλο μέρος των προβλημάτων που ανακύπτουν στους υγροτόπους προέρχονται από την απώλεια των φυσικών τους λειτουργιών. Μερικές από τις λειτουργίες αυτές που αφορούν όλες τις υγροτοπικές περιοχές και είναι κοινές, περιλαμβάνουν τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, την αποθήκευση και απελευθέρωση θερμότητας, ενώ πρόσθετα με αυτά κάθε υγρότοπος έχει τη δική του σημαντικότητα ως προς:

-τη στήριξη των τροφικών πλεγμάτων της περιοχής,

-την παγίδευση νερών (απάλυνση πλημμυρικών φαινομένων, εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων),

-την κατακράτηση ιζημάτων,

-την εξουδετέρωση ή μετατροπή θρεπτικών και τοξικών συστατικών και ουσιών, κ.ά (ΤΣΙΟΥΡΗΣ & ΓΕΡΑΚΗΣ, MARBLE, 1992).

Όπως είδαμε πιο πάνω, από τις λειτουργίες των υγροτόπων απορρέουν "αξίες" οι οποίες έχουν ορισμένη δυναμική για κάθε υγροτοπική περιοχή. Έτσι, με τη γνώση των "αξιών" κάθε υγροτόπου μπορεί να διαπιστωθεί η σημαντικότητα ή όχι της περιοχής. Στις ερευνητέες "αξίες" συγκαταλέγονται η βιοποικιλότητα, η ορνιθολογική, η αλιευτική, και η χλωριδική του αξία, η αποταμίευση νερού, η συγκράτηση και εξουδετέρωση τοξικών, θρεπτικών και άλλων συστατικών και ουσιών κ.ά. Όσες από τις "αξίες" μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο αποτελούν τις "χρήσεις" του υγρότοπου δηλαδή την κινητική ενέργεια του συστήματος και επομένως η ορθολογική διαχείριση των "χρήσεων" κάθε υγρότοπου συντελεί στη διατήρησή του (GOPAL *et al.,* 1982, MITSCH & GOSSELINK 1986).

Πέρα όμως από τη σημαντικότητα ή όχι των λειτουργιών που περικλείει κάθε υγρότοπος, πρωταρχικής επίσης σημασίας, ερευνητέο και βάση για το βαθμό αποκατάστασης των λειτουργιών του υγροτόπου αποτελεί ο τύπος και το είδος της "υδροπεριόδου" που σήμερα επικρατεί και εκείνη που επιδιώκεται να διαμορφωθεί μετά τα έργα παρέμβασης. Γιατί, όπως είναι γνωστό από τη διεθνή πρακτική και εμπειρία, η αποκατάσταση πολλών από τις βασικές λειτουργίες κάθε υγροτόπου εξαρτώνται από την "υδροπερίοδο" του υγροτόπου.

Ως προς τις λειτουργίες που υπάρχουν σε κάθε υγρότοπο, εκείνες που παρουσιάζει προβλήματα και εκείνες που είναι εφικτό να αποκατασταθούν, καθώς και ο βαθμός αποκατάστασής τους δεν μπορούν να προωθηθούν, αν πρώτα από όλα δεν αποκτηθούν οι απαραίτητες γνώσεις που τον αφορούν. Για παράδειγμα, η γνώση των τροφικών πλεγμάτων που υπάρχουν σε μία υγροτοπική περιοχή είναι πρωταρχικής σημασίας για την αξιολόγηση ενός υγροτόπου και για το βαθμό αποκατάστασης που επιδιώκεται. Τα τροφικά πλέγματα στηρίζουν τις βιοκοινότητες, δημιουργούν τη βιοποικιλότητα και τη σταθερότητα σε ένα οικοσύστημα, και αποτελούν μία από τις βασικές λειτουργίες των υγροτόπων. Από την άποψη αυτή για τα τροφικά πλέγματα στις περισσότερες περιοχές τίποτα δεν είναι γνωστό, γιατί απουσιάζει η σχετική γνώση η οποία μπορεί να αποκτηθεί μόνο με διαχρονική επιτόπου έρευνα και μελέτη. Ειδικότερα στο σημείο αυτό παρεμβαίνει η υδροβιολογική διάσταση, τα ποσοτικά και ποιοτικά μεγέθη της ασπόνδυλης πανίδας που αποτελεί τη βάση της τροφής για τα ανώτερα τροφικά επίπεδα δηλαδή τα ψάρια και τα πουλιά. Αυτός θεωρείται ότι είναι ένας αξιόπιστος τρόπος για να αξιολογηθεί η σημερινή κατάσταση και να προταθούν και μέχρι ποιο βαθμό, παρεμβάσεις που θα αποκαταστήσουν τα τροφικά πλέγματα και θα τα ενισχύσουν. Με ανάλογη μεθοδολογία θα ανακτηθούν οι απαραίτητες γνώσεις για το υπόψη έργο και τη διαχείρισή του (MARBLE, 1992).

Ένα από τα πρώτα και εξίσου σημαντικά θέματα που συνήθως ανακύπτουν και χρειάζονται τη διεπιστημονική έρευνα και μελέτη, καθώς και τη συνεισφορά της τεχνικής είναι:

-η αναγνώριση της περιοχής του υγροτόπου, όπου με επιστημονική διαδικασία η οποία βασίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια πρέπει να αποκτηθεί μεταξύ των άλλων η γνώση για την υγροπερίοδο, το υδατικό ισοζύγιο, τη χλωρίδα και βλάστηση, το έδαφος, την ασπόνδυλη πανίδα, την ορνιθοπανίδα, τα ψάρια κ.ά.

- η οριοθέτηση αυτής της περιοχής για σκοπούς προστασίας της, η οποία δεν μπορεί να βασιστεί μόνο σε αντικειμενικά μετρήσιμα δεδομένα και κριτήρια.

Η οριοθέτηση για την προστασία κάθε υγροτοπικής περιοχής τις περισσότερες φορές δεν μπορεί να ακολουθεί τα συγκεκριμένα όρια του υγρότοπου, όπως αυτά έχουν προκύψει από την αναγνώριση. Και αυτό είναι επακόλουθο γιατί:

-μέσα στον υγρότοπο μπορεί να υπάρχουν περιοχές που βρίσκονται κάτω από διαφορετικό καθεστώς ιδιοκτησίας και χρήσης (δημόσιες και ιδιωτικές εκτάσεις, χρήση για βόσκηση, καλλιέργεια, άντληση νερών κ.ά) τα οποία είναι πρακτικά δύσκολο να διευθετηθούν,

- ο υγρότοπος ως οικοσύστημα δεν είναι απομονωμένος από τη γειτονική χέρσο, το γειτονικό δάσος, την ευρύτερη λεκάνη απορροής του και επομένως θα πρέπει να αξιολογείται ως ένα ενιαίο σύνολο, με τις ιδιαιτερότητες και τις επιρροές που προκύπτουν από τα φυσικά αίτια και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες,

- η εύκολη εφαρμογή της οριοθέτησης συνήθως ακολουθεί τα εμφανή και χαρακτηριστικά τοπογραφικά στοιχεία της περιοχής (λόφος, συστάδες δένδρων, αναχώματα, οδικό δίκτυο κ.ά) τα οποία μπορεί και να βρίσκονται έξω από τα στενά όρια του αναγνωρισμένου υγροτόπου.

Ανάλογα με τους σκοπούς της η οριοθέτηση συνήθως βασίζεται σε διαφορετικά κριτήρια, που, για παράδειγμα, έχουν να κάνουν με τον έμβιο κόσμο που χρειάζεται την ειδική προστασία (ενδημικά ψάρια), με τις κοινωνικοοικονομικές ανάγκες, με την εφικτότητα εφαρμογής των μέτρων κ.ά.

Στην Ελλάδα η οριοθέτηση ενός υγροτόπου για λόγους προστασίας των έμβιων όντων, ακολουθεί τη διαδικασία της "ζώνης" όπου συνήθως οριοθετούνται δύο ζώνες, η περιοχή με τη μικρότερη και τη μεγαλύτερη (πυρήνας) προστασία ή και η ζώνωση σε τέσσερις ζώνες με την αυστηρή προστασία, την ενδιάμεση καθώς και με τη συμβατότητα ή όχι ορισμένων ή όλων των τοπικών δραστηριοτήτων.

Όσο αποτελεσματική είναι η αντιμετώπιση των σημερινών προβλημάτων και η γνώση των σημερινών συνθηκών σε έναν υγρότοπο, τόσο αξιόπιστος θα είναι ο βαθμός της ολοκληρωμένης αποκατάστασης των βασικών λειτουργιών του υγρότοπου, λειτουργίες που έχουν απολεστεί από τη μέχρι σήμερα εγκατάλειψη ή και τη μονομερή διαχείριση του. Ύστερα από σχετική μελέτη και συναξιολόγηση των νέων περιβαλλοντικών, κοινωνικοοικονομικών και άλλων δεδομένων, θα πρέπει να καθοριστούν οι σημερινές λειτουργίες που θα αποκατασταθούν, η εφικτότητα-βιωσιμότητα των στόχων, οι λειτουργίες που θα αποκαταστηθούν σε ποιο βαθμό η κάθε μία και με ποιά μεθοδολογία εκτέλεσης. Ο στόχος θα είναι, οι επιδιωκόμενες λειτουργίες που θα προέλθουν από την αποκατάσταση να προσομοιάζουν κατά το δυνατό τις φυσικές (COWARDIN *et al.*, 1979).

Για το βαθμό αποκατάστασης των βασικών λειτουργιών ενός υγροτόπου ενδεικτικά παρατίθεται μια μεθοδολογία εργασιών,

α. Για την **εκτίμηση του βαθμού αποκατάστασης** απαραίτητη είναι η γνώση για τα:

-Χαρακτηριστικά γνωρίσματα που σήμερα υπάρχουν, διαμορφώνουν την περιοχή και έχουν επίπτωση στο οικοσύστημα του υγρότοπου (τοπογραφία, μορφολογία, υδρολογία, υδροβιολογικά, υδροχημικά, υδρογεωλογικά, γεωλογικά, περατότητα και σύσταση εδαφών αμμολουρίδας και πυθμένα υγροτόπου, σύσταση ιζήματος πυθμένα κ.ά).

β. Για την **αποκατάσταση των βασικών λειτουργιών** του υγρότοπου είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν:

- Υδροπερίοδος (παλαιά, σημερινή, εφικτή μελλοντική)
- Υδρολογικό καθεστώς, πηγές προσφοράς νερού
- Μορφολογική οριοθέτηση σε κάθετο και οριζόντιο επίπεδο
- Τροφικά πλέγματα και άλλες λειτουργίεςτου υγρότοπου που είναι απαραίτητες να αποκατασταθούν ή και να ενισχυθούν
- Απαραίτητες παρεμβάσεις, εφικτότητα έργων και αποδοτικότητα με εναλλακτικά σενάρια συνθηκών περιβάλλοντος

γ. Matrix για το **βαθμό αποκατάστασης των βασικών λειτουργιών** του υγρότοπου. Υπόδειγμα τέτοιας μεθοδολογίας παρατίθεται στον Πίνακα Ι.

Οι κίνδυνοι που απειλούν τους υγροβιότοπους είναι αρκετοί. Υγρότοποι με εξαιρετική πλούσια πανίδα αποστραγγίζονται και αποξηραίνονται για να χρησιμοποιηθούν για τη γεωργική ανάπτυξη ή τα νερά τους χρησιμοποιούνται εντατικά για την άρδευση των γειτονικών γεωργικών καλλιεργειών (Στυμφαλία, Φενεός κ.ά). Εξάλλου, πολλές περιοχές υγροτόπων δέχονται επικίνδυνα βαριά μέταλλα, οικιστικά λύματα, εντομοκτόνα, απορρυπαντικά, πλαστικά και άλλες ουσίες, υλικά που υποβαθμίζουν τις βιοκοινωνίες και την ισορροπία τους (ΤΣΙΟΥΡΗΣ & ΓΕΡΑΚΗΣ, 1991). Επομένως, οι υγροτοπικές περιοχές είναι οικοσυστήματα με εκπληκτική δομή και λειτουργικότητα, αποτελούν ζωτικούς χώρους όπου επιβιώνουν αναρίθμητα είδη χλωρίδας και πανίδας, προσφέρουν στον άνθρωπο και στο περιβάλλον γενικότερα οφέλη και υπηρεσίες με κλιματική, οικονομική, πολιτιστική, επιστημονική, ψυχαγωγική και άλλη σημασία. Εξαιτίας της μεγάλης τους παραγωγικότητας συγκεντρώνουν δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα οι οποίες συχνά υποβαθμίζουν και διαταράσσουν την οικολογική ισορροπία των υγροτόπων (MARBLE, 1992).

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Υπόδειγμα για τη μελέτη ως προ το βαθμό αποκατάστασης και των βασικών λειτουργιών υποβαθμισμένων υγροτοπικών περιοχών (πηγή: MARBLE, 1992)

		Βαθμός Αποκατάστασης Βασικές Λειτουργίες Υγροτόπου						
α/α	***Υδροπερίοδος (Τύπος, Είδος, Συνδυασμός)***	***Στήριξη Τροφικών Πλεγμάτων***	***Αποταμίευση Νερού***	***Επανατροφοδότηση Υδροφορέων***	***Συγκράτηση Ιζημάτων***	***Εξουδετέρωση Θρεπτικών και Τοξικών Συστατικών***	***Ελαχιστοποίηση Πλημμυρικών Φαινομένων***	***Άλλες***
1	Μόνιμη Κατάκλυση σε ολόκληρη την επιφάνεια όλο το έτος							
1.1	-από θάλασσα							
1.2	-από γλυκά νερά							
1.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
2	Μόνιμη Κατάκλυση μόνο στον κεντρικό πυρήνα όλο το έτος							
2.1	-από θάλασσα							
2.2	-από γλυκά νερά							
2.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
3	Περιοδική Κατάκλυση σε ολόκληρη την επιφάνεια όλο το έτος							
3.1	-από θάλασσα							
3.2	-από γλυκά νερά							
3.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
4	Περιοδική Κατάκλυση μόνο στον πυρήνα όλο το έτος							
4.1	-από θάλασσα							
4.2	-από γλυκά νερά							
4.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
5	Πρόσκαιρη Κατάκλυση σε ολόκληρη την επιφάνεια όλο το έτος							
5.1	-από θάλασσα							
5.2	-από γλυκά νερά							
5.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
6	Πρόσκαιρη Κατάκλυση μόνο στον πυρήνα και όλο το έτος							
6.1	-από θάλασσα							

Βαθμός Αποκατάστασης Βασικές Λειτουργίες Υγροτόπου								
α/α	***Υδροπερίοδος (Τύπος, Είδος, Συνδυασμός)***	***Στήριξη Τροφικών Πλεγμάτων***	***Αποταμίευση Νερού***	***Επανατροφοδότηση Υδροφορέων***	***Συγκράτηση Ιζημάτων***	***Εξουδετέρωση Θρεπτικών και Τοξικών Συστατικών***	***Ελαχιστοποίηση Πλημμυρικών Φαινομένων***	***Άλλες***
6.2	-από γλυκά νερά							
6.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
7	Εποχιακή Κατάκλυση σε ολόκληρη την επιφάνεια							
7.1	-από θάλασσα							
7.2	-από γλυκά νερά							
7.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
8	Εποχιακή Κατάκλυση μόνο στον πυρήνα							
8.1	-από θάλασσα							
8.2	-από γλυκά νερά							
8.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
9	Απεριοδική Κατάκλυση σε ολόκληρη την επιφάνεια και όλο το έτος							
9.1	-από θάλασσα							
9.2	-από γλυκά νερά							
9.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
10	Απεριοδική Κατάκλυση μόνο στον πυρήνα και όλο το έτος							
10.1	-από θάλασσα							
10.2	-από γλυκά νερά							
10.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
11	Κορεσμός με Νερό							
11.1	-από θάλασσα							
11.2	-από γλυκά νερά							
11.3	-από θάλασσα και γλυκά νερά συνδυαστικά							
12	Άλλες Συνθήκες							

-Κλίμακα βαθμολογίας: Υ=Υψηλός βαθμός αποκατάστασης, Μ=Μέτριος, Χ= Χαμηλός.
-Μόνιμη Κατάκλυση= κατάκλυση από νερό σχεδόν όλο το έτος, Περιοδική= περιοδική κατάκλυση εξαιτίας των βροχοπτώσεων, Εποχιακή= κατάκλυση κυρίως τη βιοπαραγωγική περίοδο, Απεριοδική= κατάκλυση απεριοδικά εξαιτίας δυσμενών συνθηκών, Πρόσκαιρη=κατάκλυση πρόσκαιρη και περιορισμένη, Κορεσμός= το έδαφος κορεσμένο με νερό χωρίς να σχηματίζει υδάτινη επιφάνεια.
- Κριτήρια επιλογής για την ενδεδειγμένη λύση= α) Αποκατάσταση στο μεγαλύτερο μέρος των λειτουργιών που προϋπήρχαν, β) ελαχιστοποίηση των υπαρχόντων περιβαλλοντικών και άλλων προβλημάτων, γ) εφικτότητα κοινωνικοοικονομικής αποδοχής.

5.2. Μορφολογικά Υδρολογικά και Υδροβιολογικά Χαρακτηριστικά

Από παλιά είχε μελετηθεί η επίδραση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών στο γενικότερο οικοσύστημα μιας υδάτινης περιοχής και είχε διατυπωθεί η άποψη ότι αυτά τα χαρακτηριστικά αποτελούν προσδιοριστικούς παράγοντες των φυσικών της λειτουργιών-διεργασιών και της βιολογικής παραγωγικότητας της περιοχής (THIENEMANN, 1912). Αργότερα, τονίστηκε ο ρόλος των μεταβλητών παραμέτρων που σχετίζονται με την ηλιακή ακτινοβολία και τις κλιματικές συνθήκες (BRYLINSKY & MANN, 1973). Σήμερα, υποστηρίζεται ότι μπορούμε να ερμηνεύσουμε αρκετά για τη φύση μιας υδάτινης περιοχής, αν εκτός των κλιματικών και ανθρωπογενών δεδομένων της λεκάνης απορροής, τα στοιχεία, τα δεδομένα και οι μετρήσεις συνοδευτούν, τουλάχιστον σε εποχική βάση, από τις συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου, την έλλειψη ή την επάρκειά του, τη διαφάνεια των νερών, το χρώμα του. Εξάλλου, έμφαση δίνεται στη φύση και δομή των ενδιαιτημάτων, στα υδρολογικά, υδροδυναμικά, γεωμορφολογικά και στα μορφομετρικά δεδομένα της περιοχής (ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα των εισροών και παροχών, χρόνο ανανέωσης των νερών, επικρατούντα ρεύματα και συνιστώσες τους, μέσο βάθος, έκταση και όγκο της υδάτινης περιοχής, μήκος της ακτογραμμής, μέγιστο βάθος, στο μέγιστο μήκος, στο μέγιστο πλάτος, στη φύση της παράκτιας και παρόχθιας ζώνης κ.ά. (HUTCHINSON, 1957, RUTHNER, 1963, GOLTERMAN, 1975, COEL, 1983, WETZEL, 1983, κ.ά).

Η γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής μιας λίμνης ή ενός ποταμού ελέγχει και διαμορφώνει τη φύση της αποστράγγισης προς τη λιμναία λεκάνη, ενώ η μορφομετρία της λεκάνης επηρεάζει τα φυσικά, χημικά και βιολογικά φαινόμενα και έτσι παίζει πρωτεύοντα ρόλο στο μεταβολισμό της λίμνης, και σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Γενικά, το σχήμα μιας λίμνης μπορεί να καθορίσει την παραγωγικότητά της. Ρηχές λίμνες με αναλογικά μεγαλύτερο ποσοστό νερού σε επαφή με το ίζημα είναι πιο παραγωγικές από λίμνες βαθιές που έχουν και απότομες ακτές.

Η **μορφολογία** μιας λίμνης περιγράφεται από λεπτομερή βυθομετρικό χάρτη από τον οποίο συνήθως αναζητούνται οι πιο κάτω μορφομετρικές παράμετροι:

- **Έκταση (A),** είναι το εμβαδόν της επιφάνειας μιας λίμνης.
- **Μέγιστο βάθος (Zm),** είναι το μεγαλύτερο βάθος της λίμνης.
- **Όγκος (V),** είναι ο συνολικός όγκος των εκτάσεων κάθε στρώματος ύδατος σε διαδοχικά βάθη από την επιφάνεια μέχρι το βαθύτερο σημείο της λίμνης ($V=h/3[(A1+A2+..+Av) \sqrt{A1A2...Av}$], όπου h=βάθος στρώματος και A1, A2... Av, η έκταση των διαφόρων στρωμάτων νερού.
- **Μέσο βάθος (Z),** είναι ο λόγος του όγκου προς την έκταση της επιφάνειας της λίμνης (z=V/A).
- **Μήκος ακτογραμμής (L),** είναι το μήκος της ακτογραμμής που ορίζεται ανάμεσα στο νερό και τη στεριά.
- **Ανάπτυξη ακτογραμμής (DL),** είναι ο λόγος του μήκους της ακτογραμμής προς την περιφέρεια ενός κύκλου που έχει έκταση ίση με αυτή της λίμνης ($DL=L/2\sqrt{\pi A}$).
- **Μέγιστο μήκος (l),** είναι η λιμναία απόσταση μεταξύ δύο πιό απομακρυσμένων σημείων της ακτής που δεν παρεμβαίνει η στεριά.
- **Μέγιστο πλάτος (b),** είναι η κάθετη απόσταση προς τον άξονα του μεγίστου μήκους, των πιο απομακρυσμένων σημείων της ακτής, χωρίς να παρεμβάλλεται η στεριά.
- **Μέσο πλάτος (d),** είναι ο λόγος της έκτασης προς το μέγιστο μήκος (d=A/l)

Η προέλευση μιας λίμνης μπορεί να φανερωθεί από τη σχέση μεταξύ της έκτασης μιας λίμνης προς την έκταση της εδαφικής της λεκάνης. Μικρές τιμές γύρω στο 0,4 φανερώνουν την τεκτονική της προέλευση, ενώ η φύση μιας λίμνης φανερώνεται από την σχέση του μέσου προς το μεγαλύτερο βάθος. Τιμή γύρω στο 0,5 δείχνει την τεκτονική φύση της.

5.2.1. Μορφολογία και υδρολογία λιμνών και ποταμών

Ρυάκια, ρέματα, χείμαρροι ποτάμια, λίμνες, λιμνοθάλασσες και εκβολές, δηλαδή το σύνολο των οδών μεταφοράς και συλλογής μιας λεκάνης απορροής, αποτελούν το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής. Η λεκάνη απορροής ενός υδρογραφικού δικτύου καθορίζεται από τον υδροκρίτη της. Στο σύστημα αυτό οι κύριες είσοδοι ενέργειας είναι τα κατακρημνίσματα και η ηλιακή ενέργεια, ενώ έξοδοι είναι η εξατμισοδιαπνοή, η μεταφορά των ιζημάτων και η εκροή του νερού (επιφανειακή και υπόγεια).

Σε κάθε λεκάνη απορροής, υδρολογικής σημασίας παράμετρος, είναι το μήκος της, το σχήμα της, η όψη της, η κλίση του εδάφους της και η δομή της. Εξίσου σημαντικό είναι **η τάξη του κλάδου** ή οι κλάδοι των ρευμάτων που διατρέχουν την περιοχή. Ο λόγος διακλάδωσης των ρευμάτων μάς παρέχει εκτίμηση των σχετικών

αριθμών διαφορετικών τάξεων ρευμάτων και δείχνει ότι επηρεάζεται από το σχήμα της λεκάνης. Συνήθως υπολογίζεται ο λόγος διακλάδωσης R που ισούται με το λόγο του αριθμού των κλάδων μιας τάξης (na) προς τον αριθμό των κλάδων της επομένως μεγαλύτερης τάξης **(na+1)**/ **(R=na/na+1),** ενώ υπάρχει και η σχέση μεταξύ των λόγων διακλάδωσης προς τη φύση των υδρογραφημάτων πλημμύρας. Ετσι, λεκάνες με μικρούς λόγους διακλάδωσης παράγουν έντονα πλημμυριακά φαινόμενα, ενώ λεκάνες με μεγάλους λόγους δίνουν ήπια πλημμυριακά φαινόμενα.

Άλλη σημαντική παράμετρος είναι **η πυκνότητα απορροής** που ισούται με το λόγο του ολικού μήκους του ρεύματος προς την έκταση της λεκάνης απορροής. Αυτή η παράμετρος ελέγχει τις μετακινήσεις του νερού μέσα σε ένα οικοσύστημα απορροής.

Για κάθε υδάτινο οικοσύστημα και τη λεκάνη απορροής του σημαντικές υδρογεωμετεωρολογικού παράμετροι είναι κυρίως (ΣΟΥΛΙΟΣ, 1986):

- **Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της λεκάνης, ο συντελεστής επιφανειακής τους απορροής και η κατείσδυσή τους**. Για παράδειγμα, σχιστόλιθοι, ψαμμίτες, με κροκαλοπαγή και μάργες θεωρούνται αδιαπέραστοι σχηματισμοί, έχουν μεγάλο συντελεστή επιφανειακής απορροής (>35% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων) και μικρή κατείσδυση (3-7% της ατμοσφαιρικής κατακρήμνισης). Τα ανθρακικά πετρώματα με διαρρήξεις και "καρστ" παρουσιάζουν μικρή επιφανειακή απορροή (0-6.5%), ενώ η κατείσδυσή τους είναι μεγάλη και κυμαίνεται σε ποσοστό από 50-50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Προσχώσεις, τεταρτογενείς και σχηματισμοί νεότερης ηλικίας, έχουν ποικίλο συντελεστή επιφανειακής απορροής, ενώ η κατείσδυσή τους προσδιορίζεται συνήθως στο 10-25% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.
- **Ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων** στη συνολική υδρολογική λεκάνη και στη λιμναία λεκάνη.
- **Ο όγκος των επιφανειακών απορροών της εδαφικής λεκάνης** προς τη λίμνη.
- **Ο όγκος των υπόγειων εισροών** προς τη λίμνη.
- **Ο όγκος του νερού που εξατμίζεται** από την επιφάνεια της λίμνης.
- **Ο όγκος του νερού που απάγεται από τη λίμνη** για διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.
- **Οι όγκοι ύδατος που απορρέουν επιφανειακά και υπόγεια** από τη λίμνη.
- **Η σχετική υγρασία του εδάφους και η εξατμισοδιαπνοή της εδαφικής λεκάνης**.

Σημαντικές σχέσεις, για το οικοσύστημα της λίμνης, την τροφική του κατάσταση, και τη γενικότερη υδάτινη οικονομία της περιοχής είναι οι πιο κάτω:

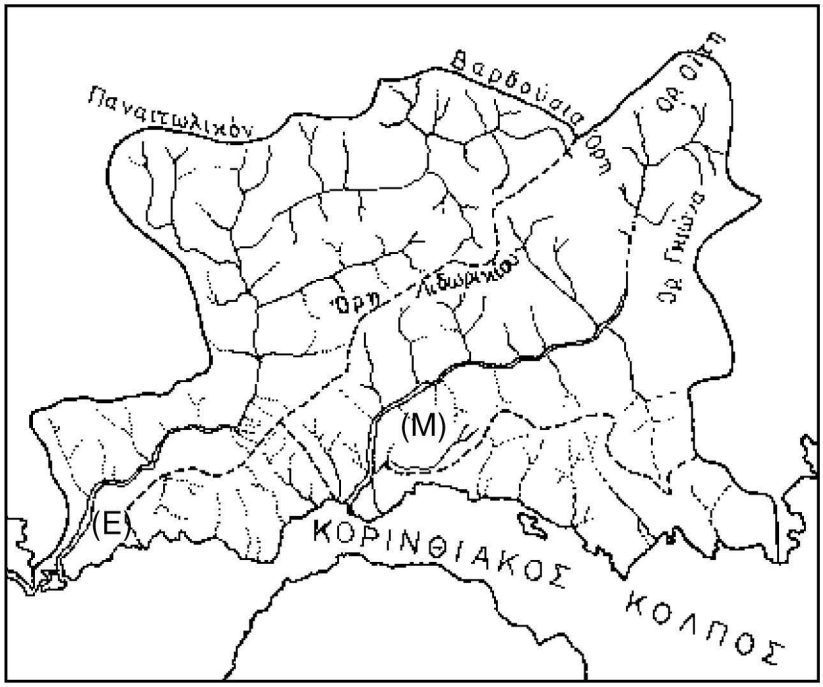
- **χρόνος παραμονής (T) των υδάτων μιας λίμνης** (**T= V/Q** , όπου V= όγκος λίμνης, Q= όγκος επιφανειακής απορροής)
- **συχνότητα ανανέωσης των υδάτων της λίμνης** (**ρ= Q/V**)
- **χρόνος ανανέωσης των υδάτων της λίμνης** (**r= V/I**, όπου I= συνολικός όγκος εισροών προς τη λίμνη)
- **επιφανειακή φόρτιση** (**q= Q/A**, όπου A= έκταση λίμνης)
- **χρόνος παραμονής διαλυμένων ουσιών στη λίμνη** (**S= V/I-Ev**, όπου Ev= όγκος εξάτμισης).

Στην ατμόσφαιρα κυκλοφορούν σημαντικές ποσότητες από ανόργανες και οργανικές ενώσεις ανθρωπογενούς προέλευσης (βιομηχανικές, αστικές και γεωργικές δραστηριότητες) και συστατικά από φυσικά αίτια (ηφαίστεια, κυκλωνικά συστήματα). Αυτές οι ενώσεις με τα κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.ά.) έρχονται στη λεκάνη απορροής και στην ίδια τη λίμνη και αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού φορτίου θρεπτικών και άλλων συστατικών που φθάνουν σε μία υδάτινη περιοχή, είτε μέσω των οδών του νερού, είτε μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα. Εξάλλου, το νερό που πέφτει σε υψηλότερα υψόμετρα στη λεκάνη απορροής καθ' οδό προς τον αποδέκτη, επιφανειακά και υπόγεια, φορτίζεται με ανόργανες και οργανικές ουσίες. Κατά τη διαδρομή του επίσης λαμβάνουν χώρα διάφορες βιογεωχημικές αντιδράσεις οι οποίες μεταβάλλουν ποσοτικά και ποιοτικά τις πιό πάνω ενώσεις (BOON *et al.*, 1992).

Έτσι, είναι σήμερα αποδεκτό ότι ένα λιμναίο ή ποτάμιο οικοσύστημα αποτελείται από τη λιμναία λεκάνη ή τον ποταμό και τη λεκάνη απορροής (Εικ. 4).

Συνήθως, αναζητείται με μαθηματικές μάλιστα εκφράσεις να εκτιμηθεί η σημασία της λεκάνης απορροής με τα φορτία των θρεπτικών συστατικών από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και τα φυσικά αίτια. Εξάλλου, εκτιμάται η ρυθμιστική επίδραση αυτών των ενώσεων, στη λειτουργία του μεταβολισμού της λίμνης και στη σημασία των θρεπτικών συστατικών στους οργανισμούς και στη φύση. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά προέχονται, τόσο από την εδαφική λεκάνη απορροής, όσο και από το ίδιο το ίζημα της λίμνης που αποτελεί την αυτόχθονη πηγή προσφοράς και δέσμευσης των πιο πάνω συστατικών (TAUB, 1984).

Παλαιότερα οι ερευνητές περιορίζονταν μόνο στις λειτουργικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς, αργότερα ανάμεσα στους οργανισμούς και στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των λιμνών και πολύ αργότερα οδηγήθηκαν στην έρευνα των σχέσεων ανάμεσα στους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες.

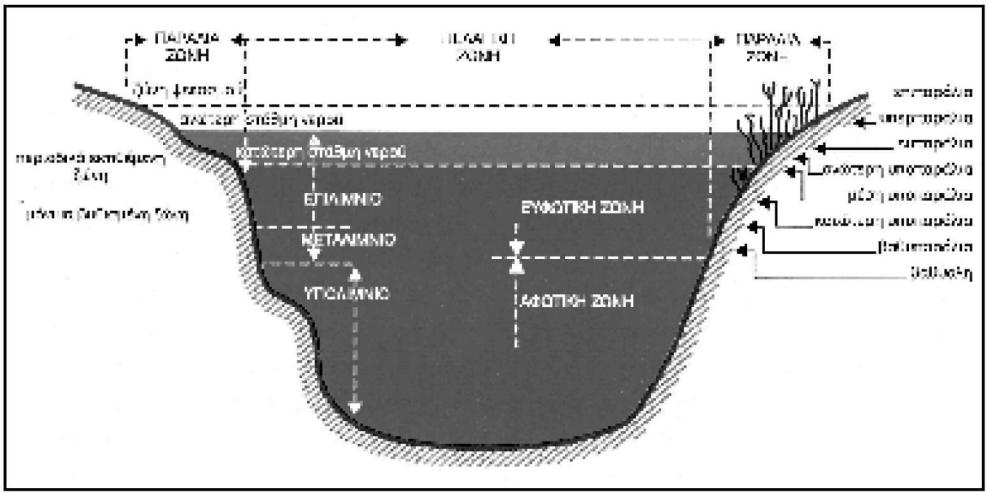


Εικ. 4: Το υδρογραφικό δίκτυο και οι λεκάνες απορροής των ποταμών Εύηνου (Ε) και Μόρνου (Μ).

Όπως σήμερα γνωρίζουμε, μέσα στην ίδια τη λίμνη το υδάτινο περιβάλλον δεν είναι ομοιογενές. Συνήθως, διαμορφώνονται διάφοροι οικολογικοί χώροι που εποικίζονται από διαφορετικές κοινωνίες φυτών και ζώων, όπως είναι οι πλαγκτικές στο πλαγκτό, οι περιφυτικές στο περίφυτο, οι βενθικές μέσα και επάνω στις πέτρες και στο ίζημα. Οι χώροι αυτοί σε μεγάλο βαθμό δεν είναι ανεξάρτητοι αλλά λειτουργούν συνδυαστικά μεταξύ τους.

5.2.2. Φυσική διάρθρωση και ζώνωση λιμνών και ποταμών

Η φυσική διάρθρωση ή ζώνωση μιας υδάτινης μάζας εξαρτάται από το μέγεθος και την ειδικότερη μορφομετρία της λεκάνης της, τα γεωμορφολογικά της χαρακτηριστικά, αλλά και τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής (Εικ. 5)



Εικ. 5: Φυσική και οικολογική διάρθρωση ενός τυπικού λιμναίου οικοσυστήματος.

Η παράλια και παρόχθια ζώνη κάθε υδάτινης μάζας αποτελούν τη σημαντικότερη περιοχή, τόσο από την άποψη της βιολογικής παραγωγικότητας, όσο και από το ότι αποτελούν τη ζώνη "φίλτρανσης", τη ρυθμιστική ζώνη, η οποία ελαχιστοποιεί τις από έξωθεν επιπτώσεις στην υδάτινη μάζα. Αυτή η ζώνη προσδιορίζεται μεταξύ των άλλων από τη διακύμανση της στάθμης της επιφάνειας των νερών, την παροχή, την κλίση του πυθμένα της λεκάνης, τα γεωεδαφικά της χαρακτηριστικά, τη διαφάνεια των νερών και το βάθος τους. Στη ζώνη αυτή αναπτύσσονται κυρίως τα υδρόβια φυτά. Η κατανομή των φυτών αυτών εξαρτάται κυρίως από το υπόστρωμα, το φως, τη μηχανική ενέργεια του ανέμου και τις κινήσεις του νερού (HUTCHINSON, 1967). Συνήθως, στην εξωτερική προς τη χέρσο περιοχή αναπτύσσονται υδρόφιλα δένδρα (*λεύκες, ιτιές, φράξοι* κ.ά), ακολουθούν υδρόφιλοι θαμνώνες και υδρόφιλα ποώδη λιβάδια. Από τα υδρόβια μακρόφυτα, τα **υπερυδατικά** βρίσκονται περιφερειακά στην εξωτερική ζώνη η οποία γειτνιάζει με την ξηρά, περιοδικά βρίσκονται μέσα στο νερό, αλλά μπορούν να επιβιώσουν και εκτός νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα φυτά αυτά συνήθως αποτελούνται από *βούρλα, καλάμια και ψαθιά*. Πιο βαθιά και πάντοτε μέσα στο νερό βρίσκονται τα **εφυδατικά** μακρόφυτα με επιπλέοντα φύλλα και άνθη όπως *νούφαρα, σπιροδέλες, λέμνες* και ακόμη βαθύτερα προς το εσωτερικό της υδάτινης περιοχής τα υφυδατικά με βυθισμένα φύλλα όπως τα *μυριόφυλλα* και οι *ποταμογείτονες*. Τέλος, φυτά μπορούν να βρεθούν και ακόμα βαθύτερα με τα *χαρόφυτα* τα οποία προσδιορίζουν το κατώτερο όριο της εύφωτης ζώνης, ζώνη μέσα στην οποία μπορεί να επιτελεστεί η φωτοσύνθεση. Το μέγιστο βάθος όπου μπορούν να βρεθούν τα υδρόβια μακρόφυτα εξαρτάται κυρίως από τη διαφάνεια των νερών. Συνήθως, τα φυτά αυτά αναπτύσσονται σε βάθη μικρότερα από 9 μέτρα, ενώ έχουν αναφερθεί μερικές περιπτώσεις ανάπτυξης φυτών πάνω από τα 11 μέτρα και μεμονωμένες περιπτώσεις όπου βρέθηκαν υδρόβια μακρόφυτα σε βάθος 20 μέτρων (HUTCHINSON, 1967).

Στα περιφερειακά τμήματα του βυθού μιας λίμνης αναπτύσσεται η **παράλια**, παραλιακή ή παράκτια ζώνη. Αυτή η ζώνη περιλαμβάνει την περιοχή η οποία υφίσταται τη δράση του κυματισμού και του ψεκασμού από το λιμναίο νερό. Η ζώνη αυτή φθάνει μέχρι το βάθος εκείνο στο οποίο εξαφανίζεται η υδρόβια ριζωμένη βλάστηση, δηλαδή μέχρι εκεί όπου το φως είναι επαρκές για να αναπτυχθούν οι φωτοαυτότροφοι οργανισμοί. Αυτή η ζώνη χαρακτηρίζεται από άφθονη ηλιακή ενέργεια, υφίσταται στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και κυρίως εδώ βρίσκονται ριζωμένα υδρόβια φυτά που στηρίζουν την ανάπτυξη πολλών άλλων οργανισμών.

Η παράλια ζώνη περιλαμβάνει μεταβατικές ζώνες από την ακτή μέχρι το βαθύτερο σημείο της. Αυτή η ζώνη διακρίνεται στην επιπαραλιακή, υπερπαραλιακή, ευπαραλιακή, ανώτερη υποπαραλιακή, μεσοπαραλιακή, κατώτερη παραλιακή και βαθυπαραλιακή. Ειδικότερα, **η ευπαραλιακή** περιοχή, περικλείεται από την ανώτερη και κατώτερη στάθμη του νερού, βρίσκεται στην ακτογραμμή και επηρεάζεται από τα κύματα. Η **ευπαραλιακή** μαζί με την **υποπαραλιακή** (ανώτερη, μέση και κατώτερη παραλιακή), ακολουθεί τη διαμόρφωση του εδάφους και κατοικείται από μεγάλο αριθμό φυτικών και ζωικών οργανισμών. Το βάθος της είναι περιορισμένο και συνήθως συμπίπτει με το βάθος εκείνο της λίμνης όπου φωτοσύνθεση και αναπνοή ισοσταθμίζονται. Στην **ανώτερη παραλιακή** ζώνη, υπάρχει η αναδυόμενη ριζωμένη βλάστηση, στη μέση παραλιακή ζώνη βρίσκεται η ζώνη της επιπλέουσας ριζωμένης βλάστησης και στην κατώτερη υποπαραλιακή ζώνη βρίσκονται ριζωμένα μακρόφυτα. Η **παράλια** ζώνη συμπίπτει συνήθως με το επιλίμνιο μιας λίμνης. Κάτω από την παράλια ζώνη διακρίνεται η **βαθυπαράλια,** όπου βρίσκονται διασκορπισμένα φωτοσυνθετικά φύκη και βακτήρια και συνήθως στις λίμνες που στρωματοποιούνται αποτελεί το μεταλίμνιο τους. Η βαθύτερη περιοχή που στερείται βλάστησης είναι η **βαθύαλη** ζώνη, ενώ σε μεγάλες λίμνες υπάρχει και η αβυσσική ζώνη.

Εκτός της περιοχής του βυθού σε μία λιμναία λεκάνη διακρίνουμε και την περιοχή του ελεύθερου νερού, την πελαγική ζώνη. Η **πελαγική** ζώνη, πέρα από το κατώτατο όριο της παράλιας ζώνης δέχεται τη μικρότερη επίδραση από τις ακτές και τον πυθμένα. Εδώ, αναπτύσσονται μορφές της ζωής που είναι προσαρμοσμένες στην αιώρηση, κολύμβηση ή την επίπλευση, δηλαδή απαντώνται κυρίως πλαγκτικοί και νηκτικοί οργανισμοί. Η πελαγική ζώνη ανάλογα με τη διείσδυση του φωτός διακρίνεται σε ευφωτική και αφωτική ζώνη. Η **ευφωτική** εκτείνεται από την επιφάνεια της λίμνης μέχρι το βάθος εκείνο που φθάνει το 1% της προσπίπτουσας στην επιφάνεια ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτή η ζώνη λέγεται και **τροφογενής** ζώνη, λόγω της επικράτησης της φωτοαυτότροφης παραγωγής. Η **αφωτική** ζώνη λέγεται και **τροφολυτική** και επικρατούν η αναπνοή και η αποικοδόμηση.

Η πελαγική ζώνη ανάλογα με την κατανομή της θερμοκρασίας διακρίνεται, κατά τη θερινή περίοδο και σε βαθιές εύκρατες λίμνες:

- **στο επιλίμνιο** που περιλαμβάνει το ανώτερο θερμότερο στρώμα με σχετικά ομοιόμορφη θερμοκρασία και ιδιαίτερη κυκλοφορία,
- **στο μεταλίμνιο,** όπου αναπτύσσεται το θερμοκλινές, που περιλαμβάνει το μεσαίο στρώμα μέσα στο οποίο ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας σε σχέση με το βάθος είναι μεγαλύτερος από 1° C ανά μέτρο.
- **στο υπολίμνιο** που είναι το κατώτερο στρώμα, το ψυχρότερο και σχετικά αδιατάραχτο.

Κατά μήκος ενός ποταμού συνήθως διακρίνονται διάφορες ζώνες, κυρίως με βάση τα είδη ψαριών που επικρατούν σ' αυτές. Οι ζώνες αυτές, ως επί το πλείστον, ταυτίζονται με είδη "κλειδιά" που βρίσκονται σε κάθε περιοχή. Ετσι, στην κεντρική Ευρώπη και κατ'επέκταση και στην Ελλάδα με τις ιδιαιτερότητες που χαρακτηρίζουν τα ποτάμια μας και την ιδιόμορφη εν πολλοίς ιχθυοπανίδα μας, διακρίνονται οι ζώνες, της πέστροφας (*Salmo*), του τυλιναριού (*Leuciscus*) ή της τσίμας (*Phoxinus*), της μπριάνας (*Barbus*) ή του κέφαλου (*Leusiscus*), η ζώνη της λεστιάς (*Abramis*), όπου τα περισσότερα είδη είναι λιμνόφιλου χαρακτήρα και τέλος η περιοχή των εκβολών όπου τα είδη που βρίσκονται εδώ έχουν ευρύαλο χαρακτήρα (MUUS & DAHLSTROEM, 1971).

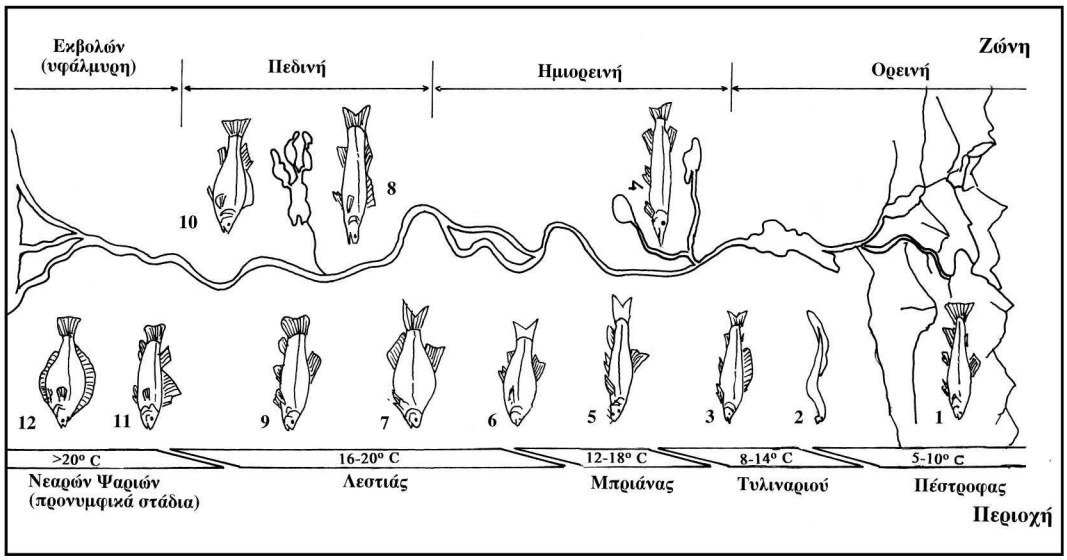
Γενικά, στη **ζώνη της πέστροφας,** υπάρχει μεγάλη κλίση στο έδαφος, τα νερά είναι ορμητικά, ο πυθμένας έχει πέτρες και χαλίκια και το νερό είναι ψυχρό και με αρκετό διαλυμένο οξυγόνο. Στη **ζώνη του τυλιναριού,** το βάθος του νερού μπορεί να φθάνει και τα 2 μέτρα, η κλίση του εδάφους είναι μικρότερη και τα ρηχά νερά εναλλάσσονται με ποταμόλακκους. Τα είδη που απαντούν εδώ ανήκουν στα πεστροφοειδή *(Salmo)* και στα ρεόφιλα κυπρινοειδή (*Barbus & Abramis*). Στη **ζώνη της μπριάνας** ο ποταμός έχει μέτρια κλίση και ποικίλα ρεύματα με γρήγορα και ήρεμα νερά, ενώ στη **ζώνη της λεστιάς** περιλαμβάνονται τα χαμηλότερα τμήματα του ποταμού, δηλαδή τα κανάλια και οι τάφροι. Τα νερά είναι συνήθως θολά, το καλοκαίρι η θερμοκρασία υψηλή, και το διαλυμένο οξυγόνο μειωμένο (Εικ. 6).

Μια άλλη ταξινόμηση ορίζει το τμήμα πάνω από το όριο της ζώνης του τυλιναριού ως "ρείθρο" και κάτω από αυτό ως "πόταμον". Το **ρείθρο** εκτείνεται από την πηγή μέχρι την περιοχή όπου η μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού φτάνει τους 20° C, το οξυγόνο αρκετά υψηλό, η ροή γρήγορη, ο πυθμένας αποτελείται από πέτρες και χαλίκια και η πανίδα είναι ψυχρή στενοθερμική και το πλαγκτό απουσιάζει ή είναι λίγο. Το **πόταμον** είναι η περιοχή όπου η μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού υπερβαίνει τους 20° C , το οξυγόνο απουσιάζει μερικές φορές, η ροή είναι αργή και ο πυθμένας αποτελείται κυρίως από άμμο και λάσπη. Η πανίδα είναι ευρύθερμη ή θερμή στενοθερμική και συνήθως το πλαγκτό είναι άφθονο (GOLDMAN & HORNE, 1983).

Άλλοι ερευνητές ταξινομούν έναν ποταμό ανάλογα με τα γεωτοπογραφικά χαρακτηριστικά: **εύκρηνο** (περιοχή πηγής), **υπόκρηνο** (ρυάκι πηγής), **ρείθρο** (πετρώδες ρεύμα) και το **πόταμον** (ιλυοαμμώδης πυθμένας) που φτάνει μέχρι τη θάλασσα.

Οι **ορεινές ροές** των ποταμών σχηματίζονται στις ορεινές περιοχές όπου υπάρχει σχετικά μεγάλη κλίση στο έδαφος, τα νερά τους είναι θορυβώδη, ο πυθμένας τους έχει χαλίκια και χοντρή άμμο, δεν έχουν διαλυμένα άλατα αλλά κρυσταλλική άργιλο που είναι το προϊόν της διάλυσης ορυκτών από τη δράση του χιονιού.

Όταν το επιτρέπουν οι υδρολογικές, τοπογραφικές, γεωμορφολογικές και άλλες συνθήκες σχηματίζονται οι **χείμαρροι** που μπορεί να βρίσκονται σε ορεινές, ημιορεινές και πεδινές περιοχές. Στις χαμηλότερες περιοχές οι χείμαρροι μεταφέρουν ανόργανα και οργανικά υλικά σε διάλυση και εμπλουτίζουν με αυτά τους αποδέκτες τους.



Εικ. 6: Γενική ταξινόμηση ποταμού σύμφωνα με τις ζώνες διαβίωσης των ψαριών του.

(1= Πέστροφα, 2= Λάμπρενα, Πετρόμυζον, 3= Τυλινάρι, 4= Τούρνα, 5= Μπριάνα, 6= Κοκκινοφτέρα, Τσερούκλα, 7= Λεστιά, 8= Ποταμολαύρακο, 9= Γλήνι, 10= Ποταμόπερκα, 11= Λιπαριά, 12= Πλατιχθύς) (πηγή: MUUS & DAHLSTROEM, 1971).

5.2.3. Υδρόβιες κοινότητες και χαρακτηριστικά

Στα εσωτερικά νερά ζουν πολυποίκιλοι οργανισμοί με ειδική οικολογική συμπεριφορά, θρεπτικές απαιτήσεις, κύκλους αναπαραγωγής και διαβίωσης.

Βακτήρια, πρωτόζωα, μύκητες, φύκη, ανώτερα φυτά, ασπόνδυλα και σπονδυλωτά απαρτίζουν τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι οργανισμοί αυτοί κατά τη διάρκεια της ζωής τους προσλαμβάνουν διάφορα στοιχεία από το νερό για τη σύνθεση των ζωτικών τους συστατικών, μεταβάλλουν την ποιοτική σύνθεση του νερού με τις εκκρίσεις και τα προϊόντα του μεταβολισμού τους, το νερό σταδιακά γίνεται ακατάλληλο για ορισμένους από αυτούς τους οργανισμούς, ενώ άλλοι οργανισμοί το βρίσκουν κατάλληλο. Οποιαδήποτε δηλαδή μεταβολή στις συνθήκες του υδάτινου περιβάλλοντος προξενεί αργά ή γρήγορα μεταβολές και στις βιοκοινότητές του (MELLANBY, 1963, EDMONDSON, 1966, HYNES, 1970).

Τα υδρόβια ζώα και φυτά χρειάζονται νερό για την επιβίωσή τους. Όταν το νερό βρίσκεται σε ανεπάρκεια ή απουσιάζει, τότε οι προσαρμοστικότεροι των οργανισμών πέφτουν σε νάρκη, ή παράγουν αβγά, κύστεις και σπόρια που αντέχουν στις αντίξοες συνθήκες.

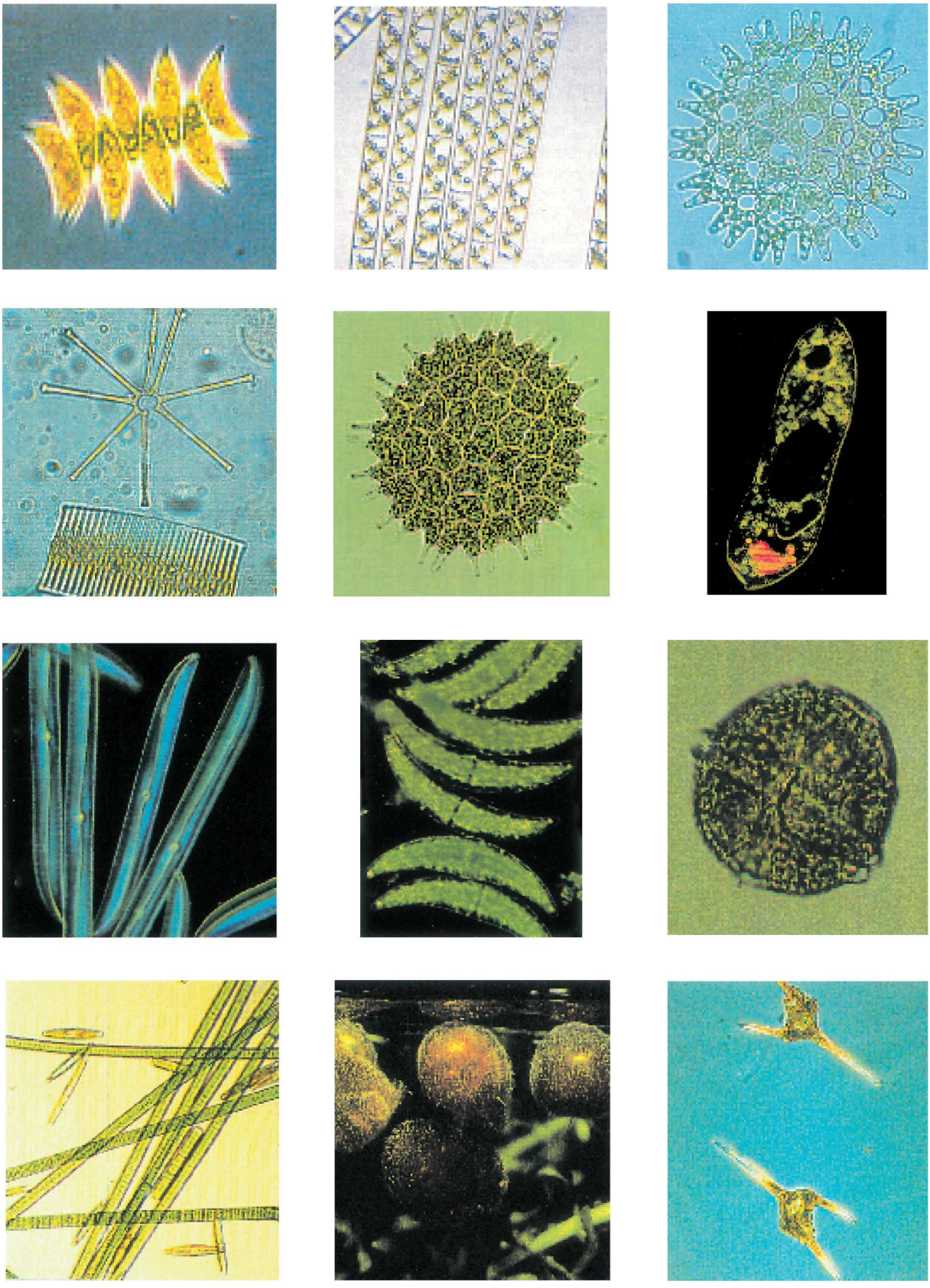
Υπάρχουν υδρόβιοι οργανισμοί που περνούν όλη τη ζωή τους μέσα στο νερό, ενώ άλλοι βρίσκονται στο νερό σε ορισμένη φάση της ζωής τους. Άλλοι οργανισμοί είναι ανθεκτικοί σε μεγάλες ή μόνο μικρές μεταβολές των φυσικοχημικών και υδροδυναμικών χαρακτηριστικών του νερού, άλλοι βρίσκονται εκεί όπου υπάρχει ορισμένη ποιότητα και ποσότητα νερού, ορισμένο βάθος ή απουσία φωτός, ενώ μερικοί υδρόβιοι οργανισμοί απουσιάζουν από τα γλυκά νερά (εχινόδερμα, κεφαλόποδα). Πολλές φορές γεωγραφικοί και γεωλογικοί παράγοντες συνδέονται με το υπόστρωμα, τη ροή και τη χημική σύσταση των νερών, ενώ βιολογικοί παράγοντες καθορίζουν την παρουσία των βιοκοινοτήτων. Οι αναπαραγωγικές και τροφικές συνήθειες των υδρόβιων οργανισμών ποικίλουν και εξαρτώνται μεταξύ των άλλων από την απουσία ή παρουσία άλλων οργανισμών, από τη σύσταση και δυναμική του νερού, από την ύπαρξη ή όχι ορισμένων φυτικών ή και ζωικών οργανισμών. Για παράδειγμα, όταν ένας οργανισμός αποθέτει τα αβγά του σε τρεχούμενα νερά θα πρέπει να τα προστατεύσει. Αυτό μπορεί να γίνει, είτε με τοποθέτηση και προσκόλληση των αβγών πάνω σε πέτρες και σε χόρτα, είτε μέσα σε ζελατινώδεις μάζες ή μέσα σε ορισμένα ειδικά "καταλύματα" (MACAN & WORTHINGTON, 1951).

Οι ενότητες των **υδρόβιων οργανισμών** διακρίνονται σε οργανισμούς που ζουν μέσα στο νερό στο πέλαγος, στην πελαγική ζώνη και αποτελούν το πλαγκτό και το νηκτό και οργανισμούς που ζούν πάνω ή κάτω από πέτρες και το ίζημα ή μέσα στο ίζημα του πυθμένα και αποτελούν τους βενθικούς οργανισμούς, το βένθος. Υπάρχουν όμως και οργανισμοί οι οποίοι διέρχονται ορισμένη φάση της ζωής τους στο βένθος και την υπόλοιπη φάση στην πελαγική ζώνη ή και το αντίστροφο (**ολοπλαγκτικοί και μεροπλαγκτικοί** οργανισμοί).

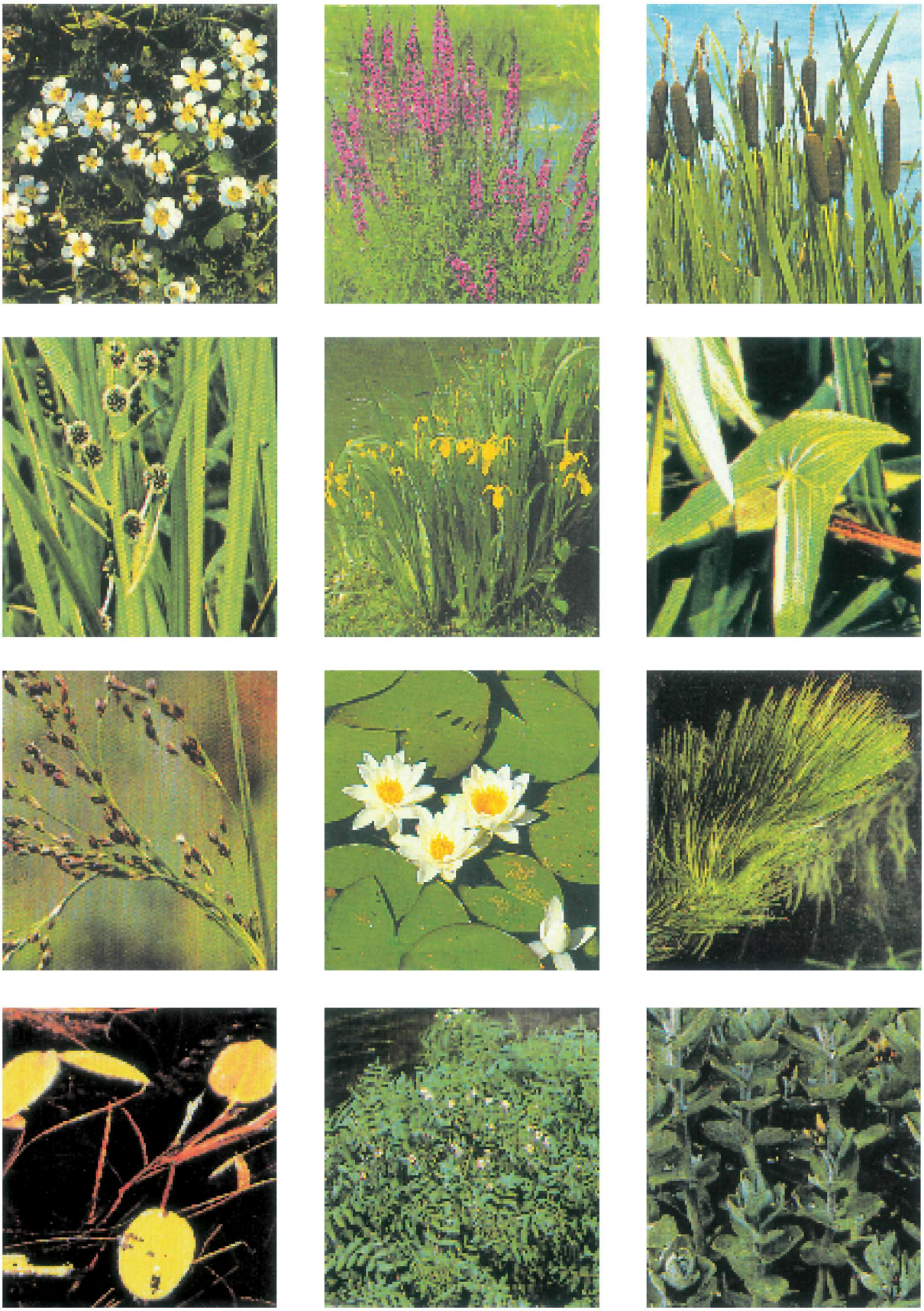
Υπάρχουν πολλά ευδιάκριτα ενδιαιτήματα στο νερό, το καθένα με τη δική του χαρακτηριστική κοινότητα μικροοργανισμών. Σε γενικές γραμμές περιλαμβάνονται στις υδρόβιες κοινότητες (ΠΑΠΟΥΤΣΟΓΛΟΥ, 1981):

- **το Πλαγκτόν:** οργανισμοί οι οποίοι διατηρούνται στη στήλη του νερού και πλανώνται (Εικ. 7,9).
- **το Νευστόν:** ειδικευμένη κοινότητα, προσκολλημένη στη δι-επιφάνεια νερού-αέρα, η οποία υπάρχει στις θάλασσες, καθώς και στα σχετικά ήρεμα νερά των λιμνών.
- **το Νηκτόν:** οργανισμοί με ανεπτυγμένες κολυμβητικές ικανότητες που ανήκουν στις ανώτερες τροφικές βαθμίδες.
- **το Περίφυτο:** κοινωνίες μικροοργανισμών σε βλεννώδεις επικαλύψεις υποστρωμάτων.
- **το Βένθος:** οργανισμοί οι οποίοι εποικίζουν επιφάνειες ή και βρίσκονται κάτω από αυτές, σχηματίζοντας διαφορετικές κοινότητες. (Εικ. 8,10,11). Αυτές μπορεί να είναι:
  - -Επιφυτικές: αναπτύσσονται πάνω σε επιφάνειες άλλων φυτών (σε αγγειόσπερμα και άλλα φύκη).
  - -Επιζωικές: αναπτύσσονται πάνω σε ζώα.
  - -Επιπελικές: αναπτύσσονται πάνω στο ίζημα.
  - -Επιλιθικές: αναπτύσσονται πάνω σε πέτρες, χαλίκια και στέρεα αντικείμενα.
  - -Επιψαμικές: αναπτύσσονται πάνω ή μέσα στην άμμο.

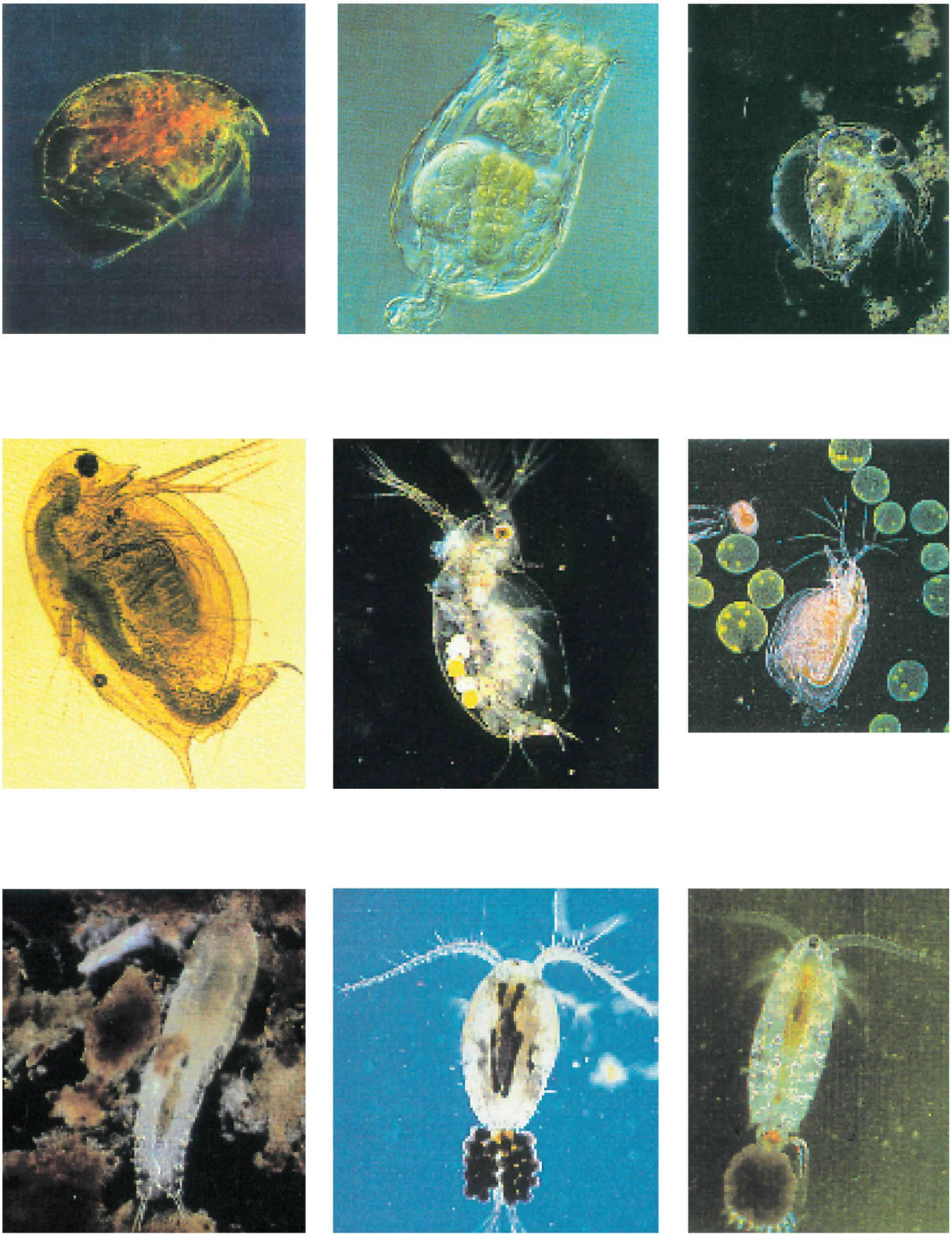
Αν και τα είδη των οργανισμών στο νερό μπορεί να διαφέρουν, υπάρχουν παρόμοιες αλλά σαφείς κοινότητες πλαγκτικών και βενθικών οργανισμών σε όλο τον κόσμο, τόσο στα γλυκά νερά, όσο και στη θάλασσα. Οι διαφορετικές κοινότητες δεν είναι το ίδιο σημαντικές σε διαφορετικά νερά. Αλλη είναι η σημασία του βένθους, του πλαγκτού και του νηκτού στα αβαθή, γλυκά, υφάλμυρα ή και θαλασσινά νερά, διαφορετική στα βαθιά νερά.



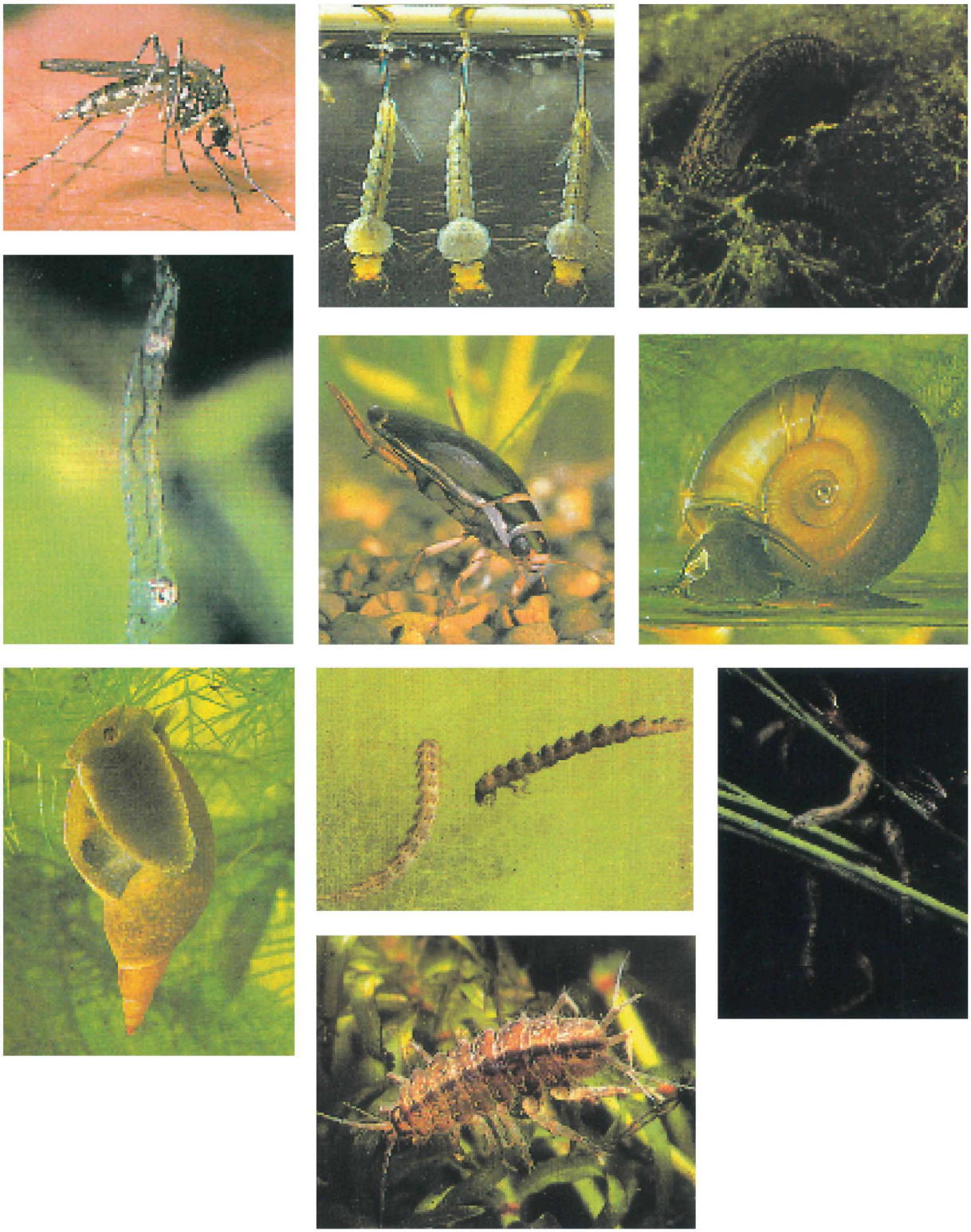
Εικ. 7: Συνήθεις οργανισμοί του φυτοπλαγκτού των ελληνικών γλυκών νερών (*Scenedesmus*X350, *Spirogyra*X20, *Pediastrum*X400, *Asterionella*X400, *Pediastrum*X450, *Euglena*X1000, *Gyrosigma*X300, *Closterium*X350, *Peridinium*X650, *Oscillatoria*X200, *Gloeotrichia*X4, *Ceratium*X50).



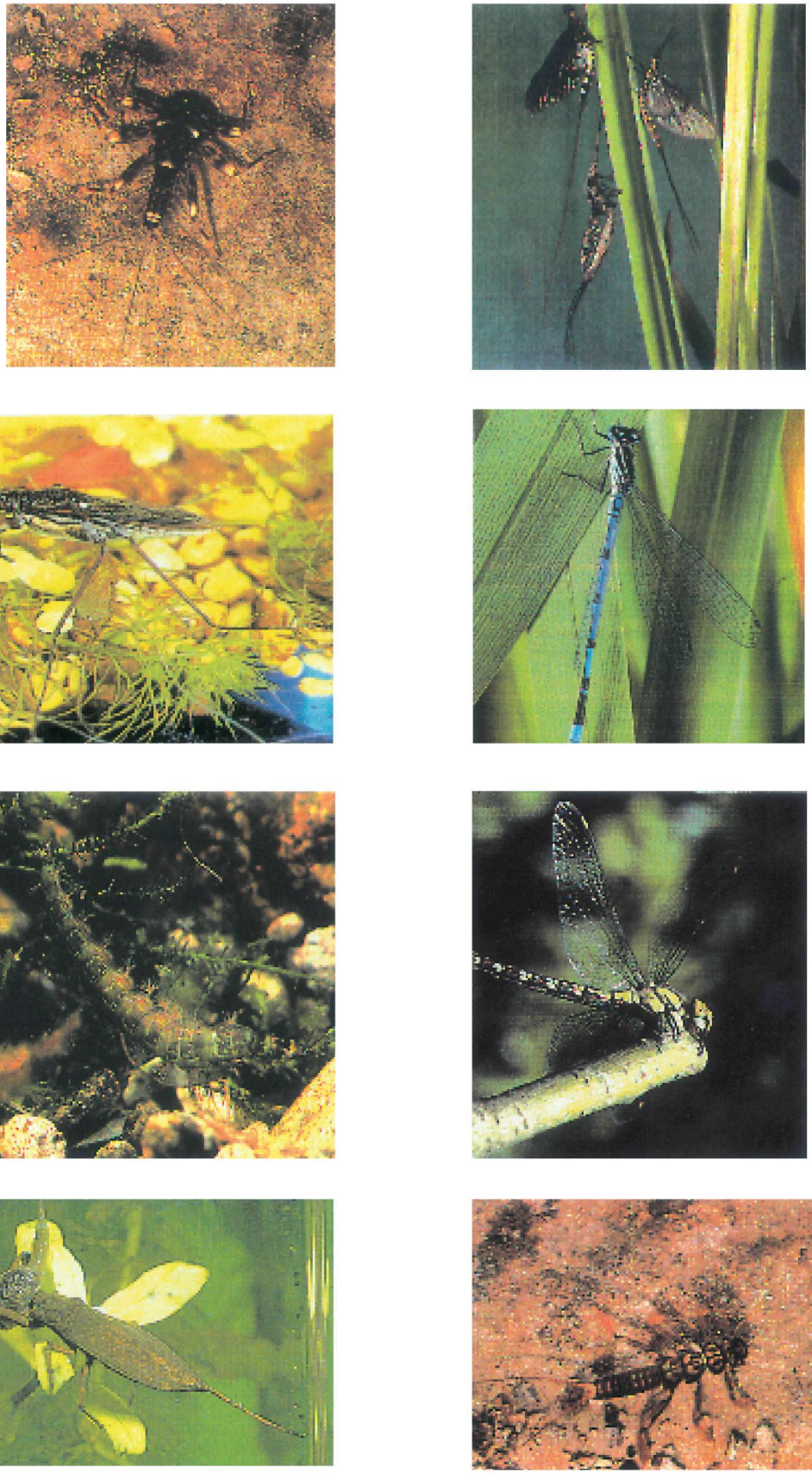
Εικ. 8: Συνήθη υδρόφυτα των εσωτερικών νερών στην Ελλάδα *(Ranunculus aquatilis, Lythrum salicaria. Typha latifolia, Sparganium erectum, Iris pseudacorus, Sagitarria sagittifolia, Juncus inflexus, Nymphaea alba, Ceratophyllum demersum, Potamogeton natans, Rorippa nasturtium aquatilis, Hypericum elodes).*



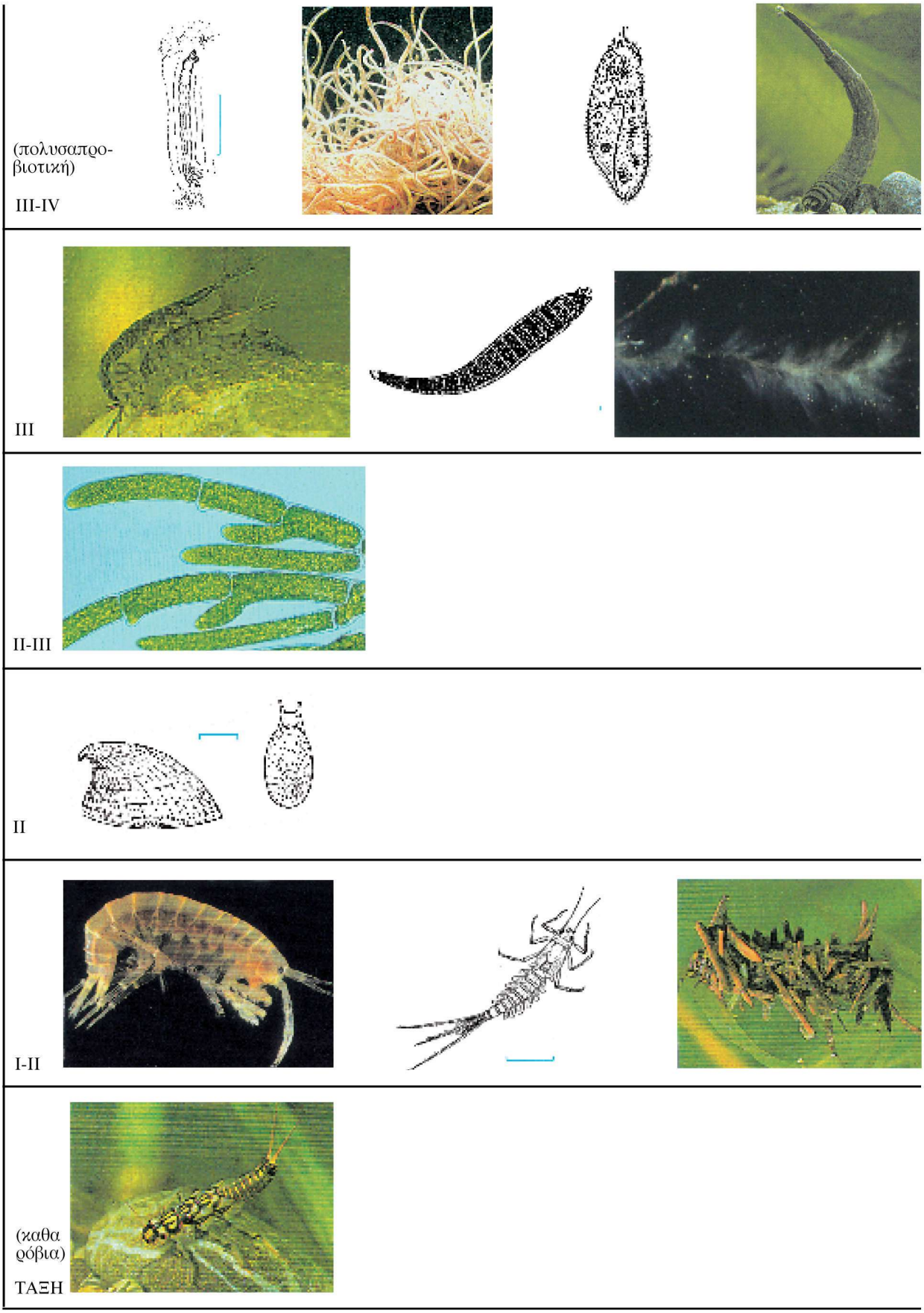
Εικ. 9: Οι κυριότεροι οργανισμοί του ζωοπλαγκτού που απαντώνται στα εσωτερικά νερά στην Ελλάδα (*Chydorus* X40, *Brachionus* X15, *Bosmina* X25, *Daphnia* X15, *Sida* X12, *Diaphanosoma* & *Volvox* X5, αρπακτικοειδές κωπήποδο X50, κυκλοποειδές κωπήποδο X20, καλανοειδές κωπήποδοX20).



Εικ. 10: Ασπόνδυλοι οργανισμοί δείκτες νερών μέτριας ποιότητας που απαντώνται στην Ελλάδα (ενήλικο *Culex*X3, νύμφες *Culex*X3, *Erpobdella octoculata* X1.5, *Chaoborus* X4, Dytiscus X2, *Planorbarius corneus*X1, *Lymnaea stagnalis*X1, *Haliplus*X4, *Simulium*X2, *Asellus aquaticus*X3).



Εικ. 11: Συνήθη έντομα δείκτες τρεχούμενων νερών άριστης ποιότητας που απαντώνται στην Ελλάδα (*Ecdyonurus*X1.5, *Ephemera*X0.5, *Gerris*X2, *Coenagrion puella*X1.5, *Ryacophilla dorsalis*X2.5, *Aeshna* X2, *Nepa cinerea*X1.5, *Perla bipunctata*X1).



Εικ. 12: Διαβάθμιση της καθαρότητας των νερών κατά μήκος ενός ποταμού σύμφωνα με την παρουσία ορισμένων οργανισμών δεικτών (πηγή: CLAUS et al., 1989). (III-IV: *Chironomus, Tubifex, Paramaecium,* Tabanidae. III: *Asellus,* Hirudinea, *Thiothrix*. II-III: *Cladophora*, II: *Ancylus*, I-II: *Gammarus, Baetis, Limnephilus*, I: Perla *bipunctata*).

Πλαγκτόν

Το πλαγκτόν αποτελείται από εκείνους τους οργανισμούς που υπάρχουν τυπικά, τουλάχιστον για ένα μέρος της ζωής τους, ελεύθεροι στα νερά. Η κοινωνία του πλαγκτού χαρακτηρίζεται από έντονες και ταχύτατες μεταβολές της δομής και αποτελείται πληθυσμούς πλαγκτικών ιών και βακτηρίων, μονοκύτταρων ή και πολυκύτταρων φυκών, ασπόνδυλων ζώων, που αποτελούν το ζωοπλαγκτό, και από νεκρό σε αποσύνθεση οργανικό υλικό με συνοδούς πληθυσμούς μικροοργανισμών. Συνήθως το πλαγκτό διακρίνεται στο **φυτοπλαγκτόν** (φύκη, μύκητες και βακτήρια τα οποία παθητικά μετακινούνται κυρίως λόγω του ανέμου και των ρευμάτων) και στο **ζωοπλαγκτόν** (πρωτόζωα, νυμφικά και ενήλικα στάδια καρκινοειδών κ.ά.) (e.g. REYNOLDS 1984, ROUND 1981, WETZEL, 1983, FOGG, 1990).

Οι οργανισμοί του πλαγκτού δεν έχουν ή έχουν μικρή δυνατότητα μετακίνησης στο νερό και συνήθως "πλανώνται" μέσα στο νερό. Έτσι, είναι εκτεθειμένοι στα ρεύματα και στις μετακινήσεις (θερμικές, πυκνότητας) του νερού. Οι οργανισμοί του πλαγκτού που ζουν στην επιφάνεια (μεσεπιφάνεια νερού-ατμόσφαιρας) αποτελούν το νευστό (επί και υπονευστό), ενώ εκείνοι που επιπλέουν αποτελούν το πλευστό. Στο νευστό ανήκουν ορισμένα έντομα (επινευστό), κωπήποδα, προνύμφες ασπονδύλων, αβγά και προνύμφες ορισμένων ψαριών, ή και ακόμη άλλοι οργανισμοί μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας (υπονευστό). Το πλευστό περιλαμβάνει μερικά ασπόνδυλα ή και φύκη ακόμη που επιπλέουν και μετακινούνται ουσιαστικά από τα ρεύματα του νερού και του ανέμου.

Το μέγεθος των πλαγκτικών οργανισμών μπορεί να είναι από λίγα μικρά (υπερπλαγκτό) του μέτρου μέχρι και μερικά εκατοστόμετρα (μεγαλοπλαγκτό) .

Οι πλαγκτικές κοινωνίες συνήθως αποτελούνται από δεκάδες είδη. Στο πλαγκτό, η αρχή της ανταγωνιστικής επικράτησης που δηλώνει ότι πλήρεις ανταγωνιστές δεν είναι δυνατό να συνυπάρχουν (HARDIN, 1960), απορρίπτεται με το "**φαινόμενο του παραδόξου του πλαγκτού**" (HUTCHINSON, 1961). Η μόνη πειστική εξήγηση για το παράδοξο αυτό είναι ότι οι πληθυσμοί των ειδών του πλαγκτού βρίσκονται σε ισορροπία, γιατί οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν είναι ούτε σταθερές, ούτε και ιδανικές για οποιοδήποτε από τα ανταγωνιστικά είδη, αλλά έχουν μεγάλη ποικιλότητα. Ετσι, κανένα είδος δεν έχει διαρκές πλεονέκτημα ανταγωνισμού που να προλαβαίνει να αντικαταστήσει κάποιο άλλο. Στο πλαγκτό, τα διάφορα είδη έχουν σαφώς συναθροιστική εμφάνιση. Ετσι, υπάρχουν πρόσκαιροι οικολογικοί θώκοι, όπου επικρατούν συνθήκες ανάπτυξης ευνοϊκότερες για ορισμένα είδη. Συνήθως, οι θώκοι τους εξαφανίζονται και ανασυντάσσονται, ενώ το μικρό τους μέγεθος επιτρέπει στο πλαγκτό, μεγάλη ποικιλότητα, με τρόπο που να ευνοείται τελικά η ύπαρξη πληθυσμών διαφόρων ειδών.

Η υδρόβια ζωή εξαρτάται από τους φωτοαυτότροφους φυτοπλαγκτικούς οργανισμούς που αποτελούν τους πρώτους παραγωγούς. Η ποσότητα και η σύνθεση των φυτοπλαγκτικών οργανισμών ποικίλλει και είναι διαφορετική ανάλογα με την ποιότητα του φυσικού νερού, τα γεωγραφικά πλάτη, το διαφορετικό βάθος, την εποχή του έτους, την παρουσία ή απουσία άλλων οργανισμών κ.ά. Στο πλαγκτό, όπως και στο βένθος, βρίσκονται και βακτήρια που αναλαμβάνουν τη διάσπαση των οργανικών ουσιών με την κατανάλωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου. Όταν η κατανάλωση του οξυγόνου είναι πλήρης από ένα στρώμα νερού ή τον πυθμένα, τότε δημιουργούνται **ασφυκτικές** συνθήκες για τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς. Στις συνθήκες αυτές απουσιάζει το οξυγόνο και κινητοποιούνται μηχανισμοί οι οποίοι επανακυκλοφορούν θρεπτικά και άλλα συστατικά που είχαν εγκλωβιστεί στον πυθμένα και παρεμβαίνουν μηχανισμοί βακτηριακής οξείδωσης του μεθανίου που είναι το τελικό προϊόν της αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών και που είναι τοξικό για την υδρόβια ζωή. Σ' αυτή την περίπτωση έχουμε ανατροπή της ισορροπίας μεταξύ **τροφικής** (φωτοσύνθεση), και **σαπροβιοτικής** (αποικοδόμηση) κατάστασης.

Ορισμένα είδη μικροοργανισμών χρησιμοποιούνται συχνά ως **δείκτες των περιβαλλοντικών συνθηκών** και αποτελούν την πιο αξιόπιστη παράμετρο σε ζητήματα αξιολόγησης της ποιότητας των υδάτων (Εικ. 10,11,12). Μια τέτοια προσέγγιση στηρίζεται στη χρήση ορισμένων ειδών που έχουν προηγουμένως χαρακτηριστεί οικολογικά. Έτσι, μεταξύ των άλλων χρησιμοποιείται το σαπροβιοτικό σύστημα, με ποικίλους δείκτες ασπόνδυλων οργανισμών, πρωτοζώων, κυανοβακτηρίων και φυκών (LIEBMAN, 1962). Ένας άλλος τρόπος προσέγγισης είναι εκείνος που στηρίζεται στην ανάλυση του συνόλου της βιοκοινωνίας και όχι σε συγκεκριμένους οργανισμούς. Εδώ χρησιμοποιούνται οι δείκτες ποικιλότητας και η απόκρισή τους στις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως και η πολυπαραγοντική ανάλυση.

Για τον έλεγχο της ποιότητάς και της διαχείρισης των υδάτινων πόρων, εκτός από τα ασπόνδυλα, έχουν χρησιμοποιηθεί και οργανισμοί δείκτες του φυτοπλαγκτού. Ειδικότερα τα **συζυγή φύκη** (είδη *Closterium, Staurastrum, Cosmarium*) θεωρούνται είδη ολιγοτροφικών υδάτων, αν και μερικά είδη αναπτύσσονται σε

εύτροφες λίμνες. Συνήθως πολύ πλούσια χλωρίδα σε συζυγή φύκη προϋποθέτουν περιβάλλον με μικρή παραγωγικότητα και όχι με μικρή αγωγιμότητα και αλκαλικότητα, που συχνά σχετίζονται με ολιγοτροφικά περιβάλλοντα. Τα **χρυσοφύκη** επίσης χρησιμοποιούνται ως δείκτες ολιγοτροφικών υδάτων και μάλιστα για λίγα είδη τους, ενώ πλούσιοι πληθυσμοί από χρυσοφύκη υποδηλώνουν μάλλον ευτροφικά ύδατα. Με τον ευτροφισμό έχουν συνδεθεί τα **κυανοβακτήρια** και μάλιστα όταν αναπτύσσονται μαζικά. Τα **διάτομα** επηρεάζονται αισθητά από τις μεταβολές του χημισμού των υδάτων και επομένως θεωρούνται οι πλέον αξιόπιστοι οργανισμοί δείκτες που επισημαίνουν μεταβολές σε ένα οικοσύστημα.

Οι οργανισμοί του ζωοπλαγκτού μετατρέπουν τη φυτική ύλη του φυτοπλαγκτού σε ζωικές πρωτεΐνες. Είναι δηλαδή το φυτοφάγο ζωοπλαγκτό, οι παραγωγοί κλειδιά που μπορούν να καταναλωθούν από μεγαλύτερα ζώα του πλαγκτού, είτε από ζώα του νηκτού. Έτσι δημιουργείται πολυπλοκότητα στις τροφικές σχέσεις μεταξύ των υδρόβιων οργανισμών (EDNMONDSON, 1966).

Από τους οργανισμούς του ζωοπλαγκτού σημαντικός είναι ο ρόλος των **κωπηπόδων,** γιατί έχουν πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα στο να καταναλώνουν το φυτοπλαγκτό και έτσι το μετατρέπουν σε πλούσια πηγή τροφής.

Τα κυρίως φύκη στο φυτοπλαγκτόν είναι τα **διάτομα** και τα **δινομαστιγωτά.** Στα γλυκά νερά υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία από διάτομα, όπως τα *Fragilaria* και *Melosira* που κυριαρχούν στα ουδέτερα και στα ελαφρώς αλκαλικά νερά, μαζί με τα δινομαστιγωτά, συνήθως από *Ceratium* και *Peridinium.* Σε περισσότερο όξινα, ολιγοτροφικά νερά κυριαρχούν τα δεσμίδια, αν και μπορεί να εμφανιστούν και μερικά διάτομα και μαστιγωτά. Εκεί όπου τα οργανικά υλικά είναι υψηλά σε περιεχόμενο, μπορεί να σημειωθεί υπεροχή των ευγληνοφύτων και των χλωροφυκών. Τα κυανοβακτήρια μπορεί επίσης να αποτελέσουν σημαντικά στοιχεία του ευτροφικού πλαγκτού των γλυκών νερών, τόσο σε κοκκοειδείς όσο και σε νηματοειδείς μορφές. Οι ευτροφικές τροπικές λίμνες έχουν επίσης κυανοβακτήρια ως κύριο συστατικό στοιχείο. Στις αρκτικές και αλπικές λίμνες, η χλωρίδα του χειμώνα κυριαρχείται από μικρά μαστιγωτά (*Chromulina, Mallomonas, Dinobryon* κ.ά.) και παραμένουν στο νερό καθ' όλη τη διάρκεια της σύντομης καλοκαιρινής περιόδου. Στα ποτάμια, εκτός από τα πιο αργά σημεία ροής, δεν υπάρχει πραγματικό πλαγκτόν, αν και μπορεί να υπάρχει σημαντικός αριθμός από οργανισμούς που παρασύρονται από το ρεύμα, οι οποίοι προέρχονται από λίμνες και στάσιμα λιμνάζοντα νερά που τροφοδοτούν το ποτάμι. Τα περισσότερα από αυτά εξαφανίζονται πολύ γρήγορα, αλλά μερικά επιμένουν να αναπτύσσονται για αρκετό καιρό, διαχωρίζονται στο ποτάμι και έτσι μπορούν να θεωρηθούν ως αληθινό πλαγκτόν. Εκεί όπου όντως υπάρχει πραγματικό πλαγκτόν, σε ποτάμια αργής ροής, αποτελείται από μικρά διάτομα, μαστιγωτά και κοκκοειδή πράσινα φύκη (*Ankistrodesmus, Pandorina* κ.ά). Τα πλαγκτικά φύκη δεν είναι τόσο σημαντικά, όσο η βενθική χλωρίδα και οι παράλιες κοινότητές της στην παραγωγικότητα των αβαθών περιοχών. Ο πληθυσμός κυριαρχείται από διάτομα, αν και υπάρχουν και μερικά δινομαστιγωτά (*Gymnodinium* και *Gonyaulax).* Τα κυριότερα είδη μικροχλωρίδας (φυτοπλαγκτόν, περίφυτο, νηματοειδή φύκη, κ.ά) που απαντώνται στα επιφανειακά νερά στην Ελλάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα ΙΙ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Είδη μικροχλωρίδας στα επιφανειακά νερά της Ελλάδας

(πηγές: ΑΝΑΓΝΩΣΤΙΔΗΣ, 1968, ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1982-96, ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ-ΑΜΙΛΛΗ, 1976, OVERBECH, ANAGNOSTIDIS, ECONOMOU-AMILLI, 1982, ΜΟΥΣΤΑΚΑ, 1988, ΤΑΦΑΣ, 1991, ΣΠΑΡΤΙΝΟΥ, 1992, κ.ά)

Κυανοβακτήρια
Achroonema angustum
A. articulatum
A. lentum
A. profundum
A. pseudangustum
A. sp.
Anabaena aphanizomenoides
A.circinalis
A.flos-aquae
A. lemmermannii minor
A. mucosa
A. scheremetievi
A. solitaria planctonica
A. spiroides
A. variabilis
A. viguieri
Anabaenopsis elenkinii circularis
Aphanizomenon flos-aquae
A. gracile
A. issatschenkoi
Aphanocapsa delicatissima
A. elachista
A.e. conferta
A. incerta
A. muscicola
Aphanothece clathrata
A. minutissima
A. nidulans
A. saxicola
Arthrospira platensis
Calothrix parietina
C. sp.
Chamaesiphon incrustans
C. polymorphus
C. pseudopolymorphus
Chroococcus dispersus
C. limneticus
C. minutus
C. microscopicus
C. turgidus
Clastidium rivulare
Coccopedia limnetica
Coelosphaerium minutissimum
C. kuetzingianum
C. minutissimum
C. nagelianum
Cyanodictyon imperfectum
C. planktonicum
C. reticulatum sensu
C. reticulatum
Cyanogranis ferruginea
Cyanothece aeruginosa
Cylidrospermopsis raciborskii
Dermocarpa kerneri
D.rivularis
Epigloeosphaera cf. glebulenta
Geitlerinema amphibium
G. spp.
Gloeocapsa biformis nannocytosus
G. b. punctatus
G. gelatinosa
G. sp.
Gloeotrichia echinulata
Gomphosphaeria aponina
G.lacustris
G.littoralis
Heteroleibleinia kutzingii
Homoeothrix varians
Hydrocoleum brebissonii
H. homoeotrichum
Lemmermanniella pallida
Leptolyngbya spp.
Lyngbya circumcreta
L. contorta
L. lagerheimii
L. limnetica
L.major
L. matrensiana
L. spiralis

Merismopedia glauca
M. minima
M. punctata
M. tenuissima
Microcystis aeruginosa
M. flos-aquae
M. incerta
Microcoleus vaginatus
Microcystia aeruginosa
M. ichthyoblade
M. viridis
M. wesenbergii
Nostoc microscopicum
N. minutissimum
Oscillatoria Agardii
O.amphibia
O. chlorina
O. iwanoffiana
O. lemmermannii
O. limnetica
O. limosa
O. princeps
O. subbrevis
O. tenuis
O. trichoides
Pelonema aphane
P. pseudovacuolatum
P. subtilissimum
P. tenue
Phormidium amoenum
P. autumnale
P. corium
P. endophyticum
P. foveolarum
P. incrustatum
P. mucicola
P. okenii
P. papyraceum
P. tenue
P.sp.
Planktolyngbya circumcreta
P. limnetica
P. subtilis
Planktothrix pougeoti
Plectonema nostocorum
P. notatum
Pseudanabaena catenata
P. constricta
P. galeata
P.g. endophytica
P. limnetica
P. lonchoides
P. mucicola
P. pallida
Raphidiopsis mediterranea
Radiocystis geminata
R. g. forma
Romeria gracilis
Schizothrix affinis
S. calcicola
S. lacustris
S. perforans
Scytonema crispum
S. myochrous typicum
Snowella atomus
S. lacustris
Spirulina major
Synechocystis minuscula
Synechococcus linearis
Tetrapedia trigona
Tolypothrix distorta
T. penicillata
Woronichinia naegeliana

Χλωρόφυτα

Actinastrum hantzschii
Ankistrodesmus bernardii
A. bibraianus
A. falsatus
A. fusiformis
A. lacustris
Ankyra judayi
Aphanochaece repens
Botryococcus braunii
Bulbochaete sp.
Catreria globosa
Characium limneticum
Chlamydocapsa ampla
C. planctonica
Chlamydomonas gloeophila
C. passiva
Chlorella vulgaris
C. sp.
Chlorhormidium flaccidum
Chodatella citriformis
Cladophora fracta
C. glomerata
C. sp.
Closterium acerosum
C. aciculare
C. acutum variabile
C.a. elongatum
C. gracile
C. lanceolatum
C. leibleinii boergesenii
C. lineatum
C. lunula
C. microporum
C. parvulum
C. pronum
C. setaceum
C. setigera
Closteriopsis longissimum
Coelastrum astroideum
C. cambricum intermedium
C.indicum
C. microporum
C. reticulatum
Coenochloris polycocca
Coenococcus planctonicus
Coenocystis quadriguloides
Coronastrum lunatum
Cosmarium abbreviatum
C. botrytis
C. depressum
C.impressulum alpicolum
C. humile
C. laeve
C. naegelianum
C. obtusatum
C. pygmeaum
C. pyramidatum
C. subprotumidum
C. turneri
Crucigenia fenestrata
C. rectangularis
C. tetrapedia
Crucigeniella apiculata
Dichotomococcus curvatus
Dictyochloris sp.
Dictyosphaerium elongatum
D. ehrenbergianum
D. subsolitarium
D. pulchellum
D. tetrachotomum
D. tetrasporum v. minutum
Didymocystis planctonica
Didymogenes palatina
Echinocoleum elegans
Echinosphaeridium nordstedtii
Elakatothrix acuta
E. elegans
E. gelatinosa
E. genevensis
Eudorina elegans
E. unicocca
Eurastrum verrucosum
Fotterella tetrachlorelloides
Franceia ovalis
Geminella mutabilis
Gleotila sp.
Gloeococcus schroteri
Golenkinia radiata
G. sp.
Gomontia perforans
G. polyrhiza
Gonatozygon brebissonii
Gonium formosum
G. pectorale
Hyalotheca disciliens
Keratococcus mucicola
Kirchneriella contorta
K. irregularis spiralis
K.lunaris
K. obesa
Koliella longiseta
K. spiculiformis
Lagerheimia ciliata
L. genevensis
L. subsala
Lobocystis planctonica
Micractinium pusillum
Monoraphidium arcuatum
M. circinale
M.contortum
M.grifithii
M. irregulare
M. nanum
Mougeotia parvula
M. sp.
Nephrochlamys subsolitaria
Nephrocytium agardhinianum
N. lunatum
Oedogonium capillare
O. undulatum
O. sp.
Oocystella marssonii
O. nephrocytioides
O. parva
O. solitaria
O. submarina
O. s. variabilis
Oocystidium ovale
Oocystis biplacata
O. lacustris
O. marrsonii
O. pusilla
O. solitaria
Pandorina morum
Paulschultzia tenera
Pediastrum angulosum
P. angulatum araneosum
P. biradiatum
P. boryanum
P.b. granulatum
P. b. brevicorne
P.b. longicorne
P. clathratum
P. duplex
P. d. reticulatum
P. granulatum
P. incisum
P.i. rota
P. pertusum
P. p. clathratum
P. simplex
P. s. radians
P. tetras
P. triangulum
Penium baculum
Phacotus lenticularis
Planctonema lauterbornii
Planktosphaeria gelatinosa
Polytoma uvella
P. cf. fusiforme
Protoderma viride
Provasoliella oleifera
Pseudodidymocystis fina
Pseudosphaerocystis lacustris
Quadricoccus cf. verrucosus
Q. elipticus
Quadrigula closterioides
Radiococcus wildemanii
Rhaphidium aciculare
Rhizoclonium fontanum
R. riparium
Rhopalosolen cylindricus
Scenedesmus acuminatus
S. alternans
S.antillarum
S. arcuatus platycoccus
S. bijugatus
S. brevispina
S. cf. communis
S. columnatus
S. decorus indicus
S. dispar
S. ecornis
S. falsatus
S. flexuosus
S.incrassatulus
S. intermedius
S. obliquus
S. opoliensis
S. spinosus
S. quadricauda
S. tibiscensis
Schroederia robusta
S. setigera
Selenastrum capricornutum
S. gracile
Siderocelis elegans
S. ornata
Spinocosmarium quadridens
Spirogyra inflata
S. gracilis
S. spp.
Spondylosium planum
Staurastrum arachne
S. chaetoceras
S. leptocladum
S. paradoxum
S. pingue
S. polymorphum
S. punctulatum v. pygmaeum
S. quadricauda
S. smithii
S. subcruciatum
S. tetracerum v. validum
S. turgescens
Staurodesmus sp.
Stichococcus sp.

Stigeoclonium
Stylosphaeridium epiphyticum
Tetraedron caudatum
T. hastatum
T. limneticum
T.minimum
T. pentaedricum
Tetrastrum heteracanthum
T. komarekii
T.staurogeniaeforme
T. triangulare
Tetraselmis cordiformis
Thorakochloris cf. pringsheimii
Treubaria crassispina
T. komarekii
T. setigera
Ulothrix amphigranulata
U. variabilis
U. zonata
Uronema confervicolum
Volvox globator
Westella botryoides
Zygnema pectinatum
Z.sp.

Ευγληνόφυτα
Astasia klebsii
A. hypolimnica
Euglena acus
E. pisciformis
E. viridis
E. spp.
Colasium vericulosum
Petalomonas applanata
Phacus acuminatus
P. pleuronectes
P. rudicula
P. spp.
Trachelomonas abrupta minor
T. volvocina

Δινόφυτα
Ceratium furcoides
C. hirundinella
Diplopsalis acuta
Glenodinium sp.
Gymnodinium albulum
G. coronarum
G. helveticum
G. fuscum
G. fungiforme
G. mirabile
G. paradoxum
G. sp.
Gyrodinium hyalinum
Gonyaulax apiculata
Peridiniopsis cunningtonii
P. elpatiewskyi
P. polonicum
P.quadridens
P. volzii
Peridinium aciculiferum
P. bipes
P. cinctum
P. gatunense
P. inconspicuum conjuctum
P.i. remotum spiniferum
P. cunningtonii pseudoquadridens
P. palatinum
P. polonicum
P. umbonatum
P. sp.
Prorocentrum sp.

Διάτομα
Acanthoceras zachariasii
Achnanthes affinis
A. clevei
A. lanceolata
A. l. dubia
A. linearis
A. l. curta
A. minutissima affinis
A. sp.
Amphora ovalis
A. o. pediculus
A. perpusilla
A. veneta
Asterionella formosa
A. gracillima
Aulacoseira granulata
A. g. angustissima
A. muzzanensis
Bacillaria paxillifer
Caloneis silicula
Campylodiscus noricus
Chaetoceros muelleri
Cocconeis disculus
C. pedicula
C. placentula
C. p. euglypta
C.p. lineata
C. p. klinoraphis
C.p. lineata
Cyclotella bodanica
C. comensis
C. comta
C. distinguenda
C. meneghiniana
C. ocellata
C. schroeteri
C.trichonidea
C.t. parva
Cymatopleura elliptica
C. solea
Cymbella affinis
C. cistula
C. cymbiformis
C. inaequalis
C. hustedtii
C. lanceolata
C. microcephala
C. minuta
C. prostrata
C.p. auewaldii
C. turgida
C. turgidula
Denticulla sp.
Diatoma vulgare
D. v. linearis
D.v. productum
Diploneis puella
Epithemia sp.
Eunotia pediculus
Fragilaria brevistriana
F. capucina
F. construens
F. c. venter
F. crotonensis
F. dilatata
F. tenera
F. vaucheriae
F.v. capitellata
F. virescens
F. ulna
Frustula vulgaris
Gomphonema angustatum productum
G. bohemicum
G. constrictum
G.c. capitatum
G. lanceolatum insignis
G. olivaceum
G.o. calcareum
G. parvulum
G. p. micropus
G.p. subelliptica
G. trunctatum capitata
G. spp.
Gyrosigma acuminatum
G. attenuatum
Melosira ambigua
M. arenaria
M. crenulata tenuis
M. dickiei
M. granulata
M. g. angustissima
M. roseana
M. varians
Navicula accommoda
N. anglica
N. bacillum
N. capitata hungarica
N.capitatoradiata
N.cincta
N. cryptocephala
N.c. veneta
N.cuspidata
N.c.v.ambigua
N.decussis
N.gastrum v. signata
N. gracilis
N.graciloides
N. lanceolata
N.menisculus
N.pupula
N. pygmaea
N. radiosa tenella
N. salinarum intermedia
N. scutelloides
N.tripunctata
N. tuscula
N. spp.
Neidium affine
Nitzschia amphibia
N. acicularis
N. apiculata
N. communis
N. dissipata
N. fonticola
N. heyfleriana
N. kutzingiana
N. gracilis
N. linearis
N. microcephala
N. palea
N. romana
N. sigmoidea
N. sublinearis
N. subtilis
N. vermicularis
N. spp.
Pinnularia microstauron brebissonii
P. viridis
P. sp.
Rheicosphenia curvata
Rhizosolenia eriensis
R. longiseta
Rhoicosphenia abbreviata
Stephanodiscus astrea
S.a. minutula
S. hantzschii
S. niagaraea
Striatella sp.
Surirella angustata
S. biseriata
S. elegans
S. ovata
S.o. pinnata
S. robusta
S. sp.
Synedra acus
S. capitata
S. parasitica v. subconstricta
S. tabulata
S. ulna
S.u.amphirhynchus
Tabellaria sp.

Χρυσόφυτα
Chromulina sphaeridia
Chromulina sp
Chrysococcus punctiformis
Chrysococcus radians
C. sp.
Chrysolykos planctonicus
Diceras ohridana
Dinobryon acuminatum
D. bavaricum
D. borgei
D. divergens
D. sociale
D. stipitatum elongatum
D.s. lacustre
Desmarella cf. moniliformis
Kephyrion ovale
Mallomonas tonsurans
M. sp.
Ochromonas ludibunda
O. spp.
Pseudokephyrion cf. undulatum
Salpingoeca frequentissima
Stichogloea doederleinii
Synura uvella

Απτόφυτα
Chrysochromulina parva

Χανθόφυτα
Ananthochloris cf. brevispina
Botryococcus braunii
Goniochloris contorta
G. mutica
G. tetragona
Pseudostaurastrum hastatum
P. limneticum
Tetraplektron torsum

Κρυπτόφυτα
Chroomonas acutus
C. caudata
Cryptomonas marssonii
Cryptomonas erosa
C. parapyrenoidifera
C. reflexa
C. tenuis
C. sp.
Rhodomonas lacustris
R. minuta v. nannoplanctica
R. lens
R. tenuis

Τα **πρωτόζωα** δεν αποτελούν συνήθως ένα αριθμητικά σημαντικό μέρος του πλαγκτού, εκτός κατά τη διάρκεια συνθηκών έξαρσή τους (bloom). Τρέφονται με προϊόντα αποσύνθεσης, βακτήρια και μικρότερα φύκη. Στα γλυκά νερά τα πρωτόζωα κυριαρχούνται από βλεφαριδοφόρα (είδη *Tintinidium, Tintinopsis, Colpidium, Sarcodina* κ.ά) και άχρωμα δινομαστιγωτά. Η *Sarcodina* συναντάται ιδιαίτερα σε ρυπασμένα νερά.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Ασπόνδυλα του πλαγκτού στα εσωτερικά νερά στην Ελλάδα

(πηγή: ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1975-'98, ΖΑΡΦΤΖΙΑΝ, 1989, ΚΑΡΒΟΥΝΑΡΗΣ, 1979, ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ και συν., 1984, κ.ά)

Τροχόζωα
Anuraeopsis fissa
Asplanchna priodonta
Ascomorpha ecaudis
Brachionus angularis
B.a. f. chelonis
B.calyciflorus
B.c.f. anuraeiformis
B.diversicornis
B.d.v.Daday v. homoceros
Collotheca libera
C.mutabilis
Colurella adriatica
Conochiloides dossuarius
Diurella stylata
Epiphanes senta
Euchlanis dilatata
Gastropus stylifer
Hexarthra mira
Kellicotia longispina
Keratella cochlearis
K.c.f.macracantha
K.c.v. tecta
K.c.t.f.micracantha
K.quadrata
K.q. v. curvicornis
Lecane luna
Notholca longispina
N. squamula
Pedalion mirum
Platyas quadricornis
Ploesoma truncatum
Polyarthra dolichoptera
P.d.f. aptera
P.eurυptera
P.major
P. trigla
P.vulgaris
P.v.f. aptera
Pompholyx complanata
P. sulcata
Synchaeta pectinata
Triarthra longiseta
Trichocerca birostris
T.capucina
T.pusilla
T.similis
T.stylata

Κλαδοκεραιωτά
Alona rectangula
Bosmina longirostris
Camptocercus rectirostris
Ceriodaphnia pulchella
Chydorus sphaericus
Daphnia cucullata
D.c.v.kahlbergensis
D.galeata
D. longispina
D. magna
Diaphanosoma brachyurum
D.mongolianum
D.orghidani
Ilyocryptus sordidus
Leptodora kindtii
Leydigia leydigi
Macrothrix laticornis
Pleuroxus denticulatus
Sida crystallina

Κωπήποδα
Acanthocyclops robustus
Arctodiaptomus pectinicornis
A. steindachneri
Cyclops vicinus vicinus
Ergasilus sieboldi
Eucyclops serrulatus
Lovenula alluaudi
Macrocyclops albidus
Megacyclops viridis
Mesocyclops leuckarti
Nitocra hibernica
Thermocyclops crassus
T. hyalinus

Δεκάποδα
Atyaephyra desmarestii

Μαλάκια
(προνύμφες & νύμφες)
Dreissena polymorpha

Εντομα
(προνύμφες και νύμφες)
Chaoborus crystallinus
C. flavicans
Chironomus spp.

Βραχίουρα
Argulus foliaceus

Υδρόζωα
Craspedacusta sowerbyi

Πρωτόζωα Βλεφαριδωτά
Tintinnopsis lacustris
Tintinnidium fluviatile

Τα **πλαγκτικά βακτήρια** είναι κυρίως αρνητικά κατά Gram (80-95%) και συχνά είναι κινητά και έγχρωμα. Η ταξινόμηση των υδατικών βακτηρίων είναι δύσκολη. Συνήθως προσδιορίζονται ως ψευδομονάδες, τα *Conybacteriaceae* και *Micrococcaceae* (π.χ. *Arthrobacter, Flavobacterium, Micrococus, Pseudomonas, Sarcina, Spirillum, Vibrio*). Οι μορφές σε σπόρια (*Bacillus* και *Clostridium*) γίνονται πιο σημαντικές σε νερά πλούσια σε θρεπτικά, ενώ, όταν υπάρχει ρύπανση από αστικά λύματα συναντώνται *Escherichia coli, Clostridium perfringers, Proteus vulgaris* και *Streptococus faecalis.*

Η πλειοψηφία των βακτηρίων δεν είναι ελεύθερη στο νερό, αλλά προσκολλημένη σε μοριακή ύλη. Η βιομάζα τους είναι μικρή σε σχέση με τους πρωτογενείς παραγωγούς, αλλά η δραστηριότητά τους είναι περισσότερο σημαντική στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, ειδικά όταν η εύφωτη ζώνη είναι απομονωμένη από τα υπερκείμενα στρώματα λόγω του θερμοκλινούς (θερμοκρασιακή διαφοροποίηση στη στήλη του νερού). Ο αριθμός των βακτηρίων ποικίλλει αρκετά, ιδιαίτερα σε σχέση με το μέγεθος της οργανικής ύλης, η οποία μπορεί να είναι, είτε αλλόχθονη, είτε αυτόχθονη. Εξάλλου οι πληθυσμιακές πυκνότητες στις λίμνες είναι μικρότερες από 100 άτομα/ml μέχρι 1000 άτομα/ml, ενώ στον ανοιχτό ωκεανό 1 άτομο/ml ή λιγότερο.

Στους μικροοργανισμούς ανήκουν και οι **βακτηριοφάγοι** οι οποίοι τρέφονται από βακτήρια, ακτινομύκητες και κυανοβακτήρια, αν και θεωρούνται μικρής σημασίας στον έλεγχο αυτών των πληθυσμών. Επίσης υπάρχουν **ιοί** που επιτίθενται στα φύκη, στους μύκητες και στα πρωτόζωα και βρίσκονται, τόσο στα γλυκά, όσο και στα θαλασσινά νερά.

Οι **μύκητες** δεν είναι σημαντικοί πλαγκτικοί οργανισμοί. Τα σπόριά τους, τα οποία προέρχονται από το βένθος, διασκορπίζονται στο νερό, αλλά δεν αναπτύσσονται εκεί. Υπάρχουν επιφυτικά και ενδοφυτικά παράσιτα των φυκών, κυρίως Chytridiales και Saprolegniales, αλλά οι μοναδικοί ελεύθεροι πλαγκτικοί μύκητες είναι οι ζυμομύκητες που δεν υπάρχουν σε μεγάλους αριθμούς. Οι αριθμοί τους στην ανοιχτή θάλασσα είναι πολύ μικροί (από 1-500 κύτταρα/lt ως 10-40 κύτταρα/lt), ενώ στις παράκτιες περιοχές βρίσκεται μεγάλος αριθμός από

νηματοειδείς μύκητες. Οι βενθικοί μύκητες μπορεί ν'αποβληθούν μέσω της δράσης των κυμάτων γύρω από τις ακτές.

Η κατανομή του πλαγκτού σ'ένα οποιοδήποτε στρώμα νερού δεν είναι ομοιόμορφη. Οι αριθμοί και τα είδη ποικίλλουν από τόπο σε τόπο. Επικαλύψεις διαφορετικού πλαγκτού μπορεί να καταλαμβάνουν πολλά χιλιόμετρα στους ωκεανούς, ενώ σε μικρές λίμνες από λίγα έως δεκάδες μέτρα. Οι παράγοντες που ελέγχουν την αφθονία του φυτοπλαγκτού είναι, μεταξύ των άλλων, η κατάσταση των θρεπτικών, η θερμοκρασία, η ένταση και η διάρκεια του φωτός και τέλος η πίεση της θήρευσης που ασκείται από τους καταναλωτές. Όλα αυτά ποικίλλουν ανάλογα με τις εποχές. Ειδικότερα, στις εύκρατες περιοχές υπάρχουν εποχιακές διακυμάνσεις στους αριθμούς των περισσοτέρων πλαγκτικών οργανισμών, ιδιαίτερα των φυκών. Από αυτούς τους οργανισμούς εξαρτώνται οι ετερότροφοι οργανισμοί των οποίων οι πληθυσμοί μεταβάλλονται συχνά ακολουθώντας μερικές φορές ύστερα από μια μικρή καθυστέρηση, αυτούς των πρωτογενών παραγωγών.

Η πιο απλή περίπτωση αφθονίας του πλαγκτού κατά τη διάρκεια ενός ετήσιου κύκλου είναι **μια μόνο αφθονία κορύφωσης** στον αριθμό τους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η οποία υποκινείται από την αυξημένη ένταση και μήκος του φωτός την άνοιξη. Τέτοιο μοντέλο μπορεί ν'αναπτυχθεί σε πολικές περιοχές όπου δεν υπάρχει συνήθως το θερμοκλινές. Εξάλλου, μια μόνο κορύφωση την άνοιξη ή νωρίς το καλοκαίρι μπορεί να συμβεί στις εύκρατες περιοχές, αλλά συνήθως αναπτύσσεται ένα σταθερό θερμοκλινές και περιορίζει τα θρεπτικά στο επιλίμνιο ή στα επιφανειακά θαλάσσια νερά και κατά συνέπεια υπάρχει μείωση στους αριθμούς της αφθονίας τους, καθώς σημειώνεται ανεπάρκεια των θρεπτικών. Μία μικρότερη **φθινοπωρινή έξαρση** (bloom) μπορεί να συμβεί, καθώς τα θρεπτικά ανακυκλώνονται και το θερμοκλινές διασπάται. Ο περιορισμός της έξαρσης μπορεί να μην οφείλεται αποκλειστικά στην εξάντληση των θρεπτικών, αλλά επίσης και στη μειωμένη φωτοσύνθεση του φθινοπώρου, καθώς και στα αποτελέσματα της θήρευσης και των παρασίτων.

Αυτές οι διακυμάνσεις της πληθυσμιακής αφθονίας του πλαγκτού αναφέρονται στο σύνολο όλων των ειδών που είναι παρόντα, αν και συχνά τα **"bloom"** είναι μονοπροσδιοριζόμενα. Έτσι, το "bloom" της άνοιξης, σε πολλές εύκρατες ευτροφικές λίμνες, αφορά πληθυσμιακή έξαρση διατόμων (*Asterionella, Fragilaria, Tabellaria* κ.ά.) και συνήθως τερματίζεται με την εξάντληση του πυριτίου. Επίσης μπορεί να υπάρξουν και εξάρσεις χλωροφύτων και καθώς τα διάτομα μειώνονται, μπορεί να κυριαρχήσουν αυτά το καλοκαίρι (π.χ. *Chlorella, Cosmarium* κ.ά). Το καλοκαίρι και το φθινόπωρο μπορούμε να συναντήσουμε εξάρσεις από κυανοβακτήρια, όπως *Anabaena flos-aquae, Chroococcus* και με τη σειρά τους αντικαθίστανται με δινοφύκη (*Ceratium* και *Peridinium*). Το χειμώνα και νωρίς την άνοιξη υπερέχουν οι μικρότερες μορφές, όπως τα κρυπτόφυτα(*Rhodomonas* και *Cryptomonas*). Αυτό το γενικευμένο μοντέλο υπόκειται σε διαφορές ανάμεσα σε διαφορετικά νερά, αλλά τουλάχιστον μερικά από αυτά βρίσκονται στα περισσότερα γλυκά νερά στις εύκρατες περιοχές. Στη θάλασσα η διαδοχή είναι συνήθως λιγότερο πολύπλοκη και τα διάτομα της άνοιξης αντικαθίστανται από δινομαστιγωτά (REYNOLDS, 1984).

Συνήθως, αυτές **οι διαδοχές** είναι πολύ σύμφωνες, με τα ίδια είδη να εμφανίζονται χρόνια αργότερα σε μια συγκεκριμένη λίμνη ή περιοχή της θάλασσας, ενώ οι γενικευμένες διαδοχές είναι εξαιρετικά σταθερές μέσα στην ίδια κλιματική ζώνη. Σε μεγάλο βαθμό είναι άγνωστο, το τι προσδιορίζει τις πιό πάνω διαδοχές του πλαγκτού. Η αλλαγή του φωτός και η κατάσταση των θρεπτικών είναι πιθανώς απαραίτητα, όπως και ότι διαφορετικά είδη είναι γνωστά ότι έχουν διαφορετικές ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Υπάρχει μια πρόταση, από θαλάσσιες και εργαστηριακές έρευνες, ότι η διαθεσιμότητα των βιταμινών μπορεί να ελέγξει την αφθονία των φυκών. Είναι πιθανό οι επόμενοι οργανισμοί σε μια διαδοχή να εξαρτώνται από τους προηγούμενους ως προς τις βιταμίνες και έτσι να καθορίζεται η διαδοχή τους. Είναι επίσης γνωστό, ότι τα φύκη παράγουν αντιβιοτικά ενάντια σε άλλα φύκη και αυτό μπορεί να είναι ένας παράγοντας στο να υπάρξουν και διατηρηθούν τα "blooms" μ' ένα ή περισσότερα είδη (REYNOLDS, 1984).

Η αυξανόμενη δραστηριότητα κάποιων ειδών εξαρτάται από την ανάμιξη του νερού, κυρίως στο τέλος του χειμώνα και στην αρχή της άνοιξης. Αυτά τα είδη, είτε σε μορφή σπορίων ή με βλαστητικά κύτταρα χωρίς να επιπλέουν, βρίσκονται στην αιγιαλίτιδα ζώνη και στην επιφάνεια του ιζήματος, όπου παραμένουν μέχρι ν'αναμιχθούν από αναταραχή, μέσα στην κύρια μάζα του νερού.

Η βόσκηση από τα κωπήποδα και το άλλο ζωοπλαγκτόν έχει θεωρηθεί υπεύθυνη για τη μείωση των "blooms" του θαλάσσιου πλαγκτού. Στα γλυκά νερά τα πρωτόζωα και τα τροχόζωα φαίνεται να είναι οι πιο σημαντικοί θηρευτές του. Η βόσκηση μπορεί ν'αποτελέσει κυρίαρχο παράγοντα, ώστε το καλοκαίρι νά διατηρηθούν τα πλαγκτικά είδη στα χαμηλότερα πληθυσμιακά τους επίπεδα, ενώ η επιλεκτική βόσκηση μπορεί να επηρεάσει τον ανταγωνισμό και τη διαδοχή των ειδών. Επίσης έχει δειχθεί, ότι και διάφορα παράσιτα μυκήτων περιορίζουν τις εξάρσεις του πλαγκτού των γλυκών νερών. Ο παρασιτισμός ή και η βόσκηση δεν είναι συνήθως

ομοιόμορφα. Αυτό οξύνει, ή σε μερικές περιπτώσεις μπορεί ν'αποτελέσει την αιτία για την άνιση κατανομή του φυτοπλαγκτού που ήδη παρατηρείται. Σε συνθήκες "bloom" το ζωοπλαγκτόν μπορεί να εμφανίσει "πλεονάζουσα διατροφή" κατά την οποία το φαγητό χωνεύεται μερικώς πριν αποβληθεί και αυτό το πλούσιο περιττωματικό υλικό ανακυκλώνεται ταχέως από βακτήρια, και έτσι αποτελεί σημαντική πηγή βενθικής οργανικής ύλης. Οι αριθμοί των βακτηρίων αυξάνουν και κατά τη διάρκεια και μετά το "bloom" των φυκών, είτε λόγω άμεσων αποτελεσμάτων αφυδάτωσης των φυκών, είτε λόγω του παραπάνω δευτερεύοντος αποτελέσματος. Τα βακτήρια επίσης αποτελούν θηράματα(π.χ. για τα πρωτόζωα).

Μερικά φύκη παράγουν **τοξίνες** οι οποίες μπορεί να φτάσουν σε τέτοια επίπεδα, ώστε να σκοτώσουν όχι μόνο το ζωοπλαγκτόν αλλά και τα ψάρια. Αυτό μπορεί να είναι κατά ένα μέρος υπεύθυνο για τον αποκλεισμό των θηρευτών από τις περιοχές των "blooms". Σε μερικά θεαματικά "bloom", όπως οι **κόκκινες παλίρροιες** που προκαλούνται από *Gymnodinium brevis* και *G.splendens,* οι τοξίνες μπορεί να φτάσουν σε τέτοια επίπεδα ώστε να κάνουν τις τροφές που προέρχονται από τη θάλασσα να είναι δηλητηριώδεις για τον άνθρωπο.

Η μέγιστη αφθονία των φυκών βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού. Όταν δεν υπάρχει το θερμοκλινές εμφανίζεται μια σχετικά ομοιόμορφη κατανομή με το βάθος, λόγω της ανάμιξης του νερού, αλλά με ένα σταθερό θερμοκλινές υπάρχει μια συγκέντρωση της μικροβιακής βιομάζας στα επιφανειακά νερά, με τη μέγιστη αφθονία μεταξύ 5 και 10m, η οποία ποικίλλει όμως με το αναφερόμενο κάθε φορά σώμα νερού.

Οι αριθμοί όλων των **αερόβιων μικροοργανισμών** ελαττώνονται με ταχύ ρυθμό κάτω από το θερμοκλινές, αν και μπορεί ν'αυξάνονται πάλι κοντά στα ιζήματα. Τα **αναερόβια βακτήρια**, τα οποία παράγουν μεθάνιο ή τα φωτοσυνθετικά βακτήρια, μπορεί να έχουν τους μέγιστους αριθμούς τους σ'αυτά τα βαθιά νερά (RUSSO & THURSTON, 1977).

Η αφθονία των **ζυμομυκήτων** μειώνεται επίσης με το βάθος, με μέγιστο κοντά ή κάτω από αυτό των φυκών, ενώ οι παρασιτικοί μύκητες συνδέονται φυσικά με την κατανομή των ξενιστών τους.

Το φυτοπλαγκτόν μπορεί να μετακινηθεί πάνω ή κάτω σ'έναν **ημερήσιο κύκλο**. Το πώς αυτό γίνεται δεν είναι επαρκώς γνωστό. Συνήθως, υπάρχει μια κίνηση του πλαγκτού προς τα πάνω κατά τη διάρκεια της ημέρας και προς τα κάτω τη νύχτα. Το μοντέλο της κίνησης όμως ποικίλλει. Είναι γνωστή και η αντίθετη αντίδραση κατά την οποία μερικά είδη κινούνται προς την επιφάνεια δύο φορές κάθε μέρα. Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι αυτές οι κινήσεις δεν αφορούν μόνο την αναζήτηση φωτός στα ανώτερα στρώματα, αλλά και την ύπαρξη πλουσιότερων θρεπτικών στα βαθύτερα νερά. Υπάρχουν επίσης ημερήσιες αλλαγές σε φυσιολογικές διαδικασίες. Η φωτοσύνθεση συνήθως κορυφώνεται το μεσημέρι ή λίγο αργότερα και μπορεί να υπάρχει μια ημερήσια διακύμανση στο επίπεδο της χλωροφύλλης. Εξάλλου, η διαίρεση των κυττάρων και ακόμα ο βιοφωτισμός, στους πλαγκτικούς οργανισμούς, έχουν ημερήσιους ρυθμούς (ROUND, 1981).

Εκτός από τις κινήσεις των φυκών υπάρχει μια γενικότερη προβληματική με την **πλευστότητά** τους. Τα περισσότερα είδη του πλαγκτού θα έπρεπε να επιπλέουν και αυτό όντως γίνεται, αλλά σε ακίνητα νερά και όταν νεκρώνεται το πλαγκτό, δεν συμβαίνει αυτό. Όμως, πολλά ζωντανά κύτταρα, είτε βουλιάζουν πιο γρήγορα είτε επιπλέουν επί μακρόν. Στα κυανοβακτήρια η επίπλευση μπορεί να προκαλείται από αέρια κενοτόπια.

Νευστόν και Νηκτόν

Το νευστόν είναι μια εξειδικευμένη κοινότητα, η οποία ζει σε ένα λεπτό στρώμα (film) στη διεπιφάνεια νερού αέρα. Σ'αυτό το λεπτό στρώμα η οργανική ύλη (μοριακή ή διαλυμένη) και τα οργανικά θρεπτικά, όπως τα φωσφορικά θρεπτικά άλατα, συσσωρεύονται και έτσι προκαλούνται μεγάλες αυξήσεις στον αριθμό των βακτηρίων (πχ. *Pseudomonas, Caulobacter,* μαστιγοφόρα, μικρά χλωρόφυτα και χρυσόφυτα). Υπάρχουν αναφορές ότι στα γλυκά νερά υπάρχουν αμοιβάδες που ζουν πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του νερού. Οι συνθήκες του ενδιαιτήματος του νευστού είναι επιταγχυνόμενες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, υψηλή πυκνότητα φωτός και πολύ καλή οξυγόνωση. Το νευστόν έχει μελετηθεί σχετικά λίγο.

Στο νηκτό ανήκουν οργανισμοί ανώτερων βαθμίδων της τροφικής πυραμίδας και είναι ζωικοί οργανισμοί που μετακινούνται μέσα στο νερό ανεξάρτητα από τα ρεύματα και τις κινήσεις του νερού. Έχουν δηλαδή αναπτυγμένες κολυμβητικές ικανότητες και είναι δυνατό να μεταναστεύουν για εξασφάλιση άφθονης τροφής, ή για κατάλληλα αναπαραγωγικά πεδία και συνθήκες διαβίωσης. Υπάρχουν ζώα του πραγματικού νηκτού που ζουν διαρκώς στην πελαγική ζώνη και ζώα του νηκτοβένθους που κολυμπούν κοντά στον πυθμένα (βυθό), ενώ υπάρχουν και ζώα που είναι νηκτοβενθικά την ημέρα και νηκτικά κατά τη διάρκεια της νύκτας (EDMONDSON, 1966).

Περίφυτο

Στο περίφυτο ανήκουν οι κοινωνίες μικροοργανισμών που συνήθως αναπτύσσονται ως βλεννώδεις επικαλύψεις πάνω στην επιφάνεια διαφόρων υποστρωμάτων. Οι κοινωνίες αυτές αποτελούνται από βακτήρια, μύκητες, φύκη, ασπόνδυλα, όπως και από οργανικό υλικό σε αποσύνθεση (detritus). Η διάρθρωση των πιο πάνω κοινωνιών εξαρτάται από τη στάθμη των υδάτων, το φως και τον κυματισμό, καθώς και από το χημισμό των υδάτων και τη φύση του υποστρώματος (WETZEL1983).

Οι κοινωνίες του περίφυτου διακρίνονται σε επιλιθικές, επιπελικές, επιφυτικές, επιψαμμικές και άλλες. Συνήθως, πάνω από το περίφυτο αναπτύσσονται χωρίς εμφανή προσκόλληση κοινωνίες φυκών το γνωστό μετάφυτο (φύκη των ειδών *Zygnema, Oedogonium* κ.ά).

Τα μικροφύκη του περιφύτου αντιπροσωπεύουν ένα βασικό τμήμα της πρωτογενούς παραγωγής, πτωχών και πλούσιων σε φωσφορικά υδατοσυλλογών.

Βένθος

Οι βενθικοί οργανισμοί ανήκουν στο **φυτοβένθος** και στο **ζωοβένθος**. Αποτελούν την επιπανίδα και επιχλωρίδα και ζουν πάνω, μέσα ή κάτω από το υπόστρωμα του πυθμένα (επιβιόντα, ενδοβιόντα). Το μέγεθος των βενθικών οργανισμών μπορεί να είναι λίγα μικρά του μέτρου (βακτήρια, μύκητες, μονοκύτταρα φύκη, πρωτόζωα) και ακόμη να ξεπερνούν τα λίγα χιλιοστόμετρα ή εκατοστόμετρα (προνύμφες εντόμων) ή ακόμη το μέτρο (υδρόβια φυτά).

Το **επίλιθον** είναι ασήμαντο κάτω από την εύφωτη ζώνη, γιατί τα περισσότερα από τα υποστρώματα του πυθμένα είναι ιζήματα. Μεγάλη παραγωγικότητα όμως παρουσιάζει στην αιγιαλίτιδα ζώνη, αν και το ενδιαίτημά του στις παραθαλάσσιες τοποθεσίες, λόγω του παλιρροιακού ρυθμού, είναι πολύ εξειδικευμένο. Η κίνηση του νερού πάνω από την επιφάνεια είναι μεγάλο πρόβλημα. Πολλοί μικροοργανισμοί το αντιπαρέρχονται, καλύπτοντας το σώμα τους με κρούστα ή διάφορα υλικά ή είναι προσκολλημένοι στο υπόστρωμα, αν και σε πολύ γρήγορες ροές νερών εμποδίζεται η εγκατάσταση μιας μόνιμης κοινότητας. Η θέση των μικροοργανισμών πάνω στις πέτρες, σε σχέση με τα ρεύματα, επηρεάζει τον πληθυσμό τους. Υπάρχουν χαρακτηριστικά φύκη που αντιμετωπίζουν επιτυχώς τα ρεύματα (*Lithoderma fluviatilis, Cocconeis placentula, Ulothrix,* έμμισχα διάτομα και λίγες λειχήνες). Εξαιτίας του απαιτητικού περιβάλλοντος συχνά υπάρχει άμμος μ'ένα μόνο φύκος επάνω, ενώ υπάρχουν χαρακτηριστικά προσκολλημένα βακτήρια, νηματοειδή και έμμισχα. Αυτά χρησιμοποιούν τα θρεπτικά που υπάρχουν στο τρεχούμενο νερό ή αυτά που απελευθερώνονται από τα φύκη ή αυτά που προσροφούνται στην επιφάνεια των βράχων για να τραφούν (SCHOERBEL, 1971).

Υπάρχουν σημαντικές εποχιακές αλλαγές στο **επιλιθικό βένθος** στα ποτάμια και στη χλωρίδα των λιμνών όμοιες μ'αυτές του πλαγκτού. Στις ακτές των λιμνών, οι πέτρες είναι καλυμμένες από διάτομα, κυανοβακτήρια, χλωροφύκη και βακτήρια ενσωματωμένα σε φυτική κόλλα. Οι βραχώδεις ακτές είναι πολύ αφιλόξενες με την επαναλαμβανόμενη αφύγρανση και ενύδραση, γιατί συνδέονται με γρήγορες διακυμάνσεις στις μεταβολές της αλατότητας και στη θερμοκρασία. Επιπλέον υπάρχει μια μεγάλη πίεση λόγω βόσκησης από μαλάκια, αρθρόποδα και κάποιες φορές από ψάρια. Αυτό το ακραίο ενδιαίτημα κατοικείται συνήθως από λειχήνες και κυανοβακτήρια που μπορούν να προσλάβουν ατμοσφαιρικό άζωτο σε ικανοποιητικό επίπεδο, αφού το περιβάλλον τους έχει χαμηλά επίπεδα θρεπτικών. Σε τέτοια βράχια βρίσκουμε συνήθως διάτομα σε σχισμές και ρωγμές, καθώς και κοινότητες χρυσοφύτων. Υπάρχουν επίσης σημαντικές ποσότητες από προϊόντα αποσάθρωσης που ως επί το πλείστον αποτελούνται από ανώτερα φυτά τα οποία αποσυντίθενται από βακτήρια και μύκητες.

Οι **επιψαμικές** και σχετιζόμενες κοινότητες μικροοργανισμών αναπτύσσονται εκεί όπου υπάρχει κοκκώδης άμμος, με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν ισχυρά ρεύματα και έντονη κυματική δραστηριότητα, ακόμη και στην περίπτωση που οι μικροοργανισμοί είναι εγκατεστημένοι σε σχισμές ή βαθουλώματα και έτσι είναι κατά κάποιο τρόπο προστατευμένοι από το "γδάρσιμο". Εκεί η χλωρίδα αποτελείται από βακτήρια και μικρά διάτομα που έχουν δημιουργήσει κρούστα ή είναι έμμισχα. Επίσης, υπάρχει μια ευδιάκριτη κοινότητα από διάτομα και κυανοβακτήρια. Όταν υπάρχουν θρεπτικά συστατικά, απαντώνται στην περιοχή δινομαστιγωτά και ευγληνόφυτα, καθώς και βλεφαριδοφόρα. Στην παράκτια άμμο οι μικροοργανισμοί έχουν αναπτύξει μηχανισμούς για να αποφεύγουν την απόπλυση και το "γδάρσιμο" από την κίνηση του νερού. Στα γλυκά νερά οι επιψαμικές κοινότητες έχουν εποχιακούς κύκλους, όπως το πλαγκτόν, με μέγιστη αύξηση και παραγωγικότητα την άνοιξη.

Οι **επιπελικές** και σχετιζόμενες κοινότητες αναπτύσσονται στα ιλυώδη ιζήματα. Υπάρχει μια ανάλογη ποικιλία στις μικροβιακές κοινότητες που κατοικούν εκεί. Στην ιλύ των γλυκών υδατοσυλλογών ο κύριος παράγοντας που ελέγχει τα είδη που υπάρχουν σ'αυτόν τον τύπο του νερού είναι η οξύτητα και τα θρεπτικά. Εδώ, οι

κύριοι οργανισμοί είναι πρωτόζωα βλεφαριδοφόρα, συνήθως ετερότροφα, που ζουν με πρόσληψη προϊόντων αποσάθρωσης και άλλων μικροβίων. Υπάρχουν και συμβιωτικές σχέσεις όπου τα φύκη εμφανίζονται σαν ενδοσυμβιωτικά. Αυτές οι σχέσεις δεν είναι συνήθως σημαντικές για την παραγωγικότητα της πλειονότητας των γλυκών νερών, αλλά είναι σημαντικές λόγω επιστημονικού ενδιαφέροντος. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης υπάρχουν εξειδικευμένα ενδιαιτήματα. Η θερμοκρασία είναι συνήθως στους 9-10^{0}C στις εύκρατες περιοχές, τα νερά δεν έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε θρεπτικά, αλλά είναι κορεσμένα από διττανθρακικά άλατα, ιδιαίτερα στις ασβεστολιθικές περιοχές. Τα κυανοβακτήρια σχετίζονται με καρκινοειδή, η μικροχλωρίδα είναι σποραδική, ενώ τα μακρόφυτα είναι σημαντικά, ως πηγή θρεπτικών για τα μικροσκοπικά επίφυτα.

Τα φύκη στο **επίπελον** των ποταμών κυριαρχούνται από διάτομα και μαστιγωτά. Στις ολιγοτροφικές λίμνες αποτελείται από δεσμίδια, μερικά διάτομα και νηματοειδή χλωρόφυτα, ενώ στα ευτροφικά νερά βρίσκονται κυανοβακτήρια, χλωρόφυτα και ευγληνόφυτα. Στις αρκτικές λίμνες το επίπελον είναι η σημαντικότερη πηγή του μεγαλύτερου μέρους της ολικής παραγωγικότητας. Τα επιπελικά φύκη δείχνουν εποχιακές διακυμάνσεις συνήθως με μία έξαρση.

Μία σημαντική **επιπελική** κοινότητα εμφανίζεται στα όρια των γλυκών και αλμυρών νερών. Εκεί, νηματώδη φύκη και κυανοβακτήρια είναι πλατιά διαδεδομένα και γνωστά για τη σταθεροποίηση της ιλύος. Ο *Bacillus* είναι κοινός σε παλιούς βάλτους και τα gram-θετικά βακτήρια είναι πιο γνωστά από τα gram-αρνητικά, κατά τη διάρκεια της ανάμιξης των νερών. Οι καινούριοι βάλτοι έχουν περισσότερα gram-θετικά βακτήρια.

Η ιλύς στις κοίτες των ποταμών είναι πλούσια σε οργανική ύλη και στην επιφάνεια επικρατούν αερόβιες συνθήκες. Εκεί, στην επιφάνεια υπάρχουν αποικίες από φύκη και κυανοβακτήρια. Ανάμεσα σ'αυτά υπάρχουν "βυσσινί" και "πράσινα" στη χροιά θειούχα βακτήρια που με οξείδωση μειώνουν τις χημικές ενώσεις του θείου. Σε αναερόβια ιζήματα τα βακτήρια είναι πολύ σημαντικά στην ανακύκλωση των θρεπτικών ακόμη και αν τα πρωτόζωα έχουν ίση περίπου βιομάζα, αλλά όχι δραστηριότητα.

Τα **επίφυτα** στα βενθικά φύκη, συμπεριλαμβανομένων των μακροφύτων, και των βενθικών αγγειόσπερμων είναι πολύ κοινά. Εμφανίζονται ως συμπιεσμένες μορφές προσκολλημένες στη φυτική κόλλα ή έμμισχες μορφές. Τα βακτήρια στα βενθικά φυτά είναι πανταχού παρόντα και μπορεί να ζουν στη φυτική κόλλα ή να αποτελούν έμμισχες μορφές ή νηματώδεις. Περίπου όλα τα υδρόβια φυτά έχουν ένα επίφυτο το οποίο μπορεί να είναι πολύ πυκνό, ενώ τα πολύ γρήγορα αναπτυσσόμενα φυτά μένουν "καθαρά" πριν εποικιστούν μόνιμα. Τα πλαγκτικά φύκη έχουν συχνά προσκολλημένα βακτήρια ή εμφανίζονται μέσα σε δικές τους θήκες στη λάσπη και κάποιες φορές υπάρχουν εκεί μύκητες και πρωτόζωα. Ένα μεγάλο μέρος βακτηρίων του πλαγκτού μπορεί να είναι επιφυτικό. Οι περισσότεροι μύκητες είναι σίγουρα παρασιτικοί ειδικά τα "*chytrids*".

Υπάρχουν και άλλοι οργανισμοί που σχετίζονται με το επίφυτο και ζουν ελεύθερα μέσα στην προστασία της επιφυτικής ανάπτυξης. Αυτοί εμφανίζονται στη μάζα των επιπλεόντων νηματωδών φυκών και στη στρώση των νηματωδών βακτηρίων, χωρίς να είναι προσκολλημένα.

Οι περισσότερες **επιζωικές** κοινότητες είναι όμοιες μ'αυτές των φυτών, απλώς χρησιμοποιούν ζώα σαν επιφάνεια για να αναπτυχθούν όπως χελώνες, μαλάκια, οστρακοειδή και εκεί μπορεί να υπάρξει μια κάλυψη από φύκη, βακτήρια και πρωτόζωα όπως το "fouling"(βιολογική ρύπανση) στα σκάφη. Τα κωπήποδα, τα αρθρόποδα και οι προνύμφες των καρκινοειδών στο ζωοπλαγκτόν επίσης συνεργάζονται με βακτήρια, *chytrids* και φύκη για να αναπτύξουν τις κοινότητες αυτές.

Τα ψάρια έχουν πυκνή βακτηριακή επιφάνεια χλωρίδας, ενώ αρκετά φέρουν πρωτόζωα στο δέρμα και στα βράγχια τους. Μερικά ψάρια των βαθιών νερών έχουν συμβιωτικά βακτήρια τα οποία εξασφαλίζουν κηλίδες φωτός για την έλξη και αναγνώριση στις περιοχές αυτές που επικρατεί σκοτάδι. Υπάρχουν πολλά παρασιτικά βακτήρια και μύκητες τα οποία προκαλούν ασθένειες στα υδρόβια ζώα (π.χ. μυκητιάσεις ψαριών και ασθένειες μυδιών και στρειδιών).

΄Οπως είναι γνωστό, οι μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών κατά μήκος ενός ποταμού, επιδρούν άμεσα στην κατανομή και στην αφθονία του πληθυσμού των υδρόβιων οργανισμών που ζούν σ'αυτό. Πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες επιβαρύνουν και ρυπαίνουν τα ποτάμια οικοσυστήματα, μεταβάλλουν τις φυσικές τους περιβαλλοντικές συνθήκες και επομένως επιδρούν στη δομή και στη λειτουργία των υδρόβιων βιοκοινωνιών. Οι βενθικοί μακροασπόνδυλοι οργανισμοί αποτελούν τον καταλληλότερο βιολογικό δείκτη των περιβαλλοντικών συνθηκών στα ποτάμια (e.g. AWA, 1986, METCALFE, 1989, LENAT*et al.*, 1994, CEN, 1995, NIXON *et al.*, 1996).

Για την ταξινόμηση της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών νερών, προτείνονται τα ακόλουθα στοιχεία ποιότητας τα οποία πρέπει να ερευνώνται και συνεκτιμώνται σε κάθε μελέτη και έρευνα και απεικονίζονται στον Πίνακα IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Παράμετροι μελέτης για την ταξινόμηση της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών νερών

(πηγή: NIXON *et al.*, 1996)

	Λιμνο-θάλασσες	***Ποταμοί*** (μέγεθος)			***Λίμνες*** (βάθος)			***Ταμιευτήρες***	
Παράμετροι		Μικρό	Μεσαίο	Μεγάλο	<3μ	3-15 μ.	>15μ.	Αναμι-γνυό-μενοι	Στρωμα-τοποιη-μένοι
Διαλυμένο Οξυγόνο	v	-	-	v	-	-	v	-	v
Τοξικές ή Επιβλαβείς Ουσίες									
-Νερό	v	v	v	v	v	v	v	v	v
-Ίζημα	v	-	-	v	v	v	v	v	v
-Οργανισμοί	v	?	?	?	v	v	v	v	v
Κοινότητες Ασπονδύλων									
-Πλαγκτικές	-	-	-	-	v	v	v	v	v
-Βενθικές	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Κοινότητες Υδρόβιων Φυτών									
-Φυτοπλαγκτό	v	-	-	v	v	v	v	v	v
-Βενθικά φύκη	v	?	?	-	v	v	v	v	v
-Επιπλέοντα φυτά	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Πληθυσμοί Ψαριών	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Πληθυσμοί Ανωτέρων Σπονδυλοζώων	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ασθένειες σε Ζώα Φυτά	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δομή και Ποιότητα Ιζημάτων	-	v	v	v	v	v	v	v	v
Παρόχθια, Παράλια Ζώνη									
-Γεωμορφολογία	v	v	v	v	-	-	-	-	-
-Βλάστηση	v	v	v	v	-	-	-	-	-
Παροχή και Ποσότητα Νερού	v	v	v	v	v	v	v	v	v

-= δεν συνίσταται, v= συνίσταται, ?= αβέβαια κατάσταση.

Η ιστορία της εκτίμησης της ποιότητας των νερών βασισμένη σε **βιολογικούς δείκτες** της ρύπανσης όπως έχει προαναφερθεί σε άλλο Κεφάλαιο ξεκίνησε τον περασμένο αιώνα (METCALFE, 1989). Αυτό το σύστημα στηριζόταν στο σαπροβιοτικό σύστημα και αναμορφώθηκε στις αρχές του αιώνα περιλαμβάνοντας οργανισμούς του πλαγκτού και του βένθους (KOLKOWITZ & MARSSON, 1908). Η ιδέα να χρησιμοποιηθεί η ασπόνδυλη πανίδα ως βιοδείκτης, ξεκίνησε από τις Ηνωμένες Πολιτείες όπου δημιουργήθηκαν κατάλογοι δεικτών σαπροβίωσης, βιοτικοί δείκτες και δείκτες ποικιλότητας. Γύρω στη δεκαετία του '70 πολλές ευρωπαϊκές χώρες απέρριψαν τους δείκτες σαπροβίωσης και ποικιλότητας και επικέντρωσαν τη προσοχή τους στο "**βιοτικό δείκτη**" (biotic index) και στο "**σύστημα επιτυχίας**" (score system).

Τα συστήματα βιολογικών δεικτών που χρησιμοποιούν αυτούς τους οργανισμούς, βοηθούν να ερμηνευθούν οι πληροφορίες που δίνει η βιοκοινότητα για την κατάσταση του ποτάμιου οικοσυστήματος. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η οικολογική ταξινόμηση του ποταμού, ο οποίος χωρίζεται σε διάφορες ζώνες. Στην κάθε ζώνη αποδίδεται μια διαφορετική οικολογική ποιότητα των νερών, ανάλογα με τη βιοκοινωνία που μπορεί να συντηρήσει, ενώ υπάρχει μια ισχυρή σχέση ανάμεσα στη βενθοπανίδα της περιοχής και στα περιβαλλοντικά της χαρακτηριστικά, τις απορροές ή μη που δέχεται η περιοχή, την κατάσταση της παρόχθιας ζώνης κ.ά (BMWP, 1978, NWC, 1981, ARMITAGE *et al.*, 1983, EXTENCE *et al.*, 1987, LANG *et al.*,1989, WRIGHT, 1995). Ετσι, είναι δυνατό οι ομάδες των βιολογικών περιοχών να συσχετιστούν με τους παράγοντες του ενδιαιτήματος (φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά) με τη χρήση της πολλαπλής ανάλυσης (KLECKA, 1975). Σήμερα μια πρόσθετη ανάπτυξη αυτής της εργασίας είναι το "**RIVPACS**" (River Invertebrates Prediction and Classification

System) το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής, εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία βάσης για μια μεγάλη ποικιλία συνθηκών περιβάλλοντος (WRIGHT 1995, WRIGHT *et al.*, 1989, 1993). Με το RIVPACS κατάλληλα τροποποιημένο στις συνθήκες κάθε περιοχής είναι δυνατό να γίνει ακόμη και πρόβλεψη συνθηκών οικολογικής ποιότητας περιβάλλοντος.

Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες εφαρμόζονται διάφορα συστήματα για τη γνώση της ποιότητας των επιφανειακών νερών (Εικ. 12). Επιπρόσθετα όμως η Ευρωπαϊκή Ένωση ερευνά τις δυνατότητες εφαρμογής ενός ενιαίου συστήματος εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών υδάτων (EEC, 1994, NIXON *et al.*, 1995, CEN, 1995). Σε διεθνή κλίμακα η αναγκαία τεχνογνωσία έχει κατάλληλα τροποποιηθεί για τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής και έτσι έχει αναπτυχθεί μεγάλος αριθμός από δείκτες για την ταξινόμηση της ποιότητας των επιφανειακών τους νερών.

Η χρησιμοποίηση των ασπόνδυλων οργανισμών (Εικ. 10,11) ως βιοδείκτες ποιότητας του περιβάλλοντος κέρδισε με τον καιρό έδαφος γιατί:

- οι βιοκοινωνίες τους είναι πολύ ετερογενείς,
- αντιπροσωπεύονται από πολλά φύλλα,
- η απόκρισή τους στο είδος και στο βαθμό της ρύπανσης ποικίλλει,
- η απόκρισή τους στην οργανική ρύπανση είναι καλά πιστοποιημένη,
- βρίσκονται παντού και συλλέγονται εύκολα,
- η σχετική ακινησία τους από το βιοχώρο τους κάνει τα ασπόνδυλα να αντιπροσωπεύουν καλύτερα τις τοπικές συνθήκες,
- ο κύκλος της ζωής τους είναι σχετικά μακρύς, οπότε αποτελούν μία ολοκληρωμένη παράμετρο ποιότητας του νερού. Τα κυριότερα ασπόνδυλα που απαντούν στο βένθος των υδάτινων περιοχών στην Ελλάδα (ποτάμια, λίμνες,ταμιευτήρες) παρουσιάζονται στον Πίνακα V.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει κανένα επίσημο σύστημα για την ενιαία εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών νερών και την ταξινόμηση τους, αν και υπάρχουν σε μεμονωμένες εργασίες βιολογικά και υδροχημικά δεδομένα, καθώς και βιολογικοί δείκτες και δείκτες οικολογικής ποιότητας (π.χ. KOUSSOURIS et al., 1990α, 1990β, 1992, 1993, 1994, SKOULIKIDIS 1992, 1993, ANAGNOSTOPOULOU 1992, ΒΟΡΕΑΔΟΥ 1993, GRITZALIS et al., 1993, 1997, ANAGNOSTOPOULOU et al., 1994, ΤΣΙΑΟΥΣΗ 1995, ΑΡΤΕΜΙΑΔΟΥ και συν., 1995, ΓΙΑΝΝΑΚΟΥ και συν, 1997α, 1997β, ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ και συν, 1977α, 1997β, ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1994, 1997α,1997β, ΓΙΑΝΝΑΚΟΥ, 1997). Παρ' όλα αυτά, αν και η σχετική τεχνογνωσία έχει αποκτηθεί από έλληνες επιστήμονες, θα πρέπει όμως η πρακτική αυτή να προσαρμοστεί στις ελληνικές συνθήκες και ιδιαιτερότητες με ενιαίο χαρακτήρα και κριτήρια. Επομένως, είναι απόλυτα αναγκαίο για την Ελλάδα να υιοθετηθούν ενιαία κριτήρια και συγκρίσιμη μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της οικολογικής ποιότητας κάθε συστήματος, που θα χρησιμοποιείται επίσημα για την εκτίμηση και την ταξινόμηση των επιφανειακών νερών.

Υδρόβια και ελόβια βλάστηση και χλωρίδα

Τα υδρόβια και ελόβια μακρόφυτα επηρεάζουν και τροποποιούν το περιβάλλον τους με φυσικό, χημικό και βιολογικό τρόπο. Ειδικότερα, τα μακρόφυτα με φυσικό τρόπο επηρεάζουν το περιβάλλον τους, ελέγχοντας την κίνηση του νερού, το φως, κ.ά. Με αυτό τον τρόπο επηρεάζεται η θερμοκρασία του νερού, το διαλυμένο οξυγόνο, η κατακράτηση οργανικού υλικού, φερτών υλών κ.ά. (SPENCE, 1967, BARKO *et al.*, 1986).

Τα μακρόφυτα με χημικό τρόπο επηρεάζουν το περιβάλλον τους κυκλοφορώντας το οξυγόνο, άζωτο, φώσφορο, άνθρακα ασβέστιο, σίδηρο, κάλιο, νάτριο και άλλα στοιχεία. Σήμερα γνωρίζουμε ότι τα μακρόφυτα έχουν μια δυναμική χημική σχέση με το περιβάλλον τους και οι μεταβολικές τους λειτουργίες, όπως και η μορφολογία τους επηρεάζουν την ισορροπία του οξυγόνου, pH, τον κύκλο των θρεπτικών και την ενεργειακή ροή σε ολόκληρο το υδάτινο οικοσύστημα. Τα υδρόβια φυτά χρησιμοποιώντας για τη φωτοσύνθεσή τους διοξείδιο του άνθρακα από το νερό ελαττώνουν τοπικά τη συγκέντρωσή του, ενώ αυξάνεται η συγκέντρωση της αλκαλικότητας κατά την αντίδραση:

$$CO_2 + H_20 <\!\!\longrightarrow H_2CO_3 <\!\!\longrightarrow H^+ + HCO_3^- <\!\!\longrightarrow CO_3^{--} + 2\,H^+$$

Σε σκληρά νερά τα μακρόφυτα παρεμβαίνουν και διαμέσου της φωτοσύνθεσης ιζηματοποιούν το ανθρακικό ασβέστιο, στα φύλλα και στους βλαστούς των φυτών.Τα μακρόφυτα έχουν επίσης την ικανότητα να επιστρέφουν ή να ανακυκλώνουν το διοξείδιο του άνθρακα στο νερό ή τον αέρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ V

Ασπόνδυλα των εσωτερικών νερών της Ελλάδας.

(πηγή: ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1992-'98, ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ, 1991, PETRIDIS, 1993, κ.ά).

PLATYHELMINTHES
Turbellaria
Dendrocoelum lacteum
Dugesia gonocephala
Fonticola spp.
Planaria sp.
Polycelis nigra
P. tenuis

ANNELIDA
Oligochaeta
Chaetogaster sp.
Criodrilus lacuum
Dero sp.
Eiseniella sp.
Euclyodrilus hammoniensis
E. prespensis
Limnodrillus hoffmeisteri
L. udekemianus
Lumbriculus variegatus
Nais sp.
Ophidonais serpentina
Peloscolex tenuis
Potamothrix hammoniensis
P. prespaensis
Psamoryctes barbatus
P. moravicus
P.ochridanus typica
P. o.variabilis
Sparganophilus sp.
Stylaria lacustris
Tubifex tubifex
Hirudinea
Erbobdella octoculata
Erpobdella sp.
Helobdella stagnalis
Hemiclepsis marginata

MOLLUSCA
Gastropoda
Bithynia leachi
Galba palustris
Lymnaea lagotis
L. palustris
L. peregra
L. stagnalis
Physa fontinalis
P. heterostropha
Planorbarius corneus
Planorbis carinatus
P. planorbis
Potamopyrgus astrea
P. jenkinsi
Radix peregra
Sphaerium sp.
Succinea putris
Theodoxus danubialis
T. fluviatilis
Valvata klemmi
V. macrostoma
V. piscinalis
Viviparus ater hellenicus
Zonitoides nitidus
Bivalvia (Lamellibranchia)
Ancylus lacustris
Anodonta cygnea
Chilopyrgula prespensis
C. thiesseana
Dreissena polymorpha
Pisidium amnicum
Unio pictorum

CRUSTACEA
Anostraca
Chirocephalus diaphanus
Amphipoda
Echinogammarus spp.
Gammarus spp.
Niphargus spp.
Pontogammarus spp.
Rivulogammarus spp.
Isopoda
Asellus aquaticus
A. coxalis
Asellus spp.
Decapoda
Astacus astacus
A. fluviatilis
Atyaephyra desmarestii
Palaemonetes antennarius
Potamon fluviatile

INSECTA (HEXAPODA)
Ephemeroptera
Baetis rhodani
Baetis bioculatus
Baetis meridionalis
Baetis sp.
Caenis macrura
Caenis sp
Centroptilum luteolum
Cloeon dipterum
Ecdyonurus fluminum
Ecdyonurus venosus
Ecdyonurus sp
Ephemera lineata
Ephemera sp
Ephemerella ignita
Rithrogena semicolorata
Odonata
Aeshna affinis
Aeshna isosceles
Aeshna mixta
Agrion virgo
Anax sp.
Calopteryx splendens
Calopteryx virgo
Coenagrion tenelum
Cordulegaster annulatus
Cordulegaster sp.
Dromogomphus sp.
Enallagma sp.
Gomphus vulgatissimus
Ischnura elegans
Lindenia tetraphylla
Libellula depressa
Libellula quadrimaculata
Orthetrum cancellatum
Platycnemis pennipes
Pyrrhosoma numphula
Heteroptera
Corixa affinis
C. punctata
Gerris lacustris
Micronecta minutissima
Naucoris sp.
Nepa sp.
Notonecta sp.
Plecoptera
Capnia bifrons
Perla bipunctata
Hemiptera
Corixa punctata
Corixa sp.
Trichoptera
Apatania muliebris
Agapetus fuscipes
Anabolia nevrosa
Ecnomus tenellus
Diplectrona atra
Glossosoma sp.
Glyphotaelius pellucidus
Goera pilosa
Halesus digitatus
Hydropsyche fulvipes
Hydropsyche guttata
Hydropsyche pellucidula
Hydropsyche sp
Lepidostoma sp.
Leptocerus aterrimus
Limnephilus sp.
Odontocerum albicorne
Perla bipunctata
Philopotamus variegatus
Polycentropus excisus
Potamophylax latipennis
Sericostoma personatum
Silo pallipes
Stenophylax latipennis
Stenophylax sp
Triaenodes sp.
Lepidoptera
Hydrophilus sp.
Hydrophorus erythrocephalus
Hygrotus sp.
Diptera
Atherix ibis
Ceratopogonidae spp.
Chaoborus crystallinus
C. flavicans
Chironomus dorsalis
C. plumosus
C. thummi
Chironomus sp.
Cladopelma laccophillus
C. lateralis
Cladotanytarsus mancus
Cricotopus bicinctus
Cryptochironomus defectus
Culex sp.
Dicrotendipes nervosus
D. pulsus
Dixa aestivalis
Einfeldia dissidens
Hydrophorus erythrocephalus.
Limonia sp.
Lispe sp
Microchironomus tener
Microtendipes pedellus
Parachironomus arcuatus
Paratanytarsus sp.
Paratentipes albimanus
Paratrichocladius rufiventris
Polypedilum laetum
P. nubeculosum
Procladius choreus
P. ferrugineus
P. holotanypus
Psectrocladius sordidellus
Psychoda sp.
Rheocricotopus atripes
Simulium sp.
Stempellina bausei
Tanypus punctipennis
Tanytarsus sp.
Tipula sp.
Coleoptera
Ditiscus sp.
Corixa sp.
Haliplus sp
Hydroporus tesselatus
Hygrotus sp.
Gyrinus sp.
Notonecta sp.

Το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν τα υδρόβια μακρόφυτα τούς προσφέρει τη δυνατότητα να απορροφούν άμεσα θρεπτικά και άλλα συστατικά, είτε με τους βλαστούς και τα φύλλα τους είτε με τη βοήθεια των ριζών από το υπόστρωμά τους. Σχετικές μετρήσεις έχουν αποδείξει ότι υπάρχει ενεργός μεταφορά φωσφορικών, θειικών και χλωριόντων, προσρόφηση αμμωνιακών και φωσφορικών διαμέσου των ριζών και απόθεση αζώτου στα γρήγορα αναπτυσσόμενα φύλλα και στους οφθαλμούς των φυτών. Μάλιστα η πρόσληψη του φωσφόρου είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανακύκλωσή του από την αναερόβια λάσπη στα φυτά και από τα νεκρά φυτά πάλι στο ίζημα, στα βακτήρια και στα φύκη. Ουσιαστικά τα υδρόβια μακρόφυτα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη χημική σταθερότητα ολόκληρου του υδάτινου οικοσυστήματος μέσα στο οποίο ζουν (HUTCHINSON, 1967).

Ο βιολογικός τρόπος με τον οποίο τα μακρόφυτα επηρεάζουν και τροποποιούν το περιβάλλον τους απορρέει από το ότι δημιουργούν ενδιαιτήματα, προσφέρουν τροφή και προστασία, όπως και υπόστρωμα για την αναπαραγωγή των υδρόβιων οργανισμών. Ειδικότερα, τα μακρόφυτα δημιουργούν σχέσεις και αλληλεξαρτή-

σεις, θετικές και αρνητικές με φύκη, βακτήρια, μύκητες, μαλάκια, καρκινοειδή, έντομα, ψάρια, πουλιά και θηλαστικά. Για παράδειγμα, τα μακρόφυτα προσφέρουν υπόστρωμα σε επιφυτικά φύκη και αναπτύσσουν με αυτά σχέσεις θρέψης. Η *Lemna*, δημιουργεί βέλτιστες συνθήκες για την ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων, ενώ έχει αποδειχθεί ότι το *Ceratophyllum demersum* έχει φυκοκτόνες ιδιότητες σε μερικά κυανοβακτήρια και γενικότερα εκεί όπου αναπτύσσεται πλούσια υδρόβια μακροφυτική βλάστηση μειώνεται η αφθονία του φυτοπλαγκτού, ίσως εξαιτίας της σκίασης της περιοχής. Εξάλλου, τα νεκρά μακρόφυτα αποικοδομούνται με τη βοήθεια διαφόρων βακτηρίων τα οποία με χημικό τρόπο τροποποιούν το δενδριτικό υλικό που επικάθηται στο ίζημα ή τρώγεται από έντομα και άλλα ασπόνδυλα. Γενικά τα υδρόβια μακρόφυτα συνεισφέρουν σημαντικά στη δομή και δυναμική λειτουργία των υδάτινων οικοσυστημάτων (LEAN & COOK, 1973).

Τα υδρόβια και ελόβια μακρόφυτα σε φυσικές συνθήκες αναπτύσσονται περιφερειακά των υδάτινων περιοχών. Τα υπερυδατικά, εκείνα τα φυτά που αναδύονται πάνω από το νερό, αναπτύσσονται στην περιφέρεια της ακτής ή όχθης μέχρι το βάθος του ενός μέτρου περίπου. Τα εφυδατικά, εκείνα που αναπτύσσουν επιπλέοντα φύλλα, βρίσκονται σε βάθη από 1 μέχρι 3 μέτρα, ενώ τα υφυδατικά, που είναι τελείως βυθισμένα στο νερό, τα συναντούμε βαθύτερα.

Ως προς τις βιομορφές των υδροφύτων υπάρχουν φυτά που πλέουν ελεύθερα στο νερό χωρίς ρίζες ή με ρίζες μέσα στο νερό (είδη *Lemna, Spirodella, Wolffia, Utricularia, Ceratophyllum, Azolla, Salvinia, Hydrocharis, Eichornia, Stratiotes* κ.ά) και φυτά που είναι ριζωμένα στο υπόστρωμα (είδη *Phragmites, Scirpus, Sparganium, Carex, Paspalum, Glyceria, Polygonum, Rorripa, Ludwigia, Alisma, Sagittaria, Nymphaea, Nuphar, Polygonum, Potamogeton, Ranunculus, Batrachium, Potamogeton, Elodea, Callitriche, Zannichelia, Najas, Juncus, Eleocharis, Sparganium, Vallisnaria, Myriophyllum* κ.ά).

Οι καλαμιώνες παίζουν σημαντικό ρόλο στη βιοπαραγωγικότητα της παράλιας ζώνης, καθώς και στο ότι προσφέρουν καταφύγιο για τους υδρόβιους οργανισμούς, αναπαραγωγικά πεδία και τροφή. Οι καλαμιώνες αναπτύσσονται στις περιφερειακές θέσεις των υγροτόπων. Οταν επικρατούν γλυκά νερά, αλλά και όπου αυτά επηρεάζονται από τα αλμυρά νερά, συνήθως κυριαρχεί το αγριοκάλαμο ή νεροκάλαμο *Phragmites australis*. Όταν το περιβάλλον είναι υφάλμυρο, τότε στη σύνθεση της βιοκοινότητας των καλαμιώνων βρίσκεται το παπύρι *Bolboschoenus (Scirpus) maritimus*. Οταν τα νερά είναι αποκλειστικά γλυκά τότε η σύνθεση της βιοκοινότητας των καλαμιώνων εκτός από το νεροκάλαμο εμφανίζονται και τα ψαθιά, *Typha latifolia* και *Typha angustifolia* (βαθύτερα νερά), καθώς και τα συνοδά είδη *Oenanthe aquatica, Schoenoplectus lacustris, Butomus umbellatus, Limonium, Juncus, Centaurium, Salicornia, Aster, Sueda*. Μάλιστα σε αποκλεισμένες θέσεις βρίσκονται και είδη *Myriophyllum, Nymphaea, Lemna* κ.ά. Τα κυριότερα υδρόφυτα και ελόφυτα (υδρόβια, ημιυδρόβια, πτεριδόφυτα), αλόφυτα, αμμόφυτα και μεταβατικά που απαντούν στους ελληνικούς υγροτόπους, στις αμμώδεις ακτές και τα αλμυρά επίπεδα λασποτόπια, παρουσιάζονται στον Πίνακα VI.

ΠΙΝΑΚΑΣ VI

Υδρόφυτα, ελόφυτα και μεταβατικά φυτά του ελληνικού περιβάλλοντος

(πηγή: ΛΑΥΡΕΝΤΙΑΔΗΣ, 1956, ΜΠΑΜΠΑΛΩΝΑΣ, 1979, ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, 1982, ΚΟΥΜΠΛΗ - ΣΟΒΑΝΤΖΗ, 1983, ΠΑΥΛΙΔΗΣ, 1989, ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΑΔΟΥ, 1990, κ.ά)

≠ Adiantum capillus veneris	*=*A. maritima*	**Calystegia soldanella*	*+C. vulgaris*
=-Aeluropus litoralis	*-Aster tripolium*	*+C. sepium*	**Chondrilla juncea*
*=*Agropyrum acutum*	*=-*Atriplex hastata*	*+Carex acutiformis*	**Cichorium intybus*
**A. junceum*	**A. rosea*	*+C. Distans*	*+Cirsium arvense vestitum*
-A. elongatum	**A.tatarica*	*+C. otrubae*	*+C.creticum*
*=*Agrostis alba*	*+Azolla filiculoides*	*=C. extensa*	*≠Cladium mariscus*
+A. stolonifera		*=C. vulpina*	*+Cladophora sp.*
+Alisma gramineum	*+Berula erecta*	**Cenchrus pauciflorus*	*+Conyza canadensis*
+A.plantago-aquatica	*+Bidens tripartita*	**Centaurea diffusa*	*=-Crypsis aculeata*
+Alopecurus myosuroides	*+=-Bolboschoemus maritimus*	**C. Spinosa*	**Cynanchum acutum*
+Angelica sylvestris	**Bromus secalinus*	*+Centaurium maritimum*	*-*Cynodon dactylon*
+Apium nodiflorum	**B. tectorum*	*-C.pulchelum*	*+Cyperus rotundus*
=Aristolochia clematis	*=-Bupleurum tenuissimum*	*-C. spicatum*	*+C. fuscus*
=A. rotunda	*+Butomus umbellatus*	*+Calystegia sepium*	*+C. longus*
*-*Arthrocnemum ftuticosum*		*+Ceratophyllum submersum*	**Cuscuta australis*
**A. perenne*	**Cakile maritima*	*+C. demersum*	
+Arundo donax	*=Calamagrostis epigeios*	*+Chara hispida*	**Daucus broteri*
**Atremisia campestris*	*+Callitriche stagnalis*	*+C. tomentosa*	**D. guttatus*

+Digitaria sanguinalis
*Diotis maritima

+Echinochloa crus-galli
+Eleocharis palustris
* Elymus giganteus
+Epilobium lanceolatum
+E. hirsutum
+E. parviflorum
≠Equisetum palustre
≠E. ramosissimum
≠E. telmateja
+Eupatorium cannabinum
* Eryngium campestre
-Erygnium creticum
* E.matitimum
*Euphorbia peplis
*E. paralias

+Galega officinalis
*Glycyrrhiza echinata

=-*Halimione portulacoides
-*Halocnemum strobilaceum
*Haynaldia villosa
+Heleocharis palustris
*Heliotropium dolosum
-Hordeum maritimum
+Hydrocharis morsus-ranae
*Hypochloeris radicata
+Humulus lupulus
-Imperata cylindrica
=*Inula viscosa

=*Juncus acutus
=*J. articulatus
=*J. bufonius
*J. hybridus
*J. inflexus
=-*J.gerardii
=-*J.maritimus
*J. subulatus

*Lactuca saligna
+Lemna gibba
+L. minor
+L.trisulca
+Leonurus marubiastrum
=-*Limonium bellidifolium
=-*L.gmelinii
-*Lolium loliaceum
-Lotus preslii

+Ludwigia palustris
+=Lycopus europaeus
+Lythrum salicaria
=L. virgatum

*Medicago marina
*Melilotus albus
*M. officinalis
+Mentha aquatica
+M. longifolia longifolia
+M. L. typhoides
=M. pulegium
+Myriophyllum spicatum
+M.vericcilatum

+Najas graccilima
+N. marina
+N. minor
+Nasturtium officinale
*Nigella arvensis
+Nitella hyalina
+Nuphar lutea
+Nymphaea alba
+Nymphoides peltata

+Oenathe aquatica
+O. fistulosa
+-O. silaifolia

*Pancratium maritimum
*Parapholis incurva
*Plantago coronopus
+P. major
* P. indica
+Paspalum dilatatum
+P. distichum
+P. paspaliodes
+Persicaria maculosa
=Periploca graeca
+-*Phragmites australis
-Pholiurus incurvatus
+Plantago coronopus
+P. major
+Polygonum amphibium
+*P. arenarium pulchellum
-P. festuciformis
*P.maritimum
+P. mite
+P. salicifolium

+P. viridis
+-Polypogon monspeliensis
+Potamogeton crispus
+P. berchtoldii
+P. filiformis
+P. gramineus
+P. lucens
+P. natans
+P. pectinatus
+P. perfoliatus
+P. nodosus
+P. trichoides
+Potentilla reptans
+Prunella vulgaris
+Pulicaria dysenterica
-Pulinaria vulgaris
=-Puccinellia distans
+Ranunculus circinatus
+R. fluitans
=R. muricatus
+R. trichophyllus
+Riccia fluitans
+Rorripa sylvestris
+Rumex conglomeratus
+R. sanguineus
*-Salicornia europea
-S. radicans
+Salix alba
-*Salsola kali

Υδρόβια, ημιυδρόβια(+), πτεριδόφυτα (≠), αλόφυτα (-), αμμόφυτα(*), μεταβατικά(=).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα, οι υδρολογικές και γεωμορφολογικές ιδιαιτερότητες σε συνδυασμό με την ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης του νερού δημιουργούν προβλήματα για την κάλυψη των αναγκών στις διάφορες χρήσεις του νερού. Η γεωγραφική θέση της Ελλάδας με την ανομοιόμορφη χωροχρονική κατανομή των βροχοπτώσεων, αλλά και τη γενικότερη γεωμορφολογική της σύσταση και την τεκτονική της δομή, την χαρακτηρίζουν ως σχεδόν άνυδρη χώρα. Αυτό πολλές φορές τεκμηριώνεται και από το ξηροθερμικό κλιματικό περιβάλλον του μεγαλύτερου μέρους της χώρας. Παρόλα αυτά όμως, για κάθε κάτοικο τής Ελλάδας αναλογεί ετησίως μεγαλύτερη επάρκεια νερού, απ' ό,τι στις άλλες μεσογειακές χώρες (Πίν. Ι).

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Το υδρολογικό καθεστώς στις μεσογειακές χώρες (πηγή: OECD, 1982)

Χώρα	***Εισροές στη Μεσόγειο Km3/yr***	***Χρησιμοποιούμενα Νερά Km3/yr***	***Σχετική Χρήση ανά Κάτοικο m3/yr.inh***	***Διαθέσιμοι Υδάτινοι Πόροι ανά Κάτοικο m3/yr.inh***
Ελλάδα	49.1	4.3	470	5934
Γαλλία	68.5	8.2	510	3400
Ιταλία	158	36	645	2993
Ισπανία	25.2	14	667	2933
Γιουγκοσλαβία	46.1	1.5	417	2629

Οι ανθρωπογενείς επίσης δραστηριότητες επεμβαίνουν καθοριστικά στην ποιότητα και στην ποσότητα του διαθέσιμου νερού, με το να αλλοιώνουν και να υποβαθμίζουν τις φυσικές του ιδιότητες, ενώ κάθε έτος ελαττώνεται η διαθεσιμότητα του νερού για να εξυπηρετήσει πρόσθετες πλουτοπαραγωγικές δραστηριότητες και χρήσεις.

Το σύνολο της επιφάνειας της χώρας (131990 τ.χλμ) καλύπτεται με εσωτερικά ύδατα συνολικής επιφάνειας γύρω στα 2200 τ.χλμ., δηλαδή ποσοστό κάλυψης 1.6%. Από αυτά οι φυσικές και οι τεχνητές λίμνες καλύπτουν έκταση περίπου 956 τ.χλμ. (47.2%), οι λιμνοθάλασσες 288 τ.χλμ (14.2%), οι ποταμοί έχουν μήκος 4268 χλμ, και οι εκβολές ποταμών με τα δέλτα τους καλύπτουν έκταση περίπου 723 τ.χλμ. (35.7%) που χρόνο με το χρόνο μειώνονται με έργα αποξήρανσης και διευθέτησής τους (Πίν. ΙΙ).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Τα εσωτερικά νερά στην Ελλάδα κατά τύπο, αριθμό και έκταση

(πηγές: ΝΑ, 1970-1996, ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1981-1994, ΕΚΒΥ, 1994)

Τύπος	*Αριθμός*	*Εμβαδό σε τ. χλμ*	*Εκατοστιαία Αναλογία του Συνολικού Εμβαδού της Υδάτινης Κάλυψης της Χώρας*
Φυσικές Λίμνες	56	598	26.1
Τεχνητές Λίμνες	25	358	15.6
Λιμνοθάλασσες	72	550	24.0
Έλη	75	58	2.5
Πηγές	17	~1	0.0004
Εκβολές Ποταμών	42	43	1.9
Δέλτα Ποταμών	12	680	29.7
Ποταμοί	91	4268 χλμ μήκος	
Σύνολο		**~2290**	**100**

Οι αριθμοί είναι ενδεικτικοί επειδή καινούριες τεχνητές λίμνες δημιουργούνται, περιοχές λιμνοθαλασσών και ελών συρρικνώνονται και γενικότερα υποχωρούν οι υδάτινες μάζες.

Από την άποψη της γεωγραφικής κάλυψης της χώρας μας με εσωτερικά νερά μπορούμε να πούμε ότι η πλέον βροχοφόρα περιοχή, η δυτική Ελλάδα, έχει τη μεγαλύτερη κάλυψη με εσωτερικά νερά (444 τ.χλμ) και ακολουθούν η κεντρική Μακεδονία (386 τ.χλμ), η Ηπειρος (337 τ.χλμ), η ανατολική Μακεδονία και Θράκη (316 τ.χλμ), η δυτική Μακεδονία (213 τ.χλμ), η Στερεά Ελλάδα (159 τ.χλμ), ενώ μικρότερες εκτάσεις με εσωτερικά ύδατα και υγροτοπικές περιοχές έχουν η Θεσσαλία (59 τ.χλμ), τα νησιά του βόρειου Αιγαίου (33 τ.χλμ), τα Ιόνια νησιά (22 τ.χλμ), η Κρήτη (14 τ.χλμ), τα νησιά του νότιου Αιγαίου (7 τ.χλμ) και τέλος η Αττική (5 τ.χλμ), (Πίν. ΙΙΙ)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Γεωγραφική κατανομή των κυριότερων ελληνικών υγροτόπων

Γεωγραφικό Διαμέρισμα	*Λίμνες Φυσικές*		*Λίμνες Τεχνητές*		*Λιμνοθάλασσες*		*Ποταμοί*		*Ελη*		*Αλλοι Υγρότοποι*	
	No	τ.χλμ	No	τ.χλμ	No	τ.χλμ	No	χλμ	No	τ.χλμ	No	τ.χλμ
Μακεδονία & Θράκη	14	370	5	150	7	63	29	1737	9	10	17	323
Θεσσαλία	3	1	3	30	4	0.7	8	649	13	2	6	26
Ήπειρος	13	32	2	54	3	2	8	466	2	0.6	6	248
Στερεά & Δ. Ελλάδα	15	188	8	121	14	297	21	846	13	10	16	102
Πελοπόννησος	4	6	1	1.4	6	4	7	276	7	11	5	29
Νησιά Β.Αιγαίου	-	-	1	2	6	13	1	8	12	16	2	0.8
Νησιά Ν. Αιγαίου	3	0.4	2	0.2	7	2.5	6	65	11	4	-	-
Νησιά Ιονίου	3	0.1	-	-	10	21	2	20	2	0.5	4	0.2
Κρήτη	1	0.6	3	0.3	3	4	9	201	6	3	15	5

6.1. Μορφολογικά και άλλα Χαρακτηριστικά

Στη διάρκεια της γεωτεκτονικής εξέλιξης της Ελλάδας, οι περισσότερες λίμνες που σχηματίστηκαν πριν από 20 εκατομμύρια χρόνια περίπου, πήραν τη σημερινή τους θέση, που δεν είναι τίποτα άλλο παρά τα απομεινάρια των άλλοτε πολύ μεγάλων λιμνών που σκέπαζαν τη χώρα μας. Σήμερα έχουμε γύρω στις 56 φυσικές λίμνες με συνολική έκταση γύρω στα 598 τ.χλμ. Οι μεγαλύτερες σε έκταση είναι οι λίμνες, Τριχωνίδα, Βόλβη, Βεγορίτιδα, Κορώνεια, Βιστονίδα, Μικρή Πρέσπα, Μεγάλη Πρέσπα, Καστοριά κ.ά.

Οι φυσικές λίμνες της χώρας μας εξυπηρετούν την κάλυψη κυρίως αναγκών σε τοπικό επίπεδο, την άρδευση, την αλιεία, την απόρριψη κάθε είδους υλικών και ουσιών μέσα στις λεκάνες και άλλες δραστηριότη-

τες που είναι σταθερές ή και μεταβάλλονται ανάλογα με διάφορους τοπικούς παράγοντες και ιδιαιτερότητες. Από την άποψη της αλιευτικής παραγωγής 20 περίπου λίμνες προσφέρουν αλιεύματα με εμπορική σημασία, συνολικής έκτασης 540 τ.χλμ, με συνολική παραγωγή περίπου 1400 τόνους και με μέση ετήσια απόδοση 2.6 κιλά ανά στρέμμα (ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1975-1996). Οι κυριότερες φυσικές και τεχνητές λίμνες (ταμιευτήρες και λιμνοδεξαμενές) στην Ελλάδα με τα κυριότερα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, τα προβλήματά τους και τις απειλές που δέχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και φυσικά αίτια, καθώς και οι κυριότερες χρήσεις που εξυπηρετούν παρουσιάζονται στον Πίνακα IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Φυσικές και τεχνητές λίμνες της Ελλάδας με τα χαρακτηριστικά τους

(πηγές: ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ κ.συν., 1975-1996, Στοιχεία ΕΚΒΥ, 1994, Στοιχεία Τοπικής Αυτοδιοίκησης 1970-1996)

Λίμνες	Έκταση τ.χλμ.	Μέγιστο Βάθος μ.	Κυριότερο Πρόβλημα & Απειλή	Κυριότερες Χρήσεις
ΗΠΕΙΡΟΣ				
Δρακόλιμνες	0.015			αν,π
Ζαραβίνα	0.31		τε,ρ	α,ι
Ζηρός	1.25	58	δ,τε	α,αν,ι,π
Κανέτο Θεσπρ.	0.001		στ	βο
Καλοδίκης	3.0	23	δ,β,μ,στ	α,π,βο,ι
Κυρά Παναγιά Θεσπρ.	0.1		ρ,στ,τε	βο
Λιμνοπούλα Θεσπρ.	1.3		ρ	βο
Λούρου (ΤΛ)	0.2	23	β,δ,φε	η
Μαύρη	0.8			
Μεσοβουνίου Θεσπρ.	0.06		στ,ρ	αν
Παλαιοκάστρου Θεσπρ.	0.5	4	δ,μ,στ	α,ι
Παμβώτιδα	22	11	δ,ρ,β,μ	α,αν,ψ,ι
Πηγές Αώου (ΤΛ)	8.6	82	δ	η
Πουρνάρι (ΤΛ)	20.5	89	δ,ρ	η,ι,ψ
Προντάνι Θεσπρ.	0.25		ρ,στ	βο
Φλέγκα	0.74			αν
ΘΕΣΣΑΛΙΑ				
Ζηλέρια Μαγν	0.02		ρ,δ	α
Κάρλα (ΤΛ)	4		ρ,δ	α
Κεφαλόβρυσο	0.5	6	ε,δ	α,υ,ι
Λούτσια Μαγν	0.15		ρ,δ	α
Μάτι Τυρνάβου (ΤΛ)	0.35		ρ,υπ	α,υ,ι
Ταυρωπός (ΤΛ)	25	47	δ,υπ	η,α,υ,ι,αν
Τσατάλι Μαγν.	0.8		βο	βο
ΘΡΑΚΗ				
Βιστονίδα	42	4	ρ,δ,β,θ,φε	ι,ψ
Ισμαρίδα ή Μητρικού	3.4	1.4	β,δ,αμ,υπ,ρ,φε	π,ι,α,βο,αμ
Νυμφών Έβρου	2.6		ρ,φε	βο
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ				
Άγρα (ΤΛ)	0.35	3	β,ε,ρ,δ,φε	η,α,ι
Βεγορίτιδα	43	70	δ,ρ,υπ	η,α,υ,ι,ψ
Βεύης (ΤΛ)	1.8		υπ	α,ι
Βόλβη	68	22	δ,β,ρ,μ,ε	α,υ,αν,ι
Δοϊράνη	15(43)	10	δ,υπ,μ,ρ	ι,α,υ,αν
Ζάζαρη	2	6	δ,β,ρ,μ,φε	α,ι,βο
Κερκίνη (ΤΛ)	73	4	δ,ρ,τε	α,ι,βο
Κορώνεια	46	9.5	ρ,β,δ,μ,φε	ι,α,αν
Νησιού Πέλλας	10	1.5	ρ	α,αν,ι
Ορεστιάδα ή Καστοριά	30	9	ρ,μ,επ,φε	ι,αν,π,α
Πετρών	8	5	δ,β,ρ,υπ	α,ι,ψ
Πικρολίμνη	4			
Πολυφύτου (ΤΛ)	73	70	ε,δ	η,α,ι,υ,αν
Πρέσπα Μεγάλη	38(266)	55	ε	αν,α,ι,
Πρέσπα Μικρή	44(49)	8	ρ,β,μ,ε,φε	α,αν,π,ι,υ
Σκοπού (ΤΛ)	1.8		υπ	α,ι
Χειμαδίτιδα	11	6	β,δ,ρ,μ,φε	α,π,ι,βο

Λίμνες	Έκταση τ.χλμ.	Μέγιστο Βάθος μ.	Κυριότερο Πρόβλημα & Απειλή	Κυριότερες Χρήσεις
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ				
Αλφειού (ΤΛ)			δ	α,υ
Αστερίου Ευρώτα	2	0.8	στ,επ,ρ	
Καιάφα	0.7		στ,επ,τε	ι,αν
Κονδύλη	0.2			
Λάδωνα (ΤΛ)	1.45	50	δ,επ,ρ	η,α,υ,ι
Μελιγκού ή Μουστός	2,4	5	μ,υδρθ	αν,ι
Πηνειού (ΤΛ)	19.5	43	δ,υπ	α,αν,ι
Πρόκοπος Αχαΐας	17.5	2	λ,δ,επ,ρ	ι,βο
Σαχτούρη Αργολίδας	0.75	1.4	επ,ρ	αν,ι
Στυμφαλία	4	2.6	β,δ,ρ,φε	α,ι,αν
ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ & ΕΥΒΟΙΑ				
Άγ. Δημ. Εύηνος (ΤΛ)				
Αγ. Τριάδα	0.09			υ
Αλυκή Ξηρονομής	0.6			
Αμβρακία	14.5	46	δ,ρ,απ,στ,επ,υπ	α,ι,βο
Βουλιαγμένη	0.025			
Βουλκαριά	10	3	β,λ,τε,επ	α,ι,βο
Γεροπόταμος (ΤΛ)	0.25			
Δύστος	4.75	1.3	στ,δ,απ,υπ,τε	υ,αν
Καλοβρέχης	2	1	ρ,δ	
Καρύστου (ΤΛ)	0.12			
Καστράκι (ΤΛ)	28	65	δ	η,υ
Κουμουνδούρου	0.3	2	λ,ρ	
Κρεμαστά	87	140	δ	η,ι,α,αν
Λάκκα Αγνούντος Αργ.	0.45		επ	
Λυσιμαχία	13	9	υπ, επ,μ,ρ,β	α,ι
Μαραθώνας (ΤΛ)	3.4		δ,	υ
Μόρνου (ΤΛ)	22	75	υπ,ρ,β,φε,απ	υ,α,ι
Οζερός	11	2		α,,ι
Ορυχ. Αλιβερίου (ΤΛ)	0.05			αν
Παραλίμνη	4	3.4	δ,(απ),υπ,τε	α,υ,ι
Σαλτίνη Αιτωλοακαρν.	2.75		λ,ρ	βο
Στράτος (ΤΛ)	11		επ	η,α,υ,βο,τε
Τριχωνίδα	97	58	επ,υπρλ,μ	α,ι,υ,βο,αν
Υλίκη	12	28	δ,υπ,	υ,α,ι
ΥΠΟΛΟΙΠΗ ΕΛΛΑΔΑ				
Αγιά Χανίων (ΤΛ)				
Αλμυρού Ηρακλ. (ΤΛ)	0.07		τε,υπ,ρ	α
Απολακκιάς (ΤΛ)	0.005		τε	η.αν
Ατένη Ανδρου	0.14			
Κοντιά Λέσβου	0.25		στ,υπ,τε	α
Κουρνά Χανίων	2		υπ,τε	α
Μαραθιού (ΤΛ)	0.6	21	επ,δ,ε,τε	α,υ,ι,αν
Μαραντοχωρίου	0.08			α
Λευκάδας	0.004		β	α
Μελισάνη Κεφαλονιάς	0.12			αν
Μπραμιανού Κρήτη (ΤΛ)	0.14			
Νάνων	0.1			
Πυλίου	0.08			

Προβλήματα-Απειλές: δ=διακύμανση στάθμης, β=υπερβολική βλάστηση, μ=μείωση ψαριών με εμπορική σημασία, ε=έλλειψη ψαριών με εμπορική σημασία, ρ=ρύπανση, ψ= απορρίψεις, λ=αλμυρά νερά, στ=στράγγιση εδαφών, υπ=υπεράντληση υδάτων, τε=τεχνικά έργα και κατασκευές, αμ=αμμοληψία, φε=φερτά υλικά-επιχωματώσεις-επεκτάσεις οικισμών και γεωργικών καλλιεργειών, υδρθ=συχνή παραγωγή υδρόθειου, υπ=υπεράντληση υδάτων, υπρλ=υπεραλίευση. Χρήσεις: α=άρδευση, η=υδροηλεκτρική ενέργεια, ι=αλιεία και ιχθυοπαραγωγή, π=προστατεύομενη περιοχή, υ=ύδρευση, ψ=απόρριψη, αν=αναψυχή και τουρισμός, βο=βόσκηση, αμ=αμμοληψία, υ=ύδρευση.

Οι τεχνητές λίμνες από τη φύση της κατασκευής τους (Πίν. V) καλύπτουν συνήθως μονομερείς χρήσεις και ο λειτουργικός σκοπός τους εντοπίζεται σχεδόν αποκλειστικά, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην άρδευση και στην ύδρευση, ενώ προδιαγράφονται προοπτικές για την αξιοποίησή τους, ώστε να καλύπτονται και άλλες χρήσεις, χωρίς να παρεμποδίζεται όμως η κύρια λειτουργικότητά τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ V

Χαρακτηριστικά μερικών ελληνικών τεχνητών λιμνών (πηγή: ΔΕΗ, 1996)

Τεχνητή Λίμνη	Ισχύς σε MW / Ο.Μ.Ε. Ενέργεια σε GWh	Έτος Λειτουργίας	Θέση επί Ποταμού	Υψόμετρο Ανώτατο/ Κατώτατο μ.	Επιφάνεια Ταμιευτ. Ανώτατη τ.χλμ.	Χωρητικότητα 10^6 κ.μ.	Επιφάνεια Λεκάνης Απορροής τ.χλμ.	Μέση Ετήσια Παροχή κ.μ./δευτ
Κρεμαστά	437/ 1430	1966	Αχελώος	284/ 227	80.6	4750	3570	151.75
Καστράκι	320/ 930	1969	Αχελώος	150/ 142	28	950	4118	179.93
Στράτος	150 /578	1988	Αχελώος	69/ 67	7.4	80	4320	
Πλαστήρας	130/	1962	Ταυρωπός	794.3/ 792	25.2	400	167	6.4
Πολύφυτο	360/		Αλιάκμονας	293/	74	1939	5800	
Σφηκιάς	315/ 275	1985	Αλιάκμονας	147/ 141.8	4.3	103		
Ασωμάτων	108/	1985	Αλιάκμονας	89/ 81	2.6	63		
Πηγές Αώου	210/	1990	Αώος	1343	11.5	260		
Λούρου	10/ 58.8	1954	Λούρος	99.75/ 90	0.15	1.075	319	19.3
Πουρνάρι	300/ 504	1981	Άραχθος	126/ 100	20.5	865		
Εδεσσαίος	19/ 30	1970	Βόδας	257.6	10	50		
Λάδωνας	70/ 340	1955	Λάδωνας	422	4	57.6	749	20.4

Εκτός από τους ταμιευτήρες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν και ταμιευτήρες για πόσιμο νερό, για άρδευση, λιμνοδεξαμενές και μικρές τεχνητές συλλογές νερών.

Οι λιμνοθάλασσες και τα φυσικά ιχθυοτροφεία (287 τ.χλμ.) είναι συνήθως μικρές ή μεγάλες παράκτιες περιοχές στις οποίες εισέρχονται ψάρια από τη θάλασσα κυρίως για τροφικούς λόγους, ορισμένες εποχές. Συνήθως, χωρίζονται από την ανοικτή θάλασσα με αμμώδεις λουρίδες (ράμματα ή ντολμάδες) που διακόπτονται από φυσικά ή τεχνητά ανοίγματα (στόμια ή μπούκες). Ανήκουν στα πιο παραγωγικά οικοσυστήματα και τούτο γιατί συνεχής είναι ο εμπλουτισμός τους με θρεπτικά συστατικά, ενώ η αλληλεπίδραση γλυκών και θαλασσινών νερών σε συνδυασμό με το αβαθές των ππεριοχών αυτών δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες προσέλκυσης και γρήγορης ανάπτυξης των οργανισμών. Η σημασία τους επομένως είναι μεγάλη και έγκειται στο ότι διατηρούνται διαρκώς σε νεαρά σχετικά στάδια ως οικοσυστήματα. Αυτό είναι συνέπεια της συνεχούς επίδρασης της θάλασσας που εφοδιάζει με ενέργεια και υλικά όλα τα τροφικά τους επίπεδα. Οι λιμνοθάλασσες στη χώρα μας απειλούνται κυρίως από την επίδραση του κυματισμού και τη μειωμένη προσφορά φερτού υλικού ως απόρροια των τεχνικών έργων μονομερούς εξυπηρέτησης. Οι ανθρωπογενείς εξάλλου δραστηριότητες μεταβάλλουν σημαντικά τις μορφολογικές και υδρολογικές τους συνθήκες γεγονός που προκαλεί έντονες διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, και στην αλατότητα, ενώ δημιουργούνται δυσάρεστες για την υδρόβια ζωή συνθήκες. Επομένως, κάθε διαταραχή στο οικοσύστημά τους έχει άμεση επίδραση στην αλιευτική τους παραγωγικότητα.

Από αλιευτική παραγωγή οι πλέον αξιόλογες λιμνοθάλασσες στην Ελλάδα είναι περίπου 25 με συνολική έκταση 230 τ.χλμ. και με μέση απόδοση αλιευμάτων 6.3 κιλά ανά στρέμμα και συνολική ετήσια παραγωγή περίπου στους 1500 τόνους. Οι κέφαλοι αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής παραγωγής (56%), ακολουθούν τα χέλια (18%), τα λαυράκια (8%), τσιπούρες (5%) κ.ά.

Το σύνολο των λιμνοθαλασσών και των φυσικών ιχθυοτροφείων προσφέρει αποκλειστικά αξιόλογα αλιεύματα με δυνατότητες περαιτέρω αξιοποίησής τους, όχι μόνο για την αλιευτική παραγωγή, αλλά και για τις υδατοκαλλιέργειες (καλλιέργειες ψαριών, φυκών κ.ά). Οι σπουδαιότερες λιμνοθάλασσες και τα φυσικά ιχθυο-

τροφεία της Ελλάδας με τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, τα κυριότερα προβλήματα και τις απειλές που υφίστανται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και φυσικά αίτια, η μέση ετήσια ιχθυοπαραγωγή, και τα κυριότερα εμπορεύσιμα είδη ψαριών παρουσιάζονται στον Πίνακα VI. Σημειώνεται ότι μεταξύ των διαφόρων πηγών υπάρχει μεγάλη απόκλιση ως προς τα δεδομένα που αφορούν την έκταση και την αλιευτική παραγωγή.

ΠΙΝΑΚΑΣ VI

Οι ελληνικές λιμνοθάλασσες και τα φυσικά ιχθυοτροφεία με τα χαρακτηριστικά τους

(πηγές: ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1975-1996, Στοιχεία ΕΚΒΥ,1994,
Στοιχεία Τοπικής Αυτοδιοίκησης και Υπουργείου Γεωργίας, 1970-1996)

Λιμνοθάλασσα	Έκταση τ.χλμ.	Μέγιστ. Βάθος μ.	Προβλήματα & Απειλές	Μέση Ετήσια Ιχθυοπαραγωγή σε τόνους	Σπουδαιότερα Είδη Ψαριών
ΗΠΕΙΡΟΣ					
Άγριλλος	1.2	1.5	μ,ρ	5	Κ
Αυλαίμων	5	1.5	ι	12	Κ,Τ
Βαθύ*	0.28	12	επ,λ,β,ρ	10	Κ,Τ
Βόνιτσα	0.5	2.3	επ,β	5	Κ,Τ,Χ
Κατάφουρκο	3	0.8	επ	2	Κ,Τ,Χ
Κόφτρα**	2	2.5	επ,θ	14	Κ
Λογαρού	25	1.5	μ,ρ,θ	91.3	Κ,Χ
Μάζωμα	3.0	1.3	κ,επ	12	Κ,Χ
Παλιομπούκα**	1.3	0.8		2.4	Κ,Χ,Τ
Παλματερό	1	0.6			
Πωγωνίτσα	0.8	5	επ,λ,ρ	6.1	Χ,Τ,Σ,Λ,
Σαγιάδα	1.4	0.4			
Σακκολέτσι	0.3	0.4			
Τσοπέλι	2.3	0.5	κ	9.7	Κ,Χ
Τσουκαλιό	28	5	θ,ρ,επ	65	Κ,Χ,Λ
ΘΕΣΣΑΛΙΑ					
Άγ. Γεωργίου Μαγν.	0.03		ρ		
Βρωμόλιμνος Μαγν.	0.005		ρ		
Κουκουναριών Σκιάθου	0.35		επ,ρ		
Μπουρμπουλήθρα Μαγν.	0.3		επ		
ΘΡΑΚΗ					
Αγίασμα-Αλυκή-Μέση***	3	0.9		4	Κ,Χ,Τ
Αρωγή ή Καρατζά					
Βάσσοβα***	1.7	0.8		156	
Βάτος					
Δράνα	5	2	ρ,γ	9	Κ,Τ
Έλος	2	1		6	Κ,Χ,Τ
Ερατεινό, Καραγατσέλια					
& Κεραμωτή***	14.2	1.2		103.4	Κ,Χ,Λ
Κοκάλας					
Κουμπουρνού	1				
Λάγος, Λαφρούδα,					
Λάφρα & ΛΘ Πόρτο	3+1.1+1.5				
Λάγος	(14.7)	1		460.5	Κ,Χ
Λίμνη - Μέση	0.5	2		4	Κ,Χ
Μαγγάνων					
Μάνα - Μέση	3	0.7	π	7	Γ,Κ,Χ
Μεγάλη Λίμνη					
Μαυρολίμνη - Μέση	1.5	0.5		4	Κ,Τ,Χ
ή Αλυκή					
Μοναστηρακίου					
Μονολίμνη	5	8	δ,ρ	10	Κ,Χ
Νέστου	12	2.5	μ,β,ρ	100	Κ,Χ
Ξηρολίμνη	8				
Παλούκια Έβρου	38		τε,ρ		

Λιμνοθάλασσα	Έκταση τ.χλμ	Μέγιστ. Βάθος μ.	Προβλήματα & Απειλές	Μέση Ετήσια Ιχθυοπαραγωγή σε τόνους	Σπουδαιότερα Είδη Ψαριών
Πτελέα	2	0.6		10	Κ,Χ,Τ
Ροδόπης Λιμνοθάλασσα	34,6				
Στρυμώνας	1	3	ι	15	Κ,Μ
Φανάρι ή Ξηρολίμνη Χαϊδευτού	1	1.2		6	Κ,Χ,Τ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ					
Αλυκή Αγγελοχωρίου	2.5	0.8	επ,ρ		
Αλυκή Κίτρους Πιερίας	15	1	βο,τε,ρ		
Βουρβουρού	0.3	0.6	ρ,τε		
Επανωμής	5	1	ρ,επ		
Καβουρά	3	0.8			
Καρυά	10	2.5			
Κουφός Χαλκιδικής	0.1		τε		
Παπαπούλι	0.6	3	δ	10	Κ,Λ,Χ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ					
Αιγίου Βερβερόντας	0.25		επ		
Βιβάρι ή Λινοβράχια	0.1		επ		
Γιάλοβα	2.1		τε,ρ	14.4	Κ,Χ,Τ
Δρέπανο	0.002		επ,ρ		
Θερμήσια	1.1		επ,τε		
Καϊάφας	3.5	2.5			
Κάπαρι Αργολ.	0.6		επ,ρ		
Κοτύχι	7.5	4	επ,τε,ρ	80.3	Κ,Λ,Χ
Κουμπουρνού,Σαμπάριζα					
Κουμπουρνού, Σωληνάρι					
Μουστός (βλέπε Λίμνες)					
Νταλιάνι					
Πάππας ή Άραξου	3	4	επ,ε	62.5	Κ,Τ
Πρόκοπος	3			49	Κ,Χ
Στρογγύλη Λακωνίας Χαιδάρι	0.42		επ,ρ		
ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ - ΕΥΒΟΙΑ					
Αιτωλικό	26		υδρθ,γλ,επ,ρ		Κ,Χ,
Αταλάντη	4.5		επ,τε		
Βαλάριο Αττικής	0.8		επ		
Βουλιαγμένη	2.5		επ		
Βρωμολίμνη ή Ασπρονέρι	0.045		επ,ρ		
Γλύφα	0.1		ρ,μ		
Θολή κλπ****	150			40	
Λιβάρι Ιστιαίας	1		επ		Κ,Γ,Τ
Κλείσοβα ****	30		επ,τε,ρ,υπρλ		
Κόμμα****	22				
Λιμένι	0.8	0.8			
Μεσολογγίου ****	145		επ,τε,ρ,υπρλ	935.5	Κ,Λ,Χ,Τ
Μπούκα	0.5				
Μυρτάρι	1.2				
Παλαιοπόταμος	16				
Πεταλάς-Λεσίνι	4				
Πόρος ****	23				
Προκοπάνιστος****	61				
Ρούγα	0.25	1.8	ρ,επ		
Σουβάλα Φθιώτιδας	0.007		επ		
Σούρπι Σχοινιάς	3				
Τουρλίδα****	8				
Χελοδίβαρο	4				

Λιμνοθάλασσα	Έκταση τ.χλμ.	Μέγιστ. Βάθος μ.	Προβλήματα & Απειλές	Μέση Ετήσια Ιχθυοπαραγωγή σε τόνους	Σπουδαιότερα Είδη Ψαριών
ΥΠΟΛΟΙΠΗ ΕΛΛΑΔΑ					
Άγ. Ηλίας Λευκ.	0.4				
Αλυκή Αλέξανδρου Λευκ	0.55		ρ		
Αλυκή Ελούντας	3.6		επ,υπ,ρ		
Αλυκή Καλλονής	3.5		επ,τε,βο		
Αλυκή Λευκίμης	1.3		επ,τε		
Αλυκή Λήμνου	6		επ		
Αλυκή Πολυχνίτου	1.5		επ,τε		
Αλυκή Τιγκάκι Κω	1.0		επ,τε		
Αλυκή Ψιλής Αμμ. Σάμ.	1.3		επ,τε		
Αντινιώτη Κέρκ.	1	2	επ,δ,β,βο	10	Κ,Χ
Αχιβαδολίνη Μήλου	0.03	0.6	επ,δ,β,βο		
Βαρβάρα & Άγ. Στεφάν.	0.0.2		επ,ρ		
Βλύχου Λευκ.	0.02		επ,ρ		
Κερίου ή Βάλτος Ζακ.	0.03	1	επ,β,ρ		
Κορισσιών Κερκ.	5	1.5	επ,ρ	8	Κ,Λ
Κούταβος	1.5	2.2	επ,ρ		
Λιμνούλα Λευκ.	0.3		επ,ρ		
Μέσων Λέσβου	0.8		επ,τε,ρ		
Ξηρόκαμπου Λασηθίου	0.13		επ,υπρλ		
Πανόρμου Μυκόνου	0.28		επ,ρ		
Παράκοιλα Λέσβου	0.25		επ,τε		
Σάντα Μαρία Πάρου	0.02		επ		
Σκοτίνη Κέρκ.	0.02		επ,ρ		
Στενού Λευκ.	7.5		επ,ρ		
Χαλκιόπουλου Κερκ.	1.2	1	επ,ρ,β,τε	30	Κ,Β,Χ

Προβλήματα - Απειλές: β=υπερβολική βλάστηση, γ=έλλειψη γλυκού νερού, δ=διακύμανση στάθμης, ε=έλλειψη γόνου ψαριών, θ=απειλή από θάλασσα, ι=έλλειψη ψαριών, κ=μικρό βάθος, λ=μεγάλο βάθος, μ=μείωση εμπορικής σημασίας ψαριών, π=πλημμύρες, ρ=ρύπανση, επ=επιχωματώσεις,επεκτάσεις καλλιεργειών και οικισμών, υπρλ=υπεραλίευση.
Κυριότερα είδη ψαριών: Β=γοβιός, Γ=γλώσσα, κ=κέφαλος, Λ=λαυράκι, Μ=μαλάκια, Σ=σπάρος, Τ=τσιπούρα, Χ=χέλι
**=Παλαιά κοίτη Καλαμά, Βαθύ, Βατάτσα, Βζούλι, Βόντα, Μπαστιάς, Θολή*
***=Κόφτρα, Παλιομπούκα*
****=Βαράσοβα, Ερατεινό, Αγίασμα, Κεραμωτή*
*****=Θολή, Κλείσοβα, Κόμμα, Πόρος, Προκοπάνιστος, Τουρλίδα.*

Η Ελλάδα δεν διαθέτει μεγάλους ποταμούς με εξαίρεση τους Αξιό, Νέστο, Στρυμώνα και Έβρο που πηγάζουν έξω από τα σύνορά μας και τους Αχελώο και Αλιάκμονα που βρίσκονται μέσα στην Ελλάδα. Οι περισσότεροι από τους ποταμούς στη χώρα μας είναι χειμαρρώδεις, προκαλούν διαβρώσεις στα εδάφη και η γρήγορη ροή των νερών τους μεταφέρει μεγάλες ποσότητες φερτού υλικού στις εκβολές τους (Πίν. VII). Αυτή η ανομοιόμορφη χωροχρονική παροχή των ποταμών στην Ελλάδα δημιουργεί μηχανισμούς και παράγοντες που καθορίζουν εποχιακά την ποιότητα των ποταμών.

Οι ποταμοί υφίστανται ποικίλες επιδράσεις και απειλές όπως είναι οι αμμοληψίες, οι απορρίψεις στερεών και υγρών απορριμμάτων, οι τροποποιήσεις των όχθων τους, ευθυγραμμίσεις, κ.ά. Η απουσία επαρκών έργων δασικής διευθέτησης και αντιπλημμυρικής προστασίας μαζί με την εκτεταμένη υλοτομία και τις δασικές πυρκαγιές, δημιουργούν την απογύμνωση των ελληνικών εδαφών. Έτσι, τα φερτά υλικά από τα απογυμνωμένα εδάφη είναι δυνατό να δημιουργήσουν προβλήματα σε όλο το μήκος των ποταμών, καθώς και στο θαλάσσιο ή λιμναίο αποδέκτη τους. Τα κυριότερα ελληνικά ποτάμια με το μήκος, το υψόμετρο διαδρομής τους, καθώς και τα προβλήματα και τις απειλές που υφίστανται και τις χρήσεις τους παρουσιάζονται στον Πίνακα IX.

Οι περισσότεροι από τους ποταμούς έχουν διαφορετικό ρόλο στους τομείς της προστασίας του περιβάλλοντος, των απορρίψεων υγρών και στερεών απορριμμάτων, αλλά και στην άρδευση, ύδρευση, ενέργεια κ.ά. Αναπόσπαστα τμήματα των ποταμών αποτελούν, οι παρόχθιες περιοχές οι οποίες είναι δυνατό να λειτουργούν ως ζώνες εξυγίανσης και συγκράτησης ρυπογόνων ουσιών, καθώς και τα δέλτα τους. Τα δέλτα των ποταμών είναι συστήματα με πολύπλοκη, αλλά και λεπτή ισορροπία (Πίν. Χ). Σε αυτά ευνοούνται πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών νεαρής κυρίως ηλικίας, γιατί εδώ βρίσκουν άφθονη τροφή. Οι περιοχές αυτές επίσης συμβάλλουν άμεσα στην αύξηση της παραγωγικότητας και της αλιευτικής παραγωγής. Η λειτουργικότητα των εκβολών και

των δέλτα βασίζεται στο ότι τα συστήματα αυτά λειτουργούν ως παγίδες τροφής, δημιουργώντας ένα είδος αυτοεμπλουτιζόμενου οικολογικού συστήματος ανάμεσα στη θάλασσα και το γλυκό νερό του ποταμού. Από τα οκτώ δέλτα ποταμών στον Έβρο, Νέστο, Αξιό, Αλιάκμονα, Πηνειό, Αχελώο, Άραχθο και Στρυμώνα τα τέσσερα έχουν υποβαθμιστεί από έργα διευθέτησης με αποτέλεσμα ο ζωτικός τους χώρος να έχει συρρικνωθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ VII

Οι κυριότεροι μηχανισμοί και παράγοντες οι οποίοι διαφοροποιούν τη φυσικοχημική και βιολογική κατάσταση στα ελληνικά ποτάμια (πηγή: ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, 1996)

Μηχανισμοί & Παράγοντες	**Κυρίαρχο Αποτέλεσμα**	**Άνοιξη Μέγιστη Παροχή**	**Καλοκαίρι Μικρή Παροχή**	**Φθινόπωρο Ελάχιστη Παροχή**	**Χειμώνας Μεγάλη Παροχή**
		ΚΠ	ΠΜΣ	ΚΠ	ΚΠ
Αποσάθρωση	Διάλυση ΑΟ Αύξηση ΟΣ	Ελάχιστη ΟΣ	Μέγιστη ΟΣ	Υψηλή -Μέγιστη ΟΣ	Χαμηλή -Ελάχιστη ΟΣ
		ΠΜΣ	ΠΚ	ΠΜΣ	ΠΔΣ
Ρύπανση	Εμπλουτισμός Θ,Ν,Χ,ΟΑ	Μέση Σ	Χαμηλή Σ	Υψηλή Σ	Μέγιστη Σ
		ΠΔΣ	ΠΕΣ	ΠΔΣ	ΠΜΣ
Βιολογική Δραστηριότητα	Φ προκαλεί αύξηση ΔΟ, pH, κορεσμός ανθρακικών. Μερικές περιπτώσεις ΠΟΥ. Σπανίως κατακρήμνιση ΑΟ & απομάκρυνση Θ. Όταν υπερισχύσει αναπνοή αντίστροφες διεργασίες.	Ενδείξεις ασθενών ΒΔ	ΒΔ ενισχύεται από υψηλές θερμοκρασίες. Αυξηση pH, υπερκορεσμός ανθρακικών, ΠΟΥ	Ασθενής ΒΔ	Ελλειψη ΒΔ
		ΠΕΣ	ΑΦ	ΑΦ	ΜΕ
Εμπλουτισμός ΧΝ	Εμπλουτισμός Χ & Ν	Έκπλυση ΧΝ	Εμπλουτισμός	Εμπλουτισμός	Ασθενή έκπλυση

ΚΠ= Κυρίαρχος Παράγοντας, ΠΜΣ=Παράγοντας μεγάλης σημασίας, ΠΘ= Παράγοντας καθοριστικός, ΠΔΣ=Παράγοντας δευτερεύουσας σημασίας, ΠΕΣ=Παράγοντας ελάχιστης σημασίας, ΑΦ=Απουσία φαινομένου, ΜΕ=Μη εκδήλωση φαινομένου) που διαφοροποιούν εποχιακά την ποιότητα των νερών των ελληνικών ποταμών.(ΑΟ=Ανθρακικά ορυκτά, ΟΣ=Ολική σκληρότητα, Θ=Θρεπτικά, Χ=Χλώριο, ΟΑ=Οργανικός ανθρακας, ΧΝ=Χλωριούχο νάτριο, ΠΟΥ=Παραγωγή οργανικού υλικού, ΒΔ=Βιολογική δραστηριότητα, Φ=Φωτοσύνθεση, ΔΟ=Διαλυμένο οξυγόνο, Σ= Συγκέντρωση.

Τα νερά των ποταμών στην Ελλάδα είναι πλούσια σε ασβέστιο και όξινα ανθρακικά ιόντα ως αποτέλεσμα της μεγάλης κατανομής και διάδοσης των ανθρακικών πετρωμάτων. Εξάλλου, η γειτονία των ποταμών με τη θάλασσα συνεισφέρει, ώστε οι συγκεντρώσεις των ποταμών σε νάτριο και χλώριο να θεωρούνται υψηλές (Πίν.VIII).

ΠΙΝΑΚΑΣ VIII

Η ακολουθία των κυριότερων ιόντων στα μεγαλύτερα ελληνικά ποτάμια (πηγή: SKOULIKIDIS, 1993)

Ιόντα	**Ποτάμια**
$Ca^{++} > Na^{+} > Mg^{++} > K^{+}$	Έβρος, Άδρας, Νέστος, Αξιός, Αχελώος, Λούρος
$Ca^{++} > Mg^{++} > Na^{+} > K^{+}$	Στρυμόνας, Αγγίτης, Αλιάκμονας, Πηνειός, Σπερχειός
$HCO_3^- > SO_4^{--} > Cl^-$	Ποτάμια βόρειας και κεντρικής Ελλάδας
$HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{--}$	Ποτάμια δυτικής Ελλάδας

Οι ορεινές ροές αποτελούν αξιόλογο πόρο εμπλουτισμού των εσωτερικών υδάτων με θρεπτικά συστατικά, αλλά και οργανισμούς, ενώ θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείρισή τους η οποία έχει επιπτώσεις στις κατάντη χρήσεις και στη διατήρηση της προστασίας του περιβάλλοντος. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πόλος έλξης για τους ερασιτέχνες αλιείς, αλλά και για την αναψυχή, τα σπορ, την άρδευση και την ύδρευση.

Οι κατακλυζόμενες από νερά εκτάσεις αποτελούν έναν ακόμη προβληματικό πόρο, ο οποίος χρειάζεται ειδική μεταχείριση και διαχείριση, ώστε το νερό τους, έστω και εποχιακά, να αξιοποιηθεί κατάλληλα (π.χ. εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων). Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες και επεμβάσεις στα εσω-

τερικά νερά στην Ελλάδα αποτελούν σημαντικό παράγοντα εξέλιξής τους και έχουν άμεσο και έμμεσο χαρακτήρα. Στις άμεσες επεμβάσεις ανήκουν οι αλλαγές στις οχθες και κοίτες, οι εκτροπές, οι εγκιβωτισμοί καναλιών, οι αποξηράνσεις λιμνών, λιμνοθαλασσών, ελών ή και η διευθέτηση και εκμετάλλευση αυτών για ιχθυοκαλλιέργεια και αλυκές, η επέκταση των καλλιεργειών, γεωργοκτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, βιομηχανιών και των οικισμών. Στις έμμεσες επεμβάσεις ανήκουν οι δραστηριότητες εκείνες οι οποίες αλλοιώνουν ή και ανατρέπουν την ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, οι κατασκευές φραγμάτων και τεχνητών λιμνών στις κοίτες των ποταμών, διακόπτουν την ελεύθερη ροή του νερού και των υλικών. Οι αποψιλώσεις και τα έργα προστασίας από τη διάβρωση και τις πλημμύρες, η απόδοση εδαφών για καλλιέργεια με αντίστοιχη δέσμευση του νερού, ή και η ανεξέλεγκτη εγκατάσταση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων κοντά στους υδάτινους πόρους επιδρούν δραστικά στο φυσικό περιβάλλον και το αλλοιώνουν.

ΠΙΝΑΚΑΣ IX

Τα ελληνικά ποτάμια με τα χαρακτηριστικά τους

Εκβολή-Διαμέρισμα Ποταμός	**Μήκος χλμ**	**Υψόμετρο Διαδρομής μ.**	**Πρόβλημα ή Απειλή**	**Χρήσεις**
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ				
ΑΙΓΑΙΟ				
Αγγίτης Ροδ.	57	10-1600	τε,ρ	α,υ,ι,βο
Ακρίτας Φλωρ.	20	560-1000	ρ	α,βο,αν
Αλιάκμονας	320	0-1800	ρ,αμ	α,η,υ
Αλμωπαίος	74	350-1900	τε,αμ,ρ	α,αμ
Αξιός	70(Ε)	0-70	ρ,δ,αμ	υ,α,βο,αμ
Άρδας				
Ασωπός	10	0-1400	βο,	
Βάτος Σαμοθρ.	60	0-700	επ,ρ	α
Γαλλικός	65	0-400	ρ,αμ	υπ,α,υ
Γεροπόταμος Ηρ.	45	0-700	επ,τε	α
Γεροπόταμος Φλ.	25	580-1300		
Έβρος	410	0-	ρ,δ,αμ	α,υ,βο,αμ
Εδεσσαίος ή Αγρας	34	480-800	τε,υπ,ρ	α,η,ι
Ενιπέας				
Ερυθροπόταμος				
Κηρέας Εύβ.	60	5-1100	υλ,ρ	α,υ,βο
Κηφισός	15	20-500		
Κομψάτος	100	80-900	τε,υπ,ρ	α,υ,ι
Κόσυνθος				
Κουρταλιώτης	7	0-500	υπ,τε	α,υ,βο,αν
Λαδοπόταμος	30	800-1750		
Ληθαίος(Π23)				
Λουδίας	75	0-3	τε,ρ	α,βο
Νέστος	150(Ε)	0-1500	αμ,ρ	α,βο,η,αμ
Νηλέας Εύβ.	25	20-600	ρ	
Πηνειός	140	0-600	ρ	α
Πόσπος (Βοζβόζης)				
Ρήχιος	10	0-40	τε,ρ	α,βο
Σπερχειός	83	0-2330	τε,ρ	α,αμ
Στρυμόνας	110(Ε)	0-80	τε,φ	α,βο
Τετραπόταμος Φλώρ.	20	590-1900	ρ	υ,α,βο,αν
Τραύος				
Τυφλός				
Φαρσαλίτης	110	40-600	α,αμ	ρ,αμ
Φιλιούρης (Λίσσος)Ροδ.	50	0-900		α
Χαβρίας Χαλκ.	50	0-1000	υ,α,β,αν	επ,τε,ρ

Εκβολή-Διαμέρισμα Ποταμός	Μήκος χλμ.	Υψόμετρο Διαδρομής μ.	Πρόβλημα ή Απειλή	Χρήσεις
ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ				
Άραχθος	106	0-800	τε,ρ	η,α,υ,
Αγραφιώτης(Π30)	30	300-850	τε	η,α,αν
Αχελώος	213	0-1700	τε, αμ	η,υ,α,αμ,αν
Αχέροντας	50	0-1600	αμ,υπ,τε	α,βο,ι
Αώος 80(Ε)	400-1300	αμ,τε	α,ι,αν	
Βοϊδομάτης (Π32)	25	500-1500	αμ,τε	αν,βο
Βουβός	22	0-900	ρ	
Εύηνος	92	0-1400	αμ,τε,επ	υ,α,αμ,αν
Καλαμάς	60	0-1300	αμ,τε	α,ι,υ
Λούρος	73	0-1400	ρ,υπ,τε,αμ	α,η,υ,ι
Μόρνος	60	0-700	αμ,τε	α,υ,ι
Σαραντάπορος(Π32)	50	400-1500	αμ,τε	υ,α,αμ,αν
Ταυρωπός(Π30)	45	300-600	τε	
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ				
Αλφειός	120	0-800	αμ,τε	α,αμ,ρ
Ασωπός				
Βουραϊκός	50	0-900	επ,	α,αν,ι
Γλαύκος	25	0-900	αμ,τε,ρ	α,υ,αμ,αν
Ενιπέας (Π41)				
Ερύμανθος	85	80-750		α,βο,ι
Ευρώτας	90	0-500	αμ,τε	α,αμ
Ίναχος				
Κράθις				
Λάδωνας(Π41)	60	200-500	επ,τε	η,υ,α,ι,αν
Λούσιος				
Νέδας	30	0-700	τε,ρ	α,αν
Νέδων				
Πάμισσος				
Πείρος	60	0-700	αμ,τε	α,βο,αμ
Πηνειός	65	0-1000	αμ,επ,τε	α,η,βο,αμ
Σελινούντας	55	0-900		α,βο,αν
Τάνος				
Τρικαλίτης				
ΙΟΝΙΑ ΝΗΣΙΑ				
Μεγαλοπόταμος Κερκ.				
Τυφλοπόντικας Κερκ.				
Νυμφών Κερκ.				
Γαστουριού Κερκ.				
Μεσογγής Κερκ.				
ΚΡΗΤΗ				
Αλμυρός				
Αναποδάρης				
Αποσελέμης				
Γάζανος				
Γεροπόταμος				
Καρτερός				
Κουρταλιώτης				
Πλατύς				
Τυφλός				
ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ-ΛΕΣΒΟΣ				
Βούβαρης				
Βούργαρης				
Ευεργετούλας				
Καλή Λαγκάδα				
Κεχράδας				
Κουβαροπόταμος				
Κουρούπης				
Ξυνόδορος				
Πετσούλης				
Σεδούντας				
Τινέγιας				
Τσικνιάς				
Τσιχλιόντας				

Πρόβλημα ή Απειλή:τε=τεχνικά έργα, αμ=αμμοληψία, υπ=υπεράντληση νερών, ρ=ρύπανση, επ,επιχωματώσεις, φ=φερτά, υλ= εκτεταμένη υλοτομία. Χρήσεις: α=άρδευση, υ=ύδρευση, αμ=αμμοληψία, ι=αλιεία, βο=βόσκηση, η=υδροηλεκτρισμός. (Ε)=τμήμα στο ελληνικό έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ Χ

Τα ελληνικά δέλτα ποταμών ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, η έκτασή τους, η έκταση της λεκάνης απορροής, το μήκος του κύριου κλάδου του ποταμού και οι απειλές, προβλήματα και χρήσεις των δέλτα (πηγές: ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, 1990, ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ & ΧΑΧΑΜΙΔΟΥ, 1978, ΝΑ, 1970-1996)

Δέλτα Ποταμού	Εκβολή (Κόλπος ή Πέλαγος)	Έκταση Δέλτα τ.χλμ	Έκταση λεκάνης απορροής ποταμού τ.χλμ	Μήκος ποταμού χλμ	Προβλήματα, απειλές, χρήσεις
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ ΘΡΑΚΗ					
Αλιάκμονας	Θερμαϊκός	120	8362	240	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Αξιός	Θερμαϊκός	393	23750	275	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Γαλλικός	Θερμαϊκός	80	911	60	ΤΜ,ΕΚ,ΡΥ,ΑΡ,
Εβρος	Θρακικός	188	52500	410	ΤΜ,Χ,ΕΚ,ΤΕ,ΑΡ
Κομψάτος	Βιστονίδα	150	700	63	ΤΜ,ΙΧ,ΕΚ,ΑΡ
Κόσυνθος	Βιστονίδα	212	325	51	ΤΜ,ΙΧ,ΕΚ,ΑΡ
Νέστος	Θρακικός	434	10760	215	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
ΠΕΛΟΠ/ΣΟΣ					
Αλφειός	Κυπαρισ.	113	3551	90	ΤΜ,
Ασωπός Π.	Κορινθιακός	21	524	53	ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Βουραικός	Κορινθιακός	7	228	40	ΤΜ,ΕΚ,
Ευρώτας	Λακωνικός	53	1800	85	ΤΜ,ΕΚ,
Ιναχος	Αργολικός	49	446	33	ΤΜ,ΑΠ,ΕΚ,
Νέδας	Κυπαρισ.	6	256	25	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,
Πάμισσος	Μεσσηνιακός	34	731	39	ΤΜ,
Πηνειός Π.	Χελωνίτικος	83	878	82	ΤΜ,ΕΚ,ΡΥ
Σελινούντας	Κορινθιακός	5	311	39	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
ΚΕΝ. & ΔΥΤ. ΕΛΛΑΔΑ					
Αραχθος	Αμβρακικός	109	2500	115	ΤΜ, ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΑΡ,
Ασωπός Β.	Ν. Ευβοϊκός	7	796	60	ΤΜ,ΕΚ,ΡΥ,
Αχελώος	Πατραικός	269	6718	210	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Αχέροντας	Β. Ιόνιο Π.	16	491	35	ΤΜ,ΕΚ
Βαθύ Αυλίδας	Ν. Ευβοϊκός	9	81	19	ΤΜ,ΕΚ,ΡΥ,
Βουβός	Αμβρακικός	13	181	25	ΤΜ,ΕΚ,
Εύηνος	Πατραϊκός	90	1086	81	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Θύαμις	Β. Ιόνιο Π.	78	1731	115	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Λήλας Ευβ.	Ν. Ευβοϊκός	22	273	35	ΤΜ,ΕΚ,ΡΥ
Λούρος	Αμβρακικός	244	3831	75	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΑΡ,
Μόρνος	Κορινθιακός	29	1090	65	ΤΜ,ΕΚ,ΤΕ,ΑΡ
Πηνειός Θ.	Θερμαϊκός	69	16125	175	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Σπερχειός	Μαλλιακός	196	3700	70	ΤΜ,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Χείμ. Ιστιαίας	Δ.Ωρεών	41	309	25	ΤΜ,ΕΚ

ΤΜ=Τεχνητή μεταβολή κοίτης, ΑΠ=Αποξήρανση, ΙΧ-ΑΛ=Χρήση ιχθυολογική-αλυκές, ΕΚ=Επέκταση καλλιεργειών και οικισμών, ΡΥ=Ρύπανση, ΤΕ=Τεχνικά έργα, ΑΨ=Αποψίλωση περιοχών, ΑΡ= Αρδευση.

Μεταξύ των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που αλλοιώνουν και διαταράσσουν την ισορροπία στα υδάτινα οικοσυστήματα της ενδοχώρας αναφέρουμε χαρακτηριστικά:

-Τις κάθε είδους απορρίψεις υλικών και ουσιών, τόσο μέσα στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής, όσο και μέσα σαυτή την λεκάνη του ύδατος.

-Τα διάφορα τεχνικά έργα που εξυπηρετούν σχεδόν μονομερείς χρήσεις, όπως για παράδειγμα, αυλάκια, επιχωματώσεις, φράγματα κ.ά. Τα έργα αυτά, είτε αποστραγγίζουν την περιοχή, είτε διατηρούν σταθερή τη στάθμη των υδάτων, είτε επεμβαίνουν στη διακύμανση της στάθμης. Με άλλα λόγια τα έργα αυτά επιδρούν

συνήθως αρνητικά στην πιο παραγωγική περιοχή, στην παράλια ζώνη των οικοσυστημάτων και στην προσφορά ενέργειας σε όλο το οικοσύστημα τους.

-Τους εμπειρικούς εμπλουτισμούς των υδάτων με υδρόβιους οργανισμούς, την υπεραλίευση και την εκλεκτική αλίευση, που πολλές φορές είναι πρόξενοι ανατροπής της φυσικής ισορροπίας.

-Τις εκτεταμένες αποψιλώσεις και τις εντατικές γεωργικές εκμεταλλεύσεις μέσα στη λεκάνη απορροής. Αυτά μπορούν να καταστρέψουν τη δομή των εδαφών με αποτέλεσμα να κατακλύζονται οι λεκάνες από ιζήματα, άφθονο θρεπτικό υλικό και άλλες ουσίες.

Μεταξύ των φυσικών αιτίων οι σπουδαιότερες αλλοιώσεις είναι αποτέλεσμα:

-Της φυσικής γήρανσης των οικοσυστημάτων, δηλαδή τα οικοσυστήματα τείνουν προς σταθερότερες συνθήκες.

-Των προσχωματικών υλικών που ποτάμια και χείμαρροι μεταφέρουν με τις φυσικές διεργασίες και που η προσφορά τους εξαρτάται από γεωμορφολογικούς, γεωτεκτονικούς και κλιματικούς παράγοντες.

-Των αθέατων (υπόγειων) και ορατών εισροών και εκροών υδάτων που αρκετές φορές απειλούν την ύπαρξη του υγροβιότοπου και επιτρέπουν ή εμποδίζουν υδρόβιους οργανισμούς να εποικίζουν την περιοχή.

-Της ενέργειας του ανέμου, του κυματισμού και άλλων αιτίων που διαφοροποιούν τα νερά μεταβάλλοντας την ποιότητά τους και ασκούν επίδραση σε ολόκληρο το οικοσύστημα.

Οι πιο πάνω αλλοιώσεις, που προέρχονται από τις διεργασίες της φύσης, μπορούν να αντιμετωπιστούν με κατάλληλη διαχείριση, επιβραδύνοντας τα εξελικτικά τους στάδια και με τη βοήθεια τεχνικών μέσων, έργων και ειδικών κατασκευών. Οι αλλοιώσεις όμως που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους έπειτα από ορθολογικό προγραμματισμό των χρήσεων και λειτουργιών των εσωτερικών υδάτων.

6.1.1. Γενική προβληματική

Το υδατικό πρόβλημα στην Ελλάδα δεν είναι σημερινό, αλλά υπήρχε ανέκαθεν, παρότι εκφράζεται η άποψη ότι παλαιότερα υπήρχε περισσότερο νερό. Από προϊστορικά ερείπια στη Βοιωτία υπάρχουν μαρτυρίες ότι ο μυθικός λαός της, οι Μινύες, ήσαν οι πρώτοι οι οποίοι είχαν αναπτύξει ένα τεράστιο σχέδιο υδατικής εκμετάλλευσης με σήραγγες, αναχώματα, αγωγούς κ.ά με σκοπό να τιθασσεύσουν το νερό της περιοχής Κωπαΐδας και να το χρησιμοποιήσουν για ύδρευση, άρδευση και αποστράγγιση της λίμνης τότε Κωπαΐδας και της περιοχής γενικότερα. Η μυθολογία επίσης μας πληροφορεί ότι, οι Θηβαίοι ζηλεύοντες τον πλούτο των γειτόνων τους Βοιωτών, ζήτησαν τη συνδρομή του μυθικού Ηρακλή για να καταλάβουν τα έργα με τα οποία οι Μινύες έλεγχαν και εκμεταλλεύονταν τα νερά της περιοχής τους, κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Ο Στράβωνας επίσης στις περιηγήσεις του αναφέρεται διεξοδικά για τα υδραυλικά και υδρονομικά έργα της Βοιωτίας με τα οποία άρδευαν τις καλλιεργούμενες εκτάσεις και αποστράγγιζαν τα επιπλέον νερά διαμέσου καταβοθρών προς τον Ευβοϊκό κόλπο.

Το πρόβλημα που έχει δημιουργηθεί στα εσωτερικά ύδατα της χώρας και γενικά σε κάθε υγρότοπο, είναι κριτικό για τη διατύπωση μιας γενικότερης πολιτικής προγραμματισμού χρήσεών τους. Τα αίτια των προβληματικών καταστάσεων για μια αποδοτικότερη εκμετάλλευση μπορεί να αποδοθούν:

-στην αύξηση του πληθυσμού.

-στις εντεινόμενες πρακτικές της γεωργικής παραγωγής,

-στη γενικότερη απρογραμμάτιστη ανάπτυξη μέσα στις λεκάνες απορροής,

-στις χρήσεις αναψυχής του ύδατος,

-στις κάθε είδους απορρίψεις μέσα στα νερά και στις λεκάνες απορροής,

-στην υπεραλίευση και την εκλεκτική αλίευση,

-στην απουσία διαχειριστικού οργάνου σε κάθε λεκάνη απορροής κ.ά.

Οι πιο πάνω δραστηριότητες φαίνεται ότι προξενούν μεταβολές στο υδρόβιο φυσικό περιβάλλον και, το σπουδαιότερο, εισάγουν επιπλέον θρεπτικές και άλλες ουσίες σε αυτό. Οι αλλαγές που προξενούνται συχνά εμποδίζουν τις χρήσεις του ύδατος, αφαιρούν την αισθητική του τοπίου και ελαττώνουν τις αξίες του. Τελικά, απειλείται με καταστροφή ο υδάτινος πόρος. Η παρεμπόδιση λοιπόν πρόσθετων ζημιών για κάθε περιοχή είναι επείγουσας προτεραιότητας, με όλα τα μέσα θα πρέπει να επιδιωχθεί και αποτελεί τη βάση για την εξυγίανση, αξιοποίηση και την προστασία των εσωτερικών υδάτων. Για να προσδιοριστούν τα προβλήματα σε κάθε περιοχή χρειάζεται να διερευνηθούν σε επιστημονική βάση τα γενεσιουργά αίτια τα οποία ίσως αποκρύπτονται στο πλήθος των εμφανιζομένων καταστάσεων. Η υπερβολική ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης, λόγου χάρη,

ίσως αποτελεί το επακόλουθο του συνεχιζόμενου εμπλουτισμού του νερού με θρεπτικά συστατικά ή η μείωση και έλλειψη ιχθύων ίσως οφείλεται στην υπεραλίευση ή ίσως στην έλλειψη και μείωση των εκτάσεων για τη φυσική εναπόθεση των αβγών των ιχθύων ή είναι αποτέλεσμα του περιορισμού των υποστρωμάτων λόγω φυσικών, χημικών ή και βιολογικών αιτίων κ.ά. Για τις φυσικές λίμνες, οι κυριότερες προβληματικές καταστάσεις εντοπίζονται και για το σύνολο των αναφερομένων περιπτώσεων, στην απότομη διακύμανση της στάθμης του νερού, στην υπερβολική ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης, στη ρύπανση κ.ά. Για τις τεχνητές λίμνες τα φερτά υλικά και η διακύμανση της στάθμης είναι τα σοβαρότερα προβλήματα για μια πληθώρα από χρήσεις που είναι δυνατό να συνυπάρξουν εκεί. Ουσιαστικά τα προβλήματα αυτά είναι απόρροια του διαθέσιμου υδροδυναμικού κάθε περιοχής και της λειτουργικότητάς τους. Τα φερτά υλικά που απειλούν με "μπάζωμα" τις τεχνητές λίμνες είναι απόρροια της ερήμωσης των ελληνικών εδαφών που κατά κύριο λόγο προέρχονται από την υπερβόσκηση, την ανεξέλεγκτη υλοτομία και τις πυρκαγιές. Η διακύμανση της στάθμης των ταμιευτήρων θα μπορούσε να μετριαστεί και να μεθοδευτεί κατάλληλα, ώστε να είναι δυνατή η συνύπαρξη και άλλων χρήσεων, αξιοποιώντας έτσι το υδάτινο δυναμικό τα μέγιστα, στο ξηροθερμικό ελληνικό περιβάλλον.

Οι προβληματικές καταστάσεις για τις λιμνοθάλασσες και τα φυσικά ιχθυοτροφεία προέρχονται από φυσικά αίτια (ενέργεια κυματισμού, απόθεση ή μη υλικών στα στόμια, υδρολογικές συνθήκες, διαβρωσιγενή φαινόμενα κ.ά) από ρύπανση των υδάτων και από τη μείωση ή και έλλειψη ιχθύων που τροφοδοτούν τους πλουτοπαραγωγικούς αυτούς πόρους. Ως προς τις λιμνοθάλασσες η προσοχή εντοπίζεται στο να προστατευθεί και να διατηρηθεί το υδρολογικό τους καθεστώς, αλλά και στην προστασία τους από την ενέργεια του κυματισμού, τις πλημμύρες και τη ρύπανση. Ζωτικής σημασίας γι' αυτές έχουν οι αμμολουρονησίδες, καθώς και οι δίοδοι επικοινωνίας θάλασσας-λιμνοθάλασσας και η τροφοδοσία τους με γλυκά νερά. Ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα περιοχών που έχουν υποστεί αλλοιώσεις και που αποτελούν περιπτώσεις για αποφυγή, αλλά και προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι:

-**Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου**: Τα έργα αποστράγγισης των υγροτόπων της περιοχής και οι σημειακές σήμερα εκροές των γλυκών νερών, με τη βοήθεια αντλιοστασίων, έχουν μεταβάλει το υδρολογικό καθεστώς της λιμνοθάλασσας. Επιπλέον, τα λύματα μαζί με την υπεραλίευση ή και την εκλεκτική αλίευση έχουν δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στις πλουτοπαραγωγικές δυνατότητες της λιμνοθάλασσας. Σε αυτά θα πρέπει με έμφαση να αναφερθεί και η έλλειψη αφθονίας φερτού υλικού, που άλλοτε χαρακτήριζε την περιοχή, ως αποτέλεσμα της τροποποίησης των παροχών του Αχελώου ποταμού και της γενικότερης υδρονομίας του.

-Λιμνοθάλασσα Αμβρακικού: Οι ποταμοί Αραχθος και Λούρος με τα νερά και τα φερτά τους υλικά επηρέαζαν την παραγωγικότητα του κόλπου και κατ'αντιστοιχία τα ιχθυοτροφεία της περιοχής. Τα κάθε είδους τεχνικά έργα (υδροηλεκτρικό φράγμα στο Πουρνάρι, αποστραγγιστικά κανάλια κ.ά), οι απορρίψεις και η υπεραλίευση του κόλπου εμποδίζουν τον εφοδιασμό των ιχθυοτροφείων με αλιεύματα. Η οριοθέτηση της περιοχής, σύμφωνα με τις διεθνείς συμβάσεις, αποτελεί ένα από τα σημαντικά βήματα για την προστασία του περιβάλλοντος, αλλά θα πρέπει να ενισχυθούν οι αμμολουρίδες για να προστατευτούν και διατηρηθούν οι λιμνοθάλασσες.

-Ποταμός Αχελώος: Η δυναμικότητα του Αχελώου χρησιμοποιείται σχεδόν μονομερώς για παραγωγή ενέργειας, για άρδευση και ύδρευση, με αποτέλεσμα οι υπόλοιποι πλουτοπαραγωγικοί του πόροι να συμπιέζονται. Τα υδροηλεκτρικά φράγματα κατά μήκος του φαίνεται ότι έχουν μονιμοποιήσει την κατάσταση στα ιχθυοτροφεία του Μεσολογγίου. Η συνεχής απελευθέρωση νερών από τον πυθμένα των τεχνητών λιμνών μαζί με τα φερτά τους θα υποβοηθήσουν την παραγωγικότητα στον κόλπο του Μεσολογγίου.

-Ποταμός Πηνειός: Η μικρή δυναμικότητα του Πηνειού στο να απορροφήσει τις κάθε είδους απορρίψεις, δημιουργεί προβλήματα ποιότητας των νερών καθόλο το μήκος του, τη στιγμή που οι κάθε είδους απορρίψεις αυξάνονται. Η έλλειψη επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων σε συνδυασμό με το αποσπασματικό υδρολογικό καθεστώς του ποταμού, δημιουργεί προβλήματα ακόμη και στις εκβολές του όπου υπάρχει ένας σημαντικός υγρότοπος.

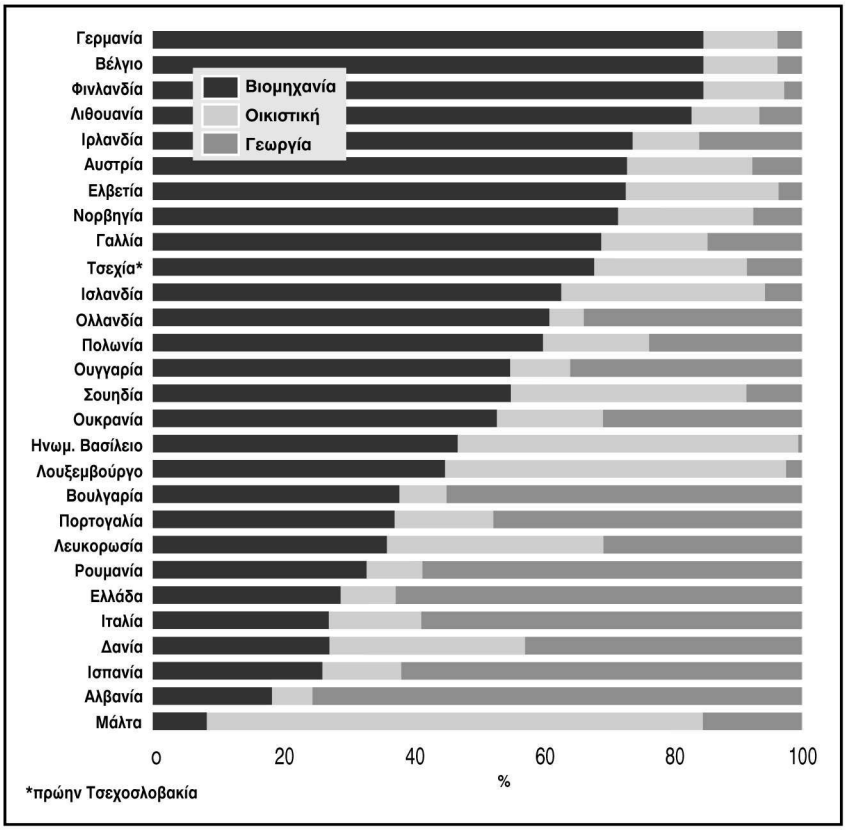
-Ποταμός Νέστος: Η ποιότητα των νερών του Νέστου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις απορρίψεις στη γειτονική Βουλγαρία, από την οποία προέρχεται ο ποταμός. Τα τεχνικά έργα κατά μήκος του και οι ευθυγραμμίσεις που έχουν γίνει στις όχθες του, λειτουργούν αρνητικά, τόσο στη διατήρηση του περιβάλλοντος που χαρακτηριζόταν άλλοτε από παραποτάμια δάση, όσο και στην προστασία και παραγωγικότητα των ιχθυοτροφείων που βρίσκονται στις εκβολές του. Διακρατικές συμφωνίες για τη διατήρηση της ποιότητας των νερών του, παρακαμπτήρια κανάλια, προστασία των υγρών λιβαδιών από τη βόσκηση, επανεξέταση ή και παρεμβάσεις στα τεχνικά έργα, μέσα από οικολογική προσέγγιση, αποτελούν αρχές που μπορούν να υποβοηθήσουν το οικοσύστημα του ποταμού και του περιβαλλοντος γενικότερα.

Οι ειδικότερες προβληματικές καταστάσεις περιέχονται στον Πίνακα XI.

ΠΙΝΑΚΑΣ XI

Ποσοστιαία αναλογία των σημερινών προβλημάτων που εμφανίζονται στις φυσικές (ΦΛ) και τις τεχνητές (ΤΛ) και στις λιμνοθάλασσες (ΘΛ)

Πρόβλημα	ΦΛ	ΤΛ	ΛΘ
Διακύμανση στάθμης	39	73	17
Μείωση ιχθύων	22	9	29
Βάθος	-	-	11
Φυσικοί παράγοντες	-	-	9
Ρύπανση	18	9	14
Υπερβολική βλάστηση	21	9	20



Εικ. 1: Η συνολική χρήση του νερού (επιφανειακού και υπόγειου) από τη βιομηχανία, την αστική χρήση και τη γεωργία στις χώρες της Ευρώπης (πηγή: STANNER & BOURDEAU, 1995).

Τα τελευταία έτη οι πλημμύρες και τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι τα αίτια που χάνονται ζωές, καταστρέφονται καλλιεργούμενες εκτάσεις, τεχνικά έργα και περιουσίες και για μερικές μέρες παραλύουν οι δραστηριότητες στις περιοχές που πλήττονται από αυτές. Η κύρια αιτία των πλημμυρικών φαινομένων είναι το ύψος και οι ραγδαίες βροχοπτώσεις σε συνδυασμό με την αδυναμία παροχέτευσης του φυσικού ή του τεχνητού αποχετευτικού συστήματος πάνω από ένα ορισμένο ύψος παροχής νερού. Υπάρχουν όμως και άλλα αίτια που προκαλούν τις πλημμύρες και τα οποία στην πλειονότητά τους οφείλονται σε ανθρώπινες ενέργειες, παρεμβάσεις και επεμβάσεις. Μεταξύ των αιτίων αυτών αναφέρονται οι καταστροφές των δασών από πυρκαγιές και εκτεταμένες υλοτομίες, από επιχωματώσεις των φυσικών οδών απορροής των νερών, από άστοχες παρεμβάσεις με τεχνικά έργα, από μετατροπή στραγγιστικών τάφρων σε αρδευτικές διώρυγες, αυθαίρετες παρεμβάσεις σε αναχώματα κ.λπ.

6.1.2. Χρήσεις, προβλήματα, απειλές

Οι ανάγκες και οι χρήσεις του νερού αποτελούν το κυρίαρχο στοιχείο της διαχείρισης των υδατικών πόρων, η οποία αποτελεί ένα δυναμικό σύστημα δράσεων που καλύπτει θεσμικά, τεχνολογικά, οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά θέματα (Εικ.1). Η διαχείριση των επιφανειακών και των υπόγειων νερών έχει ως πεδίο αναφοράς τη λεκάνη απορροής. Στη χώρα μας όμως η αναντιστοιχία διοικητικής διαίρεσης και υδατικών διαμερισμάτων, καθώς και η πολυδιάσπαση των σχετικών με τους υδάτινους πόρους αρμοδιοτήτων, χωρίς συντονισμό και με ανταγωνιστικές δραστηριότητες σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο έχουν αποτέλεσμα την περιστασιακή και μη ορθολογική διαχείριση (Πίν. XII).

Έχει επικρατήσει από παλαιά η εντύπωση, ότι η μετατροπή κάθε επιφάνειας ύδατος σε «γη» μπορούσε να παρέχει άμεσα οικονομικά ωφέλη και μεγαλύτερη αποδοτικότητα που αντανακλούσε στην αύξηση των καλλιεργουμένων εκτάσεων, στην απόκτηση γης από τους ακτήμονες, στις επεκτάσεις οικισμών και πόλεων κ.ά.

Η ανάγκη όμως:

-της διαφύλαξης του φυσικού περιβάλλοντος με τους ρυθμιστικούς του μηχανισμούς και τις κλιματικές και άλλες επιρροές του,

-της διατήρησης της πολιτιστικής παράδοσης της ενδοχώρας που είναι στενά συνδεδεμένη με το υδάτινο στοιχείο ,

-της αύξησης της απασχόλησης του τοπικού ανθρώπινου δυναμικού και της συμπλήρωσης του εισοδήματός τους,

-της ανάγκης προσφοράς περισσότερων ζωικών πρωτεϊνούχων τροφών κ.ά., στις περισσότερες των περιπτώσεων καθορίζουν το νερό ως τον αποδοτικότερο και χρησιμότερο πόρο, και επομένως επιβάλλεται να έχουν πρωτεύοντα ρόλο η προστασία και η διατήρηση του υγρού στοιχείου της ενδοχώρας.

ΠΙΝΑΚΑΣ XII

Η κατανομή των χρήσεων του νερού στην Ελλάδα σε εκατοστιαία αναλογία τις τελευταίες δεκαετίες και η προοπική για το έτος 2000

Έτος	Οικιστικές	Βιομηχανικές	Γεωργία	Λοιπές Χρήσεις
1970	11	2	86	1
1980	14	2	83	1
1990	16	2	81	1
2000	17	2	80	1

Οι διαθέσιμοι επιφανειακοί υδάτινοι πόροι της χώρας μας κατά το 1/4 τους χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς σκοπούς, ενώ οι οικιστικές χρήσεις του νερού δεν ξεπερνούν το 15% όλων των χρήσεων. Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται οι παρελθούσες, σημερινές και μελλοντικές χρήσεις του νερού στην Ελλάδα και φαίνεται ότι κατά το 2000 μ.Χ. η γεωργία θα καλύπτει το 80 % των χρήσεων, ενώ οι οικιστικές χρήσεις γύρω στο 17% (OECD 1982). Εδώ αξίζει να αναφέρουμε ότι τα υπόγεια νερά αποτελούν ένα αρκετά σημαντικό πόρο ύδατος και έχει υπολογισθεί ότι μπορεί να καλύπτει την άρδευση κατά 76 %, ενώ για το πόσιμο νερό μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες κατά 14 %. Παρόλα αυτά όμως οι μελλοντικές αξιώσεις για υπόγειο νερό ίσως εξαντλήσουν τα διαθέσιμα αποθέματα σε ορισμένες περιοχές, ενώ η ποιότητά τους βρίσκεται σε κίνδυνο κυρίως σε περιοχές αστικών συγκεντρώσεων πληθυσμού και εντατικών καλλιεργειών (αλατοποίηση, άρδευση, ρύπανση κ.ά.). Για το σύνολο των σημερινών χρήσεων που αναλυτικά σημειώνονται στον πιο κάτω πίνακα, τα μεγαλύτερα ποσοστά χρήσεων, στις φυσικές λίμνες κατανέμονται για ιχθυοπαραγωγή και άρδευση, στις τεχνητές λίμνες για ενέργεια και άρδευση, ενώ στις λιμνοθάλασσες η ιχθυοπαραγωγή καλύπτει σχεδόν το σύνολο των χρήσεων (Πίν.XIII).

ΠΙΝΑΚΑΣ XIII

Ποσοστιαία αναλογία των χρήσεων στις φυσικές (ΦΛ) και στις τεχνητές (ΤΛ) λίμνες και στις λιμνοθάλασσες (ΛΘ)

Χρήσεις	ΦΛ	ΤΛ	ΛΘ
Άρδευση	33	30	-
Ενέργεια	2	49	-
Ιχθυοπαραγωγή	32	10	74
Προστασία Φύσης	5	-	12
Τουρισμός	8	1	9
΄Υδρευση	7	3	-
Απόρριψη	13	7	5

Τα πιο πάνω ποσοστά, αν και είναι κατατοπιστικά στο γενικότερο πλαίσιο των χρήσεων, δεν είναι όμως αντιπροσωπευτικά ως προς το βαθμό της προτεραιότητάς τους τουλάχιστον για τις φυσικές λίμνες. Μια περισσότερο αντιπροσωπευτική εικόνα, βασισμένη στην κύρια και δευτερεύουσα χρήση, ως προς την έκταση και τον αριθμό των εσωτερικών υδάτων που αναλυτικά παρατίθεται στον πιο κάτω πίνακα, μας πληροφορεί ότι, για τις φυσικές λίμνες τα ποσοστά κύριας χρήσης ανήκουν κατά 43% στην άρδευση, ενώ στη δευτερεύουσα χρήση την πρώτη θέση κατέχει η ιχθυοπαραγωγή. Για τις τεχνητές λίμνες, τα ποσοστά στη κύρια χρήση ανήκουν κατά πλειονότητα στην ενέργεια και στην άρδευση , ενώ στη δευτερεύουσα χρήση, 69% είναι για άρδευση και 31% για ιχθυοπαραγωγή (Πίν. XIV). Στις φυσικές λίμνες οι σημερινές χρήσεις βασίζονται στον παραδοσιακό και εμπειρικό τρόπο λειτουργικότητάς τους και παρέχουν γενικά την εντύπωση της σχετικής ασάφειας στην ιεράρχησή τους. Εκεί όμως όπου καθορίζεται κάποια προτεραιότητα στις χρήσεις φαίνεται να υπεισέρχεται η εκτίμηση του ισχυρότερου αρμόδιου τοπικού φορέα.

ΠΙΝΑΚΑΣ XIV

Ποσοστιαία αναλογία των σπουδαιότερων σημερινών κύριων (1) και δευτερευουσών (2) χρήσεων στις φυσικές και στις τεχνητές λίμνες

	Φυσικές Λίμνες						Τεχνητές Λίμνες					
	%		E		A		%		E		A	
Χρήσεις	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Απόρριψη	-	21	-	127	-	3	-	-	-	-	-	-
Άρδευση	43	21	260	124	16	5	32	34	114	123	3	8
Ενέργεια	-	-	-	-	-	-	61	44	221	223	7	-
Ιχθυοπαρ	36	42	218	251	11	12	-	21	-	10	-	2
Ύδρευση	9	-	55	-	1	1	7	1	25	3	1	1
Τουρισμός	6	7	37	45	1	3	-	-	-	-	-	-
Λοιπές	6	10	35	57	6	12	-	-	-	-	-	-

E=Εκταση, A=Αριθμός λιμνών.

6.1.3. Ποιότητα νερών και τροφική κατάσταση

Η τροφική κατάσταση είναι διαφορετικός όρος από εκείνον της ποιότητας των υδάτων, που είναι μια υποκειμενική κατάσταση η οποία εξαρτάται από τις χρήσεις του νερού, αλλά και το κυριότερο από τις διαθέσεις των τοπικών φορέων και τις υφιστάμενες κοινωνικές πιέσεις στην περιοχή. Η τροφική κατάσταση αναφέρεται σε μια σειρά από παράγοντες που θα πρέπει να συνθεωρηθούν σε μακρόχρονη βάση. Τέτοιοι παράγοντες είναι σε ετήσια βάση ο ολικός φώσφορος, οι μέσες και μέγιστες συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης-α και οι μέσες και ελάχιστες τιμές της διαφάνειας του δίσκου του Secchi (Πίν.XV).

ΠΙΝΑΚΑΣ XV

Οι κυριότεροι παράγοντες που χαρακτηρίζουν την τροφική κατάσταση των λιμνών στην Ελλάδα και η τροφική τους κατάσταση

Λίμνη	(1) Ολικός Φώσφορος μg/l	(2) Χλωροφύλλη Ελάχιστη Συγκέντρωση mg/m^3	(3) Χλωροφύλλη Μέγιστη Συγκέντρωση mg/m^3	(4) Διαφάνεια Μέγιστη τιμή m	(5) Διαφάνεια Ελάχιστη τιμή m	Τροφική Ταξινόμηση με το Κλειστό Σύστημα ως προς 1,2,3,4,5	Τροφική Κατάσταση με το Ανοικτό Σύστημα ως προς 1,2,3,4,5
Δυτικά							
Τριχωνίδα	18	1.1	1.6	10.1	6.7	M O U O U	M O O O -
Αμβρακία	21	4.4	66	3.4	1.9	M M E M M	M M E M -
Λυσιμαχία	24	5.2	74	2.6	1.5	M M E E M	M M M M -
Βορειοδυτικά							
Βεγορίτιδα	16	2.6	5.1	4.1	9.9	M M O M E	M M M M -
Μικρ. Πρέσπα	40	13.3	45	1.7	0.8	E E E E E	M E E M -
Μεγ. Πρέσπα	6.4	0.9	1.6	7.0	5.2	O U U O U	O O O O -
Καστοριά	63	18.3	187	1.0	0.5	E E H H H	E E E E -
Παμβώτιδα	67	28.7	190	0.9	0.6	E H H H H	E E E E -
Βόρεια							
Βόλβη	37	7.6	86	1.7	1.3	E M H E E	M M E M -
Κορώνεια	107	64	206	0.4	0.2	H H H H H	E E E H -
Βιστωνίδα	104	63	214	0.4	0.2	H H H H H	E E E H -
Δοϊράνη	34	2.8	8.9	3.8	1.1	M M M M E	M O M M -

U=Υπερολιγοτροφική, O= Ολιγοτροφική, M= Μεσοτροφική, E= Ευτροφική, H= Υπερτροφική.

Με τα μέχρι σήμερα δεδομένα (μορφολογικά, υδρολογικά, ποιοτικά, τροφικά κ.ά) μπορούν να διατυπωθούν τα παρακάτω σχετικά με την επικρατούσα κατάσταση και τα προβλήματα που υπάρχουν ή και ανακύπτουν στις κυριότερες ελληνικές λίμνες:

-Τριχωνίδα: Η μεγαλύτερη σε έκταση λίμνη της Ελλάδας, δέχεται ποικιλία από επιδράσεις (γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες, αστικές απορρίψεις), αλλά κατορθώνει να τις αντιπαρέρχεται επειδή τα νερά της έχουν γρήγορο ρυθμό ανανέωσης σε συνδυασμό με το μεγάλο όγκο των νερών της. Η μεγάλη διαφάνεια στα νερά της, η καλή τους οξυγόνωση, οι σχεδόν μικρές συγκεντρώσεις των θρεπτικών τους αλάτων είναι μερικά από εκείνα τα χαρακτηριστικά που χαρακτηρίζουν την λίμνη ολιγοτροφική έως μεσοτροφική. Η λίμνη αυτή είναι σημαντική όχι μόνο επειδή αποτελεί μια πολύ μεγάλη δεξαμενή νερού αλλά από την άποψη του περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα γιατί στην Τριχωνίδα έχουν περιγραφεί πολλά είδη ενδημικής πανίδας και χλωρίδας, τόσο από το πλαγκτό, όσο και από την ασπόνδυλη πανίδα και τα ψάρια της, ενώ και η αλιευτική της παραγωγή δεν είναι αμελητέα, αφού αρκετή μεγάλη ποσότητα αλιευμάτων εξυπηρετεί τις ανάγκες της Αιτωλοακαρνανίας, αλλά και ακόμη μακρύτερα, αφού η αθερίνα της έχει υψηλή εμπορική σημασία και πωλείται στην Πάτρα και στην Αθήνα. Για την προστασία της λίμνης, των βιολογικών της πόρων και της ποιότητας των νερών της, ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δοθεί σε έργα αποχέτευσης και εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων των παραλίμνιων οικισμών και των μεταποιητικών μονάδων επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων.

-Βόλβη: Παρά το μεγάλο βάθος της η λίμνη χαρακτηρίζεται ως μεσο-ευτροφική, δηλαδή είναι σχετικά πλούσια σε θρεπτικά συστατικά. Οι εντατικοποιημένες γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες, η επέκταση της αστικής περιοχής και οι εγκαταστάσεις στην ευρύτερη περιοχή βιοτεχνιών και βιομηχανιών, επιδρούν λιγότερο ή περισσότερο στο οικοσύστημα της λίμνης εμπλουτίζοντας το περιβάλλον με επιπλέον θρεπτικά και τοξικά συστατικά. Τα θρεπτικά άλατα είναι αυξημένα, η διαφάνεια των νερών της σχετικά μικρή και το οξυγόνο βρίσκεται σε οριακές συγκεντρώσεις κυρίως κοντά στον πυθμένα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται όχι πολύ συχνά δυσάρεστες για την υδρόβια ζωή και το περιβάλλον καταστάσεις. Στη Βόλβη βρίσκεται η λιπαριά, το μοναδικό ενδημικό είδος ψαριού στον κόσμο, τα περκιά και τα χέλια λιγοστεύουν, ενώ με παρεμβάσεις του ανθρώπου έχει αλλοιωθεί η ιχθυοπανίδα της λίμνης, αφού έχει εμπλουτιστεί με γλανίδια, πεταλούδες, κουνουπόψαρα και ψευδορασμπόρα. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων, η βελτιστοποίηση της

γεωργικής παραγωγής με ήπιες και συμβατές με το φυσικό περιβάλλον πρακτικές, η διατήρηση της στάθμης της λίμνης στα σημερινά επίπεδα, η εξασφάλιση της συνέχειας του νερού στα ρέματα της περιοχής, χωρίς την παρεμβολή τεχνικών έργων που εμποδίζουν τις μετακινήσεις των οργανισμών και την ενίσχυση της ποικιλίας των φυσικών ενδιαιτημάτων με την ορθολογική διαχείριση των καλαμιώνων και του υδάτινου συστήματος της περιοχής είναι από τις προτάσεις που θα πρέπει να προωθηθούν για το περιβάλλον, τη βιοποικιλότητα και τη διατήρηση της παράδοσής μας.

ΠΙΝΑΚΑΣ XVI

Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων στις φυσικές και τεχνητές λίμνες στην Ελλάδα

Λίμνη	Ολικός Φώσφορος μg/l	Φώσφορος Φωσφορικών μg/l	Αζωτο Νιτρωδών μg/l	Αζωτο Νιτρικών μg/l	Αζωτο Αμμωνιακών μg/l	Αναλογία Αζώτου προς Φώσφορο μg/l
Δυτικά						
Τριχωνίδα	12.4	1.5-80.0	0.7-24.0	1.4-232	5.3-62	13.4
Αμβρακία	37.0	3.0-180	0.8-30.0	6.0-290	16.0-590	15.5
Λυσιμαχία	22.6	17.0-65.0	5.0-12.0	86.0-566	62.0-143	15.2
Κρεμαστά*	0.063	10.0-30.0	5.0-30.0	100-340	1-40	
Καστράκι*	0.06	10.0-20.0	5.0-60.0	90-140	30-600	
Στράτος* #		920	4	9	240	
Πουρνάρι*		1-1610	1.0-37.0	10-240	1-300	
Μόρνος*		9-50	3-10	130-610	17-84	
Λούρος* #		40	6	730	100	
Βορειοδυτικά						
Βεγορίτιδα	24.2	0.1-10.2	0.1-98.0	3.0-1310	0.3-110	77.1
Μικρ. Πρέσπα	28.0	3.0-22.0	0.2-140	0.5-745	3.7-372	28.3
Μεγ. Πρέσπα	6.4	1.0-9.0	0.8-30.0	0.5-19.0	4.0-73.0	5.5
Καστοριά	39.4	3.0-254	3.0-19.0	5.0-1011	6.0-288	5.7
Παμβώτιδα	38.2	3.1-91.2	1.1-65.3	7.1-926	16.4-62.8	13.6
Άγρας* #		110	2	90	470	
Ταυρωπός*		1-140	3-32	4-211	4-144	
Πολύφυτο*	62	1-80	1.0-78	5-1480	8-850	
Πηγές Αώου*		1-390	1-99	30-360	1-1000	
Σφηκιά* #		160				
Ασωμάτων*#		50	5	820	180	
Βόρεια						
Βόλβη	30.0	10.0-56.0	2.0-4.0	4.0-405	15.0-630	21.2
Κορώνεια	42.0	12.0-45.0	3.0-92.0	25.0-48.0	7.0-268	15.4
Βιστονίδα	42.4	27.0-40.0	0.06-21.0	0.3-116	9.8-228	27.1
Δοϊράνη	25.7	9.0-20.0	0.1-26.4	2.7-216	3.1-38.0	12.3
Μητρικό						
Κεντρικά						
Υλίκη	22.8	3.6-26.8	0.1-18.0	2.4-790	0.5-60.0	4.0
Παραλίμνη	16.3	2.7-21.0	0.1-12.0	1.3-158	0.2-35.0	2.0
Μαραθώνας*		20-110		1000-4800-	10-111	
Νότια						
Στυμφαλία						
Λάδωνας* #		100	3	600	60	

** Τεχνητές λίμνες. Κατώτερη και ανώτερη τιμή ή μέση συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων ή ενδεικτική τιμή#.*
(Η λίμνη Παραλίμνη έχει ξηρανθεί από το 1992-93).

ΠΙΝΑΚΑΣ XVII

Τα σπουδαιότερα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των φυσικών και τεχνητών λιμνών στην Ελλάδα με τη διακύμανση των τιμών τους

(ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ και συν, 1989-94, ΚΟΥΙΜΤΖΗΣ και συν, 1993, ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν, 1988-97, ΕΥΔΑΠ, 1986-95)

Λίμνη	Αγωγιμότητα μS/cm	pH	Ολική Αλκαλικότητα meq/l	Ολική Σκληρότητα mg/l	Χλωριόντα mg/l	Θειικά mg/l
Δυτικά						
Τριχωνίδα	40-380	7.6-8.7	2.1-2.9	80-150	12-25	7-84
Αμβρακία	230-1100	7.5-8.9	1.0-2.6	305-464	8-75	220-650
Λυσιμαχία	310-460	7.3-8.7	2.7-4.1	140-180	15.3-37.1	72-81
Κρεμαστά*	70-260	7.6-8.7	2.2-2.9	110-150	6-18	8.0-16.0
Καστράκι*	50-300	7.4-8.7	2.6-3.0	125-165	14-26	6.5-16.5
Πουρνάρι*	180-550	7.0-8.7	1.7-3.9	140-291	2.7-12	22-190
Μόρνος*	262-409	8.2-8.5			3.8-4.6	16-22
Βορειοδυτικά						
Βεγορίτιδα	428-1012	7.4-9.0	3.3-3.6		13-15	
Μικ. Πρέσπα	60-520	8.1-8.5	2.4-3.3	85-165	1.7-38	4-8
Μεγ. Πρέσπα	215-260	7.4-8.7	1.8-2.5	90-115	2-8	4-8
Καστοριά	50-310	5.9-9.5	1.7-3.3	80-152	7-40	4-10
Παμβώτιδα	180-560	7.3-9.6	1.2-3.1	100-190	12-225	10-36
Πετρών	405-1430	7.2-9.1	1.5-5.8	155-195	19-43	35-165
Χειμαδίτιδα	320-910	7.5-9.8	2.0-3.6	75-180	15-30	25-120
Ζάζαρη	310-520	7.6-9.7	0.4-2.0	70-120	7.5-14	7-20
Πολύφυτο*	266-470	7.1-8.9	2.3-4.7	70-266	07-25	8.8-55
Πηγές Αώου*	70-500	7.0-8.3	1.8-4.2	78-161	0.7-9.5	0-189
Βόρεια						
Βόλβη	67-1320	7.5-9.3	4.4-5.4		97-131	22-25
Κορώνεια	1150-1660	6.5-9.0	6.4-8.8	50-180	134-169	50-85
Βιστονίδα	800-1100	6.5-8.8	2.0-3.6	170-430	285-360	33-480
Δοϊράνη	130-630	5.9-9.3	3.0-4.6	70-170	9-22	26-33
Κεντρικά						
Υλίκη	400-437	7.7-8.8			7-16	18-26
Παραλίμνη	400-500	7.7-9.2	2.0-3.1	150-195	23-49	25-47
Μαραθώνας*	574-1754	8.1-8.7			68-422	32-81

** Τεχνητές λίμνες*
Κατώτερη και ανώτερη τιμή ή μέση συγκέντρωση.
(Η λίμνη Παραλίμνη έχει ξηρανθεί από το 1992)

-Βεγορίτιδα: Η βαθύτερη (75μ.) λίμνη της χώρας μας, δέχεται βιομηχανικά απόβλητα από τα εργοστάσια της περιοχής Πτολεμαΐδας (ΑΕΒΑΛ, ΔΕΗ, κ.ά), αλλά και αστικά λύματα από τις πόλεις της Πτολεμαΐδας και του Αμύνταιου. Παρόλα αυτά κατά το μεγαλύτερο μέρος τα νερά της έχουν μεγάλη διαφάνεια, χαμηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών αλάτων, αλλά και αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων. Πρόσθετα με αυτά, τα τελευταία χρόνια με την ελάττωση του όγκου των νερών της από τους σταθμούς της ΔΕΗ, η λίμνη περνάει ένα μεταβατικό στάδιο από την ολιγοτροφική προς τη μεσοτροφική κατάσταση με παραπέρα τάσεις προς την ευτροφική κατάσταση. Παρόλα αυτά η λίμνη βρίσκεται σε ισορροπημένη κατάσταση και αυτό οφείλεται κυρίως στα άφθονα υπόγεια νερά που προέρχονται από το γειτονικό ορεινό όγκο και που ανανεώνουν τα νερά της με γρήγορους ρυθμούς. Εδώ, πριν από αρκετά έτη, εμπλουτίστηκε η λίμνη με το ψάρι *κορέγονο* που ευδοκίμησε και το οποίο σήμερα αποτελεί μεγάλης εμπορικής σημασίας αλίευμα. Προσπάθειες για ιχθυοτροφική εκμετάλλευση της λίμνης με πλωτούς ιχθυοκλωβούς δεν είχαν αποτέλεσμα, και τούτο γιατί, ενώ το περιβάλλον για τη δραστηριότητα αυτή ήταν κατάλληλο, οι αλιείς δεν μπορούσαν να συνεταιριστούν και να αναλάβουν από κοινού τη σχετική ευθύνη και τα έξοδα των εγκαταστάσεων.

-Μικρή Πρέσπα: Ο εθνικός δρυμός της Μικρής Πρέσπας με την εκτεταμένη και πυκνή ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης, ιδιαίτερα των καλαμιών, προσφέρει σημαντικές ποσότητες από φυτικό υλικό που αποσυντιθέμενο στον πυθμένα της λίμνης επιταχύνει τη γήρανση του οικοσυστήματός της. Επίσης, η λίμνη δέχεται τουλάχιστον εποχιακά αρκετά επιβαρημένες απορροές από τις γύρω γεωργικές καλλιέργειες. Η έλλειψη του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου αρχίζει να επεκτείνεται ολοένα και σε μεγαλύτερη έκταση, καθώς και οι αυξημένες συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων και η μικρή διαφάνεια στα νερά της. Η τροφική κατάσταση της λίμνης χαρακτηρίζεται ως μεσοτροφική με επικίνδυνη φόρτιση θρεπτικών συστατικών. Ο σημαντικός αυτός διεθνούς σημασίας υγρότοπος από την άποψη των υδρόβιων πτηνών απειλείται τόσο από εξωγενείς και αλλόχθονους παράγοντες, όσο και από αυτόχθονες, τοπικούς, στους οποίους κυρίαρχο ρόλο καταλαμβάνει η υπέρμερτη και πυκνή ανάπτυξη των καλαμιώνων. Η απουσία κατάλληλου διαχειριστικού σχεδίου για τον οικολογικό έλεγχο και διαχείριση της υδρόβιας αυτής βλάστησης αποστερεί το οικοσύστημα από εκείνα τα χαρακτηριστικά που θα το χαρακτήριζαν πολύπλοκο και σταθερό, ενώ μόλις πρόσφατα συστήθηκε και λειτουργεί αποτελεσματικά όργανο διαχείρισης και προστασίας της περιοχής.

-Κορώνεια: Οι εντατικές γεωργοκτηνοτροφικές και άλλες δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής της εμπλουτίζουν τα νερά της με αφθονία από θρεπτικά συστατικά, αλλά και τοξικές ουσίες. Η διαφάνεια των νερών της βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, ενώ η έλλειψη του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου γίνεται όλο και περισσότερο χαρακτηριστική με συχνούς θανάτους ψαριών. Η μαζική ανάπτυξη πλαγκτικών οργανισμών είναι σύνηθες φαινόμενο για τη λίμνη που παίρνει χρωματισμούς από βαθύ πράσινο μέχρι και βαθύ καστανόχρου μετά το θάνατο των οργανισμών αυτών. Παλαιότερα η λίμνη χαρακτηριζόταν από τους κυπρίνους της, τα σαζάνια και τα ενδημικά της είδη όπως ήταν η γκελάρτσα και το τυλινάρι. Σήμερα, η παραγωγή του κυπρίνου είναι προβληματική, ενώ έχουν εξαφανιστεί από τη λίμνη ψάρια που την χαρακτήριζαν όπως είναι ο γουλιανός, η λεστιά, το χέλι και η τούρνα. Η λίμνη γενικά χαρακτηρίζεται ως ευτροφική, και συχνές είναι οι δυσάρεστες έως απαγορευτικές καταστάσεις που δημιουργούνται για την υδρόβια ζωή και την αλλοίωση του περιβάλλοντός της, ενώ οι χρήσεις του νερού με την απουσία διαχειριστικού οργάνου είναι αλληλοσυγκρουόμενες, μεγιστοποιώντας έτσι τα προβλήματα που έχουν γίνει εγγενή της περιοχής. Πρόσφατα, με σχετικές Νομαρχιακές αποφάσεις τέθηκαν σε ισχύ διατάξεις που προβλέπεται ότι θα συμβάλλουν στο μετριασμό των δυσάρεστων καταστάσεων και στην προώθηση της προστασίας του περιβάλλοντος, ενώ βαθμιαία αλλά μακρόχρονα είναι δυνατή η αντιστροφή της υποβάθμισης με μέτρα, πρακτικές και διαχειριστικά σχέδια.

-Βιστονίδα: Η αβαθής αυτή λίμνη-λιμνοθάλασσα δέχεται πλούσιο υλικό σε θρεπτικά συστατικά και ρύπους από αλλόχθονες πηγές ευτροφισμού, από αστικά λύματα, γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες και βιομηχανικές-βιοτεχνικές δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής. Εξάλλου, τα νερά της Βιστονίδας εμπλουτίζονται και με αυτόχθονες πηγές ρύπων και συστατικών που προέρχονται από τη λάσπη του πυθμένα της λίμνης που έτσι τροφοδοτείται συνεχώς το σύστημα με μεγάλες ποσότητες θρεπτικών και άλλων συστατικών. Σε αυτά, θα πρέπει να προστεθεί και το θαλασσινό νερό που εισέρχεται περιοδικά στη λίμνη και την εμπλουτίζει με επιπλέον θρεπτικές ουσίες και θειικά άλατα. Έτσι, πολύ συχνά δημιουργούνται ασφυκτικές για την υδρόβια ζωή συνθήκες και παράγεται υδρόθειο, τοξικό για την υδρόβια ζωή αέριο. Το οξυγόνο στα νερά της λίμνης βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα ή εκλείπει κοντά στον πυθμένα, η μαζική υπεραφθονία στην ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού διαρκεί τους περισσότερους μήνες κάθε έτος, ενώ υποβαθμίζεται εκτός των άλλων και η αισθητική του νερού που χρωματίζεται από πράσινη μέχρι καστανή χροιά. Οι περιβαλλοντικοί αυτοί παράγοντες στη λίμνη ευνοούν και την ανάπτυξη μολυσματικών ασθενειών για τα ψάρια και από καιρό σε καιρό ενσκήπτουν θάνατοι ψαριών και αποκρουστικό θέαμα. Η αλιευτική παραγωγή της λίμνης, αν και βρίσκόταν στο παρελθόν σε υψηλά επίπεδα, σήμερα υφίσταται έντονες μεταβολές και σημειώνονται σημεία υποβάθμισης ποιοτικά και ποσοτικά. Παρόλα αυτά οι δυσμενείς συνθήκες είναι δυνατό να μετριαστούν με πρακτικά και θεσμικά μέτρα για την ορθολογική διαχείριση του περιβάλλοντος και την ενίσχυση της ιχθυοπαραγωγής. Σημειώνεται με έμφαση ότι θα πρέπει να διαχειριστεί η υδρόβια βλάστηση με κατάλληλη τεχνογνωσία, να εκτραπούν από τη λίμνη οι οδοί μεταφοράς των ρύπων και να είναι συνεχής η εξυγίανσή τους, ενώ επιβάλλεται η εντατικοποίηση της λειτουργίας των λεκανών αναπαραγωγής και εκκόλαψης του κυπρίνου, ώστε γηγενή στελέχη να εμπλουτίζουν κάθε χρόνο τη λίμνη.

-Μεγάλη Πρέσπα: Η έκταση και ο όγκος της λίμνης απορροφούν κάθε δραστηριότητα που επιδρά στη λίμνη. Η μεγάλη διαφάνεια και τα οξυγονωμένα νερά μαζί με τις μικρές συγκεντρώσεις της στα θρεπτικά άλατα κατατάσσουν τη λίμνη ως ολιγοτροφική. Η λίμνη μπορεί να προσφέρει οικοτουριστικές δραστηριότητες με τα ασκηταριά που διαθέτει, ενώ η προσφερόμενη αναψυχή με την πλαζ που απλώνεται στη γειτονία της με τη Μικρή Πρέσπα αποτελεί πόλο έλξης επισκεπτών. Σχεδιάζεται, από το Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών

στα πλαίσια πόντισης πλωτήρων με κατάλληλους αισθητήρες στις ελληνικές θάλασσες για τη συνεχή παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, να επεκταθεί η παρακολούθηση του περιβάλλοντος και στα νερά της Μεγάλης Πρέσπας που αποτελούν σύνορο μεταξύ της Ελλάδας, της Αλβανίας και των Σκοπίων. Έτσι, θα ποντιστεί ειδική εξέδρα-κατασκευή η οποία θα είναι εφοδιασμένη με ειδικούς αισθητήρες για να παρακολουθείται, σε διαρκή βάση, το υδάτινο περιβάλλον και τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην προσπάθεια να μελετούνται οι παγκόσμιες κλιματικές μεταβολές στη βιόσφαιρά μας και να παρέχονται οι σχετικές πληροφορίες σε διακρατικό επίπεδο και σε χρήστες.

-Καστοριά: Οι αστικές απορρίψεις από την πόλη της Καστοριάς κατά κύριο λόγο έχουν δημιουργήσει ευτροφισμό στα νερά της λίμνης ενώ όλα τα επακόλουθά του είναι εμφανή. Έτσι, στις αβαθείς περιοχές που άλλοτε κατέφευγαν τα ψάρια και αποτελούσαν πεδία ωοτοκίας και διαβίωσης των νεαρών ψαριών αρχίζουν να σπανίζουν, ενώ οι ασφυκτικές συνθήκες για την υδρόβια ζωή είναι φαινόμενο συνηθισμένο. Η άλλοτε πλούσια σε αλιεύματα λίμνη που αποτελούσε με την Παμβώτιδα το σπουδαιότερο αλιευτικό κέντρο της ηπειρωτικής Ελλάδας, σήμερα βρίσκεται σε φθίνουσα κατάσταση, τόσο από άποψη ποσοτική, όσο και από την άποψη της αλλοίωσης των ψαριών που είχαν εμπορική σημασία. Για μεγάλα χρονικά διαστήματα κυριαρχούν η μικρή διαφάνεια, η έλλειψη του διαλυμένου οξυγόνου, η μαζική ανάπτυξη του πλαγκτού, η υπερβολική ανάπτυξη των καλαμιώνων, καθώς επίσης και μεταβολές στη σχετική αφθονία και την ποιοτική σύνθεση των αλιευμάτων της. Σήμερα η λίμνη μπορεί να χαρακτηριστεί ως υπερτροφική, ενώ η αισθητική της αξία συνεχώς μειώνεται και αποκρουστική είναι η όψη των νερών της για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η διαχείριση των καλαμιώνων και της υδρόβιας βλάστησης είναι δυνατό να προωθηθούν, κάτω από ορισμένη τεχνογνωσία ώστε να αποφορτιστεί σταδιακά το επιβαρημένο περιβάλλον, μια που σήμερα λειτουργούν οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων της πόλης.

-Δοϊράνη: Η λίμνη δέχεται επιδράσεις από τις γεωργικές απορροές και τις τουριστικές εγκαταστάσεις των Σκοπίων. Η διαφάνεια και η οξυγόνωση των νερών της είναι αρκετά καλή. Τα θρεπτικά της άλατα βρίσκονται σε οριακές συγκεντρώσεις και η τροφική της κατάσταση χαρακτηρίζεται ως ολιγο-μεσοτροφική. Η λίμνη αποτελεί ακόμη σημαντικό αλιευτικό κέντρο και αυτό έχει να κάνει με τα περκιά που αποτελούν σημαντικά αλιεύματα. Η σταθεροποίηση της στάθμης της αποτελεί σημείο τριβής με τους γείτονες και θα πρέπει να ρυθμιστεί με διακρατικές συμφωνίες.

-Παμβώτιδα: Οι αστικές και εδώ απορρίψεις μαζί με το σε αποσύνθεση φυτικό υλικό που έχει συσσωρευτεί στον πυθμένα της λίμνης έχουν αλλοιώσει το οικοσύστημά της. Η μικρή διαφάνεια στα νερά της, η έλλειψη διαλυμένου οξυγόνου, η μαζική ανάπτυξη του πλαγκτού και οι διαχρονικές μεταβολές στη σύνθεση των αλιευμάτων της δείχνουν την υπερτροφική κατάσταση της λίμνης. Σήμερα γίνονται αρκετές προσπάθειες για την εξυγίανση της λίμνης αλλά απουσιάζει ο συντονισμός ενεργειών. Με τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού της πόλης, η λίμνη πλέον δεν δέχεται σε σημαντικό βαθμό τα λύματα της πόλης πέρα από τις αθέατες και κρυφές απορρίψεις. Επίσης, για την αναβάθμιση της ποιότητας των νερών της Παμβώτιδας εδώ και μερικά έτη έχει εμπλουτιστεί η λίμνη με χορτοφάγα και πλαγκτονοφάγα ψάρια με σκοπό να ελεγχεί η υπέρμετρη αφθονία του φυτοπλαγκτού και της υδρόβιας μακριοφυτικής βλάστησης. Για την ταχύτερη εξυγίανση της λίμνης, και τη διάθεση περίσσειας νερού για τις αρδευτικές ανάγκες της γειτονικής γεωργικής περιοχής προβλέπεται ο εμπλουτισμός της λίμνης με καθαρά νερά από τον άνω ρου του ποταμού Αραχθου.

-Αμβρακία: Οι εντατικές γεωργικές καλλιέργειες και ιδιαίτερα του καπνού στη γύρω από τη λίμνη περιοχή δημιουργούν σοβαρή απειλή για το υδάτινο περιβάλλον και την υδρόβια ζωή της. Η εντατική χρήση του νερού της λίμνης για τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής, εμπλουτίζουν και συμπυκνώνουν με θρεπτικά συστατικά τα νερά της βαθιάς λίμνης Αμβρακίας, ενώ το βόρειο τμήμα της που ήταν το ρηχότερο έχει εξαφανιστεί. Η μέση μέχρι μικρή διαφάνεια, οι σχεδόν χαμηλές συγκεντρώσεις του οξυγόνου στα πλησίον του πυθμένα νερά της και η μαζική ανάπτυξη του πλαγκτού κατά τη θερμή περίοδο, είναι μερικά από εκείνα τα χαρακτηριστικά που δείχνουν το μεσοτροφικό χαρακτήρα της λίμνης. Η λίμνη αποτελούσε άλλοτε σημαντικό πόρο συλλογής νεαρών κυπρίνων με τους οποίους εμπλουτίζονταν άλλες ελληνικές λίμνες (Πίν. XVI).

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι οι αβαθείς λίμνες στη χώρα μας δέχονται από φυσικές αιτίες (άνεμος, βροχή, νερά απορροών κ.ά), περισσότερα θρεπτικά συστατικά ανά μονάδα όγκου τους, παρότι οι βαθιές λίμνες και επομένως οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών τους αλάτων είναι υψηλές. Πέρα από τις πιο πάνω ουσίες και εκείνες που προκύπτουν από την αποσύνθεση του οργανικού υλικού, χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του πλαγκτού, ενώ το οξυγόνο που χρησιμοποιείται κατά τις πιο πάνω διεργασίες εξαντλείται εύκολα. Η αποσύνθεση για κάθε επιπλέον υλικό που έρχεται σε μια υδάτινη περιοχή χρειάζεται περισσότερο

οξυγόνο και έτσι κατά την πιο πάνω πορεία παρατηρείται έλλειψή του. Τις θερμές περιόδους η απαίτηση για οξυγόνο, τόσο από τους υδρόβιους οργανισμούς, όσο και για την αποσύνθεση των νεκρών τους συστατικών είναι μεγαλύτερη, οπότε η έλλειψη οξυγόνου και οι ανοξικές συνθήκες είναι συνήθεις και επιδρούν δυσμενώς στην υδρόβια ζωή. Αντίθετα, οι βαθιές λίμνες έμειναν σε κατώτερα τροφικά επίπεδα, λόγω μεγαλύτερης αφομοίωσης των εισερχόμενων θρεπτικών συστατικών, αλλά και επειδή ο μικρός εφοδιασμός των συστημάτων με φωσφορικές ενώσεις εμποδίζει συνήθως τη χρησιμοποίηση των νιτρικών θρεπτικών που σε περίσσεια εμπλουτίζουν τις υδατοσυλλογές στη χώρα μας (Πίν. XVII).

6.1.4. Προοπτικές ανάκαμψης-εξυγίανσης

Το δυναμικό που περικλείεται στα εσωτερικά νερά έχει αναγνωριστεί από παλιά. Σήμερα θεωρείται πολύτιμο και χρησιμοποιείται ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας, σε βασικούς τομείς της βιομηχανίας και της βιοτεχνίας, στη γεωργία, αλιεία, ιχθυοτροφία, υδατοκαλλιέργειες, για ύδρευση και άλλες οικιστικές χρήσεις, για τη δημιουργία περιοχών αναψυχής και σπορ, για την ισορροπία του γενικότερου περιβάλλοντος κ.ά. Ο παραδοσιακός τρόπος αλόγιστης χρήσης των βιολογικώς ανανεούμενων φυσικών πόρων και το πλήθος των αλληλοσυγκρουόμενων χρήσεων στους περισσότερους υδάτινους πόρους δημιουργούν πληθώρα από διαταράξεις. Αυτά, και σε συνδυασμό με την επιταχυνόμενη ενηλικίωση των οικοσυστημάτων τους, που οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες και φυσικές αιτίες, συσσωρεύουν προβλήματα, όπως για παράδειγμα, ελαττωμένη ποιότητα νερού, ενοχλητική μαζική ανάπτυξη φυκών, υπερβολική ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης, ιζηματοποίηση της λεκάνης, ελάττωση της αισθητικής και περιβαλλοντικής αξίας του υγροβιότοπου κ.ά. Σοβαρές δηλαδή είναι οι απειλές για την επιβίωση των υγροβιοτόπων. Με άλλα λόγια ένα τεράστιο έμμεσο κόστος έχει αρχίσει να επιβάλλεται σε αρκετούς τομείς της ζωής μας, με τη μορφή αλλοίωσης- υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Το ανομοιόμορφα γεωγραφικά κατανεμημένο και σχετικά περιορισμένο υδάτινο δυναμικό της ενδοχώρας σε συνδυασμό με την ανάγκη της διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος με τους ρυθμιστικούς του μηχανισμούς και τις κλιματικές και άλλες επιρροές, παίζουν καθοριστικό ρόλο στο φυσικό, οικονομικό, οικολογικό, κοινωνικό και πολιτιστικό χώρο κάθε περιοχής και επομένως η περιφρούριση των φυσικών τους αξιών είναι εξαιρετικά σημαίνουσα και επιβαλλόμενη. Ο εντοπισμός των γενεσιουργών αιτίων για τις προβληματικές καταστάσεις και αλλοιώσεις, η επίλυση των καταστάσεων αυτών, η ορθολογική χρήση κάθε υδάτινου πόρου, η γνώση της ποιότητας και παραγωγικότητάς τους και η καταγραφή των σπουδαιοτέρων φυσιογραφικών και άλλων χαρακτηριστικών τους πρέπει να αποκτήσουν ιδιαίτερη σημασία. Αυτό θα πρέπει να ισχύει, επειδή, όπως προαναφέραμε, ο ρόλος κάθε υγροβιότοπου είναι καθοριστικός, εκτός των άλλων και για την ισορροπία των βιοτικών παραγόντων σε συνδυασμό με τις αβιοτικές συνθήκες κάθε περιοχής και της χώρας γενικότερα. Επίσης, για την προστασία του περιβάλλοντος με τους μηχανισμούς και τις επιρροές του αλλά και, για τη διατήρηση της πολιτιστικής παράδοσης στην ενδοχώρα που είναι στενά συνδεδεμένη με το υδάτινο στοιχείο. Εξάλλου, ο προγραμματισμός των μελλοντικών χρήσεων σχεδόν απουσιάζει, μια που οι υπάρχουσες προβληματικές καταστάσεις περισσότερο ή λιγότερο παρεμποδίζουν τη διατύπωση σχεδίου μιας ή περισσοτέρων χρήσεων. Οι μελλοντικές όμως χρήσεις των φυσικών λιμνών θα πρέπει να καθοριστούν, αφού επιλυθούν τα περισσότερα από τα προβλήματά τους. Έτσι μόνο μπορούν να ενταχθούν οι περιοχές αυτές ως ζωντανές λειτουργικές μονάδες εξυπηρέτησης πολλαπλών αναγκών στο γενικότερο χωροταξικό σχέδιο της περιοχής.

Οι μελλοντικές επίσης χρήσεις των εσωτερικών υδάτων σε πρώτο στάδιο απαιτούν τη διακοπή των κάθε είδους απορρίψεων στους αποδέκτες. Με αυτό τον τρόπο θα απελευθερωθεί ένα αρκετά σημαντικό ποσοστό χρήσεων που λιγότερο ή περισσότερο παρεμποδίζει τη λειτουργία των παραγωγικών χρήσεων. Η αλιευτική παραγωγή σε πολλές περιοχές μπορεί να αυξηθεί, εάν λείψουν οι ανασχετικοί παράγοντες που επεμβαίνουν στην υδρόβια ζωή με τον ένα ή τον άλλο τρόπο. Από την πλευρά του κοινωνικο-πολιτιστικού χώρου μερικές περιοχές μπορούν να καταστούν πόλοι έλξης για αναψυχή, σπορ και αισθητική του τοπίου. Τέλος, πολλές περιοχές μπορούν να αποτελέσουν προστατευόμενες και διατηρούμενες περιοχές. Οι τεχνητές λίμνες προσφέρουν αρκετά μεγάλα περιθώρια συνδυασμού χρήσεων που χωρίς να παρεμποδίζεται η κύρια λειτουργικότητά τους μπορούν να αποτελέσουν πόλο έλξης για πολλές δραστηριότητες. Όσο για τις λιμνοθάλασσες ο συνδυασμός χρήσεων αποτελεί μια εξαιρετική λεπτή και πολύπλοκη διαδικασία, μια που το σημαντικότερο ποσοστό χρήσεων αντιπροσωπεύουν οι αλιευτικές δραστηριότητες. Στις χρήσεις και λειτουργίες των ποταμών παίζουν καθοριστικό ρόλο το φυσικό ανάγλυφο της ενδοχώρας μαζί με τους κλιματικούς παράγοντες. Έτσι, κατά μήκος των περισσότερων ποταμών η πλέον πρόσφορη και σημαντική χρήση είναι η δημιουργία φραγμά-

των για σχηματισμούς τεχνητών λιμνών, καθώς και οι απορρίψεις υγρών αποβλήτων και λυμάτων με την προϋπόθεση ότι πριν από την απόρριψή τους θα πρέπει να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία. Ιδιαίτερη επίσης προσοχή θα πρέπει να δοθεί και στην κατασκευή τεχνητών λιμνών κατά μήκος των ποταμών. Το μεγάλο πρόβλημα είναι η συγκράτηση του φερτού υλικού μέσα σε αυτές τις λίμνες, του ζωογόνου αυτού υλικού, τόσο για τις καλλιεργούμενες κατάντη περιοχές, όσο και για τον εμπλουτισμό με θρεπτικά άλατα των θαλάσσιων αποδεκτών και της προσφοράς υλικού γεώδους σύστασης, το οποίο, όπως είναι γνωστό, επεμβαίνει καθοριστικά στις διαδικασίες διάβρωσης των παράκτιων και παρόχθιων περιοχών, αλλά και στην παραγωγικότητα της περιοχής. Η αλιεία και η δημιουργία εγκαταστάσεων εντατικής εκτροφής υδρόβιων οργανισμών είναι γενικά περιορισμένες κατά μήκος των ποταμών, ενώ οι περιοχές πηγών και εκβολών ποταμών θα πρέπει να αποτελέσουν πλουτοπαραγωγικό πόλο έλξης ήπιων δραστηριοτήτων, μια που οι εκβολές και τα δέλτα αποτελούν τους παιδότοπους των ψαριών και περιοχές όπου απαντώνται όλοι οι κρίκοι της τροφικής αλυσίδας. Τέλος, επισημαίνεται ότι σε κάθε περιοχή είναι επείγουσας προτεραιότητας η θεσμοθέτηση του φορέα διαχείρισης του νερού και της ευρύτερης περιοχής του, ώστε μεταξύ των άλλων να χωροθετηθούν και να καθοριστούν οι χρήσεις του νερού ξεχωριστά για κάθε λεκάνη απορροής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Όπως είναι γνωστό, κάθε υδάτινος χώρος δεν είναι κατ'ανάγκη πόρος. Για να είναι **πόρος,** πρέπει ο υδάτινος όγκος να είναι διαθέσιμος ή και να μπορεί να διατεθεί για χρήση σε επαρκή ποσότητα, κατάλληλη ποιότητα, ενώ θα πρέπει να προσδιορίζεται και η χρονική περίοδος μέσα στην οποία μπορεί να ικανοποιήσει τη συγκεκριμένη ζήτηση. Ένας **υδατικός πόρος** είναι δυνατό ήδη να χρησιμοποιείται ή να αποτελεί αποθηκευτικό δυναμικό στρατηγικής για το μέλλον. Αυτό όμως που καθορίζει αυτόν τον πόρο είναι η τρέχουσα και η μελλοντική του αξιοπιστία, ενώ είναι δυνατό μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον και στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες μιας περιοχής, να επηρεάσουν το μέγεθος, την αξιοπιστία ή και να ακυρώσουν τη χρήση του (ΣΟΥΛΙΟΣ, 1995, ΤΣΑΚΙΡΗΣ, 1996).

Όταν μιλάμε για συστήματα **υδατικών πόρων** εννοούμε την παρέμβαση του ανθρώπου στον υδρολογικό κύκλο με σκοπό να δημιουργήσει ειδικές κατασκευές τις οποίες χρησιμοποιεί προς όφελός του, ενώ συγχρόνως δημιουργούνται και μηχανισμοί ανάδρασης στο περιβάλλον του. Οι ταμιευτήρες, οι λιμνοδεξαμενές, τα φράγματα, οι διώρυγες μεταφοράς αποτελούν μερικά συστήματα αξιοποίησης των υδατικών πόρων.

Η ανάγκη του ανθρώπου για πόσιμο νερό και η προστασία του από μολύνσεις και επιδημίες επιτυγχάνεται με ένα σύνολο έργων που εξασφαλίζουν τη συλλογή-σύλληψή του νερού, την ασφαλή μεταφορά του στις εγκαταστάσεις καθαρισμού και απολύμανσης, την αποθήκευσή του και τη διασφάλιση κατάλληλης ποιότητας νερού στην κατανάλωση. Εξάλλου, οι ανάγκες και οι χρήσεις του νερού καλύπτονται από εγγειοβελτιωτικά και τα υδροενεργειακά έργα. Εγγειοβελτιωτικά έργα είναι τα τεχνικά έργα και οι εργασίες που έχουν ως τελικό σκοπό τη βελτίωση των "εγγείων προσόδων" δηλαδή την παραγωγικότητα της γης. Έτσι, οι αρδεύσεις, αποστραγγίσεις, αποξηράνσεις, τα αντιπλημμυρικά έργα, οι ειδικές βελτιώσεις των εδαφών και άλλα, σταθεροποιούν τις συνθήκες παραγωγής του πρωτογενή τομέα (ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, 1996).

Τόσο τα φυσικά χαρακτηριστικά, όσο και η πολιτική λειτουργίας των συστημάτων των υδατικών πόρων χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπίσουν τις ανάγκες της κοινωνίας και της διατήρησης-προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος. Η **πολιτική** λειτουργίας των συστημάτων των υδατικών πόρων είναι ένα από τα πλέον βασικά και στοιχειώδη χαρακτηριστικά του συστήματος. Έτσι, ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν σήμερα αυτά τα συστήματα είναι το αποτέλεσμα ενός πολύπλοκου ισοζυγίου από παράγοντες όπως είναι κοινωνικοί, φυσικοί, οικονομικοί, πολιτικοί κ.ά.

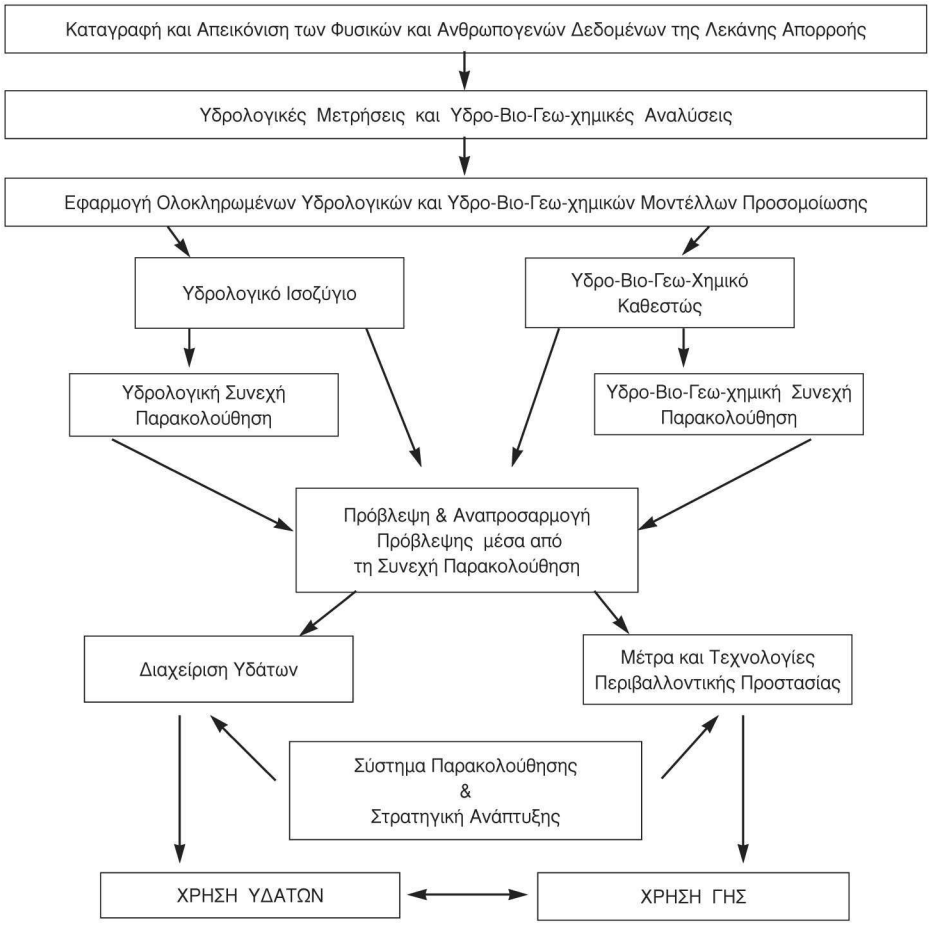
Ως αποτέλεσμα της αλόγιστης χρήσης και της συστηματικής υποβάθμισης των φυσικών πόρων του περιβάλλοντος, η μέχρι σήμερα διαχείρισή τους γινόταν αποσπασματικά και συμπτωματικά, χωρίς ορθολογικό σχεδιασμό, πρόβλεψη και συντονισμό. Το ίδιο συνέβη και με τους υδατικούς πόρους, μέχρι που εμφανίστηκαν τα πρώτα προβλήματα, οι απειλές και οι κίνδυνοι ανεπάρκειάς τους. Για την Ελλάδα στα μέσα της δεκαετίας του '80 καταρτίστηκε θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης των υδατικών πόρων, παρότι η πολιτιστική μας παράδοση για τη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι αρκετά πλούσια με παραδείγματα από τους προϊστορικούς χρόνους με τους Μινύες στη Βοιωτία και αργότερα με τους νόμους του Σόλωνα στην αρχαία Αθήνα.

Η **ορθολογική αξιοποίηση** των υδατικών πόρων μιας ευρύτερης ή εγγύτερης περιοχής έχει στόχο την πληρέστερη δυνατή κάλυψη των κάθε είδους αναγκών σε νερό, ενώ παράλληλα αποτελεί επιχειρησιακή δραστηριότητα για την υλοποίηση της οποίας απαιτούνται προϋποθέσεις, διαδικασίες, μέτρα, επεμβάσεις,

υποδομή κ.ά. Έτσι, η περιβαλλοντική πολιτική για τα υδατικά συστήματα και η ορθολογική διαχείριση θα πρέπει να βρίσκονται σε δυναμική σχέση αλληλεξάρτησης. Και τούτο, επειδή οι αποφάσεις της μιας επηρεάζουν την άλλη, σε βαθμό μάλιστα που η επιτυχία του περιβαλλοντικού σχεδιασμού να εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τα αποτελέσματα και την αξιοπιστία της υδατικής πολιτικής που ακολουθείται και αντιστρόφως (MYLOPOULOS, 1996).

Για τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό της **διαχείρισης των υδατικών πόρων** απαιτούνται μεταξύ των άλλων η γνώση για την υπάρχουσα κατάσταση, με πρωταρχικό στόχο και βασική επιδίωξη την προστασία, διατήρηση και ορθολογική αξιοποίηση των υπαρχόντων επιφανειακών και υπόγειων νερών. Εξάλλου, λαμβάνονται υπόψη και οι δραστηριότητες που είναι συνδεδεμένες με αυτές τις διαδικασίες. Τέτοιες διαδικασίες περιλαμβάνουν μεταξύ των άλλων τον έλεγχο και τη συνεχή παρακολούθηση των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών συστημάτων, το σχεδιασμό έργων αξιοποίησης και προστασίας τους, καθώς και την εκτίμηση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εκτέλεση επεμβάσεων στο υδατικό περιβάλλον, με τη μορφή κάθε είδους τεχνικών έργων (ΥΑ/ΔΔΥΦΠ, 1996).

Κάθε σχέδιο διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων θα πρέπει να περιλαμβάνει τα στοιχεία που αναφέρονται στην Εικ.1.



Εικ. 1: Σχέδιο διαχείρισης και λειτουργίας υδατικών πόρων (πηγή: ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, 1996).

Για τη λειτουργία όμως ενός συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων θα πρέπει να διερευνηθούν και απαντηθούν μια σειρά από ερωτήματα, ενώ είναι απαραίτητη η συνεχής και σε τακτά χρονικά διαστήματα συλλογή παραμέτρων που αφορούν το φυσικό, το κοινωνικό και το ανθρωπογενές περιβάλλον σε κάθε λεκάνη απορροής. Διαγραμματικά μια τέτοια λειτουργία θα πρέπει να περιλαμβάνει εκτός των άλλων και τα ακόλουθα που αναφέρονται στην Εικ. 2.

1. ΠΟΣΟ ΝΕΡΟ ΕΧΟΥΜΕ ; ***Προσφορά Νερού***

Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα Εξάτμιση- Εξατμισοδιαπνοή

2. ΠΟΥ ΤΟ ΕΧΟΥΜΕ;

Φυσικοί Αποδέκτες Ταμιευτήρες Επιφανειακοί & Υπόγειοι Πόροι

Επιφανειακά -Υπόγεια Νερά

3. ΠΩΣ ΘΑ ΤΟ ΠΑΡΟΥΜΕ ; ***Υδροληψία - Υδρομάστευση***

Πηγές - Γεωτρήσεις - Ταμιευτήρες

4. ΠΩΣ ΘΑ ΤΟ ΔΙΑΘΕΣΟΥΜΕ ; ***Διαχείριση Συστήματος***

5. ΠΟΥ ΘΑ ΤΟ ΔΙΑΘΕΣΟΥΜΕ ; ***Ενιαίο Οργανο Διαχείρισης (Κατανάλωση Νερού)***

Άνθρωπος		**Γεωργία**	**Κτηνοτρ.**	**Βιομηχανία - Βιοτεχνία**			
Πόλη -250 λ/ημ.	Χωριό -150 λ /ημ.	Καλλιερ. -5 λ/δ. εβδ.	Ζώα -80 λ/ημ./τεμ.	Σίδηρος -20 κ.μ/τόν.	Χαρτί -200 κ.μ/τόν.	Πετρέλαιο -90 κ.μ/τόν.	Σφαγείο -400 λ/ημ.

6. ΠΩΣ ΘΑ ΤΟ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΥΜΕ ; ***Προστασία του Συστήματος***

Ποιοτική			**Ποσοτική**	
Φυσικοχημικοί Παράγοντες	Μικροβιακή Μόλυνση	Αποφυγή Υπεράντλησης	Ελάττωση Κατείσδυσης	Τεχνητή Αποστράγγιση

Ρύποι - Εστίες - Φορτία

Στερεά Απορρίμματα & Υγρά Λύματα	Γεωργοκτηνοτρ. Απορρίψεις	Βιομηχανικά Απόβλητα	Ορυχεία-Λατομεία

Ποιοτικές Μεταβολές

Μεταβολή Θερμ., pH,	Αύξηση Παθογόνων	Μεταβολή Φυσικοχημικής	Ραδιενέργεια Μέταλλα κλπ.	Βαριά πετρελαιοειδή Οργαν. κατάστασης

Ζώνες Προστασίας

Ζώνη I (Εγγύτερη Ζώνη Καμμία Επέμβαση	**Ζώνη II** (Μικροβιακή & Χημική Ζώνη) Ελεγχόμενη Επέμβαση	**Ζώνη III** (Απομακρυσμένη Ζώνη Προστασίας) Προστασία

Εικ. 2: Οι κυριότερες συνιστώσες σε ένα λειτουργικό σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων (πηγή: ΣΟΥΛΙΟΣ, 1986).

Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι η **διαχείριση των υδατικών πόρων είναι ένα δυναμικό σύστημα δράσεων σε θεσμικό, τεχνολογικό, οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.** Στη διεθνή πρακτική αυτή η διαχείριση αντιμετωπίζεται με περισσότερο ή λιγότερο ορθολογισμό, ο οποίος εξαρτάται από το επιστημονικό και τεχνολογικό επίπεδο της χώρας. Στην Ελλάδα οι υδρολογικές και γεωμορφολογικές ανισότητες, δηλαδή η άνιση χωροχρονική κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, οι έντονες γεωμορφολογικές διαφοροποιήσεις ανά υδατικό διαμέρισμα, σε συνδυασμό με την κατανομή της ζήτησης και της υπερσυγκέντρωσης της σε χώρους με περιορισμένους υδατικούς πόρους, δεν ευνοούν από οικονομοτεχνική άποψη την τεχνικά αξιόπιστη και οικονομικά εφικτή κάλυψη των αναγκών στις διάφορες χρήσεις του νερού. Εξάλλου, η αναντιστοιχία διοικητικής διαίρεσης της χώρας και υδατικών διαμερισμάτων και η πολυδιάσπαση των αρμοδιοτήτων που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους, χωρίς συντονισμό σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, έχουν ως αποτέλεσμα την περιστασιακή και μη ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων.

Με τις προσπάθειες των αρμόδιων κρατικών φορέων (Υπουργεία Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γεωργίας) των φορέων τοπικής δικαιοδοσίας (ΔΕΥΑΑ, ΤΟΕΒ κ.ά.) και με την ενεργοποίηση των αντιστοίχων θεσμικών πλαισίων, πιστεύουμε ότι είναι δυνατόν σύντομα να προωθηθεί η διαχείριση των νερών ανά λεκάνη απορροής και γεωγραφικό διαμέρισμα. Η επιτακτική αυτή ανάγκη έχει επικαιροποιηθεί ενόψει των προβλημάτων που αναμένονται ότι θα επιφέρουν οι αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές και τα συνοδά φαινόμενα (ξηρασία, πλημμύρες, ερημοποίηση, αλατοποίηση εδαφών, υφαλμύρυνση κ.ά).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΤΗΣ

Η οικονομική ανάπτυξη και η δημογραφική εξέλιξη μιας περιοχής σχετίζονται άμεσα με την αυξημένη ζήτηση και την κατανάλωση του νερού. Εξάλλου, οι απαιτήσεις της σημερινής κοινωνίας για καθαρό και υγειινό περιβάλλον προϋποθέτει το συστηματικό έλεγχο της ποιότητας του νερού, την προσφορά επαρκούς ποσότητας προς τον καταναλωτή, τον έλεγχο των απορροών από τις αστικές και παραγωγικές του χρήσεις, ενώ θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αποτελεσματική προστασία των υδατικών πόρων για ωφέλιμη χρήση από τις σημερινές και μελλοντικές γενεές.

Το ζήτημα ως προς την "κρίση νερού" που προβλέπεται ότι θα αντιμετωπίσει η χώρα μας τις προσεχείς δεκαετίες είναι υπαρκτό και συνδέεται με την καθυστέρηση και την απουσία ενιαίας πολιτικής στη διαχείριση των υδατικών πόρων, τις κλιματικές και παραγωγικές ιδιαιτερότητες του ελλαδικού χώρου, την εποχιακά αυξημένη ζήτηση σε νερό, τον κίνδυνο της υφαλμύρωσης των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων, τις γενικότερες επιπτώσεις της ρύπανσης, των συνηθειών και του σύγχρονου τρόπου υπερκατανάλωσης του νερού.

Στο παρελθόν το νερό λογιζόταν ως φυσικό αγαθό σε επάρκεια, ενώ η οικονομική του διάσταση είχε παραβλεφθεί. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη σχεδόν δωρεάν προσφορά του, οδήγησε τους χρήστες στην υποτίμηση της περιβαλλοντικής του αξίας, στη σπατάλη του και στην ποιοτική και ποσοτική του υποβάθμιση. Σήμερα, είναι πλέον αναγνωρισμένο ότι το νερό ως φυσικό αγαθό βρίσκεται σε πολλές περιοχές σε ανεπάρκεια και η αποτίμηση της οικονομικής του αξίας, αποτελεί κεντρικό σημείο αναφοράς της αειφόρου ανάπτυξης. Το κόστος συλλογής του νερού, η επεξεργασία και ο καθαρισμός του, το κόστος για την απορρύπανσή του και την αποκατάσταση των υδατικών συστημάτων που έχουν αλλοιωθεί, καθώς και το κόστος μεταφοράς του, υπενθυμίζουν ότι η κάθε μορφής επέμβαση στους υδατικούς πόρους, είτε εξαιτίας της χρήσης, είτε εξαιτίας της ρύπανσής τους, υπόκειται στους νόμους της οικονομίας, και άρα το νερό έχει οικονομική αξία και αντίστοιχη κοστολόγηση. Επομένως, για την προστασία και διατήρηση των υδατικών συστημάτων ένα πρόσφορο σύστημα είναι η δημιουργία κινήτρων-αντικινήτρων βασιζόμενο στην αρχή ότι "ο χρήστης και ο ρυπαίνων πληρώνουν". Έχει υπολογιστεί, ότι τα περιθώρια για να περικοπούν οι ανάγκες σε νερό αλλά χωρίς αυτό να σημαίνει υποβάθμιση της ποιότητας της ζωής, κατά μέσο όρο σε ολόκληρο τον κόσμο, είναι για τη γεωργία 10-50%, τη βιομηχανία 40-90% και την ύδρευση 30% (ΥΑ/ΔΥΔΦΠ,1996).

Στην Ελλάδα τα πιο πάνω περιθώρια εξοικονόμησης νερού είναι μεγάλα, αφού (MYLOPOULOS, 1996):

- στη γεωργία το νερό προσφέρεται δωρεάν ή σχεδόν δωρεάν, ενώ οι απώλειες σε νερό εξαιτίας των μεθόδων άρδευσης υπολογίζονται ότι ανέρχονται σε 30-40%, ενώ η ανεξέλεγκτή χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων επηρεάζει τους υδατικούς πόρους.
- στην πλειονότητα της βιομηχανίας δεν υπάρχουν ή δεν λειτουργούν μονάδες ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του νερού, καθώς και μονάδες επεξεργασίας των αποβλήτων.
- στην αστική χρήση δεν υπάρχει εννιαία πολιτική κοστολόγησης, οι απώλειες σε νερό ανέρχονται σε 30-40%, ενώ οι μονάδες επεξεργασίας του πόσιμου νερού και των αστικών λυμάτων έχουν την ανάγκη στελέχωσης εξειδικευμένου προσωπικού. Στον Πίν.Ι παρατίθενται ενδεικτικά μερικοί τρόποι για να περιορίζεται η σπατάλη του νερού στις οικιακές χρήσεις, όπως υιοθετήθηκε από την ΕΥΔΑΠ κατά τη διάρκεια της λειψυδρίας του 1993.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Δέκα απλοί τρόποι για να περιορίζεται η σπατάλη του νερού (πηγή: ΕΥΔΑΠ)

ΟΡΘΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ		ΚΑΤΑΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	
Με το ντους κλειστό όταν σαπουνίζεστε έως:	40 λίτρα	Μπάνιο σε γεμάτη μπανιέρα:	180 λίτρα
		Ντους με το νερό να τρέχει:	120 λίτρα
Πλύσιμο δοντιών - Με προσεκτική χρήση νερού έως:	2 λίτρα	Με ανοιχτή βρύση:	20 λίτρα
Ξύρισμα - Με προσεχτική χρήση νερού έως:	3 λίτρα	Με ανοιχτή βρύση:	25 λίτρα
Καζανάκι - Με ρύθμιση του φλοτέρ (μέση ημερήσια οικογενειακή χρήση) έως:	120 λίτρα	Χωρίς ρύθμιση φλοτέρ:	160 λίτρα
Πλύσιμο πιάτων - Με πλύσιμο και ξέβγαλμα σε λεκάνη έως:	25 λίτρα	Με βρύση ανοιχτή:	150 λίτρα
Πλύσιμο φρούτων/λαχανικών Με πλύσιμο και ξέβγαλμα σε λεκάνη έως:	25 λίτρα	Με βρύση ανοιχτή:	150 λίτρα
Πλυντήριο πιάτων. Οικονομικό πρόγραμμα έως:	35 λίτρα	Μεγάλο πρόγραμμα:	150 λίτρα
Πλυντήριο ρούχων. Οικονομικό πρόγραμμα έως:	130 λίτρα	Μεγάλο πρόγραμμα:	300 λίτρα
Πλύσιμο αυτοκινήτου, εξωτερικών χώρων ή πότισμα. Με κουβά ή ποτιστήρι, οικονομία σε σύγκριση με το λάστιχο, έως:	85%	Με λάστιχο ανά λεπτό:	50 λίτρα

Ο σημερινός τρόπος ζωής με τις υγιεινές και περιβαλλοντικές του διαστάσεις έχει προκαλέσει την αυξημένη ζήτηση σε νερό, ενώ ανάλογη είναι και η ζήτηση υπηρεσιών αποχέτευσης. Υπολογίζεται ότι οι αστικές και ημιαστικές περιοχές έχουν καλυφθεί με ύδρευση σε ποσοστό περίπου 98%, ενώ οι αγροτικές περιοχές σε ποσοστό πάνω από 80%. Εξάλλου, με δεδομένο ότι η αστική κατανάλωση νερού στις περισσότερες μεσογειακές χώρες κυμαίνεται από 200-300 λίτρα ανά κάτοικο την ημέρα, η διαθέσιμη ποσότητα νερού πρέπει να υπερκαλύπτει τη σημερινή ζήτηση σε επίπεδο χώρας που εκτιμάται σε 936 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό την ημέρα (10500000 κάτοικοι Χ 250 λίτρα/κάτοικο/ημέρα). Τα προβλήματα στην αστική χρήση του νερού εντοπίζονται στον περιορισμό των απωλειών (20-40%) και στην ορθολογική διαχείρισή του. Οξύτερα προβλήματα ανακύπτουν τους θερινούς μήνες σε τουριστικές περιοχές όπου η εποχιακή αύξηση του πληθυσμού υπερβαίνει μερικές φορές και το εικοσαπλάσιο του μόνιμου πληθυσμού (ΑΓΓΕΛΑΚΗΣ & ΚΟΤΣΕΛΙΔΟΥ, 1996).

Η γεωργική χρήση νερού στη χώρα μας, κυρίως για άρδευση, εκτιμάται σε 5355 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερό (11,9 εκατ. στρεμ. Χ 450 χιλιοστά νερό ανά στρέμμα). Κατά τη γεωργική χρήση του νερού τα προβλήματα που ανακύπτουν περιλαμβάνουν τις σοβαρές απώλειες στα δίκτυα διανομής, τις υπεραρδεύσεις και το σοβαρό κίνδυνο εμπλουτισμού των υδατικών πόρων με απορροές από τοξικά συστατικά και ανεπιθύμητες ουσίες που προέρχονται από την υπέρχρηση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Στον τομέα αυτόν απουσιάζουν έργα με τα οποία θα μπορούσε να γίνει ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αστικών λυμάτων, κυρίως για άρδευση κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις.

Όταν οι βιομηχανίες έχουν υδροβόρο χαρακτήρα, θα πρέπει να υιοθετηθούν κανόνες κινήτρων για επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων τους και τεχνολογικές καινοτομίες που απαιτούν λιγότερο νερό για τις παραγωγικές τους διαδικασίες. Η παραγωγή ενέργειας από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς και η κατασκευή φραγμάτων και λιμνοδεξαμενών είναι συνυφασμένα με την ανάπτυξη και την οικονομική ευημερία. Εντούτοις, μέσα στα πλαίσια της γενικότερης διαχείρισης των υδατικών πόρων θα πρέπει να συνεκτιμηθούν και οι προϋποθέσεις της κάλυψης των πολλαπλών χρήσεων του νερού, χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα και δυσκολίες στη διεκπεραίωση της κύριας λειτουργικότητάς τους.

Ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων με νερά είναι ιδιαίτερα χρήσιμη διαδικασία. Περιλαμβάνει έργα χαμηλού κόστους με ειδικό βάρος σε ξηροθερμικές περιοχές με ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων όπου υπάρχει το πρόβλημα προστασίας των παράκτιων υδροφορέων και γενικά όπου οι υδροφορείς είναι ποιοτικά υποβαθμισμένοι. Τέτοια έργα (έχουν γίνει στην Αργολίδα, στην Κορινθία και στη Νάξο) μπορούν να επεκταθούν και σε άλλες περιοχές και ιδιαίτερα να χρησιμοποιηθούν τα νερά των πλημμυρικών φαινομένων για τον πιο πάνω εμπλουτισμό (ΥΑ/ΔΥΔΦΠ, 1996).

Όπως είναι γνωστό, παρόλο που τα υγρά απόβλητα δεν περιλαμβάνονται στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους, είναι δυνατό μετά από κατάλληλες προϋποθέσεις να επανακτηθεί το νερό τους και να χρησιμοποιηθεί για ορισμένες αρδευτικές χρήσεις. Επικρατεί διεθνώς η άποψη ότι τα υγρά απόβλητα της δευτερογενούς επεξεργασίας αποτελούν ένα οικονομικά προσιτό υδατικό πόρο ιδιαίτερα κατάλληλο για γεωργική χρήση, γεγονός που συμβαίνει σήμερα στην Ιαπωνία, Ισραήλ, ΗΠΑ, Κύπρο και αλλού (ΑΓΓΕΛΑΚΗΣ & ΚΟΤΣΕΛΙΔΟΥ, 1996).

8.1. Πόσιμο Νερό και Κριτήρια

Το πόσιμο νερό πρέπει να έχει υψηλές προδιαγραφές ως προς την ποιότητά του γιατί συνδέεται άμεσα με την υγεία των ανθρώπων, αφού χρησιμοποιείται για να το πίνουμε και για να παρασκευάζουμε τα φαγητά. Οι απαιτήσεις και ο έλεγχος για την υψηλή του ποιότητα περιλαμβάνουν παραμέτρους αισθητικές και οργανοληπτικές, φυσικές και χημικές, καθώς και μικροβιολογικές. Οι προδιαγραφές ποιότητας του πόσιμου νερού που έχουν τεθεί για να προστατεύουν τη δημόσια υγεία, έχουν θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και με τα οποία έχουν εναρμονιστεί οι εθνικές νομοθεσίες κάθε κράτους μέλους (Πίν.ΙΙ). Ειδικότερα, περιλαμβάνουν 65 παραμέτρους από τις οποίες 5 είναι μικροβιολογικές, 13 αφορούν τοξικές ουσίες, 24 είναι οι παράμετροι που αναφέρονται στις ανεπιθύμητες ουσίες που υπερβαίνουν ορισμένα ποσά, 15 αφορούν φυσικο-χημικές παραμέτρους, 4 είναι οι αισθητικές και οργανοληπτικές παράμετροι, ενώ 4 αφορούν τις ελάχιστες συγκεντρώσεις για νερά που υφίστανται αποσκλήρυνση.

Το περιεχόμενο σε διάφορες ουσίες του πόσιμου νερού είναι πολύπλοκο και διαφέρει από περιοχή σε περιοχή . Το πόσιμο νερό από τη φύση του περιέχει μια μεγάλη ποικιλία από ουσίες που βρίσκονται σε ίχνη και σε επίπεδα που είναι κατάλληλα για πόση, ενώ πολλές από αυτές τις είναι ουσιώδεις για την υγεία.

Το φυσικό νερό, για να γίνει πόσιμο, υφίσταται επεξεργασία με την οποία καθίσταται ασφαλές για την υγεία του ανθρώπου, καθαρό και διαυγές, καθώς και ευχάριστο στη γεύση και οσμή κατά την πόση του.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Παράμετροι ποιότητας νερού διαφόρων χρήσεων

(πηγές: WHO,1984a,b, EEC, 75/440-76/160-78/659-79/923-79/869-80/778, ΦΕΚ, 53Β/86-438Β/86)

Α. Οργανοληπτικές & Αισθητικές Παράμετροι

α/α	*Παράμετροι*	*Έκφραση αποτελεσμάτων*	*Πόσιμο*		*Άρδευση*		*Κολύμβηση*		*Αλιεία*	
			1	2	1	2	1	2		
1	Χρώμα	mg/l κλιμ.Pt/Co	1	20			-	οχι ασυν. μεταβ		
2	Θολερότητα	mg/l SiO4 μον.Jackson	1 0.4	10 4						
3	Διαφ. Secchi	m	6	2			5	2		
4	Πισσώδη κατάλοιπα						απου-σία			
5	Επιπλέοντα						απου-σία			
6	Οσμή	ποσοστό διάλυσης	0	2 μέχρι 12°C 3 μέχρι 25°C						
7	Γεύση	ποσοστό διάλυσης	0	2 μέχρι 12°C 3 μέχρι 25°C						

Β. Φυσικές και Φυσικο-Χημικές Παράμετροι

α/α	Παράμετροι	Έκφραση Αποτελεσμάτων	Πόσιμο		Άρδευση		Κολύμβηση		Αλιεία	
			1	2	1	2	1	2		
8	Θερμοκρασία	^{0}C	12	25						
9	pH	μονάδες	6.5 < pH <8.5		6.5-8.4	6.5-8.4	-	6.6 - 8.5	*	
10	Διαλ. οξυγόνο	% O_2 κορ. Τιμή κορ. >75% εκτός υπογ. νερών					80 - 120			
11	Ελεύθ. διοξείδ.	mg/l CO_2 του άνθρακα								
12	Αγωγιμότητα	μS/cm μέχρι 20^{o}C	400		<700	>3000				
13	Χλώριο	mg/l Cl-	25		<3	>10				
14	Θειικά	mg/l SO_2=	25	250						
15	Ασβέστιο	mg/l Ca	100							
16	Μαγνήσιο	mg/l Mg	30	50	}SAR<3	}SAR<9				
17	Νάτριο	mg/l Na	20	150						
18	Ολ. Σκληρότ.	mg/l Ca	60 ελ.							
19	Αλκαλικότητα	mg/l HCO_3^-	30 ελ.							
20	Κάλιο	mg/l K	10	12						
21	Αργίλιο	mg/l Al	0.005	0.2	5	20				
22	Πυρίτιο	mg/l SiO_2								
23	Ξηρό υπόλειμ.	mg/l 180^{o}C		150	450	>2000				

Γ. Παράμετροι για Έλεγχο Ανεπιθύμητων Ουσιών

α/α	Παράμετροι	Έκφραση Αποτελεσμάτων	Πόσιμο		Άρδευση		Κολύμβηση		Αλιεία	
			1	2	1	2	1	2		
24	Νιτρικά	mg/l NO_3^-	25	50	<5	>30				
25	Νιτρώδη	mg/l NO_2^-		0.1					*	
26	Αμμώνιο	mg/l $NH4^+$	0.05		0.5				*	
27	Άζωτο Kjeldahl	μg/l N								
28	Οξειδωσιμότητα ($KMnO_4$)	mg/l CO_2	2	5						
29	Ολ. άνθρακας (TOC).	mg/l C								
30	Υδρόθειο	μg/l S		μη ανιχν.						
31	Υλες εκχυλ. με χλωροφόρμιο	μg/l ξηρό υπόλειμμα	0.1							
32	Ορυκτέλαια (μετά από εκχ. με αιθέρια)	μg/l		10			30	απουσ. οσμής & μεμβρν.		
33	Φαινόλες (δεικτ. φαινόλης)	μg/l C_6H_5OH		0.5			5	50		
34	Βόριο	μg/l B	100		<0.7	>3				
35	Επιφανειο-) δραστικοί παράγοντες (αντ. κυανού-μεθυλαινίου	μg/l LAS		200			300	Αφρός που δεν διαρκεί		
36	Άλλες οργανοχλ ενώσεις (εκτός παρασιτοκτόν.)	μg/l	1							
37	Σίδηρος	μg/l Fe	50	200	5000	20000				
38	Μαγγάνιο	μg/l Mn	20	50	200	10000				
39	Χαλκός	μg/l Cu	100		200	5000				

α/α	Παράμετροι	Έκφραση Αποτελεσμάτων	Πόσιμο		Άρδευση		Κολύμβηση		Αλιεία	
			1	2	1	2	1	2		
40	Ψευδάρ-γυρος	μg/l Zn	100		2000	10000			*	
41	Φώσφορος	μg/l P_2O_5	400	5000						
42	Φθόριο	μg/l F- 8-12 ^{0}C 25-30 ^{0}C		 1500 700	1000	15000				
43	Κοβάλτιο	μg/l Co			50	5000				
44	Υλες σε αιώρηση		Απου-σία							
45	Χλώριο υπολειμ.	μg/l Cl^-								
46	Βάριο	μg/l Ba	100							
47	Άργυρος	μg/l Ag		10						

Δ. Παράμετροι για Έλεγχο Τοξικών Ουσιών

α/α	Παράμετροι	Έκφραση Αποτελεσμάτων	Πόσιμο		Άρδευση		Κολύμβηση		Αλιεία	
			1	2	1	2	1	2		
48	Αρσενικό	μg/l As		50	100	2000				
49	Βηρύλιο	μg/l Be			100	500				
50	Κάδμιο	μg/l Cd		5	50	50			*	
51	Κυανιούχα άλατα	μg/l CN		50						
52	Χρώμιο	μg/l Cr		50	100	1000			*	
53	Υδράργυρος	μg/l Hg		1						
54	Νικέλιο	μg/l Ni		50	200	2000			*	
55	Μόλυβδος	μg/l Pb		50	5000	10000			*	
56	Μολυβδαίνιο	μg/l Mb			10	50				
57	Σελήνιο	μg/l Se			10	20			*	
58	Βανάδιο	μg/l Va			100	1000				
59	Λίθιο	μg/l Li			2500	2500				

Ε. Μικροβιολογικές Παράμετροι

α/α	Παράμετροι	Έκφραση αποτελεσμάτων	Πόσιμο		Άρδευση		Κολύμβηση		Αλιεία	
			1	2	1	2	1	2		
60	Ολ. κολοβα-κτηριοειδή.	σε 100 ml	-	0			500	10000		
61	Κολοβακτη-ριοειδή κοπράνων	σε 100 ml	-	0		<1000	100	500		
62	Εντερόκοκκοι	σε 100 ml					100	-		
63	Σαλμονέλες	σε 1000 ml					-	0		
64	Εντεροιοί PFU	σε 10 l					-	0		
65	Στρεπτόκοκ-κοι κοπράνων	σε 100 ml	-	0						
66	Κλωστρίδια αναγωγ. θειωδών αλάτων	σε 20 ml	-	-						
67	Νηματώδη εντερ.	σε 1 λίτρο			<1	<1				
68	Συνολ. βακτήρια για πόσιμο νερό	σε 1 ml 37^0 C 1 ml 22^0 C	10 100	-						
69	Συνολ. βακτήρια για εμφιαλ. νερό	σε 1 ml 37^0 C 1 ml 22^0 C	5 20	20 100						

1 = ενδεικτικό επίπεδο
2 = ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση

8.1.1. Η σημασία των παραμέτρων ελέγχου

Το πόσιμο νερό, που οι εταιρίες ύδρευσης προμηθεύουν τους καταναλωτές, θα πρέπει να βρίσκεται συνεχώς υπό έλεγχο και να διατηρεί την υψηλή του ποιότητα, όπως οι σχετικές προδιαγραφές ορίζουν. Ειδικότερα στο πόσιμο νερό είναι γνωστό ότι (WHO, 1984, ΕΕ 1975, '76, '78, '79, '80):

- η θερμοκρασία θα πρέπει να διατηρείται κάτω από ορισμένα όρια
- το pH θα πρέπει να κυμαίνεται μέσα σε ορισμένα όρια
- η απουσία χρωματισμού στο νερό είναι μια αισθητική απαίτηση. Το νερό θα πρέπει να είναι διαυγές και καθαρό. Παρόλα αυτά τυχαία περιστατικά ή εξαιτίας της παλαιότητας του δικτύου ύδρευσης μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα ως προς το χρώματισμό του νερού.
- η θολερότητα πολλές φορές προέρχεται από τις φυσαλίδες αέρα που το νερό περιέχει ή από την υπερβολική δοσολογία της χλωρίωσης. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο αέρας δεν είναι βλαβερός, ενώ τα αποτελέσματα της υπερχλωρίωσης στις βρύσες μας μπορούν εξαφανίζονται αν αφεθεί το νερό, χωρίς να το πιούμε, σε ένα σκεύος για μερικές ώρες.
- η γεύση του νερού θα πρέπει να είναι ευχάριστη.
- η αγωγιμότητα στο νερό μετρά το περιεχόμενό του σε ορυκτά άλατα και θα πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε ορισμένα όρια.
- η σκληρότητα του νερού προέρχεται από τα πετρώματα μέσα από τα οποία το νερό διέρχεται και που χαρακτηρίζουν την κάθε περιοχή. Η σκληρότητα δεν έχει αρνητική επίπτωση στην υγεία, αν και έρευνες έχουν δείξει ότι σε περιοχές με σκληρό νερό τα συμπτώματα καρδιακών ασθενειών είναι λιγότερα. Προδιαγραφές τίθενται όταν το νερό αποσκληρύνεται. Μεγαλύτερη σκληρότητα σημαίνει ότι θα χρησιμοποιηθούν περισσότερες ποσότητες απορρυπαντικών κατά τη διαδικασία του πλυσίματος.
- η αλκαλικότητα προέρχεται από τα πετρώματα από τα οποία το νερό διέρχεται, η παρουσία της είναι φυσική διαδικασία και μεταβάλλεται όταν αποσκληρύνεται το νερό.
- το χλώριο είναι απόλυτα αναγκαίο για την τελική επεξεργασία του νερού. Προστίθεται στο νερό για να το απολυμάνει σκοτώνοντας τους μικροοργανισμούς που αυτό περιέχει. Μέρος από το χρησιμοποιούμενο χλώριο παραμένει στο νερό ως ελεύθερο χλώριο ώστε να καθίσταται υγειονομικά ασφαλές κατά τη διαδρομή από το διυλιστήριο και τη δεξαμενή αποθήκευσής του μέχρι τα σπίτια μας. Οι υγειονομικές και άλλες διατάξεις για το πόσιμο νερό καθορίζουν τα ανώτερα όρια συγκέντρωσής του σε χλώριο που πρέπει να φτάνει μέχρι τα σπίτια μας.
- κολοβακτήρια, στρεπτόκοκκοι, σαλμονέλες, εντερόκοκκοι και κλωστρίδια μερικές φορές μπορεί να βρεθούν στο φυσικό νερό πριν από την επεξεργασία του, ή όταν έχει υποστεί κάποια βλάβη το δίκτυο ύδρευσης , ή ακόμη όταν είναι ακάθαρτες οι βρύσες στα σπίτια μας, ή όταν υπάρχει επιμόλυνση στις βρύσες από τον καθαρισμό μολυσμένων προϊόντων.
- η αμμωνία μπορεί να βρεθεί στο πόσιμο νερό όταν το νερό προέρχεται από ιδιάζουσες πηγές, δεν προξενεί προβλήματα υγείας και απομακρύνεται με επεξεργασία.
- τα νιτρικά και τα νιτρώδη μπορεί να βρεθούν στις περιοχές εκείνες που το νερό διέρχεται από καλλιεργούμενες περιοχές ή δέχεται τις απορροές τους ή από περιοχές όπου χρησιμοποιούνται απορροφητικοί βόθροι συλλογής αστικών λυμάτων. Το πόσιμο νερό επιτρέπει την παρουσία των αλάτων αυτών σε ελάχιστες και μόνο συγκεντρώσεις, ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα υγείας.
- τα χλωριούχα προέρχονται συνήθως από τα πετρώματα της περιοχής, τη γειτονία της περιοχής με τη θάλασσα ή από αστικά λύματα. Δεν είναι επιβλαβή για την υγεία όταν διατηρούνται μέσα σε ορισμένα όρια.
- το φθόριο απαντάται φυσικά στο νερό αλλά δεν θα πρέπει να υπερβαίνει ορισμένα όρια συγκέντρωσης. Σε μερικές περιοχές στο εξωτερικό προστίθεται φθόριο στο νερό ώστε να βοηθηθούν τα συμπτώματα της ουλίτιδας των δοντιών.
- ο φώσφορος, το θείο και το μαγνήσιο απαντούν με φυσικό τρόπο στο νερό, προέρχονται από ποικίλες πηγές και θα πρέπει να διατηρούνται ανάμεσα σε ορισμένα όρια.
- το μαγγάνιο απαντάται στα νερά και, όπως ο σίδηρος, δεν δημιουργεί προβλήματα στην υγεία αλλά προβλήματα στις κατασκευές και την τεχνική υποδομή.
- το αλουμίνιο υπάρχει στη φύση αλλά συνήθως προέρχεται από την επεξεργασία του νερού κατά τη διαδικασία της κροκίδωσης. Μερικές έρευνες έχουν συνδέσει την ύπαρξη του αλουμινίου με την ασθένεια του Alzheimer αλλά οι έρευνες δεν έχουν ακόμα ολοκληρωθεί.

- το ασβέστιο απαντάται στη φύση και μέχρις ένα βαθμό είναι υπεύθυνο για τη σκληρότητα του νερού. Το ασβέστιο αποτίθεται με το βρασμό, αλλά δεν είναι επιβλαβές για την υγεία.
- το κάλιο και το νάτριο απαντώνται στη φύση. Ειδικά το νάτριο χρησιμοποείται ως υποπροϊόν κατά την αποσκλήρυνση του νερού.
- ο χαλκός και ο ψευδάργυρος μπορούν να βρεθούν στο πόσιμο νερό όταν αυτό διέρχεται από παλαιές και διαβρωμένες σωληνώσεις και η παρουσία τους διαπιστώνεται από τη μεταλλική γεύση του νερού.
- ο σίδηρος βρίσκεται συνήθως στη φύση, όταν το νερό προέρχεται από υπόγεια νερά ή όταν το δίκτυο της ύδρευσης και οι σωληνώσεις είναι από σίδηρο και παλαιές. Ο σίδηρος δεν προξενεί προβλήματα υγείας, αλλά μερικές φορές το πόσιμο νερό χρωματίζεται με κίτρινη ή ερυθρά χροιά.
- ο μόλυβδος πάνω από ορισμένα όρια προξενεί προβλήματα υγείας και μάλιστα όταν εκτιθέμεθα στην κατανάλωσή του επί πολλά χρόνια. Το μαλακό νερό μπορεί να διαλύσει τις μολυβδοσωληνώσεις και έτσι ο μόλυβδος να καταναλώνεται με το πόσιμο νερό.
- ο άργυρος απαντάται στη φύση, αλλά το πόσιμο νερό θα πρέπει να περιέχει άργυρο σε ορισμένες συγκεντρώσεις.
- τα αντιμόνιο, αρσενικό, βάριο, βόριο, καδμιο, χρώμιο, κυάνιο, νικέλιο, σελήνιο και ο υδράργυρος σπάνια βρίσκονται στο νερό, αλλά όταν βρεθούν προέρχονται είτε από τη γεωλογική σύσταση της περιοχής, είτε από τα απόβλητα της βιομηχανίας. Αυτά τα μέταλλα στο πόσιμο νερό δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν ορισμένα όρια.
- οι δι- και τριχλωρο-μεθυλαμίνες προέρχονται από το σχηματισμό ενώσεων του χλωρίου της απολύμανσης με τα οργανικά υλικά που περιέχονται στο φυσικό νερό. Τα προϊόντα των ενώσεων αυτών θεωρούνται υπεύθυνα για καρκινογενέσεις.
- τα εντομοκτόνα και τα φυτοφάρμακα προέρχονται από την ανθρώπινη χρήση τους. Για να προστατευθεί η υγεία του ανθρώπου τα επιτρεπόμενα ίχνη τους στο πόσιμο νερό είναι πάρα πολύ χαμηλά.
- οργανικοί διαλύτες, όπως τριχλωροεθυλένιο, προέρχονται είτε από ατυχήματα, είτε από απροσεξία κατά τη μεταχείριση και απόρριψή τους. Ειδικά τα υπόγεια νερά βρίσκονται σε μεγάλο κίνδυνο από αυτά τα χημικά.
- το κρυπτοσπορίδιο, αν και ήταν γνωστό στους μικροβιολόγους πριν από πολλά χρόνια, δεν θεωρούταν επιβλαβές για την υγεία του ανθρώπου. Σήμερα πιστεύεται ότι αυτός ο μικροσκοπικός οργανισμός προξενεί πολλές ασθένειες και ότι θα πρέπει να καταπολεμηθεί στην πηγή του, δηλαδή στις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, στα απόβλητά τους και στα κοπάδια των ζώων που βόσκουν κοντά σε τεχνητές λίμνες που προορίζουν το νερό τους για την ύδρευση πόλεων.

Στην Ελλάδα, το πόσιμο νερό, που προσφέρεται στους καταναλωτές από τους τοπικούς οργανισμούς ύδρευσης, είναι ασφαλές για την υγεία και παρακολουθείται κατά συστηματικό τρόπο. Οι προδιαγραφές που έχουν υιοθετηθεί από την Εθνική Νομοθεσία και τις Κοινοτικές Οδηγίες ακολουθούνται κατά απαρέγκλιτο τρόπο, ενώ οι παρουσιαζόμενες διακυμάνσεις στις τιμές του βρίσκονται πάντοτε μέσα στα πλαίσια που ορίζουν οι κείμενες υγειονομικές και άλλες διατάξεις.

Η ύδρευση πόλεων από φυσικές ή τεχνητές λίμνες είναι μια συνήθης πρακτική. Η πρακτική όμως αυτή μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ποιότητας και υγιεινής στο προσφερόμενο για πόση νερό, όταν στον προκαταρκτικό σχεδιασμό υδροτροφοδοσίας - διύλισης - υδροδότησης δεν περιλαμβάνεται και μελέτηση σκοπιμότητας ως προς την υδροβιολογία και το οικοσύστημα της υδάτινης περιοχής. Η μελέτη αυτή σκοπιμότητας πρέπει να γίνεται τουλάχιστον σε εποχιακή βάση, ως προς τα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά του νερού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για ύδρευση και να καλύπτει τουλάχιστον δύο ετήσιους κύκλους τής βιοπαραγωγικής περιόδου (Μάρτιο-Σεπτέμβριο). Είναι αυτονόητο ότι η οικολογική διάσταση, οι υδροβιολογικοί παράγοντες και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με το υδρολογικό καθεστώς της περιοχής, ως και η διαχείριση των χρήσεων γης και νερού, των πηγών ρύπανσης και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που πιθανόν έχουν επιπτώσεις στον υδάτινο πόρο, είναι ιδιάζουσας σημασίας για το ελληνικό ξηροθερμικό περιβάλλον και τις πολλαπλές χρήσεις που καλύπτει κάθε υδάτινος πόρος.

Εξάλλου, επιπρόσθετη επιβάρυνση της όλης κατάστασης αποτελεί και η πλημμελής, ή αποσμασματική ή και η έλλειψη κατάλληλης διαδικασίας απολύμανσης του νερού, συνθήκες που είναι επιζήμιες για τη δημόσια υγεία.

Στις πιο κάτω γραμμές θα αναλυθεί η εμπειρία που αποκτήθηκε και τα προβλήματα που ανακύπτουν από ενέργειες παράληψης ή αστοχίας στα συστήματα ύδρευσης της Χαλκίδας και του Αγρινίου (ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν.,1996).

Περίπτωση Χαλκίδας

Οι αιτίες οσμής και γεύσης στο πόσιμο νερό είναι πολλές και ποικίλες. Εκτός από τις χημικές ουσίες που μπορεί να περιέχονται στο φυσικό νερό είναι δυνατόν αυτές να είναι βιολογικής προέλευσης, όπως για παράδειγμα από διάφορα είδη φυκών και ακτινομυκήτων, ως επίσης και από διάφορες οργανικές ουσίες που δημιουργούνται στο σύστημα επεξεργασίας και διύλισης. Αρκετές επίσης είναι οι φορές που τα αίτια του προβλήματος προέρχονται από ενέργειες παράληψης ή αστοχίας, οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο σύστημα υδροληψίας, επεξεργασίας αλλά και διανομής του νερού.

Η υδροδότηση της πόλης της Χαλκίδας, πριν από την τελευταία ανομβρία (1990-93), γινόταν κυρίως από τη λίμνη Παραλίμνη με τη βοήθεια ενός ταχυδιϋλιστηρίου. Όπως αποδείχθηκε εκ των υστέρων, η βραχύχρονη και περιορισμένη χρονική περίοδος της μελέτης σκοπιμότητας ως προς την ποιότητα του νερού της λίμνης από βιοτική και αβιοτική άποψη ήταν ανεπαρκής και δεν έλαβε υπόψη της τα κυρίαρχα βιοτικά χαρακτηριστικά της λίμνης. Έτσι, έδειξε ότι η ποιότητα του νερού της λίμνης κυμαινόταν μέσα στα καθορισμένα από τις σχετικές διατάξεις όρια (EEC,1980). Στην πορεία όμως αποδείχθηκε ότι το λιμναίο νερό είχε τεράστιες διακυμάνσεις, ως προς την ποιότητά του και τα σχετικά οικολογικά και υδροβιολογικά του μεγέθη. Ειδικότερα, οι πλαγκτονικοί οργανισμοί στο νερό της Παραλίμνης αποτελούνταν ως επί το πλείστον από μικροπλαγκτονικά κύτταρα σε μεγάλη αφθονία, καθώς επίσης και τα σπόρια τους που είχαν πολύ μικρό μέγεθος. Τα προβλήματα της ύδρευσης της Χαλκίδας από τη λίμνη Παραλίμνη χρονολογούνται από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 όταν άρχισαν οι μελέτες σκοπιμότητας για την ύδρευση της πόλης της Χαλκίδας από την Παραλίμνη. Η σχετική μελέτη σκοπιμότητας δεν προχώρησε σε θέματα πρωταρχικής σημασίας, όπως είναι τα μελλοντικά αποθέματα του νερού της λίμνης, η διαχρονική μεταβολή της ποιότητας του προσφερόμενου νερού, τα βιοτικά (πλαγκτό κ.λπ.) και τα αβιοτικά (φυσικοχημικοί παράγοντες) χαρακτηριστικά του νερού σε εποχιακές τουλάχιστον αναλύσεις, αλλά και η πληθυσμιακή ανάπτυξη της πόλης. Η απουσία "Μονάδας Πιλότου" από την πρόταση της μελέτης σκοπιμότητας ήταν κατά την άποψή μας επίσης βασική παράλειψη.

Το 1986 άρχισε η λειτουργία του διυλιστηρίου, με τύπο ταχείας διύλισης στην περιοχή Λουκίσια, με νερό που αντλούνταν από την Παραλίμνη. Μετά την πρώτη περίοδο και ενώ δεν είχε υπάρξει η οριστική παραλαβή του έργου, άρχισε η αμφισβήτηση της επάρκειας λειτουργίας του και τούτο αποδίδεται, τόσο στη μέθοδο της ταχυδιύλισης, όσο και στις διάφορες υδρολογικές συγκυρίες στην περιοχή. Το αποτέλεσμα ήταν η εμφάνιση "γεώδους" γεύσης στο νερό.

Διαπιστώθηκε, σε σχετικές αναλύσεις στο νερό της Παραλίμνης, ότι οι υδρολογικές και οι καιρικές συνθήκες ευνοούσαν εποχιακά την ανάπτυξη ορισμένων πλαγκτονικών οργανισμών, όπου η μεν αφοθία τους ήταν μεγάλη έως εκρηκτική, το δε μέγεθός τους ήταν πολύ μικρό (KOUSOURIS *et al,* 1990).

Εξάλλου, σε σχετικές αναλύσεις στο νερό από τα διάφορα στάδια της διύλισης, διαπιστώθηκε ότι η λειτουργία του ταχυδιυλιστηρίου (φίλτρανση του νερού υπό πίεση), είχε ως αποτέλεσμα τον θρυμματισμό των προαναφερθέντων μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα ο κυτταρικός του χυμός, πλούσιος σε αλγογενείς ενώσεις που θεωρούνται ότι δημιουργούν πολλές φορές τη "γεώδη" γεύση, να εμπλουτίζει το επεξεργασμένο νερό. Τα σπόρια επίσης των μικροοργανισμών αυτών, με το ακόμη μικρότερο μέγεθός τους, διαπερνούσαν ανέπαφα τις σχετικές διατάξεις καθαρισμού (κροκίδωση, χλωρίωση, φίλτρανση, κ.ά.) φθάνοντας ακόμη και στη βρύση του καταναλωτή.

Επιπρόσθετα, εκτός των άλλων, ακολουθόνταν διαδικασίες άστοχων μεθοδεύσεων, όπως, για παράδειγμα, ο καθαρισμός των φίλτρων της εγκατάστασης (αντίστροφο πλύσιμο) γινόταν συνήθως με λιμναίο νερό.

Όπως τεκμηριώνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία (π.χ BERNHARDS 1984), φαίνεται ότι οι χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνταν για την απολύμανση του νερού (χλωρίνη, αέριο, χλώριο, κ.ά), είτε σχημάτιζαν συμπλόκους ενώσεις με τα αλγογενή συστατικά των θρυμματιζόμενων φυτικών κυττάρων και επομένως έχαναν πολύ γρήγορα τη βιοκτόνο δράση τους πάνω στους ζωντανούς οργανισμούς, είτε οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες, βασισμένες σε εμπειρική μεταχείριση και όχι σε επιστημονικά τεκμηριωμένη δοσολογία (σημείο θραύσης της χλωρίωσης), δεν ήταν επαρκής για την απολύμανση του νερού. Έτσι, τα σπόρια των μικροφυκών βλάσταιναν μόλις εκτίθονταν σε αρκετό φως (στις κανάτες των καταναλωτών), ενώ το νερό διατηρούσε τη γεώδη γεύση του, ως κύριο αποτέλεσμα του θρυμματισμού των φυτικών κυττάρων κατά την πρακτική της ταχυδιύλισης.

Εξάλλου, οι ουσίες που χρησιμοποιούνταν για την επεξεργασία του νερού δεν εμφάνισαν την απαιτούμενη επάρκεια απόδοσης, με αποτέλεσμα τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια να υπάρχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις ακόμη και στο κατεργασμένο νερό. Η περίπτωση αυτή είναι συνηθισμένη, γιατί τα συστατικά αλγογενούς προ-

έλευσης είναι δυνατό να εμποδίζουν τις διαδικασίες κροκίδωσης και να επεμβαίνουν αρνητικά στη δράση της χλωρίωσης (BERNHARDS , 1984).

Σημειώνεται, τέλος ότι η προαναφερόμενη κατάσταση βελτιωνόνταν βραχυπρόθεσμα και περιστασιακά με τη χρησιμοποίηση ενεργού άνθρακα, ο οποίος όμως καθίστατο ταχύτατα ανενεργός. Είναι γνωστό ότι η χρήση του ενεργού άνθρακα έχει άριστα αποτελέσματα για την απομάκρυνση της γεώδους γεύσης, με την προϋπόθεση όμως ότι τα προηγούμενα στάδια καθαρισμού του νερού έχουν λειτουργήσει σωστά (π.χ. απαλλαγή από αιωρούμενα συστατικά κ.λπ).

Η οριστική πάντως "επίλυση του προβλήματος" προήλθε από την ανομβρία των τελευταίων ετών, οπότε η Παραλίμνη έπαυσε να υπάρχει σαν λίμνη και μαζί της το ταχυδιυλιστήριο και τα προβλήματά του.

Περιληπτικά οι προτάσεις που απορρέουν από την εμπειρία μας για περιπτώσεις παρόμοιες με εκείνες της Χαλκίδας συνοψίζονται στις ακόλουθες επισημάνσεις:

- *Στις μελέτες σκοπιμότητας για ύδρευση από φυσικές λίμνες, να λαμβάνεται υπόψη η εποχιακή διακύμανση των βιοτικών και αβιοτικών χαρακτηριστικών της λίμνης για δύο τουλάχιστον έτη, πέρα από την απαίτηση μεγάλης χρονοσειράς υδρολογικών δεδομένων.*
- *Όταν τα αιωρούμενα συστατικά στο νερό μιας λίμνης είναι αυξημένα, η διύλιση με ταχυδιϋλιστήριο, μόνο προβλήματα μπορεί να δημιουργήσει και υψηλό οικονομικό κόστος, ενώ είναι υπό αμφισβήτηση η ποιότητα του προσφερόμενου νερού.*
- *Η σωστή επιλογή της υδροληψίας (βάθος-θέση κ.ά), αποτελεί σημαντικό παράγοντα και είναι πρωταρχικής σημασίας για τη μείωση των επιπτώσεων στην ποιότητα του νερού.*
- *Η δημιουργία "Μονάδας Πιλότου" είναι επιβεβλημένη σε κάθε διυλιστήριο, ώστε να υπάρχει συνεχής έλεγχος κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες, αλλά και να είναι εφικτός ο πειραματισμός για τη βελτίωση της ποιότητας του προσφερόμενου νερού.*
- *Η επαρκής στελέχωση των διυλιστηρίων με επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό, είναι μεταξύ των κύριων προτεραιοτήτων για το συνεχή έλεγχο του προσφερομένου νερού.*

Περίπτωση Αγρινίου

Το Αγρίνιο υδροτροφοδοτείται από την τεχνητή λίμνη του Καστρακίου διαμέσου ενός κλασικού τύπου διϋλιστηρίου, το οποίο λειτουργεί μόνο με αμμοδιύλιση. Στη συνέχεια το νερό διοχετεύεται σε δεξαμενές στην πόλη του Αγρινίου και στις γύρω κοινότητες όπου εκεί συνήθως απολυμαίνεται με χλώριο. Το πρόβλημα που ανέκυψε πριν από μερικά έτη αφορούσε την επάρκεια της υδροτροφοδοσίας. Διεξοδική έρευνα απέδειξε, το μέγεθος του προβλήματος, το αίτιο που το προκαλεί και προέβλεψε δυσμενείς επιπτώσεις, εφόσον δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.

Σε σχετική έρευνα που διεξήχθη διαπίστωθηκε συνοπτικά ότι:

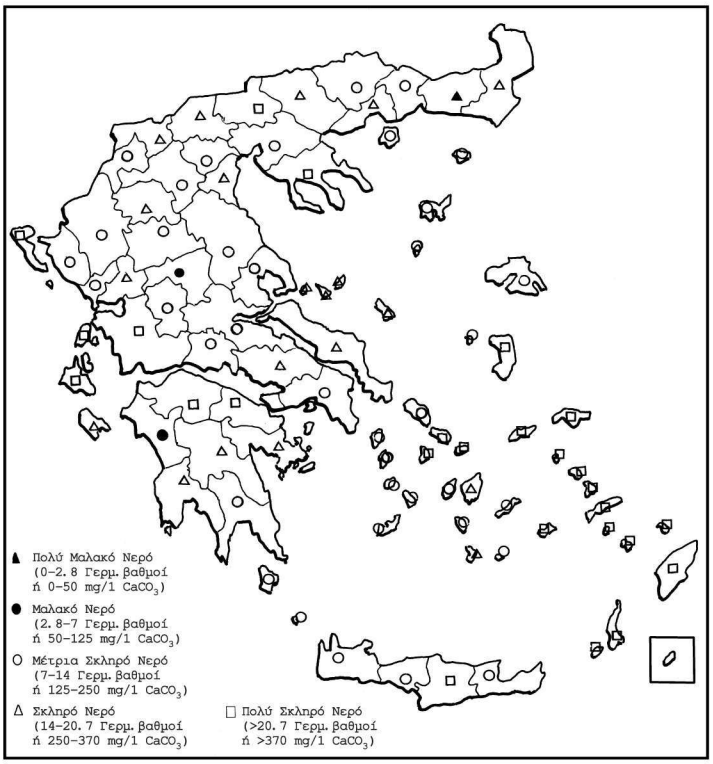
- Μέσα στον κεντρικό αγωγό υδροτροφοδοσίας από τη λίμνη προς το διυλιστήριο είχαν αναπτυχθεί ζωντανά μύδια του γλυκού νερού *(Dreissena polymorpha)* και υπήρχαν και κελύφη από νεκρά μύδια. Μύδια ζωντανά και νεκρά κελύφη τους υπήρχαν στις κλίνες της άμμου στο διυλιστήριο, καθώς επίσης και μύδια στα νεαρά στάδιά τους (μικροσκοπικό μέγεθος) είχαμε και στο νερό του καταναλωτή κατά την περίοδο Αυγούστου-Σεπτεμβρίου.
- Ο οργανισμός αυτός, το μύδι, παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη στη λιμνη του Καστρακίου, και έχει τη δυνατότητα στα νεαρά του στάδια (πλαγκτονικά), να προσκολλάται σε κάθε στερεό αντικείμενο. Η ανάπτυξή του όμως περιορίζεται σε βάθος 4 έως 12 μέτρα, και επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία του νερού, η οποία επιταχύνει τους ρυθμούς αναπαραγωγής του.
- Στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους τα νεαρά μύδια πλανώνται στο πλαγκτό και μετά ορισμένη περίοδο προσκολλώνται σε κάθε στερεό αντικείμενο για να δημιουργήσουν αποικίες από ώριμα άτομα. Η διαδικασία αυτή ακολουθεί εποχιακούς ρυθμούς και εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού. Έτσι, εφόσον στην υδροληψία δεν υπάρχει σύστημα προχλωρίωσης ή σύστημα διαφορικής υδροληψίας, τα νεαρά άτομα των μυδιών στην πλαγκτονική τους μορφή, εισέρχονται στην υδροληψία, στον κεντρικό αγωγό, στις κλίνες της άμμου και τελικά στο σύστημα διανομής φθάνοντας ακόμη και σ'αυτή τη βρύση του καταναλωτή, όταν είναι πλημμελής η χλωρίωση στις δεξαμενές. Με τις δεδομένες συνθήκες υδροληψίας (θέση, βάθος) στην περίπτωση του Αγρινίου, το γεγονός ότι δεν γίνεται προχλωρίωση στην υδροληψία, ότι στο διυλιστήριο δεν λειτουργούν οι υπόλοιπες διατάξεις (καθαρισμού, κροκίδωσης, χλωρίωσης, κ.ά), ενώ στις δεξαμενές τροφοδοσίας δεν ρυθμίζονται σωστά οι δοσομετρητές χλωρίωσης, το αποτέλεσμα είναι να μην γίνεται

επαρκής καθαρισμός και απολύμανση στο νερό. Σημειώνεται ότι μεγάλοι αριθμοί από ενήλικα μύδια με το πρώτο "σοκ" της χλωρίωσης διατηρούν κλειστά επί μακρό χρονικό διάστημα τα κελύφη τους και έτσι επιβιώνουν, όταν δεν εφαρμόζονται σωστά οι κλιμακούμενες δοσολογίες της χλωρίωσης (ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν. 1991, ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν. 1992).

Περιληπτικά, οι προτάσεις μας για παρόμοιες περιπτώσεις υδροληψίας-υδροτροφοδοσίας με εκείνη του Αγρινίου είναι οι ακόλουθες:

- *Επειδή ολόκληρο το ελληνικό υδρογραφικό δίκτυο έχει εποικισθεί από το μύδι του γλυκού νερού, που έχει προέλθει από την Αραλο-Κασπία περιοχή, στο σχεδιασμό της υδροληψίας από τεχνητές ή φυσικές λίμνες θα πρέπει να λαμβάνεται καταρχήν υπόψη η εποχιακή κατανομή του πληθυσμού του μυδιού, ως και το βάθος και η θέση εποικισμού του.*
- *Εφόσον πρόκειται για βαθιές λίμνες, θα πρέπει να γίνεται εγκατάσταση διαφορικής υδροληψίας (υδροληψία από διαφορετικά βάθη). Όμως μπορεί να υπάρχει και μόνιμη υδροληψία, όταν αυτή γίνεται από συγκεκριμένο βάθος, αρκεί να είναι γνωστή εκ των προτέρων η εποχιακή κατανομή των νεαρών μυδιών, ως και η εποχιακή πληθυσμιακή τους έξαρση.*
- *Να τηρούνται όλα τα στάδια καθαρισμού και απολύμανσης του νερού (π.χ. προχλωρίωση στην υδροληψία, κυρία χλωρίωση μέσα στο διυλιστήριο, κροκίωση και φίλτρανση με άμμο, μεταχλωρίωση στις δεξαμενές διανομής από την υδροληψία, την καθ'αυτό διύλιση μέχρι και τη διανομή του νερού). Απαραίτητο επίσης είναι το σωστό πλύσιμο των κλινών της άμμου, ενώ θα πρέπει να ελέγχεται περιοδικά η άμμος για τη σωστή κοκκομετρία της και οι επιπρόσθετες μεταχλωριώσεις στις δεξαμενές τροφοδοσίας, όταν οι συνθήκες το απαιτούν.*
- *Κάθε διυλιστήριο θα πρέπει να στελεχωθεί με το κατάλληλο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό. Έτσι μόνο η κάθε Δ.Ε.Υ.Α θα διασφαλίζει επάρκεια νερού σε άριστη ποιότητα.*

Από όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω γίνεται επιτακτική και είναι απαραίτητη η ανάγκη της πλήρους οικολογικής μελέτης των βιοτικών και αβιοτικών χαρακτηριστικών κάθε υδάτινου πόρου που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για υδροληψία και υδροτροφοδοσία, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα τα οποία και πρόσθετη οικονομική επιβάρυνση επιφέρουν, ενώ είναι αμφίβολη η ποιότητα του νερού ιδιαίτερα όταν πρόκειται να καλύψει τις υδρευτικές ανάγκες πόλεων και οικισμών.



Εικ. 1: Ενδεικτικά, η σκληρότητα των πόσιμων νερών στην Ελλάδα.

Όπως τονίστηκε σε άλλα κεφάλαια, το περιεχόμενο των νερών σε ορυκτά συστατικά ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή. Ετσι, η σκληρότητα των φυσικών νερών στην Ελλάδα, που προορίζονται ή χρησιμοποιούνται για πόση χαρακτηρίζονται σε "μετρίως σκληρά" (125-250 mg/l $CaCO_3$), "σκληρά" (250-350 mg/l CaCO3 και "πολύ σκληρά" (>350 mg/l $CaCO_3$), περιορισμένες είναι οι περιοχές με "μαλακό" νερό και πολύ περιορισμένη η κατανομή με "πολύ μαλακό" νερό (Εικ. 1).

8.1.2. Μικροοργανισμοί στο πόσιμο νερό

Το φυσικό νερό είναι δυνατό να περιέχει εκτός των άλλων και μικροοργανισμούς οι οποίοι μπορεί να είναι παθογενείς. Όταν μάλιστα το νερό αυτό προορίζεται για οικιακή κατανάλωση και πόση, σημαίνει ότι θα πρέπει αυτοί οι μικροοργανισμοί να απομακρυνθούν ή να εξοντωθούν πριν φτάσουν στον καταναλωτή. Συνήθως, οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στο νερό περιέχονται στο φυσικό περιβάλλον, στα περιττώματα των ανθρώπων όπως και άλλων θερμόαιμων θηλαστικών που ζουν στην περιοχή (ΖΑΝΑΚΗ, 1996, ΛΕΚΚΑΣ, 1996). Οι κυριότεροι από αυτούς τους μικροοργανισμούς είναι:

Βακτήρια

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι οργανισμοί. Προκαλούν αρκετές σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο. Τα πιο ενδιαφέροντα που υπάρχουν στο πόσιμο νερό είναι η *Salmonela,* η *Shigela,* η *Versinia enterocolitica,* το *Campylobacter,* το εντεροπαθητικό *E.coli, Vibrio cholerae, Mycobacterium.*

Ευκαιριακά βακτήρια

Αυτά συνθέτουν μια ετερογενή ομάδα, κατά gram-αρνητικά βακτήρια, τα οποία προκαλούν σπάνιες ασθένειες ιδιαίτερα σε νεογέννητα, ηλικιωμένα άτομα και άτομα με προβλήματα υγείας. Τέτοια βακτήρια είναι η *Pseudomonas,* η *Aeromonas hydrofyl,* το *Enterobacter,* η *Serrata,* το *Citrobacter* κ.ά. Το νερό υψηλής ποιότητας που ικανοποιεί τις προδιαγραφές για τα κολοβακτηρίδια συνήθως περιέχει από 1 έως 1.500 τέτοια βακτήρια ανά 100 ml.

Μυκοβακτήρια

Ο κυριότερος εκπρόσωπος αυτών των βακτηρίων είναι το *Mycobacter tyberculosis* το οποίο προκαλεί φυματίωση στους ανθρώπους και μεταδίδεται με την προσωπική επαφή. Άλλα μυκοβακτήρια μπορεί να προκαλέσουν πνευμονικές και άλλες ασθένειες στον άνθρωπο.

Ιοί

Οι ιοί είναι μια μεγάλη ομάδα μολυσματικών μικροοργανισμών με μέγεθος 10-25 nm. Δεν είναι κύτταρα, αλλά αποτελούνται από μια πρωτεϊνική κάψα (κάλυμμα πρωτεΐνης) η οποία περικλύει έναν πυρήνα. Δεν διαθέτουν δικό τους μεταβολισμό και η αναπαραγωγή τους γίνεται αποκλειστικά σε ξένα ζωντανά κύτταρα τα οποία και καταλύουν μετά την αναπαραγωγική τους διαδικασία. Η κυριότερη ομάδα ιών είναι οι εντερικοί ιοί, οι οποίοι μολύνουν τη γαστεντερική οδό του ανθρώπου και ορισμένων ζώων και αποβάλλονται με τα περιττώματα. Οι κυριότεροι ιοί για το πόσιμο νερό είναι,

- Ο ιός της *Hepatitis A* που προκαλεί μολυσματική ηπατίτιδα, μια ασθένεια που χαρακτηρίζεται από ερεθισμό και νέκρωση του ύπατος. Μόλις πριν από λίγα χρόνια αποκτήθηκαν πληροφορίες για την ύπαρξή του στο νερό ύδρευσης και την απομάκρυνσή του κατά την επεξεργασία του νερού.
- Ιοί τύπου *Norwalk* που προκαλούν επιδημίες οξείας γαστρεντερίτιδας. Δεν υπάρχουν πληροφορίες για την ύπαρξη τους στα φυσικά νερά και για την απομάκρυνση τους κατά την επεξεργασία του νερού.
- *Rotaviruse.* Προκαλούν οξείες γαστρεντερίτιδες. Ανιχνεύονται μέσω των αντισωμάτων και των αντιγόνων τους. Τέτοιοι ιοί έχουν ανιχνευθεί και σε επεξεργασμένα νερά. Πάντως απομακρύνονται εύκολα με την κλασική επεξεργασία του νερού.
- *Adenoviruses, Enteroviruses, reoviruses.* Είναι ομάδες εντερικών ιών. Μπορούν να μολύνουν το εντερικό σύστημα και τους βρόγχους των πνευμόνων. Έχουν ανιχνευθεί σε φυσικά και επεξεργασμένα νερά, αλλά δεν έχει αποδειχθεί ο ρόλος του νερού για την μετάδοσή τους.

Πρωτόζωα

Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι, χωρίς χρωστικές, κινούμενοι οργανισμοί που δεν διαθέτουν τοίχωμα. Υπάρχουν πολλές μορφές πρωτοζώων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον από πλευράς ποιότητας νερού, όπως η *Giardia lamblia, η Entamoeba histalotica, το Cryptosporidium και η Naegleria fowleri.*

- *Giardia lamblia.* Μπορεί να υπάρχει ως τροφοζωικό με μήκος 9-21 μm, είτε ως σκληρή κύστη με διάμετρο 10-15 μm. Προκαλεί αμοιβική δυσεντερία. Φορείς της κύστης είναι οι άνθρωποι, ενώ δεν είναι τα υπόλοιπα ζώα.
- *Cryptosporidium.* Υπάρχει αρκετά μεγάλη ποικιλία ειδών της ομάδας αυτής με κυριότερα τα *Cryptosporidium muris* και *Cryptosporidium paryum*. Υπάρχουν στα επιφανειακά νερά και ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται απόβλητα. Απομακρύνονται με απλή διαδικασία του νερού.
- *Naegleria fowleri.* Η ομάδα αυτή υπάρχει στο χώμα και τα αποσυντιθεμένα φυτά. Προκαλεί πολλές φορές αμοιβική εγκεφαλίτιδα με συνέπεια το θάνατο. Βρίσκεται κυρίως σε λίμνες, ενώ σπάνια μετά από συμβατική επεξεργασία το νερό μεταφέρει αυτόν τον μικροοργανισμό.

Μικροφύκη

Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί. Αιωρούνται στο νερό όπου και αναπτύσσονται. Χρησιμοποιούν αποκλειστικά τη φωτοσύνθεση για την αύξηση και την αναπαραγωγή τους. Γενικώς είναι ακίνδυνα, εκτός από μερικά είδη που παράγουν ενδο και εξω-τοξίνες που είναι δυνατόν να παρουσιάσουν προβλήματα υγείας. Τα κυριότερα είδη που παράγουν εξωτοξίνες είναι τα κυανοβακτήρια, *Anaebena flos-aquae, Microcystis aeroginosa,* και *Aphanizomenon flos-aquae,* ενώ οι ενδοτοξίνες είναι κανονικό συστατικό του τοιχώματός τους. Συστατικά όμως των μικροφυκών μπορούν να προσδώσουν "γεώδη" γεύση στο νερό. Μια τέτοια περίπτωση αναφέρθηκε ότι επικρατούσε στη Χαλκίδα, όταν η επεξεργασία του φυσικού νερού από την Παραλίμνη δεν έλαβε υπόψη της την αφθονία των μικροφυκών που σε συνδυασμό με την πρακτική της ταχυδιύλισης δημιουργούσε την υποβαθμισμένη ποιότητα στο πόσιμο νερό.

Ασπόνδυλα μετάζωα

Είναι οργανισμοί που περιέχονται στα φυσικά νερά και μπορεί να εισέρχονται στην υδροληψία και το δίκτυο ύδρευσης, όταν δεν τηρούνται οι προδιαγραφές επεξεργασίας και απολύμανσης του νερού. Μια τέτοια περίπτωση αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο και αφορούσε τα μύδια του γλυκού νερού που έχουν εγκατασταθεί στο σύστημα υδροτροφοδοσίας του Αγρινίου, που λόγω έλλειψης της σχετικής υποδομής και ελέγχου στο τοπικό διυλιστήριο το πόσιμο νερό της περιοχής είναι ποιοτικά υποβαθμισμένο.

Τα περισσότερα εργαστήρια ελέγχου της ποιότητας του νερού ύδρευσης συνήθως δεν έχουν τη δυνατότητα να απομονώσουν ή να ανιχνεύσουν τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί δείκτες, η παρουσία των οποίων υποδηλώνει πρόσφατη μόλυνση του νερού από περιττώματα ανθρώπων και άλλων θερμόαιμων θηλαστικών.

Τα γενικά κριτήρια για ένα μικροβιολογικό δείκτη (μ/ο) είναι:

α) Ο μ/ο δείκτης πρέπει να είναι παρών, όταν ο παθογενής μικροοργανισμός είναι παρών.

β) Ο μ/ο δείκτης να υπάρχει στα περιττώματα σε μεγάλες ποσότητες.

γ) Ο μ/ο δείκτης να αντιδρά στο φυσικό περιβάλλον και στις διεργασίες επεξεργασίας κατά τρόπο ανάλογο με αυτόν του παθογόνου μικροοργανισμού που μας ενδιαφέρει.

δ) Ο μ/ο δείκτης πρέπει να απομονώνεται και να ανιχνεύεται εύκολα.

ε) Η σχέση μ/ο δείκτη παθογόνου πρέπει να είναι μεγάλη.

στ) Ο μ/ο δείκτης και ο παθογενής μικροοργανισμός πρέπει να προέρχονται από την ίδια πηγή.

Ο δείκτης που χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες είναι τα ολικά κολοβακτήρια, ενώ συχνά χρησιμοποιούνται τα κοπρανώδη κολοβακτήρια και οι εντερόκοκκοι.

Μια μέθοδος μέτρησης των ολικών κολοβακτηρίων είναι η ζύμωση σε πολλαπλούς σωλήνες, με την οποία υπολογίζεται ο πιθανός αριθμός τους. Στα ήδη χλωριωμένα νερά η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Λαμβάνεται μια σειρά από 5 δοκιμαστικούς σωλήνες, 5 φιάλες και μια μεγαλύτερη φιάλη. Η περιεκτικότητα σε υπόστρωμα και δείγμα/νερό είναι κατά αντιστοιχία:

α) 5 ml	1ml
β) 10 ml	5 ml
γ) 50 ml	50 ml

- Σε κάθε συσκευή υπάρχει ένα αντεστραμμένο "γυαλί" σαν μικρός δοκιμαστικός σωλήνας, έτσι ώστε να είναι βυθισμένο στο υλικό. Οι συσκευές με τα υποστρώματα τοποθετούνται στους 44 βαθμούς Κέλσιου επί 24 ώρες. Αν υπάρχουν μικροοργανισμοί στο δείγμα, τότε παράγονται αέρια κατά τον μεταβολισμό τους κι έτσι στο πάνω μέρος του "γυαλιού" συλλέγονται αέρια, λόγω της ζύμωσης, τα οποία το χρωματίζουν.

Για να πιστοποιηθεί η ύπαρξη και το είδος του μικροοργανισμού ακολουθείται η πιο κάτω διεργασία:

- Σε δύο νέους δοκιμαστικούς σωλήνες προστίθενται από 1ml μολυσμένου δείγματος πάνω σε θρεπτικό ενδιαίτημα. Ο ένας σωλήνας έχει "γυαλί" κολοβακτηριδίων, ενώ ο άλλος όχι. Οι δύο σωλήνες επωάζονται επί 24 ώρες στους 44 βαθμούς Κέλσιου. Στο δείγμα που δεν έχει "γυαλί" προστίθενται έπειτα 2-3 σταγόνες αντιδραστηρίου του Kovach. Εάν στο παραπάνω δείγμα σχηματιστεί μια κόκκινη περιφέρεια, πιστοποιείται η ύπαρξη παθογόνου μικροοργανισμού, ενώ θα πρέπει άμεσα να δραστηριοποιηθούν τα αρμόδια όργανα των οργανισμών ύδρευσης για να εξακριβώσουν σε ποιο ακριβώς σημείο του δικτύου υπάρχει το πρόβλημα (ΖΑΝΑΚΗ, 1996).

8.1.3. Μέθοδοι απομάκρυνσης και εξουδετέρωσης των μικροοργανισμών

Φυσική απομάκρυνση/ εξουδετέρωση

Το νερό που προορίζεται για ύδρευση ταμιεύεται σε δεξαμενές πριν προσφερθεί για κατανάλωση. Αυτή η αποθήκευση εξουδετερώνει κάποιους μικροοργανισμούς όπως είναι τα βακτήρια. Σημαντικό ρόλο παίζει η θερμοκρασία του νερού. Έχει αποδειχθεί πως σε χαμηλές θερμοκρασίες (4-8^0 C) ο χρόνος επιβίωσης των μικροοργανισμών αυξάνεται. Ωστόσο, σε συνθήκες εργαστηρίου, ο χρόνος επιβίωσης κυρίως για εντερικούς ιούς είναι μεγαλύτερος από το χρόνο που παρατηρείται στο πεδίο. Η μέθοδος αυτή αποτελεί απλό στάδιο προεπεξεργασίας για την εξουδετέρωση των μικροοργανισμών. Μάλιστα το αποτέλεσμα μπορεί να είναι και αρνητικό, αφού νέοι μικροοργανισμοί μπορούν να προστεθούν από πηγές μόλυνσης, όπως είναι τα πουλιά (π.χ. γλάροι). Ο χρόνος εξουδετέρωσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τον βαθμό μόλυνσης του νερού (ΛΕΚΚΑΣ, 1996).

Φίλτρανση

Αποτελεσματική μέθοδος για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών αποτελεί το φιλτράρισμα ή διήθηση σε άμμο (διήθηση επί μεμβράνης). Κατά τη διεργασία αυτή λαμβάνουν χώρα φυσικές και βιολογικές λειτουργίες. Σημαντική συνιστώσα της βιολογικής διαδικασίας είναι η παρουσία πρωτοζώων, μεταζώων, βακτηριοφάγων κ.ά. Οσον αφορά τις φυσικές διαδικασίες, βρέθηκε ότι η προσρόφηση των ιών σε φίλτρο άμμου επαυξάνεται σημαντικά με $CaCl_2$ και $MgCl_2$, αλλά μειώνεται όταν το φίλτρο είναι καθαρό και καινούριο και ακόμη περισσότερο με την αύξηση του pH. Γενικά, η διαδικασία διήθησης αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης πολλών μικροοργανισμών, αφού μπορεί να φτάσει σε ποσοστό μεγαλύτερο του 99,99 %.

Κροκίδωση/ Συσσωμάτωση

Μια διαδικασία η οποία απαιτείται συχνά για την επεξεργασία του πόσιμου νερού είναι η κροκίδωση και η συσσωμάτωση η οποία ακολουθείται από ιζηματοποίηση. Για την επίτευξή της χρησιμοποιούνται άλατα όπως $Al_2(SO_4)$ και $FeCl_3$ σε συγκεντρώσεις που έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό ιζημάτων των υδροξειδίων των μετάλλων αυτών. Έτσι, με την επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται απομάκρυνση των μικροοργανισμών σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90%. Βέβαια, το ποσοστό αυτό δεν είναι πάντοτε εφικτό και εξαρτάται από τα κροκκιδωτικά που χρησιμοποιούνται, τη θερμοκρασία, αλλά και από το οργανικό φορτίο του νερού (ΛΕΚΚΑΣ, 1996).

Γενικά, η χημική κροκκίδωση και η συσσωμάτωση είναι αποτελεσματικές διαδικασίες για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών από το πόσιμο νερό. Η αποτελεσματικότητα όμως των χημικών κροκκιδωτικών εξαρτάται από το pH αλλά όχι από τη θερμοκρασία. Ωστόσο, χρειάζεται προσοχή στη διαχείριση και στη διάθεση των ιζημάτων, γιατί οι μικροοργανισμοί που υπάρχουν σ' αυτά δεν είναι πλήρως ανενεργοί.

Απολύμανση

Το χλώριο κάτω από ευνοϊκές συνθήκες αποτελεί πολύ ισχυρό απολυμαντικό. Χρησιμοποιείται σε μορφή υγρού ή αερίου υπό πίεση. Είναι ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας ο οποίος εξουδετερώνει χημικά τα βακτήρια και τους ιούς, είτε κάτω από ισχυρά οργανικές είτε ανόργανες συνθήκες. Γενικά, είναι αποδεκτό ότι η εξουδε-

τέρωση βακτηρίων και ιών εξαρτάται από τη συγκέντρωση υποχλωριώδους οξέως (HClO). Η αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης εξαρτάται από το pH, την παρουσία αμμωνίας στο νερό, τις οργανικές συνθήκες και τα είδη των μικροοργανισμών. Πάντως, κύστεις πρωτοζώων και αβγά λεβίθων μπορούν να καταστούν ανενεργά, αλλα όχι να εξουδετερωθούν πλήρως.

Το όζον χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό του πόσιμου νερού. Έχει αποδειχθεί ότι συγκέντρωσή του 0,05 - 0,45 ppm και για χρονικό διάστημα δύο λεπτών στο νερό έχει σε κάποιους ιούς τα ίδια αξιόλογα αποτελέσματα με συγκέντρωση χλωρίου 0,5 - 1 ppm και για διάστημα μερικών ωρών. Μια συγκέντρωση όζοντος 0,4 ppm και για χρόνο δράσης περίπου 3 λεπτών, το καθιστούν πολύ ισχυρό απολυμαντικό. Σε περιπτώσεις όμως που το νερό περιέχει μεγάλο οργανικό φορτίο το όζον δεν μπορεί να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Γενικά, το όζον είναι πολύ αποτελεσματικό για βακτήρια, μύκητες και ιούς, αλλα λίγες είναι οι πληροφορίες σχετικά με την απολυμαντική του δράση στα πρωτόζωα και στα παρασιτικά μετάζωα (ΛΕΚΚΑΣ, 1996, ΖΑΝΑΚΗ, 1996).

Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος απολύμανσης του πόσιμου νερού είναι αυτή της χλωρίωσης. Ως απολυμαντικό μέσο λαμβάνεται το αέριο χλώριο ή το υποχλωριώδες νάτριο. Η ποσότητα του χλωρίου που προστίθεται στις δεξαμενές αποθήκευσης είναι ανάλογη της ποσότητας και ποιότητας του νερού και οπωσδήποτε μεγαλύτερη από αυτήν που θεωρητικά απαιτείται. Η χλωρίωση συνήθως διαρκεί 20 με 30 λεπτά και ύστερα από αυτό το χρονικό διάστημα το νερό δίνεται στην κατανάλωση, ενώ συνεχώς ελέγχονται οι συγκεντρώσεις του ώστε να διασφαλίζεται η απολυμαντική του δράση μέχρι τον τελευταίο καταναλωτή του δικτύου, όπως ορίζουν οι σχετικές υγιεινομικές διατάξεις.

Το χλώριο που καταναλώθηκε από τα συστατικά του νερού ονομάζεται **δραστικό,** ενώ αυτό που απομένει στο νερό είναι το **υπολειμματικό.** Εάν δεν μετρηθούν συγκεντρώσεις χλωρίου σημαίνει πως απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες, έτσι ώστε να θανατώνονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και να συνεχίζεται η απολυμαντική δράση του και μέσα στους αγωγούς.

8.1.4. Επιλογή φυσικού νερού για ύδρευση και επεξεργασία

Θα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρον να δούμε σε γενικές γραμμές ποια κριτήρια πρέπει να ακολουθούνται για την επιλογή μιας πηγής ύδρευσης, τι σημαίνει επεξεργασία του φυσικού νερού για πόση, τι προσφέρουν τα εμφιαλωμένα νερά και τι προσφέρουν τα φίλτρα που οι διάφορες εταιρίες προωθούν στην αγορά για να εγκαταστήσουμε στα σπίτια μας.

Τα κριτήρια για επιλογή και αξιολόγηση οποιουδήποτε φυσικού νερού που ενδεχομένως θα αποτελέσει νερό ύδρευσης πρέπει να περιλαμβάνουν σχετική περιβαλλοντική μελέτη σκοπιμότητας η οποία θα συλλέξει διαχρονικά στοιχεία και πληροφορίες για το φυσικό νερό και την υδατοσυλλογή, καθώς επίσης και τις προοπτικές και μελλοντικές τάσεις ως προς την κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής (Πίν. ΙΙΙ).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Πρότυπα ποιότητας επιφανειακών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού

(πηγές: EEC, 75/440-76/160-78/659-79/923-79/869, ΦΕΚ, 438Β/86)

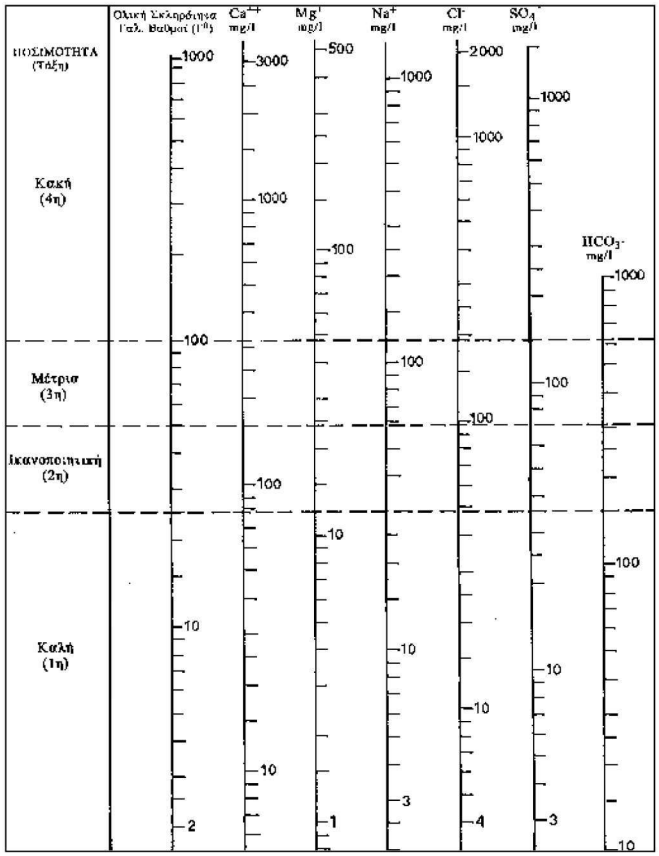
		Κατηγορία Νερών					
		A1		A2		A3	
α/α		Επιθυμητό όριο	Ανώτατο Επιτρεπτό όριο	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο Επιτρεπτό όριο	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο Επιτρεπτό όριο
1	pH, μονάδες	6.5-8.5		5.5-9		5.5-9	
2	Χρώμα, mg/l Pt *	10	20	50	100	50	200
3	TSS, mg/l	25					
4	Θερμοκρ., ^{0}C*	22	30	22	30	22	30
5	Αγωγιμότητα, μS/cm , 20^{0}C	1000		1000		1000	
6	Οσμή, % αραίωση σε 20^{0}C	3		10		20	
7	Νιτρικά,mg/l NO_3 *	25	50		50		50
8	Φθοριούχα, mg/l F	0.7-1	1.5	0.7-1.7		0.7-1.7	
9	Διαλυμέν. σίδηρος, mg/l Fe	0.1	0.3	1	2	1	

		Κατηγορία Νερών					
		A1		A2		A3	
α/α		Επιθυμητό όριο	Ανώτατο Επιτρεπτό όριο	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο Επιτρεπτό όριο	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο Επιτρεπτό όριο
10	Μαγγάνιο, mg/l Mn	0.05		0.1		1	
11	Χαλκός, mg/l Cu*	0.02	0.05	0.05		1	
12	Ψευδάργυρος,mg/l Zn	0.5	3	1	5	1	5
13	Βόριο, mg/l B	1		1		1	
14	Αρσενικό, mg/l As	0.01	0.05		0.05	0.05	0.1
15	Κάδμιο, mg/l Cd	0.001	0.005	0.001	0.005	0.001	0.005
16	Συν. χρώμιο, mg/l Cr		0.05		0.05		0.05
17	Μόλυβδος, mg/l Pb		0.05		0.05		0.05
18	Σελήνιο, mg/l Se		0.01		0.01		0.01
19	Υδράργυρος, mg/l Hg	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001
20	Βάριο, mg/l Ba		0.1		1		1
21	Κυανιούχα, mg/l CN		0.05		0.05		0.05
22	Θειικά, mg/l SO_4 *	150	250	150	250	150	250
23	Χλωριούχα, mg/l Cl	200		200		200	
24	Επιφ. ενεργ. ουσίες που δρούν με κυαν του μεθυλίου, mg/l LAS	0.2		0.2		0.5	
25	Φωσφορικά, mg/l P_2O_5	0.4		0.7		0.7	
26	Φαινόλες (δεικτης φαινόλης), mg/l C_6H_5OH		0.001	0.001	0.005	0.001	0.1
27	Διαλ. ή γαλακτ. υδρογονάνθρακες (μετά από εκχύλιση με πετρελ.αιθέρα), mg/l		0.05		0.2	0.05	1
28	Πολυκ. αρωματ. υδρογον.,mg/l		0.0002		0.0002		0.001
29	Σύνολο βιοκτόνων (παραθείο, BHC.διελδρίνη), mg/l		0.001		0.0025		0.005
30	Χημικά απαιτούμ. οξυγόνο, COD mg/l O_2					30	
31	Διαλυμέν. οξυγόνο, βαθ. κορεσμού %	>70		>50		>30	
32	Βιοχημικά απαιτούμ. οξυγόνο, BOD mg/l O_2	<3		<5		<7	
33	Αζωτο κατά Kjeldahl (εκτός NO_3), mg/l N	1		2		3	
34	Αμμωνία, mg/l NH_4	0.05		1	1.5	2	4
35	Ουσίες που εκχυλίζονται με χλωροφόρμιο, mg/l SEC	0.1		0.2		0.5	
36	Σύνολο κολοβακτηριοειδών/100ml	50		5000		50000	
37	Κολοβακτηρίδια/100ml	20		2000		20000	
38	Εντερόκοκκοι/100ml	20		1000		10000	
39	Σαλμονέλες	Απουσία σε 5 lt		Απουσία σε 1 lt			

*Παρατηρήσεις: Η κατηγορία A1 αντιστοιχεί στα νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση (π.χ.ταχεία διύλιση και απολύμανση) , η A2 στα νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από συνήθη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση (π.χ. προχλωρίωση, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση), η A3 στα νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από προχωρημένη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση (π.χ. χλωρίωση μέχρι του σημείου θραύσης της καμπύλης μέτρησης, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση με χρήση ενεργού άνθρακα και απολύμνση με όζον ή και τελική χλωρίωση κλπ). Ο * σημαίνει ότι μπορεί να γίνει παρέκκλιση στα ανώτερα επιτρεπτά όρια λόγω εξαιρετικών μετεωρολογικών ή γεωγραφικών συνθηκών.*

Εξάλλου, κάθε διαδικασία για επιλογή και αξιολόγηση οποιουδήποτε νερού θα πρέπει να περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές απαραίτητα και τα ακόλουθα:

- θεώρηση όλων των υπαρχόντων πηγών ύδρευσης της ευρύτερης περιοχής
- παρούσες ανάγκες, προοπτικές χρήσης για μελλοντικές δραστηριότητες, πληθυσμός κ.ά.,
- απαιτήσεις ποιότητας, συλλογής, επεξεργασίας, μεταφοράς και διανομής,
- εξέταση και ανάλυση υδρολογικών, φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων σε εποχιακή βάση και για διάστημα δύο τουλάχιστον ετών (Εικ. 2).



Εικ. 2: Υδρογεωχημικό διάγραμμα ποσιμότητας νερού (πηγή: WATERLOT, 1965).

Στη συνέχεια, η μελέτη σκοπιμότητος ασχολείται με τα κριτήρια επιλογής ως προς το είδος και τη μεθοδολογία για την επεξεργασία του φυσικού νερού. Αυτά τα κριτήρια περιλαβάνουν:

- μορφομετρικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά, ανθρωπογενείς δραστηριότητες, πηγές ρύπανσης και ρυπαντικά φορτία στη λεκάνη συλλογής του φυσικού νερού,
- ποιοτικά χαρακτηριστικά σε διαχρονική και εποχιακή βάση φυσικά, φυσικοχημικά, βιολογικά, μικροβιολογικά)
- αερισμός (υδατόπτωση, εκφύσηση αέρα, οξυγόνωση),
- συσσωμάτωση αιωρούμενων στερεών (κροκιδωτικό, ανάμιξη, αποσταθεροποίηση κροκίδων, συσσωματώματα),
- καθίζηση και επίπλευση,
- διήθηση (ανοικτά φίλτρα με κλίνες άμμου, κλειστού τύπου ταχυδιυλιστήρια με πληρωτικά υλικά και ενεργό άνθρακα),
- ιοντοανταλλαγή και προσρόφηση ανόργανων (απομάκρυνση διαλυμένων μετάλλων, τοξικές ουσίες)
- χημική καθίζηση και οξείδωση, χρήση μεμβρανών (απομάκρυνση γεύσης, οσμής, σιδήρου & μαγγανίου, βαρέων μετάλλων, αποσκλήρυνση, μικρορυπαντών κ.ά),
- προσρόφηση οργανικών ενώσεων (ενεργός άνθρακας),
- βαθμός και ρυθμός απολύμανσης.

8.1.5. Εμφιαλωμένα νερά

Πολλοί άνθρωποι προτιμούν τη σταθερή γεύση και τα χαρακτηριστικά που τους προσφέρουν τα εμφιαλωμένα νερά. Οι ποιοτικές προδιαγραφές τους είναι περισσότερο αυστηρές, σε σχέση με αυτές που προσφέρουν οι εταιρίες ύδρευσης και τούτο γιατί τα εμφιαλωμένα ελέγχονται μόνο μια φορά κατά την εμφιάλωσή τους, ενώ τα άλλα πόσιμα νερά ελέγχονται συνεχώς σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας και διανομής τους στον καταναλωτή. Τα εμφιαλωμένα νερά θα πρέπει να τα θεωρούμε ως τροφή και να τα μεταχειριζόμαστε με την ανάλογη προσοχή, δηλαδή να μην τα εκθέτουμε επί μακρό στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Όταν αρχίσει η κατανάλωσή τους, θα πρέπει να διατηρούνται πάντοτε στο ψυγείο και γρήγορα να καταναλώνονται. Οταν μεταβάλλεται η γεύση ή το χρώμα τους κατά τη διατήρησή τους, τότε σημαίνει ότι αλλοιώθηκε η ποιότητά τους και θα πρέπει να μην καταναλώνονται.

8.1.6. Οικιακά φίλτρα νερού

Η εγκατάσταση φιλτρού νερού στη βρύση του σπιτιού μας θα πρέπει να συνοδεύεται από ειδικές προδιαγραφές, από τις οποίες θα μας γίνεται γνωστό ποια είναι η εταιρία που μας το προμήθευσε, ποιες ουσίες και συστατικά, για παράδειγμα, κατακρατούνται από το φίλτρο, αν το νερό που προκύπτει είναι δυνατό να προκαλέσει βλάβη στην υγεία μας και πόσο συχνά θα πρέπει να αναζωογονείται ή να αντικαθίσταται το φίλτρο. Ιδιαίτερα προσεκτικοί θα πρέπει να είμαστε στη διατήρηση του νερού αυτού, όταν το φίλτρο απομακρύνει τα ίχνη της απολύμανσης. Αυτό που θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας και να απαιτούμε από τους προμηθευτές είναι, να μας γίνεται γνωστό πως λειτουργεί το φίλτρο, πώς θα επιβεβαιώνεται η καλή του λειτουργία, πως δεν θα δημιουργούνται προβλήματα γεύσης και οσμής και πόσο συχνά θα πρέπει να αντικαθιστούμε ή να αναζωογονούμε τα υλικά φίλτρανσης.

8.2. Νερό για Άρδευση και Κριτήρια

Οι άνθρωποι από πολύ παλιά κατανόησαν ότι για την ανάπτυξη των γεωργικών καλλιεργειών χρειάζονταν νερό, όπως νερό απαιτούσε και η γενικότερη ανάπτυξη των οικονομικών τους δραστηριοτήτων. Έτσι, πριν από 5000 περίπου χρόνια οι Αιγύπτιοι κατασκεύασαν το αρχαιότερο στον κόσμο φράγμα για την αποθήκευση του νερού ώστε να εξυπηρετηθούν οι τότε ανάγκες της άρδευσης και της ύδρευσης, ενώ κατά μήκος του Νείλου ποταμού εφαρμοζόταν η άρδευση με λεκάνες, πρακτική που εφαρμόζεται ακόμη και σήμερα. Στην αρχαία Κίνα η επιτυχημένη ή όχι διακυβέρνηση της χώρας στηριζόταν στα μέτρα που λαμβάνονταν από τους Αυτοκράτορες για την προστασία και τον έλεγχο των νερών. Στις Ινδίες η άρδευση ήταν τόσο παλιά όσο και η ιστορία της χώρας και αναφέρεται ότι ολόκληρη σχεδόν η χώρα αρδευόταν και έτσι πετύχαιναν να έχουν δύο σοδειές κάθε χρόνο. Στην αρχαία Μεσοποταμία είχε αναπτυχθεί ένα άριστο σύστημα άρδευσης με τα νερά των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη και η χώρα ευημερούσε, όμως στη συνέχεια, εξαιτίας της έλλειψης αποστραγγιστικών δικτύων, συσσωρεύτηκαν άλατα στο έδαφος, με αποτέλεσμα τα γόνιμα εδάφη να υποβαθμιστούν σταδιακά και να καταρρεύσει ο πολιτισμός τους. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η εμφάνιση του πολιτισμού και η ευημερία μιας χώρας ήταν πάντοτε συνδεδεμένη με την ανάπτυξη της γεωργίας, την παρουσία του νερού και την ορθολογική του διαχείριση (AYERS & WESTCOT, 1985).

Το συνολικό ετήσιο ανανεώσιμο υδατικό δυναμικό της Ελλάδας εκτιμάται ότι ανέρχεται στα 65,3 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (62,9 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα αφορούν τα επιφανειακά νερά και 2,4 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα τα υπόγεια) και θεωρείται ότι είναι σχετικά επαρκές για να καλύψει τις συνολικές ανάγκες σε νερό. Όμως, οι κλιματικές συνθήκες σε συνδυασμό με το ανάγλυφο, την κατανομή του πληθυσμού και των δραστηριοτήτων του, επιδρούν στην άνιση κατανομή, διάθεση και χρήση των υδατικών πόρων με συνέπεια να υπάρχουν έντονες διαφοροποιήσεις και προβλήματα επάρκειας. Αποτέλεσμα της πιο πάνω ανισοκατανομής σε προσφορά και ζήτηση, είναι ότι απαιτούνται έργα για την αποθήκευση και μεταφορά του νερού σε ελλειμματικές περιοχές, προκειμένου να καλυφθεί το έλλειμμα της υγρασίας του εδάφους που είναι αναγκαία προϋπόθεση για την ανάπτυξη των περισσότερων καλλιεργειών. Επομένως, οι αρδεύσεις καλούνται να καλύψουν το πιο πάνω έλλειμμα σε νερό (ΦΑΤΟΥΡΟΣ, 1998).

Στη χώρα μας, οι εκτάσεις που αρδεύονται ξεπερνούν τα 12 εκατομμύρια στρέμματα, δηλαδή το 33% της γεωργικής γης, ενώ η καταναλισκόμενη ποσότητα νερού για αρδεύσεις φτάνει το 15-20% περίπου του ανανεώσιμου ετήσιου υδατικού δυναμικού. Το ποσοστό αυτό σε σύγκριση με τα ποσοστά άλλων χωρών θεωρείται υψηλό και πιθανότατα εκφράζει τις δυσχέρειες που υπάρχουν ως προς την περαιτέρω ανάπτυξη των υδατικών

πόρων και την ορθολογική τους αξιοποίηση, ενώ η εκμετάλλευση των υπόγειων νερών γίνεται χωρίς προγραμματισμό, επειδή αποτελεί φθηνή και άμεση λύση. Επακόλουθο αυτών είναι, οι υπόγειοι υδροφόροι σχηματισμοί να υπεραντλούνται, ενώ οι επιφανειακοί πόροι να αποτελούν πεδίο αντιπαράθεσης των χρηστών, εξαιτίας της πολλαπλής λειτουργικότητάς τους και της απουσίας ιεράρχησης των χρήσεων που μπορεί μια υδάτινη μάζα να καλύψει. Με άλλα λόγια, διαταράσσεται το υδατικό ισοζύγιο σε πολλές περιοχές, προκαλούνται ποσοτικά και ποιοτικά προβλήματα, γεγονός που επιδεινώνεται κατά τη διάρκεια περιόδων ανομβρίας, οπότε υφαλμυρώνονται οι υπόγειοι υδροφόροι, προκαλούνται ζημιές στις καλλιέργειες και τελικά και στα έδάφη (ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ - ΑΝΔΡΟΥΛΙΔΑΚΗ, 1978).

Σε πολλές περιοχές, η ποσοτική επάρκεια του νερού εκμηδενίζεται εξαιτίας των πυρκαγιών, της υπερβόσκησης, της εγκατάλειψης των αναβαθμίδων σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές, ενώ στις αστικές περιοχές η τσιμέντωση και ασφαλτόστρωση κάθε ελεύθερης επιφάνειας εδάφους, πεζοδρομίων κ.ά αποστερούν τον εμπλουτισμό των εδαφών με νερό. Το αποτέλεσμα είναι να καθίσταται δύσκολη έως αδύνατη η συγκράτηση των νερών της βροχής και του χιονιού, τα χειμαρρικά και πλημμυρικά φαινόμενα να είναι συχνά, οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες να μην εμπλουτίζονται επαρκώς και οι ελλειμματικές σε νερό περιοχές διαρκώς να επεκτείνονται. Για την ανατροπή της πιο πάνω κατάστασης και την ορθή αντιμετώπιση του προβλήματος, επιβάλλεται όπως μεταξύ των άλλων δημιουργούνται έργα ορεινής υδρονομίας, αναβαθμοί, ταμιευτήρες και λιμνοδεξαμενές (ΠΑΝΩΡΑΣ, 1994).

Η άρδευση των καλλιεργειών αποβλέπει ουσιαστικά στη βελτίωση της ποιότητας της γης. Έτσι, με την άρδευση συνήθως επιτυγχάνονται μεγαλύτερες στρεμματικές αποδόσεις, παράγονται προϊόντα υψηλής αξίας, ενώ περισσότερο αποτελεσματικά χρησιμοποιούνται τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα και παρέχονται μεγαλύτερες δυνατότητες για την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών. Η άρδευση όμως απαιτεί ορθολογική αξιοποίηση και χρήση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Είναι γνωστό επίσης ότι η παραγωγή μιας δεδομένης καλλιέργειας είναι άριστη, όταν το νερό είναι πολύ καλής ποιότητας. Στην περίπτωση που το νερό έχει μειωμένη ποιότητα (αυξημένη συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων), τότε συνήθως έχει άμεσο αντίκτυπο στη μείωση της παραγωγής. Για παράδειγμα, σε καλλιέργειες που είναι ευαίσθητες στα άλατα (εσπεριδοειδή, μηλιές, ροδακινιές, φασόλια) η μείωση της παραγωγής είναι συγκριτικά μεγαλύτερη, απ' ό,τι σε καλλιέργειες με μέτρια ανθεκτικότητα (αραβόσιτος, μηδική, τομάτα) ή με ανθεκτικότητα (τεύτλα, βαμβάκι) στα άλατα, όπου η παραγωγή είναι αντίστοιχα συγκριτικά μεγάλη ή συγκριτικά μικρότερη. Εξάλλου, η παρουσία τοξικών ιχνοστοιχείων (βόριο) συντελεί και στη μείωση της ποιότητας των καρπών, για παράδειγμα της ελιάς, κερασιάς και μηλιάς. Η υψηλή περιεκτικότητα των νερών για άρδευση σε όξινα ανθρακικά (HCO_3), δημιουργεί κηλίδες στους καρπούς, ενώ νερά με χαμηλό pH (4.5) προκαλούν φαινόμενα φυτοτοξικότητας, εξαιτίας της διαλυτότητας αλάτων όπως Al, Mn, Fe κ.ά. Γενικότερα, η ποιότητα των αρδευτικών νερών για συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες και καλλιεργητικές φροντίδες, σχετίζονται και με το φυτό και με το έδαφος, γιατί η άρδευση και η στράγγιση είναι σχέσεις ανάμεσα στο νερό, το φυτό και το έδαφος.

Ειδικότερα, όσον αφορά τη σχέση νερού και εδάφους, η σημασία του εδάφους ως χώρου αποθήκευσης του νερού και ως δεξαμενής των θρεπτικών στοιχείων είναι δεδομένη, καθώς επίσης το έδαφος είναι μέσο στήριξης του φυτού και χώρος ανάπτυξης του ριζικού του συστήματος. Εξάλλου, η διηθητική ικανότητα του εδάφους (ρυθμός διήθησης του νερού) παίζει σημαντικό ρόλο στον επανεμπλουτισμό του με νερό, όπως και οι φυσικοχημικές εδαφικές διεργασίες (θερμοκρασία, αερισμός, συρρίκνωση, θρόμβωση κ.ά). Στη σχέση ανάμεσα στο νερό και στο φυτό υπεισέρχεται η οικολογική και φυσιολογική σημασία του νερού, ο ρόλος του στα φυτά (συμβολή στη θρέψη, ανάπτυξη και μορφολογία), η σπουδαιότητα του με τις επιμέρους ιδιότητές του κ.ά. Τέλος, η σχέση νερού, εδάφους, φυτού, εκτός των πιο πάνω, είναι σημαντική για την κίνηση του νερού στο έδαφος και στο φυτό, την απορρόφηση του νερού από το φυτό, την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και την απορρόφηση από τις ρίζες των υδατοδιαλυτών ουσιών του εδάφους.

Οι πιο πάνω σχέσεις θα πρέπει να εξετάζονται σε συνδυασμό με το κλίμα της περιοχής, τις συνθήκες καλλιέργειας, τη μέθοδο άρδευσης και διαχείρισης του νερού, ώστε να επιτυγχάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα για την καλλιεργεια, το έδαφος, το νερό και το περιβάλλον γενικότερα.

Η σημασία της ποιότητας του αρδευτικού νερού είναι τεράστια, γιατί το καλής ποιότητας νερό:

- επιτρέπει την καλή διήθηση του στο έδαφος,
- διευκολύνει τις φυσικοχημικές εδαφικές διεργασίες και τον αερισμό των εδαφών,
- βελτιώνει τις συνθήκες θρέψης των φυτών και συντελεί στην ισόρροπη ανάπτυξη τους χωρίς προβλήματα χλωρωτικά, τροφοπενίες και καχεξίες,

- συντελεί στην καλή κίνηση του νερού από το έδαφος, στις ρίζες και στο υπόλοιπο φυτό, καθώς και στην απορρόφηση των υδατοδιαλυτών ουσιών από το φυτό.

Τα περισσότερα επιφανειακά νερά στην Ελλάδα δεν παρουσιάζουν προβλήματα καταλληλότητας για άρδευση, ενώ τα υπόγεια νερά αρκετές φορές χρειάζονται ειδική μεταχείριση για να αποφευχθούν δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά, στο έδαφος και στις καλλιέργειες γενικότερα. Όμως, η καταλληλότητα του νερού για άρδευση στηρίζεται όχι μόνο στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, αλλά και σε εδαφικούς, φυσικούς, και κλιματικούς παράγοντες, καθώς και στον τρόπο διαχείρισής του για άρδευση.

Η διαδικασία εκτίμησης της ποιότητας του νερού άρδευσης, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα ιχνοστοιχεία και τα νιτρικά περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα (ΠΑΝΩΡΑΣ και συν., 1994):

- δειγματοληψία με κατάλληλη συσκευή, αποθήκευση σε κατάλληλο δοχείο και σε χαμηλή θερμοκρασία και άμεση αποστολή στο εργαστήριο για την ανάλυση,
- χημική ανάλυση που περιλαμβάνει, pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα ανιόντα CO_3^{--}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{--}, τα κατιόντα Ca^{++} Mg^{++}, Na^+, K^+, και σε περιοχές με μεταλλικά νερά και το βόριο.
- με βάση τα αποτελέσματ των πιο πάνω αναλύσεων υπολογίζονται

α) το ποσοστό Na^+ στο σύνολο των κατιόντων $Na^+(\%)= [Na^+/(Na^+ + Ca^{++} + Mg^{++} + K^+)] \times 100$.

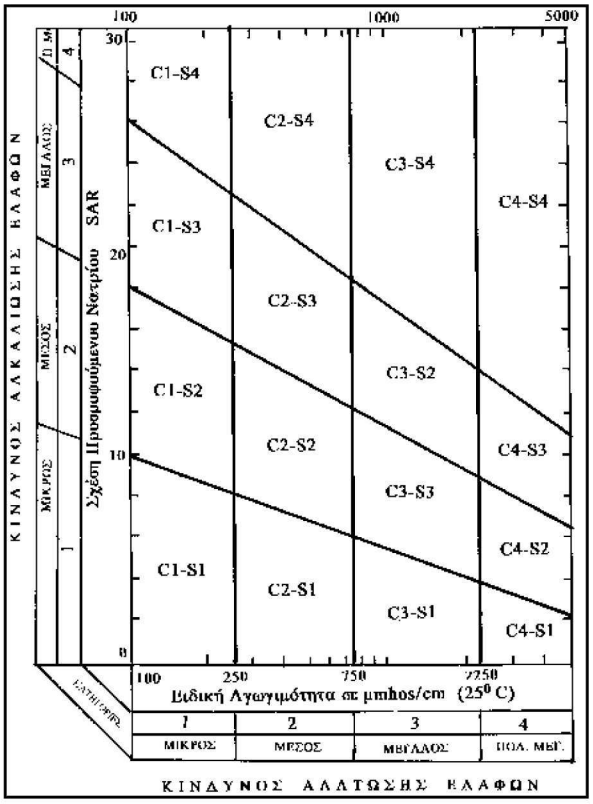
β) το υπολειμματικό Na_2CO_3, $RSC=(CO_3^{--}+HCO_3^-) - (Ca^{++}+ Mg^{++})$. Όταν η διαφορά είναι αρνητική δεν υπάρχει Na_2CO_3.

γ) ο λόγος προσρόφησης του νατρίου, $SAR=Na^+/[(Ca^{++} + Mg^{++})]/2] 0.5$

δ) η τιμή του δείκτη κορεσμού του Langelier, LSI=pHa -pHc, όπου pHa η μέτρηση στο εργαστήριο και pHc η θεωρητική τιμή που υπολογίζεται με βάση τα δεδομένα της χημικής ανάλυσης. Θετικές τιμές φανερώνουν τάση καθίζησης του $CaCO_3$.

Η ποιοτική εκτίμηση για την καταληλλότητα του νερού άρδευσης μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους μεταξύ των οποίων αναφέρονται οι πιό κάτω.

α) **κατάταξη αλατότητας (USSL).** Το νερό κατατάσσεται σε διάφορες κατηγορίες με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα, και το λόγο προσρόφησης νατρίου, **βαθμός SAR.**



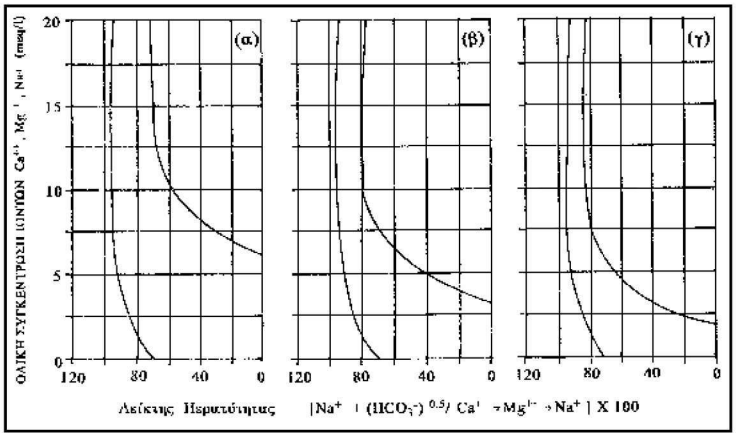
Εικ. 3: Ποιοτική κατάταξη του αρδευτικού νερού (πηγή: USSL 1954).

β) **κατάταξη Doneen.** Ανάλογα με τη δυνατότητα δημιουργίας αλατότητας στο έδαφος, το νερό ταξινομείται σε 3 κατηγορίες και σε ό,τι αφορά τον κίνδυνο αλκαλίωσης των εδαφών με μικρή, μεσαία και μεγάλη περατότητα, το νερό ταξινομείται επίσης σε 3 κατηγορίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Κατάταξη νερού άρδευσης (πηγή: DONEEN 1954)

	$Cl^- + 0.5 \times SO4^{--}$ meq/l		
Συνθήκες Εδάφους	**Κατηγορία 1**	**Κατηγορία 2**	**Κατηγορία 3**
Μικρή έως μηδαμινή έκλυση του εδάφους	<3	3-5	>5
Περιορισμένη έκλυση. Στράγγιση μικρή	<5	5-10	>10
Διαπερατά εδάφη. Στράγγιση καλή	<7	7-15	>15



Εικ. 4: Ταξινόμηση του αρδευτικού νερού για εδάφη (α) μικρής, (β) μέσης και (γ) μεγάλης περατότητας (πηγή: DONEEN 1954).

γ) **κατάταξη Christiansen *et al.*,.** Τα κριτήρια κατάταξης του αρδευτικού νερού δίνονται στον Πίνακα IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Κατάταξη νερού άρδευσης (πηγή: CHRISTIANSEN et al., 1977)

α/α	Κατηγορία	Δυναμικό Οξειδοαναγωγής	Na %	SAR	Na_2CO_3 meq/l	Cl^- meq/l	B ppm
1	**Άριστο**	<0.5	<40	<3	<0.5	<3	<0.5
2	**Καλό**	0.5-1.0	40-60	3-6	0.5-1.0	3-6	0.5-1.0
3	**Ανεκτό**	1.0-2.0	60-70	6-9	1.0-2.0	6-10	1.0-2.0
4	**Αμφίβολο**	2.0-3.0	70-80	9-12	2.0-3.0	10-15	2.0-3.0
5	**Επιβλαβές**	3.0-4.0	80-90	12-15	3.0-4.0	15-20	3.0-4.0
6	**Ακατάλληλο**	>4.0	>90	>15	>4.0	>20	>4.0

δ) **κατάταξη Ayers και Westcot.** Τα κριτήρια αυτής της μεθόδου φαίνονται στον Πίνακα V.

ΠΙΝΑΚΑΣ V

Εκτίμηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού (πηγή: AYERS and WESTCOT, 1985)

		Βαθμός Προβλήματος		
Αρδευτικό Πρόβλημα	**Μονάδες**	**Χωρίς Πρόβλημα**	**Αυξανόμενο Πρόβλημα**	**Σοβαρό Πρόβλημα**
ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ				
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	mS/cm	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Ολικά Διαλυμένα Στερεά	mg/l	<450	450-200	>2000
ΔΙΗΘΗΣΗ - ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ				
SAR= 0-3 & Ηλεκτρ. Αγωγιμότ.		>0.7	0.7-0.2	>0.2
3-6		>1.2	1.2-0.3	>0.3
6-12		>1.9	1.9-0.5	>0.5
12-20		>2.9	2.9-1.3	>1.3
20-40		>5.0	5.0-2.9	>2.9
ΕΙΔ. ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΙΟΝΤΩΝ				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση	SAR	<3.0	3.0-9.0	>9.0
Καταιονισμός	mg/l	<70	>70	
Χλώριο (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση	mg/l	<140	140-350	>350
Καταιονισμός	mg/l	<100	>100	
Βόριο (B)	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
ΑΛΛΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ				
Άζωτο (NO3-N)	mg/l	<5	5-30	>30
Δισανθρακ. (HCO_3) καταιον.	mg/l	<90	90-500	>500
Υπολειμμ. χλώριο καταιον.	mg/l	<1	1-5	>5
pH			Κανονικό επίπεδο 6.5-8.4	

Σε πολλές χώρες το νερό των επεξεργαζομένων λυμάτων αλλά και των υγρών αποβλήτων από κτηνοτροφικές μονάδες, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει αρδευτικές ανάγκες. Τα υγρά λύματα και απόβλητα μετά την επεξεργασία τους περιέχουν σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών (άζωτο, φώσφορο, κάλιο) και σε μικρότερες ποσότητες ασβέστιο, μαγνήσιο νάτριο και ιχνοστοιχεία. Αυτό όμως που θα πρέπει να τονιστεί είναι το ότι τα υγρά λύματα και απόβλητα θα πρέπει να διατεθούν στο περιβάλλον με τρόπο που να διασφαλίζεται η ποιότητά του και παράλληλα να διατηρείται σε λογικά επίπεδα η όλη δαπάνη. Το έδαφος και το νερό είναι δυνατό να είναι οι αποδέκτες τέτοιων υγρών, ενώ η διάθεσή τους μέσω του συστήματος άδρευσης έχει σοβαρά πλεονεκτήματα. Το έδαφος από τη φύση του εξαιτίας της δομής του και των μικροοργανισμών που διαθέτει είναι δυνατό να δεχθεί και να αφομοιώσει μεγαλύτερα φορτία από όσα το νερό χωρίς να υποβαθμιστεί σε απαγορευτικό βαθμό. Αντίθετα, το νερό σαν αποδέκτης είναι συγκριτικά περισσότερο ευαίσθητο λόγω των μικρότερων δυνατοτήτων του και των πολλαπλών του χρήσεων που το καθιστούν όλο και περισσότερο πολύτιμο. Γενικά ο βαθμός της απαιτούμενης προεπεξεργασίας εξαρτάται από το είδος της αρδευόμενης καλλιέργειας και τους σχετικούς κανονισμούς που ισχύουν σε κάθε χώρα. Στην Ελλάδα οι περιορισμοί αναφέρονται στην Υγειονομική Διάταξη Ειβ/221/1965 (ΦΕΚ 138Β/24-2-1965) και τις μεταγενέστερες τροποποιήσεις του.

Στον Πίνακα VI δίδονται μερικές προδιαγραφές για τη χρησιμοποίηση κατεργασμένων λυμάτων για άρδευση.

ΠΙΝΑΚΑΣ VI

Προδιαγραφές κατεργασμένων λυμάτων για άδρευση (πηγή: METCALF& EDDYInc., 1972)

	ΗΠΑ	**Ισραήλ**	**Γερμανία**
Οπωροφόρα και αμπελώνες	Πρωτοβάθμια επεξεργασία Απαγόρευση ψεκασμού	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	 Απαγόρευση ψεκασμού
Βαμβάκι, Φυτά ελαιούχων σπόρων	Πρωτοβάθμια επεξεργασία Επιφανειακή εφαρμογή ή ψεκασμός	Δευτεροβάθμια επεξεργασία	Πρωτοβάθμια επεξεργασία για επιφ. εφαρμογή Βιολογική επεξεργασία και χλωρίωση για ψεκασμό
Προϊόντα που δεν καταναλώνονται ωμά	Πρωτοβάθμια επεξεργασία για επιφ. διάθεση Δευτεροβάθμια επεξεργασία και χλωρίωση για ψεκασμό	Χλωρίωση	Άρδευση 4 εβδομάδες πριν τη συγκομιδή
Προϊόντα που καταναλώνονται ωμά	Για επιφανεική εφαρμογή <2.2 κολοβακτηριοειδή ανά 100ml Για ψεκασμό χλωρίωση και διήθηση εκροών με κροκιδωτικό	Επιτρέπεται μόνο σε φρούτα που ξεφλουδίζονται πριν καταναλωθούν	Πατάτες και δημητριακά μόνο κατά την ανθοφορία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΥΝ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κάθε είδους αναπτυξιακή δραστηριότητα που χρησιμοποιεί το νερό και το υδάτινο περιβάλλον με κάθε τρόπο, είναι δυνατό να δημιουργήσει **επιπτώσεις** στο περιβάλλον και τοπικά προβλήματα, γιατί ο ανταγωνισμός με τους άλλους χρήστες του υδάτινου περιβάλλοντος είναι οξύς, εξαιτίας της μέχρι σήμερα έλλειψης τοπικού διαχειριστικού φορέα. Εξάλλου, και οι μηχανισμοί "**ανάδρασης**" που διαθέτει το περιβάλλον είναι δυνατό να δημιουργήσουν τέτοιες επιπτώσεις στον υδάτινο πόρο οι οποίες **μπορεί να αναστείλουν και να απειλήσουν ακόμη και τη βιωσιμότητα της δραστηριότητας**, πέρα από τη δημιουργία καταστάσεων υποβάθμισης του υδάτινου οικοσυστήματος και της ποιότητας του νερού.

Υπάρχει σήμερα αρκετή εμπειρία και πληροφόρηση σε διεθνές επίπεδο για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από αναπτυξιακές δραστηριότητες και κάθε είδους επεμβάσεις που προτείνονται να λειτουργήσουν ή είναι εγκατεστημένες στη στεριά ή μέσα στον υδάτινο πόρο, ώστε με τον καλύτερο δυνατό σχεδιασμό και συστηματικό έλεγχο να επιτυγχάνεται:

- η **ήπια** εκμετάλλευση του περιβάλλοντος,
- η μεγαλύτερη δυνατή **απόδοση** σε παραγωγική δραστηριότητα-προϊόντα και
- η **προστασία** του περιβάλλοντος.

Επομένως, είναι σημαντικό να αναπτύξουμε τα δικά μας κριτήρια για κάθε περιοχή, με τα διαθέσιμα επιστημονικά δεδομένα και τις ισχύουσες ανά περιοχή διατάξεις, ώστε να εξασφαλίζεται η ορθολογική διαχείριση των νερών, γιατί κάθε περιοχή έχει τη δική της ταυτότητα συνθηκών και ιδιαιτεροτήτων. Αυτή η συνθήκη είναι η ζητούμενη και απορρέει από το ότι στις γειτονικές με το νερό περιοχές (παράκτιες και παρόχθιες περιοχές) (WALLIN *et al.* 1990, PILESJO *et al.* 1991):

- τα **προβλήματα ανταγωνισμού** με τους άλλους χρήστες (αναψυχή, αλιεία, τουρισμός), της περιοχής και του νερού είναι μεγάλα,
- η **διαχείριση** των ακτών, το υδρολογικό και υδροδυναμικό καθεστώς, η ανανέωση του νερού, και η δυναμική των ιζημάτων του πυθμένα, αποτελούν μεταξύ των άλλων παράγοντες μεγάλης σπουδαιότητας για την οικολογική κατάσταση της περιοχής, για την παραμονή ή τη μετατόπιση - διάσπαση των ρυπαντών προς την ανοιχτή περιοχή, τη διάβρωση ή μη των ακτών, την προστασία του περιβάλλοντος κ.ά,
- η **βιολογική παραγωγή** στις παράκτιες-παρόχθιες περιοχές είναι γενικά πλούσια και επομένως θα πρέπει οι περιοχές αυτές να τύχουν ιδιαίτερης προσοχής, για τη διαφύλαξη των παράκτιων φυσικών πόρων και λειτουργιών.

Παράλληλα, επειδή η παράκτια-παρόχθια ζώνη είναι ένας ευαίσθητος και σημαντικός φυσικός πόρος θα πρέπει να προστατευθεί. Επομένως, η απόκτηση γνώσης γύρω από τις επικρατούσες συνθήκες της περιοχής, αποτελεί μέλημα πρώτης προτεραιότητας, γιατί μόνο τότε μπορούμε να ελέγξουμε τις δυνατότητες της περιο-

χής ως προς **τη φέρουσα και αφομοιώσιμη χωρητικότητά της** για να καλύψει αναπτυξιακές δραστηριότητες και λειτουργίες.

Οι δραστηριότητες που προέρχονται από εγκαταστάσεις στην ξηρά, αλλά και εκείνες που χρησιμοποιούν το νερό ή έπηρεάζουν άμεσα το υδάτινο περιβάλλον, συνήθως εμπεριέχουν κάποιο βαθμό οικολογικής απειλής για το υδάτινο οικοσύστημα και τις λειτουργίες του. Για την αντιμετώπιση της κατάστασης και των προβλημάτων που πιθανώς να προκύψουν από την αξιοποίηση μιας περιοχής, έχουν γίνει προσπάθειες **πρόγνωσης** των επιπτώσεων στο περιβάλλον ή και εξουδετέρωση ή και περιορισμός των "αποβλήτων" προς το υδάτινο οικοσύστημα. Αν και πολλά χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να αποκτηθούν από τη διεθνή πρακτική, πολλές φορές όμως αυτά δεν είναι κατάλληλα να προσαρμοστούν στο είδος της δραστηριότητας που μας ενδιαφέρει να αναπτύξουμε σε μια περιοχή, ή ίσως η περιοχή δεν είναι η κατάλληλη για τη σχεδιαζόμενη ανάπτυξη. Συνήθως, οι ζημιογόνες επιπτώσεις στο περιβάλλον προέρχονται από **απρογραμμάτιστο και μη ορθολογικό σχεδιασμό** της διαχείρισης των υδατικών πόρων της περιοχής και από την έλλειψη χωροθέτησης των δραστηριοτήτων. Αυτές μάλιστα οι καταστάσεις αποκτούν ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας,όπου οι περισσότεροι υδάτινοι πόροι βρίσκονται από ποιοτική άποψη σε υψηλά επίπεδα, η βιοπαραγωγική περίοδος είναι παρατεταμένη, ενώ παράλληλα οι πολλαπλές χρήσεις κάθε υδάτινου πόρου, χωρίς ιεράρχιση των τοπικών δραστηριοτήτων, αποτελούν πάντοτε πιθανή απειλή.

Για τη διερεύνηση των πιο πάνω δυνατοτήτων και σχέσεων, προτείνεται η εξής μεθοδολογία, η οποία μεταξύ των άλλων περιλαμβάνει:

- την απόκτηση γνώσης των αναγκαίων παραμέτρων που επικρατούν στην περιοχή,
- την εκτίμηση της φόρτισης σε θρεπτικά που δέχεται σήμερα η περιοχή και που ενδεχομένως θα δεχθεί στο μέλλον από την προτεινόμενη δραστηριότητα,
- τη συσχέτιση και ερμηνεία των οικολογικών δεδομένων με τις συνθήκες αξιοποίησης της περιοχής,
- την προσαρμογή των διατάξεων της δραστηριότητας στις επικρατούσες τοπικές συνθήκες του περιβάλλοντος.

Με αυτόν τον τρόπο, μέσω της προκαταρκτικής εργασίας, δηλαδή, επιχειρείται η ελαχιστοποίηση των πιθανών ζημιογόνων επιπτώσεων που ενδεχομένως θα επακολουθήσουν της αξιοποίησης. Οπωσδήποτε όμως, οι γενικότητες δεν βοηθούν στη διαφύλαξη του υδάτινου περιβάλλοντος και τούτο γιατί υπάρχει μια ποικιλία διαφοροποιήσεων που έχουν να κάνουν με το είδος της δραστηριότητας, το υδάτινο περιβάλλον (τοπογραφία του πυθμένα, το βάθος της περιοχής, η επικοινωνία της ή όχι με την ανοικτή θάλασσα ή λίμνη, με τα ρεύματα κ.ά), το κοινωνικο-οικονομικό και περιβαλλοντικό "profile" της δραστηριότητας και σε άλλους παράγοντες που προσδιορίζουν κάθε φορά την ταυτότητα της μοναδικότητας της συγκεκριμένης περιοχής.

Πριν από την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μια περιοχή που δέχεται τις επιδράσεις από παραγωγικές και άλλες δραστηριότητες, είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς **κατά πόσον ευαίσθητη είναι η περιοχή** αυτή στους διαφορετικούς τύπους ρύπανσης και στις κάθε είδους οχλήσεις. Αυτή μάλιστα η ευαισθησία μπορεί να εκφράζεται, για παράδειγμα, ως μια λειτουργία των πιό κάτω παραγόντων, όπως είναι:

- η **ανάμιξη** του νερού. Δηλαδή, πόσες φορές αναμιγνύεται το επιφανειακό με το νερό του πυθμένα.
- οι συνθήκες της **δυναμικής** του πυθμένα. Δηλαδή, ποια είναι η κατανομή των διαφορετικών τύπων ιζήματος του πυθμένα.
- η **μορφομετρία** της παράκτιας περιοχής. Εδώ, περιλαμβάνονται ο όγκος της υδάτινης περιοχής, το μέσο βάθος και τα τοπογραφικά ανοίγματα προς την ανοιχτή περιοχή.
- και άλλα.

9.1. Έλεγχος του Περιβάλλοντος και Δυνατότητες Σχεδιασμού Αναπτυξιακών Δραστηριοτήτων

Κάθε υδάτινο σύστημα μπορεί να ελέγχεται από μια σειρά μορφο-γεω-φυσικοχημικών παραγόντων και από έναν αριθμό βιολογικών παραμέτρων οι οποίες λιγότερο ή περισσότερο συνδέονται και αλληλοσυσχετίζονται. Για παράδειγμα, η βιοπαραγωγή μιας υδάτινης περιοχής εκφράζεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και με τη βοήθεια διαφορετικών παραμέτρων, όπως είναι, για παράδειγμα, η χλωροφύλλη-α, ο όγκος των φυτοπλαγκτικών κυττάρων, καθώς και οι βιοτικοί δείκτες φυτοπλαγκτού και βένθους. Αυτό δηλαδή σημαίνει, ότι από μόνες τους οι μαθηματικές εκφράσεις (μοντέλα) και αναλύσεις είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να προσδιορίσουν την ανεξαρτησία των παραμέτρων ποιότητας νερού, αλλά και τις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος.

Οι πλέον γνωστοί παράμετροι (σε παρένθεση τα σύμβολα και οι σχέσεις) οι οποίες αποτελούν γνώμονα για το σχεδιασμό και την ορθολογική διαχείριση κάθε υδάτινου (περιβάλλοντος) και με τις οποίες εξασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος και προστατεύεται η βιωσιμότητα της εκμετάλλευσης, παρατίθενται στον Πίνακα Ι.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Απόκτηση και μέτρηση παραμέτρων περιβάλλοντος για το σχεδιασμό και τη διαχείριση αναπτυξιακών δραστηριοτήτων (πηγή: HAKANSON & WALLIN 1991)

Παράμετροι		
Ευαισθησίας	***Φόρτισης***	***Επίδρασης***
στο Υδάτινο Περιβάλλον		
Παράμετροι μορφομετρικών μεγεθών - Μέγιστο βάθος - Μήκος ακτής - Αναλογία νήσων - Μήκος ακτογραμμής - Συνολική έκταση - Υδάτινη έκταση - Τμήμα περιοχής - Περιοχή πυθμένα - Ογκος νερού	Συγκεντρώσεις στην υδάτινη επιφάνεια - Ολικού αζώτου - Ανόργανου αζώτου - Ολικού φωσφόρου - Ανόργανου ολ. φωσφόρου	- Δίσκος Secchi - Χλωροφύλλη-α νερών επιφάνειας - Συγκέντρωση οξυγόνου στα βαθιά νερά - Κορεσμός οξυγόνου στα βαθιά νερά - Ιζηματοποίηση στις παγίδες ιζήματος σε 3 μέτρα βάθος
Παράμετροι μορφομετρικών τύπων - Μέσο βάθος (Dm=V/A) - Σχετικό βάθος (Dr=Dmax Vπ/20 x Va) - Μέσο πλάτος ακτής (W=A/L) - Μέση κλίση (xm) - Ανωμαλίες ακτής - Παράγοντας τύπου (Vd= 3 Dm/Dmax)	Φόρτιση από γνωστές πηγές - Αζώτου - Φωσφόρου	- Ιζηματοποίηση στις παγίδες ιζήματος σε 1 μέτρο πάνω από τον πυθμένα
Ειδικές παράμετροι - Εκθεση (E=100 χ At/Ab) - Απλή έκθεση (Ea) - Παράγοντας φίλτρανσης(Ff) - Εμβαδόν πυθμένα πάνω από τα 5 μέτρα βάθος (Ad5) - Εμβαδόν πυθμένα πάνω από τα 10 μέτρα βάθος (Ad10)	Συνολική φόρτιση της περιοχής και από την ιχθυοκαλλιέργεια - Αζώτου - Φωσφόρου	
Παράμετροι μορφομετρικών και υδρολογικών λειτουργιών		
- Χρόνος ανανέωσης επιφανειακών νερών		
- Αναλογία πυθμένα με συσσωρευμένο υλικό		
- Αναλογία πυθμένα με διαβρωμένα και μετακινούμενα ιζημάτων		

Όπως μια αναπτυξιακή δραστηριότητα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο περιβάλλον, από την απουσία σχεδιασμού και ορθολογικής διαχείρισης, έτσι και η επιλογή της θέσης για τη δημιουργία της οποιασδήποτε δραστηριότητα μετά από σχετική μελέτη, μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις επιπτώσεις στο οικοσύστημα, αλλά και να εκμηδενίσει τις αρνητικές αυτοτροφοδοτούμενες συνέπειες για τη βιωσιμότητα της δραστηριότητας. Επομένως, η ορθολογική διαχείριση απαιτεί μεταξύ των άλλων (ICES 1988):

- **προδιαγραφές** για τη θέση της δραστηριότητας,
- **ελαχιστοποίηση** των επιβαρυμένων απορροών, με θρεπτικά και άλλα συστατικά,
- **έλεγχος** της καταλληλότητας της παράκτιας περιοχής να δεχθεί τη δραστηριότητα.

Όσον αφορά τις προδιαγραφές για τη **θέση επιλογής** της εγκατάστασης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι φυσικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Αυτές οι συνθήκες είναι μεταξύ άλλων, οι επικρατούντες άνεμοι με τα χαρακτηριστικά τους, οι υδρογραφικές συνθήκες, το βάθος της υδάτινης στήλης και ο τύπος του υποστρώματος. Για τις δραστηριότητες της ξηράς θα πρέπει εκτός των άλλων να συνεκτιμηθούν παράγοντες όπως είναι η παροχή και η ποιότητα του διαθέσιμου νερού, η τοπογραφία της θέσης και οι υψομετρικές διαφορές, η διαθέσιμη περιοχή για χρήση, η περατότητα του εδάφους, τα χαρακτηριστικά και οι δραστηριότητες της λεκάνης απορροής.

Ως προς τους παράγοντες **ανανέωσης του νερού**, όταν οι δραστηριότητες εμπλουτίζουν το υδάτινο περιβάλλον με επιπρόσθετα θρεπτικά συστατικά, τότε για την ισορροπία του οικοσυστήματος απαιτείται πολύ καλή ανανέωση του νερού, ώστε να απομακρύνονται ή και να διασπώνται οι ουσίες αυτές και να αποκαθίστανται τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου που είχαν καταναλωθεί στην περιοχή. Μικρή ανανέωση του νερού σημαίνει συσσώρευση θρεπτικών συστατικών ή και των αποβλήτων, αρκετή κατανάλωση του οξυγόνου από αυτά και μικρή διαθεσιμότητα του οξυγόνου για την ισορροπία του φυσικού οικοσυστήματος. Έτσι, σε τέτοιες περιπτώσεις, οι επιπτώσεις των αναπτυξιακών δραστηριοτήτων προς το περιβάλλον ίσως είναι επιζήμιες. Εξάλλου, και σε βαθιές παράκτιες περιοχές μπορεί να συσσωρεύονται απόβλητα από τις δραστηριότητες, να αυξάνονται τα επίπεδα των θρεπτικών αλάτων και να ελαττώνεται δραματικά το διαλυμένο οξυγόνο. Στην περίπτωση αυτή, ξαφνική ανάβλυση θρεπτικών μπορεί να αυξήσει την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού με δυσάρεστες επιπτώσεις στην αισθητική του υδάτινου περιβάλλοντος, αλλά και στην ποιότητα του νερού και την τροφική του κατάσταση.

Τα **ρεύματα** σε μια υδάτινη περιοχή αποτελούν σημαντικό παράγοντα για πολλές δραστηριότητες που απορρίπτουν συστατικά και υλικά στο υδάτινο περιβάλλον ή χρησιμοποιούν το ίδιο το νερό για τις παραγωγικές τους δραστηριότητες.

Για παράδειγμα, σε μια ιχθυοκαλλιέργεια η ταχύτητα των ρευμάτων προσδιορίζει τον εφοδιασμό ή μή της μονάδας με τροφή και τη συσσώρευση ή απομάκρυνση των αποβλήτων της, ενώ η ταχύτητα των ρευμάτων είναι πιθανό να δημιουργήσει αυξημένη απώλεια τροφών, επιπτώσεις στη συμπεριφορά των ψαριών κ.ά. (ROSENTHAL *et al.* 1988). Οι πλωτές ιχθυοτροφικές μονάδες απαιτούν βάθος επαρκές που να υπερβαίνει το τριπλάσιο του ύψους των κλωβών και ποτέ το βάθος της περιοχής δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 10 μέτρων. Στις καλλιέργειες των μαλακίων, εφόσον πρόκειται για μόνιμες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται αβαθή νερά που δεν υπερβαίνουν τα 10 μέτρα, στις επιπλέουσες εγκαταστάσεις το βάθος είναι ανεξάρτητο, ενώ για τις εγκαταστάσεις στη στεριά αυτό εξαρτάται από τα εκτρεφόμενα είδη. Συνήθως, το βάθος και η μέση ταχύτητα του ρεύματος σε σχέση με το μέγεθος της εγκατάσταση, χαρακτηρίζονται ως σημαντικά κριτήρια στην επιλογή της κατάλληλης θέσης για ιχθυοτροφική εγκατάσταση (WESTON 1990). Επίσης, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στο **υπόστρωμα (ίζημα)** της υδάτινης περιοχής και μάλιστα εάν τα ιζήματα είναι σταθερά, εάν η συσσώρευση έχει τάσεις μεγιστοποίησης ή αποτελούνται από μετακινούμενα σωματίδια, οπότε η συσσώρευση των οργανικών αποβλήτων ελαχιστοποιείται. Υπόστρωμα που αποτελείται από λεπτή άμμο και άργιλο είναι κατάλληλο για καλλιέργεια μαλακίων, ενώ θα πρέπει να αποφεύγονται για τέτοιες καλλιέργειες λασπώδεις πυθμένες. Οι εγκαταστάσεις στην ξηρά θα πρέπει να αποφεύγουν πορώδη εδάφη. Επομένως, στα σπουδαία κριτήρια για τη θέση της επιλογής, εκτός από το βάθος και τη μέση ταχύτητα των ρευμάτων θα πρέπει να συνεκτιμηθεί ο τύπος και η δομή του υποστρώματος (PHILLIPS *et al.* 1991, WU *et al.* 1994). Ως προς τις συνθήκες ποιότητας του νερού η θέση επιλογής θα πρέπει να συνεκτιμά το είδος των καλλιεργουμένων οργανισμών, τη θερμοκρασία, την αλατότητα, το οξυγόνο και το pH. Συνήθως, οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν θα πρέπει να έχουν μεγάλη διακύμανση, ενώ οι βέλτιστες συνθήκες επιδρούν στη συμπεριφορά, διατροφή, και ανάπτυξη των εκτρεφόμενων οργανισμών (ICES,1990). Το νερό για οποιαδήποτε εκτροφή οργανισμών δεν θα πρέπει να περιέχει τοξικούς ρυπαντές και παθογόνους οργανισμούς. Προσοχή θα πρέπει να δίνεται επίσης και στην παρουσία φυκών που μπορεί να δημιουργήσουν εκρηκτική ανάπτυξη (water bloom). Για τον έλεγχο της επικινδυνότητας μιας περιοχής στο να δημιουργηθούν τοξικές καταστάσεις από τη μαζική ανάπτυξη φυκών θα πρέπει πριν από την εγκατάσταση να διεξαχθούν υδρογραφικές επισκοπήσεις στην περιοχή ως προς τον ρυθμό ανανέωσης των νερών και την παρουσία ή μη αναβλύσεων από τα βαθιά νερά προς την επιφάνεια. Επίσης, η εκτίμηση της κατάστασης των θρεπτικών στο νερό αλλά και στο ίζημα, συνήθως αποδεικνύει την ασθενή ή μη κυκλοφορία των νερών. Οπωσδήποτε όμως θα πρέπει να διεξαχθεί επισκόπηση και ως προς την πλαγκτική βιοκοινότητα και για τα είδη που ενδεχομένως δημιουργούν καταστάσεις μαζικής ανάπτυξης κάτω από ορισμένες

συνθήκες, καθώς και για τις κύστεις ορισμένων τοξικών οργανισμών που βρίσκονται στα ιζήματα και αποτελούν συχνά δείκτες για ενδεχόμενη μαζική ανάπτυξη φυτοπλαγκτικών οργανισμών στην περιοχή. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να διακόπτεται η λειτουργία της καλλιέργειας οστράκων και να μεταφέρεται, εάν είναι δυνατό, η μονάδα μακρύτερα.

Για παράδειγμα, ορισμένα κριτήρια για την επιλογή της θέσης όπου πρόκειται να αναπτυχθεί μια ιχθυοτροφική μονάδα (PENNELL 1992) είναι και τα ακόλουθα:

- Επιλογή της θέσης όπου η διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού θα πρέπει να βρίσκεται πλησίον της βέλτιστης θερμοκρασίας για την ανάπτυξη των ειδών. Να αποφεύγονται περιοχές όπου παρατηρούνται μεγάλες και γρήγορες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, της αλατότητας και του οξυγόνου.
- Εκτρεφόμενα είδη που διατηρούνται σε περιοχές με λίγο χαμηλότερες από τις βέλτιστες θερμοκρασίες αναπτυξής τους έχουν μικρότερες πιθανότητες ασθενειών.
- Οι βραχύχρονες μεταβολές στην αλατότητα δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 3 ppt.
- Η περιοχή δεν θα πρέπει να υπόκειται σε χαμηλή περιεκτικότητα διαλυμένου οξυγόνου. Το επίπεδό του δεν θα πρέπει να είναι κάτω από το 80% του κορεσμού και η συγκέντρωσή του κατώτερη των 6.4 mg/l.
- Η επιλογή θέσης με επαρκή ρεύματα, και αρκετό βάθος βοηθά στον αυτοκαθαρισμό και ελαχιστοποιεί τα προβλήματα. Τα επιθυμητά ρεύματα είναι της τάξης των 30-50 cm/sec, ενώ θα πρέπει να γίνεται και έλεγχος για ρεύματα τα οποία προέρχονται από την περιοχή και επανακάμπτουν σε αυτή.
- Η συλλογή πληροφοριών για προηγούμενες καταστάσεις, ως προς τη μαζική ανάπτυξη φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, βιορύπανση, ύπαρξη θηρευτών και άλλα βοηθούν στον καλύτερο σχεδιασμό.
- Η συνεκτίμηση, εκτός των βιοφυσικών και χημικών χαρακτηριστικών, των οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή.

9.2. Γενικά για Παραμέτρους Ελέγχου, Σχεδιασμού και Διαχείρισης

Η μορφοποίηση των παραμέτρων που θα πρέπει να αποκτηθούν από μια περιοχή που επιλέγεται για αξιοποίηση, η συχνότητα και οι θέσεις της επιτόπου επισκόπησης, των δειγματοληψιών και άλλα, εξαρτώνται κάθε φορά από:

- το σκοπό της προτεινόμενης δραστηριότητας (π.χ. έλεγχος του περιβάλλοντος πριν από την αξιοποίηση ή ανίχνευση και ερμηνεία των μεταβολών του περιβάλλοντος από τις ήδη υπάρχουσες δραστηριότητες, ή άλλη αιτία),
- τον τύπο της προτεινόμενης δραστηριότητας (π.χ. χερσαίες, πλωτές ή παράκτιες εγκαταστάσεις, απόληψη νερού και απορρίψεις συστατικών και υλικών, ανάπτυξη τουριστικών εγκαταστάσεων, αναψυχής ή άλλων δραστηριοτήτων),
- τις πληροφορίες που έχουν σχέση με τη λειτουργία της προτεινόμενης δραστηριότητας (π.χ. επίπεδο και τάσεις παραγωγής, μέθοδοι απόρριψης αποβλήτων ή άλλες δραστηριότητες κατά είδος και φόρτιση από τη στεριά).

Για παράδειγμα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από μια δραστηριότητα η οποία εμπλουτίζει το γειτονικό υδάτινο χώρο με θρεπικά συστατικά, ελέγχονται συνήθως από τις παραμέτρους που παρατίθενται στον Πίνακα ΙΙ:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Παράμετροι ελέγχου για τις επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού και στις συνθήκες του ιζήματος (πηγή: ICES 1989)

Ποιότητα Νερού	*Συνθήκες Ιζήματος*
- Διαλυμένο Οξυγόνο - Θερμοκρασία - Αγωγιμότητα - Αλατότητα - Βιομάζα φυτοπλαγκτού (χλωροφύλλη-α) ή και σύνθεση και αφθονία - Ανόργανα και οργανικά θρεπτικά άλατα - Διαφάνεια δίσκου Secchi - Θολερότητα - Κολοβακτήρια - Αμμωνία & Υδρόθειο - Αιωρούμενα στερεά - BOD	- Έκταση των αποθέσεων των αποβλήτων - Δομή και υφή ιζήματος - Δυναμικό οξειδοαναγωγής - Βενθική μακροπανίδα - Ολικός οργανικός άνθρακας - Περιεχόμενο σε ολικό άζωτο και φώσφορο - Υδρόθειο - Ποσοστιαία αναλογία σε νερό - Μέγεθος κόκκων

Εξάλλου, κάθε σχεδιασμός για ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων μιας περιοχής περιλαμβάνει ορισμένες θεμελιώδεις συνιστώσες, όπως είναι για παράδειγμα μεταξύ άλλων, η **ευαισθησία** της περιοχής στο να δεχθεί τη λειτουργία και εγκατάσταση της δραστηριότητας, το **συμβατό** της περιοχής με το χρόνο, την οικομετρική **ανάλυση**, τις επάλληλες **επιπτώσεις**, τις δοσολογίες και τα διαγράμματα **φόρτισης** κ.ά.

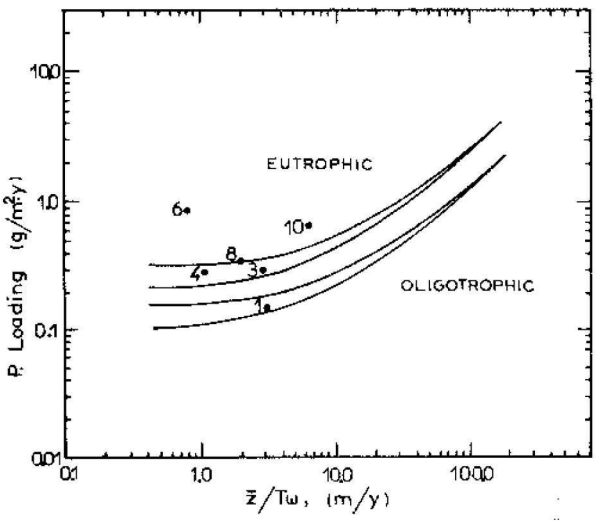
Η ευαισθησία μιας παράκτιας περιοχής σε φόρτιση θρεπτικών συστατικών εξαρτάται από τα δεδομένα ορισμένων παραμέτρων, όπως είναι μεταξύ άλλων, η μορφομετρία της υπόψη περιοχής (έκταση, όγκος, μέσο βάθος), ο ρυθμός ανανέωσης των νερών (χρόνος ανάμιξης επιφανειακών και βαθιών νερών) και οι συνθήκες δυναμικής του πυθμένα (αναλογία συσσώρευσης υλικών, διαβρωμένα ή μετακινούμενα ιζήματα πυθμένα). Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τη διασπορά, την ιζηματοποίηση και την επανακυκλοφορία των θρεπτικών συστατικών στην παράκτια περιοχή (HAKANSON *et al.* 1988).

Με τον σχεδιασμό αποβλέπεται συνολικά να αναπτυχθούν νέα επιστημονικά κριτήρια, μέθοδοι και μαθηματικές εκφράσεις (συναρτήσεις, μοντέλα) με τα οποία θα επιτυγχάνεται η ορθολογική διαχείριση. Επομένως, η ορθολογική διαχείριση του υδάτινου περιβάλλοντος μιας περιοχής θα πρέπει να περιλαμβάνει την απόκτηση γνώσης για:

• **Τις Επιπτώσεις στο Περιβάλλον.** Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον προσδιορίζονται συνήθως με **άμεσες μετρήσεις** που πραγματοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της βιοπαραγωγικής περιόδου (από το Μάιο μέχρι το Σεπτέμβριο). Οι παράμετροι αυτές συλλέγονται και προσδιορίζονται εύκολα και αντιπροσωπεύουν το σχετικό βαθμό ευτροφισμού μιας περιοχής. Οι πλέον σπουδαίες παράμετροι είναι η διαφάνεια του δίσκου του Secchi, το περιεχόμενο της χλωροφύλλης-α των επιφανειακών νερών, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα βαθιά νερά και η ολική ιζηματοποίηση η οποία μετριέται με τις ειδικές παγίδες ιζήματος (sediment traps). Επειδή το σημείο αναφοράς είναι ουσιαστικά το οικοσύστημα, σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η απόκτηση δεδομένων για τις μέσες τιμές των υπόψη παραμέτρων για τη συγκεκριμένη παράκτια περιοχή και για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της βιοπαραγωγικής περιόδου.

• **Την Οικομετρική Ανάλυση.** Η οικομετρική ανάλυση αφορά **μετρήσεις και ερμηνεία των οικολογικών δεδομένων** και επιτυγχάνεται όχι μόνο με στατιστικές μεθόδους, αλλά και με τις πληροφορίες που συλλέγονται από την επεξεργασία και ανάλυση των δειγμάτων. Ειδικότερα, η οικομετρία μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσέγγιση στο να αποκτηθούν για παράδειγμα, τα διαγράμματα της φόρτισης των θρεπτικών αλάτων. Το γνωστό διάγραμμα του VOLLENWEIDER (1968) και η ανάλυσή του (Εικ.1), οδηγεί στο διάγραμμα φόρτισης, που είναι θεμελιώδης πρακτική με την οποία μπορούν να εκτιμηθούν τα θρεπτικά συστατικά σε ένα υδάτινο περιβάλλον. Η ρύθμιση αυτού του διαγράμματος δεν είναι απλή διαδικασία, γιατί θα πρέπει να διερευνηθεί εάν το άζωτο ή ο φώσφορος αποτελούν τον περιοριστικό παράγοντα για τη βιοπαραγωγή της υπόψη περιοχής (ROSENBERG 1986). Εξάλλου, οι φυσικές συνθήκες σε ανοικτή, κλειστή ή παράκτια περιοχή έχουν συχνά μια παρατεταμένη σε διάρκεια επίδραση πάνω στις υδροδυναμικές συνιστώσες μιας δεδομένης περιοχής.

• **Τη Φόρτιση των Θρεπτικών.** Τα θρεπτικά **συστατικά και η δοσολογία** τους (φόρτιση) που προέρχονται από τις υπάρχουσες δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή μπορούν να υπολογιστούν με σχετική ακρίβεια. Για παράδειγμα, τα θρεπτικά συστατικά που προέρχονται από ένα χώρο κατασκήνωσης, ένα χωριό, μια μεταποιητική μονάδα, μια ιχθυοκαλλιέργεια μπορούν να υπολογιστούν με σχετική ευκολία (WALLIN *et al.* 1990). Επομένως, το συνολικό φορτίο των θρεπτικών εκτιμάται από το μέγεθος των παραγωγικών διαδικασιών, το πληθυσμιακό δυναμικό της περιοχής, το είδος των καλλιεργειών και την ποσοτική χρήση και ποιοτική σύνθεση των αγροχημικών, το είδος και τη σύσταση των εδαφών και άλλα χαρακτηριστικά που αφορούν τις σημειακές και διάχυτες πηγές προσφοράς θρεπτικών συστατικών στην περιοχή. Είναι δυνατό να υπολογιστεί επίσης και η ατμοσφαιρική συνεισφορά του αζώτου προς τον υδάτινο αποδέκτη αλλά και τα φύκη, που δεσμεύουν απευθείας άζωτο από την ατμόσφαιρα. Αυτές οι δραστηριότητες συνεισφέρουν θρεπτικά συστατικά με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Κατά την άμεση προσφορά περιγράφεται ο πραγματικός εφοδιασμός σε θρεπτικά συστατικά στην υπόψη παράκτια περιοχή, ενώ η έμμεση προσφορά περιγράφει τη συγκέντρωση των θρεπτικών στα επιφανειακά νερά. Τα δεδομένα αυτά με εκείνα της μορφομετρίας, του χρόνου ανανέωσης των νερών και των συνθηκών δυναμικής του πυθμένα, συσχετίζονται και περιγράφουν την επικρατούσα κατάσταση με τη βοήθεια μαθηματικών εκφράσεων με τις οποίες μπορούν να προσδιοριστούν οι τυχόν επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά και να προβλεφθούν τυχόν δυσμενείς συνθήκες για το υδάτινο περιβάλλον.



Εικ. 1: Η εφαρμογή της σχέσης του Volleinweider ως προς την επιτρεπόμενη φόρτιση σε φώσφορο στις λίμνες Τριχωνίδα (1), Βεγορίτιδα (3), Μικρή Πρέσπα (4), Βιστονίδα (6), Καστοριά (9), Ιωάννινα (10) (πηγή: KOUSOURIS *et al.*, 1967).

9.3. Παράμετροι για τη Διαχείριση Υδάτινου Περιβάλλοντος

Για κάθε αναπτυξιακή δραστηριότητα που αφορά τη διαχείριση των υδάτινων πόρων μεταξύ των παραγόντων "κλειδιά" που θα πρέπει να ποσοτικοποιηθούν τα μεγέθη τους, είναι:

- η **συγκέντρωση** των ρυπαντών ή των θρεπτικών συστατικών,
- ο **οικολογικός χαρακτήρας** της περιοχής (περιοχές με γρήγορη ανανέωση των νερών διαφέρουν ως προς τα βιολογικά χαρακτηριστικά θρεπτικών, από εκείνες με αργή ανανέωση),
- ο **ρυθμός ανανέωσης** των βαθιών νερών που είναι μεγάλης σπουδαιότητας για την εκτίμηση της κατάστασης του οξυγόνου και την κατανάλωσή του, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος,

Στον Πίνακα ΙΙΙ παρατίθενται οι παράγοντες που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και να προσδιοριστούν, ώστε να χρησιμοποιηθούν οι τιμές τους στις συναρτήσεις για την ορθολογική διαχείριση και την ήπια χρήση κάθε υδάτινου πόρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Παράμετροι διαχείρισης υδάτινου περιβάλλοντος (πηγή: WALLIN *et al.*, 1990)

Παράμετροι Διαχείρισης	**Μονάδα Μέτρησης**
Οικολογικοί	
Χρόνος ανάμιξης επιφανειακών νερών	
Ημέρες	
Χρόνος ανάμιξης βαθιών νερών	Ημέρες
Αναλογία πυθμένα συσσώρευσης ιζήματος	%
Αναλογία διαβρωμένου και μετακινούμενου ιζήματος πυθμένα	Αδιάστατο
Μορφομετρικών μεγεθών	
Αναλογία νησίδων	%
Συνολικό εμβαδόν	Km^2
Εμβαδόν υδάτινης περιοχής	Km^2
Εμβαδόν περιοχής	Km^2
Εμβαδόν πυθμένα	Km^2
Μορφομετρικών τύπων	
Μέσο βάθος	m
Σχετικό βάθος	%
Μέση κλίση	%
Ανάπτυξη όγκου	Αδιάστατο
Ειδικές παράμετροι	
Τοπογραφικό άνοιγμα	Αδιάστατο
Απλό άνοιγμα	Αδιάστατο
Μέσος παράγοντας φίλτρανσης	Km^3
Μέσο βάθος κάτω από το θερμοκλινές	m

Στα κεφάλαια που ακολουθούν παρατίθενται μερικές χαρακτηριστικές συναρτήσεις που αφορούν το χρόνο ανάμιξης των επιφανειακών και των βαθιών νερών σε μια περιοχή που πρόκειται να δεχθεί τις επιπτώσεις κάποιας αξιοποίησης, καθώς και τη δυναμική των εκεί ιζημάτων. Για να έχουν ισχύ αυτά τα μοντέλα, προϋπόθεση είναι ότι οι μετρήσεις αφορούν την περίοδο από Μάιο μέχρι Οκτώβριο (παραγωγική περίοδος) και δεν ισχύουν σε περιοχές όπου υφίστανται παλίρροιες, ισχυρά ρεύματα καθώς και περιοχές ποταμόκολπων (PILESJO *et al.* 1991).

9.3.1. Ανανέωση επιφανειακών και βαθιών νερών

Για τη γνώση της ανανέωσης των επιφανειακών νερών σε μια περιοχή η στατιστική ανάλυση με μια μεγάλη σειρά δεδομένων, έδειξε να ισχύουν δύο μοντέλα για περιοχές όμως που έχουν μέγεθος από 1-200 Km^2:

$$\ln(Ty) = -4.36 \times \sqrt{E} + 3.55 \quad (r^2=0.97, n=14) \text{ και}$$

$$\ln(Ty) = -4.33 \times \sqrt{Ea} + 3.49 \quad (r^2=0.93, n=14),$$

όπου, Ty=χαρακτηριστικός χρόνος ανανέωσης επιφανειακών νερών, E= τοπογραφικά ανοίγματα με διακύμανση τιμών από 0.02-1.38 (προσδιορίζονται από τη σχέση E=100 χ At/Ab, όπου At=ολικό εμβαδό περιοχής σε Km^3, Ab=εμβαδό πυθμένα σε Km^3, Ea=απλά ανοίγματα, με διακυμανση τιμών από 0.02-1.39. Το Ea προσδιορίζονται από τη σχέση Ea=100 χ At/a, όπου a=περιοχή υδάτινης επιφάνειας).

Όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές των E ή Ea, τόσο γρηγορότερη είναι η ανανέωση του νερού.

Συνήθως ο χρόνος ανάμιξης για την ανανέωση των βαθιών νερών σε μια περιοχή προσδιορίζεται με τη βοήθεια μιας φθορίζουσας χρωστικής, όπως για παράδειγμα είναι η rhodamine B, (για κάθε m^3 νερό χρησιμοποιούμε διάλυμα αιθανόλης και 1mg rhodamine). Η χρωστική αυτή ρίχνεται οριζοντίως κάτω από το θερμοκλινές και 1 μέτρο πάνω από τον πυθμένα. Με φθοριόμετρο συνεχούς ροής γίνονται συνεχείς μετρήσεις για την παρουσία της ροδαμίνης σε διάφορα στρώματα του νερού που απέχουν μεταξύ τους συγκεκριμένη απόσταση (πχ. 2m). Αθροίζοντας την συγκέντρωση της ροδαμίνης σε κάθε στρώμα και λαμβάνοντας υπόψη τον ολικό όγκο του νερού υπολογίζεται η συνολική ποσότητα ροδαμίνης στον όγκο του νερού. Έτσι, ο χρόνος ανάμιξης των βαθιών νερών υπολογίζεται από τη διαφορά συγκέντρωσης της χρωστικής και από το χρόνο μεταξύ των μετρήσεων με τη χρήση της εξίσωσης:

$$T = -dt / \ln[C_t / C_{t-1}],$$

όπου, T= χρόνος ανάμιξης, dt =χρόνος μεταξύ μετρήσεων, C_t= ποσότητα της χρωστικής μετά από χρόνο t, C_{t-1}= ποσότητα της χρωστικής στην προηγούμενη μέτρηση.

Το μοντέλο που έχει αναπτυχθεί για το χρόνο ανάμιξης των βαθιών νερών είναι:

$$\ln(Td) = -1.59 e^{MFf} - 14.88 [1/xm] - 3.37 \sqrt{E} - 2.17 [1/Vd] + 12.76 \quad (r^2=0.87, n=15),$$

όπου, Td= χρόνος ανάμιξης βαθιών νερών, Mff= μέσος παράγοντας φίλτρανσης (Km^3), xm= μέση κλίση (%), E= τοπογραφικό άνοιγμα (αδιάστατο μέγεθος), Vd= παράγοντας τύπου μεγέθους περιοχής (αδιάστατο μέγεθος) που προσδιορίζεται από τη σχέση: Vd= 3[Dm/Dmax], όπου, Dm= μέσο βάθος σε μέτρα, Dmax= μέγιστο βάθος σε μέτρα.

Το πιο πάνω μοντέλο έχει ισχύ για παράκτιες περιοχές που έχουν μέγεθος από 1.3-13.6 Km^2 και επομένως οι ακόλουθες παράμετροι παίρνουν τις εξής τιμές,

Mff =0.05-1.09, xm=2.71-6.99, E=0.03-0.73 και Vd=0.62-1.45.

9.3.2. Εκτίμηση της δυναμικής των ιζημάτων

Σε παράκτιες συνήθως περιοχές η γνώση του τύπου του ιζήματος στον πυθμένα είναι μεγάλης σημασίας γιατί μεταξύ των άλλων εκτιμά:

- τη **διαθεσιμότητα και κινητική των θρεπτικών** αλάτων από το ίζημα στο νερό. Έτσι, μπορούν να συνδεθούν οι ισχύουσες δυναμικές συνθήκες του πυθμένα και η συνεισφορά των υλικών και θρεπτικών από το ίζημα στο νερό και αντίστροφα,

• την **κατανάλωση και διαθεσιμότητα του οξυγόνου** για την αερόβια διάσπαση των οργανικών συστατικών του πυθμένα.

Εάν η απόρριψη των αποβλήτων γίνεται πάνω από διαβρωμένο ή/και μετακινούμενο ίζημα, η πιθανότητα να καταναλώνεται το οξυγόνο από τα οργανικά υλικά που τυχόν συσσωρεύονται εκεί ελαχιστοποιείται, ενώ τα υλικά αυτά εξαπλώνονται και διασκορπίζονται μακρύτερα στο νερό και στο ίζημα. Ο διασκορπισμός των υλικών θα είναι μικρότερος, εάν η απόρριψη γίνεται σε περιοχές όπου κυριαρχούν λεπτόκοκκα ιζήματα και όπου συνήθως υπάρχουν συνθήκες συσσώρευσης υλικού. Επομένως, κάθε πρόβλημα που προκύπτει ως προς το οξυγόνο των ιζημάτων, εξαρτάται από την κίνηση του νερού του πυθμένα. Αργή κίνηση του νερού σημαίνει συνήθως σχηματισμός υδροθείου το οποίο έχει καταστρεπτικές συνέπειες για την υδρόβια ζωή. Η ανώτερη συγκέντρωση ανεκτικότητας για τους ασπόνδυλους οργανισμούς συνοψίζεται στον Πίνακα IV.

ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Ανθεκτικότητα ασπόνδυλων οργανισμών (πηγή: SCHAEPERKLAUS 1979)

Γένος Ασπόνδυλου Οργανισμού	**Χρόνος Επίδραση h**	**pH**	**Διαλυμένο Οξυγόνο mg/l**	**Θερμοκρασία °C**	**LC50 H_2S, mg/l**
Ephemera	96	7.4	1.9	5.0	0.316
Gammarus	96	7.5	5.9	15.0	0.059
Baetis	96	7.6	6.2	14.8	0.020
Hexagenia	96	7.7	2.0	15.0	0.111
Crangonyx	96	7.4	2.0	14.9	0.840
Asellus	96	7.5	2.0	15.2	1.07

Μία από τις συνήθεις και προκαταρκτικές εργασίες είναι η χαρτογράφηση του πυθμένα με ηχοβολιστικό, καθώς επίσης και η γνώση του τύπου (κυρίως κοκκομετρία και σύνθεση σε οργανικό περιεχόμενο) του ιζήματος.

Τα δείγματα του νερού ή και οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό του οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων λαμβάνονται όσο το δυνατό πλησιέστερα προς το ίζημα, είτε με τη βοήθεια δύτη, είτε με ειδικό δειγματολήπτη νερού. Αμέσως μετά τη δειγματοληψία γίνονται επιτόπου οι σχετικές αναλύσεις για το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο και την αμμωνία, ενώ οι αναλύσεις για τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα φωσφορικά και τον ολικό φώσφορο γίνονται στο εργαστήριο, όσο το δυνατό συντομότερα. Εξάλλου, με ειδική συσκευή τοποθετημένη πάνω στο ίζημα είναι δυνατό να προσαρμοστούν κατάλληλα ηλεκτρόδια για τη συνεχή μέτρηση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου, της αμμωνίας, των νιτρικών και των φωσφορικών θρεπτικών αλάτων. Αέρια που τυχόν διαφεύγουν από το ίζημα μπορούν να συλλεχθούν σε ανεστραμμένους ογκομετρικούς κυλίνδρους οι οποίοι τοποθετούνται πάνω από το ίζημα και ανασύρονται περιοδικά από δύτες, οι οποίοι μετρούν τον όγκο του αέριου στο νερό. Εάν διατίθενται η κατάλληλη μεθοδολογία και τα σχετικά όργανα μπορεί να επακολουθήσει προσδιορισμός αυτών των αερίων.

Η ιζηματοποίηση σε μια περιοχή ελέγχεται με τις παγίδες συλλογής ιζήματος (sediments traps) που μπορεί να είναι κατασκευασμένες από σωλήνες PVC διαμέτρου 5-8 εκ. και ύψος 20-40 εκ. Οι συσκευές αυτές τοποθετούνται 3-5 μέτρα πάνω από τον πυθμένα, ώστε να συλλέγουν οργανικό και άλλο υλικό. Τα δείγματα ανασύρονται κάθε βδομάδα ή κάθε 2-3 βδομάδες ή αραιότερα και αυτό εξαρτάται από την ποσότητα του συλλεγόμενου υλικού. Το υλικό από κάθε παγίδα καταψύχεται μέχρι να αναλυθεί στο εργαστήριο. Συνήθως δεν προστίθεται συντηρητικό στο δείγμα. Για τον υπολογισμό των **ολικών σωματιδιακών υλικών** (TPM= total patriculate matter) το δείγμα φιλτράρεται μετά την απόψυξή του σε φίλτρα Gf/C και τα φίλτρα μαζί με το υλικό που συγκρατήθηκε πάνω τους, ξηραίνονται επί 20-24 ώρες σε 60° C και ζυγίζονται. Για τον υπολογισμό του **σωματιδιακού οργανικού υλικού** (POM=patriculate organic matter) τα ξηραμένα δείγματα καίγονται σε φούρνο επί 3-5 ώρες στους 450-500° C και ό,τι απομείνει, ζυγίζεται.

Η περιεκτικότητα σε νερό του ιζήματος μετριέται με την ξήρανση του δείγματος επί 24 ώρες στους 100° C. Το οργανικό περιεχόμενο του ιζήματος μετριέται με καύση του δείγματος επί 24 ώρες στους 450-500° C σε

ειδικό φούρνο. Θα πρέπει να λαμβάνεται και δείγμα ιζήματος για την ποιοτική και την ποσοτική σύνθεση της πανίδας του βένθους. Ο τύπος του πυθμένα χαρακτηρίζεται από το περιεχόμενό του σε οργανικό υλικό και νερό. Επίσης, για τη μελέτη της δομής του πυθμένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδική ηχοβολιστική συσκευή.

Για την προκαταρκτική προσέγγιση του προβλήματος αναφέρεται ότι, όταν ο πυθμένας είναι διαβρωμένος (BE), συνήθως το οργανικό περιεχόμενο είναι λιγότερο από 4%, το νερό λιγότερο από 0-50%, ενώ τα υλικά είναι χονδρόκοκκα δηλαδή μεγαλύτερα από το μέσο άργιλο (silt), δηλαδή 0.06mm. Οταν ο πυθμένας αποτελείται από μετακινούμενο ίζημα (BT) περιέχει συνήθως λεπτόκοκκα υλικά, το οργανικό περιεχόμενο του είναι από 4-10 % και το νερό από 50-80%. Ο πυθμένας του οποίου το ίζημα είναι συσσωρευόμενο (BA), περιέχει συνήθως λεπτόκοκκα υλικά, το οργανικό περιεχόμενο είναι πάνω από 10% και το νερό από 75-90%. Συνήθως, τα διαβρωμένα/ μετακινούμενα ιζήματα (BET) και οι πυθμένες με συσσωρευόμενο ίζημα συνδέονται με τη σχέση: BET= 100-BA.

Επειδή το βένθος είναι ο πλέον αδιάψευστος δείκτης για την ποιότητα του ιζήματος, η δειγματοληψία για τους οργανισμούς που ζουν στον πυθμένα πρέπει να γίνεται τακτικά, καθώς αποτελεί τροφή για μια ποικιλία ψαριών και παίζει σπουδαίο ρόλο στην κυκλοφορία των θρεπτικών αλάτων από το ίζημα στο νερό και αντίστροφα. Ως δειγματοληπτική συσκευή για τη συλλογή του βένθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο δειγματολήπτης Ekman-Birge ή τροποποιημένη μορφή του. Η λάσπη που συλλέγεται κοσκινίζεται σε κόσκινο με οπές διαμέτρου 0.5 mm και τα δείγματα της πανίδας συλλέγονται και διατηρούνται σε διάλυμα 70% αιθανόλης ή 4% φορμαλίνης μέχρι να ταυτοποιηθούν.

Οι συνθήκες δυναμικής του πυθμένα συνήθως παρουσιάζονται με δύο βασικά μορφομετρικά μοντέλα: α) για περιοχές με έκταση που κυμαίνεται από 0.9-14.2 km^2 και επικοινωνούν άμεσα με την ανοικτή θάλασσα ή λίμνη και β) για αυτές που περιβάλλονται από νησίδες. Και τα δύο μοντέλα δεν έχουν ισχύ σε περιοχές όπου επηρεάζονται από παλίρροιες και σε ποταμόκολπους και όπου η ιζηματογένεση κυριαρχείται από τη δράση ποταμού.

Περιοχές με άμεση σύνδεση με την ανοικτή υδάτινη περιοχή

Η σχετική εξίσωση είναι της μορφής:

$$Bao=22.81\ \sqrt{ODm} + 16.43\ Dr - 41.54\ \sqrt{xm} + 44.82$$

$$(r^2=0.8, n=15)$$

όπου, Bao= έκταση περιοχής στην οποία συσσωρεύονται τα απόβλητα υλικά της ιχθυοτροφικής μονάδας, σε σχέση προς την εκατοστιαία αναλογία της συνολικής υδάτινης επιφάνειας, ODm=μέσο βάθος κάτω από το θερμοκλινές σε μέτρα, xm=μέση κλίση πυθμένα (%), Dr= σχετικό βάθος (%).

Το μέσο βάθος κάτω από το θερμοκλινές προσδιορίζεται, αν αφαιρέσουμε το τμήμα της υδάτινης στήλης πάνω από αυτό, ο δε προσδιορισμός αυτός γίνεται με σειρά μετρήσεων της θερμοκρασίας. Επειδή το μέγεθος της περιοχής που ισχύει το μοντέλο κυμαίνεται από 0.9-14.2 km^2, ανάλογα θα κυμαίνονται και οι παράμετροι, ODm= 0 - 11.40, xm=1.65 - 7.25 και Dr=0.43 - 1.40.

Η συνάρτηση που ισχύει για περιοχές που έχουν άμεση σύνδεση με την ανοιχτή θάλασσα δείχνει ότι η περιοχή όπου συσσωρεύεται το οργανικό υλικό:

- αυξάνει, όταν αυξάνει το μέσο βάθος κάτω από το θερμοκλινές,
- αυξάνει, όταν αυξάνει το σχετικό βάθος (Dr) μιας περιοχής,
- ελαττώνεται, όταν η μέση κλίση αυξάνει.

Περιοχές μέσα σε εγκολπώσεις

Η σχετική εξίσωση είναι της μορφής:

$$\sqrt{BAa}=-1.17(\sqrt{MFf})-3.83(1/Vd)-0.84(xm)+0.49(\sqrt{Ins})+13.83\ (r^2=0.70, n=23)$$

όπου, BAa= περιοχή της συσσώρευσης (% της περιοχής της υδάτινης επιφάνειας), MFf= μέσος παράγοντας φίλτρανσης (Km^3), Vd= όγκος ανάπτυξης (χωρίς διάσταση), xm= μέση κλίση (%), Ins= σχετική αναλογία νήσων.

Ο παράγοντας φίλτρανσης προκύπτει από το χρόνο ανάμιξης των νερών:

$$T=dt/ln[C_t/C_{t-1}],$$

όπου T= ο χρόνος ανάμιξης σε μέρες, dt= χρόνος μεταξύ μετρήσεων σε μέρες, C_t= ποσότητα της χρωματικής ουσίας μετά χρόνο t, C_{t-1}= ποσότητα της χρωματικής ουσίας στην προηγούμενη μέτρηση) και τη σχέση:

$$\mathbf{lnTd = -1.59e^{MFf} - 14.88\ [1/xm] - 3.37\sqrt{E} - 2.17\ [1/Vd] + 12.76}$$

που ισχύει για το χρόνο ανάμιξης σε βαθιά νερά (Td= χρόνος ανάμιξης σε βαθιά νερά, MFf= μέσος παράγοντας φίλτρανσης (Km^3), xm= μέση κλίση (%), E= τοπογραφικό άνοιγμα (χωρίς διάσταση), Vd= παράγοντας τύπου ανοίγματος (χωρίς διάσταση).

Το μοντέλο αυτό έχει ισχύ για περιοχές μέσα σε κόλπους και για μέγεθος περιοχής μεταξύ 1.1 - 14.0 Km^2, ενώ οι άλλες παράμετροι θα κυμαίνονται ως εξής:

MFf= 0.01 - 2.30, **Vd= 0.45 - 1.47, Ins= 0-13.20 και xm= 1.12-8.17.**

Το μοντέλο δείχνει ότι η έκταση της συσσώρευσης αυξάνει όταν:

- ο μέσος παράγοντας φίλτρανσης ελαττώνεται (όσο βαθύτερα μέσα σ'ένα κόλπο βρίσκεται η μονάδα ή υπάρχουν νησίδες στο άνοιγμα, τόσο η ενέργεια από την ανοιχτή θάλασσα προς τη μονάδα χάνεται για τον αυτοκαθαρισμό της και πηγαίνει μακρύτερα προς την ανοιχτή θάλασσα),
- ο όγκος ανάπτυξης αυξάνει,
- η αναλογία των υπαρχόντων νησίδων αυξάνει (όσο περισσότερα νησιά υπάρχουν ή η εγκατάσταση τοποθετείται βαθύτερα σ' έναν κόλπο, τόσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή που συσσωρεύεται το οργανικό υλικό),
- η μέση κλίση αυξάνει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΥΔΑΤΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

10.1 Έλεγχος για την Υπάρχουσα Χωρητικότητα και Ποσοτικοποίηση της για Αξιοποίηση

Η πλέον κατάλληλη μεθοδολογία για επιπρόσθετη αξιοποίηση μιας υδάτινης περιοχής μέσω μελέτης σκοπιμότητας, βασίζεται σε προβλέψεις οικολογικών και οικονομικοκοινωνικών παραμέτρων που λαμβάνουν υπόψη τους τα σημερινά τοπικά δεδομένα και τις μελλοντικές τάσεις. Θα πρέπει επίσης να συνεκτιμηθούν με την ίδια σπουδαιότητα, οι επιδράσεις της αξιοποίησης στο γειτονικό υδάτινο περιβάλλον, στις λειτουργίες και στις χρήσεις του υδάτινου πόρου από άλλες δραστηριότητες, αλλά ακόμη και στην υγεία των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή. Για να αντιληφθεί κανείς τις συνθήκες που επικρατούν σε μια παράκτια περιοχή ή σε μια λίμνη ή σε ένα ποτάμι, εκτός από τις επιτόπου μετρήσεις και προσδιορισμούς, είναι εξίσου σημαντικό να μελετηθούν οι πηγές ρύπανσης που δέχεται ο αποδέκτης και τα ρυπαντικά φορτία, η παράκτια περιοχή και όλες οι δραστηριότητες της λεκάνης απορροής, οι οποίες άμμεσα ή έμμεσα είναι δυνατό να επηρεάζουν τον αποδέκτη και τα άλλα χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής.

Επομένως, για να μελετηθεί η υπάρχουσα χωρητικότητα μιας περιοχής για αξιοποίηση θα πρέπει να αποσαφηνιστεί ποιος είναι ο παράγοντας που ελέγχει τη βιοπαραγωγή της. Συνήθως, σε υδάτινες περιοχές εύκρατων υδατοσυλλογών, ο φώσφορος είναι ο περιοριστικός παράγοντας, ενώ για τις παράκτιες περιοχές που δεν δέχονται σημαντικές ποσότητες γλυκών νερών το άζωτο ελέγχει, στη μεγαλύτερη πλειονότητα των περιπτώσεων, την βιοπαραγωγή. Για ένα απλό σχήμα, που χρησιμοποιείται για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στην τροφική κατάσταση ενός υδάτινου χώρου από την αξιοποίηση του, λαμβάνεται υπόψη η γνώση των πιο κάτω συνιστωσών.

Η χωρητικότητα μιας περιοχής για εντατική εκτροφή ή καλλιέργεια σε κλωβούς ή ιχθυομάνδρες, είναι ανάλογη της φόρτισης των θρεπτικών αλάτων που προέρχονται από την αξιοποίηση, του μεγέθους της περιοχής, της συχνότητας με την οποία ανανεώνονται τα νερά της, της ικανότητας του συστήματος να απορροφά το επιπλέον φορτίο των θρεπτικών αλάτων (κατακράτηση του φορτίου στο ίζημα, αποικοδόμηση του φορτίου με οξειδωτικές μικροβιακές διεργασίες, μεταβολισμός του φορτίου από τους φυτικούς οργανισμούς) κ.ά. Έτσι, η διαφορά (ΔP) μεταξύ της συγκέντρωσης για παράδειγμα του ολικού φωσφόρου πριν από την εκτροφή (P1) και εκείνης των επιθυμητών/αποδεκτών ορίων (P2) που καθορίζονται, ώστε να μη διαταραχθεί η ισορροπία του οικοσυστήματος μετά την εγκαθίδρυση και τη λειτουργία της μονάδας, δίνεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\Delta P = P2-P1,\ \Delta P = L1(1-R1)/Z\rho,\ \text{ή}\ L1 = \Delta P \chi Z\rho/(1-R1)$$

όπου, L1= φόρτιση φωσφόρου εξαιτίας της αξιοποίησης, ΔP= διαφορά της συγκέντρωσης του ολικού φωσφόρου πριν από την αξιοποίηση, Z= μέσο βάθος της περιοχής, ρ= συχνότητα ανανέωσης των νερών στην περιοχή και R1= συντελεστής κατακράτησης του ολικού φωσφόρου στο ίζημα που προέρχεται από την εκτροφή. Είναι γνωστό επίσης (COLLINS 1983, MERICAN 1983), ότι η φόρτιση ενός συστήματος με φώσφορο που προέρχεται

από ιχθυοτροφική αξιοποίηση, ο τύπος και η διαλυτότητα του φωσφόρου στο υδάτινο περιβάλλον, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το περιεχόμενο της τροφής σε φώσφορο, η χημική σύσταση της τροφής, το μέγεθος της τροφής, η θερμοκρασία και το βάθος του νερού, η παρουσία ή απουσία παμφάγων ειδών κ.ά. Η ποσοτικοποίηση αυτών βρίσκεται σε εξέλιξη, αλλά το βέβαιο είναι ότι ο συντελεστής κατακράτησης του φωσφόρου στο ίζημα, όταν προέρχεται από τη μονάδα εκτροφής είναι τουλάχιστον μεγαλύτερος από αυτόν που προέρχεται από φυσικές αιτίες ή ανθρωπογενείς δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής, η οποία επηρεάζει τον υδάτινο όγκο που βρίσκεται η ιχθυοκαλλιέργεια.

Ο έλεγχος της υπάρχουσας χωρητικότητας μιας περιοχής στο να δεχθεί ιχθυοτροφική αξιοποίηση δίνεται με το ακόλουθο παράδειγμα (ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ 1993, ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ και συν., 1994). Έστω ότι η μέση εαρινή συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου ανέρχεται σε 17.9 mg/m^3 (P1), το μέσο βάθος της περιοχής είναι Z=29.08 m, η συχνότητα ανανέωσης των νερών ρ=0.11 φορές το έτος και με τις υποθέσεις ότι R1> ή ίσο με R=0.82 και ότι η αναμενόμενη συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου από την ιχθυοτροφική αξιοποίηση θα ανέλθει γύρω στα 50 mg/m^3 (νερό κατάλληλο για αλιεία θερμόφιλων ψαριών), τότε με βάση τις πιο πάνω εξισώσεις θα έχουμε:

ΔP=P2-P1 ή ΔP=50-17.9=32.2 mg/m^3

και L1= ΔP x Z x ρ/(1-R1) ή L1= 32.2 χ 29.08 χ 0.11 / (1-0.82)= 552.5 mg/m^2 ή 0.552 g/m^2 ετησίως.

Αφού το επιτρεπτό/αποδεκτό όριο φόρτισης του ολικού φωσφόρου για την περιοχή είναι γνωστό, όπως και η φόρτισή του που προέρχεται από την εκτροφή ή την καλλιέργεια (L1), τότε η ιχθυοπαραγωγή μπορεί να εκτιμηθεί διαιρώντας το (L1) με τον ολικό φώσφορο που προέχεται από τις παραγωγικές διαδικασίες της εκτροφής (απώλειες τροφής και περιττώματα). Έστω ότι η υπόψη περιοχή έχει επιφάνεια 98.6 km^2 (A), τότε η συνολική αποδεκτή φόρτιση της θα είναι:

L1 x A= 0.552 x 98.6= 54.4 τόνοι φωσφόρου ετησίως.

Με συντελεστή μετατρεψιμότητας 2:1 , απελευθερώνεται στο περιβάλλον φώσφορος (P2) της τάξης των 30 kg ανά τόνο παραγόμενων ψαριών και επομένως, με βάση τα ανωτέρω μπορεί να υπάρξει ιχθυοπαραγωγή (PR) η οποία θα ανέρχεται περίπου σε:

PR= L1 x A/P2 ή PR=54.4 τόνοι φωσφόρου ετησίως / 0.030 τόνοι φωσφόρου = 1632 τόνοι ψαριών ετησίως.

Από την άποψη της τροφικής κατάστασης της υπόψη περιοχής του παραδείγματος και ως προς το επιτρεπόμενο και κρίσιμο φορτίο του φωσφόρου, η πιο πάνω επιπρόσθετη φόρτιση των 0.552 mg/m^2 εξακολουθεί να διατηρεί το σύστημα ανάμεσα στο επιτρεπτό (0.189 g/m^2) και στο κρίσιμο όριο (2.806 g/m^2) και είναι σαφώς κατώτερη του κρίσιμου φορτίου. Οι πιο πάνω τιμές είναι ενδεικτικές και είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως σχέδιο "οδηγός" ιχθυοτροφικής αξιοποίησης, ως προς τη φέρουσα χωρητικότητα της υπόψη περιοχής. Οπωσδήποτε όμως συνεχείς μετρήσεις, παρατηρήσεις και ανάλογες ρυθμίσεις θα πρέπει να συνοδεύουν τις παραγωγικές διαδικασίες, ώστε να εξασφαλίζεται και να διατηρείται η αποδεκτή υδατοποιότητα του συστήματος και να σταθεροποιείται η απρόσκοπτη προσφορά του διαλυμένου οξυγόνου στις εγκαταστάσεις, η απομάκρυνση των μεταβολιτών των ψαριών και άλλων παραγόντων.

10.2. Εκτίμηση της Χωρητικότητας

Για την εκτίμηση της υπάρχουσας ή και της αξιοποιήσιμης χωρητικότητας μιας υδάτινης περιοχής για περαιτέρω αξιοποίηση, ακολουθούνται οι πιο κάτω ενέργειες που στηρίζονται κυρίως στον προσδιορισμό της χλωροφύλλης-α στο υδάτινο περιβάλλον (DILLON 1975):

Ενέργεια 1:

Λήψη αποφάσεως από τους αρμόδιους φορείς και με την κοινωνική συναίνεση για το επιθυμητό επίπεδο της αισθητικής του νερού. Σε υδροβιολογικούς όρους, αυτό σημαίνει επίπεδο συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α και κατ'επέκταση του διαλυμένου οξυγόνου και της διαφάνειας του νερού. Ετσι, αν το επίπεδο της χλωροφύλλης-α στον υδάτινο πόρο:

α. βρίσκεται άνω των 2 mg/m^3, το διαλυμένο οξυγόνο στο υπολίμνιο θα υπερβαίνει τα 5 ppm και η διαφάνεια του δίσκου του Secchi θα είναι γύρω στα 5 μέτρα. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως μη παραγωγική αλλά κατάλληλη για αναψυχή και για τη διατήρηση ψυχρόφιλων ψαριών,

β. φτάνει τα 5 mg/m^3, το διαλυμένο οξυγόνο θα είναι <5mg/l και η διαφάνεια των νερών θα είναι μεταξύ 2-5 μέτρα. Η περιοχή έχει μέση παραγωγικότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αλιεία και αναψυχή,

γ. υπερβεί τα 10 mg/m^3 , το διαλυμένο οξυγόνο στο υπολίμνιο θα είναι πολύ χαμηλό και η διαφάνεια των νερών θα είναι μικρή, μόλις 1-2 μέτρα. Η περιοχή ενδείκνυται για αλιεία και σχεδόν καθόλου για αναψυχή,

δ. ανέρχεται στα 25 mg/m^3, το διαλυμένο οξυγόνο στο υπολίμνιο θα βρίσκεται στα όρια του μηδέν και η διαφάνεια των νερών θα είναι μικρότερη από 1.5 μέτρα. Η περιοχή είναι κατάλληλη για θερμόφιλα είδη ψαριών.

Ενέργεια 2:

Μετά την απόφαση για το επιθυμητό επίπεδο αισθητικής του νερού ακολουθεί η εκτίμηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στον υδάτινο πόρο κατά την περίοδο της άνοιξης (ανάμιξη νερών) με την παρακάτω εξίσωση

$$\log_{10}[\text{chl-a}] = 1.45 \log_{10}[P] - 1.14$$

$$\text{ή } \log_{10}[P] = (\log_{10}[\text{chl-a}] + 1.14)/1.45,$$

δηλαδή, για τις πιο κάτω συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης- α (Ενέργεια 1), η αντίστοιχη συγκέντρωση του φωσφόρου θα είναι :

			mg/m^3		mg/m^3
Περίπτωση	α	Chl-a	2	Ολικός φώσφορος	9.9
>>	β	>>	5	>>	18.5
>>	γ	>>	10	>>	29.9
>>	δ	>>	25	>>	56.3

Στη συνέχεια και ανάλογα με τις επιδιώξεις για αξιοποίηση και δραστηριότητες ανάπτυξης μιας περιοχής, έπονται οι ακόλουθες ενέργειες.

Ενέργεια 3:

Προσδιορίζεται η έκταση της επιλεγείσας υδάτινης επιφάνειας (Ao σε m^2), το μέσο βάθος της (z σε m) και ο όγκος της (V σε m^3).

Ενέργεια 4:

Υπολογίζεται η εδαφική λεκάνη απορροής (Ad σε m^2).

Ενέργεια 5:

Από το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής υπολογίζεται η επιφανειακή απορροή (r σε $m^3m^{-2}y^{-1}$ ή σε my^{-1} πολλαπλασιάζοντας με 0.345).

Ενέργεια 6:

Εάν η εδαφική λεκάνη απορροής είναι μεγαλύτερη από το δεκαπλάσιο της επιλεχθείσας υδάτινης επιφάνειας (Ad>10Ao), υπολογίζεται ο συνολικός όγκος του νερού που εκρέει (Q), από την εξίσωση:

$$Q, [m^3y^{-1}] = [Ad][r],$$

και ο ρυθμός ανανέωσης των νερών (ρ) ως Q/V ή

$$\rho, [y^{-1}] = ([Ad][r]) / V$$

Εάν, Ad < 10Ao τότε προσδιορίζουμε, τη μέση ετήσια βροχόπτωση (Pr) και τη μέση ετήσια εξάτμιση (Ev) από το υδατικό ισοζύγιο και μετατρέπουμε σε $m.y^{-1}$ πολλαπλασιάζοντας με 0.0254 και υπολογίζουμε το Q από τις σχέσεις:

$$Q, [m^3.y^{-1}] = [Ad][r]+A\ (Pr-Ev) \text{ και}$$

$$\rho, [y^{-1}]=([Ad][r] + Ao(Pr - Ev))V$$

Ενέργεια 7:

Υπολογίζεται η επιφανειακή υδάτινη φόρτιση της περιοχής (qs) από τη σχέση:

$$qs\ [m\ y^{-1}] = Q/Ao$$

Ενέργεια 8:

Υπολογίζεται ο συντελεστής κατακράτησης των θρεπτικών συστατικών στο ίζημα της περιοχής από την εξίσωση,

$$R=0.426\ e^{(-0.271\ qs)} + 0.574\ e^{(-0.00949\ qs)}$$

Ενέργεια 9:

Εκτιμάται ο χρόνος απόκρισης (T) μιας υδάτινης περιοχής για κάποιο συγκεκριμένο κρίσιμο παράγοντα τροφισμού (άζωτο, φώσφορος), όταν η περιοχή πρόκειται να δεχθεί ένα πρόσθετο φορτίο θρεπτικών συστατικών (εξαιτίας της αξιοποίησης ή της δραστηριότητας), ώστε να αποκτηθεί μια προχωρημένη τροφική κατάσταση, από τη σχέση:

$$T, [έτη] = 3\ \chi\ Tw\ (1-R),$$

(με πιθανότητα 95%), όπου Tw είναι ο χρόνος παραμονής του νερού στην περιοχή και R ο συντελεστής κατακράτησης του κρίσιμου παράγοντα στο ίζημα της περιοχής.

Αυτός ο χρόνος απόκρισης μπορεί να βοηθήσει στο να διασαφηνιστεί η παρούσα ποιότητα των νερών της περιοχής και τα **περιθώρια της χωρητικότητας για αξιοποίηση.**

Έστω ότι θα κτιστούν, για παράδειγμα, σε μια παράκτια περιοχή ορισμένα καινούρια σπίτια. Ευθύς εξαρχής θα πρέπει να υπολογιστεί ο χρόνος απόκρισης αυτής της ανάπτυξης για τον κρίσιμο παράγοντα τροφισμού της περιοχής καθώς και οι επιπτώσεις της προς το υδάτινο περιβάλλον, ώστε να διερευνηθεί αν ο χρόνος αυτός είναι μικρός ή μεγάλος. Στην περίπτωση που ο χρόνος είναι σχετικά μικρός, τότε θα πρέπει να είμαστε αρκετά προσεκτικοί για να μην ανατραπεί η υφιστάμενη τροφική κατάσταση της περιοχής λόγω της προβλεπόμενης ανάπτυξης- αξιοποίησης.

Αναλυτικά για την εκτίμηση αυτού του χρόνου απόκρισης και με τα πιο πάνω δεδομένα της ανάπτυξης-αξιοποίησης θα ακολουθηθούν οι εξής ενέργειες:

Ενέργεια 9α:

Υπολογίζεται η επιτρεπόμενη φόρτιση του φωσφόρου (Lper) για την περιοχή σύμφωνα με την εξίσωση:

$$Lper, [mg\ m^2\ y^{-1}] = [P]\ x\ Z\ x\ \rho/(1-R)$$

ενώ ο επιτρεπόμενος εφοδιασμός (Jper) της περιοχής θα είναι:

$$Jper, [kg\ y^{-1}] = Lper\ x\ Ao/10^6$$

Ενέργεια 9β:

Η λεκάνη απορροής διαιρείται σε υποπεριοχές ανάλογα με το γεωλογικό της υπόβαθρο ή και τις χρήσεις της. Υπολογίζεται ο συνολικός εφοδιασμός της περιοχής σε φώσφορο από την ξηρά προς το νερό σύμφωνα με τη σχέση:

$$Je = [\Sigma i][Adi][E],$$

όπου Adi είναι οι υποπεριοχή i και Σi το σύνολο των υποπεριοχών, ενώ

$$Le, [mg\ m^{-2}\ y^{-1}] = (\ \Sigma i\ \chi\ Adi\ x\ E)/\ Ao$$

Ενέργεια 9γ:

Εκτιμάται η φόρτιση του φωσφόρου από τη βροχόπτωση (Lpr) που στην προκειμένη περίπτωση, αν είναι 75

$mgm^{-2}y^{-1}$, τότε ο εφοδιασμός σε φώσφορο της περιοχής από τη βροχόπτωση θα είναι:

$$\mathbf{Jpr\ [Kg\ y^{-1}] = 75 \times Ao/10^6}$$

Ενέργεια 9δ:

Ο φυσικός εφοδιασμός και η φυσική φόρτιση σε φωσφόρο της υπόψη περιοχής θα είναι αντίστοιχα,

$$\mathbf{Jp = Je + Jpr}$$
$$\mathbf{Lp = Le + Lpr}$$

Εάν Jp≥Jper, (ο φυσικός εφοδιασμός είναι μεγαλύτερος από τον επιτρεπόμενο εφοδιασμό,) τότε δεν επιτρέπεται πρόσθετη αξιοποίηση και ανάπτυξη στην περιοχή.

Ενέργεια 9ε:

Εάν θα πρέπει στην υπόψη περιοχή να κτιστούν καινούριες κατοικίες (Νο) και να μείνουν μόνιμοι κάτοικοι (Νκ), τότε υπολογίζεται ότι η κάθε κατοικία στην περιοχή για κάθε έτος ισοδυναμεί με [Nu] ανθρωποημέρες το έτος (ή Νο/365 ανθρωποέτη ανά έτος). Με την παραδοχή ότι κατά μέσο όρο 4.3 άνθρωποι θα κατοικούν σε κάθε σπίτι, υπολογίζεται ότι το Νu, δηλαδή ο αριθμός των ανθρώπων που παραμένουν κάθε έτος στην περιοχή, θα δίδεται από τη σχέση:

$$\mathbf{Nu = 0.69\ No + 4.3\ N\kappa}$$

Ενέργεια 9στ:

Υπολογίζεται ο εμπλουτισμός με φώσφορο της περιοχής σύμφωνα με τον αριθμό των ανθρώπων που παραμένουν στην περιοχή κάθε έτος από τη σχέση:

$$\mathbf{Ja,\ [Kg\ y^{-1}] = 0.8 \times Nu\ (1\text{-}Rs)}$$

(Rs είναι ο συντελεστής κατακράτησης των θρεπτικών στο ίζημα. Οταν υπάρχει σηπτικός βόθρος, τότε στον αποδέκτη δεν υπάρχει καμμιά πρόσθεση θρεπτικού συστατικού, ενώ όταν ο βόθρος είναι απορροφητικός, τότε τα ποσοστά των θρεπτικών που φτάνουν στον αποδέκτη εξαρτώνται, από τη σύσταση του εδάφους, τον υδροφόρο ορίζοντα, την απόσταση από τον αποδέκτη και άλλα χαρακτηριστικά).

Ενέργεια 9ζ:

Υπολογίζεται η σημερινή ποσότητα του φωσφόρου στην υδάτινη περιοχή,

$$\mathbf{Jt,\ [Kg\ y^{-1}] = Jp + Ja}$$

Εάν Jt≥Lper τότε δεν επιτρέπεται πρόσθετη ανάπτυξη στην περιοχή.

Ενέργεια 9η:

Εάν Jt< Jper, υπολογίζεται ο συνολικός επιτρεπόμενος αριθμός κατοικιών (ή άλλης μορφής ανάπτυξη με όρους συγκέντρωσης θρεπτικών αλάτων) που μπορεί να δεχθεί η περιοχή από την άποψη της διατήρησης και της προστασίας του περιβάλλοντος, από τη σχέση:

$$\mathbf{Nper = (Jper - Jp)/\ [0.55\ (1\text{-}Rs)]}$$

Ενέργεια 9θ:

Ο πρόσθετος αριθμός κατοικιών, Νπρ, που επιτρέπεται να κτιστούν στην περιοχή θα είναι σύμφωνα με τη σχέση,

$$\mathbf{N\pi\rho = Nper = Nu}$$

όπου, Νπρ= σύνολο κατοικιών που επιτρέπονται να κτιστούν και Νu= ο αριθμός των ανθρώπων που παραμένει κάθε έτος στην περιοχή.

Με ανάλογη διαδικασία μπορεί να υπολογιστεί και η χωρητικότητα της περιοχής στο να δεχθεί άλλες αναπτυξιακές δραστηριότητες, οι οποίες μπορεί με άμεσο ή και έμμεσο τρόπο να επηρεάζουν το υδάτινο περιβάλλον και το οικοσύστημα, ώστε να συνεκτιμώνται στη λήψη της απόφασης και η προστασία του περιβάλλοντος και η παραγωγική διαδικασία.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

• Το νερό στη Φύση

Το νερό με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας κυκλοφορεί μέσα στη φύση, τροφοδοτεί, συντηρεί και ενδυναμώνει τη Ζωή, τη βιοποικιλότητα και τους οικοτόπους. Διατηρεί τα φυτικά και ζωικά κύτταρα και τη θερμοδυναμική απόδοση της βιολογικής "μηχανής" στα έμβια. Την ίδια στιγμή, αποτελεί τον "παγκόσμιο" διαλύτη, ρέει επιφανειακά συνεισφέροντας στη μορφολογία της γης, διαπερνά το έδαφος, φτάνει στους υπόγειους υδροφορείς, επανέρχεται στην επιφάνεια όπου εξατμίζεται και επανέρχεται πάλι στη γη με τα κατακρημνίσματα και έτσι διαμορφώνει σε ένα βαθμό το περιβάλλον μας.

Το νερό είναι ανανεώσιμος φυσικός πόρος, είναι πηγή ζωής και τροφοδότης της και ταυτόχρονα μέσο που "ξεπλένει" τα υπολείμματα και τα κατάλοιπά της ζωής και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Παρόλα αυτά, το καθαρό νερό λιγοστεύει, εξαντλούνται τα αποθέματά του και υπονομεύεται η ζωή, η ανάπτυξη και το φυσικό μας περιβάλλον.

• Το νερό στην Ανάπτυξη

Τις τελευταίες δεκαετίες έγινε αντιληπτό ότι η ανάπτυξη και τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους με σύνθετο, αλλά όμως και με εύθραυστο τρόπο. Εύθραυστα όμως είναι και τα δύο ζωτικά ρευστά για τη ζωή, ο αέρας και το νερό. Τοξικές και άλλες ουσίες μπορεί να εκλύονται μακρύτερα, αλλά μπορεί να καταλήγουν με τη βροχή στον ταμιευτήρα από τον οποίο υδρευόμαστε. Ή οι αναπτυξιακές δραστηριότητες μιας περιοχής με τις οχλήσεις και τις απορροές τους, μπορεί να έχουν αντίκτυπο σε άλλες κατάντη δραστηριότητες, σε προστατευόμενες περιοχές, στην ποιότητα της ζωής και στην προστασία του περιβάλλοντος. Καμία ανάπτυξη δεν έχει το δικαίωμα να γίνει σε βάρος του περιβάλλοντος. Με τις σημερινές κατακτήσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας και με τη δέσμευση ότι μπορούν να δαπανηθούν επιπλέον ποσά για την προστασία και διατήρηση του υδάτινου περιβάλλοντος, οι συνέπειες στο περιβάλλον γίνονται πλέον θέμα επιλογής.

Το καθαρό νερό είναι ένα φυσικό αγαθό που εξυπηρετεί τις ανάγκες του κοινωνικού συνόλου, αλλά κοστίζει. Ο καθαρισμός του νερού απαιτεί μεγάλες επενδύσεις και εγκαταστάσεις που μόνο μεγαλουπόλεις μπορούν να αποκτήσουν. Παρόλα αυτά, χρησιμοποιούμε το καθαρό νερό χωρίς διάκριση, σε όλες τις δραστηριότητές μας. Για παράδειγμα, η αρδευτική γεωργία απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού. Για την παραγωγή ενός τόνου βαμβακιού, χρησιμοποιείται 20 φορές περισσότερο νερό, παρά για την παρασκευή ενός τόνου χαρτιού. Αλλά το νερό που σήμερα χρησιμοποιείται στη γεωργία είναι στην πλειονότητά του καθαρό ή σχεδόν καθαρό, όπως και το νερό που χρησιμοποιούν οι υδροβόρες βιομηχανίες πλαστικών, αλουμινίου, χαρτιού και διύλισης πετρελαίου. Έτσι, οι απειλές ενάντια στο υδάτινο περιβάλλον προέρχονται από την παραδοσιακή λογική και των δραστηριοτήτων μας, είναι δηλαδή συνήθειες τρόπου ζωής. Επομένως, προκύπτει η ανάγκη ορθολογικής ελάττωσης της κατανάλωσης καθαρού νερού για υδροβόρες δραστηριότητες με δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων τους, γιατί το πρόβλημα "καθαρό νερό" είναι θέμα της επιβίωσής μας και της οικονομικής ανάπτυξης.

• Το νερό στην Προστασία του Περιβάλλοντος

Το νερό είναι κοινωνικό αγαθό σε ανεπάρκεια, αφού τα αποθέματα σε γλυκό νερό είναι λιγότερα από το 1% του συνολικού όγκου νερού του πλανήτη μας. Από αυτή την ποσότητα περίπου το 98% βρίσκεται στα υπόγεια νερά και μόνο το 2% στην επιφάνεια. Οι ανάγκες όμως για νερό συνεχώς αυξάνονται. Για παράδειγμα, μια προοπτική ανάπτυξης της Ελλάδας με πληθυσμό 15 εκατομμύρια κατοίκων, με ανεπτυγμένη κοινωνία και με αρδευτικές εκτάσεις γύρω στα 20 εκατομμύρια στρέμματα, θα απαιτήσουν περίπου 25 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού σε ετήσια βάση. Φαινομενικά το νερό αυτό υπάρχει, αφού ο συνολικός όγκος του υπολογίζεται στα 65 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού από τα οποία περίπου 30 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα απορρέουν άμεσα στη θάλασσα και έτσι παραμένουν για εκμετάλλευση, ανάπτυξη και περιβαλλοντική χρήση περίπου 35 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού. Στην καθημερινή όμως πρακτική υπάρχει σοβαρό πρόβλημα, αφού τα τελευταία είκοσι έτη παρατηρείται ευδιάκριτη τάση μείωσης των βροχοπτώσεων, τεράστιες αυξομειώσεις στις διαθέσιμες πηγές νερού σε ποσοτικά στοιχεία και ποιοτικά χαρακτηριστικά και απουσία ορθολογικής διαχείρισης των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Αν και το νερό υφίσταται συνεχώς ανανέωση, το πρόβλημα δημιουργείται από τη δυσκολία της διατήρησης μιας σχετικής ισορροπίας ανάμεσα στον κύκλο κυκλοφορίας του στη φύση και στον κύκλο της χρήσης του. Τουλάχιστον δέκα Υπουργεία, οι πρωτοβάθμιοι και δευτεροβάθμιοι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης μαζί με τις κατά τόπους Δημοτικές επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης και η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρικού συμμετέχουν στην προστασία και στη διαχείριση του νερού. Ερευνητικό και συμβουλευτικό όμως ρόλο έχουν μεταξύ των άλλων τα Πανεπιστήμια, η ΕΜΥ, το ΕΚΘΕ και το ΙΓΜΕ.

Με δεδομένη τη διάσπαση και τον κατακερματισμό των πιο πάνω αρμοδιοτήτων σε πολυποίκιλους φορείς και για να αντιμετωπιστούν τα αυξανόμενα προβλήματα και οι προκλήσεις του 21ου αιώνα, προκύπτει το ζήτημα της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων και της συνολικής προστασίας του περιβάλλοντος. Μέχρι σήμερα το θέμα δεν έχει αντιμετωπισθεί επαρκώς, με αποτέλεσμα η λειψυδρία να απειλεί τα αστικά κέντρα, η γεωργία και η βιομηχανία να κατασπαταλούν νερό, ο κίνδυνος της υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών να αποτελεί γεγονός στα νησιά και στις παράκτιες περιοχές, ενώ προβάλει το φάσμα της ρύπανσης και μόλυνσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών, της συρρίκνωσης της βιοποικιλότητας τους και των οικοτόπων. Νερό στην Ελλάδα υπάρχει άφθονο, σωστή διαχείριση είναι το ζητούμενο.

Σε συνδυασμό με τη διαχείριση των υδατικών πόρων και των υγροτοπικών περιοχών η σημασία του νερού για το περιβάλλον μας είναι αυτονόητη. Το νερό αποτελεί κυρίαρχο στοιχείο για την υδρομηχανική ισορροπία του εδάφους, ρυθμίζει το κλίμα και την υδρολογική ισορροπία, δημιουργεί παραγωγικότατα σε βιομάζα, οικοσυστήματα και περιοχές αδιάκοπων ενεργειακών διεργασιών, αλλά και προσφέρει οικονομικές, πολιτιστικές, ψυχαγωγικές και επιστημονικές δυνατότητες και συντηρεί μεγάλη ποικιλότητα σε πανίδα και χλωρίδα.

Πέρα όμως από αυτά οι αξίες που απορρέουν από τις λειτουργίες του νερού στο βιοφυσικό μας περιβάλλον είναι σημαντικότατες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο και επομένως και εδώ ανακύπτει το ζήτημα της ορθολογικής διαχείρισης των χρήσεων του νερού ως προς την προστασία και διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πρωτοβουλία του Προέδρου και Διευθυντή του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, Καθηγητή Δ.Ι. Παπανικολάου για την αναβάθμιση του επιπέδου των εκδόσεων του ΕΚΘΕ σύμφωνα με τις σύγχρονες επιταγές της επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, έχει ιδιαίτερη σημασία. Έτσι, του εκφράζονται θερμές ευχαριστίες για την καινούρια έκδοση του ΕΚΘΕ, τις «ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ», οι οποίες περιλαμβάνουν ειδικά θέματα που απασχολούν την επιστημονική κοινότητα και την κοινωνία γενικότερα. Ευχαριστίες επίσης οφείλονται στο προσωπικό του Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων και στους συνεργάτες για την πολύτιμη βοήθειά τους στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, στοιχείων και πληροφοριών που αφορούν τα εσωτερικά νερά και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα συγγραφή, όπως και σε υπαλλήλους των αρμόδιων υπηρεσιών των Υπουργείων Ανάπτυξης, ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., Γεωργίας και Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων. Τέλος, ευχαριστώ το προσωπικό του Γραφείου Εκδόσεων του ΕΚΘΕ, που συνέβαλε στις διορθώσεις, στην επιμέλεια του κειμένου και στην επιμέλεια της έκδοσης, καθώς και την Β. Μαρούδα Λαμπροπούλου για την επιμέλεια των σχεδίων και των διαγραμμάτων της Μονογραφίας.

Θ. Σ. Κουσουρής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – REFERENCES

ΑΓΓΕΛΑΚΗΣ, Α.Ν. & ΚΟΤΣΕΛΙΔΟΥ, Ο.Ν., 1996.- Η διαχείριση των υδατικών πόρων της Ελλάδας και η συμβολή των ΔΕΥΑ. Πρακ. Δ. Συν. Διαχ. Υδατ. Πόρων, ΤΕΕ Λάρισα, 18 σ.

ALABASTER, J.S. & LLOYD, R. 1980.- Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, Lond., 297 pp.

ALBANIS T., ANAGNOSTOPOULOS A., VRETTAS CH. & PIMENIDIS S. 1982.- Pollution parameters of the river Axios-Loudias. Proc. Of the 7th Pan. Chem. Conf., Athens, 37-48.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΙΔΗΣ, Κ. 1968.- Έρευναι επί των θειοβιοκοινωνιών των αλμυρών και γλυκέων υδάτων της Ελλάδος. Διδ. Διατρ., Α.Π.Θ, 866 σ +109 φ.

ANAGNOSTIDIS, K., & ECONOMOU-AMILLI, A. 1980.- Limnological studies on lake Pamvotis, Greece. Arch. Hydr., 89,313-342.

ANAGNOSTOPOULOU, M. 1992.- The relationship between the macroinvertebrate community and water quality and the applicability of biotic indices in the river Almopeos system (Greece). Msc. Dissert. Univ. Manch.,U.K.

ANAGNOSTOPOULOU, M., LAZARIDOU-DIMITRIADOU, M. & WHITE, N. 1994.- The freshwater invertebrate community of the system of the river Almopeos, N. Greece. *Bios* 2, 79-86.

APHA, 1985.- Standards methods for the examination of water and wastewater, APHA, AWWA, WPCF, 16th ed., ashin., USA.

ARMITAGE, P.D., MOSS, D., WRIGHT, J.F. & FURSE, M.T. 1983.- The performance of a new water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. Water Res.,17, 333-347.

ΑΡΤΕΜΙΑΔΟΥ, Β., ΥΦΑΝΤΗΣ, Γ., ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ-ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΥ, Μ. & ΜΟΥΡΕΛΑΤΟΣ, Σ. 1995.- Οικολογική ποιότητα των ρεόντων υδάτων στο σύστημα του ποταμού Αλιάκμονα. Προκαταρκτικά αποτελέσματα. Πρακτ. 17ο Συν. Ε.Β.Ε.Ε., 254-256, Πάτρα.

ASCHAN, M.M. & SKULLERUD, A.M. 1990.- Effects of changes in sewage pollution on softbottom macrofauna communities in the inner Oslo fjord, Norway. *Sarsia*, 75, 83-190.

A.W.A. (AGLIAN WATER AUTHORITY), 1986.- River quality objectives. Aglian Water Authority, Huntingdon.

AYERS, R.S & WESTCOT, D.W. 1985.- Water quality for agriculture. *FAO Irr. and Drain. P. 29, Rev. 1*, Rome 6-11 99-104.

ΒΑΣΙΛΙΚΙΩΤΗΣ, Γ. & ΦΥΤΙΑΝΟΣ, Κ. 1986.- Μέθοδοι ελέγχου ρυπάνσεως περιβάλλοντος. ΑΠΘ, 238 σ.

BARKO, J.W., ADAMS, M. & CLESCERI, N. 1986.- Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation. *J. Aquat. Plant Manag.*, 24, 1-10.

BATTEGAZZORE, M. & RENOLDI M., 1995.- Intergrated chemical and biological evaluation of the quality of the river Lambro (Italy). *Wat. Air & Soil Poll.*, 83,375-390.

BAUMERT, H. 1979.- System analysis of silica diatom interaction. *Int. Rev.ges. Hydr.*, 64, 4, 457-473.

BERNHARDS, H. 1984.- Treatment disturbances with water out of eutrophic reservoirs as consequence of extensive algal development. *IWSA, Kong Mon., Tunis Spec. Subj.*4, 4-7.

BEVERIDGE, M.C.M. 1984.- Cage and pen fish farming, carrying capacity models and environmental impact. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 255, 131 pp.

ΒΛΥΣΙΔΗΣ, Α. 1985.- Ρύπανση από υγρά απόβλητα βιομηχανίας. ΕΜΠ, 170 σ.

BMWP, 1978.- Assessment and presentation of the biological quality of rivers in Great Britain.Biological Monitoring Working arty, Department of the Envir. U.K.Water Data Unit.

BOON, P.J., CALOW, P. & PETTS, G.E. 1992.-River conservation and management. J.Wiley & Son, N.Y., 251 pp.

ΒΟΡΕΑΔΟΥ, Α. 1993.- Επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων στα οικοσυστήματα των τρεχούμενων νερών της Κρήτης. Διδ.Διατρ. Πανεπιστήμιο Κρήτης.

CAMARGO, J.A & CARCIA DE JALON, D. 1990.- The downstream impacts of the Burgomillodo reservoir, Spain. *Regulated rivers: Res. & Manag.*, 5,305-317.

CAMARGO, J.A. 1993.- Macrobenthic surneys as a valuable tool for assessing freshwater quality in the Iberian Peninsula. *Env.Mon. & Asses.*, 24,71-90

CARLSON, E. R. 1977.- A trophic state index for lakes. *Limn. & Ocean.*, 22, 361-369.

CARTER, G. 1988.- Coastal environments. An introduction of the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Acad. Press, 617 pp.

CEC, 1992.- Research and technological development for the supply and use of freshwater resources. SAST proj. No 6, Commission of the European Communities, Brussels, 148 pp.

CEN, 1995.- Biological classification of rivers part 1. Guidance on their presentation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates in running water. Document N42E, 15 Sept., 1995.

CHANDLER, J.R. 1970.- A biological approach to water quality management. *J.Water Poll. Contr.*, 69, 415-422 .

CHRISTIANSEN J.E., OLSEN, E.C. & WILLARDSON, L.S. 1977.-Irrigation water quality. *J. Irr. and Drain. Div. ASCE*, 103, 2, 155-169.

ΓΙΑΝΝΑΚΟΥ, Ο. 1997.- Ανασκόπηση των μεθόδων Παρακολούθησης και εκτίμησης της βιολογικής ποιότητας των ρεόντων υδάτων με τη χρήση βενθικών μακροασπόνδυλων οργανισμών. Πρακτ. 5ου Συν. Περ. Επιστ. & Τεχν., Λέσβος, 78-86.

ΓΙΑΝΝΑΚΟΥ, Ο., ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Α., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. & ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ. 1997.-Οικολογική ταξινόμηση ενός πεδινού ρέματος στη Β. Ελλάδα. Πρακτ. 5ου Πανελ. Συμπ. Ωκεαν.& Αλ., 289-292 Καβάλα.

ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ, Τ. 1989.- Δομή-Διαχείριση υφάλμυρων οικοσυστημάτων. Η περίπτωση ευτροφισμού της Βιστωνίδας. Διδ. Διατρ., Δημοκρ. Παν. Θράκης, 202 σ.

ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ, Κ., ΖΑΧΑΡΙΑΣ, Ι., ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ, Η. & ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. 1997.- χαρακτηριστικά ασπόνδυλης πανίδας σε ορεινούς παραποτάμους του ποταμού Αχελώου. Πρακτικά 19ου Πανελ. Συν. ΕΕΒΕ και 1ου Βιολ. Συν. Βαλκαν. Χωρών, Θεσ/νίκη.140-141.

ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ, Κ., ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, Ν., ΜΠΟΓΔΑΝΟΣ, Κ. & ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. 1997.- Προκαταρκτικά αποτελέσματα κατανομής ασπόνδυλης πανίδας στον άνω ρου του ποταμού Αλιάκμονα. Πρακτικά 19ου Πανελ. Συν. ΕΕΒΕ και 1ου Βιολ. Συν. Βαλκαν. Χωρών, Θεσ/νίκη. 138-139.

ΓΥΣ, 1995.- Τοπογραφικοί χάρτες (1 : 50.000).

CLAUS, R., DOBLER, H.G., FRANK, R., HAALA, G., LAUER, V., MURA, B., STEPHAN, F., STRECKER, H. & WICHERT, G. 1989.- *Natura*. Band 1&2, Ernst Klett, Schulbuchuerlag, Stuttgart.

COLE, G.A. 1983.- Textbook of limnology. Mosby Co. St. Louis, 401 pp.

COLLINS, I. 1983.- A study on the environmental impact of particulate matter derived from a salmonid cage culture system on Loch Fad, isle of Bute, Scotland. Bsc thesis, Univ. Of Stirling, 92 pp.

COOK, S.K. 1976.- Quest for an index for community structure sensitive to water pollution. *Envir. Pollut.* 11, 269-288.

COWARDIN, L.M., CARTER, V., COLET, E. & LAROE, E. 1979.- Classification of wetlands and deepwater habitats of the USA. US Fish & Wildl. Serv., Washington D.C., FWS/0BS/73/31.

ΔΕΗ, 1996.- Ετήσιοι συγκεντρωτικοί πίνακες λειτουργίας σταθμών ΥΗΣ/ΔΕΗ.

DE PAUW, N. & VANHOOREN, G. 1983.- Method for biological assessment of watercourses in Belgium. Hydrob., 100,153-168.

DIAPOULIS, A., KOUSSOURIS, T., FOTIS, G. & BERTAHAS, I. 1991.- Ecological stresses on a delta area in western Greece. *Tox. & Envirn. Chem.*, 31-32,285-290.

DILLON, P. J. & RIGLER, R. H. 1974.- A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. *J. Fish.Res.Bd.Can.*, 31, 1771-1778.

DILLON, P. J. 1975.- The phosphorus budjet of Cameron lake, Ontario. The importance of flushing.

DONEEN, L.D. 1954.- Salinization of soil by salts in the irrigation water. *Trans., Ammer. Geophys. Union*, 35,943-950.

DUSSART, B. 1966.- Limnologie. Gauth.Vill., Paris, 676 pp.

E.E., 1976-1991.- Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από επικίνδυνες ουσίες. 76/464/_Έκχυση επικίνδυνων ουσιών, 80/68/ υπόγεια ύδατα, 82/176/απορρίψεις υδραργύρου, 83/513/απορρίψεις καδμίου, 84/156/απορρίψεις υδραργύρου, 84/491/απορρίψεις εξαχλωροκυκλοεξανίου, 86/280/ απορρίψεις επικινδύνων ουσιών, 88/347/ συμπλήρωση της 86/280, 90/415/ συμπλήρωση της 86/280, 91/271/ αστικά λύματα, 91/676/ νιτρορύπανση.

EDMONDSON, W.T. 1966.- Freshwater biology. J.Wiley, N.Y.,1248 pp.

EEC, 1992, 1994, 1996.- Proposed directive for ecological quality of surface waters.COM (92)27-3-1992, COM(93)15-6-1994, COM(96)21-2-1996, 1986-1995.- Δεδομένα ποιότητας νερού. Δελτία ΕΥΔΑΠ.

EEC., 1995.- Ποιότητα γλυκών επιφανειακών υδάτων. Κοινή διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών 1987-89. Συγκεντρωτική έκθεση. Εκδ. Ευρωπ. Ένωσης, 209 σ.(στην αγγλική).

ΕΣΥΕ (1981 & 1991). Στατιστικά απογραφικά στοιχεία Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος. Δελτία .

EXTENCE, C.A., BATES, A.J., FORBES, W.J. & BARHAM, P.J. 1987.- Biologically based water quality management. *Envir. Poll.*, 45, 221-236.

EUROPEAN STANDARD PROPOSAL, 1995.- Guide to analytical quality control for water analysis. Final draft CEN/TC 230 N223, April 1995.

ZANAKH, K. 1996.- Έλεγχος ποιότητας νερού. Εκδ. Ιων, Αθήνα, 508 σ.

ZΑΡΦΤΖΙΑΝ, Μ.Ε. 1989.- Εποχιακές διακυμάνσεις και χωρική κατανομή των πλαγκτικών ασπόνδυλων της λίμνης Βόλβης. Διδ. Διατρ., ΑΠΘ., 249+76 σ.

ΖΙΩΓΑΣ, Γ., ΣΤΑΜΟΥΛΑΚΗΣ, Γ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΗΣ Κ. & Β. ΚΑΛΦΑΚΑΚΟΥ 1986.- Η ρύπανση και τα περιβαλλοντικά προβλήματα στο λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων . Τεχνική Έκθεση ΤΕΕ., παράρτημα Ιωαννίνων, 144 σ.

ΖΩΗ-ΜΩΡΟΥ, Α. 1996.- Οι κοινοτικές οδηγίες που αναφέρονται στο υδάτινο περιβάλλον και η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας προς αυτές. Εκδ., Ινστ. Περιβ. Πολ., 95+77 σ.

FITTER, R. & MANUEL, R. 1994.- Lakes and rivers, stream & ponds. Collins Ph. Guide, Harper Collins Publ., 382 pp.

FLEITUCH, T.M. 1992.-Evaluation of the water quality of future tributaries to the planned Dobczyce reservoir using macroinvertebrates. Hydrobiol.,27,103-116.

FOGG, G.E. 1969.- The physiology of an algal nuisance. *Proc. Of the Royal Soc. Of London*, 173, 175-189.

FORNEY, J.L. 1957.- Chemical characteristics of N.Y.farm ponds. N.Y.Fish Game, 4, 203-212.

FYTIANOS, K., SAMANIDOU, B. & ANGELIDIS, TH. 1985.- Pollution of the major rivers and lakes in northern Greece by heavy metals. *Proc. Of the 10th Pan. Chem. Conf.*, Athens, 37-48 pp.

G.B.W.C., 1996.- The Greek habitat project Natura 2000:an overview. Directive 92/43/EEC, 893 pp.

GIANNAKOU, O., KAMARIANOS, A., KOUSSOURIS, T. & KILIKIDIS, S. 1997.- Distribution of benthic macroinvertebrates in relation to physicochemical parameters as a tool for assessing river water pollution in a lowland stream, N. Greece. *Fres. Environm.* Bull. , 6, 560-567.

GOLDMAN, C.R. & HORNE, A.J. 1983.- Limnology. McGraw-Hill, B,. Co., London, 464 pp.

GOLTERMAN, H. L. 1975.- Physiological limnology. Elsev.Sc.Publ.,N.Y., 489 pp.

GOPAL, B., TURNER, R., WETZEL, R. & WHIGHAM, D. 1982.- Wetland ecology and management. N.I.E.I.S.Publ., Jaipur, India, 328 pp.

GRAY, J. S. & MIRZA, F. B. 1979.- A possible method for the detection of pollution induced disturbance on marine benthic communities. *Mar. Pol. Bull.,* 10,142-146.

GRAY, J.S., ASCHAN M., CARR. M.R., CLARKE K.R., GREEN R.H., PEARSON T.H., ROSENBERG R. & WARWICK, R.M. 1988.- Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. *Mar. Ecol.*- Progr. ser., 46, 151-165.

GREESON, P.E., CLARKE, J.R. & CLARK, J.E. 1979.- Wetland functions and values:the state of our understading. Amer. Wat.Res. Ass., Minneapolis, 122 pp.

GRITZALIS, K., KOUSSOURIS, T. & DIAPOULIS, A. 1993.- Distribution of the invertebrate fauna with relation to pollution and the special hydrological sitution in Arachthos river. Proc. 6th Inter. Congr. on the Zoog. & Ecol.of Greece and Adjac. Reg., Thessalonki (21).

GRITZALIS, K., KOUSSOURIS, T. & DIAPOULIS, A. 1993.- Distribution of the invertebrate fauna with relation to pollution and the special hydrological sitution in Louros river. Proc. 6th Inter. Congr. on the Zoog. & Ecol.of Greece and Adjac. Reg., Thessalonki (22).

GRITZALIS, K., BOGDANOS, K., SKOULIKIDIS, N.TH., BERTAHAS I. & KOUSSOURIS, TH. 1997.- Ecological classification of the upper part Aliakmon river, Greece Proc. of the 9th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region - MESAEP, St. Angelo di Sorrento, Italy, 4-9 10.

GUELORGET, O., FRISONI, F. & PERTHUISOT, P. 1983.- Structure et fonctionnement d'un ecosystem-type du domaine paralique mediterraneen. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, 28, 349-54.

GUELORGET, O. & PERTHUISOT, P. 1992.- Paralic ecosystems. Biological organization and functionning. *Vie Milieu*, 42, 215-251.

HACH CO, 1978.- Methods manual. Hach Chem.Corp.Ames., Iowa, 116 pp.

HAKANSON, L. & JANSSON, M. 1983.- Principles of lake sedimentology. Spring. Verl., Berlin, 216 pp.

HAKANSON, L., ERWIN, A., MAKINEN, T. & MOLLER, B. 1988.- Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. *Nor. Coun. Min., Copenhagen*, 103 pp.

HAKANSON, L. & WALLIN, M. 1991.- Use of ecometric analyses to establish load diagrams for nutrients in coastal areas. *Hydrob.*, 176/177, 481-490.

HARDIN, G. 1960.- The competative exclusion principle. Scien., 131,1292-1297.

HEIP, C. 1974.- A new index measuring evenness. *J.Mar.Biol. Ass.* 54, 555-557.

HELLAWELL, J.M. 1986.- Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsev, London, 214 p.

HILL, M.O. 1973.- Diversity and evenness. A unifying notation and its consequence. *Ecology* 61, 225-236.

HILSENHOFF, W.L. 1977.- Use of arthropods to evaluate water quality of streams. *U.S.Dept.of Nat.Res.Tech. Bull.*,100,12 p.

HILSENHOFF, W.L. 1987.- An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entom.*,20,31-39.

HUTCHINSON, G. E. 1957.- A treatise on limnology. I. Geography, Physics and Chemistry. N.Y. J. Wiley & Sons. 1015 pp.

HUTCHINSON, G. E. 1961.- The paradox of the plankton. A. Nat., 95, 137-146.

HUTCHINSON, G. E. 1967.- A treatise on limnology. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. N.Y. J. Wiley & Sons, 1115 pp.

HUTCHINSON, G. E. 1967.- A treatise on limnology. III. Limnological botany. N.Y. J. Wiley & Sons, 660 pp.

HUTCHINSON, G.E. 1970.- The chemical ecology of three species of myriophullum. Limnol. & Ocean., 15,1-5.

HYNES, H.B.N. 1970.- The ecology of running waters. Liv. Univ. Press, 187pp.

ΘΕΡΙΑΝΟΣ, Α.Δ. 1974.- Η δίαιτα και η γεωγραφική κατανομή των απορροών του ελληνικού χώρου. Πρακτ. 1ου Παν. Σεμ. Υδρολογίας, Αθήνα, 28-57.

ΙΓΜΕ, 1983.- Γεωλογικοί χάρτες 1: 500.000.

ICES, 1984.- The causes dynamics and effects of exceptional blooms and related events. ICES C.M./E 42, 5 pp.

ICES, 1988.- Report of the working group of environmental impacts of mariculture. ICES C.M./F 32.

ILLIES, J. 1978.- Limnofauna europea. Fisch Verl.,Stuttgart, 473 pp.

IMHOFF, K. 1985.- Taschenbuch der stadtentwaesserung. 26th ed.,Verlag R. Oldenbourg, Munchen, Wien, 542 pp.

ISO 7828, 1985.- Water quality-Methods of biological sampling. Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates. Technical Committee ISO/TC 147 Water Quality, Switzerland.

ISO IEC Guide 25, 1990.- General requirements for the competence of calibration and testing laboratories, 3rd Ed.

ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. 1979.- Υπόγειο υδατικό δυναμικό. Ο ελληνικός ορυκτός πλούτος. *Εκδ. Μεταλλ. Επιχ.*, 456-471.

ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. 1986.- Εφαρμοσμένη υδρογεωλογία. Τεχ. Επ. Ελλ, 169 σ.

ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗΣ, Λ. 1973.- Η κατανομή των βροχοπτώσεων εις τον ελληνικόν χώρον. Πρακτ. 1ου Παν. Σεμ. Υδρολ., 1-27.

ΚΑΡΒΟΥΝΑΡΗΣ, Δ. 1979.- Συμβολή εις την γνώσιν των πλαγκτονικών κλαδοκερωτών και κωπηπόδων των φυσικών λιμνών της Μακεδονίας. Διδ. Διατρ., ΑΠΘ, 158 σ.

ΚΑΡΡΑΣ, Γ. 1973.- Κλιματική ταξινόμηση της Ελλάδος κατά Thornthwaite. Διδ. Διατρ., Πανεπ. Αθηνών,250 σ.

KEMPE, S. 1984.- Sinks of anthropogenically enhanced carbon cycle in surface fresh waters, *Journal of Geophysical Research*,. 89, No D3, 4657-4676.

ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ., ΦΩΤΗΣ, Γ., ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Α., ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ, Ξ., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ Θ. & ΜΗΤΛΙΑΓΚΑΣ, Π. 1989-92.- Οικολογική έρευνα για την προστασία της λίμνης Πολυφύτου Κοζάνης και τη βελτίωση της ιχθυο-παραγωγής της. Τεχν. Έκθεση, Α.Π.Θ., Τμημ. Κτην., Εργ. Οικ. και Προστ. Περιβάλλ., 24, 37-99.

KILIKIDIS, S., KAMARIANOS, A., KARAMANLIS, X., DELLIS, S., KOUSSOURIS T. & FOTIS, G. 1992.- Water Quality and Trophic Status Evaluation of the Polyphyto Reservoir, N. Greece. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 36, 169-179.

ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ., ΦΩΤΗΣ, Γ., ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΣ, Α., ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ, Ξ., ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ Θ. & ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΥ-ΤΖΑΡΟΥ, Α. 1993-94.- Οικολογική έρευνα για την προστασία της λίμνης Πολυφύτου Κοζάνης και τη βελτίωση της ιχθυοπαραγωγής της. Τεχν. Έκθεση, Α.Π.Θ., Τμημ. Κτην., Εργ. Οικ. Προστ. Περιβάλλ., 25, 13-89.

KIRA, T. 1993.- Major environmental problems in world lakes.- 5th Intern. ILEC Conf.: Strategies for Lake Ecosystems beyond 2000., Stresa (Italy), May 1993.

KIRCHNER, W. B. & DILLON, J.P. 1975.- An Empirical method of estimation of the retention of phosphorus in Lakes . *Water Resourses Research*, 11, 1,182-3.

KLECKA, W,R. 1975.- Discriminant analysis in Nie W,H., Hull C,H., Jenkins J,G., Steinbrenner K., Bent D,H.,(Eds) SPSS Statistical package for social sciences, McGraw Hill, N.Y., USA, 434-467.

KOHLER, A. & LABUS, B. 1983.- Eutrophication processes and pollution of freshwater ecosystems including waste heat. *Enc. Plant Phys.*, V12, 413-464.

KOLKOWITZ, R. & MARSSON, M. 1908.- Ecology of animal saprobia. Int. Rev. Hydrobiol. & Hydrogeog., 2, 126-153.

ΚΟΥΪΜΤΖΗΣ, Θ., ΣΑΜΑΡΑ, Κ., ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΣ, Σ., ΑΛΜΠΑΝΗΣ, Τ., ΒΟΥΤΣΑ Δ. & ΖΑΧΑΡΙΑΔΗΣ, Γ. 1993.- Αναλυτικοί προσδιορισμοί και χαρακτηρισμός της ποιότητας επιφανειακών νερών –Περίπτωση Αλιάκμονα. Τεχν. Έκθεση, Α.Π.Θ., Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος 125 σ.

ΚΟΥΜΠΛΗ-ΣΟΒΑΝΤΖΗ, Λ. 1983.- Έρευνες στα τραχειόφυτα των λιμνών και άλλων υδροβιοτόπων της Αιτωλοακαρνανίας.Διδ. Διατρ. Πανεπ. Αθηνών, 108 σ.

ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. 1993.- Συμβολή στη μελέτη της επίδρασης των γεωργοκτηνοτροφικών και άλλων δραστηριοτήτων στην τροφική κατάσταση της λίμνης Τριχωνίδας και των δυνατοτήτων ιχθυοτροφικής αξιοποίησής της. Διδ. Διατρ. , ΑΠΘ, 116 σ. + 183 π.

KOUSSOURIS, TH. 1981.- Environmental studies of a large deep ologotrophic lake (Lake Trichonis, western Greece. Msc Diss. In Environm. Res., Univ. of Salford, UK, 144 pp + 78 T.

KOUSSOURIS, T., PHOTIS, G., DIAPOULIS, A. & BERTAHAS, I. 1990.- Water quality evaluation in lakes of Greece. In D. Wheeler, M. Richardson, J. Bridges, 1990. Watershed '89. The future for water quality in Europe. II, 119-128.

KOUSSOURIS, T., BERTAHAS, I., DIAPOULIS, A. & GRITZALIS, K. 1990.- Evaluating water quality in the Louros river (Greece), using biotic indices based on invertebrate communities. J.of Environ. Ed. & Inform., 9, 163-174.

ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ., ΔΙΑΠΟΥΛΗΣ, Α., ΦΩΤΗΣ, Γ., ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Ε., ΜΠΑΡΜΠΕΤΣΕΑΣ, Σ., ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ, Κ. & ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ, Η. 1994.- Περιβαλλοντικές μετρήσεις στο σύστημα, χείμαρροι, ποτάμια, λίμνη, του ταμιευτήρα ΥΗΣ Κρεμαστά. Τεχν. Έκθ., ΕΚΘΕ, 59σ+80 π.

KOUSSOURIS, T., DIAPOULIS, A., GRITZALIS, K. & BERTAHAS, I. 1994.- The distribution of invertebrate fauna along Louros river (Greece). *Bios,* 2, 109-114.

ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. 1995.- Δομή και διαχείριση εσωτερικών υδάτων. Διδακτικές σημειώσεις Παν. Αιγαίου, 185 σ. και Παράρτημα 67 σ.

ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ., ΦΩΤΗΣ, Γ. & ΚΟΝΙΔΗΣ, Α. 1995.- Περιβάλλον και υδατοκαλλιέργεια. Η αμφίδρομη σχέση των επιπτώσεων. Εκδ. Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος, Αθήνα, 187 σ.

ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ. & ΑΘΑΝΑΣΑΚΗΣ, Α. 1996.- Περιβάλλον οικολογία εκπαίδευση. Εκδ., Σαββάλα, Αθήνα, 191 σ.

ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ., ΜΠΕΡΤΑΧΑΣ, Η. & ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ, Κ. 1996.- Ύδρευση πόλεων από φυσικές και τεχνητές λίμνες. Τα προβλήματα της ύδρευσης του Αγρινίου και της Χαλκίδας και μεθοδολογία αντιμετώπισης. Πρακτ.Συνεδρ. "Διαχείριση υδατικών πόρων". Λάρισα, 7 σ.

ΚΟΥΣΟΥΡΗΣ, Θ., ΓΚΡΙΤΖΑΛΗΣ, Κ. & ΓΙΑΝΝΑΚΟΥ, Ο. 1997.- Οικολογική ταξινόμηση σε ποτάμια της Ευρυτανίας. Πρακτ. 5ου Πανελ. Συμπ. Ωκεαν.& Αλ., Καβάλα.

ΚΟΥΤΣΟΥΜΠΙΔΗΣ, Ε. 1989.- Οικολογική έρευνα στις λίμνες-ποταμούς του νομού Φλώρινας. Εκδ., Νομ. Φλώρινας, 183 σ.

KRISTENSEN, P. & HANS OLE HANSEN, (ED) 1994.- European rivers and lakes. Assessment of their environmental state. European Environmental Agency, Copenhagen, *EEA Env. Monogr.*, 1, 122 pp.

LANG, C. & O. REYMOND, 1993.- Empirical relationship between diversity of invertebrate communities and altitude rivers:Application to biomonitoring. *Aquat. Scien.*, 55,188-196.

ΛΑΥΡΕΝΤΙΑΔΗΣ, Γ. 1956.- 'Ερευναι επί της υδρόβιας και ελοβίου χλωρίδος των εμβρυοφύτων της ελληνικής Μακεδονίας. Διδ. Διατρ., Παν. Θεσ/νίκης, 48 σ.

ΛΕΚΚΑΣ, Θ. 1996.- Περιβαλλοντική μηχανική. Διαχείριση υδατικών πόρων. Εκδ. Πανεπ. Αιγαίου, 676 σ.

ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ, Σ. 1974.- Γεωμορφολογική έρευνα επί των λιμνών της Αιτωλοακαρνανίας. Διδ. Διατρ., Παν. Αθηνών, 79 σ.

ΛΙΑΚΟΥΡΗΣ, Δ. 1990.- Η γεωλογία των ταμιευτήρων της ΔΕΗ. Εκδ. Δ/νση Εκπαίδ. ΔΕΗ.

LANG, C., EPLATTENIER, G. & REYMOND, O. 1989.- Water quality in rivers of western Switzerland:Application of an adaptable index based on benthic invertebrates. Aquat. Scien., 51, 224-234.

LENAT, D.R. & BARBOUR, M.T. 1994.- Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid cost-effective water quality monitoring:rapid bioassessment. In S.L.Loeb & A. Spacie (eds) Biological monitoring of aquatic systems. Lewis Publ., Ann Arbor, Michigan.

LEPPAKOSKI, E. 1975.- Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish water environments. *Act. Acad.Aboen.*, Ser. B, 35, 1-90.

LIEBMANN, H. 1962.- Handbuch der Frischwasser und Abwasser Biologie. R.Oldenb., Munchen, 588 pp.

LOUIS, J., PAPADOPOULOS, T., PANTZARTZIS, P. & APOSTOLOPOULOS G. 1992.- Geophysical engineering conditions at Ilarion Damsite, *Annales Geologiques des Pays Helleniques*, XXXV, 147-163.

LUDWING, J.A. &. REYNOLDS, J. F. 1988.- Statistical Ecology: aprimer on methods and computing. John Wiley &Sons.

LUND, J.W.G. 1965.- The ecology of the freshwater phytoplankton. *Biol. Rev. Of the Cambridge Philos. Society*, 40, 231-293.

MACAN, T.T. & WORTHINGTON, E.B. 1951.- Life in lakes and rivers. Coll., London, 368 pp.

MALTBY, E. & NEWBOLD, R. C. 1989.- The dynamics and functions of coastal wetlands of the Mediterranean type. CEC Report, DGXI, 37 pp.

MARBLE, L.M. 1992.- A guide to wetland functional design. Lewis Publ., London, 222 pp.

MARGALEF, R. 1958.- Information theory in ecology. *General Systems*, 3, 36-71.

MARGALEF, R. 1971.- Counting. In : A manual for measuring primary production in aquatic environments. Ed. Vollenweider, R.A.Blachwell Sc. Publ. London.

ΜΑΡΚΑΝΤΩΝΑΚΟΣ, Γ. 1986.- Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων. Αστικά λύματα-βιομηχανικά απόβλητα – ζωικά απορρίμματα, II 738 σ.

MARKMANN, P. N. 1982.- Biological effects of effluents from Danish fish farm. In: Report of the EIFAC workshop on fish farm effluent, Ed. J.S. Alabaster, *EIFAC Tecn.Pap.*, 41, 99-102.

McLEAN, R.C. & IVIMEY-COOK, W.R. 1973.- Textbook of theoretical botany. Long., N.Y., 327 pp.

McNAUGHTON, S.J. 1967.- Relations among functional properties of California grassland. *Nature* (London), 216, 168-169.

MELLANBY, H., 1963.- Animal life in freshwater. Methuen, London, 264 pp.

MENSCHING, E.F. 1964.- A comparison of some species -individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*: 45, 859-861.

METCALF & EDDY INC., 1972.- Wastewater enginnering. Mc Graw Hill Book and Co., N.Y. USA.

METCALFE, J. 1989.- Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities:History and present STATUS IN EUROPE. ENVIRN. POLL., 60, 101-139.

MEYBECK, M., CHAPMAN, D. & HELMER, R. 1989.- Global freshwater quality. WHO, UNEP, Blackwell Publ., 306 pp.

MIMIKOY, M. 1993.- Ακραίες μεταβολές του υδρολογικού κύκλου στην Ελλάδα. Μεταβλητότητα ή αλλαγή. *Τεχν. Χρον.*, 13, 4, 67-81.

MITSCH, W.J. & GOSSELINK, J.G. 1986.- Wetlands Van Nostr. Reinh., 539 pp.

MOSS, B. 1980.- Ecology of freshwaters. Blackw.Scien.Publ., Oxford, 332 pp.

ΜΟΥΡΚΙΔΗΣ, Γ., ΤΣΙΚΡΙΤΖΗΣ, Γ., ΤΣΙΟΥΡΗΣ Σ. & Ο. ΜΕΝΚΙΣΟΓΛΟΥ. 1978.- Λίμνες της Β. Ελλάδας. Ι. Βαθμός ευτροφισμού. Επιστ. Επετ. Γεωπ. Δασ. Σχ. ΑΠΘ., 21,93-131.

ΜΟΥΣΤΑΚΑ, Μ. 1988.- Εποχιακές διακυμάνσεις, ετήσια περιοδικότητα και χωρική κατανομή των φυτοπλαγκτικών πληθυσμών της λίμνης Βόλβης. Διδ. Διατρ. ΑΠΘ, 230 σ.

ΜΠΑΚΑΛΗΣ, Ν. 1982.- Συστήματα καθαρισμού αποβλήτων. Πρακ. Συν. Εν. Ελλ. Χημικών, Αθήνα, 110-143.

ΜΠΑΜΠΑΛΩΝΑΣ, Δ. 1979.- Φυτοκοινωνιολογική μελέτη επί της βλαστήσεως του δέλτα του ποταμού 'Εβρου. Διδ. Διατρ. ΑΠΘ, 158 σ.

ΜΠΑΜΠΑΛΩΝΑΣ, Δ. & ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Γ. 1989.- Συμβολή στη βλάστηση των υδρόβιων μακροφύτων της Μικρής Πρέσπας. *Βίος,* 1,19-29 σ.

ΜΠΑΜΠΑΛΩΝΑΣ, Δ., ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΑΔΟΥ, Ε. & ΜΑΖΟΥΛΟΥΖΗ, Β. 1994.- Φυτοκοινωνιολογική-οικολογική μελέτη της λιμνοθάλασσας του Αγ. Μάμα Χαλκιδικής και προτάσεις διαχείρισης. Εκδ. ΕΚΒΥ, 79 σ.

ΜΠΟΝΑΖΟΥΝΤΑΣ, Μ., ΚΑΛΛΙΔΡΟΜΙΤΟΥ, Δ. & ΚΑΡΑΤΣΟΥΛΗΣ Π. 1987.- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις αρδευτικού δικτύου λιμνης Μικρής Πρέσπας. Προκαταρκτική εκτίμηση. Τεχνική Έκθεση ΕΜΠ, Τομέας Υδατικών Πόρων , Αθήνα , 1-1 6-7, + Παράρτημα.

ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. 1995.- Περιβαλλοντική διαχείριση ποταμών και ρεμάτων-Προστασία από τη ρύπανση. Πρακ. Διεθ. Συμπ. "Προστασία και Περιβαλλοντική Διαχείριση των Ρεμάτων" ΥΠΕΧΩΔΕ, Νοέμβριος 1995, 93-106, Αθήνα.

MYLOPOULOS, Y. 1996.- Sustainable water management in Greece. A dream or a vision? Rational and sustainable of water resources. Coll. Envir. De l' Univ. de Montreal, II, 652-660.

MUUS, B. & DAHLSTROEM, P. 1971.- Freshwater fishes of Britain and Europe. Wm.Collins S.& Co.London,222 pp.

N.A. (Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις), 1970-1996.- Στοιχεία και δεδομένα για το υδάτινο περιβάλλον των κατά τόπους περιοχών. Αρχεία από Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις.

NIXON, S., MAINSTONE, C., IVERSEN, T., KRISTENSEN, P., JEPPESEN, E., FRIBERG, N., PAPATHANASSIOU, E., JENSEN, A. & PEDERSEN, F. 1996.- The harmonised monitoring and classification of ecological quality of surface waters in the European Union. Report No CO 4150.

N.W.C. (National Water Council), 1981.- River quality: The 1980 survey and future outlook. Nat. Water Counc, London.

ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, Θ. 1996.- Διαχείριση υδατικών πόρων. Θεωρητικές ελπίδες και ρεαλιστική προσέγγιση. Πρακ. Δ' Συν.Διαχείρ. Υδατικών Πόρων, ΤΕΕ, Λάρισα, 18 σ.

ODUM, C. P. 1969.- The strategy of ecosystem development. *Science, N.Y.* 164,262-270.

OECD, 1982.- Eutrophication of waters:monitoring assessment and control. OECD Publ., Paris, 155 pp.

OECD, 1983.- Environmental policies in Greece. OECD Publ.,Paris, 138 pp.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ, Γ. 1991.- Βιονομική μελέτη της βενθικής μακροπανίδας της λίμνης Βόλβης. Διδ. Διατρ., ΑΠΘ., 211 σ.

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΑΜΙΛΛΗ, Α. 1976.- Για τα διάτομα των θερμών πηγών στην Ελλάδα. Διδ. Διατρ., Παν. Αθηνών, 238 σ.

OTT, L. 1984.- An Introduction to statistical methods and data analysis, JW, Publ, 128 pp.

ΟΥΖΟΥΝΗΣ, Κ. & ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Γ. 1995.- Αρχές χημείας. Ενδ. Δημοκρ. Πανεπ. Θράκης, 152 σ.

OVENBECK, J., ANAGNOSTIDIS, K. & ECONOMOU-AMILLI, A. 1982.- A limnological survey of three Greek lakes:Trichonis, Lyssimachia and Amvrakia. *Arch. Hydrob.*, 95, 365-394.

ΠΑΝΩΡΑΣ, Α., ΜΑΥΡΟΥΔΗΣ, Ι. & ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ, Π. 1994.- Αξιολόγηση της καταλληλότητας του αρδευτικού νερού για γεωργική χρήση. *Γεωτ. Επιστ. Θέμ.,*V,5,4,22-28.

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ-ΑΝΔΡΟΥΛΙΔΑΚΗ, Ν. 1978.-Το σύστημα κατάταξης των αρδευτικών νερών από άποψη καταλληλότητας τους για άρδευση και ερμηνεία των διαφόρων κατηγοριών του. Εκδ., Ινστ. Εδαφ. Θεσ/νίκης, 74 σ.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1986.- Γεωλογία της Ελλάδας, Αθήνα, 240 σ.

ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΑΔΟΥ, Ε. 1990.- Φυτοκοινωνιολογική και οικολογική μελέτη των υδρόβιων μακροφύτων στη Β. Ελλάδα. Διδ.Διατρ.Πανεπ.Θεσ/κης, 266+68 σ.

ΠΑΠΟΥΤΣΟΓΛΟΥ, Σ. 1981.- Το υδάτινο περιβάλλον και οι οργανισμοί του. Εκδ. Καμπερόπουλος, Αθήνα, 350 σ.

ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Γ. 1989.- Η βλάστηση των υδρόβιων μακροφύτων της τεχνητής λίμνης Άγρα. *Βίος,* 1, 159-170.

PEARSON, T. & ROSENBERG, R. 1978.- Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16, 229-311.

PEET, A.K. 1974.- The measurement of species diversity. *Ann. Rev. of Ecol. & Syst.* 5, 285-307.

PENNEL, W. 1992.- Site selection handbook. Brit. Col.Salmon Farm. Manula, Min. Agr. Fish. Food, 16.

PETRIDIS, D. 1993.- Macroinvertebrate distribution along an organic pollution gradient in Lake Lysimachia, W. Greece. *Arch. Hydrob.*, 128, 367-384.

PHILLIPS, M. J., BEVERIDGE, M.C.M & CLARK, M.R. 1991.- Impact of aquaculture on water resources. In: Aquaculture water quality, Eds, Brune D.E., J.R. Tommasso, Adv. World Aquac., WAS, V.3.

PIELOU, E. C. 1966.- Species diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.*, 10, 370-383.

PILESJO, P., PERSSON, J. & HAKANSON, L. 1991.- Digital sjokortsinformation for berakning av kustmoirfometriska parametra och ytvattnets utbytestid. SNV Stockholm, Rep.no. 3916, 76 pp.

RAWSON, D. S. 1956.- Algal indicators of trophic lake types. *Limn. & Ocean.*, 1, 18-25.

REYNOLDS, C.S. 1973.- The seasonal periodicity of planktonic diatoms in a shallow eutrophic lake. *Freshwater Biology*, 3,89-110.

REYNOLDS, C.S. 1984.- Phytoplankton periodicity, its motivation, mechanisms and manipulation. *FBA, Ann. Rep.*, 50,60-75.

REYNOLDS, C.S. 1984.- The ecology of freshwater phytoplankton. Cambr. Un. Press. Cambridge.Pielou E.C.,1966.-Species diversity in the study of ecological succession. J.Theor.Biol.,10,370-383.

RICO, E., RALLO, A., SEVILLANO, M.A & ARRETXE, M.L. 1992.- Comparison of several biological indices based on river macroinvertebrate benthic community for assessment of running water quality. *Annls. Limn.* 28,147-156.

ROSENBERG, R. 1986.- Eutrophication in marine waters surrounding Sweden. SNV Stockholm, PM 1808, 140 pp.

RUSSO, R.C. & THURSTON., R. 1977.- The acute toxicity of nitrite to fishes. In: Recent advances in fish toxicity, EPA Ecol. Res. Ser., 600/3-7-085, 118-131.

RUTTNER, F. 1963.- Fundamentals of limnology. Toronto, Univ. Press, 295 pp.

RUTTNER, F. 1975.- Fundamentals of limnology. Ed.Transl. by D.G.Frey & F.E.J.Fry, Un.Toronto Press, 307 pp.

ROUND, F. E. 1981.- The ecology of algae Camb. Un. Press, 653 pp.

SANDERS, H. L. 1968.- Marine benthic diversity: a comparative study. *Am.Nat.*, 102, 243-282.

SCHAEPERKLAUS, W. 1979.- Fischkrankheiten. Acad. Press, Berlin 326 pp.

SCHOERBEL, J. 1971.- Einfuhrung in die Limnology. Perg. Press, Stuttgart, 215 pp.

SCOPE REPORT 2, 1972.- Man-made lakes as modified ecosystems. International Council of Scientific Unions, Scientific Committee on Problems of the Environment, 76 pp.

SERRUYA, C. 1978.- Lake Kinneret. W.Junk, The Hague, 125 pp.

SERRUYA, C., EDELSTEIN, M., POLLINGLER, U. & SERRUYA, S. 1974.- Lake Kinneret sediments:nutrient composition in the pore water and mudwater exchange. *Limn.& Ocean.* 32, 124-141.

SHANNON, C.E. & WEAVER, W. 1963.- The mathematical theory of communication. Univ.Illinois press, Urbana, 117 pp.

SHELDON, A. L. 1969.- Equitability indices: dependence of the species count. *Ecology* 50, 466-467.

ΣΙΝΗΣ, Ι. 1991.- Μαθήματα λιμνολογίας. Διδακτικές σημειώσεις ΑΠΘ, σελ., 130 και παράρτημα 86 σ.

SIMPSON, E. H. 1949.- Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.

SKOULIKIDIS, N.TH. 1990.- Biogeochemie der groessten Fluesse Griechenlands. Ph.D Thesis, Univers. of Hamburg, 313 pp.

ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, Ν. 1991.- Παράμετροι που επηρεάζουν τη χημεία και τη ρύπανση των ποταμών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο ποταμός Νέστος. Πρακτ. 2ου Συν.Περ.Επιστ.& Τεχν. Μυτιλήνη, 600-611.

SKOULIKIDIS, N. 1992.- Ueberblich ueber die Geohydrochemie der groessten Griechischen Fluesse. Ann. Geol. des Pays Hell., XXXV, 413-449.

SKOULIKIDIS, N. 1993.- Significance evaluation of factors controlling river water composition. *Envir. Geol.*, 22, 178-185.

ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, Ν. 1996.- Συστηματική παρακολούθηση της ποσότητας και της ποιότητας υδατικών πόρων σαν προυπόθεση για την εφαρμογή βέλτιστου σχεδιασμού διαχείρισης, προστασίας και αποκατάστασης αυτών. Πρακτ., Διεθ. Συν. Διαχ. Υδατ. Πόρων, ΤΕΕ, Λάρισα.

ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, Ν. 1997.- Περιβαλλοντική κατάςταση των ελληνικών ποταμών. Στο "Βιώσιμη ανάπτυξη με την περιβαλλοντική αγωγή. Εκδ. Νομ. Αυτοδ. Αιτωλοακαρνανίας, 58-99.

SLADECEK, V. 1973.- System of water quality from biological point of view. *Arch. Hydrobiol.*,7, 218.

ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ. 1986.- Γενική υδρολογία, Τομ.1, Univ.Stud.Press,Θεσ/νίκη 295 σ.

ΣΠΑΡΤΙΝΟΥ, Μ. Γ. 1992.- Η μικροχλωρίδα της λίμνης Αμβρακίας. Διδ. Διατρ. Παν. Αθηνών, 353 σ.

SPENCE, D. N. 1967.- Factors controlling the distribution of freshwater macrophytes with particular reference to the lochs of Scotland. *J. Ecol.*, 55, 147-170.

STANNER, D. & BOURDEAUX, P. (ED) 1995.- Europe's environment. The Dobris Assessment. European Environmental Agency, Copenhagen, 676 pp.

STANNER, D. & BOURDEAU P. 1995.- Europe's Environment, European Environmental Agency, Copenhagen, 676 pp.

TAIGANIDES, E. 1978.- Animal waste WHO ICP/CEP, 402, Copenhagen.

TAUB, F.B. 1984.- Ecosystems of the world-lakes and reservoir. Elsev., Amsterdam, 421 pp.

ΤΑΦΑΣ, Τ.Π. 1991.- Μικροχλωρίδα της λίμνης Τριχωνίδας. Διδ. Διατρ. Παν. Αθηνών, 363 σ.

THIENEMANN, A. 1912.- Aristoteles und die Abwasserbiologie. Festsch. Med. Naturw. Gess. Munster, 175-181

THIENEMANN, A. 1950.- Dke binnengewaser. Band 18. Verbreit. Der Susswasserrtierwelt Europas. Stuttgart, 809 pp.

THOMAS, E. 1969.- The process of eutrophication in central European lakes. Ed. NA,S Washington D.C., 29-49.

ΤΣΑΚΙΡΗΣ, Γ. 1966.- Διαχείριση υδατικών πόρων μεγάλης κλίμακας. Διεθνείς εμπειρίες και προοπτικές. Πρακ.Δ' Συν. Διαχ. Υδατ. Πόρων, ΤΕΕ, Λάρισα, 14 σ.

ΤΣΙΑΟΥΣΗ, Β. 1995.- Εκτίμηση της ποιότητας των ρεόντων υδάτων και της εφαρμοσιμότητας των βιολογικών δεικτών με τη χρήση των βενθικών μακροασπόνδυλων στο σύστημα του ποταμού Αγγίτη. Μεταπτ. δίπλ. ΑΠΘ, Θεσ/νίκη.

ΤΣΙΟΥΡΗΣ, Σ.Ε. & ΓΕΡΑΚΗΣ, Π.Α. 1991.- Υγρότοποι της Ελλάδος. ΑΠΘ, 96 σ.

ΥΠΕΧΩΔΕ, 1980 & 1986.- Δίκτυο παρακολούθησης ποιότητας-ανταλλαγής πληροφοριών για επιφανειακά γλυκά νερά στην Ευρωπαϊκή 'Ενωση. ΚΥΑ 515/4-2-1980 & ΚΥΑ 574/24-11- 86 για εναρμόνιση με κοινοτικές αποφάσεις 77/795/22-12-1977 & 81/576/19-1-1981.

ΥΠΕΧΩΔΕ, 1996.- Εθνικό δίκτυο παρακολούθησης ποιότητας επιφανειακών νερών. Σταθμοί δειγματοληψίας, Υδατικές λεκάνες και διαμερίσματα.

VASSILIKIOTIS, G., VOULGAROPOULOS, A., STRATIS, I., MICHALOPOULOU, V. & ZACHARIADIS, C. 1989.- Determination of chemical pollution parameters in Ajios river. Proc. Of 1st Conf. Of Envir. Sc. And Techn., Univ. Of the Aegean, Mytilini, 335-344 pp.

VIGHI, M. & CHIAUDANI G. 1984.- A simple method to estimate lake phosphorus concentration resulting from natural background loading. *Water Res.* 19, 987-991.

VOLLENWEIDER, R.A 1968.- Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. Paris, OECD, 160 p.

VOLLENWEIDER, R.A 1975.- Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schw. Zeitsch. Fur Hydr.*,37,53-84.

Υ.Α./ΔΥΔΦΠ, 1996.- Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων. Υπουργείο Ανάπτυξης/Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, 335 σ. και Παραρτ., 1,2,3,4.

Υ.Γ./ΥΕΒ, 1970-1996.- Απογραφικά στοιχεία και δεδομένα. Αρχεία Υπουργείο Γεωργίας/Υπηρεσία Εγγύων Βελτιώσεων.

UNEP, 1991.- Freshwater pollution. UNEP/GEMS Envir. Libr., 6, Nairobi.

UNESCO, 1978.- World water balance and water resources of the earth. UNESCO Publ., Paris, 128 pp.

USEPA, 1991. Drinking water regulations, USEPA Publ. USA.

USEPA, 1994.- Drinking water regulations. USEPA, 810-F-94-001.

USSL, 1954.- Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handb., 60, Washington D.C., 69-82 pp.

ΦΑΤΟΥΡΟΣ, Γ. 1998.- Υδατική οικονομία. Από τις στέρνες στις λιμνοδεξαμενές, 136-140, "Κυκλάδες, Ιστορίες τοπίου και τοπικές ιστορίες" Εκδ. ΥΠΕΧΩΔΕ.

ΦΕΚ, 1986-1994.- Νομοθεσία για το νερό και το υδάτινο περιβάλλον. ΦΕΚ, Β53/20-2-86, 438Β/3-7-86, 197Α/11-11-87, 126Β/3-3-88, 196Β/6-4-88, 90Α/11-7-90, 323Β/13-5-91, 843Β/11-11-94, 123Α/21-7-94, 160Α/18-10-86.

ΦΕΚ, 438, 3.7.1986. Υπουργική απόφαση "Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, κολύμβηση, διαβίωση ιχθύων σε γλυκά νερά και καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών" .

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. & ΧΑΧΑΜΙΔΟΥ, Ε. 1987.- Συμβολή στην έρευνα των ολοκαινικών ελληνικών δέλτα. Πρακ. 2ου Παν. Συμ. Ωκεαν. Αλιείας, Αθήνα, 456-463 σ.

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. 1990.- Μεταβολές στους ελληνικούς υγρότοπους κατά τον εικοστό αιώνα. Πρακτ. Συναν. Εργασ., Θεσ/νίκη., ΑΠΘ, IUCN.

WALLIN M., HAKANSON, L. & PERSSON, J. 1990.- Eutrofiering av kustvatten. Belastningsmodeller for narsalter. Uppsala Univ., Naturgeogr. Inst., 213 pp.

WASHINGTON, H.G. 1984.- Diversity, biotic and stability indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.*, 18(6),653-694

WELCH, P. 1952.- Limnology. McGraw-Hill Publ., N.Y.,538 pp.

WESTON, D. P. 1990.- Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 61,233-244.

WETZEL, R. 1975.- Limnology. W.B. Saund.,Co. 743 pp.

WETZEL, R. 1983.- Limnology. CBS Coll.Publ.,USA, 848 pp.

WHO, 1982.- Rapid Assessment of Sources of Air , Water and Land Pollution, World Health Organization, Geneva, Offset Publication No 62, 113 pp. Mortimer C.H., 1974.- Lake hydrodynamics. Mitteil. der intern. Verein. fur theor. und angew. *Limnol.*, 20,124-197.

WHITTAKER, R.H. 1953.- A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecol. Monogr.* 23, 41-78.

WOODWISS, F.S. 1964.- Biological water assessment methods. Severn-Trent Auth., U.K.

WRIGHT, J.F., ARMITAGE P.D., FURSE M.T. & MOSS D., 1989.- Prediction of invertebrate communities using stream measurements. *Regulated Rivers Research* and Management, 4,147-155.

WRIGHT, F., FURSE, M. & ARMITAGE, D. 1993.- RIVPACS-A technique for evaluating the biological quality of rivers in the U.K. Europ. Water Pollut. Control, 3, 4, 15-25.

WRIGHT, J.F. 1995.- Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. Aust. J. of Ecol., 20,181-197.

WU, R.S.S., Lam, K.S., MacKay, D.W., Lau, T.C. & Yam, V. 1994.- Impact of marine fish farming on water quality and bottom sediments. A case study in the sub-tropical environment. *Mar. Envir. Res.*, 38,115-145.

ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Οι Μονογραφίες Θαλασσίων Επιστημών είναι επιστημονική, μη περιοδική έκδοση του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών.

Δημοσιεύονται μονογραφίες που πραγματεύονται ολοκληρωμένα, αυτοτελή θέματα των θαλασσίων επιστημών, τόσο γενικού ενδιαφέροντος όσο και ιδιαίτερου από τον ελληνικό χώρο και από την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Επίσης περιλαμβάνονται συνθετικές παρουσιάσεις θεμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως διδακτικά εγχειρίδια.

Τα κείμενα των Μονογραφιών, με έκταση άνω των δύο 16σελιδων, πρέπει να παραδίδονται σε ηλεκτρονική μορφή (δισκέτα Η/Υ) επεξεργασμένα σε πρόγραμμα Word, σε σελίδα Α4, με περιθώριο 2,5cm δεξιά και αριστερά, 2,5 cm πάνω και κάτω, διάστιχο μονό και γραμματοσειρά Helvetica με μέγεθος γραμμάτων 10 στιγμών. Οι σελίδες θα πρέπει να αριθμούνται.

Η δομή της Μονογραφίας πρέπει να περιλαμβάνει εισαγωγή, κεφάλαια (κυρίως μελέτη), αποτελέσματα, συμπεράσματα, ευχαριστίες, βιβλιογραφία.

Ο τίτλος της Μονογραφίας, το όνομα του συγγραφέα και η διεύθυνση γράφονται σε ανεξάρτητη σελίδα. Μαζί με το πρωτότυπο υποβάλλονται δύο αντίγραφα.

Το κείμενο αρχίζει με εκτεταμένη περίληψη (abstract) που θα αντιστοιχεί περίπου στο 3% της συνολικής μελέτης. Στη συνέχεια δίνονται λέξεις - κλειδιά (το ανώτερο 6).

Οι πίνακες, οι εικόνες και τα σχήματα στην πρωτότυπη μορφή τους παραδίδονται σε ξεχωριστό φάκελο (αριθμημένα κατά κεφάλαια) και υπάρχει σαφής αναφορά για την τοποθέτησή τους στο κείμενο. Οι μεν πίνακες είναι αριθμημένοι με λατινικούς αριθμούς, οι δε εικόνες ή σχήματα με αραβικούς και σε μέγεθος κατάλληλο για να υποστούν σμίκρυνση (κατά προτίμηση όχι μεγαλύτερη από 50%). Οι φωτογραφίες πρέπει να είναι καλής ποιότητας, σε γυαλιστερό χαρτί.

Η βιβλιογραφία θα γράφεται με αλφαβητική σειρά κατά το ακόλουθο παράδειγμα:

Για περιοδικό:

GIRARD, J. P., DEYNOUX, M. & NAHON, D. 1989.- Diagenesis of the upper proterozoic siliclastic sediment of the Taoudeni basin. *J. Sedim. Petrol.*, 59, 2, 233-284.

Για βιβλίο:

SKAAR, K. E. 1992.- Tectonomagmatic evolution. Monograph, 3, Kluwer Acad. Public., Dordrecht, 102 pp.

Τα ονόματα των περιοδικών γράφονται σύμφωνα με το *Word List of Scientific Periodicals*.

Διευκρινίζεται ότι το πλήρες όνομα των Μονογραφιών είναι:
ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
MONOGRAPHS ON MARINE SCIENCES
Με σύντμηση:
ΜΟΝΟΓΡ. ΘΑΛΑΣ. ΕΠΙΣΤ.
MONOGR. MAR. SCI.

Οι προς δημοσίευση εργασίες αποστέλλονται στο Γραφείο Εκδόσεων του Ε.Κ.Θ.Ε., το οποίο τις προωθεί στην εκδοτική επιτροπή και τους κριτές. Μετά την αποδοχή τους για δημοσίευση με ενδεχόμενες διορθώσεις, συμπληρώσεις κ.λ.π. δίδονται για εκτύπωση. Ο συγγραφέας παραλαμβάνει ένα πλήρες δοκίμιο για έλεγχο, πριν από την τελική εκτύπωση. Σε περίπτωση περισσοτέρων συγγραφέων, θα στέλνεται στον πρώτο, εκτός αν οριστεί κάποιος άλλος.

Είκοσι (20) ανάτυπα δίδονται δωρεάν στον συγγραφέα (-φείς).

Οι Μονογραφίες ανταλλάσσονται με άλλα περιοδικά -μέσω της Βιβλιοθήκης του ΕΚΘΕ - και διατίθενται σε τιμή που ορίζεται ξεχωριστά για κάθε τόμο.

Κάθε σχετική με τις Μονογραφίες Θαλασσίων Επιστημών αλληλογραφία μπορεί να απευθύνεται στην ακόλουθη διεύθυνση:

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
ΑΓΙΟΣ ΚΟΣΜΑΣ, ΕΛΛΗΝΙΚΟ
166 04 ΑΘΗΝΑ
Τηλ.: +301- 98.55.023
Fax: + 301- 98.33.095
e-mail: publ@ncmr.gr
Internet Web Site: www.ncmr.gr

MONOGRAPHS ON MARINE SCIENCES

INSTRUCTIONS TO THE AUTHORS

Monographs on Marine Sciences is a non periodical scientific publication of the Greek National Center for Marine Research. It publishes monographs focused on integral themes of marine sciences in general, or of particular interest regarding the Hellenic area, and adjacent Mediterranean regions. Synthetic reviews of various subjects are also included, which may be useful also for teaching purposes.

Texts of the Monographs usually exceeding 32 pages should be submitted in electronic form (P/C disc) elaborated on “Word” for “Windows” in “Helvetica Font” sized 10, on A4 paper and page setup on the above margins: 2.5 cm left and right, 2.5 cm top and bottom and with single line spacing. All the pages should be numbered.

Full Monographs should be arranged in the following sequence: introduction, main text divided in chapters, results, discussion or conclusions, acknowledgements and references.

The title of the Monograph, the names and address(es) of the author(s) are written on a separate sheet. The original copy is submitted in triplicate. The text starts with an extended abstract corresponding to the 3% of the whole study. Key words (no more than 6) are also given.

Tables, illustrations, figures (diagrammes, drawings, etc) in their original form, should be numbered consecutively, clearly referred in the text and submitted in a different file. The tables are numbered in Latin numerals, while all illustrations or figures in Arabic numerals and of a size appropriate to a possible need for reduction (preferably not more than 50%). Photographs are required to be of good quality and printed on glossy paper.

References should be cited in alphabetical order according to the following example:

For periodicals:

GIRARD, J. P., DEYNOUX, M. & NAHON, D. 1989.- Diagenesis of the upper proterozoic siliclastic sediment of the Taoudeni basin. *J. Sedim. Petrol.*, 59,2,233-248

For books:

SKAAR, K.E., 1992.- Tectonomagmatic evolution. Monograph, Kluwer Acad. Public., Dordrecht, 102 pp.

The names of the periodicals should be written according to the *World List of Scientific Periodicals.*

The complete name of the Monographs is:
MONOGRAPHS ON MARINE SCIENCES
abbreviated as:
MONOGR. MAR. SCI.

Papers submitted for publication in the Monographs should be sent to the Publication Office of N.C.M.R. which is forwarding them to the Editorial Committee and to reviewers. After their approval for publication with eventual corrections they are forwarded to the printer. The author will receive one proof for correction before printing. In case of several authors the proofs are sent to the first author, unless, otherwise notified.

The author receives 20 copies of the Monographs.

The Monographs are exchanged with other scientific publication through the N.C.M.R. Library. Each volume is available at rate fixed individually.

All correspondence relevant to the Monograph, should be addressed to:
NATIONAL CENTRE FOR MARINE RESEARCH
PUBLICATION OFFICE
AGHIOS KOSMAS, HELLINIKO
166 04, ATHENS
Tel.: +301-98.55.023
Fax: +301-98.33.095
e-mail: publ@ncmr.gr
Internet Web Site: www.ncmr.gr



Ο ***Δρ. Θεόδωρος Σ. Κουσουρής*** είναι Διευθυντής του Ινστιτούτου Εσωτερικών Υδάτων του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Σπούδασε στην Ελλάδα και στο εξωτερικό όπου απέκτησε πτυχίο Φυσιογνωσίας και Γεωγραφίας στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, μεταπτυχιακό δίπλωμα Περιφερειακής Ανάπτυξης στο Πάντειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, M.Sc. δίπλωμα Πόρων Περιβάλλοντος στο Πανεπιστήμιο Salford Αγγλίας και διδακτορικό δίπλωμα Γεωτεχνικών Επιστημών στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μετεκπαιδεύτηκε στην Αγγλία και Ελβετία σε θέματα οικολογίας, προστασίας και διαχείρισης του υδάτινου περιβάλλοντος.

Στο Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών εργάζεται από το 1972, υπήρξε από τους πρωτοπόρους ερευνητές της λιμνολογικής και υδροβιολογικής έρευνας στην Ελλάδα και έχει συμβάλει στην επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με την προστασία και αξιοποίηση του υδάτινου δυναμικού της χώρας.

Ειδικότερα, οι ερευνητικές του δραστηριότητες σχετίζονται με περιβαλλοντικές επιπτώσεις από αναπτυξιακά έργα, τεχνικές εξυγίανσης επιβαρημένων περιοχών, διασφάλιση ποιότητας πόσιμου νερού, χωρητικότητα υδάτινων περιοχών για αναπτυξιακές δραστηριότητες, έλεγχο ευτροφισμού και τροφικής κατάστασης, οικολογική ποιότητα νερών κ.ά. Το συγγραφικό του έργο περιλαμβάνει δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά, συγγραφή σχολικών και άλλων βιβλίων, ενώ οι ερευνητικές του δραστηριότητες έχουν ανακοινωθεί σε διεθνή και ελληνικά επιστημονικά συνέδρια.

Dr. Theodore S. Koussouris is the director of the Institute of Inland Waters of N.C.M.R. He studied in Greece and abroad and graduated in Natural Sciences and Geography at the University of Athens, postgraduated in Regional Development at the Pantios University of Athens, M.Sc. in Environmental Resources at the Salford University of England doctorate degree in Geotechnical Sciences at the University of Thessaloniki.

He also received further education in Ecology and in protection and management of the aquatic environment in England and Switzerland.

He has been working at the N.C.M.R. since 1972, and is one of the pioneer researchers on limnology and hydrobiology in Greece and has contributed to the solution of problems concerning the protection and development of the Greek aquatic environment.

Additionally, his researching activities are related to the environmental impact from development works, remediation practices of polluted areas, feasibility studies, potential of aquatic environments for development purposes, control of the eutrophication and the trophic situation, ecological quality of water etc.

He has published various articles on scientific journals, has written schoolbooks and other scientific books while his researching activities have been presented in national and international scientific congresses.

ISBN 960-85952-6-6
ISSN 1108-37-94