**Μάθημα: Λιμνολογία**

**Οι σημειώσεις έχουν αντληθεί από το Βιβλίο του Σίνη, Αποστόλου Ι. (2005), *Λιμνολογία: Θεωρία και Ασκήσεις*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press (Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών).**

**Λιμνολογία**

**Εισαγωγή**

«Ο πρώτος όρος της Λιμνολογίας δόθηκε από τον Forel (1892), ως η «Ωκεανογραφία των λιμνών». Μελετά τη σύνθεση των φυσικών και βιολογικών φαινομένων, σύνθεση που αντανακλά την ενότητα του θαλάσσιου κόσμου»[[1]](#footnote-1).

«Λίμνη, κατά την επιστημονική έννοια του όρου, είναι μια μάζα φυσικού νερού οποιουδήποτε μεγέθους ή βάθους ή αλατότητας και αν είναι, με άμεση ή έμμεση σύνδεση ή χωρίς σύνδεση με τη θάλασσα. Έτσι, στις λίμνες περιλαμβάνονται τόσο οι λιμνοθάλασσες και οι εσωτερικές λίμνες, όσο και οι υδατοσυλλογές για ιχθυοτροφική ή άλλη χρήση»[[2]](#footnote-2).

«Η Λιμνολογία, λοιπόν, μελετά τα ηπειρωτικά (εσωτερικά) νερά και ενδιαφέρεται εξίσου τόσο για τη φυσική αυτών των μέσων όσο και την υδροδυναμική τους. Ασχολείται με τα ορυκτά συστατικά τους διαλυμένα ή αιωρούμενα, με τα γεωλογικά φαινόμενα που συνδέονται με αυτά τα περιβάλλοντα, με τις σχέσεις που υπάρχουν στις επιφάνειες νερού-αέρα (Υδρομετεωρολογία) και νερού-εδάφους (Υδροεδαφολογία)»[[3]](#footnote-3).

«Μελετά, επίσης, τη ζωή μέσα σ’ αυτά τα νερά, τις οικολογικές σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα σε διαφορετικά περιβάλλοντα και τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς που ζουν εκεί, τις αλληλεπιδράσεις των οργανισμών, τη μεταφορά της ύλης και της ενέργειας, την παραγωγή θρεπτικών ουσιών, καθώς και τον ρόλο του ανθρώπου˙ ρόλος του κατασκευαστή (τεχνητές λίμνες) του διαχειριστή, του καταστροφέα (μόλυνση-ρύπανση, αποξήρανση) αυτών των υδάτινων συστημάτων»[[4]](#footnote-4).

«Η Λιμνολογία ενδιαφέρεται για όλες τις φυσικές ενέργειες και επιδράσεις, των οποίων ο άνθρωπος είναι θεατής ή πρωταγωνιστής. Ασχολείται με κάθε είδους συγκέντρωση ηπειρωτικών νερών, όποιο και αν είναι το μέγεθος ή προέλευσή τους»[[5]](#footnote-5).

«Λιμνολογία είναι η μελέτη των λειτουργικών σχέσεων και της παραγωγικότητας των βιοκοινωνιών των εσωτερικών νερών, όπως αυτές διαμορφώνονται από τους φυσικούς, χημικούς και βιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος»[[6]](#footnote-6).

«Από τότε που δημιουργήθηκε η Λιμνολογία, έγινε σιγά σιγά Υδρολογία (σε πλατιά έννοια) των ηπειρωτικών νερών»[[7]](#footnote-7).

«Η Λιμνολογία, όπως και οι άλλες επιστήμες, είναι μια αναζήτηση για θεμελιώδεις αρχές. Σ’ αυτήν την αναζήτηση, οι Λιμνολόγοι έχουν βρει έναν μεγάλο αριθμό εφαρμόσιμων αρχών που δημιουργούν τη βάση για συγκρίσεις και προβλέψεις. Ένας έμπειρος Λιμνολόγος μπορεί συχνά να προβλέψει οικολογικά προβλήματα στις περισσότερες περιοχές του κόσμου, δίχως καν να τις επισκεφτεί»[[8]](#footnote-8).

«Το μέλλον της Λιμνολογίας σχετίζεται άμεσα με τη γενικότερη πρόοδο της τεχνολογίας και της επιστήμης. Η ανάλυση των λιμνολογικών δεδομένων μπορεί να παρέχει περισσότερες γνώσεις και αλληλεπιδράσεις, όπως αυτές ανάμεσα στο κλίμα, τις λεκάνες απορροής, τη διαδοχή των υδρόβιων οργανισμών κ.λπ.»[[9]](#footnote-9).

**Πρώτο μέρος: Υδάτινα οικοσυστήματα**

**Κεφάλαιο 1ο:**

**1. Το νερό**

**1.1 Ιδιότητες του νερού**

Οι αρχαίοι Έλληνες, όπως ο Αριστοτέλης (350 π.Χ.), πίστευαν ότι το σύμπαν αποτελείται από τέσσερα στοιχεία: γη, φωτιά, αέρα και νερό. Οι αρχαίοι Κινέζοι, κατά τον Lao-Tze (580 π.Χ.), αναγνώριζαν πέντε στοιχεία: γη, φωτιά, ξύλο, μέταλλο και νερό. Όταν υπήρχε ισορροπία, όλα πήγαιναν καλά, όταν όμως η ισορροπία διαταρασσόταν, τότε εμφανιζόταν ασθένειες, σεισμοί και άλλες καταστροφές. Όπως προκύπτει και από την αρχαία λογοτεχνία, δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία ότι το νερό θεωρούνταν η βάση της ζωής. Πράγματι, χωρίς το νερό, η ζωή όπως την ξέρουμε σήμερα πάνω στη γη θα ήταν αδύνατη και η ίδια η γη θα υπόκειταν σε ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Αν δεχθούμε ότι ο φλοιός της γης έχει πάχος περίπου 5 km, τότε έχουμε ένα στρώμα 2.540 εκατομμύρια km3 δηλαδή πάνω από το μισό είναι νερό. Συνεπώς, το νερό στη γη είναι άφθονο[[10]](#footnote-10).

«Στην πραγματικότητα, ούτε στις μέρες μας μπορούμε να περιγράψουμε με βεβαιότητα το εσωτερικό της Γης. Αυτό είναι λογικό, αν σκεφτούμε ότι το βαθύτερο ορυχείο δεν ξεπερνά σε βάθος τα 4 χλμ. και η βαθύτερη γεώτρηση στη χερσόνησο Κόλα της Ρωσίας δεν προχώρησε περισσότερο από 12 χλμ., τη στιγμή που η ακτίνα της Γης είναι 6.700 χλμ. περίπου (δηλαδή σχεδόν το 1/500 της ακτίνας της Γης). Εντούτοις, οι επιστήμονες έχουν σχηματίσει ένα μοντέλο του εσωτερικού της Γης, βασισμένοι κυρίως στη μελέτη διάδοσης των σεισμικών κυμάτων. Μετρώντας τον χρόνο που χρειάζονται τα σεισμικά κύματα για να φτάσουν σε διάφορα σημεία της Γης, οι επιστήμονες μπορούν να εκτιμήσουν, αν αυτά τα κύματα ταξιδεύουν ευθύγραμμα ή αν αλλάζουν πορεία, καθώς «διαπερνούν» υλικά διαφορετικής πυκνότητας στο εσωτερικό της Γης. Ο ηπειρωτικός φλοιός είναι ένα λεπτό και σκληρό στρώμα που «επιπλέει» πάνω στον μανδύα. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η «επιδερμίδα της Γης», γιατί το μεγαλύτερο πάχος του δεν ξεπερνά τα 70 χλμ. Ο **ωκεάνιος φλοιός** καλύπτει το 71% περίπου της επιφάνειας της λιθόσφαιρας, είναι πιο λεπτός και πιο νέος από τον ηπειρωτικό. Ο πυρήνας είναι ακόμη πιο θερμός από τον μανδύα. Νεότερα δεδομένα υποστηρίζουν ότι υπάρχουν ένας εξωτερικός «υγρός» πυρήνας και ένας εσωτερικός «στερεός» πυρήνας. Η «καρδιά» της Γης είναι μια σφαίρα από σίδηρο και νικέλιο. Αν και οι θερμοκρασίες στον πυρήνα της Γης φτάνουν τους 3.700°C, οι επιστήμονες πιστεύουν ότι οι υψηλές πιέσεις που επικρατούν σ’ αυτόν εμποδίζουν την τήξη του»[[11]](#footnote-11).

«Το νερό έχει μια ασυνήθιστη μοριακή δομή. Ένα μόριο νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου και δύο άτομα υδρογόνου. Τα άτομα αποτελούνται από έναν πυρήνα και από ηλεκτρόνια τα οποία περιστρέφονται γύρω από αυτόν σε μια ή περισσότερες τροχιές. Στα περισσότερα ορυκτά που υπάρχουν στη φύση, τα άτομα συγκρατιούνται μεταξύ τους με ηλεκτρικούς δεσμούς, το μόριο του νερού με το θετικό και αρνητικό φορτίο μπορεί εύκολα να εισέρχεται ανάμεσα στα άτομα άλλων μορίων. Αυτός είναι και ο λόγος που το νερό έχει μια τόσο μεγάλη διαλυτική ικανότητα. Δεν είναι γνωστό κανένα άλλα υγρό το οποίο να έχει παρόμοια διαλυτική ικανότητα. Αυτή η ικανότητά του εξηγεί κατά ένα μέρος τη δράση του νερού πάνω στο έδαφος που είναι γνωστή ως διάβρωση. Όταν το νερό μετατρέπεται από την υγρή στη στερεά κατάσταση (παγώνει), τα μόριά του παίρνουν ανοιχτή κρυσταλλική δομή. Συνεπώς, ο πάγος είναι λιγότερο πυκνός από το νερό. Όταν ο πάγος λιώνει, τότε μετατρέπεται από τη στερεά στην υγρή φάση, τα μόριά του μετακινούνται ευκολότερα και το νερό γίνεται πυκνότερο. Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα μόρια κινούνται όλο και ταχύτερα, καταλαμβάνοντας όλο και μεγαλύτερο χώρο μέχρι το σημείο των 1000C, όπου το νερό βράζει, οπότε και μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια φάση. Εξαιτίας των πολύ ισχυρών μοριακών έλξεων απαιτείται τεράστιο ποσό ενέργειας για να μεταβεί το νερό στην αέρια κατάσταση. Αλλά και στην αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή συμπυκνώνεται, απελευθερώνονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Όταν, για παράδειγμα, το καλοκαίρι υπάρχουν πολύ πυκνά σύννεφα, είναι δυνατόν μέσα σε λίγο χρόνο να προκληθεί καταιγίδα. Μια μέσης ισχύος καταιγίδα έχει την ίδια ενέργεια που παράγεται από την καύση 6.000 τόνων άνθρακα»[[12]](#footnote-12).

«Η βιομηχανική ανάπτυξη συνετέλεσε, ώστε να καίγονται όλο και μεγαλύτερες ποσότητες καύσιμων υλών (άνθρακας, πετρέλαιο, αέριο), με αποτέλεσμα να έχει αυξηθεί σημαντικά και η συγκέντρωση του CO2 στην ατμόσφαιρα. Έτσι, οι θάλασσες, οι ωκεανοί και όλα τα επιφανειακά νερά απορροφούν τεράστιες ποσότητες CO2 και συνεπώς ενεργούν σαν ρυθμιστές των αλλαγών που επέρχονται στο ατμοσφαιρικό CO2. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι παραπέρα αυξήσεις του περιεχομένου στον αέρα CO2, ίσως προκαλέσουν μια σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και επιφέρουν μια σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και επιδράσουν έτσι στη μεταβολή του κλίματος στο μέλλον. Το CO2 επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά εμποδίζει την έξοδο της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη γη. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως «φαινόμενο θερμοκηπίου». Συνεπώς, όσο περισσότερο CO2 περιέχει η ατμόσφαιρα τόσο υψηλότερη θα είναι η θερμοκρασία της γης. Το φυσικό νερό (πηγών, ποταμών, λιμνών κτλ.) δεν είναι η καθαρή χημική ένωση H2O. Περιέχει, σχεδόν πάντοτε, σε διάλυση ανόργανα άλατα, αέρια και άλλες ουσίες, μερικές φορές και οργανικές. Το νερό της βροχής διαλύει διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως διοξείδιο του άνθρακα και λίγο οξυγόνο και άζωτο, συμπαρασύρει κονιορτό, αιθάλη και άλλες αιωρούμενες ουσίες»[[13]](#footnote-13).

«Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι: α) το νερό είναι το πλέον άφθονο απ’ όλες τις ουσίες που υπάρχουν στην επιφάνεια της γης, β) είναι σχεδόν το μόνο ανόργανο υγρό που είναι δυνατό να βρεθεί στη φύση σε μορφή αέρα, υγρή και στερεά και μάλιστα πολλές φορές τον ίδιο χρόνο, γ) το νερό έχει τη μεγαλύτερη διαλυτική ικανότητα απ’ οποιοδήποτε άλλο ρευστό, δ) οι θάλασσες, οι ωκεανοί και όλα τα επιφανειακά νερά βοηθούν στη διατήρηση των χημικών συνθηκών της ατμόσφαιρας σε ισορροπία και επιδρούν στη θερμοκρασία και στο κλίμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω είναι μερικές μόνο από τις πολλές εξαιρετικές ιδιότητες του νερού»[[14]](#footnote-14).

**1.2 Κύκλος του νερού στη φύση**

«Ο κύκλος του νερού στη φύση περιλαμβάνει τρεις κύριες φάσεις: την εξάτμιση, την κατακρήμνιση και τη ροή (επιφανειακή και υπόγεια). Σε καθεμιά από αυτές τις φάσεις γίνεται μεταφορά, αποθήκευση και αλλαγή της φυσικής κατάστασης του νερού. Όλοι γνωρίζουμε ότι το νερό δεν είναι απαραίτητο να βράσει για να παράγει ατμούς﮲ αλλά ατμοί εξέρχονται από το ζεστό νερό πολύ πριν βράσει. Θα έχετε ίσως παρατηρήσει κάποιο κρύο πρωινό στο ύπαιθρο, ένα στρώμα ατμού στον αέρα πάνω από το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση. Η ενέργεια που απαιτείται για την εξάτμιση προέρχεται σχεδόν όλη από τον ήλιο. Μία φορά στις δώδεκα ημέρες όλο το νερό που υπάρχει στον αέρα πέφτει και ανανεώνεται. Η μεγαλύτερη ποσότητα νερού που εξατμίζεται από την ηλιακή ενέργεια προέρχεται από τις θάλασσες και τους ωκεανούς και μόνο το 16% περίπου προέρχεται από τις επιφάνειες της ξηράς, των λιμνών, των ποταμών, των υγρών εδαφών και από τη διαπνοή των φυτών. Ένα μεγάλο μέρος από το νερό που εξατμίζεται ξαναπέφτει στις θάλασσες και τους ωκεανούς, ενώ περίπου 24% από αυτό πέφτει στην ξηρά. Συνεπώς, η ποσότητα του νερού που πέφτει στην ξηρά είναι μεγαλύτερη από αυτήν που εξατμίζεται. Το 9% όμως από αυτό δεν παραμένει για μεγάλο χρονικά διάστημα στην επιφάνεια της ξηράς. Σύντομα φτάνει στους χειμάρρους και τους ποταμούς και μέσα σε διάστημα που κυμαίνεται από λίγες ώρες μέχρι λίγες εβδομάδες μεταφέρεται στις λίμνες, στις θάλασσες και στους ωκεανούς. Το υπόλοιπο 15% παραμένει στην ξηρά με μορφή πάγου, χιονιού και υγρασίας εδάφους. Το έδαφος ενεργεί σαν σπόγγος και μπορεί να συγκρατήσει ορισμένη ποσότητα. Όταν η ικανότητα συγκράτησης από το έδαφος φτάσει στο ανώτατο όριο, τότε με την επίδραση της βαρύτητας και της τριχοειδούς έλξης, το νερό εισέρχεται βαθύτερα με ρυθμό διήθησης (φιλτραρίσματος). Όταν η βροχή πέφτει ταχύτερα από τον ρυθμό διήθησης, το νερό συγκεντρώνεται σε βυθίσματα και τάφρους, ρέει ελεύθερα, ακολουθώντας τα πρανή (πλαγιά, κατηφορικό μέρος) του εδάφους και φτάνει στους χειμάρρους και τα ποτάμια»[[15]](#footnote-15).

«Ένα μέρος του νερού που έχει εισχωρήσει στο έδαφος, μπορεί να αποθηκεύεται προσωρινά ως υγρασία του εδάφους. Το υπόλοιπο μπορεί να συνεχίσει τον δρόμο του διεισδύοντας βαθύτερα και να φτάσει στον υδροφόρο ορίζοντα, όπου αποθηκεύεται ως υπόγειο νερό»[[16]](#footnote-16).

«Αν γεμίσουμε με άμμο ένα γυάλινο δοχείο και προσθέσουμε μετά κάποια ποσότητα νερού, θα παρατηρήσουμε μια ευδιάκριτη γραμμή που χωρίζει την υγρή από την ξηρή άμμο. Αυτή η γραμμή αντιστοιχεί στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα. Μερικές φορές το υπόγειο νερό υφίσταται τεράστιες πιέσεις που οφείλονται στα υπερκείμενα πετρώματα και γι’ αυτό όταν δημιουργηθεί κάποιο άνοιγμα (φυσικό ή τεχνητό), το νερό εκτοξεύεται πολλά μέτρα στον αέρα, σχηματίζοντας έτσι έναν πίδακα που θα διαρκέσει μέχρι να απελευθερωθεί η πίεση. Τέτοια, κάτω από πίεση, υδροφόρα στρώματα καλούνται αρτεσιανά. Ο όρος προέρχεται από την πόλη Artois της Γαλλίας, όπου λέγεται ότι για πρώτη φορά παρατηρήθηκε ένα τέτοιο φαινόμενο. Υπάρχει περίπτωση, καθώς το νερό ρέει κατακόρυφα και οριζόντια κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, να διαποτίσει αυτό ή και να εξέλθει, οπότε ρέει και πάλι ως επίγειο ρεύμα προς τις λίμνες και τις θάλασσες. Γενικά, η ροή του νερού στην επιφάνεια εξαρτάται από την τοπογραφία της περιοχής, τη δομή και τη σύσταση του εδάφους, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, το κλίμα, τη βλάστηση και από τη χρήση της γης»[[17]](#footnote-17).

**1.3 Κατανομή του νερού στη γη**

«Πάνω από το 71% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από νερό. Από αυτό, μόνο ένα ποσοστό 3% αποτελεί τα εσωτερικά (ηπειρωτικά) νερά της γήινης επιφάνειας. Ένα μεγάλο μέρος του νερού αυτού είναι απρόσιτο για πρακτικούς λόγους, αφού είναι εγκλωβισμένο με μορφή πάγου και χιονιού κυρίως, στην Ανταρκτική και τη Γροιλανδία, αλλά και στα βουνά όλων των ηπείρων. Μόνο το 1% του συνολικού νερού, βρίσκεται στην ατμόσφαιρα, στις λίμνες, στα ποτάμια και στο έδαφος. Το νερό της ατμόσφαιρας υπάρχει σε μορφή νεφών, ομίχλης, βροχής και υδρατμών. Περίπου 20 λίμνες είναι πολύ βαθιές (> 400 m) και ένα σημαντικό μέρος των γλυκών νερών της βρίσκεται μέσα σε αυτές τις λεκάνες. Για παράδειγμα, περίπου το 20% των γλυκών νερών του κόσμου περιέχεται στη λίμνη Βαϊκάλη, στην πρώην Σοβιετική Ένωση. Έχει μέγιστο βάθος 1620 m, μέσο βάθος 740 m και είναι η πιο βαθιά λίμνη στον κόσμο. Έχει έκταση 31.500 km2. Οι περισσότερες από τις πολύ βαθιές λίμνες βρίσκονται σε ορεινές περιοχές κατά μήκος των δυτικών περιοχών της Βόρειας και Νότιας Αμερικής, στην Ευρώπη και στις ορεινές περιοχές της Κεντρικής Αφρικής και Ασίας. Η λίμνη Βαϊκάλη στην Ασία και η λίμνη Ταγκανίκα στην Αφρική είναι οι μόνες λίμνες που είναι γνωστό ότι έχουν μέγιστα βάθη που υπερβαίνουν τα 1.000 m και τα μέσα βάθη πάνω από 500 m. Αν εξαιρέσουμε τη Μαύρη Θάλασσα, η οποία είναι μια εσωτερική λίμνη που επικοινωνεί με τη θάλασσα, η μεγαλύτερη ηπειρωτική λεκάνη είναι η Κασπία Θάλασσα που είναι μια αλμυρή λίμνη με έκταση 436.400 km2. Οι Laurentian Great Lakes της Βόρειας Αμερικής (λίμνες Superior, Huron, Michigan, Ontario και Erie) αποτελούν τη μεγαλύτερη συνεχή μάζα γλυκού νερού στη γη, με συνολική έκταση 245.240 km2 και μέγιστο βάθος 400 m για τη λίμνη Superior»[[18]](#footnote-18).

«Πρόσφατα ο άνθρωπος δημιούργησε πολλές μικρές λίμνες. Η πλειονότητα των φυσικών και τεχνητών λιμνών είναι μικρές και ρηχές (< 20 m βάθος). Ένα μεγάλο ποσοστό όγκου νερού έρχεται σε άμεση επαφή με το ίζημα και εκτίθεται στις χημικές και μεταβολικές εξελίξεις αυτού. Έτσι, ένα μεγάλο ποσοστό των ρηχών λιμνών έχει τις απαραίτητες συνθήκες για την ανάπτυξη της παραλιακής χλωρίδας, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ολικής παραγωγικότητας»[[19]](#footnote-19).

«Το νερό που περιέχουν τα ποτάμια οποιαδήποτε χρονική στιγμή είναι λιγότερο από αυτό που υπάρχει στις λίμνες. Επειδή το νερό των ποταμών βρίσκεται σε «διαρκή κίνηση», ίσως θα μπορούσαμε να πούμε ότι διαρκώς ανανεώνεται και είναι η κύρια πηγή προμήθειας για τις αγροτικές καλλιέργειες, τη βιομηχανία και τις οικιακές ανάγκες. Κατά τη ροή του νερού προς τη θάλασσα και τις λίμνες μεταφέρονται και διάφορα συστατικά που προέρχονται από διάβρωση, διάλυση και ξέπλυμα του εδάφους. Γι’ αυτό και αυτά τα συστατικά είναι βασικά τα ίδια στη θάλασσα και στις λίμνες»[[20]](#footnote-20).

«Μια άλλη μεγάλη πηγή γλυκού νερού αποτελούν τα υπόγεια νερά. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν 4 εκατομμύρια km3 νερού αποθηκευμένα στα ανώτερα 1.000 m του φλοιού της γης και άλλα τόσα ακόμη βαθύτερα. Το περισσότερο από το νερό υπάρχει στα βαθιά υδροφόρα στρώματα, βρίσκεται κάτω από μεγάλη πίεση που εξασκείται από το υπερκείμενο έδαφος και συνεπώς έχει μεγάλη θερμοκρασία και διαλυτική ικανότητα»[[21]](#footnote-21).

«Όταν καταστρέφονται τα δάση (και αυτό σήμερα γίνεται με ταχύ ρυθμό), ανυπολόγιστες ποσότητες νερού δεν συγκρατιούνται και ρέουν κυρίως προς τις θάλασσες. Από τη στιγμή που οι προμήθειες σε γλυκό νερό είναι ανεπαρκείς στις περιοχές όπου η ζήτηση είναι πολύ μεγάλη, η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού με την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας είναι η μόνη πρακτική και σύγχρονη εναλλακτική λύση»[[22]](#footnote-22).

«Η χρησιμοποίηση σε μεγάλη κλίμακα των επιφανειακών νερών θα οδηγήσει μοιραία σε αμετάκλητες αλλαγές του κλίματος. Μεταβολές τοπικών κλιματικών συνθηκών έχουν ήδη συμβεί ως αποτέλεσμα εκτεταμένων μεταβολών μεγάλων ποτάμιων συστημάτων, στα οποία έχουν αυξηθεί πολύ τα επιφανειακά νερά και η εξάτμιση»[[23]](#footnote-23).

«Τα νερά που χάνονται από τις λίμνες, οφείλονται σε α) απορροή από επιφανειακή διέξοδο, β) διαρροή από τον πυθμένα της λίμνης. Στις λίμνες διαρροής τα ιζήματα που αποτίθενται πάνω στα βαθιά τμήματα της λεκάνης σχηματίζουν συχνά ένα αποτελεσματικό σφράγισμα. γ) Άμεση εξάτμιση. Η έκταση και ο ρυθμός απώλειας νερού εξαιτίας της εξάτμισης ποικίλλουν πολύ ανάλογα με την εποχή και το γεωγραφικό πλάτος. δ) Εξάτμιση-διαπνοή από τα αναδυόμενα υδρόβια μακρόφυτα. Τα ποσοστά των απωλειών από εξάτμιση-διαπνοή ποικίλλουν πολύ, αφού καθορίζονται από πολλές φυσικές παραμέτρους (ταχύτητα ανέμου, υγρασία, θερμοκρασία). Στις περισσότερες τοποθεσίες όπου παρατηρείται έντονη αύξηση της παραλιακής βλάστησης, αυξάνεται σημαντικά και η εξάτμιση σε σχέση με αυτήν που συμβαίνει στα ανοιχτά (πελαγικά νερά)»[[24]](#footnote-24).

«Ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να στρέψει την κοίτη ενός ποταμού, έτσι ώστε τα νερά του να καταλήγουν σε μια λίμνη. Όπως, επίσης, έχει τη δυνατότητα να αφαιρεί μεγάλες ποσότητες νερού και μάλιστα μέχρι τέλειας αποξήρανσης. Παραδείγματα από τον ελλαδικό χώρο αποτελούν οι λίμνες της Αγουλινίτσας (στις δυτικές ακτές της Πελοποννήσου), της Κωπαΐδας (στην περιοχή της Λειβαδιάς), της Κάρλας (στους νομούς Μαγνησίας και Λάρισας) και των λιμνών της Λάτζας και της Μαυρούδας (βόρεια της λίμνης Βόλβης), οι οποίες αποξηράνθηκαν για την απόκτηση καλλιεργήσιμης γης. Επίσης, ένα «καλό» παράδειγμα οικολογικής καταστροφής είναι η λίμνη Κορώνεια, της οποίας το βάθος μειώθηκε μέσα σε λίγα χρόνια από 8,5 m σε 1,5 m. Η πτώση της στάθμης των νερών και η μεγάλη ρύπανση είχαν ως αποτέλεσμα τη μαζική θνησιμότητα των ψαριών που συνέβη στις 14 με 16 Αυγούστου του 1995. Η πτώση της στάθμης των νερών μιας λίμνης έχει δυσμενή αποτελέσματα για τους υδρόβιους οργανισμούς και ιδιαίτερα για τα ψάρια. Ορισμένα είδη ψαριών αφήνουν τα αυγά τους στα ρηχά νερά κοντά στην ακτή. Όταν η απώλεια των νερών και συνεπώς η πτώση της στάθμης συμβεί πριν την εκκόλαψη, τα αυγά θα μείνουν έξω από το νερό και θα καταστραφούν. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι κάθε ψάρι (ανάλογα με το είδος) αποθέτει από λίγες χιλιάδες ως εκατοντάδες χιλιάδες αυγά, είναι εύκολο να κατανοήσουμε το μέγεθος της καταστροφής»[[25]](#footnote-25).

**1.4 Χρήσεις του νερού**

«Ως άμεση πηγή νερού οι θάλασσες και οι ωκεανοί έχουν περιορισμένη αξία, αφού τα νερά τους είναι ακατάλληλα για οικιακή, γεωργική και βιομηχανική χρήση. Τα νερά των ποταμών και των λιμνών, έχουν καταστεί σήμερα σε μεγάλη κλίμακα ακατάλληλα, αφού τα αστικά, τα γεωργικά και τα βιομηχανικά απόβλητα οδηγούνται στους ποταμούς και στις λίμνες. Ένας αριθμός μεγάλων ποταμών ρέουν σε περιοχές που πρακτικά είναι ακατοίκητες, όπως π.χ. ο Αμαζόνιος, οι Ob, Yenesey και Lena στη Σιβηρία, ο Mckenzie στον Βόρειο Καναδά κ.ά. Σε άλλα επίσης μέρη του κόσμου οι ποταμοί έχουν τόσο πολύ χρησιμοποιηθεί σαν αποχετευτικοί αγωγοί, ώστε τα νερά τους είναι ακατάλληλα για κατανάλωση. Τα νερά που καταναλώνονται κατά την αστική χρήση διοχετεύονται σε συστήματα υπονόμων και μέσα από αυτά απελευθερώνονται στα ποτάμια, τις λίμνες και τις θάλασσες. Σήμερα, πολλά από αυτά τα νερά πριν απελευθερωθούν υφίστανται βιολογικό και χημικό καθαρισμό. Η αλήθεια είναι πάντως ότι και μετά από αυτόν τον καθαρισμό τα νερά πρακτικά δεν είναι επαναχρησιμοποιήσιμα»[[26]](#footnote-26).

«Ο βιολογικός καθαρισμός διακρίνεται σε πρώτου βαθμού όπου γίνεται μηχανικός διαχωρισμός των στερεών, σε δεύτερου βαθμού όπου γίνεται διάσπαση της οργανικής ύλης και σε τρίτου βαθμού όπου γίνεται δέσμευση των προϊόντων διάσπασης. Συνήθως, ο καθαρισμός φτάνει μέχρι τον δεύτερο βαθμό εξαιτίας του μεγάλου κόστους. Έτσι, δεν απομακρύνεται το άζωτο που προκαλεί την αύξηση των φωτοσυνθετικών οργανισμών, οι οποίοι με τη σειρά τους προκαλούν ευτροφικά φαινόμενα. Αλλά και με τη μορφή της αμμωνίας σε μεγάλες ποσότητες είναι κριτήριο ρύπανσης που έχει βλαβερές επιδράσεις στους ζωικούς οργανισμούς. Παρ’ όλα αυτά όμως ο καθαρισμός των νερών έχει μεγάλη σημασία για τα οικοσυστήματα στα οποία απελευθερώνονται, αφού επιβαρύνονται κατά πολύ λιγότερο με ανόργανα και οργανικά υλικά»[[27]](#footnote-27).

«Η άντληση του νερού που χρησιμοποιείται για οικιακές ανάγκες είναι της τάξης του 7% του συνόλου του αντλούμενου νερού, το οποίο πρέπει να είναι πόσιμο. Τελευταία ο άνθρωπος ανέπτυξε τεχνικές άντλησης με τις οποίες κατάστησαν εκμεταλλεύσιμες τεράστιες πηγές υπόγειου νερού. Όπως έχει αναφερθεί, η μετακίνηση του νερού μέσα στο έδαφος γίνεται πολύ αργά, εκτός από σπάνια μέρη ασβεστολιθικών εδαφών όπως είναι η περιοχή του Karst της Κροατίας, όπου το νερό ρέει με μορφή υπόγειων ποταμών. Το υπόγειο νερό δεν αποτελεί ανανεώσιμη πηγή. Αλλά και όταν η άντληση γίνεται από επιφανειακά νερά για την άρδευση των καλλιεργειών, ένα μικρό μέρους αυτού επιστρέφει στις πηγές άντλησης, εξαιτίας του γεγονότος ότι το περισσότερο από αυτό χρησιμοποιείται από τα φυτά για τη διαπνοή και εξατμίζεται από το έδαφος και τα αρδευτικά κανάλια»[[28]](#footnote-28).

«Η άντληση νερού και η καταναλωτική χρήση του ανά μονάδα καλλιεργήσιμης επιφάνειας ποικίλλει παρά πολύ ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Στα υγρά κλίματα, με λίγο-πολύ ικανοποιητικό ποσοστό βροχόπτωσης, η άντληση τόσο από τα επιφανειακά όσο και από τα υπόγεια νερά είναι μικρή, όπως μικρή είναι και η καταναλωτική χρήση. Σε άνυδρες περιοχές, ένα εκτάριο με την ίδια καλλιέργεια απαιτεί μεγάλη άντληση, συχνά μάλιστα υπόγειου νερού, και η καταναλωτική χρήση είναι επίσης μεγάλη. Αυτό γιατί μεγάλες ποσότητες νερού χάνονται τόσο από τον αυξημένο ρυθμό της διαπνοής των φυτών, όσο και από τη μεγαλύτερη άμεση εξάτμιση από τους αγρούς και τα κανάλια, αλλά και της διαρροής του νερού στο έδαφος. Μια σημαντική ποσότητα νερού που έχει χρησιμοποιηθεί για άρδευση είναι τουλάχιστον θεωρητικά επαναχρησιμοποιήσιμη. Συνήθως όμως τέτοια νερά προσλαμβάνουν σημαντικές ποσότητες αλάτων και ιλύος, ώστε είναι ακατάλληλα για παραπέρα χρήση»[[29]](#footnote-29).

«Στις χώρες με αναπτυγμένη βιομηχανία οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις προμηθεύονται περίπου ίση ποσότητα νερού που προμηθεύονται και οι αγροτικές καλλιέργειες, με τη διαφορά ότι το νερό που καταναλώνεται είναι μόνο ένα κλάσμα του νερού που αντλείται. Αυτό συμβαίνει επειδή σε πολλές περιπτώσεις το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές πριν καταστεί ακατάλληλο για κάποια συγκεκριμένη αιτία. Για παράδειγμα χρειάζονται περίπου 100.000 λίτρα νερό για να κατασκευαστεί ένα αυτοκίνητο, αλλά ένα μεγάλο μέρος από αυτό το νερό επαναχρησιμοποιείται για το επόμενο κ.ο.κ. Στις περισσότερες βιομηχανίες μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση της θερμοκρασίας του νερού μετά τη χρήση του. Το νερό που χρησιμοποιείται για ψύξη στις εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας, για παράδειγμα, θερμαίνεται μέχρι και 100 C πάνω από τη θερμοκρασία που είχε πριν να χρησιμοποιηθεί. Όταν τέτοια νερά απελευθερώνονται στα οικοσυστήματα, προκαλούν τη λεγόμενη θερμική ρύπανση. Μερικές βιομηχανίες μπορούν να χρησιμοποιούν όξινο, αλκαλικό ή αλατούχο νερό που δεν χρησιμοποιείται στις αγροτικές καλλιέργειες. Η υδροηλεκτρική βιομηχανία ούτε αντλεί ούτε καταναλώνει νερό. Εκμεταλλεύεται μια φυσική ή τεχνητή υδατόπτωση, όπου η ποιότητα του νερού παραμένει πρακτικά αμετάβλητη και μόνο ένα ασήμαντο μέρος αυτού καταναλώνεται»[[30]](#footnote-30).

«Το νερό είναι το μεγαλύτερο σε αναλογία συστατικό των ζωικών και φυτικών ιστών. Πολύ λίγοι είναι οι ζωντανοί οργανισμοί που περιέχουν νερό λιγότερο από 10% του βάρους τους, όπως για παράδειγμα σπέρματα φυτών και τα σπόρια των βακτηρίων και μυκήτων. Τα περισσότερα από τα λαχανικά που χρησιμοποιούμε ως τροφή, όπως είναι οι ντομάτες, οι πατάτες, τα μαρούλια και τα καρότα, περιέχουν την ώρα της συγκομιδής τους 85-90% κατά βάρος. Ακόμα και δευτερογενώς παραγόμενες τροφές, όπως είναι το ψωμί, περιέχουν περισσότερο από 30% νερό. Ο ίδιος ο άνθρωπος είναι αρκετά «υδάτινος», αφού περίπου το 70% του βάρους του είναι νερό. Την αναλογία αυτή πρέπει διαρκώς να διατηρεί, γιατί διαφορετικά θα πεθάνει από αφυδάτωση πολύ πριν εξατμιστεί όλο το νερό από το σώμα του. Η ποσότητα του νερού που χρειάζεται ο άνθρωπος ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ζει και εργάζεται. Η ελάχιστη ποσότητα κυμαίνεται μεταξύ 2 και 4 λίτρων την ημέρα, συμπεριλαμβανομένου και του νερού που χρησιμοποιεί για την παρασκευή της τροφής του. Ο άνθρωπος, όπως και όλα τα ζώα, εξαρτάται ως προς την τροφή του άμεσα ή έμμεσα από τη φυτική ύλη, η παραγωγή της οποίας βασίζεται στη φωτοσύνθεση. Όλα τα φυτά στον κόσμο χρησιμοποιούν 600 δισεκατομμύρια τόνους νερού τον χρόνο, για να οικοδομήσουν τη φυτική ύλη. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στο 1% του συνολικού νερού που εξατμίζεται από τις λίμνες, τους ποταμούς και τα υγρά εδάφη, καθώς και αυτού που διαπνέεται από τα φυτά»[[31]](#footnote-31).

**Κεφάλαιο 2ο: Χαρακτηριστικά των υδάτινων οικοσυστημάτων**

2. Χαρακτηριστικά των υδάτινων οικοσυστημάτων

2.1 Γενικά

«Τα ηπειρωτικά νερά διακρίνονται σε επιφανειακά και υπόγεια, τρεχούμενα και στάσιμα, μόνιμα και παροδικά. Το μεγαλύτερο μέρος των επιφανειακών νερών, βρίσκεται κάτω από την επίδραση των εξωτερικών παραγόντων, κοσμικών και κλιματικών, που είναι περισσότερο εμφανής στα στάσιμα νερά»[[32]](#footnote-32).

«Οικοσύστημα είναι κάθε σύνολο βιοτικών και μη βιοτικών παραγόντων και στοιχείων του περιβάλλοντος που δρουν σε ορισμένο χρόνο και βρίσκονται σε αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Μερικά σημαντικά χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

«Α. Υπάρχουν όρια στον βαθμό που το περιβάλλον μπορεί να δεχτεί απόβλητα και να τα αποδώσει πίσω στο σύστημα σε χρησιμοποιούμενη μορφή, καθώς και στην ικανότητα να αποθηκεύσει αυτά, κάτω από αβλαβείς μορφές. Αν για παράδειγμα, σε ένα υδάτινο οικοσύστημα φτάνουν μικρές ποσότητες αποβλήτων που περιέχουν οργανική ύλη, αυτή διασπάται με τη βοήθεια των μικροοργανισμών, οι οποίοι εξαιτίας του μικρού τους αριθμού, καταναλώνουν λίγο οξυγόνο και τα προϊόντα διάσπασης προσλαμβάνονται από άλλους οργανισμούς. Αν όμως οι ποσότητες των αποβλήτων είναι μεγάλες, οι αερόβιοι αποικοδομητές[[33]](#footnote-33) πληθαίνουν και η συγκέντρωση του οξυγόνου ελαττώνεται μέχρι τελείας ανοξίας (έλλειψη οξυγόνου στους ιστούς), οπότε οι οργανισμοί που θέλουν οξυγόνο για να ζήσουν πεθαίνουν και μαζί τους οι ίδιοι οι αποικοδομητές. Η αποικοδόμηση όμως δεν σταματά, αλλά συνεχίζεται με την ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών, οπότε με τα προϊόντα διάσπασης ελευθερώνονται και τοξικά αέρια, όπως μεθάνιο και υδρόθειο»[[34]](#footnote-34).

«Β. Τα οικοσυστήματα αποτελούνται από αλληλένδετα στοιχεία που αλληλεπιδρούν και γεγονότα που συμβαίνουν σε μια περιοχή του περιβάλλοντος, είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα έχουν επιπτώσεις και σε άλλες περιοχές κάποια άλλη χρονική στιγμή. Εξαιτίας της συνεκτικότητας αλλά και της πολυπλοκότητας που έχει το περιβάλλον, μερικές από τις συνέπειες δεν είναι δυνατόν να προβλεφτούν. Για παράδειγμα, τα ραδιενεργά προϊόντα από το ατύχημα του πυρηνικού εργοστασίου στην πόλη Τσέρνομπιλ της Ουκρανίας που συνέβη στις 26 Απριλίου 1986, μεταφέρθηκαν διά μέσου της ατμόσφαιρας μέχρι την χώρα μας και ακόμα νοτιότερα, δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα στους οργανισμούς και ιδιαίτερα στον άνθρωπο, παρ’ όλο που το γεγονός συνέβη εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά»[[35]](#footnote-35).

«Γ. Αν για κάποιο λόγο εξαφανιστεί ένα είδος ψαριού από μια λίμνη, αυτό δεν θα ξαναεμφανιστεί μετά την αποκατάσταση ευνοϊκών συνθηκών, παρά μόνο αν μεταφερθούν γεννήτορες από άλλο οικοσύστημα όπου ζει»[[36]](#footnote-36).

«Δ. Οι απλές κοινότητες τείνουν να μην είναι σταθερές και ο άνθρωπος με όλες σχεδόν τις δραστηριότητές του έχει ως αποτέλεσμα την απλοποίηση των οικοσυστημάτων. Αν για παράδειγμα σε μια λίμνη ζουν πολύ λίγα είδη ψαριών (όπως στη λίμνη των Ιωαννίνων) και μεταξύ αυτών ένα μόνο είναι πλαγκτοφάγο, όταν εξαφανιστεί για κάποιο λόγο, η ισορροπία του οικοσυστήματος θα ανατραπεί. Αντίθετα, αν σε κάποια άλλη λίμνη ζουν πολλά είδη (όπως στη λίμνη Βόλβη) και μεταξύ αυτών υπάρχουν περισσότερα του ενός πλαγκτοφάγα, όταν εξαφανιστεί ένα, η ισορροπία δεν θα διαταραχτεί, γιατί το πλαγκτό θα συνεχίσει να θηρεύεται από αυτά που έμειναν»[[37]](#footnote-37).

«Ε. Στα απλά οικοσυστήματα, η εμφάνιση χρόνων υστέρησης, μπορεί να αυξήσει τις αρχικές διαταραχές, προκαλώντας έντονα αυξανόμενες διακυμάνσεις της αφθονίας. Παράδειγμα στη λίμνη Βικτώρια, η οποία είναι η μεγαλύτερη λίμνη της Αφρικής, με επιφάνεια 68.000 km2 και βάθος 82,5 μέτρα, ζούσαν διάφορα είδη ψαριών με μεγάλους σχετικά πληθυσμούς. Όταν όμως εισήγαγαν στη λίμνη την Πέρκα του Νείλου, ένα αδηφάγο ψάρι, με την πάροδο του χρόνου, ο πληθυσμός της μεγάλωσε, αφού οι συνθήκες ήταν ευνοϊκές και η τροφή (τα άλλα ψάρια) άφθονη. Έτσι, οι πληθυσμοί των αυτόχθονων ψαριών μειώθηκαν. Αυτό ήταν έκδηλο από τη μείωση της ιχθυοπαραγωγής κατά τα 2/3 και από τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν στην τροφική αλυσίδα. Είναι λοιπόν θέμα χρόνου, πότε ένα πληθυσμός βρίσκεται στο μέγιστο (στην κορυφή) και πότε στο ελάχιστο»[[38]](#footnote-38).

«Όταν ασχολούμαστε με οικοσυστήματα που έχουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά, πρέπει να θυμόμαστε ότι υπάρχουν περιορισμένες μέθοδοι μελέτης αυτών. Κατά κύριο λόγο, η πολυπλοκότητα των οικοσυστημάτων κάνει πολύ δύσκολη τη μελέτη τους. Ενώ η ανάλυση των οικοσυστημάτων μπορεί να βοηθήσει, δεν έχει ακόμη χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση ή τη μελέτη ολόκληρων οικοσυστημάτων, στα οποία μας ενδιαφέρει, η συμπεριφορά, πολλών μεταβλητών τόσο στην έξοδο όσο και στην είσοδο. Κατά δεύτερο λόγο, δεν είναι ακόμη ξεκαθαρισμένο κατά πόσο η μεταφορά μέρους του προβλήματος για πειραματισμό στο εργαστήριο είναι μια κατάλληλη τεχνική. Πιθανά, αυτή η αναγκαία απλοποίηση που περιλαμβάνει η παραπάνω διαδικασία, απομακρύνει από το σύστημα ακριβώς, εκείνα τα στοιχεία που προσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αυτό λειτουργεί. Ακόμη, τα πειράματα στην ύπαιθρο είναι δύσκολο να γίνουν και συνήθως, δύσκολο να ερμηνευτούν. Υπάρχει τέλος το πρόβλημα, ότι κάθε οικολογική κατάσταση είναι διαφορετική και έχει μια μοναδική ιστορία. Έτσι, προς το παρόν δεν έχουμε και ίσως να μην έχουμε και στο μέλλον εκτεταμένες γενικεύσεις που θα χρησιμεύσουν σαν μια βάση για δράση. Το καθένα από τα προβλήματα απαιτεί ιδιαίτερη ανάλυση και σε γενικές γραμμές θα υπάρξει κάποια χρονική καθυστέρηση, από τη στιγμή που θα τεθεί το ερώτημα και θα παρθεί η οικολογική απάντηση. Αυτό δεν καθιστά τα περιβαλλοντικά προβλήματα αδύνατα να λυθούν, αλλά απλώς, τα κάνει δύσκολα και ενδιαφέροντα»[[39]](#footnote-39).

**2.2 Η έννοια του λιμναίου οικοσυστήματος**

«Από πολύ παλιά οι ερευνητές είχαν τονίσει τις λειτουργικές σχέσεις των οργανισμών μέσα στις λίμνες. Το λιμναίο οικοσύστημα αποτελείται από τη λίμνη και ολόκληρη τη λεκάνη απορροής. Το νερό φορτωμένο με ανόργανες και οργανικές ουσίες ρέει από μεγαλύτερα ύψη προς τον αποδέκτη λίμνη, μέσα από υπόγεια και επιφανειακά ρεύματα. Κατά τη διαδρομή του νερού γίνονται χημικές και βιολογικές αντιδράσεις, οι οποίες μεταβάλλουν εκλεκτικά την ποιότητα και την ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων που εισέρχονται στη λίμνη. Τα επιφανειακά ρεύματα διέρχονται συχνά, μέσα από το σύστημα υγρότοπος-παραλιακή ζώνη και μπορεί να υπάρξει επιπλέον εκλεκτική απώλεια ή αύξηση ανόργανων και οργανικών ενώσεων, πριν φτάσουν στην πελαγική ζώνη. Τέλος, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι η ατμόσφαιρα περιέχει σημαντικές ποσότητες ανόργανων και οργανικών ενώσεων, εξαιτίας των βιομηχανικών και αγροτικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου. Αυτές οι ενώσεις φτάνουν στη λεκάνη απορροής και την ίδια τη λίμνη με κατακρήμνιση. Αυτή η πηγή της ανόργανης και οργανικής ύλης αποτελεί συχνά ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού τροφικού φορτίου που φτάνει σε μια λίμνη»[[40]](#footnote-40).

«Λεκάνη απορροής είναι η έκταση που οριοθετείται από τη νοητή κλειστή γραμμή που ενώνει τα ψηλότερα σημεία της περιοχής. Η λεκάνη απορροής λειτουργεί ως συλλεκτήρας των νερών τα οποία συγκεντρώνονται στα χαμηλότερα πεδινά, στις λίμνες ή εξέρχονται της λεκάνης με τη μορφή ποταμών, για να καταλήξουν σε γειτονική λεκάνη ή στη θάλασσα»[[41]](#footnote-41).

«Η λεκάνη απορροής αποτελεί το τέταρτο στοιχείο της δομής της λίμνης, εξίσου σημαντικό όσο τα φυσικά, χημικά και βιολογικά στοιχεία. Το μέγεθος, η κλίση, η γεωλογική σύνθεση και το κλίμα της λεκάνης απορροής επηρεάζουν το είδος και την ποσότητα των διαλυμένων υλικών της λίμνης και τα ιζήματα που θα αποθηκευτούν εκεί. Έχει παρατηρηθεί ότι λίμνες με μεγαλύτερες λεκάνες απορροής είναι πιο παραγωγικές. Στα εύκρατα κλίματα οι βροχοπτώσεις εκτείνονται σε όλο τον χρόνο και συνήθως δεν πέφτουν καταρρακτωδώς. Τέτοια πρότυπα βροχής παράγουν ένα συνεχές φυτικό κάλυμμα από δάση και λιβάδια που παρουσιάζουν μικρή εδαφική διάβρωση. Αντίθετα, περιοχές με ημίξηρα κλίματα έχουν λίγες βίαιες βροχοπτώσεις και η κάλυψη του εδάφους δεν είναι συνεχής. Σ’ αυτά τα θερμά ή μεσογειακά κλίματα, η διάβρωση του εδάφους είναι εκτεταμένη και τα ιζήματα κινούνται πιο εύκολα από τη λεκάνη απορροής στη λίμνη»[[42]](#footnote-42).

«Ο φωσφόρος ο οποίος μεταφέρεται προσροφημένος σε σωματίδια του εδάφους, επίσης θα κινηθεί πιο εύκολα σε ημίξηρα κλίματα. Αντίθετα, το άζωτο, ως ιδιαίτερα διαλυτό, εύκολα μεταφέρεται τόσο από καθαρά όσο και από λασπώδη νερά. Τα νιτρικά περνούν πιο εύκολα από την ξηρά στο νερό στις εύκρατες ζώνες με υψηλή βροχόπτωση. Σε ημίξηρα κλίματα, οι ποταμοί και οι λίμνες τείνουν να έχουν πλεόνασμα φωσφόρου και περιορισμένα νιτρικά, ενώ σε εύκρατα κλίματα έχουν πλεόνασμα νιτρικών και μπορεί να έχουν περιορισμένη παραγωγικότητα, εξαιτίας έλλειψης φωσφορικών. Άλλοι περιορισμοί που επιβάλλονται από ιχνοστοιχεία ή πυριτικά, ελέγχονται περισσότερο από τη γεωλογία της λεκάνης παρά από το κλίμα. Μία άλλη επίδραση του κλίματος είναι η μη ύπαρξη απορροής. Λίμνες γλυκού νερού δίχως απορροή τελικά μετατρέπονται με εξάτμιση σε αλμυρές λίμνες και μπορεί να ξηραθούν τελείως. Εκτός από τις φυσικές πηγές των χημικών που είναι τα ιζήματα, η διάβρωση και το ξέπλυμα της λεκάνης απορροής, υπάρχουν και οι γεωργικές, δασικές και αστικές πηγές. Αυτές, εκτός από το ότι μεταβάλλουν τη μορφή της λιμναίας λεκάνης, μεταβάλλουν επίσης και το χημικό περιβάλλον»[[43]](#footnote-43).

**Κεφάλαιο 3ο: Λίμνες**

3. Λίμνες

3.1 Γενικά

«Η ύπαρξη μιας λίμνης, με την ευρύτερη έννοια του όρου, εξαρτάται ουσιαστικά από την ύπαρξη ενός φυσικού βυθίσματος λίγο-πολύ κλειστού απ’ όλες τις πλευρές που κατέχει μια κεντρική έκταση πολύ πιο χαμηλή από τις όχθες του. θα πρέπει ακόμη αυτό το βύθισμα να είναι λίγο-πολύ στεγανό, ώστε να μπορεί να γεμίσει νερό που θα προέρχεται είτε από τις βροχοπτώσεις είτε από άλλες πηγές. Όλες οι λεκάνες, είτε προέρχονται από ρήγματα στον φλοιό της γης είτε από φράγματα σε κοιλάδες είτε από ηφαιστειογενή δράση κτλ., έχουν τη δυνατότητα να μετατραπούν σε λίμνες»[[44]](#footnote-44).

**3.2 Προέλευση και ταξινόμηση των λιμνών**

«Οι λίμνες προέρχονται συνήθως από καταστροφές. Η δημιουργία τους έχει καταστροφική προέλευση και πραγματοποιήθηκε σε παγετώδεις περιόδους ή σε περιόδους μεγάλης τεκτονικής ή ηφαιστειακής δραστηριότητας. Οι λίμνες, διαμορφώνουν λίγο-πολύ κλειστά οικοσυστήματα, έτσι ώστε να παρέχουν μια σειρά από ποικίλους οικολογικούς κόσμους, οι οποίοι επιτρέπουν μια πραγματικά συγκριτική προσέγγιση στους μηχανισμούς της φύσης. Στη μελέτη της λίμνης σαν έναν μικρόκοσμο, όπως το έθεσε ο Forbes (1887), βρίσκεται η μεγαλύτερη σημασία της Λιμνολογίας και αυξάνει συνεχώς, καθώς μια ολόκληρη σειρά από συγκρίσιμους, αν και διαφορετικούς, μικρόκοσμους γίνεται προσιτή»[[45]](#footnote-45).

«Το μέγεθος και το σχήμα μιας λίμνης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις δυνάμεις που δημιούργησαν τη λιμναία λεκάνη. Μερικοί Γεωμορφολόγοι, κυρίως ο Davis (1882), καθιέρωσαν από πολύ παλιά μια τυπική ταξινόμηση των παραγόντων που μπορούν να δημιουργήσουν λεκάνες, ομαδοποιώντας αυτούς σε κατασκευαστικούς, καταστρεπτικούς και αποφρακτικούς. Η δράση του πάγου μπορεί να δημιουργήσει μια λεκάνη με καταστροφή, όπως στην περίπτωση εκσκαφής μιας αμφιθεατρικής λεκάνης ή με απόφραξη όπως όταν μια κοιλάδα φράζεται από μοραίνες (τεμάχια βράχων, που αποσπώνται από το έδαφος, προσκολλώνται στον παγετώνα κατά τη μετακίνησή του και μεταφέρονται σε χαμηλότερα σημεία, όπου αποτίθενται μετά την τήξη του. Όμοια, ηφαιστειακή δράση μπορεί να δημιουργήσει μια λεκάνη: με καταστροφή, όταν συμβαίνει μια έκρηξη ή ηφαιστειακή βύθιση﮲ με κατασκευή, όταν δημιουργείται ένα στεφάνι κρατήρα﮲ με απόφραξη, όταν μια κοιλάδα φράζεται από ροή λάβας. Καταστροφικά λοιπόν γεγονότα από παγετωνική, ηφαιστειακή και τεκτονική δράση έχουν συγκεντρώσει πολλά γλυκά νερά σε λιμναίες περιοχές»[[46]](#footnote-46).

**3.2.1 Τεκτονικές λίμνες**

 «Οι τεκτονικές λίμνες είναι βυθίσματα σχηματισμένα από μετακινήσεις που προέρχονται από τα βαθύτερα σημεία του φλοιού της γης και ξεχωρίζουν από τις λιμναίες λεκάνες που είναι αποτέλεσμα ηφαιστειακής δράσης. Ο αρχικός τύπος της τεκτονικής λεκάνης είναι αποτέλεσμα ρήγματος, στο οποίο εμφανίζονται βυθίσματα ανάμεσα στις μάζες που μετατοπίζονται. Ο μεταγενέστερος τύπος της λεκάνης εμφανίζεται ως μία τάφρος και είναι ο τρόπος προέλευσης ενός μεγάλου αριθμού λιμνών του κόσμου, των πιο θεαματικών που έχουν εναπομείνει. Πρώτη σε αυτές είναι η λίμνη Βαϊκάλη στην Ανατολική Σιβηρία, η βαθύτερη στον κόσμο, η οποία έχει μια συνεχή λιμναία ιστορία τουλάχιστον από την αρχή της Τριτογενούς περιόδου. Η ηλικία της Τριτογενούς περιόδου ανέρχεται σε 67 εκατομμύρια έτη. Η λίμνη Βαϊκάλη και πολλές άλλες, οι περισσότερες από τις οποίες βρίσκονται σε τεκτονικές τάφρους, έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, επειδή περιέχουν έναν μεγάλο αριθμό ενδημικών ειδών. Για παράδειγμα, από τα 1.200 είδη ζώων και τουλάχιστον 600 είδη φυτών που είναι γνωστά στη λίμνη Βαϊκάλη, πάνω από τα 80% αυτών είναι ενδημικά»[[47]](#footnote-47). «Η λίμνη Ταγκανίκα στην ισημερινή Αφρική είναι μια παρόμοια βαθιά (1.435 m) τάφρος λίμνη, σχηματισμένη σε κοιλάδα από μετατοπίσεις του φλοιού κατά μήκος ρωγμών και περιέχει ένα μεγάλο αριθμό από ενδημικά είδη φυτών και ζώων που έχουν εναπομείνει. Η Πυραμίδα λίμνη στη Νεβάδα και η λίμνη Tahoe στην Καλιφόρνια είναι γνωστά παραδείγματα αμερικανικών τάφρων λιμνών»[[48]](#footnote-48).

«Λιμναίες λεκάνες σχηματίζονται μερικές φορές σε τοπικά βυθίσματα, τα οποία προκύπτουν από σεισμική δράση. Πολλά από αυτά τα βυθίσματα είναι χωρίς νερό ή περιέχουν παροδικά, ανάλογα με το πορώδες του υλικού της λεκάνης, ενώ άλλα γίνονται μόνιμες λίμνες (συνήθως ανοιχτές λεκάνες με δυνατότητα αποστράγγισης)»[[49]](#footnote-49).

**3.2.2 Ηφαιστειογενείς λίμνες**

«Καταστροφικά γεγονότα συνδυασμένα με ηφαιστειακή δράση μπορούν να σχηματίσουν λιμναίες λεκάνες με διάφορους τρόπους. Καθώς τα ηφαιστειογενή υλικά εκδιώκονται προς τα πάνω και δημιουργούν ένα κενό ή καθώς το απελευθερωμένο μάγμα ψύχεται και παραμορφώνεται κατά ποικίλους τρόπους, δημιουργούνται βυθίσματα και κοιλώματα. Αν αυτά τα βυθίσματα δεν έχουν διαρροές, μπορούν να σχηματίσουν μία λίμνη. Κρατήρες εκρηκτικής προέλευσης, ονομάζονται μάαρς, είναι γενικά πολύ μικρά βυθίσματα με διαμέτρους μικρότερες από δύο (2) χιλιόμετρα, τα οποία προέρχονται από λάβα που έρχεται σε επαφή με το νερό του εδάφους ή από εξαέρωση του μάγματος. Οι μάαρς λίμνες είναι συνήθως σχεδόν κυκλικές και μπορεί να είναι πολύ βαθιές (>100 m) σε σχέση με τη μικρή έκταση της επιφάνειάς τους. Λεκάνες σχηματισμένες από τη βύθιση της οροφής ενός κενού θαλάμου ονομάζονται καλδέρες (ισπανικά: καζάνι) και μπορεί να είναι λίγο μεγαλύτερες από τις μάαρς (μικρότερη διάμετρος περίπου δύο χιλιόμετρα)»[[50]](#footnote-50).

«Μερικές ηφαιστειογενείς λίμνες προέρχονται από έναν συνδυασμό σε μεγάλη κλίμακα ηφαιστειακών και τεκτονικών δράσεων. Σε μερικές περιπτώσεις συνέβη καθίζηση της καλδέρας σε τόσο μεγάλη κλίμακα, ώστε βυθίστηκαν, εκτός από το κεντρικό τμήμα του ηφαιστείου και εκτεταμένα τμήματα της γύρω περιοχής. Τέτοια καθίζηση συμβαίνει συνήθως ανάμεσα σε ρηγματώσεις. Παραδείγματα τέτοιων λιμνών υπάρχουν στην Ισημερινή Ασία και στη Νέα Ζηλανδία»[[51]](#footnote-51).

«Όταν οι ποταμοί της λάβας ρέουν σε μια κοιλάδα ποταμού που προϋπάρχει και σχηματίσουν ένα φράγμα, πίσω από αυτό μπορεί να σχηματιστεί μία λίμνη. Αν το φράγμα είναι αρκετά μεγάλο, μπορεί να αλλάξει ολόκληρη η υδρολογία της περιοχής από την αλλαγή του ποτάμιου συστήματος που θα προκύψει. Στην Ελλάδα υπάρχουν δύο μικρές λίμνες τύπου μάαρς στην περιοχή Αλμυρού Βόλου, με την τοπική ονομασία «Ζηρέλια»[[52]](#footnote-52).

**3.2.3 Λίμνες σχηματισμένες από κατολισθήσεις**

«Ξαφνικές μετακινήσεις μεγάλων όγκων ασύνδετων υλικών, με τη μορφή κατολισθήσεων στις ποτάμιες κοιλάδες, μπορούν να προκαλέσουν φράγματα και να δημιουργήσουν λίμνες συχνά πολύ μεγάλου μεγέθους. Τέτοια φράγματα κατολισθήσεων μπορεί να προκύψουν από πτώσεις βράχων, λασποροές, ολισθήσεις πάγου και ακόμη από μετακινήσεις μεγάλων ποσοτήτων τύρφης, αλλά αυτά βρίσκονται συνήθως σε παγετώδη βουνά. Οι κατολισθήσεις συμβαίνουν συνήθως από έντονα μετεωρολογικά φαινόμενα, τέτοια όπως υπερβολική βροχή που πέφτει πάνω από ασταθείς πλαγιές. Ακόμη θεαματικότερες ολισθήσεις αρχίζουν μερικές φορές από σεισμική δράση»[[53]](#footnote-53).

«Οι λίμνες που σχηματίζονται πίσω από φράγματα κατολίσθησης είναι συνήθως παροδικές, κρατώντας μόνο λίγες εβδομάδες ως μερικούς μήνες»[[54]](#footnote-54).

**3.2.4 Λίμνες παγετωνικής προέλευσης**

«Επιφάνειες γης που είναι σήμερα καλυμμένες από πάγο, συμπεριλαμβάνουν τη Γροιλανδία και πολλά μικρότερα αρκτικά νησιά, την Ανταρκτική και πολυάριθμες μικρές περιοχές με ψηλά βουνά. Ωστόσο, αυτές οι σύγχρονες δράσεις των παγετώνων είναι μικρές σε σύγκριση με την ογκώδη κάλυψη της γης κατά το Πλειστόκαινο[[55]](#footnote-55) που προχώρησε σε τέσσερα μεγάλα επεισόδια δράσης στο βόρειο ημισφαίριο. Με την υποχώρηση των τελευταίων πλειστόκαινων παγετώνων δημιουργήθηκε ένας τεράστιος αριθμός από μικρές λίμνες. Οι λίμνες παγετωνικής προέλευσης είναι πολύ περισσότερες από τις λίμνες που σχηματίστηκαν με τη δράση άλλων παραγόντων. Η δράση των παγετώνων στις ορεινές περιοχές με ψηλό ανάγλυφο δημιουργεί συνήθως λιμναίες λεκάνες, οι οποίες είναι αρκετά διαφορετικές από εκείνες που προκύπτουν από τις μετακινήσεις μεγάλων τμημάτων πάγων σε περιοχές με πιο ώριμο και ομαλό ανάγλυφο.  Σε ψηλές ορεινές περιοχές, οι μετωπικές και πλευρικές μοραίνες[[56]](#footnote-56) των παγετώνων χρησιμεύουν συχνά ως αποτελεσματικά φράγματα σε ποτάμιες κοιλάδες. Τα λιμναία κοιλώματα παγετωνικής προέλευσης αναφέρονται σε ένα τεράστιο αριθμό από μικρές λίμνες, σχηματισμένες από πάγο μετακινούμενο πάνω σε σχετικά επίπεδες, ώριμες, βραχώδεις επιφάνειες που συνδέονται και περιέχουν ρωγμές. Τα λιμναία αυτά κοιλώματα είναι ιδιαίτερα συνηθισμένα σε ορεινές περιοχές, όπου κινήσεις παγετώνων έχουν μετακινήσει ασύνδετα υλικά πετρωμάτων κατά μήκος ρωγμών»[[57]](#footnote-57).

«Όταν οι παγετώνες υποχωρούν, οι βραχώδεις λεκάνες που σχηματίζονται με αυτόν τον τρόπο γεμίζουν με νερό. Τέτοια λιμναία κοιλώματα βρίσκονται στα ορεινά της Σκανδιναβίας, στην Αγγλία και στον Καναδά»[[58]](#footnote-58).

«Ένας συχνά εμφανιζόμενος τύπος λιμναίου κοιλώματος σχηματίζεται στο ανώτερο μέρος των παγετωνικών κοιλάδων των ορεινών περιοχών, όπου αυτές είναι διαμορφωμένες αμφιθεατρικά από τη δράση της παγοποίησης και της τήξης. Όταν οι παγετώνες επεκτείνονται αρκετά κάτω από την οριακή γραμμή του χιονιού, λιώνοντας και παγώνοντας συνεχώς, η διαβρωτική τους δράση μπορεί να σχηματίσει βραχώδεις λεκάνες μέσα στην καλυμμένη από πάγο κοιλάδα. Όταν τέτοιες λεκάνες σχηματίζουν μια αλυσίδα από μικρές λίμνες σε μια παγωμένη κοιλάδα, που μοιάζουν με σειρά από χάντρες κομπολογιού, αναφέρονται σαν αλυσιδωτές λίμνες. Όπου υπάρχουν βουνά κοντά στη θάλασσα, όπως σε πολλές περιοχές της Νορβηγίας και του Δ. Καναδά, φιόρδ λίμνες μπορούν να σχηματιστούν μέσα σε στενές βαθιές λεκάνες σε παγετωνικά εκβαθυσμένες κοιλάδες»[[59]](#footnote-59).

«Τα φιόρδ σχηματίστηκαν από τη διάβρωση του εδάφους κατά την υποχώρηση των μεγάλων παγετώνων πριν από δέκα χιλιάδες χρόνια. Η θάλασσα που κατέκλυσε τις βαθιές αυτές εσοχές και κοιλάδες, σε πολλά σημεία εισχωρεί έως και 200 χιλιόμετρα μέσα στην ξηρά. Το βάθος των φιόρδ φθάνει ακόμη και τα 1350 μέτρα και ξεπερνά ως επί το πλείστον το βάθος της ανοιχτής θάλασσας με την οποία επικοινωνούν. Επιτρέπεται έτσι η πλοήγηση μεγάλων πλοίων και οι ταξιδιώτες έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν την ομορφιά τους από πολύ κοντινή απόσταση»[[60]](#footnote-60).

«Οι λίμνες Great στον Καναδά αποτελούν το πιο εντυπωσιακό παράδειγμα μεγάλων βραχωδών λεκανών που προέκυψαν από συνεχή διάβρωση του πάγου»[[61]](#footnote-61).

«Πολλές λιμναίες λεκάνες προκύπτουν από παγετωνική δράση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω ή είναι κρυογενείς, σχηματισμένες από τις επιδράσεις μόνιμου παγετώνα. Εκατομμύρια τέτοιες μικρές λίμνες υπάρχουν στην παράκτια Βόρεια Αλάσκα, στον Καναδά και στις πεδινές περιοχές της Σιβηρίας»[[62]](#footnote-62).

**3.2.5 Καρστικές λίμνες (λίμνες διάλυσης)**

«Λιμναία βυθίσματα μπορούν να δημιουργηθούν σε κάθε περιοχή από αποθέματα ευδιάλυτων πετρωμάτων που διαλύονται αργά από διηθημένο (φιλτραρισμένο) νερό. Οι περισσότερες λίμνες διάλυσης σχηματίζονται σε βυθίσματα, τα οποία προκύπτουν από τη διάλυση των ασβεστόλιθων από ελαφρά όξινο νερό που περιέχει διοξείδιο του άνθρακα. Οι λίμνες διάλυσης είναι συνηθισμένες στις ασβεστολιθικές περιοχές της γης, κυρίως στις καρστικές περιοχές της Αδριατικής, ιδίως στην πρώην Γιουγκοσλαβία, στη Βαλκανική Χερσόνησο, στις Άλπεις της Κεντρικής Ευρώπης και στο Μίτσιγκαν, στην Ινδιάνα, στο Κεντάκυ, στο Τέννεση και ιδίως στη Φλόριδα της Βόρειας Αμερικής»[[63]](#footnote-63).

«Οι λεκάνες διάλυσης είναι συνήθως πολύ κυκλικές και κωνικά σχηματισμένες που ονομάζονται δολίνες και αναπτύσσονται από τη διάλυση και τη βαθμιαία διάβρωση των ευδιάλυτων πετρωμάτων»[[64]](#footnote-64).

«Η Ελλάδα καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από ασβεστόλιθους, έχει και πολλές καρστικές λίμνες, όπως: των Πρεσπών, της Βεγορίτιδας, της Καστοριάς, των Ιωαννίνων, καθώς και της Κωπαΐδας (στην περιοχή Λειβαδιάς), η οποία αποξηράνθηκε το 1931 για την απόκτηση καλλιεργήσιμης γης»[[65]](#footnote-65).

**3.2.6 Λίμνες σχηματισμένες από τη δράση νερού**

«Τα τρεχούμενα νερά των ποταμών έχουν σημαντική διαβρωτική δύναμη που μπορεί να δημιουργήσει λιμναίες λεκάνες κατά μήκος της διαδρομής τους. Στον άνω ρου των ποταμών, όπου οι κλίσεις είναι απότομες, η εκσκαφή από το νερό μπορεί να σχηματίσει βραχώδεις λεκάνες που μπορούν να συνεχίσουν ως λίμνες, από τη στιγμή που η διαδρομή του ποταμού εκτραπεί. Οι λίμνες καταρρακτών, σκαμμένες στο κάτω μέρος των νεροπτώσεων, δίνουν ένα σπάνιο αλλά και θεαματικό παράδειγμα από τέτοια καταστρεπτική ποτάμια δράση. Πολλές μεγάλες λίμνες του συστήματος Grand Coulee της Ουάσιγκτον ήταν σίγουρα μικρές λίμνες καταρρακτών που σχηματίστηκαν από την πρώτη Μεσοπαγετώδη διαδρομή του ποτάμιου συστήματος Κολούμπια»[[66]](#footnote-66).

«Καθώς οι ποταμοί ρέουν πάνω από ομαλές πλαγιές, ένας συνδυασμός από διαβρωτικές καταστρεπτικές και αποθεματικές αποφρακτικές εξελίξεις συμβάλλει στον σχηματισμό πολλών λιμνών στις πεδιάδες που κατακλύζουν»[[67]](#footnote-67).

**3.2.7 Λίμνες αιολικής προέλευσης**

«Η δράση του ανέμου ενεργεί σε ξηρές περιοχές και δημιουργεί λιμναίες λεκάνες από αποφύσιση ή διάβρωση των θρυμματισμένων πετρωμάτων ή από ανακατανομή της άμμου που οδηγούν στον σχηματισμό των θινών λιμνών. Τέτοιες λιμναίες κοιλότητες μπορεί να είναι μόνο ή κατά ένα μέρος το αποτέλεσμα της δράσης του ανέμου και το νερό που περιέχουν είναι συχνά προσωρινό και εξαρτάται από τις διακυμάνσεις του κλίματος»[[68]](#footnote-68).

«Οι λεκάνες αποφύσισης συνήθως γεμίζουν με νερό κατά τη διάρκεια βροχερών εποχών ή υγρών περιόδων και γίνονται διαρκώς και περισσότερο αλμυρές με εξάτμιση σε ξηρές κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων»[[69]](#footnote-69).

**3.2.8 Παράκτιες λίμνες**

 Οι θαλάσσιες παράκτιες λίμνες προκύπτουν συνήθως, από τον σχηματισμό φράγματος ανάμεσα στα στόμια παλαιών εκβολών που έχουν πλημμυρίσει από ανύψωση της στάθμης του νερού ή από μικρή βύθιση της ξηράς. Συχνά, το άδειασμα του ποταμού και τα παλιρροϊκά ρεύματα είναι ικανά να αποτρέψουν τον ολοκληρωτικό διαχωρισμό της λίμνης από τη θάλασσα. Το αποτέλεσμα είναι μια εναλλαγή ανάμεσα σε γλυκό και υφάλμυρο νερό μέσα στη λίμνη, η αλατότητα της οποίας θα εξαρτάται από την αναλογία της εισαγωγής γλυκού και αλμυρού νερού. Μερικές παράκτιες λίμνες είναι τελείως διαχωρισμένες από τη θάλασσα. Όταν ο αποκλεισμός είναι πλήρης, τότε σχηματίζεται παράκτια λίμνη, όπως στην περίπτωση της λίμνης της Αγουλινίτσας, η οποία αποξηράνθηκε το 1969 για εξοικονόμηση καλλιεργήσιμης γης. Όταν ο αποκλεισμός είναι ατελής και επιτρέπει την επικοινωνία της λίμνης με τη θάλασσα, τότε σχηματίζεται λιμνοθάλασσα, όπως οι λιμνοθάλασσες του Μεσολογγίου και του Πόρτο Λάγος Ξάνθης»[[70]](#footnote-70).

**3.2.9 Λίμνες σχηματισμένες από πρόσκρουση μετεωρίτη**

Ο σπανιότερος, αν και σίγουρα ο πιο δραματικός, τρόπος σχηματισμού μιας λιμναίας λεκάνης είναι η πρόσκρουση ενός μετεωρίτη. Όταν ένα τέτοιο σώμα χτυπήσει στη γη, θα εισχωρήσει λίγο στο έδαφος, εξαιτίας της τρομακτικής πίεσης. Μέρος θα διασκορπιστεί τοπικά ως θερμότητα. Το αποτέλεσμα αυτής της έντονης θέρμανσης είναι να αναπτυχθούν υδρατμοί και άλλα αέρια προκαλώντας έκρηξη. Ο κρατήρας που προκύπτει από την έκρηξη, είναι μεγαλύτερος σε διάμετρο από τον μετεωρίτη που τον προκάλεσε»[[71]](#footnote-71).

**3.2.10 Λίμνες οργανικής προέλευσης**

«Δύο θηλαστικά, ο κάστορας και ο άνθρωπος, είναι ιδιαίτερα ικανά στο να κατασκευάζουν φράγματα στις κοιλάδες των ποταμών, για να κρατούν νερό μέσα σε λίμνες. Ο αμερικάνικος κάστορας δημιούργησε πολυάριθμες μικρές και μεγάλης διάρκειας λίμνες στη Β. Αμερική, πολλές από τις οποίες έγιναν μόνιμες, από ιζήματα που αποτέθηκαν απέναντι από φράγματα. Τα φράγματα του ευρωπαϊκού κάστορα είναι μικρότερης κλίμακας. Τα φράγματα δημιουργούνται από κορμούς δέντρων, ξύλα και λάσπη. Τα μεγαλύτερα φράγματα είναι φανερό ότι είναι αποτέλεσμα πολλών γενεών καστόρων»[[72]](#footnote-72).

**4. Έλη**

«Το έδαφος των ελών αποτελείται από ένα στεγανό υπόστρωμα λίγο-πολύ αμμώδες ή αργιλώδες το οποίο καλύπτεται από ιλύ. Στα έλη επικρατεί η ασθενής ανάδευση. Τα νερά είναι μικρού βάθους και έχει αφθονία επιπλεόμενης ριζωμένης βλάστησης»[[73]](#footnote-73).

**5. Υφάλμυρα νερά**

«Τα υφάλμυρα νερά έχουν κυρίως δύο προελεύσεις: ή αυτά είναι θαλασσινά νερά που αραιώθηκαν με εισροές γλυκών νερών (περίπτωση νερών που συνδέονται με τη θάλασσα) ή είναι γλυκά νερά, τα οποία εμπλουτίστηκαν με άλατα. Τα πρώτα είναι συνδεδεμένα με περιοχές σχετικά άφθονων βροχοπτώσεων, απαντούν στην εύκρατη ζώνη και γειτονεύουν με τη θάλασσα»[[74]](#footnote-74).

**6. Τρεχούμενα νερά**

**6.1 Γενικά**

«Τα τρεχούμενα νερά παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιφάνεια της γης και παρουσιάζουν μια ποικιλότητα που τα κάνει να έχουν ξεχωριστό ενδιαφέρον για τους Υδροβιολόγους. Η ταχύτητα της ροής τους και η μάζα του νερού που κατέρχεται είναι οι παράγοντες που επιτρέπουν τον διαχωρισμό των διάφορων τύπων τρεχούμενων νερών»[[75]](#footnote-75).

«Η Λιμνολογία θεωρεί τα τρεχούμενα νερά ως πηγή ανόργανων και οργανικών (ζωντανών ή νεκρών) στοιχείων που έρχονται να παγιδευτούν στα στάσιμα νερά»[[76]](#footnote-76).

«Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το σύστημα των λιμνών της Κορώνειας (Αγίου Βασιλείου) και Βόλβης. Οι δύο λίμνες τροφοδοτούνται από τα νερά των γύρω περιοχών, τα οποία φτάνουν σε αυτές με μορφή χειμάρρων»[[77]](#footnote-77).

«Αν και υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός τρεχούμενων νερών που οφείλουν την ύπαρξή τους στις πεδιάδες, είναι επίσης συχνό, οι μεγάλοι ποταμοί να προέρχονται από ορεινές περιοχές»[[78]](#footnote-78).

«Παρατηρώντας το περιβάλλον των τρεχούμενων νερών, εντυπωσιάζει η μεγάλη ποικιλία βιοτόπων, χαρακτηριζόμενη από την κλίση και το υπόστρωμα μέσα σε μικρή σχετικά απόσταση. Εδώ υπάρχουν ρηχά νερά που ρέουν πάνω από πέτρες και χαλίκια, παρακάτω μικρές λίμνες, μικρούς καταρράκτες κτλ. Όπως με τις λίμνες και τα έλη, έτσι και με τους ποταμούς και τους χειμάρρους, η διάκριση δεν είναι σαφής. Οι χείμαρροι όμως είναι μικροί και συχνά έχουν απότομες κλίσεις, ενώ οι ποταμοί είναι μεγάλοι και συνήθως έχουν μικρές κλίσεις»[[79]](#footnote-79).

«Πολλές από τις φυσικές και τις βιολογικές ιδιότητες των τρεχούμενων νερών καθορίζονται από την ετήσια διαμόρφωση της παροχής τους. Η παροχή εξαρτάται από το ύψος της βροχόπτωσης, τη γεωλογία της λεκάνης απορροής, την περιοχή, την κλίση του πυθμένα και από τα φράγματα που ελέγχονται από τη βλάστηση, από τους κάστορες και κυρίως από τους ανθρώπους. Οι εποχικές και οι ημερήσιες διακυμάνσεις στην παροχή είναι σημαντικές στην οικολογία των ποταμών και των χειμάρρων. Για παράδειγμα, οι χείμαρροι των ψηλών βουνών παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη παροχή τους αργά την άνοιξη και κατά τη διάρκεια των μεσημβρινών ωρών, όταν λιώνει το χιόνι, και τη μικρότερη παροχή μετά τον νυχτερινό παγετό. Οι φυσικοχημικές παράμετροι των τρεχούμενων νερών μετριούνται με τις ίδιες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τις λίμνες. Παροχή είναι η ροή του όγκου του νερού ανά μονάδα χρόνου m3/sec και ταχύτητα ροής, η απόσταση που διανύεται στη μονάδα του χρόνου. Η μέτρηση μπορεί να γίνει εύκολα με ένα ροόμετρο, το οποίο βυθίζεται στο νερό. Η μέτρηση γίνεται σε πέντε ισαπέχοντα σημεία κατά μήκος του ρεύματος, με τον μετρητή βυθισμένο στα 2/5 της απόστασης επιφάνειας-πυθμένα. Σε πολύ ρηχά νερά ή ανάμεσα σε βράχους, όπου το βάθος του νερού είναι μόνο λίγα εκατοστά, η μέτρηση μπορεί να γίνει με έναν ειδικό σωλήνα μέτρησης της πίεσης»[[80]](#footnote-80).

**6.2 Ποταμοί**

«Στις χαμηλές και πεδινές περιοχές τα ρεύματα ενώνονται και σχηματίζουν τους ποταμούς. Γνωστοί είναι οι μαίανδροι που σχηματίζονται σε χαμηλότερα τμήματα της πορείας του νερού, άσχετα αν ο ποταμός είναι μεγάλος ή μικρός και διασχίζει βουνά ή πεδιάδες. Σχηματίζουν περιοχές από βαθύτερα, γρηγορότερα ρεύματα κοντά στη διαβρωμένη στροφή του ποταμού και αποθέσεις στη ρηχή περιοχή της απέναντι όχθης. Στις φαρδιές κοιλάδες των μεγάλων ποταμών σχηματίζονται αποκομμένες λίμνες, οι γνωστές «παλιομάνες»[[81]](#footnote-81).

«Παρ’ όλη την αύξηση των νερών και την κλίση του εδάφους, η ταχύτητα του νερού είναι γενικά αρκετά μικρή. Οι ποταμοί χαρακτηρίζονται πάντοτε από νερά με ροή λιγότερο θορυβώδη και θερμοκρασία περισσότερο ποικίλη από αυτήν των χειμάρρων. Η ταχύτητα των νερών εξαρτάται από την παροχή και αυξάνει με την κλίση και το βάθος»[[82]](#footnote-82).

«Οι εποχικές μεταβολές της παροχής, η διακύμανση της στάθμης των νερών και η μεταφορά στερεών υλικών αποτελούν αντικείμενο μελέτης των Υδρολόγων και των Γεωγράφων. Λαμβάνουν υπόψη τους παράγοντες που ρυθμίζουν την παροχή (βροχοπτώσεις, τοπογραφία, θερμοκρασία, εξάτμιση, τα ρεύματα του νερού στο σύνολό τους, μελετώντας τη μέση ετήσια παροχή τους κ.ά.)»[[83]](#footnote-83).

«Το καθεστώς είναι αποτέλεσμα της φύσης των εποχικών διακυμάνσεων της παροχής. Υπάρχουν απλά καθεστώτα, όπου κάθε χρόνο μια περίοδος αφθονίας (πλημμύρας) διαδέχεται μια περίοδος έλλειψης (κατώτατης πτώσης της στάθμης των νερών). Το παγετώδες καθεστώς χαρακτηρίζεται από μεγάλη αφθονία το καλοκαίρι και έλλειψη τον χειμώνα. Το ορεινό χιονώδες καθεστώς χαρακτηρίζεται από σύντομη αφθονία την άνοιξη (λιώσιμο των πάγων). Το τροπικό βροχερό καθεστώς χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη παροχή το καλοκαίρι (περίοδος βροχών) και πολύ εμφανή πτώση τον χειμώνα (περίοδος ξηρασίας). Πολλά από τα μεγάλα ρεύματα νερού έχουν ένα μεταβαλλόμενο σύνθετο καθεστώς, το οποίο εξαρτάται από τις ετήσιες επιδράσεις των κυριότερων παραγόντων που δρουν πάνω σε αυτό κατά τη διαδρομή του προς τη θάλασσα. Έτσι, ο Ροδανός που έχει ένα παγετώδες καθεστώς μέχρι το Leman, δέχεται επιδράσεις ποταμών ωκεάνιου βροχερού τύπου, στην συνέχεια παραπόταμων παγετώδους τύπου, χιονώδους ή βροχοχιονώδους μεσογειακού»[[84]](#footnote-84).

**6.3 Ποτάμια ζώνωση**

«Ο Huet (1949, 1954), χρησιμοποιώντας δεδομένα από ποταμούς της Δυτικής Ευρώπης, βελτίωσε το ευρωπαϊκό σύστημα που υπήρχε και στο οποίο αναγνωρίζονταν τέσσερις ζώνες, η καθεμιά από τις οποίες ταυτιζόταν με είδη ψαριών-κλειδιά. Η βελτίωση περιελάμβανε τη σύνταξη ενός καταλόγου με τα αντίστοιχα είδη ψαριών, τη σχετική τους αφθονία και τις μορφομετρικές παραμέτρους των ζωνών. Θεώρησε την κλίση του ρεύματος ως το κύριο χαρακτηριστικό που καθορίζει τις διαφορετικές ζώνες. Η κλίση επιδρά άμεσα ή έμμεσα σε μερικούς με οικολογική σημασία για τα ψάρια παράγοντες, όπως είναι η ταχύτητα του ρεύματος, η θερμοκρασία, η φύση της κοίτης, ο τύπος και η αφθονία της βλάστησης, καθώς και η σύνθεση των βενθικών κοινωνιών. Παραδείγματα βενθικών οικοσυστημάτων είναι οι σπόγγοι, τα κοράλλια, τα μαλάκια, τα καρκινοειδή, τα εχινόδερμα κ.ά.). Από την έκταση των ζωνών σε σχέση με την κατά μήκος κατατομή (προφίλ) του ποταμού σε πολλούς ευρωπαϊκούς ποταμούς, ο Huet συμπέρανε ότι η ιχθυοπανίδα σχετίζεται άμεσα με την κλίση του ρεύματος και σε όλους σχεδόν τους ποταμούς που έχουν παρόμοιου μεγέθους τμήματα με παρόμοιες κλίσεις, υπάρχει και παρόμοια ιχθυοπανίδα. Με βάση αυτά τα συμπεράσματα, διατύπωσε τον «κανόνα της κλίσης». Σε μια δεδομένη βιογεωγραφική περιοχή, ποταμοί ή τμήματα ποταμών που έχουν παρόμοιο πλάτος, βάθος και κλίση έχουν παρόμοια βιολογικά χαρακτηριστικά και πολύ παρόμοιους ιχθυοπληθυσμούς. Οι τέσσερις ζώνες, με μια περίληψη των περιβαλλοντικών συνθηκών που τις χαρακτηρίζουν είναι:

* Ζώνη του Salmo (της Πέστροφας). Ρεύματα με απότομη κλίση και γρήγορα χειμαρρώδη νερά. Κοίτη ποταμού από βράχους, πέτρες, χαλίκια ή άμμο. Το πλάτος και το βάθος ποικίλλουν και συχνά είναι αρκετά ρηχά. Το νερό είναι καλά αεριζόμενο και ψυχρό, σπάνια ξεπερνά τους 200 C.
* Ζώνη του Thymallus (του Θυμάλλου). Μεγαλύτερα ρεύματα με βάθος μέχρι 2 m, μικρότερη κλίση από αυτή της ζώνης του Salmo και με εναλλασσόμενα ρηχά τρεχούμενα νερά και λάκκους. Κοίτη ποταμού με λεπτότερο υλικό από αυτό της ζώνης του Salmo, αλλά ακόμη σε ικανοποιητικό βαθμό. Τα γρήγορα ρεύματα κατοικούνται από Salmonidae και οι λάκκοι από ρεόφιλα (Cyprinidae) (ψάρια που προτιμούν .
* Ζώνη του Barbus (της Μπριάνας). Τμήμα ποταμού με μέτρια κλίση και ρεύματα με εναλλασσόμενα γρήγορα και ήρεμα νερά. Τα ήρεμα νερά είναι πάντως σε πολύ μεγαλύτερη έκταση απ’ ότι είναι στη ζώνη του Thymallus. Υπάρχει ακόμη η πέστροφα στα τμήματα με γρήγορα νερά.
* Ζώνη του Abramis (της Λεστιάς). Περιλαμβάνει τα χαμηλότερα τμήματα των ποταμών, τα κανάλια και τις τάφρους. Ρεύματα αδύνατα, νερά θολά, θερμοκρασία το καλοκαίρι υψηλή και οξυγόνο μειωμένο. Το βάθος του νερού συνήθως υπερβαίνει τα 2 m»[[85]](#footnote-85).

«Ο Illies (1953) βρήκε ότι υπήρχαν μεγάλες μεταβολές κατά μήκος του ποταμού και ότι αυτές οι μεταβολές αντιστοιχούσαν στις ζώνες των ψαριών. Βρήκε ακόμη ότι ο βαθμός της μεταβολής της σύνθεσης της πανίδας ήταν μέγιστος στα όρια των ζωνών και ιδιαίτερα στο χαμηλότερο όριο της ζώνης του Thymallus. Έτσι, ονόμασε το τμήμα πάνω από το όριο της ζώνης του Thymallus *ρείθρον* και κάτω από αυτό *πόταμον* και έδωσε τους παρακάτω ορισμούς:

* Ρείθρον είναι η περιοχή που εκτείνεται από την πηγή μέχρι το σημείο όπου το ετήσιο εύρος της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του νερού φτάνει μέχρι τους 20ο C, η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι πάντοτε υψηλή, η ροή γρήγορη, τα νερά ταραχώδη και η κοίτη αποτελείται από βράχους, πέτρες ή χαλίκια και μόνο κατά περίπτωση από άμμο ή αμμοϊλύ. Η πανίδα είναι λίγο-πολύ ψυχρή στενοθερμική και τελείως ή σχεδόν τελείως χαρακτηριστική των τρεχούμενων νερών. Υπάρχει λίγο ή καθόλου πλαγκτό.
* Πόταμον είναι η περιοχή όπου το ετήσιο εύρος της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας υπερβαίνει τους 200 C, παρατηρείται έλλειψη οξυγόνου μερικές φορές, η ροή είναι αργή και η κοίτη αποτελείται κυρίως από άμμο και ιλύ. Η πανίδα είναι ευρυθερμική ή θερμή στενοθερμική και συνιστάται κυρίως από είδη που φτάνουν τη μέγιστη ανάπτυξή τους σε στάσιμα νερά. Υπάρχει συχνά άφθονο πλαγκτό»[[86]](#footnote-86).

«Ο Illes και ο Botosaneanu (1963) προτείνουν την ακόλουθη σειρά ζωνών:

* Εύκρηνον, η περιοχή της πηγής.
* Υπόκρηνον, το ρυάκι της πηγής.
* Ρείθρον, το πετρώδες ρέμα μέχρι το μικρό ποτάμι που μπορεί συνήθως να διαιρεθεί ανάλογα με την πανίδα σε: επί-, μετά- και υπόρειθρον.
* Πόταμον, που διαιρείται σε επι- και μεταπόταμον και τα δυο σε περιοχές πανίδας Barbus και Abramis (στην Ευρώπη) και με παρουσία ή μη κοπαδιών σε ρηχά νερά. Το υποποτάμιον είναι η υφάλμυρη περιοχή που επηρεάζεται από τη θάλασσα και φτάνει μέχρις εκεί που εμφανίζονται τα ψάρια Pleuronectes»[[87]](#footnote-87).

**6.4 Εκβολές ποταμών**

«Οι εκβολές είναι το μέρος όπου ο ποταμός συναντά τη θάλασσα ή τη λίμνη. Η δομή τους μεταβάλλεται ανάλογα με το σχήμα τους, την παλίρροια και τον όγκο του γλυκού νερού που εισρέει. Η περιοχή των εκβολών, στην οποία ανεβαίνει το στρώμα του αλμυρού νερού ανάλογα με την παλίρροια, είναι η ζώνη που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αφθονία φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού. Οι εκβολές είναι σημαντικοί τόποι για ψάρια και οστρακοειδή. Μεγάλοι πληθυσμοί ανθρώπων κατοικούν κοντά στις εκβολές των ποταμών που πάντοτε είχαν μεγάλη σημασία για την προμήθεια της τροφής τους, τις μεταφορές και την απομάκρυνση των αποβλήτων. Από τότε που αυξήθηκε ο πληθυσμός και αναπτύχθηκε η βιομηχανία, άρχισε η ρύπανση των εκβολών και η αξία τους ως πηγή τροφής μειώθηκε»[[88]](#footnote-88).

**6.5 Χείμαρροι**

«Τα επιφανειακά νερά που συγκεντρώνονται σε περιοχές με μεγάλη κλίση δημιουργούν χειμάρρους. Οι χείμαρροι σχηματίζονται κυρίως σε ορεινές περιοχές και τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι ότι έχουν νερά δροσερά και θορυβώδη, τα οποία ρέουν πάνω σε χοντρή άμμο και χαλίκια ή ανάμεσα σε πέτρες που τις διαβρώνουν. Στις ζώνες των ψηλών βουνών τα νερά των χειμάρρων δεν εμπλουτίζονται με διαλυμένα άλατα, αλλά με κρυσταλλική άργιλο που είναι προϊόν διάλυσης ορυκτών με τη δράση του χιονιού και του πάγου. Από λιμνολογική άποψη, οι χείμαρροι μεταφέρουν στις λίμνες, στις οποίες καταλήγουν, ορυκτά υλικά και με τη ροή τους μεγαλύτερα, τα οποία σχηματίζουν τις ακρογιαλιές και τις όχθες των λιμνών. Μεταφέρουν επίσης, ανόργανα και οργανικά υλικά σε διάλυση, συμβάλλοντας έτσι στον εμπλουτισμό της λίμνης»[[89]](#footnote-89).

**6.6 Πηγές**

«Τα αποθηκευμένα νερά στα διαπερατά στρώματα του γήινου φλοιού βρίσκονται κάτω από την τεράστια πίεση των υπερκείμενων πετρωμάτων. Όταν το νερό αυτό βρει κάποια διέξοδο, εξέρχεται και πάλι στην επιφάνεια από μια σχισμή του εδάφους ή ένα ρήγμα ή εξαιτίας μιας αλλαγής στην πετρογραφική φύση των πετρωμάτων, η ανάβλυση μπορεί να είναι πολύ σημαντική. Το νερό της βροχής που διεισδύει βαθιά μέσα στο έδαφος γίνεται θερμότερο (κατά 1 0C ανά 30 μέτρα περίπου) και συνεπώς διαλύει μεγαλύτερες ποσότητες στερεών κυρίως ουσιών, με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Το νερό αυτό, όταν εξέρχεται, σχηματίζει πηγές, των οποίων η θερμοκρασία υπερβαίνει τη μέση θερμοκρασία του τόπου. Οι πηγές αυτές ονομάζονται θερμές ή και μεταλλικές, εξαιτίας της μεγαλύτερης ποσότητας αλάτων, τα οποία περιέχουν ή και ιαματικές πηγές, αφού από τα αρχαία ακόμη χρόνια χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς»[[90]](#footnote-90).

«Στη χώρα μας υπάρχουν εκατοντάδες θερμές πηγές, οι οποίες είναι διάσπαρτες σε ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο. Πολλές από τις πηγές αυτές είναι αξιόλογες τόσο από άποψη θερμοκρασίας όσο και από άποψη παροχής. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία των γεωθερμικών νερών των πηγών της Αιδηψού (στην Εύβοια) φτάνει στους 86 0C, ενώ η παροχή των θερμών πηγών του Λουτρακίου Αριδαίας (στον νομό Πέλλας) ανέρχεται στα 1.000 m3/h. Τα γεωθερμικά νερά, εκτός από τη λουτροθεραπεία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέρμανση των θερμοκηπίων, των υδατοκαλλιεργειών, ακόμη και ολόκληρων οικισμών»[[91]](#footnote-91).

«Οι οργανισμοί που ζουν στις πηγές, είναι ολιγάριθμοι σε είδη και άτομα. Συχνά είναι ενδημικές μορφές. Ανάλογα, αν οι πηγές βρίσκονται στο βουνό ή σε πεδιάδα, σε κλίμα ψυχρό ή τροπικό, θα έχουν φυσικά και βιολογικά χαρακτηριστικά σταθερά ή μεταβλητά. Ξεχωρίζουμε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα̇ τις ίδιες τις πηγές και τα ρυάκια των πηγών, όπου οι συνθήκες ζωής δεν επιτρέπουν την εγκατάσταση μιας πλήρους ζωοκοινωνίας»[[92]](#footnote-92).

**7. Φυσικοί παράγοντες**

**7.1 Γενικά**

«Οι οργανισμοί που ζουν στα φυσικά νερά είναι πολυάριθμοι και πολυποίκιλοι σε μέγεθος, σε συμπεριφορά, σε αναπνευστικές και θρεπτικές απαιτήσεις. Αυτοί οι οργανισμοί είναι φυτικοί και ζωικοί, όπως: βακτήρια, μύκητες, φύκη, ασπόνδυλα και σπονδυλωτά. Όλοι αυτοί οι οργανισμοί, κατά τη διάρκεια της ζωής τους, εκκρίνουν μέσα στο νερό τα προϊόντα του μεταβολισμού τους, προϊόντα που συχνά βοηθούν στην ανάπτυξη άλλων οργανισμών. Επιπλέον, προσλαμβάνοντας διάφορα στοιχεία από το νερό, για τη σύνθεση των δικών τους ζωτικών συστατικών, μεταβάλλουν τη σύνθεση αυτού, το οποίο πλέον γίνεται ακατάλληλο για ορισμένα είδη. Ο άνθρωπος, για τις δικές του ενέργειες, αφαιρεί μια σημαντική ποσότητα νερού από τη φύση και ξαναρίχνει μέσα στα υδάτινα συστήματα των κατοικημένων περιοχών μολυσμένα και ρυπασμένα νερά και κάθε είδους υπολείμματα, τα οποία οι οργανισμοί πρέπει να ανεχτούν»[[93]](#footnote-93).

«Πολλοί είναι εκείνοι, και μάλιστα ειδικοί σε θέματα περιβάλλοντος, οι οποίοι δεν κάνουν σωστή χρήση των όρων μόλυνση και ρύπανση. Το άρθρο 2 του Νόμου 1650/1986 κάνει διάκριση μεταξύ αυτών των όρων και δίνει τους παρακάτω ορισμούς:

Μόλυνση είναι η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών.

Ρύπανση είναι η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή ολικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του»[[94]](#footnote-94).

«Σε κάθε κύκλο ζωής, μια αλλαγή στις συνθήκες του περιβάλλοντος οδηγεί λίγο-πολύ σε ριζικές μεταβολές των ζωντανών κοινωνιών. Σε κάθε μάζα νερού στην οποία αποβάλλονται λύματα, παρουσιάζεται μια παρόμοια κατάσταση. Τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των λυμάτων και το ποσό που αποβάλλεται. Αν το αρχικό ποσό που αποβάλλεται είναι πολύ μεγάλο, όλο σχεδόν το οξυγόνο χρησιμοποιείται για την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών. Η ζωή όλων των οργανισμών που χρειάζονται οξυγόνο για να ζήσουν κινδυνεύει τότε σε μεγάλο βαθμό. Η ζωντανή κοινωνία μεταβάλλεται προς όφελος εκείνων των οργανισμών που μπορούν να τα καταφέρουν ή χωρίς οξυγόνο ή με πολύ λίγο. Όταν οι συνθήκες αρχίσουν να αποκαθίστανται, θα αρχίσουν να ευνοούνται όλο και περισσότεροι οργανισμοί, ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε οξυγόνο. Έτσι, η ακραία αρχική κατάσταση μεταβάλλεται ξανά προς όφελος των οργανισμών που χρειάζονται οξυγόνο, από τους οποίους μόνο τα ετερότροφα είδη και αργότερα τα αυτότροφα μπορούν επίσης να κερδίσουν μια ασφαλή θέση. Στην πιο ευνοϊκή περίπτωση, η κατάσταση ξαναγίνεται όπως ήταν πριν από την είσοδο των λυμάτων. Η βιοοικολογική εκτίμηση της καθαρότητας ή μη του νερού μπορεί να γίνει από τη βιολογική κατάσταση και χωρίς να γνωρίζουμε λεπτομερώς τα χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων. Η βιολογική ανάλυση γίνεται κατά δύο τρόπους: ή καθορίζονται μερικοί οργανισμοί τυπικοί για τον βαθμό της ρύπανσης και καλούνται οργανισμοί δείκτες και παρακολουθείται η παρουσία τους, όπως γίνεται με διαδικασίες που δουλεύουν στο σαπρόβιο σύστημα ή παίρνεται ως βάση για την εκτίμηση ο περιορισμός ενός «φυσικού» είδους, όπως λογικά έκανε ο Kothé με το «έλλειμα ειδών» που είχε. Οι οργανισμοί (φυτικοί και ζωικοί), λοιπόν, είναι στενά συνδεδεμένοι με το περιβάλλον στο οποίο ζουν και συνεπώς κάθε μεταβολή των φυσικών και χημικών παραγόντων αυτού θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στους ίδιους τους οργανισμούς»[[95]](#footnote-95).

**7.2 Φως**

«Οι δυνατότητες της ατμόσφαιρας για απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας σχετίζονται με το οξυγόνο, το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς. Εξάλλου, η ατμοσφαιρική διαφάνεια αλλάζει σε ορισμένες περιοχές ως συνέπεια των βιομηχανικών και των αστικών αποβλήτων. Η διάχυση και η απορρόφηση αυξάνονται όταν ο αέρας είναι υγρός. Τόσο το υψόμετρο της λίμνης όσο και το ύψος του ήλιου καθορίζουν την ατμόσφαιρα, μέσα από την οποία πρέπει να διέλθει η ακτινοβολία. Το ποσό και η φασματική σύνθεση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια των νερών διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή, το διάστημα της ημέρας, το υψόμετρο και τις μετεωρολογικές συνθήκες»[[96]](#footnote-96).

«Σε άσχημο καιρό, καθώς η επιφάνεια της λίμνης είναι ταραγμένη, ως 60% του ηλιακού φωτός σταματά ή ανακλάται μέσα στα πρώτα νερά. Δεν είναι μόνο η πραγματική ανάκλαση από την επιφάνεια που είναι σημαντική σε αυτήν την περίπτωση, αλλά εξίσου και οι πολυάριθμες φυσαλίδες που προξενούνται από τη θραύση των κυμάτων. Η ανάκλαση εξαρτάται από το ύψος του ήλιου στο ζενίθ, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία πρόσπτωσης των ακτινών τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ανάκλαση»[[97]](#footnote-97).

«Από τη συνολική φωτεινή ενέργεια που εισέρχεται στο νερό, μέρος απορροφάται από το νερό και τα αιωρούμενα στερεά και σημαντικό μέρος διαχέεται. Η διάχυση του φωτός αλλάζει σημαντικά ανάλογα με το βάθος, την εποχή και τη θέση της λίμνης και εξαρτάται από την κατανομή του σωματιδιακού υλικού στο νερό. Το ποσό του φωτός που επιστρέφει στο νερό εξαρτάται από τη σύνθεση του ιζήματος: αμμώδες ίζημα ή ίζημα πλούσιο σε ανθρακικό ασβέστιο αντανακλά πολύ περισσότερο φως απ’ ότι το σκουρόχρωμο ίζημα πλούσιο σε οργανική ύλη.»[[98]](#footnote-98).

«Το φως από τις πηγές διάχυσης και ανάκλασης είναι προφανούς σημασίας για τους οργανισμούς που θα το χρησιμοποιήσουν άμεσα στη φωτοσύνθεση ή έμμεσα σε μηχανισμούς συμπεριφοράς. Ένα μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της λίμνης είναι το υπέρυθρο τμήμα του ηλιακού φάσματος και επηρεάζει σημαντικά το υδάτινο οικοσύστημα»[[99]](#footnote-99).

«Εξαιτίας της ανάκλασης στην επιφάνεια το 97% της θερμικής ενέργειας εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα. Οι υπέρυθρες ακτίνες θερμαίνουν την ίδια την επιφάνεια και δεν εισέρχονται βαθιά. Οι υπεριώδεις ακτίνες εισέρχονται το πολύ ως τρία μέτρα, πράγμα που περιστασιακά αξίζει περισσότερο, μια και αυτές είναι βλαβερές για πολυάριθμα αβγά, προνύμφες, ώριμους πλαγκτικούς οργανισμούς, το ίδιο και για πολλά είδη φυκών και ζώων που ζουν στον πυθμένα. Οι υπεριώδεις ακτίνες είναι εξίσου θανάσιμες για τα βακτήρια, αλλά απορροφώνται τόσο γρήγορα, ώστε δεν βρίσκουμε κανένα ίχνος των αποτελεσμάτων τους, καλών είτε κακών, σε βάθος μεγαλύτερο από τρία μέτρα. Η αναμενόμενη σοβαρή μείωση ή έλλειψη του φωτός από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς που διαβιούν στα νερά, θα επηρεάσουν σοβαρά ολόκληρο τον μεταβολισμό της λίμνης. Η μείωση του οξυγόνου που προέρχεται από υπερβολικό χιόνι ή από κάλυψη πάγου, συνήθως παρατηρείται σε αβαθείς, παραγωγικές λίμνες και υδατοσυλλογές σε εύκρατα κλίματα και οδηγεί, συχνά, στον θάνατο πολλών οργανισμών. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μέγιστη πηγή ενέργειας και η κινητήρια δύναμη παραγωγικότητας υδάτινων οικοσυστημάτων, είτε ενσωματωμένη στην ενέργεια που προκύπτει απευθείας από τη χλωρίδα, από τις βιοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν μέσα στη λίμνη, είτε από τα γήινα συστατικά μέσα στις λεκάνες απορροής, τα οποία εισάγονται ως οργανικό υλικό στη λίμνη. Το μεγαλύτερο μέρος των πολυειδικών φυτικών πληθυσμών είναι πιο απαιτητικά, δηλαδή πιο φωτόφιλα από άλλα τα οποία, σε αντίθεση, αντέχουν ή ακόμη απαιτούν μια ποσότητα φωτός πιο μέτρια και ονομάζονται σκιόφιλα. Ανάλογα δηλαδή με τις απαιτήσεις τους είναι και η κατακόρυφη διανομή τους»[[100]](#footnote-100).

«Εκτός από τις προσαρμογές των φωτοσυνθετικών οργανισμών σε υδάτινο φωτισμένο περιβάλλον, συγκεκριμένη είναι και η χρήση του φωτός από τα υδρόβια ζώα. Πολυάριθμα είδη των ανώτερων στρωμάτων πραγματοποιούν κανονικές κατακόρυφες μετακινήσεις, ανεβαίνοντας προς την επιφάνεια τη νύχτα και ξανακατεβαίνοντας κατά τη διάρκεια της ημέρας και έχει θεμελιωθεί ότι αυτές οι κινήσεις γίνονται εξαιτίας του φωτός. Από τα ασπόνδυλα, για παράδειγμα, η γαρίδα Mysis relicta απαντά μόνο σε μεγάλα βάθη καθαρών λιμνών, δηλαδή, σε ένα οπτικά γαλάζιο περιβάλλον. Η Daphnia μετακινείται κατά διάρκεια της ημέρας από το βάθος στην επιφάνεια του νερού και προσαρμόζεται στο μεταβαλλόμενο φωτεινό περιβάλλον με τους οπτικούς της δέκτες. Συνηθισμένη είναι και η προσαρμοστικότητα της συμπεριφοράς στη χρήση φωτός. Η Daphnia χρησιμοποιεί το φως ως ένδειξη προκειμένου να προσανατολίζεται την ώρα που κολυμπάει. Η κατανομή των πληθυσμών της Daphnia μέσα στη λίμνη εξαρτάται κατά πολύ από το φως. Αυτή η έννοια του φωτισμού (και κατά συνέπεια του βάθους) αντιστάθμισης επιτρέπει να υποδιαιρέσουμε τη λίμνη σε δύο μεγάλα συστήματα: το φυτικό σύστημα, στο οποίο μπορεί να διεξαχθεί η φωτοσύνθεση των πράσινων φυτών και το αφυτικό σύστημα, απ’ όπου αποκλείεται κάθε φυτική φωτοαυτότροφη ζωή»[[101]](#footnote-101).

**7.6 Λιμναία στρωμάτωση**

«Η θερμοκρασία στην επιφάνεια των λιμνών ποικίλλει ευρέως με το γεωγραφικό πλάτος, αλλά οι καθημερινές και εποχικές διακυμάνσεις της απέχουν από το να είναι το ίδιο μεγάλες από εκείνες των ηπείρων στα ίδια γεωγραφικά πλάτη. Ο πρωταρχικός λόγος γι’ αυτό είναι ότι το νερό έχει την πιο υψηλή ειδική θερμότητα από όλες τις γνωστές υποστάσεις. Είναι λοιπόν αυτό που απαιτεί την πιο υψηλή θερμοκρασία για να θερμανθεί, ενώ αντίστροφα, είναι αυτό που χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ψυχθεί. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε, ένα μεγάλο μέρος της ηλιακής θερμότητας δεν διαπερνά το νερό. Οι υπέρυθρες θερμογόνες ακτινοβολίες απορροφώνται από τα πιο επιφανειακά στρώματα του νερού. Μια λίμνη αναθερμαίνεται λοιπόν από επάνω. Το θερμαινόμενο από τον ήλιο νερό θα μείνει λοιπόν στην επιφάνεια. Τα ρεύματα, τα κύματα και διάφορα φαινόμενα αναταραχής θα προκαλέσουν ανάμειξη των στρωμάτων σε ένα ορισμένο πάχος. Την περίοδο της αναθέρμανσης θα δημιουργηθεί μια θερμική στρωμάτωση που είναι ένα από τα φαινόμενα τα πιο χαρακτηριστικά που μπορούμε να συναντήσουμε σε λίμνες, ιδίως στην εύκρατη ζώνη. Θα είναι γενικά δυνατό, σε θερμή εποχή, να διαφοροποιηθούν σε:

* Ένα επιφανειακό στρώμα ή επιλίμνιο, θερμό, όπου τα ρεύματα που παράγονται από τον άνεμο στην επιφάνεια μπορούν ελεύθερα να μετακινηθούν και όπου η διαβάθμιση της θερμοκρασίας είναι μικρή, αν και μεταβαλλόμενη.
* Ένα στρώμα βαθύ, συνήθως παχύ, ψυχρό, φτάνοντας ως τον πυθμένα που ονομάζεται υπολίμνιο, γενικά αρκετά ήρεμο και όπου η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι σχεδόν απροσδιόριστη.
* Ανάμεσα σε αυτά τα δύο στρώματα υπάρχει και το μεταλίμνιο, χαρακτηριζόμενο από ένα φανερό θερμόκλινο, δηλαδή από μια ζώνη με θερμική διαβάθμιση πολύ έντονη.

Αυτή η θερμική στρωμάτωση, συχνά πολύ ευκρινής κατά το τέλος του καλοκαιριού μέσα στις αρκετά βαθιές λίμνες, έχει ως συνέπεια τη δημιουργία μιας διαβάθμισης της πυκνότητας που προκαλεί μια σχετική σταθερότητα των στρωμάτων, των οποίων η ανάμειξη δεν είναι δυνατή παρά όταν ορισμένες δυνάμεις παράγουν ένα ορισμένο έργο. Άρα, αυτές οι δυνάμεις δεν μπορούν να προκαλέσουν στην πραγματικότητα παρά οριζόντιες μετακινήσεις των μαζών του νερού και τα φαινόμενα της αναταραχής θα επιτρέψουν μια ορισμένη κατακόρυφη ανάμειξη, εντοπισμένη στις ανώτερες μάζες του νερού. Αυτές οι δυνάμεις οφείλονται κυρίως στους ανέμους και στις τοπικές μεταβολές των μεταφορών της θερμογόνας ενέργειας (νυχτερινή ψύξη που εναλλάσσεται με ημερήσια αναθέρμανση). Αυτή η θερμική στρωμάτωση των λιμνών που ονομάζεται άμεση δεν είναι ένα φαινόμενο απόλυτα γενικό. Στην ψυχρή εποχή μπορεί να υπάρχει εκεί σχηματισμός μιας ανάστροφης στρωμάτωσης με υπερεπίθεση ενός ελαφρού στρώματος μεταξύ 0 και 4 0C (και μάλιστα παγωμένου) στην επιφάνεια και ενός θερμού στρώματος περίπου στους 4 0C στον βυθό.

Μέσα στις προστατευμένες από τον άνεμο λίμνες και με αρκετά μικρές διαστάσεις, η μεταφορά της θερμότητας περιορίζεται τις ήρεμες ημέρες στα εντελώς επιφανειακά στρώματα. Αν μια περίοδος ανάψυξης έχει προηγούμενα πυκνώσει το επιλίμνιο, μπορεί να σχηματιστεί, σε επάνοδο ευνοϊκών συνθηκών, ένα θερμόκλινο επιφανείας που καμιά φορά περιορίζεται σε πάχος μερικών δέκατων του μέτρου. Είναι η περίπτωση κυρίως ορισμένων ορεινών λιμνών κατά τη διάρκεια των ηλιόλουστων πολύ θερμών ημερών. Μέσα σ’ αυτές τις λίμνες θα υπάρχουν, λοιπόν, δύο θερμόκλινα, ένα επιφανείας και ένα βυθού.

**8.2 Οξυγόνο**

Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και την πίεση. Στα φυσικά νερά, οι φυτικοί οργανισμοί ελευθερώνουν οξυγόνο ως «υπόλειμμα» της φωτοσύνθεσης, ενώ τα ζώα και οι χημιοσυνθετικοί και ανοργανοποιητικοί μικροοργανισμοί καταναλώνουν αυτό. Η διανομή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα είναι άρα αποτέλεσμα της αναπνοής των οργανισμών, συνδεδεμένο με αυτό της οργανικής σύνθεσης από τα χλωροφυλλούχα φυτά. Πολύ οξυγόνο περιέχουν τα κρύα νερά και αυτά που ανακινούνται περνώντας από καταρράκτες. Τα θερμά στάσιμα νερά περιέχουν λιγότερο οξυγόνο. Διαφορετικά ζώα έχουν διαφορετικές ανάγκες σε οξυγόνο και συχνά βοηθούν να εξηγηθεί, γιατί κάθε ιδιαίτερο είδος βρίσκεται μόνο σε ένα ορισμένο τύπο νερού. Ζώα πολύ μικρού μεγέθους δεν χρειάζονται ειδικά όργανα για να παίρνουν το οξυγόνο. Το αέριο βρίσκει το δρόμο του με τη διάχυση μέσα από την επιφάνεια του σώματός του, από το νερό που το περιβάλλει. Μεγαλύτερα ζώα, όπως μερικά έντομα και καρκινοειδή, των οποίων η επιφάνεια είναι ακατάλληλη ή ανεπαρκής για την αναπνοή, δεν θα μπορούσαν να έχουν μια επαρκή παροχή με αυτόν τον τρόπο. Γι’ αυτόν τον λόγο έχουν ειδικά βράγχια ή μπορούν να κολυμπούν ως την επιφάνεια, για να αναπνέουν το οξυγόνο του αέρα. Επίσης, τα ζώα που φυσιολογικά ζουν σε κακώς οξυγονωμένο νερό, όπως στην ιλύ του πυθμένα μιας μικρής λίμνης, μπορεί να έχουν μια ειδική κόκκινη ουσία στο αίμα του (αιμογλοβίνη), που ενώνεται με το οξυγόνο του νερού.

Στο φως του ηλίου τα υδρόβια φυτά αποβάλουν σημαντικές ποσότητες οξυγόνου και αυτό βοηθά στην αύξηση της ποσότητας που υπάρχει στις λίμνες κατά διάρκεια της ημέρας. Η ευαισθησία των ψαριών στις χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου διαφέρει ανάμεσα στα είδη, στα διάφορα στάδια της ζωής (αυγά, προνύμφες και ενήλικα), όπως και ανάμεσα στις διάφορες δραστηριότητες της ζωής (διατροφή, αύξηση και αναπαραγωγή που με τη σειρά της μπορεί να εξαρτάται από την ικανότητα κολύμβησης, την εξειδικευμένη συμπεριφορά που μπορεί επίσης να επηρεάζεται από το διαλυμένο οξυγόνο). Όσο θερμότερο είναι το νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η κατανάλωση του οξυγόνου. Τα ψάρια σε υψηλότερες θερμοκρασίες καταναλώνουν ενέργεια, τρέφονται καλύτερα και καταναλώνουν περισσότερο οξυγόνο. Επίσης, τα ψάρια σε μικρή ηλικία χρειάζονται περισσότερο οξυγόνο απ’ ότι τα ενήλικα.

**9. Η ζωή στα ηπειρωτικά νερά**

**9.1 Γενικά**

Το νερό είναι περιβάλλον πολύ πιο κατάλληλο από τον αέρα, για να ζήσουν ορισμένες μορφές ζωής. Ασκεί άνωση στο σώμα του ζώου, έτσι ώστε να μην είναι αναγκασμένο να σηκώνει όλο το βάρος του. Τα ζώα με μαλακό σώμα (όπως η ύδρα) θα ήταν ανίκανα να ξαπλωθούν στον αέρα, ενώ αυτό γίνεται εύκολα μέσα στο νερό. Πολλά κάνουν χρήση του επιφανειακού στρώματος των νερών για να σηκώσουν όλο το βάρος τους. Για παράδειγμα, μερικά έντομα με πολύ μακριά πόδια γλυστρούν κατά μήκος της επιφάνειας, ενώ άλλα, όπως οι προνύμφες κουνουπιών, κρέμονται ή γλυστρούν ανάποδα μέσα στο νερό, προκολλημένα στην επιφάνεια που τα υποβαστάζει.

Τα ζώα της ξηράς είναι αναγκασμένα να διατηρούν αυτό το νερό, εκτός αν ζουν κάτω από καλές συνθήκες υγρασίας. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια του δέρματος που είναι σε μεγάλο βαθμό αδιάβροχο. Τα υδρόβια ζώα δεν χρειάζονται τέτοια προστασία, γι’ αυτό πολλά από αυτά ξηραίνονται όταν βρεθούν έξω από το νερό. Όταν οι μικρές λίμνες ή τα έλη ξηραίνονται κατά τη διάρκεια της θερμής εποχής, τα ζώα είτε αποσύρονται μέσα στη λάσπη όπου πολλά πέφτουν σε νάρκη, είτε γεννούν αυγά που αντέχουν στην ξηρασία. Τα αυγά και τα ζώα σε κατάσταση νάρκης μπορεί να μεταφερθούν με τον άνεμο ή με τα πόδια των πουλιών σε κοντινές ή μακρινές λίμνες. Όταν επικρατήσουν και πάλι ευνοϊκές συνθήκες, η λίμνη ή το έλος θα ξαναγεμίσει με αυτά που είχαν παραμείνει στη φάση αντίστασης και αναπτύχθηκαν.

Οι οργανισμοί που ζουν στα ηπειρωτικά νερά ανήκουν σε πολλές και διαφορετικές ομάδες του ζωικού και φυτικού βασιλείου. Σπάνια όλα τα είδη μιας ομάδας ζουν μόνο στα γλυκά νερά ή μόνο στη θάλασσα. Συνήθως, ένα μέρος ζει στα ηπειρωτικά νερά και τα υπόλοιπα στη θάλασσα ή στην ξηρά. Υπάρχει όμως και η περίπτωση αυτών που περνούν μόνο ένα μέρος της ζωής τους στα γλυκά νερά, όπως για παράδειγμα τα υδρόβια έντομα.

**9.2 Υφάλμυρα νερά**

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των υφάλμυρων νερών είναι ότι παρουσιάζουν χλωρίδα και πανίδα προσαρμοσμένες σε συγκεκριμένη αλατότητα και μερικές φορές και στις διακυμάνσεις της. Κάθε υφάλμυρο οικοσύστημα έχει πληθυσμούς, οι οποίοι λίγο-πολύ κυμαίνονται και ορισμένα είδη τους προέρχονται από ηπειρωτικά νερά, αλλά από τη θάλασσα, το μεγαλύτερο μέρος τους είναι ευρύαλα (μπορεί να επιβιώσει σε ευρύ φάσμα αλατότητας), αλλά μερικά απαντούν αυστηρά σε νερά με περιορισμένη αλατότητα. Οι οργανισμοί που ζουν στα υφάλμυρα νερά έχουν λιγότερους ανταγωνιστές, αφού οι περισσότεροι δεν μπορούν να ζήσουν σε αυτό το περιβάλλον.

**9.3 Πηγές**

Οι κυριότεροι οικολογικοί παράγοντες που επιδρούν στους οργανισμούς που ζουν στις πηγές και τα φρεάτια είναι το βάθος, η ποσότητα του νερού, η θερμοκρασία και ο φωτισμός. Σε νερά βαθιά, ψυχρά και σκοτεινά, ο αριθμός των ειδών είναι μικρός. Δεν υπάρχουν ούτε τροχόζωα ούτε κλαδοκερωτά. Σε νερά λίγο βαθιά, φωτεινά, η βιοκοινωνία μοιάζει με αυτή των επιφανειακών νερών. Μπορεί επίσης, να υπάρχουν στενές σχέσεις μεταξύ των πληθυσμών των επιφανειακών νερών και αυτών των βαθιών πηγών, όταν τα περιβάλλοντα είναι κοντά το ένα στο άλλο. Τα κυριότερα είδη κωπηπόδων που απαντούν σ’ αυτό το περιβάλλον ποικίλλουν πολύ ανάλογα με την περιοχή.

**9.4 Χείμαρροι**

Από υδροβιολογική άποψη οι χείμαρροι παρουσιάζουν αναμφισβήτητο ενδιαφέρον. Επιτρέπουν τη μελέτη της συμπεριφοράς των οργανισμών που βρίσκονται σε ποικίλα ρεύματα τα οποία όμως γενικά είναι πολύ ορμητικά. Η ποικιλότητα στη ροή και στην ορμή των ρευμάτων έχουν ως αποτέλεσμα τη μετοίκηση της πανίδας, ενώ η πάντα χαμηλή θερμοκρασία των νερών επιφέρει μια διαλογή των οργανισμών. Μόνο τα στενόθερμα των ψυχρών νερών μπορούν να αντέξουν συνήθως σ’ αυτό το περιβάλλον. Η χλωρίδα είναι περιορισμένη στις βενθικές μορφές, αποτελώντας μια κοινότητα σπάνια πυκνή στα υγρά χαλίκια και τους βράχους. Η πανίδα που συνίσταται κυρίως από προνύμφες εντόμων, σκωλήκων και μαλακίων είναι συνήθως προσαρμοσμένη σε αυτήν την τόσο ιδιόμορφη ζωή.

Οι χείμαρροι που φτάνουν στις λίμνες οφείλουν μερικές φορές σ’ αυτές ένα μέρος της πανίδας τους. Είναι πολλά τα ψάρια που ανεβαίνουν τους χειμάρρους και όχι μόνο για αναπαραγωγή. Για παράδειγμα, η Γελάρτζα που ζει στη λίμνη Βόλβη ανεβαίνει στο ρέμα της Παζαρούδας για αναπαραγωγή. Στους χειμάρρους με μεταβλητή ροή που ξηραίνονται τη θερμή εποχή παρατηρείται περιοδικός αποικισμός ασπονδύλων. Συμβαίνει όμως και το αντίθετο φαινόμενο, δηλαδή ένα μέρος της πανίδας των λιμνών οφείλεται στην εποχική συνεισφορά των χειμάρρων. Παρ’ όλα αυτά, πολλά από αυτά τα ζώα είναι μορφολογικά προσαρμοσμένα στο περιβάλλον του χειμάρρου. Μερικές προνύμφες εντόμων κατασκευάζουν παγίδες για την ευκολότερη σύλληψη της τροφής τους, ενώ άλλες προστατεύονται μέσα σε περιβλήματα.

Η φυσική δομή των χειμάρρων προσφέρει αφθονία εξειδικευμένων βιοτόπων. Για παράδειγμα, υπάρχει ένα γρήγορο ρεύμα στην πρόσοψη του βράχου ή του ογκόλιθου, το οποίο είναι αντίθετο με το ρεύμα του χειμάρρου, ενώ σχηματίζεται δίνη στο πίσω μέρος που είναι στην κατεύθυνση του χειμάρρου. Επίσης, κάτω από τις μεγάλες πέτρες υπάρχει ένα καλά προστατευμένο σκοτεινό μέρος για μικρά ζώα, ενώ η επιφάνειά τους παρουσιάζει ένα καλά φωτισμένο μέρος για προσκολλημένα φύκη. Μεγάλο μέρος της βιολογικής δομής των χειμάρρων εξαρτάται από το χωρικό πρότυπο των αιωρημάτων (**αιώρημα** ουδέτερο ανομοιογενές μίγμα στερεών σωματιδίων εντός υγρού (ή αερίου) που σε κατάσταση μακράς ακινησίας σε υγρά παρουσιάζει ίζημα) και των θρυμμάτων που είναι αποτέλεσμα της επίδρασης των ρευμάτων. Τα αιωρήματα αποτελούνται από ζωντανά βενθικά ασπόνδυλα και φύκη τα οποία έχουν αποκοπεί ή έχουν χάσει τον σύνδεσμό τους με το υπόστρωμα. Παρασυρόμενα από το ρεύμα μπορούν να βρουν ένα άλλο ευνοϊκό μέρος ή πηγή τροφής. Με τον όρο **βένθος** ([αγγλ.](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B3%CE%B3%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B3%CE%BB%CF%8E%CF%83%CF%83%CE%B1): *benthos*, από την αρχαία ελληνική λέξη *βένθος* που σήμαινε το βάθος) χαρακτηρίζεται το σύνολο των έμβιων οργανισμών, που ζουν και αναπτύσσονται στον [βυθό](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%85%CE%B8%CF%8C%CF%82) των [ωκεανών](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CF%8C%CF%82) και των [θαλασσών](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1) ή και των [λιμνών](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7). Ψάρια και ασπόνδυλα που τρέφονται από αιωρήματα είναι έτσι κατανεμημένα, ώστε να κάνουν άριστη χρήση της διαθέσιμης τροφής. Τα θρύμματα τα οποία είναι εξίσου σημαντικά στα ιζήματα των λιμνών και των εκβολών, αποτελούνται από νεκρά οργανικά τμήματα καλυμμένα με βακτήρια και μήκυτες, μικρά πρωτόζωα και τροχόζωα. Αυτά τα βιολογικά συστατικά προσφέρουν μια επιπλέον δομή στα οικοσυστήματα των χειμάρρων ένεκα της κατανομής τους σε σχέση με την ταχύτητα ροής, το υπόστρωμα και τη διαθέσιμη τροφή.

Τα τρεχούμενα νερά των χειμάρρων και των ποταμών είναι πολύ πιο στενά συνδεδεμένα με τις λεκάνες απορροής τους, απ’ ότι είναι τα σχετικά στάσιμα νερά των λιμών. Η παραγωγικότητα των χειμάρρων συχνά εξαρτάται από χερσαία χόρτα, και άλλα συντρίμματα. Αυτά τα αλλόχθονα υλικά μπορούν να συνεισφέρουν το μεγαλύτερο ποσοστό της τροφής και ενέργειας σε μικρά, σκιασμένα δασικά ρέματα. Εκεί όπου φτάνει το ηλιακό φως, η αυτόχθονη παραγωγή από προσκολλημένα φύκη, ανώτερα υδρόβια φυτά και βρύα μέσα στα ρεύματα σχηματίζει τη βάση της τροφικής αλυσίδας. Αντίθετα απ’ ότι συμβαίνει στις λίμνες, τα βενθικά ασπόνδυλα, ειδικά οι προνύμφες των εντόμων, αποτελούν τον κύριο όγκο της πανίδας των ασπονδύλων. Στην πραγματικότητα, το πλαγκτό είναι σχεδόν ανύπαρκτο στους χειμάρρους και στα ρυάκια και απαντά μόνο σε βαθιές και αργά κινούμενες περιοχές των ποταμών.

Όλα τα βιοτικά στοιχεία στους χειμάρρους και τα ρυάκια επηρεάζονται από το ρεύμα που κινείται προς μία κατεύθυνση. Τα τρεχούμενα νερά αναφέρονται ως «lotic» περιβάλλον σε αντίθεση με τα στάσιμα νερά ή «lentic» ενδιαίτημα των λάκκων και των λιμνών. Το «lotic» ενδιαίτημα υποδιαιρείται σε δύο ζώνες: τον κρύο και συχνά με πετρώδη βυθό χείμαρρο και το θερμότερο, βαθύτερο και με ιλυώδη βυθό ποταμό. Οι χείμαρροι αποτελούνται από ρηχούς ανακατεμένους σωρούς από μικρές πέτρες, οι οποίοι διαχωρίζονται από βαθύτερους λάκκους, οι οποίοι περιέχουν μερικά οργανικά θρύμματα. Οι ποταμοί είναι μεγαλύτεροι και βαθύτεροι και συνήθως δεν έχουν σωρούς από μικρές πέτρες και λάκκους. Ο τύπος της κίνησης του νερού είναι από μόνος του ο πιο σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας, αφού ελέγχει τη φυσική δομή του πυθμένα του χειμάρρου. Αυτή η δομή με τη σειρά της επηρεάζει την ποσότητα της βενθικής βιομάζας, από τη στιγμή που οι μεγάλες πέτρες προσφέρουν το πιο ελκυστικό ενδιαίτημα για τα φύκη των νερών αυτών και τα ασπόνδυλα. Όσο μεγαλύτερη είναι η εκροή (όγκος/χρόνο) τόσο μεγαλύτερο είναι και το ρεύμα (απόσταση/χρόνο) και επίσης η ποσότητα της αιωρούμενης ύλης, η οποία μεταφέρεται.

Πιο σημαντικές, από βιολογική και φυσικοχημική άποψη, είναι οι πολύ μεγάλες παροχές, γνωστές ως πλημμύρες ή «φουσκώματα». Κατά τη διάρκεια της πλημμύρας τα φαινόμενα της διάβρωσης και της έκπλυσης των όχθεων είναι πολύ πιο έντονα σε σχέση με εκείνα κατά τη διάρκεια της κανονικής παροχής. Οι πιο πολλοί οργανισμοί αποφεύγουν τις πλημμύρες είτε μεταναστεύοντας σε ήρεμα νερά με αργά ρεύματα είτε αποκτώντας κύκλους ζωής με χερσαίες ή εναέριες φάσεις κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων. Όταν οι πλημμύρες συμβαίνουν σε ασυνήθιστες περιόδους, η πανίδα μπορεί να μειωθεί σημαντικά και απαιτεί αρκετά χρόνια για να ανακάμψει. Μερικοί μεγαλύτεροι οργανισμοί, ιδιαίτερα ο σολομός, συχνά επιλέγουν αυτές τις περιόδους της μεγάλης παροχής για να ανέβουν τους ποταμούς, ίσως επειδή υπάρχουν λίγα ρηχά υδάτινα εμπόδια. Οι πλημμύρες των χειμάρρων μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων υλικών, οι οποίες αποτίθενται προσωρινά στον πυθμένα λιμνών, ποταμών ή στις πλημμυρισμένες πεδιάδες. Οι μεγάλες πλημμύρες είναι επιβλαβείς για τους μικρούς οργανισμούς, αλλά μπορούν να ωφελούν τη μετανάστευση των ψαριών. Οι μικρότερες πλημμύρες μπορούν να μετακινούν περίσσεια ιλύος και να δημιουργούν καλύτερα περιβάλλοντα για τα αβγά των ψαριών, για τα βενθικά ασπόνδυλα και για την παραγωγή των φυκών.

Τα «φουσκώματα» και οι πλημμύρες είναι γεγονότα μεγάλης σημασίας για το «λότικ» περιβάλλον (το περιβάλλον των τρεχούμενων νερών). Οι συνηθισμένες ανοιξιάτικες πλημμύρες μπορούν να αποκολλήσουν και να σκοτώσουν μεγάλο αριθμό οργανισμών, ενώ το καλοκαιρινό «φούσκωμα» των νερών μπορεί να απογυμνώσει τους χειμάρρους από τους βενθικούς οργανισμούς. Οι ετήσιες αλλαγές στη θερμοκρασία είναι 10 ως 20 0C, παρόμοιες με αυτές των λιμνών, αλλά μεγαλύτερες απ’ ότι στις λίμνες. Αν και η θερμοκρασία στους μεγάλους ποταμούς δεν αλλάζει τόσο πολύ σε ημερήσια βάση, ένα μικρό μη σκιασμένο ρυάκι μπορεί να θερμανθεί κατά 10 0C μέσα σε λίγες ώρες σε μια ζεστή καλοκαιρινή μέρα και να ψυχθεί κατά το ίδιο ποσοστό τη νύχτα.

**9.5 Ποταμοί**

Τα νερά των ποταμών είναι βαθιά και γενικά αρκετά θολά, έτσι ώστε να αποτρέπεται η ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στον πυθμένα του ποταμού. Αυτό μαζί με το πολύ ταχύ ρεύμα αποτρέπουν την αύξηση των υδρόβιων μακροφύτων. Αυτά γίνονται σπουδαιότερα μόνο στις όχθες, όπου προσφέρουν χώρους για θρέψη των ψαριών και καταφύγιο για μικρότερους οργανισμούς. Η αυτόχθονη πρωτογενής παραγωγή πραγματοποιείται από φυτοπλαγκτό, τυπικά κεντρικά διάτομα και από κυανοπράσινα φύκη σε θερμά κλίματα. Σε αντίθεση με τους χειμάρρους, τα νερά στους ποταμούς μπορούν να φτάσουν σε μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 20 0C. Η σκιά της βλάστησης είναι συνήθως μικρή, εξαιτίας του μεγαλύτερου μεγέθους των ποταμών. Οι βαθιοί ποταμοί γενικά παρουσιάζουν μικρή κλίση στον πυθμένα. Η πίεση στον πυθμένα είναι χαμηλή, γιατί αυτή μειώνεται με την αύξηση της εκροής. Αυτές οι καταστάσεις δημιουργούν ιδυώδη και πλούσια σε συντρίμματα ιζήματα.

Σε ποταμούς, μικρούς και μεγάλους, με μικρή ταχύτητα ρεύματος μπορεί να υπάρξει ένας μεγάλος αριθμός πλαγκτικών οργανισμών. Τον περισσότερο χρόνο το πλαγκτό αυτό προέρχεται από το πέρασμα στα τρεχούμενα νερά των οργανισμών που αναπτύσσονται στα στάσιμα νερά (τυχοπλαγκτό).

Στα μεγάλα ρεύματα και τους αργούς ποταμούς μπορούν να ζήσουν συγκεκριμένοι οργανισμοί. Από τα φύκη ζουν τα διάτομα και τα χλωροφύκη Coenobiales. Τα πρώτα διαφοροποιημένα σε βενθικά ή πλαγκτικά αναπτύσσονται στις ήρεμες ζώνες και παρασύρονται την εποχή των πλημμυρών. Τα άλλα έφτασαν να έχουν μια τόσο γρήγορη αναπαραγωγή, ώστε να θεωρούνται καθαρά ποταμοπλαγκτικά. Πρόκειται για τα Eudorina, Pediastrum, Scenedesmus, Closterium.

Γενικά, σχετικά με το ποταμοπλαγκτό, ο λόγος παραγωγή/βιομάζα ελαττώνεται ομαλά από την πηγή ως τη θάλασσα και είναι τόσο πιο μεγάλος, όσο η ροή μικραίνει.

Στους ποταμούς με γρήγορο ρεύμα και ανώμαλη κλίση στη ζώνη κίνησης του νερού εγκαθίσταται μια βενθική πανίδα πλούσια σε είδη και άτομα που αποτελείται από σκώληκες, μαλάκια και προνύμφες εντόμων. Αντίθετα, στη ζώνη των ήρεμων νερών η παραλιακή βλάστηση, το πλαγκτό και οι πραγματικές βενθικές μορφές έχουν την τάση να αντικαθιστούν αυτές των τρεχούμενων νερών. Βλέπουμε, λοιπόν, όλη την πολυπλοκότητα που μπορεί να έχει μια ποτάμια βιοκοινωνία ανάλογα με τον χρόνο, τον τόπο και την αλληλεξάρτησή της από τη μια με τα στάσιμα νερά και από την άλλη με την ταχύτητα των τρεχούμενων νερών. Βρίσκεται κάτω από την επίδραση διαφόρων παραγόντων ως προς τη φύση και τη σημασία σε όλο το μήκος του ρεύματος. Παράγοντες γεωγραφικοί και γεωλογικοί συνδεδεμένοι με το υπόστρωμα και τα νερά (ροή, χημική σύσταση), καθώς και βιολογικοί που καθορίζουν με ακρίβεια τις κοινότητες.

Οι συνήθειες ωοτοκίας των ζώων του γλυκού νερού είναι διαφορετικές και εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του νερού. Τα αυγά που πρέπει να εκκολαφθούν στα τρεχούμενα νερά δεν πρέπει να παρασυρθούν με το ρεύμα και να μεταφερθούν στη θάλασσα. Για να αποφευχθεί αυτό τοποθετούνται στο υγρό έδαφος, πηκτές μάζες ή σε κουκούλια προσκολλημένα σε φυτά ή πέτρες ή μεταφέρονται από τους γονείς τους. Τα νεαρά βγαίνουν από τα αυγά σε ένα στάδιο ανάπτυξης τέτοιο, ώστε να είναι ικανά να μην παρασύρονται από το ρεύμα ή συνεχίζουν να μεταφέρονται από τους γονείς τους μέχρις ότου φτάσουν σε ένα τέτοιο στάδιο. Σε μικρές λίμνες, εκτός από τα συνηθισμένα αυγά, είναι δυνατόν να γεννιούνται ειδικά ανθεκτικά, όπως για παράδειγμα από τα καρκινοειδή, ώστε να επιζήσουν κατά τη διάρκεια δυσμενών συνθηκών.

Ασπόνδυλα και ψάρια είναι γενικά πιο άφθονα σε σκληρά νερά παρά σε μαλακά. Αυτό συμβαίνει γιατί τα σκληρά νερά είναι συχνά πλούσια σε θρεπτικά, όπως ασβέστιο, μαγνήσιο, ανθρακικά, θειικά και άλλα ιόντα που δίνουν τον χαρακτήρα «σκληρό».

Υπάρχουν μερικά βενθικά ασπόνδυλα που εξαρτώνται ειδικά από ένα μόνο στοιχείο. Μαλάκια και μερικά καρκινοειδή, για παράδειγμα, απαιτούν ασβέστιο για τα όστρακά τους. Παρά την ανάγκη αυτή, το χαμηλό επίπεδο ασβεστίου, στα ρεύματα με μαλακό νερό, δεν φαίνεται να περιορίζει αυτούς τους οργανισμούς, αφού η αύξησή τους και άρα και η ετήσια απαίτησή τους για ασβέστιο είναι χαμηλή. Σε μαλακά και όξινα νερά, όπως αυτά σε ορεινές λίμνες με γρανιτικές λεκάνες, το μειωμένο πάχος του οστράκου μπορεί να είναι αποτέλεσμα των χαμηλών συγκεντρώσεων ασβεστίου.

**Κεφάλαιο 10ο: Πλαγκτό**

10.1 Γενικά

Στα φυσικά νερά διακρίνουμε βασικά δύο επικράτειες: την πελαγική και τη βενθική. Η πελαγική επικράτεια περιλαμβάνει δύο μεγάλες ενότητες οργανισμών, ανάλογα με τον βαθμό ελευθερίας τους σε σχέση με τις μετατοπίσεις μαζών νερού, το πλαγκτό και νηκτό. Η βενθική επικράτεια περιλαμβάνει το βένθος, δηλαδή όλους τους οργανισμούς που ζουν στον βυθό τόσο στην επιφάνεια του υποστρώματος όσο και μέσα στο υπόστρωμα.

Το πλαγκτό αποτελείται από μικρούς οργανισμούς ζωικούς (ζωοπλαγκτό) και φυτικούς (φυτοπλαγκτό) που δεν έχουν ή έχουν πολύ μικρή δυνατότητα μετακίνησης. Έτσι, είναι λίγο-πολύ εκτεθειμένοι στις μετακινήσεις από τη δράση των κυμάτων. Ορισμένα πλαγκτικά φύκη μετακινούνται, επειδή έχουν αναπτύξει ποικίλους μηχανισμούς που αυξάνουν την πλευστότητά τους. Πάντως, τα περισσότερα επιπλέουν ελεύθερα ή είναι λίγο πυκνότερα από το νερό και βυθίζονται. Η λέξη πλαγκτό είναι ελληνική και σημαίνει περιπλανώμενος. Η ενότητα του πλαγκτού διακρίνεται τα τελευταία χρόνια σε δύο ευδιάκριτες υποενότητες, το νευστό και το πλευστό. Με τον γενικό όρο νευστό χαρακτηρίζονται οι εξειδικευμένοι οργανισμοί που ζουν στην μεσεπιφάνεια νερού-ατμόσφαιρας. Διακρίνονται σε επινευστό και υπονευστό. Το επινευστό περιλαμβάνει οργανισμούς που είναι πάνω στην επιφάνεια. Στο τροπικό επινευστό συναντάμε τα έντομα Halobates (περιπατητές της θάλασσας) που είναι συγγενικά είδη του γλυκού νερού που βλέπουμε πάνω στις λίμνες και τους ποταμούς. Είναι τόσο ελαφρά που μπορούν να χρησιμοποιούν την επιφάνεια του νερού σαν πίστα, όπου μετακινούνται με εντυπωσιακή ταχύτητα. Δεν είναι ζώα αυστηρά υδρόβια, αφού ζουν πάνω στην επιφάνεια και αποθέτουν τα αυγά τους πάνω σε αντικείμενα που επιπλέουν. Αν βυθιστούν δεν μπορούν να επιβιώσουν.

Το υπονευστό κατοικεί τα πρώτα εκατοστά του νερού. Το στρώμα αυτό έχει αναμφίβολα ιδιαίτερα φυσικοχημικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά, όπως: φαινόμενα επιφανειακής τάσης, δράση υπεριώδους ακτινοβολίας, υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων, άφθονη οργανική ύλη κ.τλ. Η πανίδα εδώ αποτελείται, ανάμεσα στα άλλα, και από πολυάριθμα κωπήποδα, προνυμφικά στάδια ασπονδύλων, αυγά και προνύμφες ορισμένων ψαριών κ.ά. Ορισμένα είδη είναι μόνιμα υπονευστονικά, ενώ άλλα μόνο κατά το προνυμφικό στάδιο ή ακόμη τη νύχτα.

Η ανάπτυξη του νευστού και ιδιαίτερα του επινευστού είναι εμφανής σε μικρής έκτασης νερά, ήρεμα, στην παραλιακή ζώνη ή στα άκρα κατά μήκος των ρευμάτων με νερά που λιμνάζουν.

Το πλευστό περιλαμβάνει μερικά ασπόνδυλα, των οποίων ένα τμήμα του σώματός τους ξεπερνά την επιφάνεια του νερού, γεγονός που τα κάνει ώστε οι μετακινήσεις τους, αυστηρά παθητικές, να είναι το αποτέλεσμα της προέλευσης των ρευμάτων και της δράσης των ανέμων. Οι φυτικοί οργανισμοί που επιπλέουν και σχηματίζουν το πλευστό αποτελούνται από τμήματα φυκών που αποσπάστηκαν και από μικροσκοπικά μονοκύτταρα φύκη, τα οποία ανέρχονται στην επιφάνεια του νερού.

**10.2 Φυτοπλαγκτό**

Ο σημαντικός ρόλος του φυτοπλαγκτού σε μια μάζα νερού προκύπτει από το γεγονός ότι οι φωτοαυτότροφοι οργανισμοί είναι οι παραγωγοί Νο 1 από τους οποίους εξαρτάται η υδρόβια ζωή. Μερικοί κατώτεροι φυτικοί οργανισμοί και μάλιστα φύκη συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του νερού με μορφή πυκνών και ορατών επιστρωμάτων. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό σαν «άνθη του νερού» εξαιτίας της χρώσης των νερών, χαρακτηρίζεται από την άφθον παραγωγή φυκών που κατανέμονται στο νερό ομοιόμορφα. Τα πρώτα «άνθη του νερού» αρχίζουν να εμφανίζονται την άνοιξη με την αύξηση της ηλιοφάνειας, ενώ η φθινοπωρινή αύξηση τερματίζεται, καθώς το φως μειώνεται τον χειμώνα. Στις πολικές περιοχές υπάρχει μόνο μια μικρή περίοδος αύξησης. Ο κύκλος ζωής κάθε είδους εξαρτάται, επίσης, από τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών, τον βαθμό της θερμικής στρωμάτωσης, τις κινήσεις των φυκών, σε σχέση με το νερό, τη θήρευση από το ζωοπλαγκτό, τον ενδοφυτικό ανταγωνισμό και τον παρασιτισμό από πρωτόζωα, μύκητες, βακτήρια ή ιούς. Τα φύκη έχουν αναπτύξει διάφορες στρατηγικές για να ανταπεξέλθουν στην ελαχιστοποίηση των θρεπτικών και στη θήρευση. Αυτές περιλαμβάνουν την παραγωγή ειδικών ενζύμων που κατασκευάζουν θρεπτικά ή αποτρέπουν την πρόσληψή τους σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Η ποσότητα και η σύνθεση του φυτοπλαγκτού είναι ποικίλη και διαφορετική στα νερά διάφορων γεωγραφικών πλατών, τα βάθη των στρωμάτων και την εποχή του έτους. Γενικά, το φυτοπλαγκτό υπόκειται σε εποχικές μεταβολές της σύνθεσής του, παράλληλα με τις φυσικοχημικές μεταβολές των νερών κατά τη διάρκεια του έτους (θερμοκρασία, φως, αλλαγή χημικής σύστασης κ.τ.λ.).

**10.3 Ζωοπλαγκτό**

Το ζωοπλαγκτό περιλαμβάνει ζώα, τα οποία αιωρούνται στο νερό με περιορισμένες δυνατότητες μετακίνησης. Όπως το φυτοπλαγκτό, έτσι και το ζωοπλαγκτό είναι συνήθως πυκνότερο από το νερό και μπορεί να βυθίζεται σε μεγαλύτερα βάθη. Τα πλαγκτικά πρωτόζωα έχουν περιορισμένη ικανότητα μετακίνησης, αλλά τα τροχόζωα, τα κλαδοκερωτά, τα κωπήποδα, ορισμένα ανώριμα άτομα και προνύμφες εντόμων, μετακινούνται αρκετά σε ήρεμα νερά λιμνών. Η διάκριση ανάμεσα στο αιωρούμενο ζωοπλαγκτό που έχει περιορισμένη ικανότητα μετακίνησης και τα ζώα εκείνα που είναι δυνατόν να μετακινούνται ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή μη κυματισμού και ρευμάτων, τα τελευταία αναφέρονται ως νηκτό, είναι ακόμη αμφισβητούμενη. Πάντως, ορισμένα ζωοπλαγκτικά είδη καθώς και τα πρώτα στάδια των ψαριών είναι στην αρχή πλαγκτικά και μετέπειτα (στα επόμενα στάδια ζωής) καθαρά νηκτικά (που έχουν την ικανότητα να κολυμπούν).

Το λιμναίο ζωοπλαγκτό εμφανίζεται παντού. Τα κύρια στοιχεία του είναι τα πρωτόζωα, τροχόζωα και καρκινοειδή, τα οποία περιλαμβάνουν κλαδοκερωτά, κωπήποδα και κυκλωποειδή. Τα περισσότερα είδη του ζωοπλαγκτού έχουν μήκος από 0,5 έως 1 mm, λίγα είναι μικρότερα από 0,1 mm και μεγαλύτερα από 3 mm. Μπορεί να είναι φυτοφάγα ή σαρκοφάγα. Η αφθονία του ζωοπλαγκτού κυμαίνεται από 500 άτομα ανά λίτρο, σε εύτροφες λίμνες και σε λιγότερο από ένα άτομο ανά λίτρο στις περισσότερες ολιγότροφες λίμνες. Η θήρευσή τους μειώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρα και με τη διαφάνεια του σώματος που συνήθως παρουσιάζουν. Μπορεί να έχουν άκανθες που μειώνουν τον βαθμό βύθισης και αυξάνουν την προστασία τους. Η πρωταρχική σημασία του ζωοπλαγκτού στην οικονομία μιας υδάτινης μάζας συνάγεται από το γεγονός ότι η πλειονότητα των ζωοπλαγκτικών οργανισμών μετατρέπουν τη φυτική ύλη του φυτοπλαγκτού σε ζωικές πρωτεΐνες. Είναι τα βασικά φυτοφάγα και συνεπώς παραγωγοί κλειδιά. Τα φυτοφάγα μπορούν να φαγωθούν είτε από μεγαλύτερα ζώα του πλαγκτού είτε από ευκίνητους κολυμβητές του νηκτού. Μ’ αυτόν τον τρόπο η πολυπλοκότητα του ζωοπλαγκτού δημιουργεί τη σύνδεση ανάμεσα στους μικροσκοπικούς βοσκότοπους και τους μεγαλύτερους κατοίκους των νερών.

Ανάμεσα στους μετατροπείς της φυτικής ύλης σε ζωικές πρωτεΐνες, πρέπει να επισημάνουμε τον πρωταγωνιστικό ρόλο των κωπηπόδων. Αυτά τα ζώα έχουν τόσο μεγάλη αποτελεσματικότητα στη μετατροπή του φυτοπλαγκτού (ενέργεια που ο άνθρωπος δεν έχει κατορθώσει ακόμα να πραγματοποιεί με οικονομικό τρόπο), ώστε θα μπορούσαν να γίνουν μια σημαντική πηγή τροφής για τον άνθρωπο, τον ίδιο όσο για τα υδρόβια ζώα. Επιπλέον, η μεγάλη σημασία τους προκύπτει και από τον υπερβολικά μεγάλο αριθμό τους.

**Κεφάλαιο 11ο Νηκτό**

**11.1 Γενικά**

Το νηκτό περιλαμβάνει κυρίως, τις ανώτερες βαθμίδες της τροφικής πυραμίδας της πελαγικής επικράτειας, όπως είναι τα ψάρια, τα καρκινοειδή και τα αμφίβια. Τα αμφίβια, όπως ακριβώς ορίζει η ονομασία τους, αν και δεν είναι πραγματικά υδρόβια, παίζουν συχνά, έναν σπουδαίο ρόλο στα εσωτερικά νερά.

**Νηκτικός** σημαίνει αυτός που έχει την ικανότητα να κολυμπά.

Ενώ οι πλαγκτικοί οργανισμοί, εξαιτίας της παθητικότητάς τους, είναι στενά συνδεδεμένοι με τις μετακινήσεις μαζών νερού, αντίθετα, τα νηκτικά είδη μπορούν να μετακινηθούν μέσα στο νερό ανεξάρτητα από τα ρεύματα. Μπορούν επίσης, εξαιτίας των αναπτυγμένων κολυμβητικών ικανοτήτων τους, να περάσουν από μια μάζα νερού σε μια άλλη, αρκεί να ταιριάζει η φυσιολογία τους σ’ αυτή την αλλαγή των υδρολογικών συνθηκών. Τέτοιες μεταναστεύσεις γίνονται για εξασφάλιση άφθονης τροφής, κατάλληλων συνθηκών αναπαραγωγής και για διαχείμαση.

Τα ζώα που αποτελούν το νηκτό μπορούν να χωριστούν σε δύο υποομάδες: το αληθινό νηκτό και το νηκτοβένθος. Η πρώτη περιλαμβάνει είδη που ζουν διαρκώς στην πελαγική ζώνη και η δεύτερη που κολυμπούν κοντά στο βυθό, δίχως να είναι πραγματικά συνδεδεμένα με αυτόν, αλλά ζουν και πιο πάνω (επιβενθικά). Πραγματικά βενθικά είναι για παράδειγμα διάφορα μαλάκια, σκώληκες κ.ά., ενώ νηκτοβενθικά, διάφορα είδη ψαριών. Πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όμως, ότι ορισμένα είδη, ιδιαίτερα, ανάμεσα στα ψάρια και στα καρκινοειδή, μπορούν να είναι νηκτοβενθικά την ημέρα και νηκτικά τη νύχτα.

**11.2 Ψάρια**

Τα περισσότερα ψάρια ζουν και τρέφονται σε μια περιοχή, μερικά όμως μεταναστεύουν σε μεγάλες αποστάσεις. Ανάδρομα (**ανάδρομος:** που κινείται προς τα πίσω ή προς τα επάνω. **1.** (ζωολ.) *ανάδρομοι ιχθύες,* που ανεβαίνουν από τη θάλασσα στα ποτάμια για αναπαραγωγή) ψάρια, όπως ο σολομός, αποθέτουν τα αυγά τους στους ποταμούς, αλλά ωριμάζουν στον ωκεανό ή στη θάλασσα. Αντίθετα, τα κατάδρομα ψάρια ωριμάζουν στα γλυκά νερά, επιστρέφουν όμως στη θάλασσα για να αναπαραχθούν. Οι πιο πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες σε λίμνες, ποταμούς και εκβολές ελάττωσαν τους αυτόχθονους ιχθυοπληθυσμούς. Οι συνέπειες αυτές συχνά επιδεινώνονται με εισαγωγές αλλόχθονων ψαριών, τα οποία εκτιμούν οι ψαράδες ή είναι εμπορικά επιθυμητά. Ο κυπρίνος εισήχθηκε στα περισσότερα νερά της Β. Αμερικής και διάφορα ψάρια μετακινήθηκαν μακρύτερα από την κανονική τους διασπορά. Ένα λυπηρό παράδειγμα πολιτιστικής επίδρασης είναι η λιμναία πέστροφα και το ασπρόψαρο, όπου δύο ποιοτικά εξαιρετικά σαλμονοειδή αποδεκατίστηκαν από την υπεραλίευση, καθώς και από τη θήρευση της λάμπρενας η οποία εισέβαλε στη λίμνη. Εισαγωγές αλόζας και οσμηρού ελάττωσαν τα αποθέματα άλλων σαλμονοειδών, ενώ το στουριόνι υπεραλιεύτηκε και ο τόπος της αναπαραγωγής του καταστράφηκε. Σε υδατοσυλλογές, η προσεκτική διαχείριση μπορεί να διατηρήσει ή ακόμη να αυξήσει την αλιευτική παραγωγή έναντι αυτής του αρχικού ποτάμιου συστήματος, αλλά αυτό συνήθως, εμπεριέχει σημαντική αλλαγή της σύνθεσης των αυτόχθονων ειδών.

Σε κάθε βιομάζα νερού, η ολική βιομάζα των ψαριών μπορεί να είναι περίπου η ίδια από χρόνο σε χρόνο, αλλά υπάρχει συνήθως, αξιοσημείωτη διακύμανση στο μέγεθος των διάφορων ηλικιακών κλάσεων. Η επιτυχία ή η αποτυχία κάποιας ηλικιακής κλάσης εξαρτάται από αρκετούς περιβαλλοντικούς παράγοντες. Για τα ψάρια των ψυχρών νερών, όπως η πέστροφα, οι θερμοκρασίες του καλοκαιριού είναι οι πιο σημαντικές, αλλά και ο δια- και ο ενδοειδικός ανταγωνισμός για τροφή, η θήρευση και ο κανιβαλισμός είναι επίσης σημαντικά. Σε ποταμούς και σε λίμνες, οι πλημμύρες και οι ξηρασίες μπορούν να αλλάξουν τη διαθεσιμότητα των τοποθεσιών για αναπαραγωγή και διατροφή.

**Κεφάλαιο 12ο: Βένθος**

**12.1 Γενικά**

Ο όρος βένθος προέρχεται από την ελληνική λέξη βυθός. Οι οργανισμοί που σχετίζονται με το βυθό της λίμνης ονομάζονται βενθικοί και αναφέρονται συνολικά ως βένθος. Αυτός ο όρος συμπεριλαμβάνει όλες τις μορφές που βρίσκονται μέσα ή πάνω σε βυθισμένα υποστρώματα άσχετα, αν βρίσκονται στην παραλιακή, υποπαραλιακή ή στη βαθύαλη ζώνη. Οι οργανισμοί που ζουν και κινούνται στον πυθμένα, όπως είναι οι καραβίδες και οι προνύμφες, ονομάζονται επιβενθικοί, ενώ αυτοί κάτω από την επιφάνεια της λάσπης, όπως υδρόβιοι σκώληκες και προνύμφες εντόμων είναι γνωστοί ως ενδοπανίδα.

Σε λίμνες με αμμώδεις ή χαλικώδεις παραλίες υπάρχει ένα ακόμη στοιχείο της πανίδας που δεν είναι ορατό. Αυτό είναι το *ψάμμον* που κατέχει έναν μοναδικό βιότοπο ανάμεσα στους κόκκους της άμμου. Το ρεύμα του νερού σε αυτή την ψαμμοπαραλιακή ζώνη δημιουργείται από τον κυματισμό και την τριχοειδή δράση που έλκει το νερό ανάμεσα στα σωματίδια της άμμου. Μικροοργανισμοί, όπως βακτήρια, φύκη, τροχόζωα και κωπήποδα κατοικούν αυτή τη ζώνη. Ενώ κινούνται μέσα από αυτό το φίλτρο της άμμου και των χαλικιών, εξαρτώνται από το τι θα φέρει το κύμα για τροφή και τι μπορεί να παράγουν τα φύκη που υπάρχουν εκεί, από το περιορισμένο φως που διαπερνά το νερό. Τα κύματα παράγουν έναν αφρό πλούσιο σε οργανικά υλικά, κατά μήκος της περιοχής των ακτών, που μπορεί να αποτελέσει τροφή για τους οργανισμούς της ψαμμοπαραλιακής ζώνης.

Το βένθος διακρίνεται σε δύο μεγάλες ενότητες, το φυτοβένθος και το ζωοβένθος. Στην πραγματικότητα, αυτή η πολύ γενική ταξινόμηση αφορά κυρίως, στο μακροβένθος, δηλαδή όλους τους οργανισμούς των οποίων το μέγεθος ξεπερνά τα 2 mm (αυτό το συμβατικό όριο μερικές φορές ορίζεται σε 1 mm). Το μειοβένθος περιλαμβάνει τους οργανισμούς που έχουν μέγεθος 0,1-1,0 ή 2,0 mm. Υπάρχει ακόμη και το μικροβένθος που περιλαμβάνει από τη μια μονοκύτταρους οργανισμούς (βακτήρια, μύκητες, μονοκύτταρα φύκη, πρωτόζωα) και από την άλλη τους πολυκύτταρους (πολύ μικρά μετάζωα και προνύμφες μεταζώων του μακροζωοβένθους). Οι οργανισμοί του μικροβένθους είναι μεγέθους ίσου ή κατώτερου του 1 mm.

**12.2 Φυτοβένθος**

Το μέγεθος της παραλιακής ζώνης των λιμνών ποικίλλει πολύ σε σχέση με το μέγεθος της πελαγικής ζώνης. Καθώς οι περισσότερες λίμνες του κόσμου είναι ρηχές και μικρές σε έκταση, η υδρόβια και παραλιακή χλωρίδα και τα επίφυτα είναι συνήθως η επικρατέστερη πηγή σύνθεσης οργανικής ύλης για το νερό. Τέσσερις ομάδες υδρόβιων μακροφύτων μπορούν να διακριθούν με βάση τη μορφολογία τους και τη φυσιολογία τους. Η κάθε ομάδα επικρατεί σε μια ευρεία περιοχή της παραλιακής ζώνης:

1. Αναδυόμενα μακρόφυτα, τα οποία φυτρώνουν σε εδάφη καλυμμένα με νερό, από το σημείο στο οποίο το επίπεδο του νερού βρίσκεται περίπου 0,5 m. κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (υπερπαραλιακή ζώνη) μέχρι το σημείο, όπου το ίζημα καλύπτεται με 1,5 m. νερό (ανώτερη υποπαραλιακή ζώνη).
2. Μακρόφυτα με φύλλωμα που επιπλέει, τα οποία είναι ριζωμένα σε υπολίμνια ιζήματα στην μεσοπαραλιακή ζώνη (βάθη από 0,5 ως 3 m), τα οποία διαθέτουν είτε επιπλεόμενο είτε εναέριο φύλλωμα.
3. Βυθισμένα μακρόφυτα, τα οποία απαντούν σε όλα τα βάθη εντός της εύφωτης ζώνης. Αγγειόσπερμα απαντούν μόνο μέχρι τα 10 m βάθος (1 ατμόσφαιρα υδροστατική πίεση) εντός της χαμηλότερης παραλιακής (υποπαραλιακής) ζώνης και άλλα μακρόφυτα (π.χ. μακροφύκη) μέχρι το κατώτερο όριο της εύφωτης ζώνης (βαθυπαραλιακής).
4. Ελεύθερα επιπλεόμενα μακρόφυτα, τα οποία δεν είναι ριζωμένα στο υπόστρωμα. Επιπλέουν ελεύθερα στην επιφάνεια ή εντός της στήλης του νερού και περιορίζονται συνήθως, σε μη ταραγμένα νερά προστατευόμενων περιοχών.

Τα αναδυόμενα μακρόφυτα παράγουν ανορθωμένα και ίσια φύλλα από ένα εκτεταμένο ρίζωμα και είναι φυσιολογικά παρόμοια με τα χερσαία φυτά. Οι ριζικοί ιστοί αναπτύσσονται σε ένα αναερόβιο υπόστρωμα και πρέπει να λαμβάνουν οξυγόνο για την αναπνοή τους από εναέρια τμήματα. Ο ρυθμός διαπνοής των αναδυόμενων και επιπλεόμενων μακροφύτων είναι συνήθως πολύ μεγάλος, με αποτέλεσμα οι απώλειες νερού στην ατμόσφαιρα να είναι υψηλότερες από αυτές που προκαλούνται εξαιτίας της εξάτμισης μιας ίδιας έκτασης νερού. Οι απώλειες αυτές μπορεί να είναι τόσο υψηλές που να προκαλέσουν πτώση της στάθμης των νερών ακόμη και στις γύρω χερσαίες περιοχές.

Η διαπνοή είναι φυσιολογική διεργασία των φυτών. Αποτελεί τμήμα του κύκλου του νερού και συνίσταται στην αποβολή νερού υπό μορφή υδρατμών από τμήματα των φυτών. Η διαπνοή λαμβάνει χώρα κυρίως στα φύλλα, αλλά μπορεί να συμβαίνει, επίσης, τόσο στους πράσινους βλαστούς όσο και στα άνθη. Η επιφάνεια των φύλλων, όταν παρατηρηθεί με μεγεθυντικό φακό ή μικροσκόπιο εμφανίζει μικρά ανοίγματα, υπό μορφή πόρων, τα οποία ονομάζονται στόματα, τα οποία είναι περισσότερα στην κάτω επιφάνεια των φύλλων.

Η διαθεσιμότητα του φωτός είναι ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη και τον ανταγωνισμό μεταξύ των υδρόβιων μακροφύτων.

Τα βυθισμένα αγγειόσπερμα έχουν πολλαπλές μορφολογικές και φυσιολογικές προσαρμογές για τη διαβίωσή τους κάτω από το νερό. Τα φύλλα έχουν πάχος μόνο μερικών κυττάρων και τα χρωματοφόρα είναι συσσωρευμένα στους επιδερμικούς ιστούς. Τα φύλλα τείνουν να είναι πολύ περισσότερο διαιρεμένα, με μεγαλύτερους λόγους επιφάνειας-όγκου, απ’ ότι είναι σε άλλα υδρόβια ή χερσαία φυτά. Η μορφολογία των φύλλων είναι τέτοια που να επιτρέπει τη μέγιστη δυνατή έκθεση των κυτταρικών επιφανειών στα μειωμένα επίπεδα φωτός, αερίων και θρεπτικών κάτω από την επιφάνεια του νερού. Η πρόσληψη άνθρακα είναι πιο δύσκολη στα βυθισμένα μακρόφυτα, παρά στα αναδυόμενα και στα επιπλεόμενα, τα οποία και έχουν απευθείας πρόσβαση στο ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα, κυρίως, εξαιτίας του γεγονότος ότι η διάχυση αερίων είναι κατά πολλές τάξεις μεγέθους αργότερη στο νερό απ’ ότι στον αέρα. Η εφυμενίδα των βυθισμένων αγγειόσπερμων είναι υποτυπώδης ή απουσιάζει, οι φωτοσυνθετικοί ιστοί είναι αδύνατοι (1 μέχρι 3 κύτταρα πάχος) και οι χλωροπλάστες είναι πυκνά διατεταγμένοι στα εξωτερικά επιδερμικά κύτταρα. Όλες αυτές οι μορφολογικές διαφοροποιήσεις ευνοούν την ανταλλαγή των αερίων και των θρεπτικών που βρίσκονται διαλυμένα μέσα στο νερό.

Τα περισσότερα βυθισμένα ριζωμένα μακρόφυτα λαμβάνουν την πλειονότητα των θρεπτικών τους από το νερό που υπάρχει μέσα στο διάκενο του ιζήματος, όπου τα επίπεδά τους είναι κατά πολύ ανώτερα απ’ ότι στη στήλη του νερού. Κάποια θρεπτικά απελευθερώνονται στο περιβάλλον νερό από τα βυθισμένα μακρόφυτα κατά την αύξησή τους. Μεγάλα ποσοστά απελευθερώνονται κατά τη γήρανση και στο θάνατο.

Η διαθεσιμότητα του φωτός είναι ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη και τον ανταγωνισμό μεταξύ των υδρόβιων μακροφύτων. Πολλά μακρόφυτα είναι ολοετή, με μεταβαλλόμενο επίπεδο παραγόμενης βιομάζας από έτος σε έτος. Οι ρίζες και τα ριζώματα των βυθισμένων μακροφύτων αποτελούν μικρότερο τμήμα (1-40%) της συνολικής βιομάδας των φυτών απ’ ότι εκείνα με επιπλεόμενο φύλλωμα (30-95%). Τα αναδυόμενα μακρόφυτα περιέχουν ένα πολύ υψηλότερο ποσοστό δομικών ιστών απ’ ότι τα βυθισμένα ή τα με επιπλεόμενο φύλλωμα. Αυτός ο δομικός ιστός είναι βασισμένος σε μια χημική σύνθεση που είναι σχετικά απρόσβλητη από τη γρήγορη μικροβιακή αποσύνθεση.

Η αύξηση των υδρόβιων μακροφύτων είναι γενικά υψηλότερη σε πλούσια οργανικά ιζήματα απ’ ότι σε αμμώδη. Με βάση την έκταση της επιφάνειας, η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα των υδρόβιων μακροφύτων είναι ανάμεσα στις υψηλότερες οποιασδήποτε βιοκοινωνίας της βιόσφαιρας. Η παραγωγικότητα των αναδυόμενων μακροφύτων είναι η υψηλότερη. Ακολουθεί αυτή των βυθισμένων, η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη, αλλά παρόλ’ αυτά ισόποση ή μεγαλύτερη τις περισσότερες φορές αυτής του φυτοπλαγκτού. Στις εύκρατες περιοχές η παραγωγικότητα συνήθως, ακολουθεί την αυξανόμενη θερμοκρασία και την έκθεση στον ήλιο. Κάποια είδη βυθισμένων μακροφύτων επιζούν κάτω από τον πάγο. Στους τροπικούς η αύξηση μπορεί να είναι σχεδόν συνεχής.

Η παραγωγικότητα του φυτοπλαγκρού είναι σε γενικές γραμμές χαμηλότερη στις παραλιακές περιοχές, οι οποίες έχουν τμήματα με υδρόβια μακρόφυτα. Τα μακρόφυτα είναι συνήθως, η κύρια πηγή της οργανικής ύλης για τα γλυκά νερά. Η σύνθεση οργανικής ύλης από την αναδυόμενη βλάστηση και η αποσύνθεσή της, μέσα και πάνω στα ιζήματα των υγρότοπων, έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή οργανική φόρτιση με διαλυμένη οργανική ύλη και ανόργανα θρεπτικά των λιμνών που δέχονται τα νερά τους. Καθώς το νερό εμπλουτίζεται με θρεπτικά και οι διαλυμένες οργανικές ουσίες περνούν στις λίμνες, η χημική φόρτιση των νερών επηρεάζεται σημαντικά από τη μεταβολική δραστηριότητα των παραλιακών βυθισμένων μακροφύτων και της επιφυτικής τους μικροχλωρίδας.

**12.3 Ζωοβένθος**

Ζωοβένθος είναι τα ζώα που περνούν όλη ή τη μεγαλύτερη διάρκειατης ζωής τους μέσα ή κοντά στο ίζημα του πυθμένα. Υπάρχει μια κοινή και ευρέως διαδεμομένη ομάδα μικρών ζώων που περιλαμβάνει προνύμφες εντόμων, καρκινοειδή και μαλάκια.

Τα βενθινά ζώα μετατρέπουν τα θρύμματα που χρησιμοποιούν για τροφή σε ζωική πρωτεΐνη που καταναλώνεται από μεγαλύτερα σαρκοφάγα, τέτοια όπως τα ψάρια που τρέφονται στον βυθό και ανακυκλώνουν τα θρεπτικά του νερού.

Η κατανομή και η αφθονία στο ζωοβένθος καθορίζεται πρωταρχικά από τη συγκέντρωση οξυγόνου στο περιβάλλον και τον τύπο του ιζήματος του πυθμένα. Η μεγαλύτερη πυκνότητα και ποικιλομορφία των πληθυσμών του ζωοβένθους βρίσκονται στον πυθμένα πάνω από το θερμόκλινο και κατά μήκος της ακτογραμμής, όπου η τύρβη (θόρυβος) του νερού παρέχει οξυγόνο και άφθονη τροφή. Κάτω από το θερμόκλινο τείνουν να είναι λιγότερο άφθονα, επειδή οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Μόνο λίγοι εξειδικευμένοι οργανισμοί υπάρχουν στη βαθύαλη ζώνη των εύτροφων λιμνών, όπου τα επίπεδα του οξυγόνου είναι επίσης χαμηλά.

**ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ:**

**Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

**13.1 Γενικά**

Από πολύ παλιά έχει παρατηρηθεί ότι πολλά είναι τα είδη οργανισμών των υδάτινων ρευμάτων που τρέφονται με θρύμματα. Επίσης, έχει βρεθεί ότι τα ρεύματα των κοιλάδων είναι φτωχά σε θρύμματα και αυτό επειδή δέχονται πολύ λίγο οργανικό υλικό που προέρχεται από τα φυτά αυτών των κοιλάδων. Πολλοί ερευνητές έχουν τονίσει ιδιαίτερα τη μεγάλη σημασία που έχει το αλλόχθονο οργανικό υλικό, σαν παράγοντας που αποτελεί σε μεγάλο μέρος τη βάση του τροφικού πλέγματος. Οι περισσότεροι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την εύκρατη ζώνη και έχουν λάβει υπόψη τους κυρίως, την πτώση των φύλλων το φθινόπωρο. Αλλά και τα άνθη, τα φρούτα και η γύρη μπορεί να είναι το ίδιο σημαντικά με τα νεκρά φύλλα, αφού μάλιστα αποτελούν και καλύτερη μορφή τροφής για τα ζώα. Εκτός από το αλλόχθονο οργανικό υλικό υπάρχει και κάποιο ποσοστό τοπικής φωτοσύνθεσης και συνεπώς και κάποιο ποσοστό αυτόχθονης πρωτογενούς παραγωγής.

Ο τύπος πετρώματος που επικρατεί στη λεκάνη απορροής, επηρεάζει τη βλάστηση και συνεπώς, την ποιότητα του αλλόχθονου υλικού. Τα ρεύματα με μαλακά ή όξινα νερά απαντούν σε πολύ σκληρά ή όξινα πετρώματα, όπως τα μεταμορφωμένα ηφαιστειογενή ή ψαμμιτικά.

Με το ρεύμα παρασύρονται θρύμματα, φύκη και μικρά ασπόνδυλα. Πολλά βενθικά ασπόνδυλα τρέφονται από το φιλτράρισμα του ρεύματος ή από τη βόσκηση φυκών και θρυμμάτων.

Το μεγαλύτερο μέρος της τροφικής αλυσίδας μπορεί να στηρίζεται στην ύπαρξη θρυμμάτων που προέρχονται από τα μακρόφυτα. Τα προσκολλημένα φύκη που αναπτύσσονται πάνω σε πέτρες, κορμούς δένδρων, φύλλα και κλαδιά μεγαλύτερων υδρόβιων φυτών, μπορεί να διαμορφώσουν την κύρια δίαιτα των βενθικών ασπόνδυλων που βόσκουν. Αντίθετα, τα ανώτερα φυτά στους μικρούς ποταμούς σπάνια τρώγονται απευθείας, αν και υπάρχουν εξαιρέσεις, αφού τα μακρόφυτα καταναλώνονται από κυπρίνους.

Σε εύκρατες περιοχές, τα φύλλα που πέφτουν παρέχουν μεγάλη ποσότητα τροφής κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, την άνοιξη και το καλοκαίρι. Τα θρύμματα που ανακυκλώνονται από τον έναν οργανισμό στον άλλο, είναι μια απαραίτητη πηγής τροφής το καλοκαίρι. Όπως έχει ήδη τονιστεί, μόνο μια μικρή ποσότητα των φύλλων που πέφτουν καταναλώνεται απευθείας. Τα φύλλα συνήθως τροποποιούνται στην επιφάνεια από μικροοργανισμούς και κόβονται σε μικρότερα κομμάτια από ασπόνδυλα. Ορισμένα πλεκόπτερα, αμφίποδα και καραβίδες δαγκώνουν ή σκίζουν ολόκληρα φύλλα και καταπίνουν τμήματα αυτών.

Ταυτόχρονα με τα φύλλα και τα άλλα φυτικά θρύμματα υπάρχει, επίσης, και μια σημαντική ζωντανή αλλόχθονη συνεισφορά από το έδαφος. Κάμπιες, μύγες, γαιωσκόληκες, γρύλοι και άλλα έντομα πέφτουν στο νερά από υπερκείμενη βλάστηση ή κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων παρασύρονται από το έδαφος, για να καταναλωθούν από ψάρια και μεγαλύτερα ασπόνδυλα. Στις τροπικές περιοχές, η διαρκής παροχή φρέσκων θρεπτικών συστατικών και φρούτων θεωρείται η κυριότερη αλλόχθονη πηγή τροφής.

**13.2 Δυναμική της τροφικής αλυσίδας**

Η οργανική ύλη που παράγεται από τα υδρόβια φωτοαυτότροφα φυτά μονοκύτταρα ή πολυκύτταρα μπορεί να καταναλωθεί από τα φυτοφάγα ζώα, τα οποία καταναλώνονται από τα σαρκοφάγα τα ονομαζόμενα πρώτης τάξης, τα οποία μπορούν να είναι η τροφή των σαρκοφάγων δεύτερης τάξης, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τροφή από τα σαρκοφάγα τρίτης τάξεως κ.ο.κ. Με άλλα λόγια, κάθε πέρασμα από έναν παραγωγό σε έναν καταναλωτή παρουσιάζει μια μείωση της αποθηκευμένης ενέργειας που αντιπροσωπεύεται από τη ζωντανή ύλη και αυτό γιατί ο καταναλωτής δεν αφομοιώνει παρά μόνο ένα μέρος της τροφής που καταναλώνει, απορρίπτει διάφορα υπολείμματα, ξοδεύει ενέργεια για να εξασφαλίσει την ανάπτυξή του, την αύξηση, την αναπαραγωγή την κίνηση κ.τ.λ.

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών που αποκτιούνται από ένα τροφικό επίπεδο, χάνονται με τη μορφή θερμότητας ή εκκρίσεων και μόνο ένα μικρό ποσοστό συγκρατιέται και χρησιμοποιείται για την αύξηση. Το καθαρό ποσοστό που τελικά μεταφέρεται, ποικίλλει από 2-40%, εξαρτώμενο κατά κύριο λόγο από την ηλικία και τη βιολογική πολυπλοκότητα του οργανισμού. Σαν μια πυραμίδα, στη βάση της οποίας υπάρχει μεγάλη φυτική βιομάζα, στη μέση βρίσκονται οι φυτοφάγοι οργανισμοί, ενώ στην κορυφή υπάρχουν σχετικά λόγοι ανώτεροι σαρκοφάγοι οργανισμοί.

**ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

**ΤΡΟΦΙΣΜΟΣ**

**14.1 Ευτροφισμός**

Ευτροφισμός είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των βιολογικών αποτελεσμάτων μιας αυξανόμενης συγκέντρωσης λιπασμάτων (συνήθως αζωτούχων και φωσφορικών, αλλά μερικές φορές και άλλων, όπως πυριτίου, καλίου, ασβεστίου, σιδήρου ή μαγγανίου) σε υδάτινα οικοσυστήματα. Τα τελευταία 50 χρόνια, ο ευτροφισμός - ο υπερβολικός εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, όπως το άζωτο και ο φώσφορος - έχει καταστεί η κύρια αιτία προβλημάτων ποιότητας των υδάτων. Στα παράκτια ύδατα, τα αυξημένα επίπεδα αζώτου οφείλονται κυρίως στην υπερβολική χρήση νιτρικών αλάτων ως λιπασμάτων στη γεωργία, καθώς και στα απόβλητα ιχθυοκαλλιεργειών και στις βιομηχανικές απορρίψεις. Τα αυξημένα επίπεδα φωσφορικών αλάτων οφείλονται κυρίως, στα οικιακά λύματα, συμπεριλαμβανομένων των λυμάτων και των απορρυπαντικών.

Αδιαμφισβήτητα, οι περισσότεροι έχει τύχει να βρεθούμε σε μία λίμνη η οποία μας δημιούργησε κακή εντύπωση και πιθανώς να μας άφησε άσχημη ανάμνηση λόγω της πρασινάδας που ήταν συσσωρευμένη στην επιφάνειά της και της δυσάρεστης οσμής της. Οι περισσότεροι μάλιστα γνωρίζουμε πως η αιτία για την δυσμενή κατάσταση της λίμνης είναι ένα φαινόμενο που καλείται ευτροφισμός. Κρίνεται σκόπιμο να περιγράψουμε πιο αναλυτικά τον ευτροφισμό, να κατανοήσουμε πλήρως το φαινόμενο και τις διεργασίες του και να σκεφτούμε δράσεις για τον περιορισμό του.

Οι κύριες πηγές νιτρορύπανσης είναι απόρροια ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, οι γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες αποτελούν τις σημαντικότερες αιτίες νιτρορύπανσης. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ενώσεων παρατηρούνται τόσο σε περιοχές με έντονη γεωργική ενασχόληση λόγω της εντατικής χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων, όσο και σε κτηνοτροφικές περιοχές με μεγάλη παραγωγή ζωικών αποβλήτων. Άλλα σημαντικά αίτια είναι η εισροή ακατέργαστων αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων στον υδάτινο αποδέκτη. Το φαινόμενο εντοπίζεται κυρίως σε λίμνες και κλειστούς κόλπους ,όπου η ανακυκλοφορία του νερού είναι περιορισμένη. Η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων αζωτούχων και φωσφορικών ενώσεων με την αρωγή της ηλιακής ακτινοβολίας οδηγεί στην ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης και φυτικών μικροοργανισμών (φυτοπλαγκτόν) στο νερό.

Ο ευτροφισμός επομένως, οδηγεί στον θάνατο ψαριών αφού δεν μπορούν να αναπνεύσουν ή στην μετανάστευσή τους σε πιο υγιή νερά. Τέλος, η έκλυση αέριων ενώσεων που είναι τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς (π.χ. υδρόθειο) συμβάλλει στον θάνατό τους και στη μείωση της βιοποικιλότητας.

Η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του ευτροφισμού κρίνεται αναγκαία αν θέλουμε να διαφυλαχτεί οικολογική ισορροπία στις λίμνες αλλά και στο θαλάσσιο περιβάλλον της χώρας μας. Σημαντικό είναι να περιοριστεί η ποσότητα αζωτούχας λίπανσης που επιτρέπεται να διασπείρεται στο έδαφος, θέτοντας μέγιστα επιτρεπτά όρια αζωτούχας λίπανσης κατά κύρια καλλιέργεια. Ακόμη, ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής των απαραίτητων λιπαντικών μονάδων κατά καλλιέργεια πρέπει να διασαφηνιστεί με ακρίβεια. Αναγκαίος είναι επίσης ο σωστός χειρισμός των γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων καθώς και η βιολογική επεξεργασία των λυμάτων πριν τη τελική απόρριψή τους στο νερό. Συνεχείς εκστρατείες ενημέρωσης από ανθρώπους καταρτισμένους (γεωπόνους, βιολόγους, μηχανικούς, περιβαλλοντολόγους κ.ά.) για την ορθολογική χρήση των λιπασμάτων, την τήρηση των μέγιστων επιτρεπτών ορίων, αλλά και την στροφή σε όλο και πιο φιλικές προς το περιβάλλον καλλιεργητικές πρακτικές.

Συνέπεια του ευτροφισμού είναι η αλλοίωση των φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του νερού. Ο ευτροφισμός επιφέρει σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο επιφανειακό στρώμα του νερού κατά τη διάρκεια της ημέρας, λόγω της έντονης φωτοσύνθεσης. Παράλληλα ο ευτροφισμός προκαλεί μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στα βαθύτερα υδάτινα στρώματα, λόγω αυξημένων αναπνευστικών αναγκών των βακτηρίων που αποικοδομούν τις οργανικές ουσίες και μπορεί να διαμορφώσει ανοξικές συνθήκες προκαλώντας το θάνατο πολλών ψαριών και τη γενικότερη διαταραχή του οικοσυστήματος.Σε εύτροφες λίμνες και κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου (περίοδοι ανάμιξης των νερών) εμφανίζεται το φαινόμενο της "άνθισης του νερού". Η συσσώρευση θρεπτικών αλάτων κατά τη διάρκεια του χειμώνα (εποχή κατά την οποία η αύξηση του φυτοπλαγκτού παρεμποδίζεται λόγω χαμηλών θερμοκρασιών) προκαλεί την ταχεία ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών την άνοιξη (εποχή κατά την οποία η θερμοκρασία είναι ευνοϊκή για την αύξησή τους).Τους καλοκαιρινούς μήνες η θερμική στρωμάτωση της υδάτινης μάζας παρεμποδίζει την ανάμιξη των νερών, με αποτέλεσμα τα θρεπτικά στο επιλίμνιο να εξαντλούνται και το μέγεθος των φυτοπλαγκτονικών πληθυσμών να περιορίζεται.Η φθινοπωρινή ψύξη των νερών προκαλεί ομοιοθερμία και ανάμιξη του νερού, συνθήκες που ευνοούν την επαναφορά των θρεπτικών αλάτων στα επιφανειακά στρώματα και κατά συνέπεια την αύξηση του φυτοπλαγκτού (φθινοπωρινή άνθιση του νερού).

Ο ευτροφισμός όχι μόνο θέτει σε κίνδυνο τη βιολογική ποικιλομορφία των τροφικών στοιχείων των λιμνών, αλλά επηρεάζει επίσης τις ανθρώπινες δραστηριότητες και υπηρεσίες που εξαρτώνται από αυτά τα οικοσυστήματα. Η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τις πηγές πόσιμου νερού, να μειώσει τις ευκαιρίες αναψυχής και να βλάψει την αλιεία, επηρεάζοντας τόσο τις τοπικές οικονομίες όσο και την ευημερία των κοινοτήτων γύρω από τη λίμνη.

Η αντιμετώπιση του ευτροφισμού απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που περιλαμβάνει βιώσιμες πρακτικές χρήσης γης, αποτελεσματική διαχείριση αποβλήτων και μέτρα για τη μείωση της απορροής θρεπτικών ουσιών. Η επίτευξη ισορροπίας στα επίπεδα θρεπτικών συστατικών είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της οικολογικής ακεραιότητας των τροφικών λιμνών, εξασφαλίζοντας τη διαρκή υγεία και λειτουργικότητα αυτών των ζωτικών υδάτινων οικοσυστημάτων. Η διαχείριση των εισροών θρεπτικών ουσιών και η εφαρμογή βιώσιμων εργαλείων είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη ή τον μετριασμό των επιπτώσεων του ευτροφισμού στις λίμνες και σε άλλα υδάτινα σώματα. Η αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου στις λίμνες, ιδίως στον πυθμένα της λίμνης, μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό των επιπτώσεων του ευτροφισμού προωθώντας συνθήκες που είναι λιγότερο ευνοϊκές για την ανάπτυξη επιβλαβών ανθίσεων άλγης και περισσότερο ευνοϊκές για τα ωφέλιμα βακτήρια και τους οργανισμούς που είναι ζωτικής σημασίας για τις φυσικές διεργασίες της λίμνης.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ**

#  Η Ελλάδα σιγά σιγά χάνει τις λίμνες της

# 15.1 Η Ελλάδα σιγά σιγά χάνει τις λίμνες της

Οι λίμνες της Ελλάδας φθίνουν. Η στάθμη των υδάτων τους, γνωρίζει, τα τελευταία χρόνια, μόνο πτώση, λόγω της παρατεταμένης ανομβρίας, αλλά κυρίως, λόγω της υπεράντλησης των υδάτων τους για άρδευση και ύδρευση, των επιχωματώσεων και καταπατήσεων, των ανεξέλεγκτων ανθρώπινων παρεμβάσεων, της έλλειψης έργων προστασίας. Οι παραλίμνιες εκτάσεις της, όπως κατήγγειλαν από την Άρνισσα Πέλλας, μέλη του συλλόγου προστασίας της λίμνης, «ξυλεύονται, ξεχερσώνονται, καταπατώνται». Δώδεκα χιλιάδες στρέμματα παραλίμνιων εκτάσεων μετατρέπονται σε περιστασιακές ή μόνιμες καλλιέργειες που ζητούν νερό κι άλλο νερό και ο φαύλος κύκλος της αφαίμαξης μοιάζει να μην έχει τέλος.

Η εικόνα της Βεγορίτιδας είναι η εικόνα των περισσοτέρων λιμνών της χώρας. Η ισορροπία και ο βιολογικός τους πλούτος διαταράσσονται ολοένα και περισσότερο. Για εννέα στις δέκα, η «περυσινή στάθμη των νερών είναι μια ένδειξη που δεν θα έχει γυρισμό». Όπου αυτός ο κανόνας δεν ισχύει, έρχονται τα δίσεκτα χρόνια της ανομβρίας να συμπληρώσουν την καταστροφική μανία των ανθρώπινων παρεμβάσεων.

Σχεδόν σε καμιά λίμνη δεν έχει καθοριστεί ελάχιστο όριο στάθμης των νερών ακόμη και όταν η πτώση τους έχει επιφέρει αλυσιδωτές κοινωνικοοικονομικές συνέπειες στην περιοχή. Πουθενά δεν γίνονται έργα ενίσχυσης της παροχής τους, έτσι ώστε να λειτουργήσουν σαν δεξαμενές νερού για να μπορούν να μας ξεδιψάσουν στο μέλλον. Υδροβιολόγοι και άλλοι ειδικοί χαρακτηρίζουν την υπεράντληση και τη σημερινή αδιαφορία απέναντι στη σπατάλη των νερών ως «ανεξόφλητο γραμμάτιο στις επόμενες γενιές». Επισημαίνουν, δε, ότι είναι ορατός ο κίνδυνος εξαφάνισης σημαντικών υγροβιοτόπων.

**Κορώνεια**

Λόγω της υπερεκμετάλλευσης των νερών, της ρύπανσης, αλλά και της συνεχιζόμενης ανομβρίας, φέτος, έφτασε για δεύτερη φορά μέσα σε 6 χρόνια σε σημείο πλήρους αποξήρανσης. Αποτελεί οικολογικό όνειδος της Ελλάδας και το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα κακοδιαχείρισης υγρότοπου στη χώρα. Το 2008, βρήκε την Κορώνεια, που το 1975 είχε βάθος 8,5 μ. και έκταση 46 τ. χλμ., χωρίς νερά και χωρίς ζωή, μια λίμνη μόνο «κατά χάρτη και κατ’ όνομα». Η απώλεια του περιβαλλοντικού της πλούτου αναμένεται να αποτελέσει οικονομικό τραύμα για πολλούς παραγωγικούς τομείς στην ευρύτερη περιοχή.

**Τεχνητή λίμνη Πολυφύτου (Κοζάνη)**

Τα τελευταία «άνυδρα χρόνια» η τεχνητή λίμνη Πολυφύτου Κοζάνης, που δημιουργήθηκε το 1975 από το φράγμα της ΔΕΗ στο ομώνυμο χωριό και θεωρείται ο μεγαλύτερος σε μήκος ταμιευτήρας νερού χώρας (50 χλμ.), έχασε περίπου το 50% των υδάτων της.

Η πτώση της στάθμης της, κατά 4 μέτρα από το 2006 έχει αποτέλεσμα να επηρεαστούν: η ηλεκτροπαραγωγή του Υδροηλεκτρικού Σταθμού της ΔΕΗ, οι αρδεύσιμες παραλίμνιες εκτάσεις, δραστηριότητες αναψυχής και η αγροτική οικονομία της περιοχής. Από τις ποσότητες του νερού της συγκεκριμένης λίμνης εξαρτώνται η ύδρευση της Θεσσαλονίκης, η άρδευση περιοχών της Ημαθίας και της Θεσσαλονίκης και τα μικρότερα υδροηλεκτρικά φράγματα Σφηκιάς και Ασωμάτων.

**Λίμνες Βεγορίτιδα και Πετρών (Πέλλα)**

Μετά την Κορώνεια της Θεσσαλονίκης, η Βεγορίτιδα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας λίμνης, που επί 45 χρόνια υφίσταται τη ληστρική ανθρώπινη εκμετάλλευση και οδηγείται, σε συνδυασμό με τη ρύπανση, σταδιακά αλλά σταθερά στην ολοκληρωτική καταστροφή. Ήταν η λίμνη με το μεγαλύτερο βάθος (80-85 μέτρα). Λόγω της υπεράντλησης νερών για τα εργοστάσια της ΔΕΗ και για αρδευτικούς σκοπούς, σύμφωνα με μετρήσεις του ΙΓΜΕ, έχει απολέσει το 76% του όγκου της (από τα 3 δισ. κ. μ. βρίσκεται στα 700 εκατ. κ. μ.). Η λίμνη Πετρών θεωρείται η «μικρή αδελφή» της Βεγορίτιδας με συνακόλουθα προβλήματα πτώσης στη στάθμη της. Το βάθος της κυμαίνεται από 1 έως 3,5 μέτρα κι είναι χαρακτηριστικό ότι η σήραγγα που κατασκευάστηκε το 1975 για να διοχετεύει τα πλεονάζοντα νερά της στη Βεγορίτιδα τα τελευταία χρόνια λειτουργεί σπάνια.

**Λίμνη Βιστωνίδα**

Η έκτασή της ανέρχεται σε περίπου 45.000 στρέμματα, αλλά λόγω κατασκευής φραγμάτων στους γύρω ποταμούς και της χρήσης των νερών για άρδευση σημειώνονται μεταβολές, με τα νερά της θάλασσας να διεισδύουν στα όρια της επικράτειάς της μέσω φυσικής διώρυγας. Αποτέλεσμα αυτής, η αύξηση της αλατότητας με συνέπειες στη βλάστηση και στα είδη ψαριών του γλυκού νερού. Το φαινόμενο τα τελευταία χρόνια με την αύξηση της αρδευόμενης γεωργίας είναι πιο έντονο.

**Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα**

Πάνω από 10 μέτρα έπεσε η στάθμη του νερού την τελευταία εικοσαετία στη Μεγάλη Πρέσπα. Οι κλιματικές αλλαγές (ανομβρία) είναι η βασική αιτία για τη μείωση του υδάτινου όγκου της μεγάλης λίμνης στη Φλώρινα, που μοιράζονται τρεις χώρες: η Ελλάδα, η Αλβανία και η χώρα των Σκοπίων.

«Εκτός από την ανομβρία, μεγάλος όγκος υδάτων χάνεται καθώς καταλήγει υπογείως στην Αχρίδα μέσα από μεγάλες καταβόθρες που φαίνεται πως έχουν διανοιχθεί τα τελευταία χρόνια». Οι επιπτώσεις από τη μείωση του υδάτινου όγκου είναι εμφανής: μείωση του πληθυσμού των ψαριών και των πουλιών, αύξηση της παραλίμνιας βλάστησης (καλαμιώνες) και ρύπανση.

**Δοϊράνη**

Κατά επτά μέτρα έπεσε στην τελευταία εικοσιπενταετία η στάθμη της λίμνης Δοϊράνης, που χωρίζεται από τα σύνορα της Ελλάδας και της χώρας των Σκοπίων. Η λίμνη όμως, είναι πολύ ρηχή και το σημερινό της βάθος φθάνει τα 3-5 μέτρα, σε αντίθεση με το βάθος των 10 μέτρων που είχε παλαιότερα. Η ρύπανση του νερού, η υποβάθμιση του φυσικού τοπίου και η μείωση της βιοποικιλότητας απαιτούν τη λήψη μέτρων για την αναβάθμιση της λίμνης, τμήματα της οποίας έχουν χαρακτηριστεί Ζώνη Ειδικής Προστασίας, καταφύγιο Άγριας Ζωής αλλά και «φυσικής σπανιότητας».

**Λίμνη Καστοριάς**

Η λίμνη της Καστοριάς ή Ορεστιάδα, έκτασης 27,9 τετραγωνικών χιλιόμετρων, αντιμετωπίζει έντονα προβλήματα υποβάθμισης. Οι παράνομοι σκουπιδότοποι, κυρίως, στις κοίτες των χειμάρρων που εκβάλλουν στη λίμνη, η επέκταση χωραφιών εις βάρος παραλίμνιων εκτάσεων με φυσική βλάστηση και τα αστικά λύματα της πόλης της Καστοριάς, συμβάλλουν στην υποβάθμισή της. Με τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού η κατάσταση βελτιώθηκε, ωστόσο, υπάρχουν περιοχές που δεν έχουν συνδεθεί με το δίκτυο και εξακολουθούν να διοχετεύουν τα λύματα απευθείας στη λίμνη. Η σταδιακή μείωση του βάθους της, η οποία οφείλεται κατά το μεγαλύτερο μέρος στις φερτές ύλες των ρεμάτων που εκβάλλουν σε αυτή (κυρίως του Ξηροποτάμου), επιδεινώθηκε αισθητά από την επέκταση γεωργικών καλλιεργειών, τις επιχωματώσεις και τις παράνομες υλοτομίες. Βάσει αυτών, το σενάριο που επικρατεί είναι, αν οι προσχώσεις δεν αναχαιτιστούν, η λίμνη στο μέλλον θα χωριστεί στα δύο.

**Κερκίνη**

Οι φερτές ύλες που μετέφερε ο Στρυμόνας μείωσε σταδιακά τη χωρητικότητα νερού στη λίμνη Κερκίνη, που δημιουργήθηκε το 1932 στην πεδιάδα των Σερρών με την κατασκευή ενός φράγματος για να συγκρατεί τις πλημμύρες του ποταμού και να αρδεύει την εύφορη πεδιάδα. Οι μεταβολές αυτές, ωστόσο, περιορίζουν τα αβαθή και πλέον παραγωγικά της μέρη, οι καλαμώνες, οι νησίδες και τα υγρά λιβάδια (τόποι φωλιάσματος πουλιών και καταφύγια ψαριών) εξαφανίζονται, το παραποτάμιο δάσος νεκρώνεται, ενώ εκτάσεις με νούφαρα συρρικνώνονται.

**Λίμνη Κρεμαστών**

Τα νερά της λίμνης Κρεμαστών έπεσαν κατά 20 μέτρα. Η ανομβρία και τα έργα της εκτροπής του Αχελώου αποτελούν τις κύριες αιτίες για την πτώση της στάθμης των νερών στη μεγαλύτερη τεχνητή λίμνη της Ελλάδας, τη λίμνη των Κρεμαστών, μεταξύ Ευρυτανίας και Αιτωλοακαρνανίας.

**Λίμνη Στυμφαλία**

Έχει μείνει η μισή και μοιάζει με έλος. Κύρια αιτία θεωρείται η μείωση των βροχοπτώσεων και η υπεράντληση για καλλιέργειες. Στο μεταξύ, βρίσκονται σε εξέλιξη οι εργασίες για την υδροδότηση της Κορίνθου, που απέχει 60 χλμ. από τις πηγές της λίμνης Στυμφαλίας. Η λίμνη σήμερα μοιάζει με έλος και η επιφάνειά της έχει περιοριστεί στα 3.500 από τα 7.700 στρέμματα. Σπάνιος υδροβιότοπος, καταφύγιο 113 ειδών πουλιών, έχει ενταχθεί στο δίκτυο Natura 2000.

**Λίμνη Λέρνη**

Η λίμνη Λέρνα απέχει 7 χλμ. από το Άργος. Οι δύο μεγάλοι δήμοι, Αργολίδας και Ναυπλίου, οι ανάγκες των οποίων ανέρχονται στα 1.200 κυβικά την ώρα, υδροδοτούνται από τη λίμνη Λέρνη. Οι αυξημένες ανάγκες για νερό σχετίζονται επίσης, με την ανεξέλεγκτη άρδευση και την αύξηση των τουριστικών μονάδων (στην Ερμιονίδα σχεδιάζεται η κατασκευή γηπέδου γκολφ!). Από τη Λέρνη αντλούν νερό και 30.000 γεωτρήσεις, που εμφανίζουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, λόγω πτώσης του υδροφόρου ορίζοντα. Έτσι, το νερό των γεωτρήσεων εμπλουτίζεται με αυτό της λίμνης, ώστε να βελτιωθούν οι ποιοτικοί δείκτες του. Επειδή η πηγή Λέρνη βρίσκεται λίγο υψηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας, κάθε φορά που η στάθμη της κατεβαίνει, παρατηρείται αντίστροφη εισροή θαλασσινού νερού και το νερό της λίμνης γίνεται υφάλμυρο (Τσιγγανάς, Μυρτσιώτη, Φωτιάδη, 2008).

**Βιβλιογραφία**

**Ελληνική Βιβλιογραφία**

Αναστάσιος, Γ., Γκούβρα, Μ., Καμπούρη, Α. (2009), *Βιολογία Γ’ Γυμνασίου*, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.

Παυλόπουλος, Κοσμάς, Γαλάνη, Αποστολία, *Γεωλογία - Γεωγραφία (Α’ Γυμνασίου) - Βιβλίο Μαθητή (Εμπλουτισμένο)*, Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

* Σίνης, Απόστολος Ι. (2005), *Λιμνολογία: Θεωρία και Ασκήσεις*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press (Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών).

**Ιστοσελίδες**

* https://carnetdevoyage.gr/sta-fiord-kai-tous-pagetones-tis-norvigias.
* [\\](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%82)
* [https://el.wikipedia.org/wiki/Ενδημισμός](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82).
* Τσιγγανάς Αθανάσιος, Μυρτσιώτη Γιώτα, Φωτιάδη Ιωάννα (2008), Η Ελλάδα χάνει τις λίμνες της, 14.11.2008, https://www.kathimerini.gr/society/340164/i-ellada-siga-siga-chanei-tis-limnes-tis.
1. Σίνης, Απόστολος Ι. (2005), *Λιμνολογία: Θεωρία και Ασκήσεις*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press (Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών), σ. 13. [↑](#footnote-ref-1)
2. Ό. π., σ. 13. [↑](#footnote-ref-2)
3. Ό. π., σ. 13. [↑](#footnote-ref-3)
4. Ό. π., σ. 13. [↑](#footnote-ref-4)
5. Ό. π., σ. 14. [↑](#footnote-ref-5)
6. Ό. π., σ. 14. [↑](#footnote-ref-6)
7. Ό. π., σ. 14. [↑](#footnote-ref-7)
8. Ό. π., σ. 14. [↑](#footnote-ref-8)
9. Ό. π., σ. 14. [↑](#footnote-ref-9)
10. Ό. π., σ. 19. [↑](#footnote-ref-10)
11. Παυλόπουλος, Κοσμάς, Γαλάνη, Αποστολία, *Γεωλογία - Γεωγραφία (Α’ Γυμνασίου) - Βιβλίο Μαθητή (Εμπλουτισμένο)*, Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος». [↑](#footnote-ref-11)
12. Σίνης, *Λιμνολογία: Θεωρία και Ασκήσεις*, … ό. π., σσ. 19-21. [↑](#footnote-ref-12)
13. Ό. π., σ. 21. [↑](#footnote-ref-13)
14. Ό. π., σσ. 21-22. [↑](#footnote-ref-14)
15. Ό. π., σσ. 22-23. [↑](#footnote-ref-15)
16. Ό. π., σ. 23. [↑](#footnote-ref-16)
17. Ό. π., σ. 23. [↑](#footnote-ref-17)
18. Ό. π., σσ. 23-24. [↑](#footnote-ref-18)
19. Ό. π., σσ. 24-25. [↑](#footnote-ref-19)
20. Ό. π., σ. 25. [↑](#footnote-ref-20)
21. Ό. π., σ. 25. [↑](#footnote-ref-21)
22. Ό. π., σ. 26. [↑](#footnote-ref-22)
23. Ό. π., σ. 26. [↑](#footnote-ref-23)
24. Ό. π., σσ. 27-28. [↑](#footnote-ref-24)
25. Ό. π., σσ. 28-29.

 [↑](#footnote-ref-25)
26. Ό. π., σ. 29. [↑](#footnote-ref-26)
27. Ό. π., σ. 29. [↑](#footnote-ref-27)
28. Ό. π., σ. 30. [↑](#footnote-ref-28)
29. Ό. π., σ. 30. [↑](#footnote-ref-29)
30. Ό. π., σσ. 30-31. [↑](#footnote-ref-30)
31. Ό. π., σσ. 31-32. [↑](#footnote-ref-31)
32. Ό. π., σ. 33. [↑](#footnote-ref-32)
33. Αποικοδομητής ονομάζεται κάθε ετερότροφος οργανισμός που τρέφεται με ουσίες νεκρών οργανισμών ή τμημάτων τους. Είναι βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα που τρέφονται με «νεκρή» οργανική ύλη, την οποία μετατρέπουν σε ανόργανη. https://el.wikipedia.org/wiki/Αποικοδομητής˙ Βλ. Αναστάσιος, Γ., Γκούβρα, Μ., Καμπούρη, Α. (2009), *Βιολογία Γ' Γυμνασίου*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.  [↑](#footnote-ref-33)
34. Σίνης, *Λιμνολογία: Θεωρία και Ασκήσεις*, … ό. π., σ. 33. [↑](#footnote-ref-34)
35. Ό. π., σ. 34. [↑](#footnote-ref-35)
36. Ό. π., σ. 34. [↑](#footnote-ref-36)
37. Ό. π., σ. 34.

 [↑](#footnote-ref-37)
38. Ό. π., σσ. 34-35. [↑](#footnote-ref-38)
39. Ό. π., σ. 35.

 [↑](#footnote-ref-39)
40. Ό. π., σσ. 35-37. [↑](#footnote-ref-40)
41. Ό. π., σ. 37. [↑](#footnote-ref-41)
42. Ό. π., σ. 38. [↑](#footnote-ref-42)
43. Ό. π., σ. 38. [↑](#footnote-ref-43)
44. Ό. π., σ. 43. [↑](#footnote-ref-44)
45. Ό. π., σσ. 43-44. [↑](#footnote-ref-45)
46. Ό. π., σ. 44. [↑](#footnote-ref-46)
47. Ό. π., σσ. 44-45̇ [https://el.wikipedia.org/wiki/Ενδημισμός](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82): (Στη βιολογία, **ενδημικό** ονομάζεται ένα είδος, είτε του ζωικού είτε του φυτικού βασιλείου, που ζει σε έναν οριοθετημένο (ή και απομονωμένο) γεωγραφικό χώρο. Για να είναι ενδημικό ένα είδος πρέπει να έχει δημιουργηθεί και να έχει εξελιχθεί σε εκείνον τον χώρο). [↑](#footnote-ref-47)
48. Ό. π., σ. 45. [↑](#footnote-ref-48)
49. Ό. π., σ. 46.

 [↑](#footnote-ref-49)
50. Ό. π., σ. 47. [↑](#footnote-ref-50)
51. Ό. π., σ. 49. [↑](#footnote-ref-51)
52. Ό. π., σ. 49. [↑](#footnote-ref-52)
53. Ό. π., σ. 49. [↑](#footnote-ref-53)
54. Ό. π., σ. 50. [↑](#footnote-ref-54)
55. Βλέπε: [https://el.wikipedia.org/wiki/Πλειστόκαινο](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%83%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%BF): Το Πλειστόκαινο είναι η γεωλογική περίοδος που περιλαμβάνει τη χρονική περίοδο 2.588.000 με 11.700 χρόνια περίπου πριν. Ονομάζεται και Διλούβιο ή Εποχή των Παγετώνων. Μαζί με το Ολόκαινο αποτελούν το Τεταρτογενές. Το όνομα Πλειστόκαινο έχει ελληνική προέλευση, από τις λέξεις Πλείστος (= πιο) και καινός (=καινούργιος). [↑](#footnote-ref-55)
56. [https://greek\_greek.en-academic.com/226564/Μοραίνες](https://greek_greek.en-academic.com/226564/%CE%9C%CE%BF%CF%81%CE%B1%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82): Υλικά πετρωμάτων που μεταφέρθηκαν και αποτέθηκαν από τους παγετώνες και δημιούργησαν τα μορενικά ή λιθωνικά αποθέματα. [↑](#footnote-ref-56)
57. Ό. π., σσ. 50-51. [↑](#footnote-ref-57)
58. Ό. π., σ. 51. [↑](#footnote-ref-58)
59. Ό. π., σσ. 51-52. [↑](#footnote-ref-59)
60. https://carnetdevoyage.gr/sta-fiord-kai-tous-pagetones-tis-norvigias. [↑](#footnote-ref-60)
61. Σίνης, *Λιμνολογία: Θεωρία και Ασκήσεις*, … ό. π., σ. 52. [↑](#footnote-ref-61)
62. Ό. π., σσ. 53-54. [↑](#footnote-ref-62)
63. Ό. π., σσ. 54-55. [↑](#footnote-ref-63)
64. Ό. π., σσ. 54-55. [↑](#footnote-ref-64)
65. Ό. π., σ. 55. [↑](#footnote-ref-65)
66. Ό. π., σ. 55. [↑](#footnote-ref-66)
67. Ό. π., σσ. 55-56. [↑](#footnote-ref-67)
68. Ό. π., σ. 58. [↑](#footnote-ref-68)
69. Ό. π., σ. 59. [↑](#footnote-ref-69)
70. Ό. π., σσ. 59-60. [↑](#footnote-ref-70)
71. Ό. π., σ. 61. [↑](#footnote-ref-71)
72. Ό. π., σ. 63-64. [↑](#footnote-ref-72)
73. Ό. π., σ. 73. [↑](#footnote-ref-73)
74. Ό. π., σ. 77. [↑](#footnote-ref-74)
75. Ό. π., σ. 79. [↑](#footnote-ref-75)
76. Ό. π., σ. 79. [↑](#footnote-ref-76)
77. Ό. π., σ. 79. [↑](#footnote-ref-77)
78. Ό. π., σ. 79. [↑](#footnote-ref-78)
79. Ό. π., σ. 80. [↑](#footnote-ref-79)
80. Ό. π., σ. 81. [↑](#footnote-ref-80)
81. Ό. π., σ. 81. [↑](#footnote-ref-81)
82. Ό. π., σσ. 81-82. [↑](#footnote-ref-82)
83. Ό. π., σ. 82. [↑](#footnote-ref-83)
84. Ό. π., σσ. 82-83.

 [↑](#footnote-ref-84)
85. Ό. π., σσ. 84-86. [↑](#footnote-ref-85)
86. Ό. π., σσ. 86-87.

 [↑](#footnote-ref-86)
87. Ό. π., σ. 88. [↑](#footnote-ref-87)
88. Ό. π., σσ. 88-89. [↑](#footnote-ref-88)
89. Ό. π., σ. 89. [↑](#footnote-ref-89)
90. Ό. π., σσ. 89-90. [↑](#footnote-ref-90)
91. Ό. π., σ. 90. [↑](#footnote-ref-91)
92. Ό. π., σ. 90. [↑](#footnote-ref-92)
93. Ό. π., σ. 95. [↑](#footnote-ref-93)
94. Ό. π., σ. 95. [↑](#footnote-ref-94)
95. Ό. π., σσ. 96-97. [↑](#footnote-ref-95)
96. Ό. π., σ. 98. [↑](#footnote-ref-96)
97. Ό. π., σ. 98. [↑](#footnote-ref-97)
98. Ό. π., σσ. 98-99. [↑](#footnote-ref-98)
99. Ό. π., σ. 100.. [↑](#footnote-ref-99)
100. Ό. π., σσ. 100-101. [↑](#footnote-ref-100)
101. Ό. π., σσ. 101-102. [↑](#footnote-ref-101)