**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:**

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:**

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 Ηφαιστιογενείς 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).

**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/Αποδομητής>
* <https://el.wikipedia.org/wiki/Ενδημισμός>.

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>: (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>: 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>: 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)