



Ελληνική Σπηλαιολογική Εταιρεία

Σίνα 32 , Αθήνα 106 72

Τηλ. 210-3617824 / Φαξ 210-3643476

e-mail:

ellspe@otenet.gr & info@speleologicalsociety.gr

website:

www.speleologicalsociety.gr

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΚΗΣ ΣΠΗΛΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

Μάρτιος – Ιούνιος 2007

Από τον Απόστολο Αλεξόπουλο
Αν. Καθηγητή Παν/μίου Αθηνών
Τακτικού Μέλους της Ε.Σ.Ε.

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Το νερό, που είναι πηγή ζωής και δημιουργίας, απαντά στον πλανήτη μας σε **στερεή, σε υγρή** και σε **αέρια** μορφή (κατάσταση).

Το συναντάμε **στην ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια της γης και στο υπέδαφος**. Το νερό, σε κάθε μια από τις τρεις αυτές περιοχές, είναι αντικείμενο μελέτης τριών διαφορετικών επιστημονικών κλάδων, οι οποίοι **δεν έχουν** στεγανά μεταξύ τους.

Το **αντικείμενο της Υδρογεωλογίας** είναι η μελέτη του νερού στο υπέδαφος και ιδιαίτερα η μελέτη του **υπόγειου νερού**. Για τη ολοκληρωμένη όμως μελέτη του υπόγειου νερού είναι απαραίτητο ληφθούν υπόψη στοιχεία τόσο της **Επιφανειακής Υδρολογίας** (νερό στην επιφάνεια της γης) όσο και της **Υδρομετεωρολογίας** (νερό στην ατμόσφαιρα).

Η μελέτη του υπόγειου νερού αναφέρεται:

- στις σχέσεις του με τα επιφανειακά νερά και την αμοιβαία τους ισορροπία.
- στον τρόπο αποθήκευσή του στο υπέδαφος.
- στους νόμους που ρυθμίζουν τις παντοειδείς φυσικές κινήσεις του.
- στον ρόλο που παίζουν οι γεωλογικές δομές και τα διάφορα πετρώματα στην αποθήκευση και κίνησή του.
- στους νόμους που διέπουν την κίνησή του προς τα υδρομαστευτικά έργα.
- στα αποθέματά του, που θεωρούνται ως ένα ιδιότυπο κοίτασμα, και στις μεταβολές τους.
- στις μεταβολές των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του και την προστασία του από την μόλυνση.

Σκοπός λοιπόν της Υδρογεωλογίας, πέρα από την καθαρά επιστημονική έρευνα για την προαγωγή των γνώσεων σ' αυτό τον τομέα, είναι: α) η καλύτερη, ορθολογικότερη, ασφαλέστερη εκμετάλλευση του υπόγειου νερού, σε συνδυασμό με την ορθολογική διαχείριση όλων των υδατικών πόρων β) η ανάπτυξη μεθόδων αναζήτησης υδροφόρων οριζόντων και γ) η προστασία του νερού από την μόλυνση.

Γενικότερα θα μπορούσαμε να πούμε ότι σκοπός της Υδρογεωλογίας είναι να απαντήσει στα ερωτήματα:

- α) πού υπάρχει υπόγειο νερό**
- β) σε τι ποσότητες υπάρχει,**
- γ) τι ποιότητας είναι**
- δ) πώς μπορεί να διαφυλαχτεί η ποιότητα και η ποσότητα του νερού, και**
- ε) πώς πρέπει να γίνεται η "σοφή" διαχείριση του υπόγειου νερού.**

1.1. ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ;

Το υπόγειο νερό φιλοξενείται μέσα στα διάφορα πετρώματα που συγκροτούν τον στερεό φλοιό της γης.

Είναι γνωστό ότι τα πετρώματα του φλοιού της γης, ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους τα διακρίνουμε σε **πυριγενή** (προέρχονται από την στερεοποίηση του μάγματος), σε **ιζηματογενή** (προέρχονται από την καθίζηση ουσιών που είναι διαλυμένες, ή αιωρούνται, ή βρίσκονται σε κολλοειδή κατάσταση μέσα στο νερό ή στον αέρα) και σε **μεταμορφωμένα** (που προέρχονται από τον μετασχηματισμό άλλων πετρωμάτων, όταν αυτά βρεθούν σε συνθήκες διαφορετικές από αυτές που επικρατούσαν όταν πρωτοσχηματίστηκαν).

Η συμπεριφορά των πετρωμάτων απέναντι στο νερό διαφέρει από πέτρωμα σε πέτρωμα. Έτσι άλλα πετρώματα επιτρέπουν σχετικά εύκολα την κίνηση και αποθήκευση του νερού μέσα στη μάζα τους, οπότε κάνουμε λόγο για **υδροπερατά** πετρώματα, αλλά επιτρέπουν δυσκολότερα την κίνηση του νερού μέσα τους, οπότε μιλάμε για **ημιπερατά** πετρώματα, και άλλα δεν επιτρέπουν την κίνηση του νερού, οπότε μιλάμε για **αδιαπέρατα ή υδατοστεγή** πετρώματα.

Επομένως το υπόγειο νερό βρίσκεται μέσα στα λιγότερο ή περισσότερο διαπερατά πετρώματα (ή γεωλογικούς σχηματισμούς), και μια από τις δουλειές των υδρογεωλόγων είναι να βρουν ποια είναι η κατανομή και η διάταξη των υδροπερατών πετρωμάτων στο χώρο, πως κινείται το νερό μέσα τους, προς τα πού κινείται και που εκφορτίζεται.

Βασικό εργαλείο σ' αυτή την προσπάθεια είναι η γεωλογική χαρτογράφηση, σε συνδυασμό με πληροφορίες που μας δίνει η στρωματογραφία, η τεκτονική και διάφορες τεχνικές και έργα, όπως οι γεωφυσικές διασκοπήσεις και οι ερευνητικές γεωτρήσεις.

Το νερό λοιπόν μέσα στα διάφορα πετρώματα και γεωλογικούς σχηματισμούς σχηματίζει τους υδροφόρους ορίζοντες.

Υδροφόρος ορίζοντας είναι κάθε γεωλογικός σχηματισμός ή γεωλογικό στρώμα που περιέχει μέσα στους πόρους του, ή τα διάφορα άλλα κενά του, νερό το οποίο μπορούμε να πάρουμε και να χρησιμοποιήσουμε ως πηγή υδατικών πόρων, κάτω από γενικά αποδεκτούς οικονομικούς όρους.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των υδροφόρων οριζόντων είναι: α) η ικανότητά τους να αποθηκεύουν νερό και β) να μεταβιβάζουν νερό (δηλ, να επιτρέπουν την κίνηση του νερού μέσα στη μάζα τους).

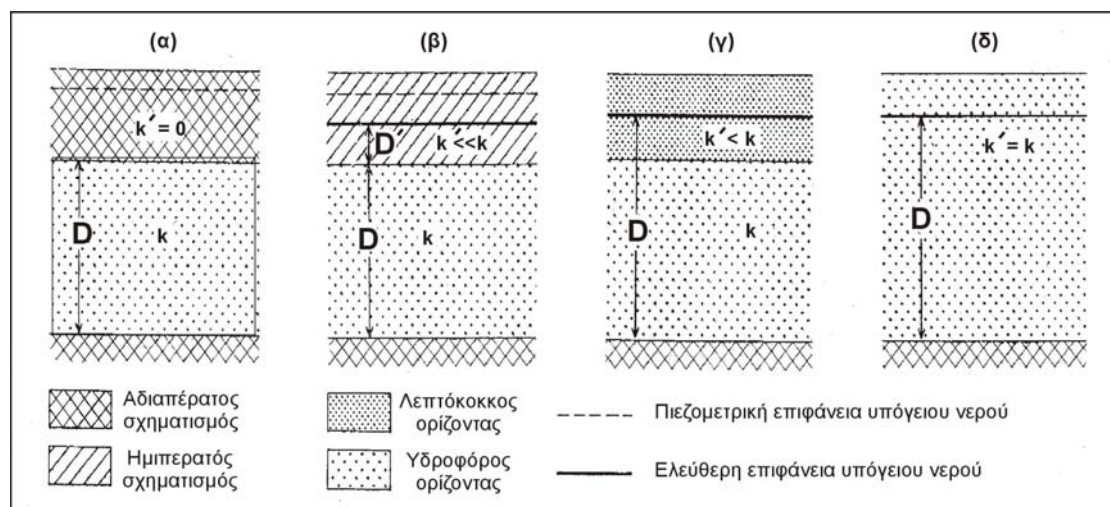
Η κίνηση του νερού σε ένα γεωλογικό σχηματισμό γίνεται είτε δια μέσου πόρων (**μικροπερατά πετρώματα**) είτε δια μέσου των πάσης φύσεως ασυνεχειών (**μακροπερατά πετρώματα**).

Τους υδροφόρους ορίζοντες τους διακρίνουμε σε: α) **ελεύθερους** ή φρεάτιους, β) **υπό πίεση** ή αρτεσιανούς γ) **μερικώς υπό πίεση** και δ) **ημιελεύθερους** υδροφόρους ορίζοντες

Ο χαρακτηρισμός ενός υδροφόρου ορίζοντα στηρίζεται στην περατότητα του γεωλογικού στρώματος που αναπτύσσεται πάνω από τον ορίζοντα (Εικ. 1.)

Η **περατότητα** (ή υδραυλική αγωγιμότητα) είναι μια ιδιότητα των πετρωμάτων και συνδέεται με την ευκολία ή δυσκολία κίνησης του νερού μέσα στη μάζα τους.

Εάν μεταξύ ενός υδροφόρου ορίζοντα και της επιφανείας του εδάφους δεν παρεμβάλλεται γεωλογικός σχηματισμός με περατότητα διαφορετική από αυτή του υδροφόρου ορίζοντα, τότε ο υδροφόρος αυτός χαρακτηρίζεται ως **ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας**. Σε έναν τέτοιο υδροφόρο, η στάθμη του υπόγειου νερού μπορεί να ανεβοκατεβαίνει ελεύθερα. Η πίεση του νερού στο επίπεδο που βρίσκεται κάθε φορά η στάθμη του νερού είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση. Συνήθως οι ελεύθεροι υδροφόροι ορίζοντες απαντούν σε μικρά βάθη κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, μέσα σε προσχώσεις ή αλλουβιακές αποθέσεις. Η εκμετάλλευσή τους γίνεται με την διάνοιξη πηγαδιών (φρεάτων), γι'αυτό οι ορίζοντες αυτοί ονομάζονται και **φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες**.



Εικ. 1: Διάφοροι τύποι υδροφόρων οριζόντων: α) υπό πίεση, β) μερικώς υπό πίεση, γ) ημιελεύθερος, δ) ελεύθερος, k =περατότητα υδροφόρου, k' =περατότητα υπερκείμενου στρώματος (από Kruseman, de Ridder 1979)

Εάν ο υδροφόρος ορίζοντας περιορίζεται ανάμεσα σε αδιαπέρατους σχηματισμούς τότε χαρακτηρίζεται ως υπό **πίεση υδροφόρος ορίζοντας**. Η πίεση του νερού μέσα σ'έναν τέτοιο υδροφόρο είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι εάν μια γεώτρηση διατρήσει έναν υπό πίεση υδροφόρο ορίζοντα, τότε το νερό θα ανέλθει μέσα στη γεώτρηση σε υψόμετρο μεγαλύτερο από το υψόμετρο της επαφής του υδροφόρου με τον υπερκείμενο αδιαπέρατο σχηματισμό.

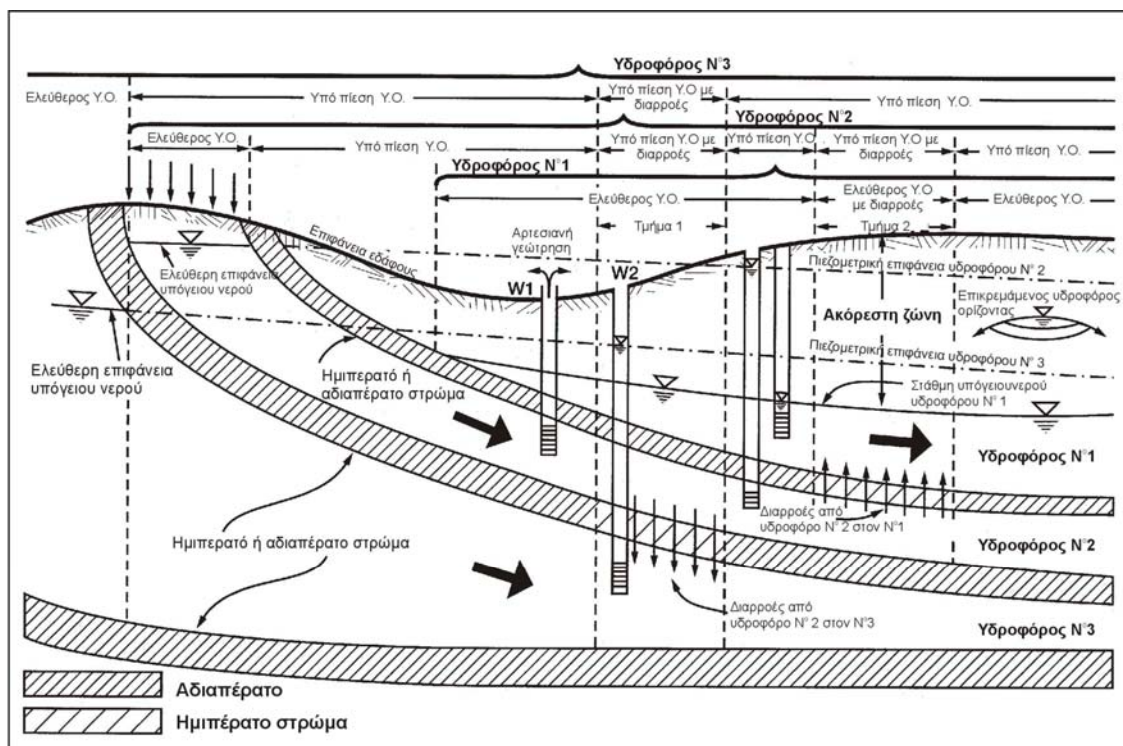
Η επιφάνεια η οποία ορίζεται από το υψόμετρο του νερού μέσα σε τέτοιες γεωτρήσεις, ονομάζεται **ισοπιεζομετρική** ή απλώς **πιεζομετρική επιφάνεια**. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν το νερό των υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων, μέσα από κάποια γεώτρηση, να ξεπηδάει πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε αρχικά στην περιοχή Αρτουά της Γαλλίας, γι'αυτό και οι υπό πίεση υδροφόροι οριζόντες ονομάζονται και **αρτεσιανοί**.

Ανάμεσα σ'αυτούς τους δυο βασικούς τύπους υδροφόρων οριζόντων διακρίνονται και άλλοι τύποι υδροφόρων των οποίων τα χαρακτηριστικά πλησιάζουν περισσότερο ή λιγότερο προς τα χαρακτηριστικά των δυο βασικών τύπων.

Έτσι εάν η περατότητα του γεωλογικού στρώματος που υπέρκειται του υδροφόρου είναι πολύ μικρότερη του υδροφόρου, τότε αυτός χαρακτηρίζεται ως **μερικώς υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας**.

Εάν η περατότητα αυτή είναι μεγάλη, μικρότερη όμως από την περατότητα του υδροφόρου ορίζοντα, τότε ο υδροφόρος χαρακτηρίζεται ως **ημιελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας**.

Σήμερα οι υδροφόροι οριζόντες ταξινομούνται σε **τρεις** τύπους: τους **ελεύθερους**, τους **υπό πίεση** και τους **υδροφόρους οριζόντες με διαρροές** (Εικ.2).



Εικ. 2. Τύποι υδροφόρων οριζόντων και μερικές διαφοροποιήσεις τους που μπορεί να συμβαίνουν τόσο κατά την κατακόρυφη όσο και κατά την οριζόντια έννοια.

1.2.. ΣΕ ΤΙ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΥΠΑΡΧΕΙ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ;

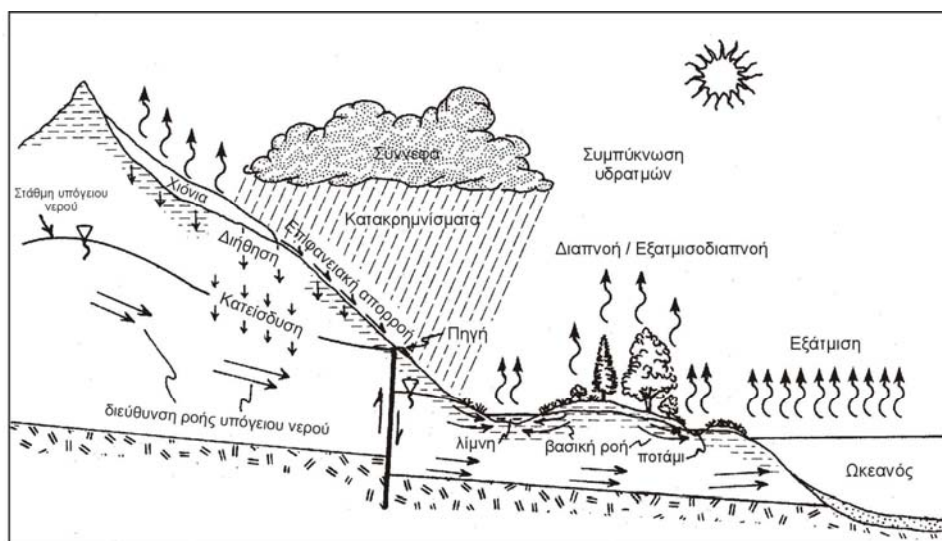
Δεν είναι και τόσο εύκολο να απαντήσει κανείς σ' αυτή την ερώτηση. Πρέπει να έχει στη διάθεσή του πάρα πολλά στοιχεία τα οποία θα του επιτρέψουν να συντάξει το **υδρολογικό** και το **υδρογεωλογικό ισοζύγιο** μιας περιοχής.

Το **υδρολογικό ισοζύγιο** συνδέεται με αυτό που ονομάζουμε κύκλο του νερού.

Κύκλος του νερού είναι η ατέρμονη διαδικασία εξάτμισης του νερού της γης και επιστροφής του σε αυτή δια μέσου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Εικ.3). Εκφράζεται με τη γνωστή εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου:

$$P=R+E+I$$

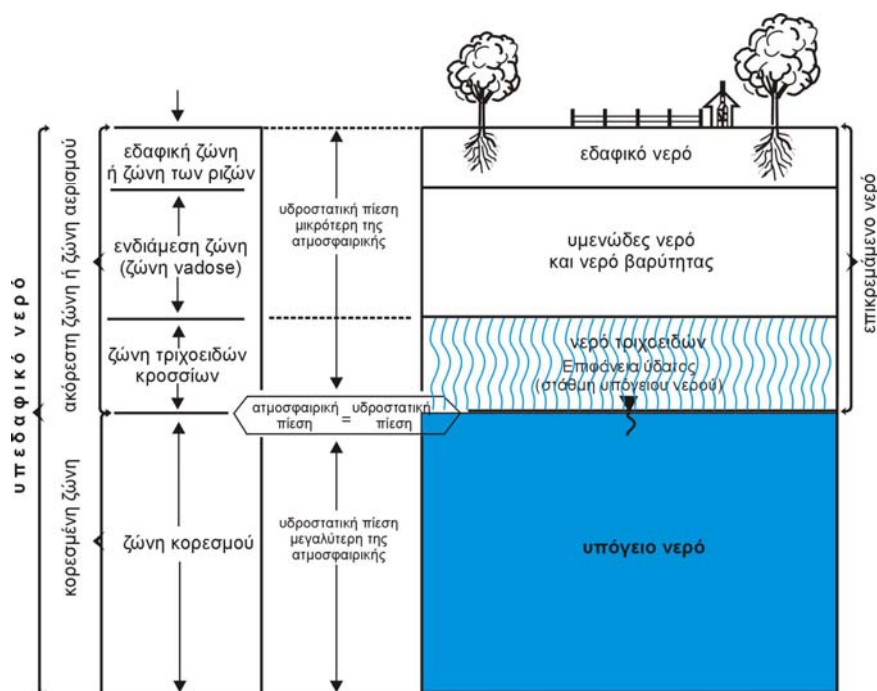
όπου: **P**= ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, πάχνη, παγετός, δρόσος κ.α), **R**= επιφανειακή απορροή, **E**= εξατμισοδιαπνοή και **I**= κατεΐσδυση.



Εικ.3. Σχηματική απεικόνιση του κύκλου του νερού (από Harlan et al, 1989)

Το νερό που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης, με τη συνδρομή της ηλιακής ενέργειας, εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα. Εκεί συμπυκνώνεται και επιστρέφει στην επιφάνεια της γης, συνήθως με τη μορφή της βροχής ή του χιονιού. Ένα τμήμα του εξατμίζεται και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα προτού καν φτάσει στην επιφάνεια της γης. Ένα άλλο τμήμα κυλά πάνω στη επιφάνεια της ξηράς και δια μέσου του υδρογραφικού δικτύου οδηγείται στις λίμνες, τις θάλασσες και τους ωκεανούς. Το τμήμα που απομένει εισέρχεται στο υπέδαφος, Ένα μέρος του υπεδάφικου νερού είτε παραλαμβάνεται από τις ρίζες των φυτών και επιστρέφει στην

ατμόσφαιρα δια μέσου της διαδικασίας της διαπνοής, είτε επιστρέφει στην επιφάνεια του εδάφους δια μέσου τριχοειδών φαινομένων, είτε εξατμίζεται, είτε κατεισδύει σε μεγαλύτερα βάθη, όπου προστίθεται στο **υπόγειο νερό**. Το υπόγειο νερό επιστρέφει στην επιφάνεια της γης δια μέσου των πηγών και τροφοδοτεί τους ποταμούς, από την επιφάνεια των οποίων μπορεί να εξατμιστεί, ή ακόμη να ξαναγυρίσει στο υπέδαφος προτού καταλήξει σε κάποια λίμνη ή ωκεανό. Επίσης το υπόγειο νερό μπορεί να εξατμιστεί κατευθείαν από την επιφάνεια του εδάφους, ή να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών της διαπνοής της βλάστησης. Έτσι ο κύκλος του νερού ολοκληρώνεται. Όταν δε συγκεντρωθούν πάλι σημαντικές ποσότητες υδρατμών στην ατμόσφαιρα τότε ο κύκλος του νερού επαναλαμβάνεται



Εικ. 4: Σχέση υπόγειου και υπεδafικού νερού (από Harlan et al, 1989)

Το υπόγειο νερό συνδέεται με την κατεισδυσή. Έτσι επιλύοντας κανείς την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου μπορεί να εκτιμήσει, με μικρότερη ή μεγαλύτερη ακρίβεια, την ποσότητα του νερού, (ή το ποσοστό του νερού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων) που προστίθεται στο υπόγειο νερό. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι συνάρτηση α) της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των διαθέσιμων στοιχείων που αφορούν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, την επιφανειακή απορροή και τις διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους (θερμοκρασία αέρα, ηλιοφάνεια, εξάτμιση, υγρασία, ανέμους κ.α.) και β) της μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, της απορροής, και της εξατμισοδιαπνοής.

Είναι προφανές ότι το **υπόγειο νερό** είναι τμήμα του **υπεδαφικού νερού**. Η σχέση υπεδafικού και υπόγειου νερού δίνεται σχηματικά στην εικόνα 4.

Έτσι λοιπόν μπορεί να ξέρει κανείς πόσο από νερό της βροχής που πέφτει σε μια περιοχή είναι διαθέσιμο για να προστεθεί στο υπόγειο νερό.

Αλλά το νερό ενός υδροφόρου ορίζοντα δεν προέρχεται μόνο από το νερό της βροχής που κατείσδυει απ'ευθείας μέσα σ'αυτόν. Μπορεί ο υδροφόρος να τροφοδοτείται από κάποιο ποτάμι ή λίμνη, μπορεί να δέχεται νερά από άλλους υδροπερατούς σχηματισμούς με τους οποίους έρχεται σε επαφή κυρίως τεκτονικά, αλλά μπορεί ταυτόχρονα και να δίνει νερό σε ποταμούς ή σε άλλους σχηματισμούς.

Αρα για να απαντήσουμε στο ερώτημα πόσο υπόγειο νερό υπάρχει σε μια περιοχή πρέπει αφ'ένός μεν να γνωρίζουμε την χωρητικότητα (αποθηκευτική ικανότητα) των υδροφόρων οριζόντων, αφ'ετέρου δε να μπορούμε να καταρτίσουμε το λεγόμενο υδρογεωλογικό ισοζύγιο.

Το **υδρογεωλογικό ισοζύγιο** σε γενικές γραμμές μας λέγει ότι οι πάσης φύσεως τροφοδοσίες ενός υδροφόρου ορίζοντα είναι ίσες με τις πάσης φύσεως απώλειες, συν πλην τις μεταβολές στα μόνιμα αποθέματα.

$$\text{δηλ. Στροφοδοσιών} = \text{Σαπωλειών} \pm \text{Μεταβολές Αποθεμάτων}$$

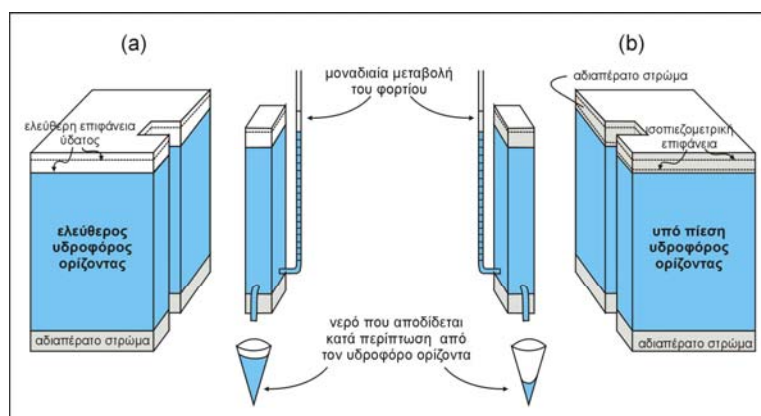
όπου: Στροφοδοσιών = $T_k + T_e + T_p + T_t + T_a + T_u$ με:

T_k =τροφοδοσία λόγω κατείσδυσης από τις βροχοπτώσεις, T_e =τροφοδοσία από επιφανειακά νερά, T_p =υπόγεια πλευρική τροφοδοσία, T_t =τροφοδοσία από τυχόν υπάρχοντα τεχνικά έργα εμπλουτισμού, T_a = τροφοδοσία από το ανάντη τμήμα του υδροφόρου, T_u =τροφοδοσία από υπερκείμενα στρώματα.

$$\text{Σαπωλειών} = A_p + A_{pl} + A_k + A_{pot} + A_{ex} + A_u \text{ με:}$$

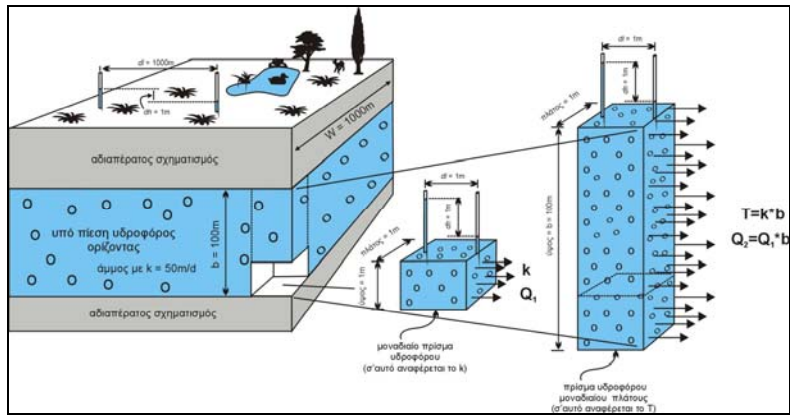
A_p =απώλειες λόγω πηγών που τροφοδοτούνται από τον υδροφόρο, A_{pl} =πλευρικές απώλειες, A_k =απώλειες προς την κατάντη περιοχή, A_{pot} =απώλειες προς ποταμούς ή λίμνες, A_{ex} =απώλειες από εξατμισοδιαπνοή, A_u =απώλειες προς υποκείμενα στρώματα

Η χωρητικότητα (αποθηκευτική ικανότητα) των υδροφόρων οριζόντων εκφράζεται με τον **συντελεστή εναποθήκευσης S** (εικ. 5).



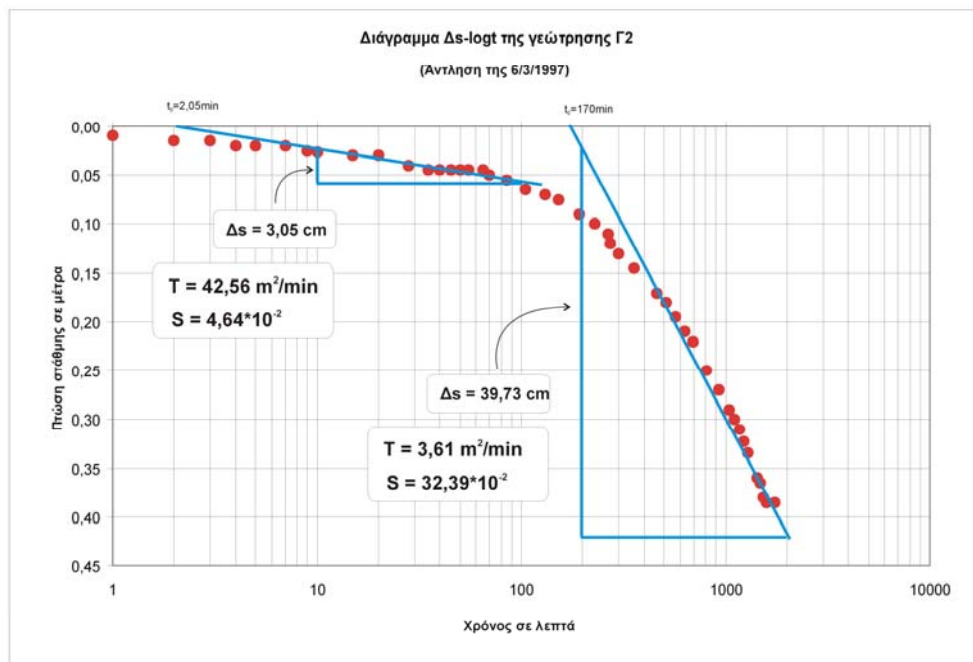
Εικ. 5: Σχηματική απεικόνιση του συντελεστή εναποθήκευσης. a) ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας, b) υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας

Ο συντελεστής αυτός μαζί με την **Υδαταγωγιμότητα** (ή μεταβιβαστικότητα) **T** (εικ. 6) είναι οι δυο από βασικότερες υδραυλικές ιδιότητες των υδροφόρων οριζόντων.



Εικ. 6: Σχηματική απεικόνιση του k και του T . Είναι προφανές ότι $T=k \cdot b$ όπου b το κορεσμένο πάχος του υδροφόρου ορίζοντα

Οι δυο αυτές υδραυλικές παράμετροι υπολογίζονται με την βοήθεια των αντλητικών δοκιμασιών.



Εικ. 7: Επεξεργασία στοιχείων δοκιμαστικών αντλησεων για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων των υδροφόρων οριζόντων

Τι είναι όμως αντλητική δοκιμασία; Είναι μια διαδικασία κατά την οποία, με τη βοήθεια κάποιας αντλίας, αντλούμε από μια υδρογεώτρηση νερό και μετράμε σε διαφορετικές αποστάσεις από την αντλούμενη γεώτρηση, σε τακτά χρονικά διαστήματα, την μεταβολή της στάθμης του υπόγειου νερού. Έτσι ξέροντας την παροχή άντλησης και την μεταβολή της

στάθμης του υπόγειου νερού σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και αποστάσεις από την αντλούμενη γεώτρηση, μπορούμε με την βοήθεια κατάλληλων μαθηματικών εξισώσεων να υπολογίσουμε τις υδραυλικές παραμέτρους S και T, και κατά συνέπεια να εκτιμήσουμε πόσο νερό μπορεί να αποθηκευτεί άλλα και πόσο νερό μπορεί να διακινηθεί δια μέσου ενός υδροφόρου ορίζοντα (Εικ. 7).

Άρα μπορούμε να προσδιορίσουμε ποιές είναι οι ποσότητες του υπόγειου νερού.

1.2. ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ;

Η ποιότητα του υπόγειου νερού είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Τόσο τα υπόγεια νερά όσο και τα επιφανειακά περιέχουν διαλυμένα άλατα, αφού έρχονται σε επαφή με διάφορα πετρώματα που περιέχουν ευδιάλυτα άλατα. Ο τύπος και η συγκέντρωση των αλάτων εξαρτάται από το περιβάλλον, την κίνηση και την προέλευση του νερού. Τα υπόγεια νερά συγκρινόμενα με τα επιφανειακά, περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες διαλυμένων αλάτων γιατί η ταχύτητα του υπόγειου νερού είναι συνήθως πολύ μικρότερη από αυτή των επιφανειακών. Έτσι το υπόγειο νερό έρχεται σε επαφή με τα πετρώματα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και ως εκ τούτου υπάρχει η δυνατότητα να διαλύσει περισσότερα ορυκτά των πετρωμάτων. Η ποσότητα και ο τύπος των διαλυμένων ορυκτών εξαρτώνται από τη χημική σύσταση και τη φυσική δομή των πετρωμάτων καθώς και από το pH του νερού.

Η ποιότητα του υπόγειου νερού είναι το ίδιο σημαντική όσο και η ποσότητα. Για να καθορίσουμε την ποιότητα του νερού θα πρέπει να γνωρίζουμε τα φυσικά, τα χημικά, τα βιολογικά και ραδιενεργά χαρακτηριστικά του νερού. Η ποιότητα όμως του νερού είναι συνάρτηση της χρήσης του, π.χ ένα νερό μπορεί να είναι ακατάλληλο για ύδρευση αλλά μπορεί να είναι κατάλληλο για άρδευση.

Για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού γίνονται διάφορες αναλύσεις και μετρήσεις. Με αυτές προσδιορίζονται οι συγκεντρώσεις των διαφόρων ιόντων και στοιχείων, το pH, η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, το δυναμικό οξειδοαναγωγής, η αλκαλικότητα, ή οξύτητα, η σκληρότητα, η θερμοκρασία, το χρώμα, η θολότητα, η οσμή, η γεύση και η παρουσία βακτηριδίων ή παθογόνων οργανισμών.

Τα στοιχεία που συγκεντρώνονται από τις παραπάνω αναλύσεις καθορίζουν όχι μόνο την ποιότητα του νερού αλλά μας επιτρέπουν να διερευνήσουμε την πορεία που ακολούθησε το νερό και απέκτησε την συγκεκριμένη ποιότητα.

Ο τεχνικά προκαλούμενος υποβιβασμός της ποιότητας του υπόγειου νερού ονομάζεται ρύπανση του νερού. Όταν αυτή συνδέεται με κινδύνους στην υγεία του ανθρώπου τότε ονομάζεται μόλυνση.

Οι κυριότερες πηγές υποβιβασμού της ποιότητας του υπόγειου νερού είναι οι διαρροές από υπονόμους, αγωγούς και βόθρους, τα υγρά και στερεά απόβλητα (βοθρολύματα, σκουπίδια), τα βιομηχανικά απόβλητα, τα φυτοφάρμακα, λιπάσματα και βελτιωτικά εδαφών, τα απορρίματα ζώων, τα αποθηκευμένα τοξικά προϊόντα, και μια σειρά από άλλες ανεξέλεγκτες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Τα ρυπαντικά στοιχεία στο υπόγειο νερό τείνουν να απομακρυνθούν ή να ελατωθούν σε σχέση με το χρόνο και την απόσταση που διανύουν. Πολύπλοκοι μηχανισμοί και αντιδράσεις που περιλαμβάνουν τη διάλυση, την προσρόφηση, την απορρόφηση, την ιοντοαναταλλαγή, τη διάχυση, την αραίωση μικροβιολογικές αποσυνθέσεις κ.α. συντελούν στον περιορισμό της ρύπανσης. Το μέγεθος του περιορισμού της ρύπανσης εξαρτάται από το είδος του ρύπου και τις τοπικές υδρογεωλογικές συνθήκες.

Μια μεθοδολογία που έχει προταθεί για τον έλεγχο της ποιότητας του υπόγειου νερού περιλαμβάνει κατά χρονική σειρά τα εξής:

- καθορισμό της ελεγχόμενης περιοχής
- εντοπισμό των πηγών και αιτίων της μόλυνσης
- καθορισμό της χρησιμότητας του νερού σε σχέση με τη θέση του, την ποσότητά του και τη χρήση του
- καθορισμό των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής
- εκτίμηση της υπάρχουσας ποιότητας του νερού
- εκτίμηση του βαθμού διείδυσης των μολυντών από την επιφάνεια του εδάφους
- εκτίμηση της ταχύτητας κίνησης των ρύπων μέχρι τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα
- εκτίμηση της αραίωσης των ρύπων στην κορεσμένη ζώνη
- ταξινόμηση των πηγών και αιτίων της ρύπανσης σχετικά με τη σπουδαιότητά τους ή την επίδρασή τους στην ποιότητα του υπόγειου νερού
- προσδιορισμό των υφιστάμενων προγραμμάτων και δραστηριοτήτων ελέγχου
- καθορισμό μεθόδων, τοποθεσιών και συχνότητας ελέγχου
- Επιλογή και εφαρμογή του προγράμματος ελέγχου με βάση την προτεραιότητα
- επεξεργασία και ερμηνεία των συλλεγόμενων στοιχείων από το πρόγραμμα ελέγχου
- συγκέντρωση και μετάδοση των πληροφοριών του συστήματος ελέγχου στις αρμόδιες υπηρεσίες.

1.3. ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΔΙΑΦΥΛΑΧΤΕΙ Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ;

Η απάντηση είναι απλή. Διαφυλάσσεται όταν κάθε ένας από μας σέβεται τον εαυτόν του και τους άλλους, και εφαρμόζει τα μέτρα που έχει θεσπίσει η πολιτεία. Είναι θέμα παιδείας και προσωπικών ευαισθησιών.

1.4. ΠΩΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΤΑΙ Η "ΣΟΦΗ" ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ;

Κατ' αρχάς η διαχείριση του υπόγειου νερού δεν είναι ανεξάρτητη των επιφανειακών υδάτων. Έτσι οποιοδήποτε πρόγραμμα εκμετάλλευσης και διαχείρισης των υπόγειων νερών λαμβάνει υπόψη του και τα επιφανειακά νερά.

Η διαχείριση του νερού πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην διαταράσσεται η ισορροπία μεταξύ προσφοράς (υφιστάμενοι υδατικοί πόροι) και ζήτησης νερού για την κάλυψη των διαφόρων αναγκών.

Είναι απαραίτητη και αναγκαία η ύπαρξη αξιόπιστων και ακριβών στοιχείων σχετικών με τις ποσότητες των υδατικών πόρων και των αναγκών που θα θέλαμε να καλύψουμε. Έτσι είτε μπορούμε να αναζητήσουμε άλλες πηγές για να καλύψουμε την ζήτηση, είτε να μεταβάλλουμε την ζήτηση αλλάζοντας π.χ. χρήσεις γης, καλλιέργειες κλπ.

Ουσιαστική βοήθεια στην ορθολογική και σοφή διαχείριση των υδατικών πόρων παρέχει η σύγχρονη τεχνολογία, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τα διάφορα προγράμματα προσομοίωσης (μαθηματικά μοντέλα).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BATU, V., 1998. Aquifer Hydraulics. A Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis. John Wiley & sons, Inc.

BOUWER, H., 1978. Groundwater Hydrology. McGraw-Hill Book Company.

CAMPDELL, D. M., LEHR, H. J., 1973. Water well technology. McGraw-Hill Book Company.

DAVIS, N. S., De WIEST, M. J. R., 1980. Hydrogeology. John Wiley & Sons, Inc.

DRISCOLL, G. F., 1989. Groundwater and Wells. Second Edition. Johnson Filtration System Inc. Minnesota.

- FETTER, W. C., 1994. Applied Hydrogeology. Third Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ 07632
- HARLAN, L. R, KOLM, E. K., GUTENTANG, D, E., 1989. Water – Well Design and Construction. Elsevier.
- HEATH, C, R. 1983. Basic Ground-Water Hydrology. U. S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220, pp.85.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. 2001. Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Α, Β και Γ. Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.
- KRUSEMAN, P. G., De RIDDER, A. N., 1994. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. Second edition. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Netherlands.
- NIELSEN, M. D., 1991. Practical Handbook of Ground – Water Monitoring. Lewis Publishers, Inc. U. S. A.
- TODD, K., D. 1980. Groundwater Hydrology. Second edition. John Willey & Sons. Inc.
- WEIGHT, D., W., SONDEREGGER, L. J.,2001. Manual of Applied Field Hydrogeology. McGraw-Hill Book Company
- U. S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1981. Ground Water Manual. A Water Resources Technical Publication. Water and Power Resources Service. U. S. Government Printing Office, Denver.