Υδατικοί πόροι και αειφορία

Σε ένα διεθνές φυσικό, κοινωνικό, οικονομικό και επιχειρηματικό περιβάλλον που αλλάζει διαρκώς, η πρόσβαση και η διαχείριση των φυσικών πόρων προσελκύουν ένα διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον. Όλοι όσοι συμμετέχουν στη διαχείριση, εθνικοί και διεθνείς ρυθμιστικοί οργανισμοί, δημόσια διοίκηση και επιχειρηματική κοινότητα οφείλουν να προσαρμοστούν στη νέα πραγματικότητα. Η αναγνώριση της έλλειψης των πόρων του πλανήτη που διευρύνεται ολοένα περισσότερο, φέρνει πολύ πιο καθαρά στο προσκήνιο, στην ίδια την «καρδιά» των οικονομικών και επιχειρηματικών εξελίξεων, τις περιοχές της Ενέργειας, των Υδάτινων Πόρων και του Περιβάλλοντος.

Οι μεταρρυθμίσεις που επηρεάζουν αποφασιστικά την παροχή επιχειρηματικών και επαγγελματικών υπηρεσιών σε όλους τους τομείς σχετίζονται ***με την απελευθέρωση των αγορών, την ανταγωνιστική λειτουργία κρατικών οργανισμών και τη μετατροπή καθετοποιημένων εταιριών σε ευέλικτους οργανισμούς που οδηγούνται από την αγορά.*** Τα παλαιά κρατικά μονοπώλια μετασχηματίζονται σε αποτελεσματικές, πελατοκεντρικές και προσανατολισμένες στο αποτέλεσμα οντότητες που ανταγωνίζονται με πρωτοεμφανιζόμενους «παίχτες» σε νέες αγορές. Συμπληρωματικά υπάρχει η ανάγκη για βοήθεια των εθνικών και διεθνών ρυθμιστικών αρχών στην προσαρμογή του σχετικού θεσμικού πλαισίου έτσι ώστε να υποδεχθούν και ενισχύσουν τον ανταγωνισμό εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την αειφορία των φυσικών πόρων, την ασφάλεια των αποθεμάτων και το σεβασμό των αναγκών των –τελικών και μη – πελατών.

Παρά τις υπάρχουσες ομοιότητες, η διαδικασία μετασχηματισμού του κάθε τομέα χαρακτηρίζεται από ιδιαιτερότητες που απαιτούν μια στοχευμένη και εστιασμένη προσέγγιση που θα προσδίδει αξία στις εμπλεκόμενες κύριες λειτουργίες.

Ο τομέας της ***Ενέργειας*** παραδοσιακά διοικούνταν από ένα ισχυρό ρυθμιστικό και κανονιστικό πλαίσιο στο οποίο συμπεριλαμβάνονταν η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο, σε αντίθεση με την βιομηχανία πετρελαίου που αναπτύχθηκε σε ένα καθαρά ανταγωνιστικό επιχειρηματικό περιβάλλον.

Οι ***Υδάτινοι Πόροι*** ήταν μέχρι πολύ πρόσφατα αποκλειστικά στην αρμοδιότητα της Κεντρικής Διοίκησης ή και της Αυτοδιοίκησης, αλλά τώρα προκύπτουν ζητήματα όπως της ενεργού εξοικονόμησης υδάτινων πόρων, αποθήκευσης και αειφόρου διαχείρισης του νερού.

Τέλος, η ευαισθησία για το ***Περιβάλλον*** οδήγησε στην ανάπτυξη νέων υπηρεσιών πέραν των παραδοσιακών περιβαλλοντικών πολιτικών και εγκαινίασε μια νέα εποχή στις επιχειρηματικές συμβουλευτικές υπηρεσίες που εστιάζονται πλέον σε αναβαθμισμένη αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, της επεξεργασίας λυμάτων, της αποχέτευσης και της διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Είναι φανερό ότι για την αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων και στους τρεις τομείς απαιτούνται-και μάλιστα σε διαρκώς αυξανόμενο βαθμό- διεπιστημονικές λύσεις.

Το νερό αποτελεί ζωτικό στοιχείο για την επιβίωση του ανθρώπου και τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος. Και όμως, πάνω από 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι σε όλο τον κόσμο δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό. Στον "ανεπτυγμένο" κόσμο, στον οποίο ανήκει και η χώρα μας, νέα φράγματα χτίζονται για να ικανοποιήσουν τις ακόρεστες ανάγκες μας, καταστρέφοντας τους τελευταίους εναπομείναντες υγροβιότοπους. Χημικά και φυτοφάρμακα καταλήγουν ανεξέλεγκτα στα υπόγεια νερά, υποθηκεύοντας το μέλλον των παιδιών μας. Το κλίμα αλλάζει (ή μάλλον τα αυτοκίνητά μας και τα εργοστάσιά μας αλλάζουν το κλίμα) και το καλοκαίρι έχουμε ξηρασίες και το χειμώνα πλημμύρες.

Το πρόβλημα του νερού δεν είναι ένα ισοζύγιο "ζήτησης και προσφοράς" το οποίο λύνεται με νέα έργα. Δεν αντιμετωπίζουμε μια χρόνια "ανεπάρκεια" νερού, ούτε τα ποτάμια "χάνονται στη θάλασσα". Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος πόρος και υπάρχει αρκετό για όλους μας. Το πρόβλημα είναι ότι θέλουμε όλο και περισσότερο.

Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να περιορίσουμε την κατανάλωσή μας. Τα προβλήματα του νερού είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την κοινωνία μας, τις καταναλωτικές συνήθειες και πρότυπά μας και εν τέλει τις επιλογές μας για τον κόσμο τον οποίο θέλουμε να φτιάξουμε. Η νέα κουλτούρα για το νερό, την οποία προωθούμε, δίνει έμφαση στις τοπικές λύσεις και στην εξοικονόμηση. Δίνει έμφαση στη συμμετοχή των πολιτών στις αποφάσεις και σε κοινόκτητα μοντέλα διαχείρισης. Δεν αντιμετωπίζει το ζήτημα του νερού απομονωμένα ως ένα τεχνικό θέμα, αλλά σε συνδυασμό με ευρύτερες αναπτυξιακές

επιλογές και τις οικονομικές, περιφερειακές, χωροταξικές και κοινωνικές πολιτικές, οι οποίες τις καθορίζουν.

Από το 2000, οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καλείται να εφαρμόσει την Ευρωπαϊκή Οδηγία για το νερό, η οποία θέτει ως αδιαπραγμάτευτο στόχο την καλή οικολογική ποιότητα όλων των υδάτινων σωμάτων και την αντιστροφή φαινομένων ρύπανσης, προτάσσοντας τη διαχείριση στο επίπεδο της λεκάνης απορροής.

Τα υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης υδάτινων πόρων έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη ζωή ενός πέμπτου του συνολικού πληθυσμού του πλανήτη.

Πολλοί πιστεύουν ότι το νερό είναι φτηνό και άφθονο. Κι όμως, εξαιτίας των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης υδάτινων πόρων, ένας στους πέντε ανθρώπους του πλανήτη δεν διαθέτει επαρκή πρόσβαση σε ασφαλές, καθαρό πόσιμο νερό.

Αν και η συνολική ποσότητα του νερού του πλανήτη παραμένει σταθερή, η φύση αυτών των υδάτινων πόρων αλλάζει. Τα πάντα μεταβάλλονται, από τις τοποθεσίες των βροχοπτώσεων μέχρι τη σύνθεση των ωκεανών. Αυτές οι αλλαγές μας αναγκάζουν να θέσουμε ορισμένα πολύ δύσκολα ερωτήματα για το πώς και του πού ζούμε και δραστηριοποιούμαστε επιχειρηματικά. Χωρίς τις δικές μας παρεμβάσεις, η Γη διαθέτει ένα σχεδόν τέλειο, αυτορρυθμιζόμενο σύστημα υδάτινων πόρων. Η ανθρωπότητα όμως διατάραξε την ισορροπία…

Κάθε φορά που αλληλεπιδρούμε με το νερό, το αλλάζουμε, το εκτρέπουμε ή τροποποιούμε την κατάστασή του.

Ο υδρολογικός κύκλος (πηγή: Γεωλογική Υπηρεσία ΗΠΑ)

Ο υδρολογικός κύκλος, ή αλλιώς ο κύκλος του νερού, περιγράφει την παρουσία και την κυκλοφορία του νερού στην επιφάνεια της Γης, καθώς και κάτω και πάνω απ' αυτή. Το νερό της Γης είναι πάντα σε κίνηση και πάντα σε αλλαγή, από την υγρή μορφή στην αέρια ή σε πάγο ξανά και αντίστροφα.

Ο υδρολογικός κύκλος δεν έχει αρχή, αλλά είναι βολικό να ξεκινήσει κανείς απ' τη θάλασσα. Ο ήλιος, που κινεί τον κύκλο του νερού, θερμαίνει το νερό στη θάλασσα (στους ωκεανούς) το οποίο εν μέρει εξατμίζεται και ανυψώνεται με τη μορφή ατμού στον αέρα. Νερό εξατμίζεται ακόμα από τις λίμνες, τα ποτάμια και το έδαφος. Η διαπνοή των φυτών είναι μια ακόμη λειτουργία που αποδίδει υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Η εξάτμιση και διαπνοή από την ξηρά συχνά δεν διακρίνονται και έτσι μιλούμε για εξατμοδιαπνοή. Μια μικρή ποσότητα υδρατμών στην

ατμόσφαιρα προέρχεται από την εξάχνωση, μέσω της οποίας μόρια από πάγους και χιόνια μετατρέπονται απευθείας σε υδρατμούς χωρίς να περάσουν από την υγρή μορφή.
Ανοδικά ρεύματα αέρα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου οι μικρότερες πιέσεις που επικρατούν έχουν αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας. Επειδή όμως σε χαμηλή θερμοκρασία ο αέρας δεν μπορεί πια να συγκρατεί όλη τη μάζα των υδρατμών, ένα μέρος τους συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Τα ρεύματα του αέρα κινούν τα σύννεφα γύρω απ' την υδρόγειο. Παράλληλα τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα συγκρούονται και μεγαλώνουν, και τελικά πέφτουν απ' τον ουρανό ως κατακρημνίσματα, η συχνότερη μορφή των οποίων είναι η βροχή. Μια μορφή κατακρημνίσματος είναι το χιόνι, το οποίο όταν συσσωρεύεται σχηματίζει πάγους και παγετώνες. Σε σχετικά θερμότερα κλίματα, όταν έρχεται η άνοιξη, το χιόνι λιώνει και το ξεπαγωμένο νερό ρέει, σχηματίζοντας την απορροή από λιώσιμο του χιονιού. Η μεγαλύτερη ποσότητα κατακρημνισμάτων πέφτει απευθείας στους ωκεανούς.
Από την ποσότητα που πέφτει στη στεριά, ένα σημαντικό μέρος καταλήγει και πάλι στους ωκεανούς ρέοντας υπό την επίδραση της βαρύτητας, ως επιφανειακή απορροή. Η μεγαλύτερη ποσότητα της επιφανειακής απορροής μεταφέρεται στους ωκεανούς από τα ποτάμια, με τη μορφή ροής σε υδατορεύματα. Η επιφανειακή απορροή μπορεί ακόμη να καταλήξει στις λίμνες, που αποτελούν, μαζί με τους ποταμούς, τις κυριότερες αποθήκες γλυκού νερού.
Ωστόσο, το νερό των κατακρημνισμάτων δεν ρέει αποκλειστικά μέσα στους ποταμούς. Κάποιες ποσότητες διαπερνούν το έδαφος με τη λειτουργία της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό. Μέρος του νερού αυτού μπορεί να ξαναβρεί το δρόμο του προς

τα επιφανειακά υδάτινα σώματα (και τους ωκεανούς) ως εκφόρτιση υπόγειου νερού. Όταν βρίσκει διόδους προς της επιφάνεια της γης εμφανίζεται με τη μορφή πηγών. Ένα άλλο μέρος του υπόγειου νερού πηγαίνει βαθύτερα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ακόμα και το νερό αυτό όμως συνεχίζει να κινείται και με τη πάροδο του χρόνου μέρος του ξαναμπαίνει στους ωκεανούς όπου ο κύκλος του νερού "τελειώνει" ... και "ξεκινάει".

Μέρη του υδρολογικού κύκλου

Η Γεωλογική Υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS) έχει διακρίνει 16 μέρη του υδρολογικού κύκλου:

1 Αποθήκευση νερού στη θάλασσα
2 Εξάτμιση
3 Εξατμισοδιαπνοή
4 Εξάχνωση
5 Νερό στην ατμόσφαιρα
6 Συμπύκνωση
7 Κατακρημνίσματα
8 Αποθήκευση νερού σε πάγους και χιόνια
9 Απορροή από λιώσιμο του χιονιού
10 Επιφανειακή απορροή
11 Ροή σε υδατορεύματα
12 Αποθήκευση γλυκού νερού
13 Διήθηση
14 Αποθήκευση υπόγειου νερού
15 Εκφόρτιση υπόγειου νερού
16 Πηγές

Αποθήκευση νερού στη θάλασσα

Πολύ περισσότερο νερό από αυτό που βρίσκεται σε κίνηση στον υδρολογικό κύκλο είναι αποθηκευμένο στη θάλασσα, κυρίως στους ωκεανούς. Από τα 1.386.000.000 κυβικά χιλιόμετρα του νερού στη Γη, περίπου 1.338.000.000 κυβικά χιλιόμετρα (το 96,5%) είναι αποθηκευμένα στους ωκεανούς. Οι ωκεανοί παρέχουν περίπου το 88% του εξατμιζόμενου νερού που μπαίνει στον υδρολογικό κύκλο.

Η ποσότητα του νερού στους ωκεανούς αλλάζει κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων. Κατά τη διάρκεια πιο ψυχρών κλιματικών περιόδων, σχηματίζονται περισσότερα παγόβουνα και παγετώνες με αποτέλεσμα να υπάρχει λιγότερο νερό στους ωκεανούς. Το αντίθετο συμβαίνει στις θερμές κλιματικές περιόδους. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας εποχής των παγετώνων, η στάθμη των ωκεανών ήταν περίπου 122 μέτρα χαμηλότερη της σημερινής. Πριν από περίπου τρία εκατομμύρια χρόνια, όταν η Γη ήταν πιο θερμή, η στάθμη των ωκεανών μπορεί να ήταν μέχρι και 50 μέτρα πιο ψηλά από ό,τι σήμερα.

Ωκεανοί σε κίνηση

Στους ωκεανούς υπάρχουν ρεύματα που μετακινούν τεράστιες ποσότητες νερού από το ένα μέρος της Γης στο άλλο. Αυτές οι μετακινήσεις επηρεάζουν σημαντικά τον κύκλο του νερού και τον καιρό. Το Ρεύμα του Κόλπου είναι ένα γνωστό ρεύμα ζεστού νερού που διασχίζει τον Ατλαντικό μετακινώντας νερό από τον κόλπο του Μεξικού προς τη Μεγάλη Βρετανία. Με μια ταχύτητα 100 χιλιομέτρων την ημέρα, το Ρεύμα του Κόλπου μετακινεί 100 φορές περισσότερο νερό από όλα τα ποτάμια της Γης. Χάρη στο Ρεύμα του Κόλπου που μεταφέρει νερό από θερμότερα κλίματα, ο καιρός της Μεγάλης Βρετανίας είναι πιο ήπιος από τον καιρό άλλων χωρών του ίδιου γεωγραφικού πλάτους.

Εξάτμιση: Το νερό μετατρέπεται από υγρό σε αέριο

Credit: Kidzone Fun Facts

Εξάτμιση είναι η διεργασία μέσω της οποίας το νερό γίνεται από υγρό αέριο, ή αλλιώς υδρατμός, και αποτελεί το βασικό τρόπο με τον οποίο το νερό από υγρό ξαναμπαίνει στην ατμόσφαιρα και μαζί στον υδρολογικό κύκλο. Οι ωκεανοί, οι θάλασσες, οι λίμνες και τα ποτάμια παρέχουν περίπου το 90% της υγρασίας της ατμόσφαιρας, ενώ τα φυτά, μέσω της διαπνοής παρέχουν το υπόλοιπο 10%. Η θερμότητα (ενέργεια), που παρέχει ο ήλιος είναι απαραίτητη για την εξάτμιση. Η ενέργεια χρησιμοποιείται για να σπάσουν οι δεσμοί που κρατούν ενωμένα τα μόρια του νερού και γι' αυτό το νερό εξατμίζεται εύκολα στο σημείο βρασμού του (100°C), και εξατμίζεται πιο δύσκολα κοντά στο σημείο πήξης. Όταν η σχετική υγρασία του αέρα είναι 100% (σε κατάσταση κορεσμού) δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εξάτμιση. Η εξάτμιση αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον, γεγονός που εξηγεί γιατί όταν εξατμίζεται νερό (ιδρώτας) από την επιδερμίδα μας δροσιζόμαστε.

Εξάτμιση και υδρολογικός κύκλος

Η εξάτμιση από τη θάλασσα είναι ο κύριος τρόπος με τον οποίο το νερό περνά στην ατμόσφαιρα. Η μεγάλη επιφάνεια των ωκεανών (πάνω από το 70% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από ωκεανούς) επιτρέπει μεγάλης κλίμακας εξάτμιση. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ποσότητα νερού που εξατμίζεται είναι ίση με τη ποσότητα του νερού που επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης με τη μορφή κατακρημνισμάτων. Βέβαια, η κατανομή των ποσοτήτων που εξατμίζονται και ξαναπέφτουν μεταβάλλεται γεωγραφικά. Έτσι, στη θάλασσα η εξάτμιση υπερτερεί της βροχής ενώ στη στεριά συμβαίνει το αντίθετο. Το περισσότερο νερό που εξατμίζεται από τη θάλασσα, ξαναπέφτει σε αυτή και μόνο περίπου το 10% του νερού αυτού μεταφέρεται πάνω από τη στεριά και πέφτει με τη μορφή κατακρημνισμάτων. Από τη στιγμή που εξατμίζεται, ένα μόριο νερού μένει στην ατμόσφαιρα για 10 περίπου ημέρες κατά μέσο όρο.

Εξατμισοδιαπνοή: Η μεταφορά νερού στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της εξάτμισης από το έδαφος και της διαπνοής από τα φύλλα των φυτών

Αν και σε πολλούς ορισμούς της εξατμοδιαπνοής υπάγεται σε αυτή και η εξάτμιση από λίμνες ή ίσως και από τη θάλασσα, εδώ η εξατμοδιαπνοή ορίζεται ως το νερό που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα ως εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και ως διαπνοή από τα φύλλα των φυτών. Το νερό αυτό μπορεί να είναι υπόγειο που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους μέσω τριχοειδών εδαφικών σωληνίσκων και στα φύλλα των φυτών μέσω του τριχοειδούς αγγειακού συστήματος των φυτών.

Η διαπνοή και τα φύλλα

Credit: Ming kei College, Hong Kong

Διαπνοή είναι η διεργασία μέσω της οποίας η υγρασία μεταφέρεται από τις ρίζες των φυτών μέχρι τους μικρούς πόρους που βρίσκονται στο κάτω μέρος των φύλλων όπου και μετατρέπεται σε υδρατμό και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Η διαπνοή είναι ουσιαστικά η εξάτμιση του νερού από τα φύλλα των φυτών. Εκτιμάται ότι περίπου 10% της υγρασίας στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τη διαπνοή των φυτών.
Η διαπνοή είναι συνήθως μια αθέατη διαδικασία – δεν είναι εύκολο να παρατηρήσουμε τα φύλλα να "ιδρώνουν" καθώς το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια τους. Κατά τη διάρκεια μιας εποχής ανάπτυξης ένα φύλλο μπορεί να διακινήσει μέσω διαπνοής νερό πολλαπλάσιο του βάρους του, ενώ μια μεγάλη βελανιδιά μπορεί να διαπνεύσει 150.000 λίτρα νερό το χρόνο.

Ατμοσφαιρικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαπνοή

Η ποσότητα νερού που τα φυτά διαπνέουν μεταβάλλεται γεωγραφικά και χρονικά. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που καθορίζουν τους ρυθμούς διαπνοής:

- **Θερμοκρασία:** Οι ρυθμοί διαπνοής ανεβαίνουν όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία ειδικά στις εποχές ανάπτυξης των φυτών, όταν ο αέρας είναι ζεστός.
- **Σχετική υγρασία:** Όσο αυξάνει η σχετική υγρασία του αέρα που περιβάλλει το φυτό ο ρυθμός διαπνοής πέφτει. Είναι πιο εύκολο να εξατμιστεί νερό σε ξηρό παρά σε υγρό αέρα.
- **Άνεμος:** Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο φυτό αυξάνει τη διαπνοή.
- **Τύπος φυτού:** Διαφορετικά φυτά έχουν διαφορετικούς ρυθμούς διαπνοής. Φυτά που μεγαλώνουν σε ξηρά κλίματα, όπως οι κάκτοι, διαπνέουν λιγότερο από τα άλλα φυτά.

Εξάχνωση: Η μετατροπή του χιονιού ή του πάγου σε υδρατμό χωρίς λιώσιμο

Cobden Unit School District #17, Illinois

Η εξάχνωση είναι η μετατροπή του νερού από τη στερεά μορφή του χιονιού ή του πάγου σε υδρατμό χωρίς να μεσολαβήσει η υγρή μορφή, χωρίς δηλαδή να λιώσει προηγουμένως.

Η παρατήρηση της εξάχνωσης είναι δύσκολη. Ένα εύκολο πείραμα για να δούμε τα αποτελέσματά της είναι να κρατήσουμε ένα βρεγμένο ύφασμα στο ύπαιθρο σε μια μέρα που η θερμοκρασία είναι κάτω από 0°C. Ο πάγος που θα σχηματιστεί στο ύφασμα τελικώς θα εξαφανιστεί. Πιο εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί το φαινόμενο της εξάχνωσης με παγωμένο διοξείδιο του άνθρακα, ή αλλιώς ξηρό πάγο, αντί νερού.

Η εξάχνωση πραγματοποιείται πιο εύκολα όταν υπάρχουν συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες, όπως ξηρή ατμόσφαιρα και άνεμος. Περισσότερο συμβαίνει σε μεγάλα υψόμετρα, όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι σχετικά μικρή. Για να συμβεί εξάχνωση χρειάζεται να απορροφηθεί ενέργεια, όπως συμβαίνει και με την εξάτμιση, και έτσι το φαινόμενο ευνοείται από την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, θεωρείται ότι η νότια πλευρά του Έβερεστ, στην οποία κυριαρχούν η χαμηλή θερμοκρασία, οι ισχυροί άνεμοι και η χαμηλή πίεση είναι ιδανικό μέρος για την εκδήλωση του φαινομένου σε μια ηλιόλουστη μέρα.

Αποθήκευση του νερού στην ατμόσφαιρα: ατμοί, σύννεφα και υγρασία

Μπορεί η ατμόσφαιρα να μην είναι η μεγαλύτερη αποθήκη για το νερό, αλλά είναι η "υπερταχεία λεωφόρος" μέσω της οποίας το νερό μετακινείται σε παγκόσμια κλίμακα. Υπάρχει πάντα νερό στην ατμόσφαιρα. Τα σύννεφα είναι η πιο ορατή μορφή ατμοσφαιρικού νερού αλλά ακόμα και ο καθαρός αέρας περιέχει νερό – με τη μορφή υδρατμών που δεν είναι ορατοί. Αν όλο το νερό της ατμόσφαιρας ήταν σε υγρή μορφή τότε ο όγκος του στο σύνολο της ατμόσφαιρας, ανά πάσα στιγμή, θα ήταν περίπου 12.900 κυβικά χιλιόμετρα. Αν όλο το νερό της ατμόσφαιρας έπεφτε την ίδια στιγμή θα κάλυπτε το έδαφος με νερό σε ύψος 2,5 εκατοστών.

Συμπύκνωση: Νερό που μεταβάλλεται από αέρια σε υγρή μορφή

Photograph by the National Weather Service, Grand Junction Weather Forecast Office, Colorado, U.S.A.

Η συμπύκνωση είναι η διεργασία της μετατροπής του νερού από την αέρια στην υγρή μορφή. Η συμπύκνωση είναι σημαντική για τον κύκλο του νερού, διότι επιτρέπει τον σχηματισμό των σύννεφων. Τα σύννεφα, παράγουν κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι) τα οποία είναι και ο βασικός τρόπος με τον οποίο

το νερό ξαναγυρίζει στην επιφάνεια της Γης. Η συμπύκνωση είναι το αντίθετο της εξάτμισης.Η συμπύκνωση, είναι επίσης υπεύθυνη για την ομίχλη, για το θάμπωμα των τζαμιών κατά τη διάρκεια μιας κρύας μέρας, για το νερό που στάζει από το εξωτερικό ενός ποτηριού με κρύο νερό κ.ά.

Συμπύκνωση στον αέρα

Ακόμα και στον πιο καθαρό γαλανό ουρανό το νερό είναι πάντα εκεί με τη μορφή υδρατμών. Η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε νερό σε αέρια μορφή έχει ένα ανώτατο όριο, το όριο κορεσμού, το οποίο αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Έτσι, αν προστεθούν υδρατμοί πάνω από το όριο κορεσμού, αλλά κυρίως αν ψυχθεί μια αέρια μάζα και μειωθεί το όριο κορεσμού (αυτό γίνεται συνήθως με την ανύψωση και εκτόνωση της μάζας σε μεγαλύτερα υψόμετρα όπου επικρατούν μικρότερες πιέσεις), τότε οι πλεονάζοντες υδρατμοί υγροποιούνται σχηματίζοντας σε μικροσκοπικό επίπεδο σταγονίδια ή παγοκρυστάλλους και σε μακροσκοπικό επίπεδο σύννεφα. Το σχηματισμό των σταγονιδίων ευνοεί η παρουσία στην ατμόσφαιρα στερεών μικροσκοπικών σωματιδίων σκόνης, αλάτων και καπνού, με τα οποία συνδέονται τα μόρια του νερού. Καθώς τα σταγονίδια ενώνονται μεταξύ τους και μεγαλώνουν σε μάζα, μπορεί να βαρύνουν τόσο που τελικά να πέσουν.

Κατακρημνίσματα: Η απελευθέρωση του νερού από τα σύννεφα

Τα κατακρημνίσματα είναι η πτώση του νερού από τα σύννεφα, με τη μορφή βροχής, χιονόνερου, χιονιού ή χαλαζιού. Αποτελεί τον κύριο τρόπο με τον οποίο το νερό της ατμόσφαιρας

επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης. Η συχνότερη μορφή κατακρημνισμάτων είναι η βροχή.

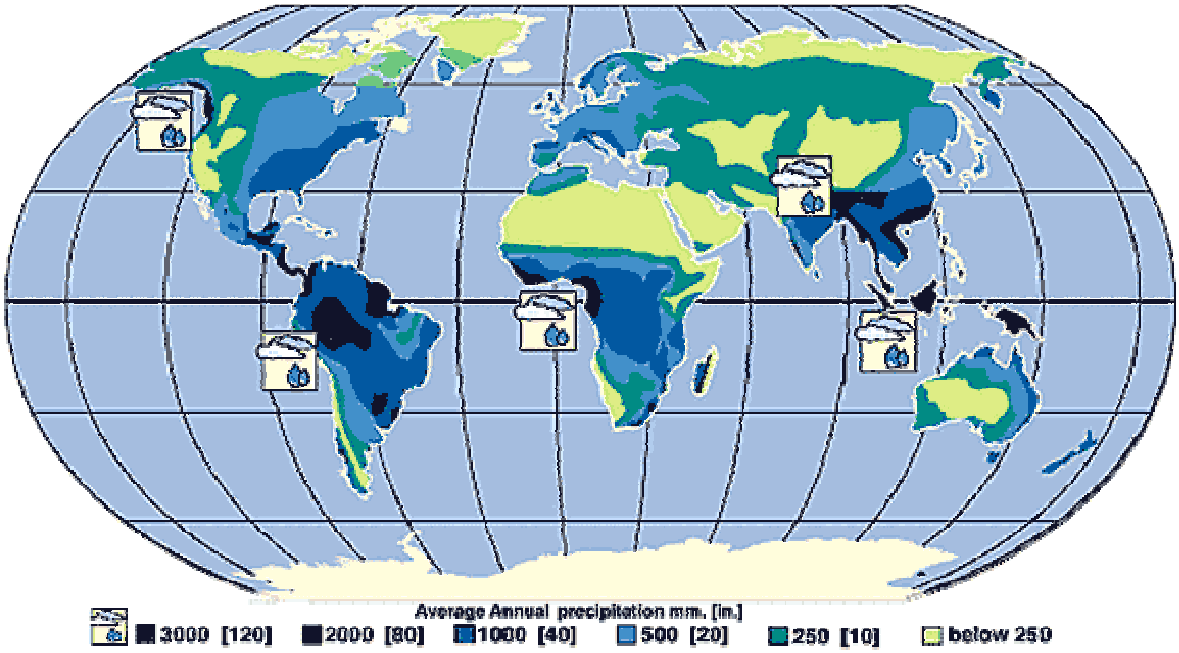
Storm near Elko, Nevada. NOAA

Τα σύννεφα περιέχουν υδρατμούς και σταγονίδια τα οποία είναι πολύ μικρά για να πέσουν ως κατακρημνίσματα αλλά ταυτόχρονα είναι αρκετά μεγάλα ώστε να σχηματίζουν ορατά σύννεφα. Το νερό συνεχώς εξατμίζεται και συμπυκνώνεται στον αέρα. Το περισσότερο νερό που συμπυκνώνεται στα σύννεφα δεν πέφτει διότι υποστηρίζεται από ανοδικά ρεύματα αέρα. Για να προκληθούν κατακρημνίσματα, τα μικροσκοπικά σταγονίδια πρέπει να συνενωθούν για να σχηματίσουν σταγόνες αρκετά μεγάλες και βαριές ώστε να πέσουν υπό την επίδραση βαρύτητας. Για να σχηματιστεί μια σταγόνα βροχής πρέπει να συνενωθούν εκατομμύρια σταγονίδια ενός σύννεφου.

Η κατανομή των κατακρημνισμάτων μεταβάλλεται γεωγραφικά και χρονικά

Δεν πέφτουν οι ίδιες ποσότητες κατακρημνισμάτων παντού στο κόσμο, ούτε καν μέσα σε μια χώρα ή ακόμα και σε μια πόλη. Στην Αθήνα, για παράδειγμα, οι καλοκαιρινές καταιγίδες μπορεί να προκαλέσουν περισσότερο από 50 χιλιοστά βροχής σε

κάποιες περιοχές και να αφήσουν τελείως ξηρές κάποιες άλλες, μερικά χιλιόμετρα πιο πέρα. Μερικές περιοχές στην Ήπειρο (Βορειοδυτική Ελλάδα) δέχονται περισσότερη βροχή κατά τη διάρκεια ενός μήνα από ότι η Αθήνα σε έναν ολόκληρο χρόνο. Το παγκόσμιο ρεκόρ της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης ανήκει στο όρος Waialeale της Χαβάης, όπου πέφτουν 11.400 χιλιοστά (11,4 μέτρα) βροχής κατά μέσο όρο το χρόνο. Αντίθετα, στο Arica της Χιλής, μέχρι πρόσφατα, είχε να βρέξει για 14 χρόνια.
Ο παρακάτω χάρτης δείχνει το μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων παγκοσμίως (σε χιλιοστά [και ίντσες]). Το ανοιχτό πράσινο χρώμα μπορεί να θεωρηθεί "έρημος". Βέβαια, όλοι ξέρουμε ότι η Σαχάρα της Αφρικής είναι έρημος, αλλά αντίστοιχα μικρά ύψη κατακρημνισμάτων έχει και το μεγαλύτερο τμήμα της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής.



Credit: Earth Forum, Houston Museum of Natural Science

Αποθήκευση νερού σε πάγο, παγετώνες και χιόνι

Πάγοι ανά τον κόσμο

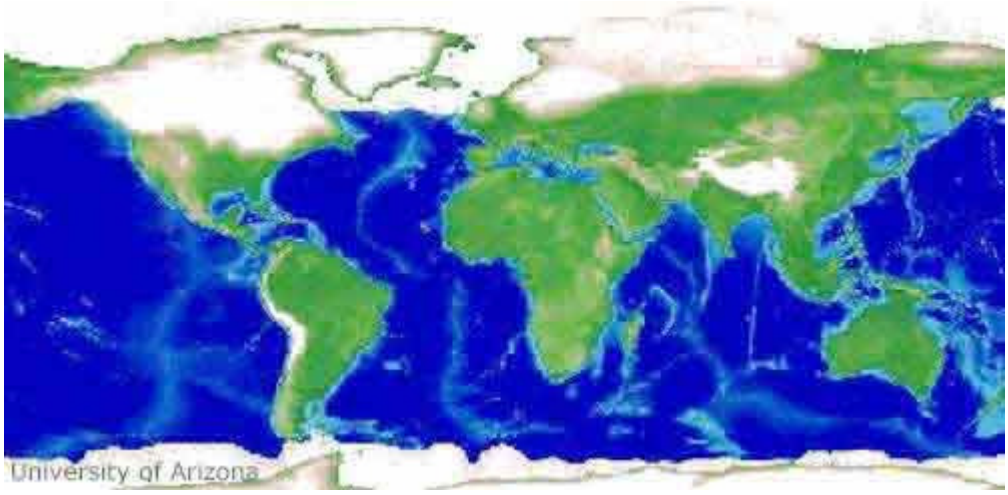
NASA

Το νερό που βρίσκεται αποθηκευμένο για μεγάλες χρονικές περιόδους στον πάγο, το χιόνι και τους παγετώνες, αποτελεί και αυτό μέρος του υδρολογικού κύκλου. Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του πάγου στη Γη, περίπου το 90%, βρίσκεται στην Ανταρκτική, ενώ οι πάγοι της Γροιλανδίας περιέχουν το υπόλοιπο 10% της παγκόσμιας μάζας πάγου. Στη Γροιλανδία το μέσο πάχος πάγου είναι 1.500 μέτρα, αλλά μπορεί να μπορεί να φτάσει και τα 4.300 μέτρα.

Ο πάγος και παγετώνες έρχονται και παρέρχονται

Το κλίμα της Γης μεταβάλλεται συνέχεια αν και συνήθως η μεταβολή δεν είναι αρκετά γρήγορη ώστε να γίνεται αντιληπτή. Κατά τη διάρκεια της ιστορίας της Γης έχουν περάσει πολλές

θερμές περίοδοι, όπως η περίοδος των δεινοσαύρων πριν από 100 εκατομμύρια χρόνια, αλλά και πολλές ψυχρές περίοδοι, όπως η τελευταία εποχή των παγετώνων πριν από περίπου 20.000 χρόνια. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας εποχής των παγετώνων, μεγάλο τμήμα του βόρειου ημισφαιρίου, ήταν σκεπασμένο με παγετώνες.



Μερικά στοιχεία για τους παγετώνες και τα παγόβουνα

- Οι παγετώνες καλύπτουν σήμερα το 10-11% της στεριάς της Γης.
- Αν όλοι οι παγετώνες έλιωναν σήμερα, η στάθμη της θάλασσας θα ανέβαινε κατά 70 μέτρα. Πηγή: Εθνικό Κέντρο Δεδομένων Χιονιού και Πάγου των ΗΠΑ
- Κατά τη διάρκεια της τελευταίας εποχής των παγετώνων η στάθμη της θάλασσας ήταν κατά 122 μέτρα χαμηλότερη της σημερινής και οι παγετώνες κάλυπταν το ένα τρίτο περίπου της στεριάς.
- Κατά τη διάρκεια της τελευταίας θερμής εποχής, 125.000 χρόνια πρίν, οι θάλασσες ήταν 5,5 μέτρα ψηλότερες από σήμερα. Πριν από τρία εκατομμύρια χρόνια, οι θάλασσες μπορεί να ήταν και μέχρι 50 μέτρα ψηλότερες από σήμερα.

Απορροή από λιώσιμο του χιονιού

Hetch-Hetchy basin near Yosemite, California. Photo by David Gay

Παγκοσμίως, η απορροή από το λιώσιμο του χιονιού προς τα υδατορεύματα αποτελεί σημαντική συνιστώσα της κίνησης του νερού. Σε κρύα κλίματα μεγάλο μέρος της ανοιξιάτικης απορροής και της παροχής των ποταμών προέρχεται από το λιώσιμο χιονιού και πάγου. Το γρήγορο λιώσιμο του χιονιού προκαλεί πολλές φορές, εκτός από πλημμύρες, κατολισθήσεις και πτώσεις κατακερματισμένων βράχων.

Η απορροή από το λιώσιμο του χιονιού μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή αλλά και από χρόνο σε χρόνο. Η έλλειψη νερού αποθηκευμένου με τη μορφή χιονιού το χειμώνα μπορεί να λιγοστέψει το διαθέσιμο νερό για όλο τον υπόλοιπο χρόνο. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τη ποσότητα διαθέσιμου νερού στους κατάντη ταμιευτήρες, πράγμα που με τη σειρά του μπορεί να επηρεάσει το διαθέσιμο νερό για άρδευση και ύδρευση.

Επιφανειακή απορροή

Επιφανειακή απορροή είναι η απορροή κατακρημνισμάτων πάνω από το εδαφικό ανάγλυφο

Μέρος των κατακρημνισμάτων που πέφτουν πάνω στο έδαφος, κυλούν επιφανειακά προς τα ποτάμια, σχηματίζοντας την επιφανειακή απορροή. Στην πραγματικότητα τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα, καθώς τα ποτάμια κερδίζουν και χάνουν νερό μέσω του εδάφους.

Overland runoff from disturbed areas often contains excessive sediment in addition to water. (USGS)

Συνήθως, τμήμα της βροχής που πέφτει, ποτίζει το έδαφος, αλλά όταν το έδαφος είναι κορεσμένο ή αδιαπέρατο, όπως πχ. ένας δρόμος ή ένα πάρκινγκ, το νερό αρχίζει να ρέει προς τα χαμηλά με τη μορφή απορροής. Το νερό στην πορεία του προς τα ποτάμια, κυλά μέσω αυλακιών στο έδαφος. Η πιο πάνω φωτογραφία δείχνει πως η επιφανειακή απορροή (που εδώ κυλά από έναν δρόμο) μπαίνει σε ένα μικρό ρυάκι. Η απορροή στην περίπτωση αυτή κυλά πάνω από χώμα και συμπαρασύρει φερτά μέσα στο ποτάμι. Το νερό που μπαίνει στο ρυάκι ξεκινά το ταξίδι του πίσω προς τη θάλασσα.

Όπως συμβαίνει με όλα τα μέρη του υδρολογικού κύκλου, η σχέση μεταξύ των κατακρημνισμάτων και της επιφανειακής απορροής μεταβάλλεται στο χρόνο και το χώρο. Παρόμοιες καταιγίδες σε μια ζούγκλα και σε μια έρημο προκαλούν διαφορετικές μορφές επιφανειακής απορροής. Η απορροή εξαρτάται τόσο από μετεωρολογικούς παράγοντες, όσο και από τη γεωλογία και το ανάγλυφο της περιοχής. Μόνο το ένα τρίτο περίπου του όγκου των κατακρημνισμάτων που πέφτει πάνω στο έδαφος, απορρέει σε υδατορεύματα και γυρίζει στη θάλασσα. Τα υπόλοιπα δύο τρίτα, εξατμίζονται, ή διηθούνται προς τα υπόγεια νερά. Τμήμα της επιφανειακής απορροής χρησιμοποιείται επίσης από τον άνθρωπο για δικές του χρήσεις.

Ροή σε υδατορεύματα: Η κίνηση του νερού μέσα στα ποτάμια

Η Γεωλογική Υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS) χρησιμοποιεί τον όρο "ροή σε υδατορεύματα" αναφερόμενη στο νερό που κυλά μέσα σε ποτάμια, ρέματα ή ρυάκια.

Η σημασία των ποταμιών

Τα ποτάμια δεν είναι σημαντικά μόνο για τους ανθρώπους, αλλά και για τη ζωή παντού. Δεν είναι μόνο θαυμάσιοι τόποι αναψυχής, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως πηγή πόσιμου νερού και νερού για άρδευση, για τη παραγωγή

ηλεκτρισμού, τη μετακίνηση εμπορευμάτων αλλά και ως πηγή τροφής. Χρησιμοποιούνται μερικές φορές αναγκαστικά και για την απόρριψη λυμάτων, τα οποία θα πρέπει να είναι επεξεργασμένα για την αποφυγή ρύπανσης και καταστροφής των πολλών ειδών οργανισμών, φυτών και ζώων, που ζουν στα ποτάμια. Τα ποτάμια βοηθούν στην τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων μέσω της διήθησης νερού από τη κοίτη τους προς τα κατώτερα υπεδάφια στρώματα. Και φυσικά επιστρέφουν στη θάλασσα το μεγαλύτερο τμήμα του νερό που εισέρχεται σε αυτά.

Λεκάνες απορροής και ποτάμια

Για την κατανόηση της λειτουργίας του υδρολογικού κύκλου είναι σημαντική η έννοια των λεκανών απορροής των ποταμιών. Η λεκάνη απορροής είναι εδαφική έκταση που φιλοξενεί το ποτάμι και όλους τους παραποτάμους του, ακόμη και τα μικρά ρυάκια που καταλήγουν σε αυτό. Ακριβέστερα, λεκάνη απορροής σε μια δεδομένη θέση ενός υδατορεύματος είναι η γεωγραφική περιοχή που τα νερά της συνεισφέρουν στην απορροή που περνά από τη θέση αυτή του υδατορεύματος. Οι λεκάνες απορροής μπορεί να είναι από τόσο μικρές όσο μια πατημασιά στη λάσπη, μέχρι τόσο μεγάλες όσο όλη η έκταση που στραγγίζει στον ποταμό Αμαζόνιο στο σημείο που εκβάλλει στον Ατλαντικό Ωκεανό. Η τελευταία, που είναι και η μεγαλύτερη από τις λεκάνες όλων των ποταμών της υφηλίου, φτάνει τα 7.180.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Κάθε μεγάλη λεκάνη απορροής μπορεί να χωριστεί σε μικρότερες επιμέρους υπο-λεκάνες (π.χ. μια για κάθε παραπόταμο). Οι λεκάνες απορροής είναι πολύ σημαντικές διότι η ποσότητα και η

ποιότητα του νερού στα ποτάμια εξαρτώνται από ό,τι συμβαίνει μέσα στις λεκάνες, είτε το έχει προκαλέσει ο άνθρωπος είτε όχι.

Η ροή των υδατορευμάτων αλλάζει συνεχώς

Η ροή στα υδατορεύματα αλλάζει συνεχώς, από μέρα σε μέρα, ή ακόμα από λεπτό σε λεπτό. Φυσικά, ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την παροχή του νερού είναι η απορροή των κατακρημνισμάτων από τη λεκάνη. Η βροχή αυξάνει τη στάθμη του νερού των ποταμών, ακόμα και αν έχει βρέξει πολύ ψηλά στη λεκάνη απορροής, μακριά από τη θέση που παρατηρούμε τη ροή. Το μέγεθος ενός ποταμού εξαρτάται από το μέγεθος της λεκάνης απορροής του. Μεγάλο ποτάμι είναι αυτό που έχει μεγάλη λεκάνη απορροής. Ομοίως, ποτάμια διαφορετικών μεγεθών, αντιδρούν διαφορετικά σε καταιγίδες και βροχές. Η στάθμη των μεγάλων ποταμών αλλάζει πιο αργά από τη στάθμη των μικρών. Σε μια μικρή λεκάνη, η στάθμη του ποταμού θα ανυψωθεί και θα πέσει μέσα σε μερικά λεπτά ή ώρες. Στα μεγάλα ποτάμια κάτι τέτοιο μπορεί να πάρει μέρες και οι πλημμύρες μπορεί να διαρκέσουν πολύ.

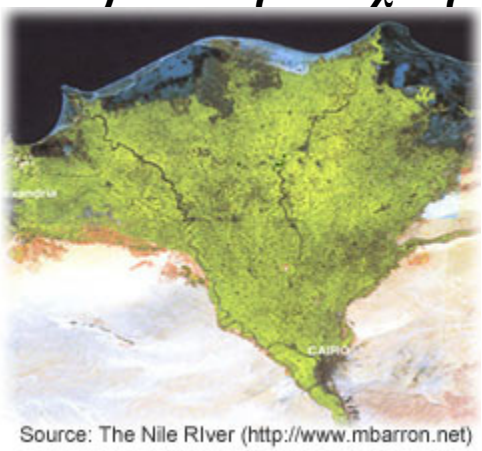
Αποθήκευση γλυκού νερού: Γλυκό νερό στην επιφάνεια της Γης

Ένα μέρος του υδρολογικού κύκλου, που είναι προφανώς ζωτικής σημασίας για τη ζωή πάνω στη Γη, είναι το γλυκό νερό

που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το επιφανειακό νερό περιλαμβάνει υδατορεύματα, λίμνες, ταμιευτήρες (τεχνητές λίμνες) και υγρότοπους γλυκού νερού.

Η ποσότητα του νερού στα ποτάμια και τις λίμνες αλλάζει συνεχώς λόγω της μεταβολής των εισροών (όπως των κατακρημνισμάτων και των παροχών των πηγών) και των εκροών (όπως της εξάτμισης και της διήθησης προς τους υπόγειους υδροφορείς). Η ποσότητα και η θέση του επιφανειακού νερού, αλλάζει στο χρόνο και το χώρο, ως αποτέλεσμα είτε φυσικών είτε ανθρωπογενών διεργασιών.

Το επιφανειακό νερό επιτρέπει τη συνέχιση της ζωής



Source: The Nile RIver (http://www.mbarron.net)

Όπως φαίνεται και από αυτή τη φωτογραφία του Δέλτα του Νείλου η ζωή μπορεί να ανθίσει και μέσα στην έρημο, αρκεί να υπάρχει παροχή επιφανειακού (ή υπόγειου) νερού. Το νερό στηρίζει ουσιαστικά τη ζωή στη Γη.
Το γλυκό νερό είναι σχετικά σπάνιο στην επιφάνεια της Γης. Μόνο το 3% του νερού του πλανήτη είναι γλυκό ενώ όλες οι λίμνες και τα έλη μαζί περιέχουν μόνο το 0,29% του γλυκού αυτού νερού. Το 20% του συνολικού γλυκού νερού των λιμνών και ελών βρίσκεται σε μία λίμνη, τη λίμνη Βαϊκάλη στην Ασία.

Άλλο ένα 20% βρίσκεται αποθηκευμένο στις Μεγάλες Λίμνες (Huron, Michigan, και Superior) στις ΗΠΑ. Τα ποτάμια περιέχουν μόνο το 0.006% του συνολικού γλυκού νερού του πλανήτη.

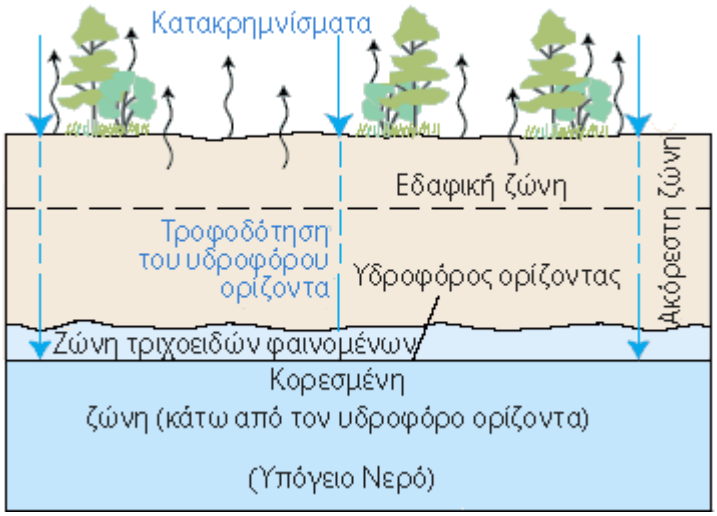
Διήθηση: Η προς τα κάτω κίνηση του νερού από την επιφάνεια προς τα εδαφικά στρώματα και τα πετρώματα

Παντού στον κόσμο, τμήμα του νερού που πέφτει ως βροχή ή χιόνι, διηθείται μέσα στο έδαφος. Η ποσότητα του νερού που διηθείται εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων. Η διήθηση των κατακρημνισμάτων που πέφτουν πάνω στους πάγους της Γροιλανδίας μπορεί να είναι πολύ μικρή, ενώ αντίθετα, σ' αυτή τη φωτογραφία του υδατορεύματος που χάνεται μέσα σε μια σπηλιά, στη Georgia των ΗΠΑ, όλο το νερό γίνεται κατευθείαν υπόγειο νερό!

Τμήμα του νερού που διηθείται μένει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και μπορεί να καταλήξει τελικά σε ένα υδατόρευμα. Ένα άλλο τμήμα του νερού, μπορεί να διηθηθεί πιο βαθιά και να

τροφοδοτήσει υπόγειους υδροφορείς. Αν οι υδροφορείς είναι κοντά στην επιφάνεια και αρκετά πορώδεις, ώστε να επιτρέπουν τη γρήγορη κίνηση του νερού, μπορεί να φτιαχτούν πηγάδια και να αντληθεί νερό για διάφορες ανάγκες. Το νερό μπορεί να ταξιδέψει μεγάλες αποστάσεις ή να μείνει αποθηκευμένο υπόγεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα πριν επανέλθει στην επιφάνεια μπαίνοντας σε ποτάμια ή τη θάλασσα.

Υπόγειο νερό



Καθώς το νερό διηθείται προς το υπέδαφος, σχηματίζει συνήθως μια ακόρεστη και μια κορεσμένη ζώνη. Στην ακόρεστη ζώνη υπάρχει νερό αλλά και αέρας στα κενά (πόρους) του εδαφικού σχηματισμού, δηλαδή τα κενά αυτά δεν είναι τελείως γεμάτα με νερό. Το άνω μέρος της ακόρεστης ζώνης είναι η εδαφική ζώνη. Η εδαφική ζώνη έχει κενά που δημιουργούνται από τις ρίζες των φυτών, τα οποία επιτρέπουν στο νερό να διηθηθεί. Το νερό στην ανώτερη αυτή ζώνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά. Κάτω από την ακόρεστη ζώνη βρίσκεται η κορεσμένη, στην οποία το νερό γεμίζει όλους τους πόρους του εδάφους.

Αποθήκευση υπόγειου νερού: Νερό που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της Γης για μεγάλα χρονικά διαστήματα

Εκτός από τις καθημερινά ορατές ποσότητες νερού, υπάρχουν και τεράστιες μη ορατές ποσότητες νερού – νερού που βρίσκεται και κινείται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το νερό αυτό εδώ και χιλιάδες χρόνια και συνεχίζουν και σήμερα να το χρησιμοποιούν κυρίως για ύδρευση και άρδευση. Η ζωή στη Γη βασίζεται στο υπόγειο νερό όπως και στο επιφανειακό.

Το αποθηκευμένο υπόγειο νερό ως μέρος του υδρολογικού κύκλου

Μεγάλες ποσότητες νερού βρίσκονται αποθηκευμένες κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το νερό αυτό συνεχίζει να κινείται, αν και συνήθως με πολύ μικρή ταχύτητα, και συνεχίζει να αποτελεί μέρος του υδρολογικού κύκλου. Το περισσότερο υπόγειο νερό προέρχεται από διήθηση κατακρημνισμάτων. Τα ανώτερα στρώματα αποτελούν την ακόρεστη ζώνη όπου η ποσότητα του νερού αλλάζει με το χρόνο αλλά δεν γεμίζει πλήρως τους πόρους του εδάφους. Κάτω από τη ζώνη αυτή υπάρχει η κορεσμένη ζώνη όπου όλοι οι πόροι και οι ρωγμές των πετρωμάτων είναι γεμάτα νερό. Ο όρος υπόγειο νερό χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτή τη ζώνη. Ο χώρος αποθήκευσης του υπόγειου νερό αποδίδεται με τον όρο "υδροφορέας". Οι υδροφορείς ή τα υδροφόρα στρώματα, είναι τεράστιες αποθήκες νερού της Γης και η ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλο τον κόσμο εξαρτάται καθημερινά από αυτούς.

Υπόγειο νερό και υδροφόρος ορίζοντας

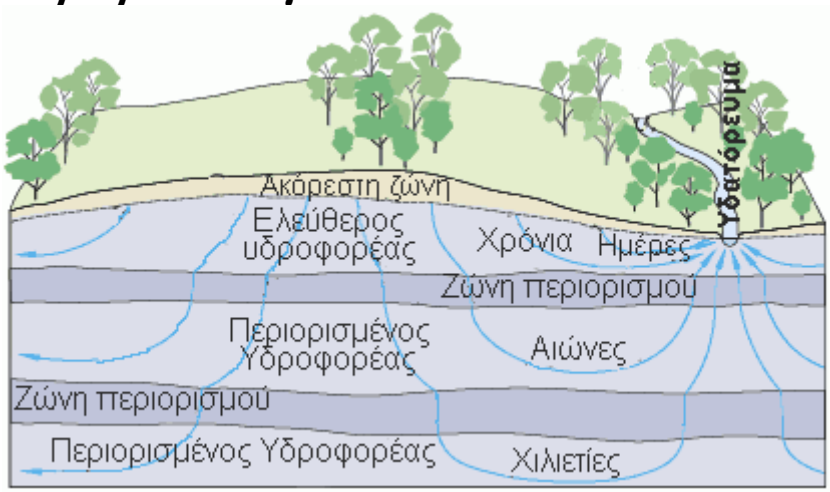
Η παραπάνω φωτογραφία δείχνει ένα απλό πείραμα που μπορεί να κάνει κανείς σε μια παραλία εύκολα (αν και ίσως του πάρει μια ώρα κάτω απ' τον καυτό ήλιο), σκάβοντας μια τρύπα στην άμμο. Είναι ένας παραστατικός τρόπος να παρουσιάσει κανείς το πως μετά από ένα συγκεκριμένο βάθος, το έδαφος, αν είναι αρκετά πορώδες ώστε να κρατά νερό, είναι κορεσμένο με νερό. Η επιφάνεια της λιμνούλας με το νερό μέσα στη τρύπα είναι ο υδροφόρος ορίζοντας, που στη περίπτωση αυτή είναι η προέκταση της επιφάνειας της θάλασσας. Μια και εδώ η στάθμη της θάλασσας αλλάζει λόγω της παλίρροιας, η στάθμη του νερού στη τρύπα ανεβοκατεβαίνει μαζί της. Αν υποθέσουμε ότι με ένα δοχείο προσπαθούσαμε να αδειάσουμε νερό από την τρύπα, αυτή θα ξαναγέμιζε σχεδόν αμέσως γιατί η άμμος είναι πολύ υδροπερατή, δηλαδή το νερό ρέει εύκολα μέσα στα κενά της.

Έτσι λοιπόν, η τρύπα μοιάζει με πηγάδι που δίνει πρόσβαση στο υπόγειο γλυκό νερό. Τα πηγάδια παλιότερα ήταν μικρού βάθους και για να βγάλουν νερό από αυτά χρησιμοποιούσαν κουβάδες. Σήμερα, η τεχνολογία επιτρέπει το άνοιγμα πηγαδιών, ακριβέστερα γεωτρήσεων, σε πολύ μεγαλύτερα βάθη, π.χ.

εκατοντάδων μέτρων, που φτάνουν στα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα. Η βασική ιδέα είναι όμως η ίδια με τη τρύπα στην άμμο – πρόσβαση σε νερό στην κορεσμένη ζώνη όπου οι πόροι των πετρωμάτων είναι γεμάτοι με νερό.

Εκφόρτιση υπόγειου νερού: η έξοδος του νερού από το υπέδαφος

Το υπόγειο νερό ρέει υπόγεια



Όπως προαναφέρθηκε, τμήμα των κατακρημνισμάτων διηθείται και μετατρέπεται σε υπόγειο νερό. Από το νερό που εισχωρεί στο έδαφος, ένα μέρος κινείται κοντά στην επιφάνεια και ξαναβγαίνει γρήγορα με τη μορφή απορροής προς τα υδατορεύματα, υπό την επίδραση της βαρύτητας. Όμως ένα άλλο μεγάλο μέρος συνεχίζει τη πορεία του προς βαθύτερα στρώματα. Όπως δείχνει το διάγραμμα, η κατεύθυνση και η ταχύτητα του υπόγειου νερού καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά των υδροφορέων και των στρωμάτων περιορισμού (υπεδάφια στρώματα, τα οποία διαπερνά το νερό πολύ δύσκολα ή σχεδόν καθόλου). Η υπόγεια κίνηση του νερού εξαρτάται από τη διαπερατότητα (πόσο εύκολο ή δύσκολο είναι

στο νερό να κινηθεί) και από το πορώδες (την ποσότητα των κενών μέσα στο υλικό) των στρώσεων. Αν το υπεδάφιο στρώμα επιτρέπει στο νερό να κινείται σχετικά γρήγορα, αυτό μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις στη διάρκεια μερικών ημερών. Μπορεί όμως επίσης να βυθιστεί προς βαθιούς υδροφορείς και να κάνει χιλιάδες χρόνια μέχρι να ξαναβγεί στην επιφάνεια.

Πηγές: Σημεία όπου το υπόγειο νερό βγαίνει στην επιφάνεια
Τι είναι μια πηγή;

Credit: Jo Schaper, Missouri Springs

Όταν ένας υδροφορέας γεμίζει τόσο ώστε το νερό να υπερχειλίσει προς την επιφάνεια του εδάφους, δημιουργούνται πηγές. Το μέγεθος τους κυμαίνεται από μικρές πηγές που ενεργοποιούνται μόνο μετά από δυνατές βροχές, μέχρι τεράστιες πηγές που λειτουργούν σε μόνιμη βάση και βγάζουν χιλιάδες κυβικά μέτρα νερού ανά ημέρα.
Πηγές μπορούν να δημιουργηθούν σε κάθε τύπου πέτρωμα, αλλά είναι συνηθέστερες σε ασβεστόλιθο και δολομίτη οι οποίοι διαλύονται από το νερό, ιδιαίτερα όταν έχουν ρωγμές. Αυτά τα πετρώματα έχουν μεγάλη διαπερατότητα και απορροφούν

μεγάλες ποσότητες κατακρημνισμάτων, οπότε αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης πηγών, μέσω των οποίων εξέρχεται στην επιφάνεια το νερό που είχε εισχωρήσει στα πετρώματα.

Το νερό των πηγών δεν είναι πάντα διαυγές

Spring in Colorado, USA, USGS

Το νερό των πηγών είναι συνήθως διαυγές. Υπάρχουν όμως πηγές, των οποίων το νερό έχει το "χρώμα του τσαγιού", όπως αυτή η πηγή στο Colorado των ΗΠΑ. Το κόκκινο χρώμα προκαλείται από το γεγονός ότι το υπόγειο νερό έρχεται σε επαφή με ορυκτά, όπως ο σίδηρος. Η παρουσία χρώματος στο νερό των πηγών μπορεί να δείχνει ότι το νερό περνά γρήγορα μέσα από μεγάλες υπόγειες διόδους, χωρίς να φιλτράρεται αρκετά από τα πετρώματα ώστε να φύγει το χρώμα.

Θερμές πηγές

Credit: Galen R Frysinger, http://www.galenfrysinger.com

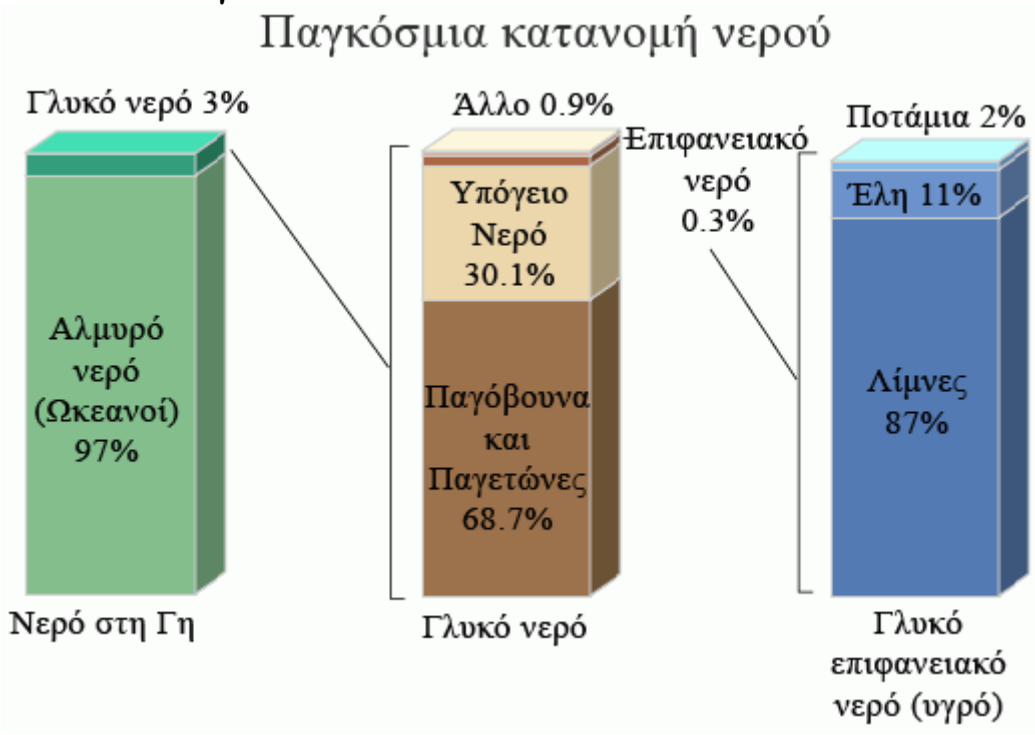
Οι θερμές πηγές είναι κανονικές πηγές, το νερό των οποίων είναι όμως ζεστό, ή σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και καυτό, όπως στις πηγές αναβράζουσας λάσπης του Εθνικού Πάρκου Yellowstone, στο Wyoming των ΗΠΑ. Πολλές θερμές πηγές βρίσκονται σε περιοχές με πρόσφατη ηφαιστειακή δραστηριότητα, όπου το νερό ζεσταίνεται ερχόμενο σε επαφή με θερμά πετρώματα πολύ κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Τα πετρώματα γίνονται θερμότερα όσο το βάθος μεγαλώνει και σε περίπτωση που το βαθύ υπόγειο νερό βρει κάποια δίοδο προς την επιφάνεια, μπορεί να σχηματιστεί θερμή πηγή. Θερμές πηγές υπάρχουν σε πολλά μέρη και μπορούν κάλλιστα να συνυπάρχουν με παγόβουνα, όπως μπορούν να βεβαιώσουν και οι χαρούμενοι Γροιλανδοί της φωτογραφίας.

Παγκόσμια κατανομή νερού

Το παρακάτω διάγραμμα και ο πίνακας δεδομένων, παρουσιάζουν μια λεπτομερή περιγραφή της κατανομής του νερού της Γης σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Παρατηρούμε πως από τα συνολικά 1.386 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα του νερού στη Γη περισσότερο από 96% είναι αλμυρό. Επίσης, το 68% του γλυκού νερού είναι δεσμευμένο σε

πάγο και παγετώνες. Ακόμα ένα 30% του γλυκού νερού βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς. Το επιφανειακό γλυκό νερό που βρίσκεται σε ποτάμια και λίμνες είναι συνολικά 93.100 κυβικά χιλιόμετρα και αντιπροσωπεύει περίπου το 1/150 του 1% του συνολικού νερού στη Γη. Παρά ταύτα, τα ποτάμια και οι λίμνες είναι οι βασικές πηγές νερού για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών.



Το γεγονός ότι οι λίμνες και τα ποτάμια, δηλαδή τα επιφανειακά νερά, είναι οι κύριες πηγές νερού, ή αλλιώς υδατικοί πόροι, φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με την εικόνα που δίνει ο παραπάνω πίνακας, σύμφωνα με την οποία τα υπόγεια νερά είναι κατά τάξεις μεγέθους περισσότερα από τα επιφανειακά. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί αν σκεφτούμε ότι οι πόροι του νερού δεν είναι αποθεματικοί (όπως π.χ. είναι το πετρέλαιο) αλλά ανανεώσιμοι. Επομένως αυτό που έχει σημασία δεν είναι η ποσότητα νερού που είναι αποθηκευμένη αλλά αυτή που ανανεώνεται κάθε χρόνο. Έτσι, λοιπόν, τα επιφανειακά νερά

διακινούνται – και άρα ανανεώνονται – με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς από τα υπόγεια.
Με άλλα λόγια δεν έχει τόσο σημασία η στατική εικόνα της αποθήκευσης του νερού, αλλά η δυναμική εικόνα της κυκλοφορίας του νερού στην υδρόγειο. Αυτή περιγράφεται από τις ποσότητες των διακινήσεων του νερού ανάμεσα στις διάφορες μορφές, δηλαδή τις ποσότητες που μεταφέρονται μέσα στον υδρολογικό κύκλο. Τα πιο χαρακτηριστικά στοιχεία τους είναι ότι

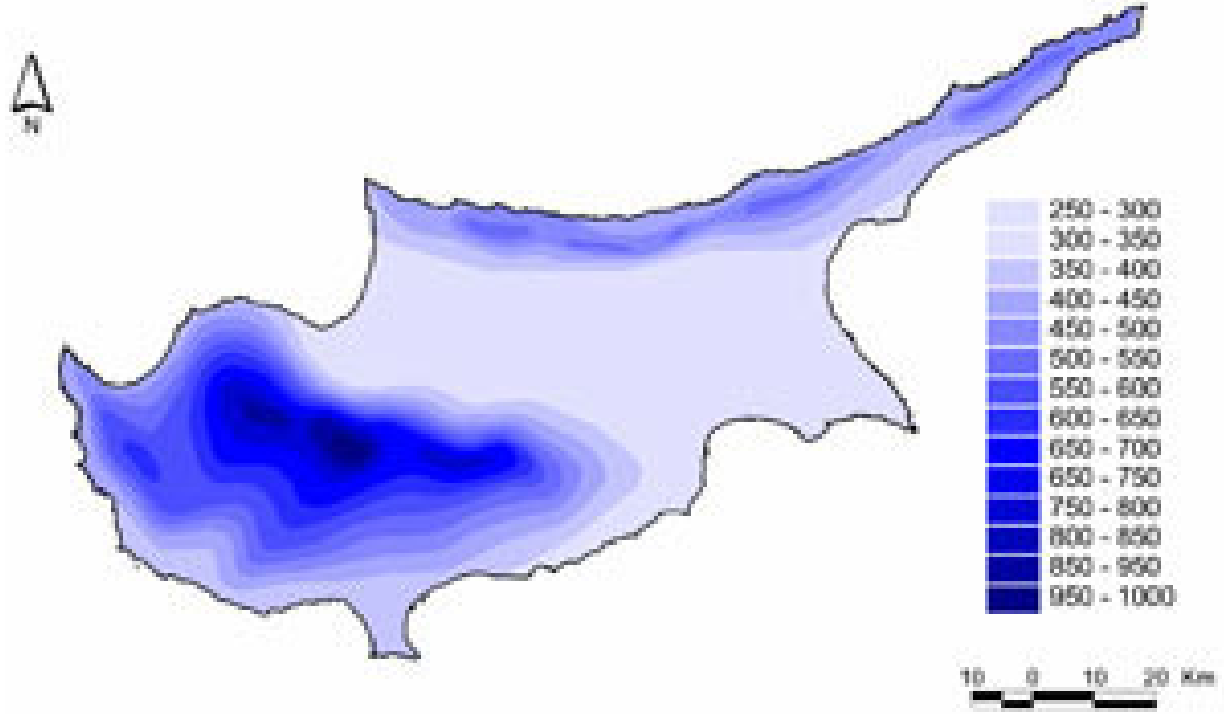
(1) Το χερσαίο τμήμα της Γης τροφοδοτείται από το θαλάσσιο, μέσω των μηχανισμών της εξάτμισης και της μεταφοράς από τους ανέμους, με υδρατμούς (δηλαδή νερό σε καθαρή μορφή) που φτάνουν στο 39,5% των χερσαίων κατακρημνισμάτων (το υπόλοιπο 60,5% των χερσαίων κατακρημνισμάτων προέρχεται από τη χερσαία εξατμοδιαπνοή).

(2) Η ίδια ποσότητα (39,5%) οδηγείται μέσω της επιφανειακής και υπόγειας απορροής από την ξηρά στη θάλασσα, για να κλείσει έτσι ο υδρολογικός κύκλος και το υδατικό ισοζύγιο της υδρογείου.

(3) Από τη συνολική απορροή, η οποία αποτελεί και την οροφή του εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού, τη μερίδα του λέοντος παίρνει η επιφανειακή απορροή (η επιφανειακή εκροή στη θάλασσα είναι περίπου 20 φορές μεγαλύτερη από την υπόγεια εκροή).

Ο υδρολογικός κύκλος στην Κύπρο (πηγές ΤΑΥ, ΙΓΕ)

Μέχρι και το 1997 η μοναδική πηγή υδατικών πόρων στην Κύπρο, ήταν η βροχόπτωση. Σύμφωνα με μια μακρά σειρά παρατηρήσεων η μέση ετήσια βροχόπτωση, περιλαμβανόμενης και της χιονόπτωσης, είναι 503 χιλιοστόμετρα, ενώ από το 2000 μέχρι σήμερα έχει μειωθεί στα 463 χιλιοστόμετρα. Η ποσότητα νερού που αντιστοιχεί στην ολική επιφάνεια της ελεύθερης περιοχής της Κύπρου ανέρχεται στα 2.750 εκατομμύρια κυβικά μέτρα (ΕΚΜ), αλλά μόνο το 10% ή 275 ΕΚΜ προσφέρεται για εκμετάλλευση, αφού τα υπόλοιπα 90% περίπου επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα ως απευθείας εξάτμιση και διαπνοή.



Η βροχόπτωση είναι γεωγραφικά ανομοιόμορφα κατανεμημένη με τη μέγιστη στους δύο ορεινούς όγκους και την ελάχιστη στις ανατολικές πεδινές και παράλιες περιοχές. Επιπρόσθετα υπάρχει και μεγάλη διαχρονική διακύμανση της βροχόπτωσης με συχνές συνεχείς ανομβρίες διάρκειας δύο μέχρι τεσσάρων χρόνων.

Η μέση ετήσια ποσότητα των 275 ΕΚΜ νερού κατανέμεται με μια αδρή αναλογία 1:3 σε επιφανειακή αποθήκευση και σε υπόγεια νερά αντίστοιχα. Από την υπόγεια αποθήκευση περίπου το 1/3 ρέει στη θάλασσα.

ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1) Ποταμοί

Οι περισσότεροι ποταμοί πηγάζουν από την περιοχή του Τροόδους. Η εποχιακή κατανομή της επιφανειακής απορροής ακολουθεί την εποχιακή κατανομή των κατακρημνισμάτων, με ελάχιστες τιμές κατά τους θερινούς μήνες και μέγιστες τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες. Αποτέλεσμα του Ανατολικού Μεσογειακού κλίματος, το οποίο χαρακτηρίζεται από ζεστό θέρος μεγάλης διάρκειας και χαμηλής μέσης ετήσιας βροχόπτωσης, είναι να μην υπάρχουν ποταμοί με συνεχή ροή σε όλο τους το μήκος. Οι περισσότεροι ποταμοί ρέουν για 3 με 4 μήνες το χρόνο και στερεύουν για το υπόλοιπο έτος. Μόνο τμήματα κάποιων ποταμών τα οποία βρίσκονται ανάντη της περιοχής του Τροόδους έχουν συνεχή ροή (οι ποταμοί Ξερός, Διαρίζος, Καργώτης Μαραθάσας, Κούρης και Γερμασόγειας). Οι περισσότεροι ποταμοί έχουν μάλλον απότομη κλίση εκτός από τα ποτάμια στις πεδινές εκτάσεις κατά μήκος της νότιας ακτής του νησιού. Τα πιο πολλά τμήματα των ποταμών, ωστόσο, βρίσκονται σε ενδιάμεσο υψόμετρο.

2) Λίμνες

Ως αποτέλεσμα του ξηρού Μεσογειακού κλίματος, υπάρχουν μόνο 5 φυσικές λίμνες οι οποίες είναι υφάλμυρες ή αλμυρές. Τα

άλλα συστήματα υδάτων έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο ως αποτέλεσμα της κατασκευής φραγμάτων σε ποτάμια ή της δημιουργίας αποθηκευτικών δεξαμενών. Όλες οι λίμνες στην Κύπρο μπορούν να χαρακτηρισθούν ως δυναμικά συστήματα. Οι φυσικές αλμυρές και υφάλμυρες λίμνες στεγνώνουν συχνά, αλλά όχι κάθε έτος. Τόσο οι αλμυρές όσο και οι υφάλμυρες λίμνες περιλαμβάνουν είδη που είναι τυπικά για αυτές τις συνθήκες. Η ποσότητα νερού στους τεχνητούς ταμιευτήρες και τις αποθηκευτικές δεξαμενές εξαρτάται από τη βροχόπτωση και τη χρήση. Οι τεχνητοί ταμιευτήρες κυρίως γεμίζουν από την εισροή νερού από τα ποτάμια. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα γεμίζουν αλλά το καλοκαίρι το περισσότερο νερό χρησιμοποιείται και η στάθμη του νερού υποβιβάζεται. Συνεπώς, η στάθμη του νερού και το μέγεθος αυτών των λιμνών είναι μεταβαλλόμενα. Καθώς όλοι οι τεχνητοί ταμιευτήρες και οι αποθηκευτικές δεξαμενές είναι κατασκευασμένες με σκοπό την παροχή πόσιμου νερού και νερού για άρδευση, όλες αυτές οι λίμνες ενδέχεται να στεγνώσουν, κάτι που στην πραγματικότητα συμβαίνει συχνά.

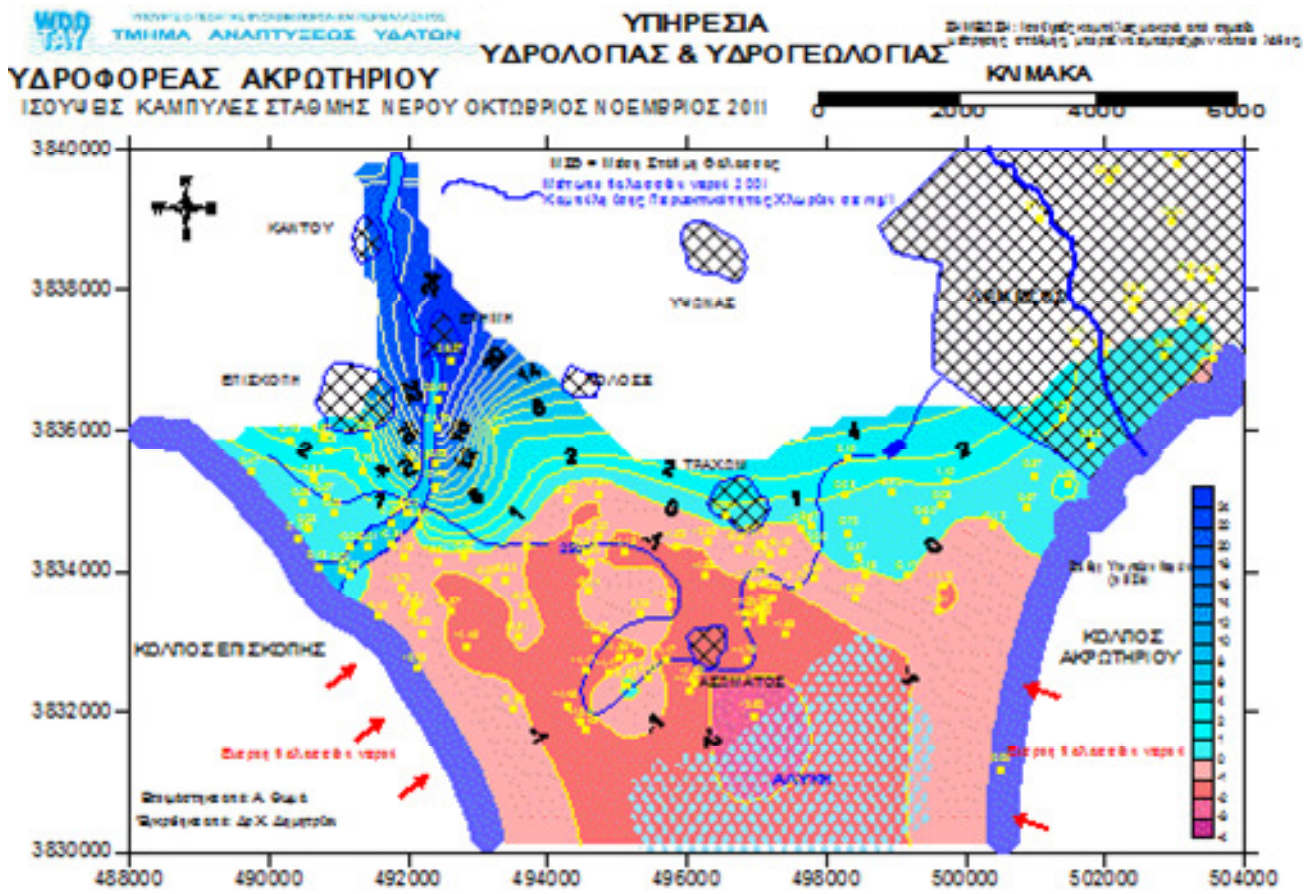
3)Συστήματα υπόγειων υδάτων

Οι περισσότεροι υδροφορείς του νησιού είναι φρεάτιοι, και είναι ανεπτυγμένοι σε ποτάμιες ή παράκτιες αλλουβιακές αποθέσεις. Αυτοί είναι οι μεγαλύτεροι και οι πιο δυναμικοί υδροφορείς, οι οποίοι ανατροφοδοτούνται κυρίως από τις παροχές ποταμών και τις βροχοπτώσεις. Υπάρχουν τρεις μεγάλοι παράκτιοι υδροφορείς οι οποίοι περιλαμβάνουν όλες τις κάθετες κοίτες των ποταμών. Τα παράκτια τμήματα αυτών των υδροφορέων συνίστανται από άμμο, ιλύ, ασβεστόλιθους, κροκαλοπαγή πετρώματα και άργιλο. Οι κοίτες των ποταμών αποτελούνται

από αλλουβιακές αποθέσεις, κροκάλες, άμμο και ιλύ. Αυτοί οι υδροφορείς είναι φρεάτιοι και έχουν βάθος γύρω στα 30m. Εκτός από τον μεγάλο αλλά όχι και τόσο παραγωγικό υδροφορέα των τροαδικών μαγματικών βράχων, οι άλλοι υδροφορείς υφίστανται σε γύψο, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και κρητίδες. Αυτοί οι υδροφορείς είναι κυρίως φρεάτιοι και σε κάποια τμήματα ημιπερατοί ή υπό πίεση. Αυτά τα τμήματα είναι καλυμμένα από στρώματα ιλύος και λάσπης ή από αμμώδη μάργα. Παρατηρήθηκε ότι ο υδροφορέας του όρους Τρόοδος, έχει αναπτυχθεί γενικά σε οφιόλιθους χαμηλής διαπερατότητας και τοπικά σε μέτρια διαπερατές διαρρηγμένες ζώνες μαγματικών βράχων και για αυτό είναι υπό-πίεση σε κάποια τμήματα.

Όλοι οι υδροφορείς της Κύπρου (66) έχουν ομαδοποιηθεί σε 20 συστήματα υπόγειων υδάτων, με βάση τη λιθολογία, τα υδραυλικά χαρακτηριστικά, τις πιέσεις και τη σπουδαιότητα του κάθε υδροφορέα.

Δέκα συστήματα υπόγειων υδάτων έχουν άμεση σύνδεση με τη θάλασσα. Το σύστημα υπόγειων υδάτων της Λεμεσού εκρέει στη θάλασσα και η εκροή φτάνει τα 350 m3/h, ενώ τα άλλα υδατικά συστήματα έχουν εκροή χαμηλότερη από 150 m3/h. Τα περισσότερα συστήματα υπόγειων υδάτων είναι φρεάτια με κάποια τμήματα ημιπερατά ή υπό πίεση. Μόνο οι γύψοι Μαρώνι είναι εντελώς υπό πίεση. Το οικοσύστημα των βάλτων Φασούρι (κοντά στη αλμυρή λίμνη Ακρωτήρι) είναι το μοναδικό οικοσύστημα στην Κύπρο που εξαρτάται άμεσα από τα υπόγεια ύδατα και συγκεκριμένα από το υδατικό σύστημα του Ακρωτηρίου.



Οι περιοχές που έχουν χρώμα κόκκινο είναι τα τμήματα του υδροφορέα όπου η στάθμη του νερού είναι κάτω από την μέση στάθμη της θάλασσας. Όσο πιο βαθύ το κόκκινο τόσο η στάθμη είναι πιο κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Σε αυτές τις περιοχές, θαλασσινό νερό ρέει μέσα στον υδροφορέα. Στις περιοχές κοντά στην αλυκή η στάθμη του νερού φτάνει τα 2 μέτρα κάτω από τη θάλασσα. Η μπλε γραμμή οριοθετεί την περιοχή που έχει επηρεαστεί από τη διείσδυση του θαλάσσιου νερού. Με μπλε χρώμα παρουσιάζονται οι περιοχές με στάθμες πάνω από τη θάλασσα. Τα κίτρινα σημεία, είναι τα σημεία από όπου έγιναν οι μετρήσεις στάθμης νερού (πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας). Οι κίτρινοι αριθμοί πάνω από τα σημεία, είναι οι μετρήσεις (πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας).

Ευρωπαϊκή Προσέγγιση στη διαχείριση των υδάτινων πόρων

Σήμερα, το στοίχημα στην ΕΕ είναι η αντιμετώπιση της ρύπανσης και υπερεκμετάλλευσης του γλυκού νερού στη γεωργία, τη βιομηχανία και τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Σύμφωνα με τις στατιστικές της Επιτροπής:

* 20% όλων των επιφανειακών υδάτων στην ΕΕ απειλείται σοβαρά από ρύπανση

* 60% των ευρωπαϊκών πόλεων υπερεκμεταλεύονται τους υπόγειους υδάτινους πόρους οι οποίοι τροφοδοτούν περίπου το 65% του πόσιμου νερού στην Ευρώπη

* 50% των υγρότοπων βρίσκονται σε "επικίνδυνη κατάσταση" λόγω της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων, και

* Η επιφάνεια της αρδευόμενης γης στη Νότια Ευρώπη έχει αυξηθεί κατά 20% από το 1985.

Σε παγκόσμιο επίπεδο σήμερα, υπάρχουν:

• 1,1 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν χωρίς καθαρό πόσιμο νερό
• 2,6 δισεκατομμύρια άνθρωποι με ανεπαρκείς εγκαταστάσεις υγιεινής
• 1,8 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο από διαρροϊκές ασθένειες
• 900 παιδιά πεθαίνουν κάθε μέρα από ασθένειες που σχετίζονται με το νερό

Η ΕΕ έχει θέσει τις παρακάτω προτεραιότητες για την καλύτερη διαχείριση των υδάτων:

1. Διαφανής και δημόσια διαχείριση των υδάτων
2. Μείωση των απωλειών και καλή χρήση του νερού
3. Περισσότερο χώρο (όχθες και διαδρομή) για τους ποταμούς
4. Υγιές και ασφαλές νερό για τους ανθρώπους και τη φύση
5. Ευέλικτες πολιτικές διαχείρισης των υδάτων με όραμα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και το πρόβλημα της λειψυδρίας

Ι. Οι εντάσεις για τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων προέρχονται από τοπικές καταστάσεις στις οποίες υπάρχει ανισορροπία μεταξύ των υδάτινων πόρων και των αναγκών

1. Οι εντάσεις για τη διαθεσιμότητα του νερού είναι τοπικές

α) Το νερό είναι κατά βάση μια ανανεώσιμη πηγή, αλλά είναι άνισα κατανεμημένη.

β) Η αυξανόμενη αστικοποίηση οδηγεί σε τοπικές διαρθρωτικές ανισορροπίες μεταξύ της ανάγκης για το νερό και τους διαθέσιμους πόρους.

γ) Επειδή είναι πολύ ακριβό να μεταφέρεις νερό, η έμφαση

πρέπει να δοθεί στην καλύτερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων σε τοπικό επίπεδο.

δ) Οι αναπόφευκτες επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στην διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων είναι μακροπρόθεσμές και πιο δύσκολο να υπολογιστούν σήμερα από ό, τι είναι οι συνέπειες της αστικοποίησης και της ανθρώπινης δραστηριότητας, η οποίες είναι άμεσες.

ΙΙ. Η λειψυδρία μας υπενθυμίζει την αξία του νερού ως πόρου.

α) Η ευρωπαϊκή νομοθεσία τονίζει μια ποιοτική προσέγγιση για την προστασία των υφιστάμενων υδάτινων πόρων, ένα βήμα συνεπές με την ποσοτική προσέγγιση για την διαθεσιμότητα του νερού.

β) Η τιμολογηση του νερού θα πρέπει να αντικατοπτρίζει την αξία του πόρου.

γ) Οι υπεύθυνοι των υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης συμβάλλουν στην αξία των υδατινων πορων λόγω των υποχρεώσεων τους για παροχή υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.

ΙΙΙ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση πρέπει να επιλέξει μια "αφυδατωμένη" οικονομία, προκειμένου να αντιμετωπίσει τη λειψυδρία

1) Η καταπολέμηση της σπατάλης αποτελεί το πρώτο βήμα προς μια οικονομία χαμηλής περιεκτικότητας σε νερό.

α) Η αποτελεσματική χρήση του νερού πάνω από όλα απαιτεί να

εκμεταλλευτούν όλες οι δυνατότητες για βελτίωση όσον αφορά την καταπολέμηση της σπατάλης του νερού και των απωλειών του δικτύου νερού.

β) Ωστόσο, η μείωση της σπατάλης δεν είναι πάντα επαρκής για να διορθώσει την ανισορροπία μεταξύ της ζήτησης και των διαθέσιμων υδάτινων πόρων σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

2) Η επιλογή μιας "αφυδατωμένης" οικονομίας προϋποθέτει την αύξηση της αποδοτικότητας στη χρήση διαθέσιμων υδάτινων πόρων.

α) Το βρόχινο νερό είναι μια εναλλακτική πηγή με περιορισμένη εφαρμογή.

β) Η αφαλάτωση θαλασσινού νερού είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, αλλά καταναλώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας.

γ) Η χρήση των λυμάτων είναι μια μελλοντική λύση.