

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ**

**ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΔΑΤΟΣ. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.
ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΝΤΟΥΛΑΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΚΡΑΝΙΩΤΗΣ Π.

ΜΑΙΟΣ 2003

**Την εργασία αυτή την αφιερώνω στην
οικογένειά μου για την στήριξή τους
στις σπουδές μου.**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	1
Εισαγωγή	2
Ενότητα πρώτη : Υδατικοί πόροι	4
1. Επιφανειακοί υδατικοί πόροι	4
1.1. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα	4
1.2. Υδάτινα ρεύματα	4
1.3. Φυσικές και τεχνητές λίμνες	5
1.4. Υγροτοπικοί πόροι	5
2. Υπόγεια νερά	7
3. Ποσοτική εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της χώρας	7
4. Χρήσεις νερού	8
5. Περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις	10
6. Αρδευόμενη γεωργία. Παρούσα κατάσταση και προοπτικές εξοικονόμησης νερού	10
Ενότητα δεύτερη : Νομοθετικό πλαίσιο	13
1. Εισαγωγή	13
1.1. Κοινοτική πολιτική διαχείρισης υδάτων	13
1.2. Η πολιτική διαχείριση των νερών στην Ελλάδα	13
2. Θεσμικό πλαίσιο	14
2.1. Ισχύουσα ελληνική νομοθεσία	14
Ενότητα τρίτη : Τεχνική των γεωτρήσεων	20
Πρόλογος	20
1. Κεφάλαιο πρώτο : Διάτρηση	21
1.1 Κατηγορίες γεωτρήσεων	21

1.1.1.	Κρουστικά	21
1.1.2.	Περιστροφικά	22
1.1.2.1	Θετικής κυκλοφορίας	22
1.1.2.2.	Ανάστροφης κυκλοφορίας	23
1.2.	Πολτός διατρήσεως	24
1.2.1.	Σύνθεση και κατηγορίες πολτού	25
1.2.2.	Όργανα ελέγχου του πολτού	26
1.3.	Βάθος των γεωτρήσεων	26
2.	Κεφάλαιο δεύτερο : Γεωφυσικές διασκοπήσεις στις γεωτρήσεις	28
2.1.	Καταγραφή δυναμικού	29
2.2.	Καταγραφή ηλεκτρικής αντίστασης	30
2.3.	Διασκόπηση ακτίνων γ	30
2.4.	Διασκόπηση με νετρόνια	31
2.5.	Ηχητικές διασκοπήσεις	32
3.	Κεφάλαιο τρίτο : Κοκκομετρικές αναλύσεις δειγμάτων	33
3.1.	Κοκκομετρία	34
3.2.	Κλίση και σχήμα της κοκκομετρικής καμπύλης	35
4.	Κεφάλαιο τέταρτο : Σωλήνωση – Φίλτρα	36
4.1.	Διάμετρος σωληνώσεως γεώτρησης	36
4.2.	Φίλτρα	37
4.2.1.	Επιφάνεια ανοίγματος των φίλτρων	37
4.2.2.	Σχήμα και άνοιγμα των σχισμών των φίλτρων	38
4.2.3.	Μήκος και διάμετρος των φίλτρων	40
4.2.4.	Θέσεις τοποθέτησης των φίλτρων	40
4.3.	Σωλήνωση γεωτρήσεων σε σκληρά πετρώματα	42
4.4.	Έλεγχος της κατακορυφότητας και ευθυγραμμίας των γεωτρήσεων	42
5.	Κεφάλαιο πέμπτο : Απομονώσεις υδροφόρων στρωμάτων-Τσιμεντώσεις	44
5.1.	Τσιμεντώση από το δακτυλιοειδή χώρο	44
5.2.	Τσιμεντώση από τη βάση	45
6.	Κεφάλαιο έκτο : Χαλίκωση	47
6.1.	Εκλογή χαλικόφιλτρου.	47
6.2.	Μέθοδοι χαλίκωσης	48
6.2.1.	Χαλίκωση με θετική κυκλοφορία	49
6.2.2.	Χαλίκωση με ανάστροφη κυκλοφορία	49
7.	Κεφάλαιο έβδομο : Εργασίες ανάπτυξης	51
7.1.	Μέθοδοι ανάπτυξης	51
7.2.	Πλύση με πολυφοσφορικά άλατα	54
7.3.	Ανάπτυξη γεώτρησης σε ανθρακικά πετρώματα με υδροχλωρικό οξύ ή με εκρηκτικές ύλες	55
7.3.1.	Πλύση με υδροχλωρικό οξύ	55
7.3.2.	Χρήση εκρηκτικών υλών	56
7.4.	Φαινόμενα ρέουσας άμμου	56
7.5.	Απολύμανση υδρευτικών γεωτρήσεων	57
8.	Κεφάλαιο όγδοο : Δοκιμαστική άντληση	59
8.1.	Τοποθέτηση πιεζομετρικού σωλήνα	59
8.2.	Τρόποι μέτρησης της στάθμης του νερού στις γεωτρήσεις	60
8.3.	Προάντληση	60
8.4.	Μέθοδοι μέτρησης της παροχής των γεωτρήσεων	61
8.5.	Κανονική δοκιμαστική άντληση	64
8.5.1.	Αντληση κατά βαθμίδες	64
8.5.2.	Αντληση σταθερής παροχής	64
8.6.	Εκτίμηση της εκμεταλλεύσιμης παροχής και της αντίστοιχης στάθμης άντλησης της γεώτρησης	66
9.	Κεφάλαιο ένατο : Απώλειες φορτίου στις υδρογεωτρήσεις	68
9.1.	Έκφραση των απωλειών φορτίου	68
9.2.	Υπολογισμός των απωλειών φορτίου	69
10.	Κεφάλαιο δέκατο : Αντλητικά συγκροτήματα υδρογεωτρήσεων	71
10.1.	Οριζόντιες φυγόκεντρες αντλίες	71
10.2.	Στροβιλοφόρες αντλίες	72
10.3.	Χαρακτηριστικά στοιχεία αντλιών	72
10.4.	Εκλογή αντλητικού συγκροτήματος	74
11.	Κεφάλαιο ενδέκατο : Ποιότητα του υπόγειου νερού	75

11.1. Διαλυμένα άλατα και σκληρότητα του νερού	75
11.2. Υδρευτικό νερό	76
1.3.3. Αρδευτικό νερό	77
11.4. Ταξινόμηση του αρδευτικού νερού	77
12. Κεφάλαιο δωδέκατο : Διάρκεια ζωής των υδρογεωτρήσεων	79
12.1. Αίτια καταστροφής των γεωτρήσεων	79
12.2. Καθαρισμός των φίλτρων	81
Παράρτημα	82
Βιβλιογραφία	85

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το νερό είναι ένα φυσικό αγαθό που χρησιμοποιείται για την ικανοποίηση κοινωνικών αναγκών. Το νερό, με την ευρεία έννοια του, είναι ένας ανανεώσιμος φυσικός πόρος στον περιορισμένο χώρο που βρίσκεται, δηλαδή μέσα στα όρια της λεκάνης απορροής, αλλά και στο χρόνο σε συνάρτηση με τη διακύμανση των κλιματικών συνθηκών. Οι υδατικοί πόροι αποτελούν την απαραίτητη προϋπόθεση για την διατήρηση της ίδιας της ζωής και για την ανάπτυξη κάθε είδους δραστηριότητας.

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής μελέτης είναι η κατανόηση της σημασίας της σωστής διαχείρισης των υδατικών πόρων και του νερού άρδευσης με τις τεχνικές γεωτρήσεων σε περιόδους σημαντικής λειψυδρίας και όχι μόνο. Στη χώρα μας υπάρχει μεγάλο πρόβλημα με τις ανεξέλεγκτες υδρογεωτρήσεις που επηρεάζουν στην οικονομία του ύδατος καθώς επίσης και στην ποιότητα του αρδευτικού ή πόσιμου νερού.

Γεώτρηση εννοούμε οποιαδήποτε κυκλική οπή του εδάφους η οποία ανοίγεται με χειροκίνητο ή μηχανοκίνητο μηχάνημα το οποίο ονομάζεται γεωτρύπανο και το βάθος της ποικίλλει από λίγα μέχρι μερικές χιλιάδες μέτρα. Ο όρος 'φρέαρ' (πηγάδι) αναφέρεται για κάθε οπή του εδάφους, συνήθως κυκλική, η οποία συναντάει την υπόγεια στάθμη του νερού. Κάθε γεώτρηση μπορεί να χαρακτηριστεί σαν φρέαρ, όχι όμως το αντίθετο.

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε τρεις θεματικές ενότητες: στους υδατικούς πόρους και στα υπόγεια και αρδευτικά νερά, στο νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία και διαχείριση των υδάτων και στην τεχνική των γεωτρήσεων που είναι και το βασικό κομμάτι.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όλους όσους με βοήθησαν να συλλέξω πληροφορίες για την εργασία αυτή, καθώς επίσης και τους γονείς μου για την ηθική και οικονομική στήριξη.

Αριστείδης Γ. Ντούλας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υδατικοί πόροι είναι τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά και τα νερά των φυσικών πηγών, χερσαίων και υποθαλάσσιων, με μια ιδιαίτερη υποκατηγορία να αποτελούν τα μεταλλικά νερά. Ο προσδιορισμός τους γίνεται με βάση α) την ποσότητα που διαμορφώνεται από τον υπολογισμό και προσδιορισμό των διαφόρων φυσικών μεγεθών τους, όπως είναι οι παροχές, στάθμες, κλίσεις, όγκοι κτλ. β) την ποιότητα που προσδιορίζεται από φυσικοχημικές και βιολογικές παραμέτρους και συγκρίσεις με πρότυπα ποιότητας κατά χρήση, γ) η χωρική κατανομή με εντοπισμό στο χώρο των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων και δ) τη χρονική κατανομή που είναι ο αντίστοιχος προσδιορισμός των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων σε σχέση με το χρόνο.

Οι υδατικοί πόροι χρησιμοποιούνται κατά βάση για τη κάλυψη των σε νερό αναγκών της γεωργίας, των κατοίκων των αστικών και τουριστικών περιοχών, της βιομηχανίας και για τη διατήρηση των ισορροπιών του περιβάλλοντος. Κάθε χρήση νερού συνεπάγεται τη, σε μικρή ή μεγάλη κλίμακα, παραγωγή ρυπαντών.

Η χώρα μας δεν έχει σχεδόν καθόλου βροχές κατά την καλοκαιρινή περίοδο και τα επιφανειακά νερά καλύπτουν ένα πολύ μικρό ποσοστό των αναγκών μας σε νερό, γι' αυτό οι καθημερινά αυξανόμενες ανάγκες σε νερό για γεωργικούς, βιομηχανικούς, υδρευτικούς και λοιπούς σκοπούς, επέβαλαν την ανάγκη αναζήτησεως και αξιοποιήσεως των υδροφόρων στρωμάτων με ανορύξεις γεωτρήσεων.

Τα τελευταία χρόνια ο ρυθμός ανορύξεως γεωτρήσεων για την άντληση υπόγειου νερού είναι τόσο μεγάλος, ώστε σε πολλές περιοχές προέκυψε η ανάγκη επιβολής από την πολιτεία περιορισμών ή απαγορεύσεως ανορύξεως νέων γεωτρήσεων για να αποφευχθούν ορισμένες δυσάρεστες συνέπειες, όπως είναι η εξάντληση των υπόγειων αποθεμάτων, ή υφαλμύρωση του γλυκού νερού στις παραθαλάσσιες περιοχές από τη διείσδυση του θαλάσσιου νερού κλπ.

Αναλόγως του σκοπού για τον οποίο γίνεται μια γεώτρηση έχει και διαφορετική τεχνική. Έτσι, με τις 'δειγματοληπτικές' καλούμενες γεωτρήσεις λαμβάνεται πυρήνας (καρότο) των διατρυόμενων πετρωμάτων και διερευνάται η γεωλογική δομή, στρωματογραφία και φυσική κατάσταση των πετρωμάτων και συνάγονται συμπεράσματα χρήσιμα για ειδικές γεωλογικές και μεταλλευτικές έρευνες, καθώς και μελέτες κατασκευής τεχνικών έργων, όπως είναι οι τεχνητές λίμνες (φράγματα), οι κάθε φύσεως σήραγγες, προκυμαίες, οδογέφυρες κλπ.

Η εκμετάλλευση των φυσικών υδρογονανθράκων (πετρέλαιο, καυσίμων αερίων) και της γεωθερμίας επιτυγχάνονται με ανορύξεις γεωτρήσεων. Γεωτρήσεις επίσης εκτελούνται για τη διοχέτευση, μέσω αυτών με πίεση, τσιμεντοκονιαμάτων για τη στεγανοποίηση πετρωμάτων, τη σταθεροποίηση εδαφών, για θεμελιώσεις έργων, για τον αερισμό στοών, την εκροή νερών που αναβλύζουν στα ορυχεία και για πλήθος άλλων χρήσεων και εφαρμογών.

Η εργασία αυτή θα επικεντρωθεί στην τεχνική εκτελέσεως των υδρογεωτρήσεων, δηλαδή με τις γεωτρήσεις οι οποίες ανοίγονται για την εκμετάλλευση του υπόγειου νερού. Η υδρογεώτρηση είναι φρέαρ με επένδυση από σιδερένιους σωλήνες και φίλτρα και συχνά θα αναφέρεται στο κείμενο με τη λέξη αυτή.

Στην Ελλάδα η τέχνη των υδρογεωτρήσεων άρχισε να διαδίδεται μετά την απελευθέρωση από τον τουρκικό ζυγό και μέχρι το 1922 η εκτέλεση τους σε διάφορα μέρη της χώρας μας ήταν έργο κυρίως εύπορων ιδιωτών. Από το έτος αυτό της μικρασιατικής καταστροφής, το κράτος άρχισε να ανορύσσει μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων με την επίβλεψη γεωλόγων, μηχανικών και γεωπόνων για την ύδρευση και άρδευση προσφυγικών κυρίως περιοχών.

Από τότε ο ρυθμός ανορύξεως γεωτρήσεων καθημερινά μεγαλώνει, ιδίως στους προσχωματικούς υδροφορείς.



Σχήμα 1.

Σημαντικό ρόλο στην υδροδότηση της Αθήνας κατέχουν και οι γεωτρήσεις. Οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες δεν χρησιμοποιούνται καθημερινά, αποτελούν όμως πολύτιμες εφεδρείες σε περιπτώσεις ανάγκης. Πρόκειται για 105 γεωτρήσεις στη βορειοανατολική Πάρνηθα, στην περιοχή της Υλίκης και γύρω από τον Βοιωτικό Κηφισό. Οι γεωτρήσεις αθροιστικά έχουν τη δυνατότητα να αποδώσουν 600.000 κ.μ. νερού την ημέρα για ελεγχόμενα όμως χρονικά διαστήματα και πρέπει να διαφυλαχθούν ως παράγοντας ασφαλείας για την αδιάλειπτη υδροδότηση της Αθήνας.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΗ: ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

1. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

1.1 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που παρουσιάζει έντονες μεταβολές στο ανάγλυφό της. Λόγω του γεγονότος αυτού χαρακτηρίζεται από υδρολογικές-υδρογεωλογικές χωρικές ενότητες με περιορισμένη σχετικά έκταση και έντονη διακύμανση της διαίτας των επιφανειακών κυρίως υδατικών της πόρων, σαν συνέπεια της χωρικής και χρονικής κατανομής των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αποτελούν την πηγή τροφοδοσίας των υδατικών πόρων. Το ύψος, η χωρική και χρονική κατανομή τους παρουσιάζουν πολύ έντονες διακυμάνσεις πάνω από την ελληνική επικράτεια. Σε πολύ γενικές γραμμές, τα δυτικά διαμερίσματα της χώρας έχουν σχεδόν διπλάσιο ύψος βροχής από ότι τα ανατολικά (600-800 mm έναντι 370-420 mm αντίστοιχα). Στο κύριο ορεινό όγκο της Πίνδου, που διασχίζει τον κορμό της Ελλάδας από βορρά προς νότο, παρατηρούνται τα μέγιστα ετήσια ύψη (1000-1200 mm ή και παραπάνω), αυτό δε οφείλεται στη θέση του σε σχέση με τα κύρια βροχοφόρα συστήματα που κινούνται με κατεύθυνση δύση-ανατολή. Κάτι ανάλογο παρατηρείται, αν και σε κάπως μικρότερο βαθμό, στα ορεινά διαμερίσματα κατά μήκος των βορείων συνόρων της χώρας. Στα νησιά, το ετήσιο ύψος βροχής διαμορφώνεται ανάλογα με τη χωρική κατανομή τους. Τα νησιά του Ιονίου πελάγους δέχονται σημαντικές βροχοπτώσεις, που είναι ανάλογες αυτών των δυτικών πεδινών διαμερισμάτων. Τα νησιά του κεντρικού και νότιου Αιγαίου δέχονται τη μικρότερη βροχόπτωση, η οποία υπολείπεται αρκετά αυτής που δέχονται τα ανατολικά ηπειρωτικά διαμερίσματα. Τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου δέχονται μεγαλύτερη βροχόπτωση, με το ετήσιο ύψος να κυμαίνεται γύρω στα 450 mm. Στην Κρήτη παρουσιάζεται μεγάλη χωρική ανισοκατανομή, με τη μικρότερη ετήσια βροχόπτωση να παρατηρείται στις νότιες παράλιες περιοχές (300 mm) και τη μεγαλύτερη στα ορεινά, όπου καταγράφονται ετήσια ύψη της τάξης των 1100 mm.

Η χρονική κατανομή των βροχών παρουσιάζει επίσης μεγάλες διακυμάνσεις. Κατά κανόνα, ο κύριος όγκος των βροχών παρατηρείται την περίοδο από τα μέσα του φθινοπώρου μέχρι την άνοιξη. Στη νότια χώρα η μεγαλύτερη κατανομή των βροχών παρατηρείται το χειμώνα. Στη βόρεια χώρα, η κατανομή είναι σημαντικά διαφοροποιημένη όπου φθινόπωρο, χειμώνας και άνοιξη παρουσιάζουν σχεδόν ισοκατανομή του ύψους των βροχών, με ελαφρά υπεροχή το χειμώνα, ενώ διάσπαρτες βροχές παρατηρούνται και κατά τη διάρκεια του θέρους.

Στους ορεινούς όγκους της ηπειρωτικής χώρας παρατηρείται σημαντικό ύψος χιονόπτωσης. Λόγω της έκτασης και της χωρικής κατανομής των όγκων αυτών, η τήξη του χιονιού συμβάλλει ουσιαστικά στην αύξηση της απορροής, που κυρίως εμφανίζεται την άνοιξη.

1.2 Υδάτινα ρεύματα

Η παροχή των υδάτινων ρευμάτων διαμορφώνεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που πέφτουν στις λεκάνες απορροής και η διακύμανσή της ακολουθεί σε γενικές γραμμές τη χρονική κατανομή και την έντασή τους. Κάτω από τις ελληνικές συνθήκες, ο μεγαλύτερος όγκος των απορροών προέρχεται από πρόσφατες βροχές (άμεση απορροή), ενώ μικρό μόνο μέρος αντιπροσωπεύει η βασική απορροή. Λόγω της φύσης της, η άμεση απορροή έχει μικρή διάρκεια και παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Η βασική απορροή έχει μεγάλη χρονική διάρκεια και είναι σχετικά σταθερή. Με εξαίρεση τους μεγάλους ποταμούς, τα υδάτινα ρεύματα της Ελλάδος χαρακτηρίζονται σαν εφήμερα ή ενδιάμεσα.

Γενικά οι μέγιστες απορροές παρατηρούνται το χειμώνα και οφείλονται στο συνδυασμό των βροχών της εποχής αυτής και την υψηλή υγρασιακή κατάσταση των λεκανών απορροής που διαμορφώνεται από τις βροχές του φθινοπώρου. Αυξημένες παροχές παρατηρούνται σε ορισμένα υδάτινα ρεύματα και κατά την άνοιξη που, κατά μεγάλο μέρος, είναι αποτέλεσμα της τήξης του χιονιού.

Η διάταξη των υδάτινων ρευμάτων στον ελληνικό χώρο διαμορφώθηκε από το ανάγλυφο. Τα μεγαλύτερα ποτάμια διασχίζουν τη βόρεια χώρα με κατεύθυνση από βορρά προς νότο. Ο Έβρος, ο Νέστος, ο Στρυμόνας, και ο Αξιός έχουν λεκάνες απορροής που το μεγαλύτερο μέρος τους είναι έξω από την ελληνική επικράτεια και, κατά προσέγγιση, αντιπροσωπεύουν το 25% των επιφανειακών μας πόρων. Το μόνο ποτάμι της βόρειας Ελλάδος που η λεκάνη απορροής του βρίσκεται ολόκληρη σε ελληνικό έδαφος είναι ο Αλιάκμονας. Το μεγαλύτερο ελληνικό ποτάμι που τροφοδοτείται κυρίως από το ανατολικό τμήμα του ορεινού όγκου της Πίνδου είναι ο Αχελώος. Στα δυτικά του όγκου αυτού, υπάρχει ένας αριθμός μικρότερων αλλά σημαντικών ποταμών, οι σημαντικότεροι από τους οποίους βρίσκονται στο δυτικό της τμήμα. Πέρα από τους ποταμούς που αναφέρθηκαν, υπάρχει πλήθος μικρών υδάτινων ρευμάτων τα οποία συνήθως απολήγουν στη θάλασσα, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι η ελάχιστη ως μηδενική παροχή κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

1.3 Φυσικές και τεχνητές λίμνες

Μικρός σχετικά είναι ο αριθμός των φυσικών λιμνών που είναι κατεσπαρμένες στον ελληνικό χώρο και αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο τοπογραφικό ανάγλυφο, το οποίο δεν ευνοεί τη δημιουργία εκτεταμένων σε μέγεθος κλειστών υδρολογικών λεκανών. Αν εξαιρεθεί το λιμναίο σύστημα των Πρεσπών, το οποίο μόνο κατά ένα μέρος ανήκει στην Ελλάδα, οι ελληνικές λίμνες έχουν περιορισμένη σχετικά επιφάνεια. Οι λίμνες δέχτηκαν από πολύ νωρίς την επέμβαση του ανθρώπου, που αποσκοπούσε στην αύξηση της γεωργικής με ολική ή μερική αποξήρασή τους ή τη χρήση του νερού τους για αρδευτικούς σκοπούς, με αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του όγκου και της επιφάνειάς τους. Κάτω από τις σημερινές συνθήκες, οι φυσικές λίμνες που απέμειναν θα πρέπει να αποκλειστούν σχεδόν στο σύνολό τους σαν πηγές απόληψης νερού. Το θέμα των λιμνών εξετάζεται και στην ενότητα των υδροτοπικών πόρων που ακολουθεί.

Λίμνες όμως έχουν δημιουργηθεί και με τεχνητό τρόπο πάνω στα ποτάμια συστήματα της χώρας που είναι ενταγμένες σ'ένα πλαίσιο αντιπλημμυρικής προστασίας παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας και άρδευσης. Το πρώτο μεγάλο έργο αυτής της μορφής που ολοκληρώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '30, είναι η τεχνητή λίμνη της Κερκίνης που δημιουργήθηκε μετά από την εκτροπή του Στρυμόνα για την αντιπλημμυρική προστασία της πεδιάδας των Σερρών και τη παράλληλη άρδυσή της. Η λίμνη αυτή έχει εξελιχθεί σ'ένα από τους πλουσιότερους υδροβιότοπους της χώρας. Κατασκευή φραγμάτων σε μεγάλη έκταση, για τη δημιουργία ταμιευτήρων για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και για άρδευση, άρχισε από τη 10ετία του '50 και βρίσκεται σε εξέλιξη μέχρι σήμερα. Σειρά ταμιευτήρων έχει δημιουργηθεί κυρίως στα ποτάμια συστήματα του Αχελώου, του Αλιάκμονα και του Νέστου. Μετά την εξάντληση των δυνατοτήτων των μεγάλων ποταμών, η διαδικασία αυτή προβλέπεται να συνεχιστεί για τη δημιουργία ταμιευτήρων σε μικρότερα ρεύματα, γιατί αποτελεί το κύριο μέσο ανακατανομής του νερού από την περίοδο των μεγάλων παροχών στις περιόδους ζήτησης, οι οποίες δεν ταυτίζονται χρονικά.

1.4 Υδροτοπικοί πόροι

Σαν υγρότοπος ορίζεται κάθε τόπος που καλύπτεται εποχιακά ή μόνιμα από ρηγά νερά ή που δεν καλύπτεται ποτέ από νερά, αλλά έχει υπόστρωμα υγρό για μεγάλο μέρος του έτους. Ρηχές λίμνες, ρηχοί ποταμοί, έλη, λιμνοθάλασσες, πηγές, τυρφώνες, με γλυκό, αλμυρό ή υφάλμυρο νερό, είναι υγρότοποι. Οι υγρότοποι είναι οικοσυστήματα στα οποία συμβαίνουν πολλές αλληλένδετες φυσικές λειτουργίες. Ο πρωταρχικός παράγοντας που καθορίζει το πώς λειτουργεί ένας υγρότοπος είναι το υδρολογικό καθεστώς του, η κατανόηση του οποίου πρέπει να αποτελεί την πρώτη φροντίδα όσων ασχολούνται με τη διαχείρισή του.

Κύριες λειτουργίες των υγροτόπων είναι ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων, η τροποποίηση των πλημμυρικών φαινομένων, η παγίδευση ιζημάτων και άλλων ουσιών, η αποθήκευση και ελευθέρωση θερμότητας, η απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα, η δέσμευση ηλιακής ενέργειας και η στήριξη τροφικών πλεγμάτων.

Οι υγρότοποι προσφέρουν στον άνθρωπο ποικίλες υπηρεσίες και αγαθά που χαρακτηρίζονται σαν υγροτοπικές αξίες. Τέτοιες αξίες είναι η βιοποικιλότητα, η υδρευτική, η αρδευτική, η κτηνοτροφική, η υλοτομική, η υδροηλεκτρική, η αλατοληπτική, η αμμοληπτική, η αντιπλημμυρική, η αντιδιαβρωτική, η βελτιωτική της ποιότητας του νερού, η βελτιωτική του κλίματος, η επιστημονική, η εκπαιδευτική, η αξία αναψυχής κ.α.

Οι υγροτοπικοί πόροι της χώρας μας αποτελούνται από μικρούς και μεγάλους υγρότοπους και συμπλέγματα αυτών, που συνολικά καλύπτουν δύο εκατομμύρια στρέμματα, ενώ ο συνολικός τους αριθμός ξεπερνά τους 400. Κατά τύπο υγρότοπου, έχουν καταγραφεί 12 δέλτα ποταμών, 75 έλη, 56 λίμνες, 25 ταμιευτήρες, 60 λιμνοθάλασσες, 17 πηγαίοι, 42 εκβολικά συστήματα και 91 ποτάμια.

Ο αριθμός και η έκταση των υγροτόπων στην αρχή του 20ου αιώνα ήταν πολύ μεγαλύτερα. Κατά τη διάρκεια του αιώνα αυτού έχουν αποξηρανθεί περίπου τα 2/3 τους κυρίως έλη αλλά και μερικές λίμνες και ποταμοί. Οι αποξηράνσεις έγιναν για να αντιμετωπιστούν κάποια μεγάλα προβλήματα της εποχής, όπως η ελονοσία, η αντιπλημμυρική προστασία, η εξασφάλιση νερού για άρδευση και βέβαια η απελευθέρωση εκτάσεων για γεωργική εκμετάλλευση. Σήμερα έχει αποδειχθεί ότι πολλές από τις αποξηράνσεις και τις άλλες επεμβάσεις που έγιναν ήταν λανθασμένες γιατί όχι μόνο δεν απέδωσαν τα αναμενόμενα οικονομικά και κοινωνικά αποτελέσματα αλλά οδήγησαν και στην απώλεια πολύτιμων αξιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας που οδήγησε σε πλήρη αποτυχία των σκοπών που τάχθηκαν αλλά και δημιούργησε προβλήματα σε γειτονικές περιοχές, έτσι που σήμερα έχει δρομολογηθεί η επαναδημιουργία της.

Αλλά και οι υπάρχοντες υγρότοποι έχουν υποστεί και υφίστανται διάφορες επεμβάσεις που κατά μεγάλο ή μικρό ποσοστό έχουν σαν συνέπεια την ποιοτική τους υποβάθμιση. Κύριοι παράγοντες υποβάθμισης είναι : (1) Η μεταβολή του υδρολογικού καθεστώτος, που οφείλεται στην εκτροπή ποταμών, την κατασκευή φραγμάτων για αποθήκευση νερού και τη κατασκευή αρδευτικών δικτύων. Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει περίπου το 50% των πηγών και το 40% των ποταμών. (2) Η εξάντληση των υγροτοπικών πόρων, που οφείλεται σε αποξηράνσεις, αμμοληψίες, εκχερσώσεις φυσικής βλάστησης, υπεράντληση νερού, παράνομο κυνήγι, παράνομη υλοτομία και η υπεραλίευση. Ο παράγοντας αυτός εμφανίζεται στο 40% των δέλτα, των φυσικών λιμνών και των ταμιευτήρων, ενώ σπανίζει στους άλλους τύπους υγροτόπων. (3) Η μεταβολή της ποιότητας του νερού που προκαλείται από ρύπανση γεωργικής, οικιστικής, και βιομηχανικής προέλευσης. Εκτιμάται ότι περίπου το 50% όλων των υγροτόπων παρουσιάζουν προβλήματα ποιότητας νερού εξ' αιτίας κυρίως της γεωργικής και αστικής ρύπανσης. (4) Η απώλεια υγροτοπικής έκτασης, η οποία προκαλείται από επέκταση της καλλιεργήσιμης γης, οικιστική ανάπτυξη και κατασκευή έργων οδοποιίας, τουρισμού και αναψυχής. Ο παράγοντας αυτός επηρεάζει περίπου το 60% των ελών και το 50% των δέλτα και των εκβολικών συστημάτων.

Συμπερασματικά, μπορεί να λεχθεί ότι τα προβλήματα που δημιουργούνται στους ελληνικούς υγρότοπους οφείλονται στην άσκηση των δραστηριοτήτων της γεωργίας, της κτηνοτροφίας, της αλιείας, των οικιστικών περιοχών, της βιομηχανίας-βιοτεχνίας, του τουρισμού, των μεταφορών, της παροχής υπηρεσιών αλλά και στην πολιτική που ασκήθηκε, η οποία, βασιζόμενη στην εσφαλμένη εκτίμηση ότι η χρήση των υγροτοπικών πόρων είναι ελεύθερη κόστους, επέτρεψε την επί μακρόν μη αιφορική χρήση τους. Αυτή, κατά βάση, συνίσταται στη βραχυπρόθεσμη εξαντλητική εκμετάλλευση με σκοπό το άμεσο οικονομικό όφελος, με εργαλείο τις διάφορες επιδοτήσεις, φορολογικές ρυθμίσεις και παροχές σε υποδομές και εξοπλισμό. Η πολιτική αυτή πρέπει να αναθεωρηθεί με βάση τη συσσωρευμένη γνώση που αποκτήθηκε από έρευνες σε παγκόσμια κλίμακα, η οποία οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ολοκληρωμένη αιφορική

διαχείριση των υδροτοπικών πόρων εξασφαλίζει τα περισσότερα οφέλη για περισσότερους ανθρώπους στο παρόν και στο μέλλον.

2. ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

Λόγω του έντονου τοπογραφικού ανάγλυφου και της πολύπλοκης γεωλογικής δομής, η χώρα είναι κατεσπαρμένη από μεγάλο αριθμό υπόγειων υδροφορέων, ελεύθερων και υπό πίεση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι καρστικοί υδροφορείς λόγω των μεγάλων αποθεμάτων τους σε απολήψιμο νερό. Σε αντίθεση με τα επιφανειακά νερά που μπορεί να χαρακτηρισθούν σαν ανανεώσιμα, τα υπόγεια, κάτω απ' τις σημερινές συνθήκες, εν' μέρει μόνο μπορούν να ενταχθούν στην κατηγορία αυτή.

Σε γενικές γραμμές, μπορεί να λεχθεί ότι το υπόγειο υδατικό δυναμικό της χώρας διατηρήθηκε σχεδόν ανέπαφο μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '50. Μέχρι τότε, υπόγεια νερά χρησιμοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο για σκοπούς ύδρευσης και για άρδευση κυρίως οπωροκηπευτικών. Η ραγδαία μεταβολή της ελληνικής γεωργίας από ξερική σε αρδευόμενη, η ανάπτυξη του τουρισμού κυρίως στα νησιά και τις παραλιακές ζώνες της ηπειρωτικής χώρας και η ανάπτυξη των οικιστικών κέντρων με παράλληλη άνοδο του βιοτικού επιπέδου, άσκησαν μεγάλη πίεση στους υπόγειους υδατικούς πόρους με συνέπεια την προϊούσα μείωση, και όχι μόνο, των υπόγειων αποθεμάτων νερού, γιατί η σχέση επαναπλήρωσης προς απόληψη έγινε έντονα αρνητική. Είναι διαπιστωμένο ότι πολλοί υδροφορείς έχουν εξαντληθεί ή βρίσκονται κοντά στο όριο εξάντλησης, ενώ πολλών άλλων είναι έντονη η ποιοτική υποβάθμιση. Γενικά, το θέμα της διαχείρισης των υπόγειων υδατικών πόρων είναι πολύ λεπτό και πρέπει να αντιμετωπιστεί με ιδιαίτερη προσοχή.

3. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ

Η ποσοτική εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της χώρας, επιφανειακού και υπόγειου, είναι ανέφικτη με τα σημερινά δεδομένα. Βασικό αίτιο είναι η αδυναμία συστηματικής και αξιόπιστης παρακολούθησης και καταγραφής της διαίτας των υδατικών πόρων από τα αρμόδια όργανα. Το πρόβλημα είναι σύνθετο και πολυσχιδές και δυσχεραίνεται πολύ περισσότερο από το μεγάλο αριθμό, το μικρό μέγεθος και τη μεγάλη διασπορά τους στον ελλαδικό χώρο. Μετρήσεις έχουν γίνει κυρίως για την εκτίμηση των παροχών των μεγάλων ποταμών, όμως τα στοιχεία αυτά δεν είναι ευρύτερα γνωστά, ούτε είναι γνωστή η πληρότητα και ακρίβεια τους. Η προσπάθεια ακριβούς εκτίμησης του υδατικού δυναμικού πρέπει να αρχίσει με τη συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων υδρολογικών και μετεωρολογικών πληροφοριών σε μια ενιαία βάση δεδομένων, η συμπλήρωση τους με πρόσθετες παρατηρήσεις και η ανάπτυξη διαδικασιών, μετά από εφαρμοσμένη έρευνα, εξειδικευμένων στην εκτίμηση και πρόγνωση της διαίτας των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων.

Με βάση την υφιστάμενη πραγματικότητα, μόνο κάποια συμπεράσματα γενικής φύσης μπορεί να εξαχθούν, τα οποία αφορούν κυρίως επιφανειακά νερά. Χρονικά, το μέγιστο των απορροών παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες. Μεγάλο μέρος των απορροών καταλήγει στη θάλασσα, επειδή δεν έχει γίνει καμιά συστηματική προσπάθεια σύλληψής τους. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους μικρού μεγέθους υδατικούς πόρους που είναι κατεσπαρμένοι σε όλη την έκταση της χώρας. Στη βόρεια Ελλάδα κύριες πηγές νερού είναι τα μεγάλα ποτάμια που τη διασχίζουν τα οποία, πλην του Αλιάκμονα, έχουν το μεγαλύτερο μέρος των λεκανών απορροής εκτός της ελληνικής επικράτειας και, για το λόγο αυτό, καθιστά αδύνατες τις οποίες, κυρίως μελλοντικές, εκτιμήσεις χωρίς την ύπαρξη διακρατικών συμφωνιών με τους βόρειους γείτονες. Η δυτική Ελλάδα και τα νησιά του Ιονίου πελάγους, λόγω του σημαντικού ύψους βροχής που δέχονται, είναι ευνοημένη σε υδατικούς πόρους και παρουσιάζει πλεονασματικό ισοζύγιο νερού. Η

ανατολική Ελλάδα και πολύ περισσότερο τα νησιά του Αιγαίου είναι λιγότερο ευνοημένα. Δεδομένης της μεγαλύτερης ανάπτυξης που παρουσιάζει η ανατολική χώρα και της ύπαρξης μεγάλων αστικών κέντρων, κυρίως των πολεοδομικών συγκροτημάτων της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, η περιοχή αυτή παρουσιάζει πρόβλημα κάλυψης της ζήτησης νερού από τοπικούς πόρους και έντονο σημειακό ελλειμματικό ισοζύγιο νερού.

Πολύ λιγότερα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για το δυναμικό των υπόγειων υδροφορέων, λόγω του μεγάλου αριθμού και διασποράς τους στον ελλαδικό χώρο και την έλλειψη συστηματικών μελετών, πλην πολύ λίγων εξαιρέσεων. Λόγω της εντατικής και εν πολλοίς αλόγιστης εκμετάλλευσής τους, το καθεστώς τους μεταβάλλεται από χρόνο σε χρόνο. Πολλοί από αυτούς έχουν ήδη εξαντληθεί και υποβαθμιστεί ποιοτικά.

Γενικά, αναλύοντας τη δίαιτα των επιφανειακών κυρίως πόρων, διαπιστώνεται ότι ο μεγάλος όγκος των απορροών και, κατά συνέπεια, προσφοράς νερού, παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες. Δεδομένου ότι το μέγιστο της ζήτησης νερού, όπως θα φανεί αμέσως παρακάτω, παρατηρείται κατά τους θερινούς μήνες και της συρρίκνωσης ή και ολικής εξάντλησης των τοπικών υπόγειων υδατικών πόρων, καθίσταται προφανής η ανάγκη έργων αποθήκευσης και ανακατανομής του νερού.

4. ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ

Οι υδατικοί πόροι χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των σε νερό αναγκών της γεωργίας, των αστικών και τουριστικών περιοχών, της βιομηχανίας και βιοτεχνίας, αλλά και για τη διατήρηση των περιβαλλοντολογικών ισορροπιών. Απόλυτοι αριθμοί για το πώς κατανέμεται η ζήτηση νερού ανάμεσα στους διάφορους χρήστες δεν είναι διαθέσιμοι. Μια βάσιμη εκτίμηση είναι ότι κύριος χρήστης είναι η γεωργία, με ποσοστό συμμετοχής στη ζήτηση περίπου 85%.

Η χωρική και χρονική κατανομή της ζήτησης στις διάφορες χρήσεις χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανομοιομορφία. Σε ό,τι αφορά τη γεωργία, η συμπαγής ζήτηση νερού συγκεντρώνεται στις μεγάλες πεδινές εκτάσεις, ενώ παρατηρείται σημαντική διασπορά στο υπόλοιπο της χώρας. Η αστική / οικιακή ζήτηση παρουσιάζει μεγάλη χωρική διασπορά που ακολουθεί τη χωροταξική κατανομή των οικισμών. Είναι σημειακή, με τη μέγιστη ζήτηση, όπως είναι φυσικό, να συγκεντρώνεται στα μεγάλα αστικά κέντρα και κυρίως στα πολεοδομικά συγκροτήματα της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Η τουριστική ανάπτυξη της χώρας, η οποία κυρίως είναι επικεντρωμένη στη νησιωτική χώρα και σε παράλιες περιοχές του ηπειρωτικού κορμού, δημιούργησε εστίες ζήτησης νερού που, παρ' όλο ότι συνολικά θεωρούμενες μπορεί να θεωρηθούν μικρής κλίμακας, σε τοπικό επίπεδο ασκούν μεγάλη πίεση στους υδατικούς πόρους. Η ζήτηση νερού από τη βιομηχανία είναι σημειακή και μικρής σχετικά κλίμακας. Μια άλλη εστία ζήτησης νερού που σχεδόν αγνοείται είναι το νερό που χρειάζεται για τη διατήρηση των οικολογικών ισορροπιών. Τα διάφορα οικοσυστήματα, που αποτελούν τον πλούτο και προσδίδουν το χαρακτήρα του κάθε τόπου, χρειάζονται νερό για τη διατήρησή τους. Η δέσμευση του νερού για τις άλλες χρήσεις, στις οποίες σχεδόν αποκλειστικά είναι επικεντρωμένο το ενδιαφέρον της πολιτείας, έχει σαν αποτέλεσμα την ελλειμματική τροφοδοσία, με συνεπακόλουθο τη διατάραξη των οικολογικών ισορροπιών που, σε ορισμένες περιπτώσεις, φτάνει μέχρι την ολοκληρωτική καταστροφή των οικοσυστημάτων. Η διατήρησή τους απαιτεί ένα minimum νερού το οποίο πρέπει πάντοτε να τους εξασφαλίζεται, το οποίο πρέπει να είναι σωστά κατανομημένο στο χρόνο.

Η ζήτηση νερού δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένη στο χρόνο. Στη γεωργία, η ζήτηση νερού επικεντρώνεται στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Αρχίζει με ένα ελάχιστο στην αρχή της για να φτάσει στο μέγιστο που συμπίπτει, σε γενικές γραμμές, με τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, και φθίνει όσο πλησιάζουμε προς το τέλος της. Μπορεί να λεχθεί ότι το 70% του συνόλου της ζήτησης νερού από τη γεωργία επικεντρώνεται στους δύο αυτούς μήνες. Η διακύμανση της ζήτησης για αστική/οικιακή χρήση ακολουθεί και αυτή τις εποχές του έτους, με το μέγιστο ζήτησης κατά το θέρος. Η ζήτηση νερού στις τουριστικές περιοχές είναι φυσικό να επικεντρώνεται στην τουριστική περίοδο, η διάρκεια της οποίας διαφέρει ανάλογα με τη γεωγραφική θέση. Η περίοδος αυτή είναι μεγαλύτερη στις νησιωτικές περιοχές και μικρότερη στην ηπειρωτική χώρα, ιδίως στα τουριστικά θέρετρα της βόρειας Ελλάδος. Ανεξάρτητα θέσης, η αιχμή της τουριστικής περιόδου είναι τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, όπου επικεντρώνεται και

το μέγιστο της ζήτησης. Η κατανομή της ζήτησης στη βιομηχανία είναι μάλλον αντίστροφη σε σχέση με τη γεωργία και της αστικές/τουριστικές περιοχές. Είναι σταθερή κατά το φθινόπωρο, το χειμώνα και την άνοιξη και παρουσιάζει σχετική μείωση κατά το θέρος αλλά, ούτως ή άλλως, η συνολική ζήτηση νερού από τη βιομηχανία αντιπροσωπεύει ένα μικρό ποσοστό της ολικής ζήτησης. Γενικές τάσεις κατανομής του απαραίτητου νερού για τη διατήρηση της περιβαλλοντολογικής ισορροπίας δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν, γιατί κάθε ένα από τα περιβάλλοντα αυτά έχει τις δικές του ιδιαιτερότητες.

Όπως αναφέρθηκε, ο κύριος χρήστης νερού είναι η γεωργία με ποσοστό περίπου 85%. Η σήμερα αρδευόμενες εκτάσεις υπολογίζονται περίπου σε 12,5 εκατομμύρια στρέμματα από τα οποία τα 6 περίπου εκατομμύρια αρδεύονται από επιφανειακά νερά και τα 6,5 από υπόγεια. Αν δεχτούμε ότι, κατά μέσο όρο, κάθε στρέμμα δέχεται με άρδευση 400 κυβικά μέτρα νερού το χρόνο, μια πρώτη εκτίμηση δείχνει ότι συνολικά η αρδευόμενη γεωργία εκταμειύει κατ' έτος από τους υδατικούς πόρους της χώρας 5 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού, από τα οποία τα 2,4 δις προέρχονται από επιφανειακούς πόρους και τα 2,6 δις από υπόγειους. Βέβαια, η ολική εκταμίευση από τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους είναι μεγαλύτερη των 2,4 δις γιατί, αφ' ενός η διανομή του νερού στα χωράφια γίνεται από επιφανειακά κυρίως αρδευτικά δίκτυα τα οποία παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες κατά τη μεταφορά, λόγω εγγενών προβλημάτων που παρουσιάζουν τα δίκτυα αυτής της μορφής και λόγω της παλαιότητας τους, αφ' ετέρου δε επειδή οι αγρότες κάνουν σπατάλη νερού επειδή αυτό τους παρέχεται δωρεάν. Έτσι, πιο κοντά στην πραγματικότητα είμαστε αν θεωρήσουμε ότι η πραγματική εκταμίευση νερού από τους επιφανειακούς πόρους είναι κοντά στα 4 δις κυβικά μέτρα το χρόνο. Σε ότι αφορά τους υπόγειους υδατικούς πόρους, τα 2,6 δις φαίνεται ότι είναι κοντά στην πραγματικότητα, γιατί αυτά αντλούνται κατά κανόνα από μεμονωμένες γεωτρήσεις με ελάχιστες απώλειες μεταφοράς και γιατί οι αγρότες είναι πιο φειδωλοί στη χρήση νερού λόγω του υψηλού κόστους άντλησης. Με αυτή τη συλλογιστική, η ετήσια συνολική εκταμίευση νερού για την κάλυψη των αναγκών σε νερό της γεωργίας είναι κοντά στα 6,6 δις κυβικά μέτρα, με το 70% της ζήτησης να συγκεντρώνεται στους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.

Αν δεχτούμε ότι συνολικά η ζήτηση νερού από τους άλλους χρήστες ανέρχεται στο 15% του συνόλου, αυτό αντιπροσωπεύει περίπου 1 δις κυβικά μέτρα με περίοδο αιχμής επίσης τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η ζήτηση αυτή είναι έντονα σημειακή και η κάλυψη της, εκτός από το πολεοδομικό συγκρότημα των Αθηνών, γίνεται από τοπικούς υπόγειους υδατικούς πόρους.

Συνεκτιμώντας τη ζήτηση νερού από τους διάφορους χρήστες, διαπιστώνεται ότι οι μεν επιφανειακοί υδατικοί πόροι επιβαρύνονται με 4-4,5 δις κυβικά μέτρα νερού το χρόνο και οι υπόγειοι με 3-3,3 δις. Η κατάσταση αυτή έχει δημιουργήσει ασφυκτικές συνθήκες σχεδόν στο σύνολο των υπόγειων υδροφορέων της χώρας, γιατί η απόληψη νερού γίνεται με εντονότερους ρυθμούς από αυτούς της επαναπλήρωσης. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη συρρίκνωση και, σε όχι λίγες περιπτώσεις, την παντελή καταστροφή τους. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται για τους τοπικούς υδροφορείς της νησιωτικής χώρας και των ανατολικών παραλίων της ηπειρωτικής Ελλάδας. Δεν είναι υπερβολή να θεωρηθεί ότι το σύνολο των υδροφορέων των περιοχών αυτών βρίσκονται σε κίνδυνο γιατί, πέρα από τον υποβιβασμό της στάθμης τους, η ποιότητα του νερού τους υποβαθμίζεται δραματικά από την εισβολή της θάλασσας. Ηλεκτρικές αγωγιμότητες της τάξης 1,5-4,0 ds m⁻¹ είναι συνηθισμένες για τα νερά των υδροφορέων αυτών, είναι δε γνωστό ότι από τη στιγμή που ένας υδροφορέας υποστεί την εισβολή της θάλασσας πρέπει να θεωρείται οριστικά χαμένος, γιατί η διαδικασία επαναφοράς του στην προηγούμενη κατάσταση είναι μακροχρόνια και μπορεί να ξεπεράσει και τον ένα αιώνα. Μια επιπρόσθετη δυσμενής συνέπεια, όταν το νερό αυτό χρησιμοποιείται για άρδευση, είναι η υποβάθμιση, και όχι μόνο, της γονιμότητας των αγρών που δέχονται το νερό αυτό. Χαρακτηριστική περίπτωση καταστροφής μεγάλου παράλιου υδροφορέα είναι αυτή στο Αργολικό Πεδίο όπου, λόγω της μακρόχρονης και εντατικής υπεράντλησης για άρδευση της περιοχής, είχαμε μεγάλο υποβιβασμό της υπόγειας στάθμης και εισβολή της θάλασσας, με παράλληλη εμφάνιση παθογενών συμπτωμάτων στο έδαφος. Άλλο, πολύ γνωστό, οξύτατο πρόβλημα υποβιβασμού της υπόγειας στάθμης του νερού και, κατά συνέπεια, μείωσης των υδατικών αποθεμάτων, αποτελεί η περίπτωση των υδροφορέων της Θεσσαλίας, των οποίων η εξάντληση, αν η κατάσταση συνεχιστεί ως έχει, είναι ορατή για το άμεσο μέλλον. Πέρα από τα προβλήματα αυτά, δεν πρέπει να παραβλέπεται και η αύξηση του κόστους του νερού που συνεπάγεται η άντληση από μεγαλύτερα βάθη, η οποία επιβαρύνει το κόστος των προϊόντων και αντίστοιχη μείωση του εισοδήματος των αγροτών. Γενικά, η εκμετάλλευση των υπόγειων

υδροφορέων πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα, γιατί η όποια καθυστέρηση θα έχει δυσμενέστερες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις.

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Γενικά, κάθε χρήστης νερού προκαλεί ρύπανση η οποία επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των υδατικών πόρων. Προβλήματα υποβάθμισης της ποιότητας του νερού δημιουργούνται κυρίως από τη γεωργική ρύπανση και τη ρύπανση από αστικά λύματα. Η γεωργία αποτελεί τον κύριο παράγοντα εκτατικής (μη σημειακής) ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών που οφείλεται στο άζωτο, το φωσφόρο, τα γεωργικά φάρμακα και σε αποθέσεις φερτών υλικών που έχουν προέλευση τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Η ρύπανση με άζωτο και φωσφόρο έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις, λόγω της εκτεταμένης και, εν πολλοίς, αλόγιστης χρήσης λιπασμάτων. Υπερβολική συγκέντρωση αζώτου και φυτοφαρμάκων στο νερό δημιουργεί επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία δεδομένου ότι έχει άμεση επίδραση στην ποιότητα του πόσιμου νερού. Υπερβολική συγκέντρωση αζώτου και φωσφόρου δημιουργεί πολλά οικολογικά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένου και του ευτροφισμού. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να παρουσιαστούν στις περιοχές ρύπανσης αλλά και μακρύτερα από αυτές. Αθροιστικές συγκεντρώσεις ρυπαντών γεωργικής προέλευσης δέχονται σε μεγάλη έκταση τα δέλτα των ποταμών και ακολουθούν οι λίμνες (φυσικές και τεχνητές) και τα ποτάμια, που δέχονται τα νερά των απορροών από γειτονικές καλλιεργούμενες περιοχές.

Η ανυπαρξία μονάδων βιολογικού καθαρισμού στους μικρούς οικισμούς, η μη πλήρης λειτουργία τους όπου αυτοί υπάρχουν και η μη λειτουργία του τριτογενούς σταδίου καθαρισμού των λυμάτων μεγάλων αστικών κέντρων, προκαλούν προβλήματα αυξημένου οργανικού φορτίου, και όχι μόνο, στους υδάτινους αποδέκτες και, κατά συνέπεια, ποιοτικής υποβάθμισης τους. Μεγάλα προβλήματα από αυτή την αιτία παρουσιάζουν συνήθως οι παράκτιες περιοχές, τα δέλτα και τα εκβολικά συστήματα, καθώς οι περιοχές αυτές είναι οι πιο πυκνοκατοικημένες, είτε μόνιμα είτε εποχιακά λόγω τουρισμού.

Μια άλλη παράμετρος η οποία δεν πρέπει να παραγνωριστεί, είναι η επίπτωση στην ποιότητα του εδάφους που οφείλεται σε αυτή καθ' εαυτή την εφαρμογή των αρδεύσεων. Είναι γνωστό ότι το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση εμπεριέχει διάφορα άλατα, η συγκέντρωση των οποίων εξαρτάται από την πηγή προέλευσης του. Ενώ το νερό που εφαρμόζεται στις καλλιέργειες απομακρύνεται με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής, τα άλατα που περιέχει παραμένουν στο έδαφος. Για τη διατήρηση της γονιμότητας εδαφών που δέχονται άρδευση, τα άλατα αυτά πρέπει να απομακρύνονται με κάποια διαδικασία έκπλυσης η οποία, για να είναι αποτελεσματική, προϋποθέτει την ύπαρξη και λειτουργία επαρκούς υποστραγγιστικού δικτύου, κυρίως στις πεδινές περιοχές. Το σύνολο των αρδευτικών δικτύων της χώρας, ενώ έχουν επαρκή κατά κανόνα δίκτυα αποστράγγισης τα οποία απομακρύνουν τα επιφανειακά νερά, στερούνται παντελώς δικτύων υποστράγγισης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων στις αρδευόμενες εκτάσεις και την προϊούσα υποβάθμιση της γονιμότητάς τους. Το πρόβλημα γίνεται ακόμη μεγαλύτερο όταν υπάρχει υψηλή υπόγεια στάθμη νερού, κάτι που συμβαίνει σε όλες τις μεγάλες πεδιάδες της χώρας. Σε όλες αυτές τις περιοχές εμφανή είναι τα συμπτώματα υποβάθμισης, αν δε δεν ληφθούν άμεσα μέτρα είναι μεγάλος ο κίνδυνος η χώρα να χάσει τις ευφορότερες πεδιάδες της στο ορατό μέλλον. Δεν πρέπει να διαφεύγει της προσοχής μας η περίπτωση της Μεσοποταμίας, που είναι μια από τις πρώτες περιοχές του πλανήτη που εφαρμόστηκαν αρδεύσεις από την 4^η χιλιετία π.Χ., χρησιμοποιώντας τα νερά των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη, ήταν ευφορότατη και για το λόγο αυτό, αποτέλεσε την κοιτίδα του πολιτισμού μας, αλλά σήμερα είναι τελείως άγονη, σαν συνέπεια της μεγάλης συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος που προκλήθηκε από αυτή καθ' εαυτή την άρδευση. Ανάλογα παραδείγματα μπορεί να αντηθούν και από πολλά άλλα μέρη του κόσμου και ιδίως από τις Η.Π.Α.

6. ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑ-

ΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Ο κύριος χρήστης νερού είναι η γεωργία, με συμμετοχή που ανέρχεται στο 85% περίπου της ολικής ζήτησης. Έχει κατά συνέπεια ιδιαίτερη βαρύτητα η ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης που διαμορφώνει αυτό το επίπεδο ζήτησης και η διερεύνηση δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού μέσα από κατάλληλες ενέργειες και επεμβάσεις.

Το νερό είναι βασικό στοιχείο του κύκλου ζωής των φυτών. Νερό χρειάζεται για να φυτρώσουν οι σπόροι, το νερό είναι απαραίτητο για τη διεκπεραίωση όλων των φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών και το νερό αποτελεί τον κύριο μηχανισμό μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων και των προϊόντων φωτοσύνθεσης στα διάφορα μέρη του φυτού. Από πολύ νωρίς ο άνθρωπος διαπίστωσε ότι η πρόσθετη χορήγηση νερού στις καλλιέργειες, πέρα από αυτό που δέχονται από τη βροχή, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής. Η με τεχνητά μέσα χορήγηση νερού στις καλλιέργειες είναι ιστορικά εξακριβωμένο ότι ήταν ήδη σε εφαρμογή από την 4^η προ Χριστού χιλιετία. Στη σύγχρονη εποχή, η άρδευση γνώρισε τεράστια εξάπλωση από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και μετά. Στην Ελλάδα, η αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων υπήρξε ραγδαία κατά τα τελευταία 50 χρόνια. Εκτιμάται ότι κατά την 10ετία του '40 οι αρδευόμενες εκτάσεις ήταν κάπου μεταξύ 2 και 2,5 εκατομμυρίων στρεμμάτων, για να ξεπεράσει σήμερα τα 12,5 εκατομμύρια. Αυτό συντέλεσε στην αλματώδη αύξηση της γεωργικής παραγωγής που, κατ' αρχή, εξασφάλισε την αυτάρκεια της χώρας σε βασικά γεωργικά προϊόντα και με την παράλληλη εισαγωγή νέων καλλιεργειών και ποικιλιών αύξησε το εύρος των προσφερομένων προϊόντων για εσωτερική κατανάλωση και για εξαγωγή. Η μετατροπή σε μεγάλο ποσοστό, της ελληνικής γεωργίας από ξερική σε αρδευόμενη αποτέλεσε κοσμογονία και αύξησε κατακόρυφα το εισόδημα των αγροτών.

Όμως, η συνεχής αύξηση της ζήτησης νερού για άρδευση άσκησε, όπως ήταν φυσικό, ισχυρότατη πίεση πάνω στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της χώρας. Τη μεγαλύτερη πίεση έχουν δεχτεί οι υπόγειοι υδατικοί πόροι, η απόληψη νερού από τους οποίους είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη από τη φυσική διαδικασία της επαναπλήρωσης.

Γενική είναι η διαπίστωση ότι το υφιστάμενο σήμερα καθεστώς στον τομέα των αρδεύσεων οδηγεί σε μεγάλη σπατάλη νερού. Τα αίτια είναι πολλά, με βασικότερο τον μη επακριβή προσδιορισμό των σε νερό άρδευσης αναγκών των καλλιεργειών. Η σχεδίαση των μεγάλων αρδευτικών έργων έγινε με βάση υπολογισμούς εξαμυσοδιαπνοής με τη μέθοδο Blaney-Criddle, η οποία σήμερα είναι ξεπερασμένη. Αργότερα, σε πιο περιορισμένη έκταση, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Penman, η οποία αποδείχτηκε ότι υπερεκτιμά τις ανάγκες σε ποσοστό της τάξης του 30%. Γενικά, οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι υπερεκτιμημένες κατά 30% ή και παραπάνω. Άλλη βασική αιτία απώλειας νερού έχει να κάνει με τον τρόπο μεταφοράς και εφαρμογής του στο χωράφι. Τα πρώτα αρδευτικά έργα που καλύπτουν το σύνολο σχεδόν των μεγάλων πεδιάδων της χώρας είναι επιφανειακά τα οποία, λόγω της φύσης τους, συνεπάγονται σημαντικές απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού. Οι απώλειες αυτές αυξάνονται σαν συνέπεια αυξημένων διαρροών λόγω παλαιότητας, ελλιπούς συντήρησης και μη σωστής λειτουργίας των δικτύων. Στην καλύτερη των περιπτώσεων οι απώλειες ανέρχονται στο 30% και φτάνουν μέχρι το 70% ή και παραπάνω σε περιπτώσεις όπου συντρέχουν όλοι οι παραπάνω λόγοι. Η κατάσταση εμφανίζεται καλύτερη στα δίκτυα υπό πίεση και σε μικρά δίκτυα που χρησιμοποιούν νερό τοπικών γεωτρήσεων, όπου οι απώλειες περιορίζονται σε ποσοστό 10-15%.

Άλλο αίτιο απώλειας νερού έχει να κάνει με τον τρόπο εφαρμογής του στο χωράφι. Εδώ οι απώλειες εξαρτώνται από τη μέθοδο άρδευσης που εφαρμόζεται και από την εμπειρία και επιδεξιότητα του αρδευτή. Γενικά, οι επιφανειακές μέθοδοι παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες σε επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση. Λιγότερες απώλειες παρατηρούνται όταν η άρδευση γίνεται με διάφορα συστήματα καταιονισμού, ενώ τις μικρότερες έχουν τα συστήματα στάγδην. Το ύψος των απωλειών είναι άμεσα συνδεδεμένο με τη σωστή εφαρμογή της άρδευσης, η οποία προϋποθέτει τον ακριβή υπολογισμό της αρδευτικής δόσης, που προσδιορίζεται από την ωφέλιμη υγρασία του εδάφους, τον προσδιορισμό του χρόνου εφαρμογής των αρδεύσεων που καθορίζεται από τη διακύμανση της εξαμυσοδιαπνοής και της βροχής κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, τον προσδιορισμό της διάρκειας της άρδευσης που καθορίζεται από τη διηθητικότητα του εδάφους και την εφαρμοζόμενη μέθοδο και, σε πολύ σημαντικό βαθμό, από την αρδευτική παιδεία και επιδεξιότητα του αγρότη. Αυτό προϋποθέτει επί τόπου υποστήριξη από γεωπόνους γνώστες του αντικειμένου και αγρότες που έχουν υποστεί την κατάλληλη εκπαίδευση. Πρέπει να γίνει συνείδηση ότι αρδευτική ανάπτυξη δεν ολοκληρώνεται απλώς με την κατασκευή του δικτύου μεταφοράς και διανομής του νερού μέχρι τα όρια των αγρών. Αρδευτική ανάπτυξη σημαίνει πρωτίστως τον ακριβή υπολογισμό των σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών, τη διακύμανση του κατά τη βλαστική περίοδο, τον αρδευτικό προγραμματισμό και τη σωστή

εφαρμογή του νερού στο χωράφι. Το τελευταίο αυτό καθορίζει τις απαιτούμενες παροχές του δικτύου και συμβάλλει κατά τα 3/4 στην αποδοτικότητα του αρδευτικού δικτύου. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι σχεδόν ανύπαρκτες στην αρδευτική πρακτική της χώρας μας, με συνέπεια μεγάλες απώλειες νερού που κυμαίνονται από 20% μέχρι περισσότερο από 50%, ελλιπή και ανομοιόμορφη, κατά κανόνα, άρδευση που οδηγεί σε μειωμένη απόδοση των καλλιεργειών και μεγάλο κόστος άρδευσης.

Ο συνδυασμός των παραγόντων που εκτέθηκαν παραπάνω έχει σαν αποτέλεσμα στα μεν επιφανειακά δίκτυα, όπου εφαρμόζονται επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης, τα 2/3 του χορηγούμενου νερού να χάνονται κατά τα στάδια μεταφοράς και εφαρμογής του νερού στα χωράφια, στα δε υπό πίεση δίκτυα, όπου εφαρμόζεται καταιονισμός ή άρδευση με σταγόνες, οι απώλειες να αντιπροσωπεύουν το 1/2 με 1/4 του χορηγούμενου νερού. Είναι φανερό ότι ο ακριβής υπολογισμός των σε νερό άρδευσης αναγκών των καλλιεργειών, ο εκσυγχρονισμός των αρδευτικών δικτύων, η εισαγωγή σύγχρονων μεθόδων άρδευσης, η ενδεδειγμένη κατά περίπτωση κατανομή των καλλιεργειών, η συνεχής παρουσία εξειδικευμένων γεωπόνων στην ύπαιθρο και η ανάπτυξη αρδευτικής συνείδησης των αγροτών μέσω της κατάλληλης εκπαίδευσης, μπορεί να οδηγήσει σε τεράστια εξοικονόμηση νερού, με παράλληλη βελτιστοποίηση της παραγωγής και ελαχιστοποίηση του κόστους άρδευσης. Θα συμπιέσει προς τα κάτω τις απαιτούμενες ποσότητες νερού που πρέπει να μεταφερθούν από πλεονασματικά σε νερό προς ελλειμματικά διαμερίσματα ή για την υποκατάσταση, από επιφανειακούς πόρους, του νερού που σήμερα αντλείται από τους υπό εξάντληση υπόγειους υδροφορείς, με παράλληλη σημαντικότερη μείωση του κόστους των έργων μεταφοράς, θα διευκολύνει σημαντικά και χωρίς κραδασμούς τη μετάβαση προς την αειφορική γεωργία, αφού θα περιορίσει τη ζήτηση νερού, που θα μπορεί πλέον να καλυφθεί από τοπικούς πόρους.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΔΕΥΤΕΡΗ: ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κοινοτική πολιτική διαχείρισης υδάτων

Η Κοινοτική πολιτική στον τομέα των υδάτων εκφράστηκε κατά τη δεκαετία 1970-1980 με την έκδοση σειράς Κοινοτικών Οδηγιών για την προστασία τους. Η συνεχής αύξηση της ζήτησης ύδατος καλής ποιότητας για κάθε χρήση κατέστησε αναγκαίες πιο ολοκληρωμένες δράσεις για την ποιοτική και ποσοτική προστασία των υδάτων. Την ανάγκη αυτή επεσήμανε με έκθεση του το 1975, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος.

Με το 5^ο Κοινοτικό Πρόγραμμα Δράσης επιδιώχθηκε να εξασφαλιστεί επαρκής ποσότητα νερού ικανοποιητικής ποιότητας στο σύνολο της Κοινότητας, χωρίς να διαταραχθεί η φυσική ισορροπία του περιβάλλοντος. Είναι σε εξέλιξη η περαιτέρω ενσωμάτωση της προστασίας και της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων σε άλλους τομείς της Κοινοτικής πολιτικής, όπως στην ενεργειακή πολιτική, την πολιτική μεταφορών, τη γεωργική πολιτική, την αλιευτική πολιτική και την τουριστική πολιτική.

Με το 6^ο Πρόγραμμα Δράσης τέθηκε σε προτεραιότητα η "Βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων και διαχείριση αποβλήτων". Περαιτέρω, σημαντικές είναι οι διεθνείς συμφωνίες που τα τελευταία χρόνια έχουν υπογραφεί για την προστασία των υδάτων από τη ρύπανση, τις οποίες ενέκρινε και η Ευρωπαϊκή Ένωση με αποφάσεις του Συμβουλίου. Ειδικότερα αυτές είναι:

Έγκριση της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την προστασία και τη χρησιμοποίηση των διασυνοριακών υδατορευμάτων και των διεθνών λιμνών,

Έγκριση της Σύμβασης για την προστασία του θαλάσσιου Περιβάλλοντος στην περιοχή της Βαλτικής θάλασσας (Ελσίνκι, 9 Απριλίου 1992).

Έγκριση της Σύμβασης για την προστασία του θαλάσσιου Περιβάλλοντος στην περιοχή του Βορειοανατολικού Ατλαντικού (Παρίσι, 22 Σεπτεμβρίου 1992)

Έγκριση της Σύμβασης για την Προστασία της Μεσογείου θαλάσσης (Βαρκελώνη 16 Φεβρουαρίου 1976) και Πρωτοκόλλου για την Προστασία -της Μεσογείου θαλάσσης από τη Ρύπανση από Χερσαίες Πηγές. (Αθήνα, 17 Μαΐου 1980).

1.2 Η πολιτική διαχείριση των νερών στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, έχει ιδιαίτερα εκτεταμένη ακτογραμμή (περισσότερα από 15.000 Km) και παρουσιάζει μεγάλη οριζόντια κατάτμηση (περίπου 3.000 νησιά). Ο Ελλαδικός Χώρος διαθέτει ικανοποιητικά αποθέματα γλυκού νερού και κατατάσσεται μεταξύ των πλέον πλούσιων σε νερό μεσογειακών χωρών. Στο εσωτερικό της χώρας παρουσιάζεται σημαντικός αριθμός ποταμών,

καθώς και παραποτάμων, χειμάρρων και ρεμάτων συνεχούς ή διαλείπουσας ροής, καθώς και αξιοσημείωτος αριθμός λιμνών. Ακόμη πλήθος πηγών νερού είναι διάσπαρτες στον ελληνικό χώρο. Τα επιφανειακά νερά χρησιμοποιούνται κυρίως στη γεωργία, την αλιεία, τη βιομηχανία και την ύδρευση οικισμών, τα υπόγεια νερά κυρίως για ύδρευση και άρδευση, ενώ τα παράκτια νερά για αλιεία, αναψυχή και τουρισμό.

Παρά το φυσικό πλούτο της Ελλάδας σε υδατικούς πόρους, συχνά παρατηρούνται προβλήματα διαθεσιμότητας νερού σε πολλές περιοχές της χώρας, στα οποία συντελούν οι παρακάτω λόγοι:

-Ανιση κατανομή των πόρων. Παρά τις ικανοποιητικές ποσότητες διαθέσιμου νερού, παρουσιάζεται άνιση κατανομή του εξαιτίας της φυσικής μορφολογίας του εδάφους, της γεωλογικής του σύστασης και της ανομοιόμορφης κατανομής των βροχοπτώσεων στο χρόνο και στο χώρο.

-Εξάρτηση από πηγές άλλων χωρών, εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Περίπου το ένα τέταρτο των επιφανειακών νερών της Ελλάδας προέρχεται από πηγές άλλων χωρών (Βουλγαρία, FYROM, Τουρκία). Οι μεγαλύτεροι ποταμοί της Ελλάδας, οι Αξιός, Νέστος, Στρυμόνας και Έβρος, οι οποίοι αρδεύουν τις πλούσιες καλλιεργημένες πεδιάδες της Μακεδονίας και της Θράκης, πηγάζουν σε άλλες χώρες. Από τις διεθνείς υδρολογικές λεκάνες των ποταμών στις οποίες συμμετέχει η Ελλάδα, το 56% των λεκανών του Στρυμόνα και του Νέστου, το 7% της λεκάνης του Έβρου και το 8% της λεκάνης του Αξιού βρίσκονται μέσα στην Ελληνική Επικράτεια. Επίσης, διεθνείς είναι και οι λίμνες Δοϊράνη και Πρέσπες.

-Ανιση κατανομή του πληθυσμού. Μεγάλο μέρος του Ελληνικού πληθυσμού συγκεντρώνεται στις παράκτιες περιοχές της χώρας, όπου τα αποθέματα νερού είναι περιορισμένα. Ως αποτέλεσμα, απαιτείται σε ορισμένες περιπτώσεις μεταφορά του νερού από τα πλουσιότερα σε νερά υδατικά -διαμερίσματα προς τα μεγάλα αστικά κέντρα

- Εποχικότητα της ζήτησης:

-Από τον τουρισμό, με μέγιστη κατανάλωση το καλοκαίρι. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και ιδιαίτερα τον Αύγουστο, μεγάλο μέρος του πληθυσμού μετακινείται προς τα τουριστικά θέρετρα, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζεται μεγάλη είσοδος τουριστών στη χώρα. Ως αποτέλεσμα αυτού, παρουσιάζονται φαινόμενα εποχιακού υπερδιπλασιασμού του πληθυσμού σε ορισμένες περιοχές, όπως και ακραία φαινόμενα στα πιο δημοφιλή θέρετρα (π.χ. στα νησιά των Κυκλάδων, όπου σε ορισμένες περιπτώσεις ο πληθυσμός αυξάνεται 30 φορές)

-Από τη γεωργία, με μέγιστη κατανάλωση στην ξηρότερη εποχή. Ο μεγαλύτερος χρήστης νερού είναι η γεωργία, η οποία εξαρτάται από την άρδευση, ιδιαίτερα κατά τους ξηρούς καλοκαιρινούς μήνες, όπου και αυξάνεται η ζήτηση προς την οικιακή χρήση.

-Υπερεκμετάλλευση και υφαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων. Η υπερβολική άντληση νερού από τους υπόγειους υδροφορείς για την κάλυψη της ζήτησης σε παράκτιες περιοχές έχει συχνά ως αποτέλεσμα την εισχώρηση θαλάσσιου νερού στους υπόγειους υδροφορείς, καθιστώντας το νερό των υδροφορέων ακατάλληλο για εκμετάλλευση.

Η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος από χερσαίες πηγές και από πλοία μπορεί να λειτουργήσει περιοριστικά για ορισμένες χρήσεις όπως αναψυχή, κολύμβηση, ιχθυοκαλλιέργεια, αλιεία. Η κατανομή και ανάπτυξη του πληθυσμού και των οικονομικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων στις λεκάνες απορροής των ποταμών καθώς και οι αποπλύσεις των εδαφών της γεωργικής γης δημιουργούν τοπικά ρυπαντικές πιέσεις, αλλά η κατάσταση έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια με την κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων των πόλεων και των μεγάλων οικισμών της χώρας που υλοποιήθηκαν και υλοποιούνται τα τελευταία χρόνια. Τα παράκτια ύδατα, παρά τα τοπικά προβλήματα θεωρούνται στο σύνολο τους εξαιρετικής ποιότητας, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από τις σχετικές ετήσιες εκθέσεις της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Κατά μήκος των ακτών δεν υπάρχουν παρά σε περιορισμένο αριθμό και έκταση περιοχές με σοβαρή ρύπανση η οποία οφείλεται στην πολεοδομική, βιομηχανική και τουριστική ανάπτυξη και η οποία επιδεινώνεται από την ειδική μορφή της ακτογραμμής.

2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 Ισχύουσα ελληνική νομοθεσία

Νόμος 1739/87 «Για τη διαχείριση των υδατικών πόρων»

Ο νόμος 1739/87 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων εισάγει για την εποχή που εκδόθηκε μια σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, τη διοίκηση και την καθημερινή πρακτική, με τη θεσμοθέτηση διαδικασιών και οργάνων, που επιτρέπουν την άσκηση της διαχείρισης σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Συγκεκριμένα προβλέπει τη χάραξη και εφαρμογή υδατικής πολιτικής ως προϋπόθεση μιας αναπτυξιακής πολιτικής, που θα μεγιστοποιήσει τα αποτελέσματα της παραγωγικής διαδικασίας, θα εξομαλύνει τις ανταγωνιστικές χρήσεις νερού, θα συμβάλλει στην συνεχή ανανέωση των υδατικών πόρων και θα συντελεί στην προστασία του περιβάλλοντος. Και όλα αυτά μέσα από διαδικασίες και όργανα, στα οποία λαμβάνεται υπόψη η γνώμη όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Ωστόσο, οι αδυναμίες του δημόσιου τομέα, αλλά κυρίως η πολυπλοκότητα του θεσμοθετηθέντος διοικητικού σχήματος (δυσχέρεια στη λήψη καθοριστικών αποφάσεων κλπ) συντέιναν στη μη προώθηση της εφαρμογής του νόμου στην κλίμακα που επιβάλλεται από το μέγεθος των προβλημάτων, με αποτέλεσμα τη συνέχιση της αποσπασματικής και ευκαιριακής αντιμετώπισης του νερού. Παρόλα αυτά ο νόμος 1739/87, αποτέλεσε ένα πολύ σημαντικό βήμα για τη συνειδητοποίηση από τους χρήστες και από όλους τους εμπλεκόμενους με τη διαχείριση του νερού της αναγκαιότητας ορθολογικής και προγραμματισμένης χρήσης του.

Η οδηγία 2000 / 60 / ΕΕ

Ο Νόμος 1739/1987 «Διαχείριση Υδατικών Πόρων» αποτέλεσε επιτυχώς το πλαίσιο διαχείρισης και προστασίας των υδάτων στη χώρα μας για τα τελευταία 15 χρόνια. Οι στόχοι του νόμου, όπως τέθηκαν στην εισηγητική του έκθεση, καθώς και οι, αρχές, στις οποίες βασίστηκε εξακολουθούν να ισχύουν. Η νέα όμως Οδηγία-Πλαίσιο για τα νερά 2000/60/ΕΕ «Για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων», αλλάζει τα δεδομένα, και υπαγορεύει την ανάγκη για νέου θεσμικού πλαισίου με στόχο τη συμμόρφωση προς αυτήν. Η Οδηγία Πλαίσιο, που εκδόθηκε στις 22 Δεκεμβρίου 2000 αποτελεί το νέο θεσμικό εργαλείο για τη Διαχείριση και Προστασία των Υδατικών Πόρων μπροστά στα προβλήματα της έλλειψης επάρκειας νερού και της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Οι βασικοί γενικοί στόχοι της Οδηγίας είναι:

- Η μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων
- Η πρόληψη της υποβάθμισης και η προστασία και αποκατάσταση των άμεσα εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οίκο συστημάτων και υδροτόπων
- Η προοδευτική μείωση των απορρίψεων, των εκπομπών και διαρροών των ουσιών προτεραιότητας, καθώς και η παύση ή σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας.
- Η προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και η αποφυγή της περαιτέρω υποβάθμισης
- Ο μετριασμός των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες

Συνοπτικά, η Οδηγία Πλαίσιο εισάγει μια νέα θεώρηση στη διαχείριση των υδατικών πόρων και ταυτόχρονα αποτελεί μια νέα πολιτική πρόταση περιφερειακής οργάνωσης και προστασίας του περιβάλλοντος με:

- Την ολοκληρωμένη προσέγγιση της προστασίας των υδατικών πόρων μέσω:
 - Του ορισμού Υδατικών Περιφερειών σε επίπεδο (ή ως άθροισμα) λεκανών απορροής
 - Της ενιαίας θεώρησης όλων των τύπων υδατικών σωμάτων
 - Του σχεδιασμού και της υλοποίησης προγραμμάτων διαχείρισης
 - Την ανάπτυξη και ενίσχυση πολιτικών αποκέντρωσης με τη:
 - Θέσπιση περιφερειακών Διαχειριστικών Αρχών
 - Διασφάλιση και Ενίσχυση της συμμετοχής του κοινού στη λήψη απόφασης.

Βασικά στοιχεία της Οδηγίας - Πλαίσιο αποτελούν:

1. Η διαμόρφωση κοινής Ευρωπαϊκής στρατηγικής για τα νερά, βασισμένης στην αρχή της επικουρικότητας και στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει», με πεδίο εφαρμογής στα εσωτερικά και παράκτια ύδατα.

2 Η επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης των υδατικών οικοσυστημάτων που έχουν πληγεί και υποβαθμιστεί από ανθρώπινες δραστηριότητες, με τον καθορισμό και την υλοποίηση των αναγκαίων μέτρων, και η διαφύλαξη της· καλής κατάστασης των υδάτων, όπου ήδη υπάρχει.

3. Η υιοθέτηση ολοκληρωμένης διαδικασίας για τον έλεγχο της ρύπανσης των υδατικών συστημάτων, υπό την εποπτεία και δημιουργία νέων φορέων διαχείρισης ανά λεκάνη απορροής ποταμού.

4. Ο συντονισμός της κοινοτικής πολιτικής υδάτων μέσω της αρχής «συνδυσασμένης προσέγγισης» που εφαρμόζει τον έλεγχο της ρύπανσης στην πηγή μέσω του ορισμού οριακών τιμών εκπομπής και προτύπων περιβαλλοντικής ποιότητας. Η κοινοτική δράση επεκτείνεται και στα ζητήματα της ποσοτικής προστασίας του νερού.

5. Ο συντονισμός με τρίτα κράτη πέραν των ορίων της Κοινότητας για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων στις λεκάνες απορροής ποταμών που εκτείνονται πέραν των ορίων της Κοινότητας.

6. Η ανάπτυξη Προγραμμάτων Μέτρων στα οποία εντάσσονται η καταγραφή των χαρακτηριστικών μιας λεκάνης απορροής ποταμού και των επιπτώσεων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, η οικονομική ανάλυση της χρήσης του ύδατος και ο σχεδιασμός και η εφαρμογή προγραμμάτων παρακολούθησης της ποιότητας και ποσότητας των υδάτων.

7. Ο καθορισμός των υδάτων που χρησιμοποιούνται για τη λήψη πόσιμου ύδατος και η διασφάλιση της συμμόρφωσης με την οδηγία 80/778/ΕΟΚ περί της ποιότητας του πόσιμου νερού.

8. Η χρήση οικονομικών μέσων από μέρος των κρατών μελών. Επιδιώκεται ο πλήρης καταμερισμός του συνολικού κόστους χρήσης του ύδατος (περιλαμβανομένου και του περιβαλλοντικού κόστους) κατά τομείς δραστηριότητας (οικιακή χρήση, βιομηχανία, γεωργία) και χρέωση του συνολικού κόστους στους αντίστοιχους χρήστες του υδατικού πόρου.

9. Ο ορισμός οριακών τιμών εκπομπής για ορισμένες ομάδες ή οικογένειες ρυπαντών, και η λήψη ειδικά μέτρα για την αντιμετώπιση της ρύπανσης που προκαλείται από την απόρριψη, τις εκπομπές ή τις διαρροές επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας.

10. Η διασφάλιση και ενίσχυση της συμμετοχής του κοινού στην κατάρτιση των προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας.

Το προτεινόμενο σχέδιο νόμου προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα που εισήγαγε η Οδηγία Πλαίσιο. Σημαντικές διαφοροποιήσεις του προτεινόμενου σχεδίου νόμου σε σχέση με τα προηγούμενα δεδομένα αποτελούν:

- Η σύσταση διυπουργικής Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, για τη χάραξη της πολιτικής ολοκληρωμένης προστασίας και διαχείρισης των υδάτων.

- Η σύσταση Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων με συμμετοχή μη κυβερνητικών φορέων.

- Ο ορισμός των λεκανών απορροής και ο καθορισμός των αρμόδιων για αυτές Περιφερειών.

- Η σύσταση στο Υπουργείο ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων, η οποία θα αναλάβει το σύνολο των αρμοδιοτήτων και δραστηριοτήτων προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Το μέτρο αυτό θα συντελέσει στην εξάλειψη της μέχρι σήμερα παρατηρούμενης πολυδιάσπασης των αρμοδιοτήτων.

- Ο προσδιορισμός των δράσεων σε περιφερειακό επίπεδο, και η σύσταση Διεύθυνσης Υδάτων ανά Περιφέρεια, μέσω των οποίων θα ασκούνται οι αρμοδιότητες της Περιφέρειας για την προστασία και τη διαχείριση των Υδάτων.

- Η σύσταση ανά περιφέρεια Περιφερειακού Συμβουλίου Υδάτων, ως όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης σε θέματα προστασίας και διαχείρισης των Υδάτων, το οποίο θα διασφαλίζει τη συμμετοχή του κοινού στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

- Ο προσδιορισμός των προδιαγραφών των Σχεδίων Διαχείρισης που θα εκπονούνται από τις Περιφέρειες, και των Προγραμμάτων Μέτρων και Παρακολούθησης της Ποιότητας των Υδάτων, καθώς και των Προγραμμάτων Μέτρων κατά της Ρύπανσης, τα οποία θα καταρτίζονται από τις Περιφέρειες.

- Ο ορισμός των Οικονομικών Ρυθμίσεων του νερού, και η εισαγωγή των εννοιών του Περιβαλλοντικού και Κοινωνικού Κόστους στην κοστολόγηση και τιμολόγηση των χρήσεων και υπηρεσιών του νερού.

- Τέλος, προβλέπονται Διοικητικές και Ποινικές Κυρώσεις για την κακή χρήση, ρύπανση ή υποβάθμιση του υδατικού πόρου ή την παράβαση των διατάξεων του νόμου.

Ο νέος νόμος «Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων» θα αποτελέσει το πλαίσιο μέσω του οποίου θα επιδιωχθεί η βιώσιμη διαχείριση των υδάτων και θα συμβάλλει στην επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης της χώρας.

Το Σχέδιο Νόμου που προτείνεται στοχεύει:

-Στη διαμόρφωση ενός σύγχρονου, και αποτελεσματικού Θεσμικού/Νομοθετικού Πλαισίου

-Στην ανάπτυξη μακροπρόθεσμου σχεδιασμού

- Στην αποκέντρωση αρμοδιοτήτων και ενίσχυση των περιφερειακών δομών

-Στην εναρμόνιση του Εθνικού Δικαίου με την Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΕ για τη θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων

- Στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας, συγκεκριμενοποιημένων στις ιδιαιτερότητες του Ελληνικού χώρου.

Άρθρο / 9 / νόμου 1739

Κάθε νομικό και φυσικό πρόσωπο έχει δικαίωμα χρήσης νερού. Το δικαίωμα αυτό ασκείται ύστερα από άδεια που χορηγείται από την αρμόδια κατά κατηγορία χρήση αρχή. Η άδεια πολλαπλής χρήσης νερού εκδίδεται, κατά περίπτωση, από την αρμόδια κεντρική ή αντίστοιχες περιφερειακές υπηρεσίες του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας. Στην πολλαπλή χρήση δεν περιλαμβάνεται η ικανοποίηση ατομικών ή οικογενειακών αναγκών.

Για την έκδοση της άδειας χρήσης νερού απαιτείται σχετική αίτηση των ενδιαφερομένων που περιλαμβάνει ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία. Η άδεια καθορίζει την ποσότητα, τις προϋποθέσεις και τους όρους χρήσης του νερού. Με προεδρικά διατάγματα που εκδίδονται με πρόταση του υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και του κατά χρήση αρμόδιου υπουργού καθορίζεται το περιεχόμενο της αίτησης, ο τύπος και οι προθεσμίες έκδοσης των αδειών, τα μέτρα και η διαδικασία ελέγχου τήρησης των αδειών, οι επιβαλλόμενες διοικητικές κυρώσεις σε περίπτωση παράβασης, καθώς και οι διαδικασίες και τα όργανα εκτέλεσης αυτών.

Το δικαίωμα χρήσης νερού περιορίζεται στο ανώτατο όριο των πραγματικών αναγκών του δικαιούχου, φυσικού ή νομικού προσώπου, ιδιωτικού ή δημόσιου δικαίου και οργανισμού τοπικής αυτοδιοίκησης και το πλεονάζον υπόλοιπο διατηρείται σε εφεδρεία από την αρμόδια περιφερειακή υπηρεσία διαχείρισης υδατικών πόρων για την απόδοσή του σε άλλο πρόσωπο για την ίδια ή άλλη χρήση.

Δεν επιτρέπεται η έκδοση οποιασδήποτε άδειας για εγκατάσταση ή επέκταση μονάδων, οι οποίες για τη λειτουργία τους έχουν ανάγκη χρήσης αν προηγουμένως δεν έχει χορηγηθεί σ'αυτές η άδεια που προβλέπει το άρθρο αυτό.

Δεν απαιτείται άδεια για χρήση νερού προς ικανοποίηση αποκλειστικά ατομικών ή οικογενειακών αγαθών, με τον απαραίτητο όρο ότι η χρήση αυτή δεν επεκτείνεται οπωσδήποτε σε παραγωγικές δραστηριότητες για διάθεση ή εκμετάλλευση προϊόντων ή υπηρεσιών.

Η ύδρευση προηγείται από κάθε άλλη χρήση νερού. Το δικαίωμα χρήσης νερού για ύδρευση δεν μπορεί να καταργηθεί ή να περιοριστεί.

Φορείς δημόσιοι ή ιδιωτικοί που διαχειρίζονται νερά κοινής ωφέλειας, οφείλουν να διατηρούν τις εγκαταστάσεις τους σε κατάσταση τέτοια ώστε να προλαμβάνεται ή αποφεύγεται κάθε απώλεια και να επιδιορθώνουν αμέσως κάθε βλάβη, ιδιαίτερα όταν επιφέρει απώλειες νερού.

Άρθρο / 10 / νόμου 1739

Σε περίπτωση μείωσης της ποσότητας ή αλλοίωσης της ποιότητας ενός υδατικού πόρου που οφείλονται σε φυσικά αίτια, μπορεί να γίνει ανακατανομή των ποσοτήτων νερού που αναλογούν σε κάθε χρήση με αντίστοιχη τροποποίηση των σχετικών προγραμμάτων.

Η διαδικασία και οι μέθοδοι κοστολόγησης νερού σε υφιστάμενες και νέες χρήσεις, οι περιπτώσεις τιμολόγησής του, ο φορέας καθορισμού τιμής καθώς και ο φορέας είσπραξης ορίζονται με αποφάσεις του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και του κατά περίπτωση συναρμόδιου υπουργού, ύστερα από γνωμοδότηση της Δ.Ε.ΥΔ.

Άρθρο / 11 / νόμου 1739

Η δέσμευση ορισμένης ποσότητας νερού με σκοπό την προστασία και τη διατήρηση του υδατικού οικοσυστήματος καθώς και την επίτευξη των ποιοτικών στόχων, που έχουν τεθεί με βάση τις ισχύουσες διατάξεις, λογίζεται ως χρήση και υπάγεται στις διατάξεις του νόμου αυτού.

Οι περιφερειακές υπηρεσίες διαχείρισης υδατικών πόρων καθορίζουν σε συνεργασία με τις υπηρεσίες των Υπουργείων Γεωργίας και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, τις ποσότητες νερού για την κάλυψη των αναγκών της χρήσης αυτής και μεριμνούν για την ένταξή τους στα προγράμματα ανάπτυξης των υδατικών πόρων.

Αν κριθεί αναγκαίο, για τη διατήρηση ή αποκατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων σε ποσοτικά και ποιοτικά όρια που εξυπηρετούν το κοινό όφελος ή και τις προβλεπόμενες ανάγκες να επιβληθούν περιορισμοί ή άλλα μέτρα στη χρήση τους. Αυτοί επιβάλλονται από τους κατά περίπτωση αρμόδιους νομάρχες, ύστερα από πρόταση των περιφερειακών υπηρεσιών διαχείρισης υδατικών πόρων.

Άρθρο / 12 / νόμου 1739

Η διάθεση λυμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων και γενικά υποβαθμισμένων ποιοτικά νερών ή άλλων υλικών στους υδατικούς αποδέκτες γίνεται σύμφωνα με το νόμο 1650 / 1986.

Για την απαγόρευση της διάθεσης των παραπάνω υλικών σε θέσεις και χρονικές περιόδους που κρίνονται επιβλαβείς για το υδατικό οικοσύστημα ή τις χρήσεις νερού, μπορούν να γίνουν ειδικές ρυθμίσεις, οι οποίες ορίζονται με κοινή απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών, Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας.

Άρθρο / 14 / νόμου 1739

Για την εκτέλεση έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων για κοινή ωφέλεια, υπό τις προϋποθέσεις αυτού του νόμου, επιτρέπεται αναγκαστική απαλλοτρίωση εδαφών και κάθε είδους κτισμάτων και εγκαταστάσεων. Η απαλλοτρίωση μπορεί να κηρυχθεί κατεπείγουσα.

Για την πραγματοποίηση ερευνών ή μελετών σχετικών με τους υδατικούς πόρους από τους αρμόδιους φορείς έρευνας, χρήσης και διαχείρισης, οι ιδιοκτήτες ή νομείς ή κάτοχοι ή χρήστες γαιών, οικοπέδων ή κάθε άλλου είδους εκτάσεων, υποχρεούνται να επιτρέπουν την εκτέλεση των αναγκαίων εργασιών, τη διέλευση προσώπων και μεταφορικών μέσων, την προσωρινή εναπόθεση απολύτως αναγκαίων υλικών καθώς και άλλη αναπόφευκτη παρεπόμενη ενόχληση.

Άρθρο / 15 / νόμου 1739

Σε ανταγωνιστικές χρήσεις νερού η απόφαση για την κατανομή του νερού κατά χρήση λαμβάνεται από τον Υπουργό Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και τους συναρμόδιους Υπουργούς, ύστερα από γνωμοδότηση της Διυπουργικής Επιτροπής Υδάτων και της αντίστοιχης Περιφερειακής Επιτροπής Υδάτων.

Ανόρυξη γεωτρήσεων

Όσο αφορά τις γεωτρήσεις, το νομοθετικό κείμενο ποικίλλει από νομαρχία σε νομαρχία και επίσης αλλάζει ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στο νομό στα πέντε με δέκα τελευταία χρόνια. Για παράδειγμα ο υδροφόρος ορίζοντας στην Ελλάδα παλιότερα ήταν σε πολύ φυσιολογικά επίπεδα. Το γεγονός αυτό εκμεταλλεύτηκε λανθασμένα ο Έλληνας αγρότης με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιοχές κάθε εκατό μέτρα να υπάρχει και από μία γεώτρηση. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, με δεδομένο ότι οι βροχές και τα χιόνια στη χώρα μας τα είκοσι τελευταία χρόνια έχουν εξασθενήσει σημαντικά, την πτώση του υδροφόρου ορίζοντα σε χαμηλά επίπεδα. Έτσι οι νομαρχίες αποφάσισαν να έχουν το δικό τους νομοθετικό πλαίσιο, πάνω στο οποίο θα κινούνται οι όποιες εργασίες αφορούν την ανόρυξη γεωτρήσεων.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΡΙΤΗ : ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η τεχνική κατασκευής των υδρογεωτρήσεων παρουσιάζει θεωρητικό ενδιαφέρον, γιατί ερμηνεύει και αιτιολογεί επιστημονικά όλες τις φάσεις εργασιών των υδρογεωτρήσεων ως υδραυλικών έργων υδρομαστεύσεως του υπόγειου νερού, αλλά κυρίως έχει πρακτικό ενδιαφέρον, γιατί φιλοδοξεί να αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα για όλους εκείνους, επιστήμονες και τεχνικούς οι οποίοι κατασκευάζουν, επιβλέπουν ή εξοπλίζουν υδρογεωτρήσεις.

Η εκτέλεση των υδρογεωτρήσεων δεν είναι εργασία τόσο απλή όσο φαίνεται εκ πρώτης όψεως, αν δε ληφθεί υπόψη και η σχετικά μεγάλη δαπάνη κατασκευής τους, καταφαίνεται γιατί αυτές πρέπει να εκτελούνται με τους κανόνες της επιστήμης και της τεχνικής.

Δεν έγινε η σε βάθος ανάλυση ορισμένων κεφαλαίων (π.χ. των γεωφυσικών διασκοπήσεων, δοκιμαστικών αντλήσεων κ.α.) αλλά απλώς αναπτύχθηκαν σε τέτοιο βαθμό, ώστε να ολοκληρώνουν την παρουσίαση των εργασιών μιας υδρογεώτρησης από την αρχή της κατασκευής της μέχρι την αξιοποίησή της.

Όπως αναφέραμε και στο πρόλογο της εργασίας αυτής, με τον όρο γεώτρηση καλούμε οποιαδήποτε οπή του εδάφους η οποία ανοίγεται με χειροκίνητο ή μηχανοκίνητο μηχάνημα το οποίο ονομάζεται γεωτρήπανο και το βάθος της ποικίλλει από λίγα μέχρι μερικές χιλιάδες μέτρα. Ο όρος 'φρέαρ' (πηγάδι) αναφέρεται για κάθε οπή του εδάφους, συνήθως κυκλική, η οποία συναντάει την υπόγεια στάθμη του νερού. Κάθε γεώτρηση μπορεί να χαρακτηριστεί σαν φρέαρ, όχι όμως και το αντίστροφο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΔΙΑΤΡΗΣΗ

Η διάτρηση του εδάφους επιτυγχάνεται με τα γεωτρύπανα. Από αυτά, τα χειροκίνητα ανορύσσουν μικρής διαμέτρου και βάθους γεωτρήσεις και μόνο στα μαλακά εδάφη, ή δε άντληση του νερού, λόγω της μικρής διαμέτρου της σωληνώσεως, γίνεται με οριζόντιες φυγόκεντρες αντλίες. Τα μηχανοκίνητα γεωτρύπανα, ανάλογα με την ισχύ του κινητήρα και της κατασκευής τους, είναι ικανά για ανορύξεις γεωτρήσεων μεγάλης διαμέτρου και βάθους σε εδάφη κάθε φύσεως.

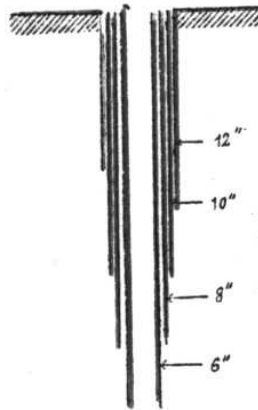
1.1 Κατηγορίες γεωτρύπανων

Τα γεωτρύπανα, ανάλογα με τον τρόπο διατήσεως του εδάφους, διαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες, απ' τις οποίες η καθεμιά παρουσιάζει παραλλαγές, στα κρουστικά και τα περιστροφικά.

1.1.1 Κρουστικά

Τα κύρια μέρη ενός κρουστικού γεωτρύπανου είναι ο πύργος (κοινώς γάβρια), ο οποίος στην κορυφή του φέρει μια ή περισσότερες τροχαλίες, ο κινητήρας και το βαρούλκο για την κίνηση του συρματόσχοινου και ο κοπτήρας (κοινώς κοπίδι) συνδεδεμένος στο άκρο του συρματόσχοινου, ο οποίος συνεχώς ανερχόμενος και κατερχόμενος κτυπά τον πυθμένα της γεωτρήσεως και θρυμματίζει το πέτρωμα. Τα συντρίμμια, κατά χρονικά διαστήματα, αφαιρούνται από το βάθος της διανοιγόμενης οπής μ' ένα εργαλείο γνωστό ως 'κάδος καθαρισμού'. Συνήθως τα κρουστικά γεωτρύπανα μέσα στην οπή απαιτούν μια ποσότητα νερού είτε προερχόμενη από υδροφόρο στρώμα είτε προστιθέμενη από τον γεωτρυπανιστή, που την ρίχνει από το στόμιο της γεωτρήσεως. Έτσι επιτυγχάνεται αφ' ενός η ψύξη του κοπτήρα και αφ' ετέρου η εύκολη αφαίρεση των συντριμμάτων του πετρώματος, τα οποία με το νερό σχηματίζουν πολτό ο οποίος αφαιρείται με τον κάδο καθαρισμού.

Η ανάγκη προσωρινής επενδύσεως των περισσότερων από τις κρουστικές γεωτρήσεις με σιδηροσωλήνες αποτελεί μειονέκτημα της κρουστικής μεθόδου, γιατί απαιτεί δαπάνη μεταφοράς και χρόνο τοποθέτησεως και εξαγωγής των σωλήνων αυτών. Έτσι για γεώτρηση μέσα σε προσχωσιγενή εδάφη βάθους 150m απαιτούνται περισσότερα από 300m σωλήνες διαφόρων διαμέτρων π.χ. 12-10-8 και 6 ιντσών (σχ.1).



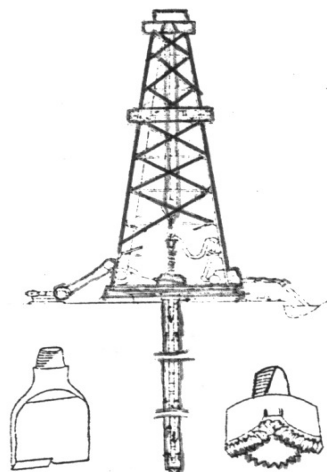
Σχ. 1. Προσωρινή σωλήνωση γεωτρήσεως εκτελούμενης με κρουστικό γεωτρύπανο.

1.1.2 Περιστροφικά

Πήραν την ονομασία τους από την περιστροφική κίνηση του κοπτήρα που πετυχαίνεται με τα στελέχη του γεωτρύπανου από την 'κεφαλή' του με τη βοήθεια ενός κινητήρα. Τα περιστροφικά γεωτρύπανα υποδιαιρούνται σε δύο τύπους, αναλόγως του τρόπου κυκλοφορίας του πολτού: σε περιστροφικά θετικής φοράς και σε περιστροφικά ανάστροφου κυκλοφορίας.

1.1.2.1 Θετικής κυκλοφορίας

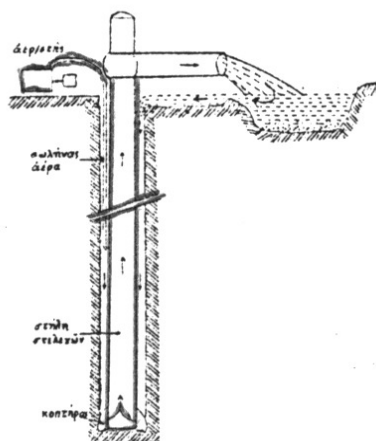
Ο περιστρεφόμενος κοπτήρας θρυμματίζει ή διαλύει το πέτρωμα, τα δε συντρίμματα, με τη βοήθεια του συνεχώς κυκλοφορούντος πολτού διατρήσεως, εξέρχονται της οπής με τον ανερχόμενο πολτό από το δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ των τοιχωμάτων της διατρήσεως και των στελεχών (σχ.2).



Σχ. 2. Βασική άρχη περιστροφικού γεωτρύπανου θετικής κυκλοφορίας και χρησιμοποιούμενοι κοπτήρες για μαλακά και σκληρά πετρώματα.

1.1.2.2 Ανάστροφης κυκλοφορίας

Στην περίπτωση αυτή, από την αποθήκη του νερού ή του πολτού, ρέει συνεχώς στη γεώτρηση νερό ή πολτός με φυσική ροή έτσι ώστε η οπή να είναι συνεχώς γεμάτη με υγρό. Παράλληλα, με τη βοήθεια αεροσυμπιεστού εκτελείται άντληση μέσα από τη στήλη των στελεχών, τα οποία στην περίπτωση αυτή πρέπει να έχουν την κατάλληλη διάμετρο. Έτσι, με το εξερχόμενο νερό ή πολτό εξέρχονται και τα συντρίμματα του πετρώματος (σχ 3).



Σχ. 3. Βασική άρχή περιστροφικού γεω-
τρυπάνου ανάστροφης κυκλοφορίας.

Πλεονεκτήματα της παραλλαγής αυτής είναι:

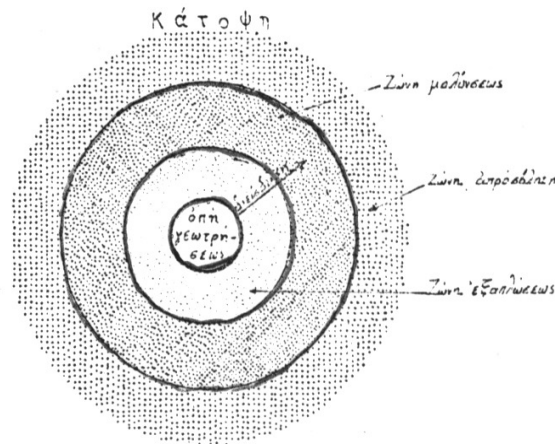
- 1) Λόγω μεγαλύτερης ταχύτητας της ανοδικής κινήσεως του πολτού και των συντριμμάτων, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα διατρήσεως ειδικά στους αμμοχαλικώδεις ή αμμοιλυώδεις σχηματισμούς.
- 2) Είναι δυνατή η εκτέλεση απευθείας μεγάλων διαμέτρων από 17-60 ίντσες.
- 3) Η διάτρηση γίνεται με νερό ή με μικρή ποσότητα μπετονίτη, γι' αυτό ο πλακούντας (κρούστα) των τοιχωμάτων της γεωτρήσεως καταστρέφεται εύκολα κατά την ανάπτυξη αυτής. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η υδροστατική στάθμη των υδροφόρων πρέπει να είναι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, για να μπορεί να εργάζεται το γεωτρύπανο.

Γενικά, το περιστροφικό σύστημα διατρήσεως εν αντιθέσει προς το κρουστικό, είναι σήμερα το πιο διαδεδομένο, γιατί είναι το ταχύτερο, συνεπώς κοστίζει φθηνότερα. Φτάνει σε πολύ μεγάλα βάθη με τις επιθυμητές διαμέτρους, δεν απαιτεί προσωρινές σωληνώσεις και έτσι επιτρέπει την εκτέλεση ηλεκτρικών διασκοπήσεων στις γεωτρήσεις.

Η ταχύτητα προχωρήσεως ποικίλλει στους διάφορους τύπους γεωτρυπάνων ανάλογα με την ισχύ τους, το είδος, τη διάμετρο και την κατάσταση των κοπήρων, την ποιότητα και πυκνότητα του πολτού, τη δεξιοτεχνία του γεωτρυπανιστού και φυσικά ανάλογα με τη φύση του διατρυόμενου πετρώματος.

Στα μειονεκτήματα της περιστροφικής μεθόδου διατρήσεως μπορούμε να αναφέρουμε τη δυσχέρεια αφαιρέσεως πάντοτε ολόκληρης της ποσότητας του πολτού που εισήλθε στα γύρω από την οπή υδροφόρα στρώματα κατά τη διάτρηση, μερική έμφραξη υδροφόρων (σχ.4) και επίσης τη δυσχέρεια καταρτισμού επακριβών γεωλογικών τομών ως προς τον προσδιορισμό και το ποσοστό των λεπτόκοκκων υλικών και το πραγματικό βάθος των βαθύτερων γεωλογικών στρωμάτων, λόγω καθυστέρησεως αφίξεως στην επιφάνεια του αντίστοιχου δείγματος.

Οπωσδήποτε ένα έμπειρο προσωπικό του γεωτρύπανου περιορίζει τα μειονεκτήματα αυτά σε μεγάλο βαθμό.



Σχ. 4. Έπηρεασμός των στρωμάτων του εδάφους από τη διείσδυση πολτού της διατρήσεως. (Από τό Eaux souterraines - CASTANY).

Για τη διάτρηση με μερικές διαμέτρους συμπαγών ασβεστολιθικών πετρωμάτων σε περιοχές που λείπει το νερό για την εργασία και είναι ασύμφορο να μεταφέρεται από μεγάλες αποστάσεις, χρησιμοποιείται η αερόσφαιρα χωρίς νερό με τη χρήση αεροσυμπιεστών. Ο διοχετευόμενος υπό πίεση στην οπή αέρας εκτελεί τις βασικές λειτουργίες που κάνει και ο πολτός διατρήσεως.

1.2 Πολτός διατρήσεως

Η χρησιμοποίηση του πολτού κατά τη διάτρηση έχει σαν σκοπό να εκτελεί τις παρακάτω ουσιώδεις λειτουργίες:

- 1) Καθαρίζει το βάθος της οπής ανυψώνοντας συνεχώς τα συντρίμματα του πετρώματος μέχρι την επιφάνεια του εδάφους.
- 2) Ψύχει και λιπαίνει τον κοπτήρα.
- 3) Προστατεύει τα τοιχώματα της διατρυόμενης οπής από καταπτώσεις σε περιπτώσεις διατρήσεως μαλακών ασύνδετων σχηματισμών. Τούτο επιτυγχάνεται με το σχηματισμό μιας κρούστας από ιλύ γύρω από τα τοιχώματα της οπής (MUD CAKE). Η κρούστα απομονώνει την οπή από τα διατρηθέντα υδροφόρα στρώματα κατά τη διάρκεια της διατρήσεως.
- 4) Ασκει μια κατάλληλη υδροστατική πίεση στα διατρυόμενα στρώματα.

Ο πολτός πρέπει να έχει ορισμένες βασικές ιδιότητες, δηλαδή να κυκλοφορεί με τις αντλίες κυκλοφορίας, να διαχωρίζονται εύκολα τα συντρίμματα στην επιφάνεια του εδάφους (δονούμενα κόσκινα, δεξαμενή αποθηκεύσεως πολτού), ενώ αντίθετα να διατηρούνται αιωρούμενα τα συστατικά του, όχι μόνο κατά τη κυκλοφορία του, αλλά και για ένα χρονικό διάστημα μετά τη διακοπή της κυκλοφορίας. Επίσης να έχει μια πυκνότητα συμβιβαστεί τόσο με τη διαπερατότητα των διατρυομένων σχηματισμών, όσο και με τη πίεση των διαφόρων υδροφόρων στρωμάτων, δηλαδή να μην παρουσιάζει μεγάλες απώλειες μέσα στα πετρώματα αλλά ούτε και να επιτρέπει συνεχή διείσδυση του νερού των υδροφόρων μέσα στην οπή, γιατί τότε θα δυσχεραινόταν η πρόοδος της διατρήσεως. Επίσης, να μην είναι διαβρωτικός για τα πετρώματα και τα μεταλλικά εργαλεία του γεωτρύπανου, να μην είναι τοξικός και τέλος, να επιτρέπει την εκτέλεση ηλεκτρικών διασκοπήσεων μέσα στη γεώτρηση.

Ο απαιτούμενος όγκος πολτού για την κυκλοφορία κατά τη διάτρηση ισούται με το άθροισμα των όγκων της οπής, των δεξαμενών αποθηκεύσεως και των αγωγών κυκλοφορίας μετά την αφαίρεση του όγκου των στελεχών μέσα στη γεώτρηση.

Η γνώση του όγκου του πολτού παρέχει ενδείξεις για τις απώλειές του κατά τη διάτρηση και αυτό συχνά βοηθάει στη διάγνωση υδροφόρων οριζόντων.

Η ταχύτητα του πολτού κατά τη κυκλοφορία είναι συνάρτηση της παροχής της αντλίας, της διαμέτρου της οπής καθώς και των στελεχών. Έχει βρεθεί ότι για να επιτευχθεί αποδοτική ανύψωση των συντριμμάτων από τον δακτυλιοειδή χώρο στην επιφάνεια, η ταχύτητα του πολτού πρέπει να είναι τουλάχιστον 53 m/sec.

1.2.1 Σύνθεση και κατηγορίες πολτού

Ο πολτός αποτελείται από μια στερεά φάση αιωρούμενη μέσα σε μια υγρή. Η υγρή φάση μπορεί να είναι νερό ή έλαιο, οπότε έχουμε αντιστοίχως:

- Πολτούς με βάση το νερό και
- Πολτούς με βάση το έλαιο.

Ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα προϊόντα έχουμε διάφορους τύπους πολτού που παρασκευάζονται από διάφορες εταιρείες με ποικίλα εμπορικά ονόματα.

Ένας πολτός με βάση το νερό αποτελείται από μια αιώρηση του αργίλου στο νερό. Αν το νερό είναι γλυκό, η άργιλος βάσεως είναι ο μπετονίτης, αν το νερό είναι αλατούχο, η άργιλος είναι ο σепιολίτης.

Γι' αυτό το θέμα αναφέρεται ότι τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α. ένα νέο είδος προϊόντος (της εταιρείας JOHNSON Division-VOP) για τη χρησιμοποίησή του αντί του μπετονίτη ή άλλων ειδών αργίλου, στην παρασκευή πολτού διατρήσεως. Πρόκειται για οργανική πολυμερή σύνθεση με το όνομα "revert" η οποία όχι μόνο ανταποκρίνεται σε όλες τις λειτουργικές εργασίες που εκτελεί ο μπετονίτης, αλλά έχει ακόμα αρκετά και σπουδαία πλεονεκτήματα. Ενδεικτικώς αναφέρονται τα σπουδαιότερα: Απαιτούνται σχετικά μικρές ποσότητες του (7-7,5 χγρ. για κάθε κ.μ. νερού). Αυτοκαταστρέφεται μετά τη σωλήνωση και συνεπώς δεν επιδρά, όπως η κρούστα του μπετονίτη, δυσμενώς στα υδροφόρα. Συγκεκριμένα όταν ο πολτός του "revert" έχει το κατάλληλο ιξώδες είναι χρώματος μπλε, όταν όμως το ιξώδες του κατέρχεται, το χρώμα του αλλάζει προς ανοιχτό γκρι. Έτσι "ειδοποιείται" ο γεωτρυπανιστής ότι πρέπει να προσθέσει μικρή ποσότητα revert. Αν δεν γίνει αυτό, μετά τη παρέλευση μικρού χρόνου, ο πολτός καθίσταται τόσο ρευστός όσο είναι και το νερό. Για την παρασκευή του πολτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αλμυρό νερό.

Οι πολτοί γενικά για να έχουν την κατάλληλη διηθητικότητα, πρέπει να έχουν και ορισμένα οργανικά σώματα, τους μειωτές διηθήματος, όπως είναι το άμυλο, το πολυακρίλικό νάτριο, κολλοειδή (φύκι) κ.α., τα οποία προσθέτονται στον πολτό.

Επίσης για τη σταθεροποίηση της ρευστότητάς του προσθέτονται ορισμένα ορυκτά ή οργανικά στερεά σώματα που λέγονται μειωτές ιξώδους, όπως είναι σύνθετα φωσφορικά άλατα, τανίνη, θειώδης ή υποθειώδης λιγνίνη, χουμώδη, ανθρακικό άλας νατρίου, βαρίου ή ασβεστίου (άσβεστος), γύψος, χλωριούχο νάτριο κ.α.

Τέλος, αν απαιτείται αύξηση της πυκνότητας του πολτού για εξάσκηση μεγαλύτερης υδροστατικής πίεσης από τη στήλη του στους διατρυόμενους σχηματισμούς, προστίθεται στο πολτό στερεά υλικά υψηλού ειδικού βάρους, κονιορτοποιημένα, τα οποία ονομάζονται προσθετικά βάρους, όπως είναι η βαρυτίνη, ο αιματίτης κ.α.

Στην πράξη οι πολτοί αλλοιώνονται από διάφορα υλικά, τα οποία τους "μολύνουν", με αποτέλεσμα να τροποποιούνται τα επιθυμητά χαρακτηριστικά τους και κατά συνέπεια είναι ανάγκη να θεραπευτούν. Οι θεραπείες του πολτού εξαρτώνται αφ' ενός από τη φύση του υλικού μολύνσεως και αφ' ετέρου από τη σύνθεσή του.

Όταν κατά τη διάτρηση το νερό των υδροφόρων αραιώνει τον πολτό, απαιτείται αύξηση της πυκνότητάς του.

1.2.2 Όργανα ελέγχου του πολτού

Κατά τη διάτρηση με περιστροφικά γεωτρήματα επιβάλλεται να ελέγχεται κατά διαστήματα η πυκνότητα, το ιξώδες και η περιεκτικότητα σε άμμο του πολτού.

Η πυκνότητα του πολτού μετρείται στο εργοτάξιο ως εξής:

I) Με το ζυγό πολτού. Αυτός στον ένα βραχίονα φέρει δοχείο γνωστής χωρητικότητας και στον άλλο μια κλίμακα σε μονάδες πυκνότητας (π.χ. χλγ./λίτρα), με ένα βαρίδι μετακινούμενο. Γεμίζουμε το δοχείο με πολτό και στο σημείο ισορροπίας του ζυγού η θέση του βαριδιού δίνει επάνω στη κλίμακα την πυκνότητα του πολτού.

II) Με το πυκνόμετρο. Αυτό στο κάτω μέρος του φέρει κλειστό δοχείο και από πάνω κύλινδρο αριθμημένο σε μονάδες πυκνότητας.

Το δοχείο, το οποίο κλείνει υδατοστεγώς, το γεμίζουμε με τον υπό εξέταση πολτό και εμβαπτίζουμε το πυκνόμετρο μέσα στο νερό. Στη θέση ισορροπίας του η στάθμη του νερού δείχνει επί του κυλίνδρου απευθείας την πυκνότητα του πολτού. Στις εργασίες υδρογεωτρήσεων, η μεγαλύτερη επιτρεπτή πυκνότητα, πλην εξαιρέσεων, είναι 1,2 χλγ./λίτρο.

Το ιξώδες στο εργοτάξιο μετρείται με το ιξωδόμετρο του Marsh. Είναι χωνί ορισμένης χωρητικότητας και φέρει στο κάτω άκρο του, ορισμένης διατομής ανοιχτό σωλήνα. Το χωνί γεμίζεται με πολτό και ο χρόνος της εκροής του λόγω βαρύτητας, μετρούμενος σε δευτερόλεπτα, εκφράζει το ιξώδες του. Το νερό δείχνει ιξώδες 26. Ο ενδεδειγμένος πολτός μπετονίτου πρέπει να παρουσιάζει ιξώδες από 35-45 μονάδες.

Η περιεκτικότητα του πολτού σε άμμο αναφέρεται σε ποσοστό επί του όγκου του. Π.χ. 100 cm³ πολτού διέρχονται από κόσκινο με οπές 0,5 mm με τη βοήθεια και καθαρού νερού για το πλύσιμο. Το υλικό που κατακρατείται από το κόσκινο ογκομετρείται σε αριθμημένο κώνο και έτσι υπολογίζεται η περιεκτικότητα του πολτού σε άμμο. Οι πολτοί δεν πρέπει να παρουσιάζουν περιεκτικότητα σε άμμο μεγαλύτερη από 5 %.

1.3 Βάθος των γεωτρήσεων

Όπως προαναφέρθηκε, το βάθος διατρήσεως το καθορίζει ο γεωλόγος και κατά τη διάρκεια της επίβλεψης της γεώτρησης αποφασίζει, με βάση τα προκύπτοντα στοιχεία, αν θα φτάσει στο προκαθορισμένο ή θα συνεχιστεί η διάτρηση και πέρα απ' το προγραμματισμένο, ώστε να περατωθεί στο υπόβαθρό του ή των υδροφόρων της περιοχής.

Αν υπάρχουν άλλες γεωτρήσεις στον ίδιο υδροφόρο, τα στοιχεία τους διευκολύνουν πάρα πολύ στον ορθό προγραμματισμό των νέων γεωτρήσεων.

Στις προσχωσιγενείς πεδιάδες της χώρας μας, όπου ανορύσσετε το 90 % περίπου των υδρογεωτρήσεων, το βάθος ποικίλλει από μερικές δεκάδες μέχρι 200 και μερικές φορές μέχρι 300 m. Οι αποθέσεις αυτές συνίστανται από χαλαρούς κυρίως σχηματισμούς, η δε υδροφορία εντοπίζεται σε έναν ή περισσότερους επάλληλους ορίζοντες που αποτελούνται από άμμους, χάλικες και κροκάλες.

Σε περιπτώσεις διατρήσεως εναλλασσόμενων στρωμάτων χονδρόκοκκων-λεπτόκοκκων είναι σκόπιμο η διάτρηση να προωθείται όσο το δυνατόν βαθύτερα, ώστε να υδρομαστεύονται όσο το δυνατόν περισσότεροι υδροφόροι ορίζοντες, αν όχι όλοι.

Δεν είναι πάντοτε απαραίτητο το βάθος των γεωτρήσεων στις προσχώσεις να φτάνει μέχρι το υπόβαθρο.

Μια συνεχής αργιλική ή αργιλοαμμώδης π.χ. απόθεση μπορεί να αποτελέσει αιτία διακοπής της διατρήσεως.

Η διάτρηση συμπαγών πετρωμάτων είναι συνήθως προβληματική τόσο από πλευράς ανευρέσεως νερού, όσο και από πλευράς αυξημένης δαπάνης που οφείλεται στη μικρή ταχύτητα διατρήσεως λόγω της σκληρότητάς του. Η υδροφορία που αναπτύσσεται σε ορισμένα συμπαγή πετρώματα οφείλεται είτε στο πρωτογενές ενεργό πορώδες αυτών (ψαμμίτες, ψηφιδοκροκαλοπαγή, τόφφοι, λάβες και ορισμένα ανθρακικά πετρώματα) είτε στο δευτερογενές που δημιουργείται από τον κατακερματισμό ή τη διάλυσή τους (ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, γνεύσιοι, περιδοτίτες, κ.α.).

Στις εκρηξιγενείς λάβες οι κατατμήσεις τους οφείλονται στην απότομη ψύξη τους. Δεν είναι δυνατόν να προκαθορισθούν η υδρογεωλογική συμπεριφορά και το βάθος διατήσεως των παραπάνω πετρωμάτων, γιατί σε κάθε περίπτωση η υδροφορία τους εξαρτάται από τις γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες της περιοχής, από τη φυσική κατάσταση του πετρώματος, τις συνθήκες τροφοδοσίας κ.λ.π.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διάτρηση ανθρακικών πετρωμάτων, τα οποία λόγω της διαλυτότητάς τους από το νερό και της δημιουργίας μέσα στη μάζα τους αγωγών (καρστ) παρουσιάζουν ενίοτε σημαντική υδροφορία. Δυστυχώς το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτεταμένων ασβεστολιθικών μαζών του Ελλαδικού χώρου απάγουν τα καρστικά νερά σε βαθύτερους ορίζοντες ή στη θάλασσα και δεν παρουσιάζουν πρακτικό ενδιαφέρον. Υπάρχουν όμως και ασβεστολιθικοί όγκοι που εγκλείουν καρστικά νερά τα οποία είναι δυνατό να αξιοποιηθούν πρακτικώς με την ανόρυξη γεωτρήσεων. Ο εντοπισμός τέτοιων παροχών απαιτεί υδρογεωλογική έρευνα.

Κεφάλαιο 2

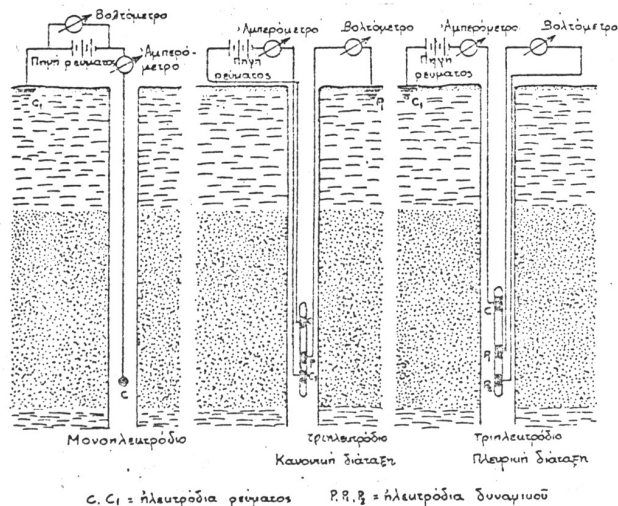
Γεωφυσικές διασκοπήσεις στις γεωτρήσεις

Εδώ θα γίνει μνεία μόνο των αρχών και της εφαρμογής των διασκοπήσεων, γιατί η ανάπτυξη του όλου θέματος αποτελεί ιδιαίτερο αντικείμενο. Οι πιο κοινές μετρήσεις είναι οι ηλεκτρικές διασκοπήσεις.

Σε ασωλήνωτη και γεμάτη με πολτό γεώτρηση κατεβάζεται με συρμάτινο αγωγό ένας κύλινδρος (οβίδα διασκοπήσεως) που περιέχει ηλεκτρόδια ρεύματος και δυναμικού, τα οποία καταγράφουν κατά τη κίνηση της οβίδας στην οπή τις ηλεκτρικές αντιστάσεις και το φυσικό δυναμικό των πετρωμάτων που περιβάλλουν την οπή. Ένα αυτογραφικό όργανο στην επιφάνεια του εδάφους καταγράφει επί ειδικώς διαγραμμισμένου χαρτιού, κατά συνεχή τρόπο τις διάφορες τιμές της φαινόμενης αντίστασης και του φυσικού δυναμικού των πετρωμάτων, οι οποίες φθάνουν με τους αγωγούς του καλωδίου.

Αυτές οι δύο καταγραφές έχουν σχέση με τη λιθολογία των πετρωμάτων, την ύπαρξη υπόγειου νερού μέσα σ' αυτά τη χημική σύσταση του νερού κ.λ.π.

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι ηλεκτρικών διασκοπήσεων είναι του μονοηλεκτροδίου και του πολυηλεκτροδίου που αποτελείται από τέσσερα ηλεκτρόδια, τα δύο για την εκπομπή του ρεύματος και τα άλλα δύο για τη μέτρηση του δυναμικού. (σχ. 5).



Σχ.5 Σχηματικά διαγράμματα διατάξεως ηλεκτροδίων για την εκτέλεση διαφόρων ηλεκτρικών διασκοπήσεων. Κάθε τρόπος παράγει μια καμπύλη αντιστάσεως, η οποία διαφέρει σε μερικές λεπτομέρειες από εκείνες των άλλων τρόπων και αυτές οι μικροδιαφορές βοηθούν στην ερμηνεία των τομών. (Ground Water and wells).

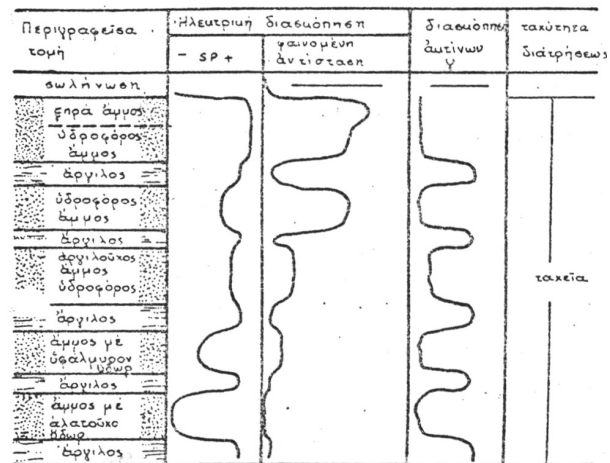
Η ακριβής ερμηνεία των διαγραμμάτων αυτών προϋποθέτει προσεκτική ανάλυση σε συσχέτισμό με τα άλλα διατρητικά στοιχεία και τα δείγματα της γεωτρήσεως και πρέπει να γίνονται από ειδικευμένο γεωλόγο. Η ερμηνεία τους επιτρέπει την εκλογή των καλύτερων διατρηθέντων υδροφόρων και συνεπώς την ορθή τοποθέτηση των φίλτρων.

2.1 Καταγραφή δυναμικού

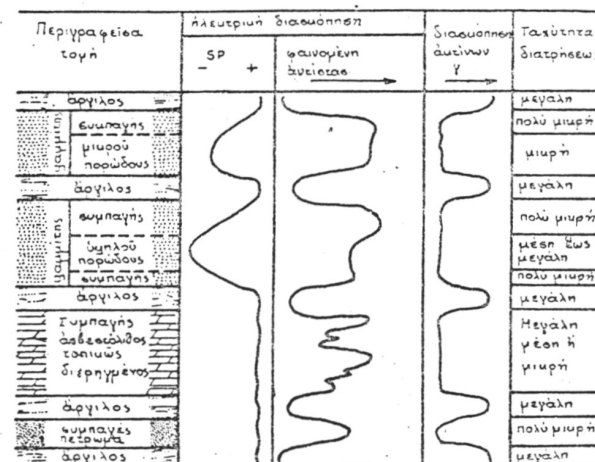
Η καμπύλη του φυσικού δυναμικού ή αυτοδυναμικού συμβολιζόμενη ως “SP” δείχνει διαφορές δυναμικού μεταξύ ενός ηλεκτροδίου στην επιφάνεια του εδάφους και ενός άλλου που κατεβάζεται στη γεμάτη με πολτό οπή.

Οι μετρήσεις γίνονται σε millivolts οι δε τιμές τους κυμαίνονται από μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες. Τα δυναμικά που αναπτύσσονται μέσα στη γεώτρηση είναι αποτέλεσμα ρευμάτων ηλεκτροχημικής προελεύσεως, αφ’ ενός στις επαφές πολτού γεωτρήσεως και περιβαλλόντων αυτήν πετρωμάτων, αφ’ ετέρου στις επαφές των διαπερατών και αδιαπεράτων στρωμάτων. Επίσης μπορεί να οφείλονται και σε άλλες αιτίες π.χ. οξειδώσεις.

Θετικές τιμές απαντώνται, όταν υπάρχει ροή υγρού από το σχηματισμό προς τη γεώτρηση και αρνητικές κατά την αντίστροφη ροή. Τα διαγράμματα δυναμικού διαβάζονται σε όρια θετικών και αρνητικών παρεκκλίσεων μιας αυθαίρετης βασικής γραμμής που είναι ένας αδιαπέρατος σχηματισμός ικανού πάχους. (σχήματα 6 και 7).



Σχ.6. Ηλεκτρική διασκόπηση ακτίνων γ σε αλληλουχία αμμωδών και αργιλικών στρωμάτων. Το αλατούχο νερό στις κατώτερες αμμώδεις στρώσεις ελαττώνει τις φαινόμενες αντιστάσεις, αλλά στο διάγραμμα των ακτίνων γ φαίνεται η διαφορά των αργιλικών και των αμμωδών στρώσεων. (Από το Ground water and wells).



Σχ.7. Γεωφυσικές διασκοπήσεις συμπαγών στρωμάτων που διακόπτονται από αργιλικές στρώσεις. (Από το Ground water and wells).

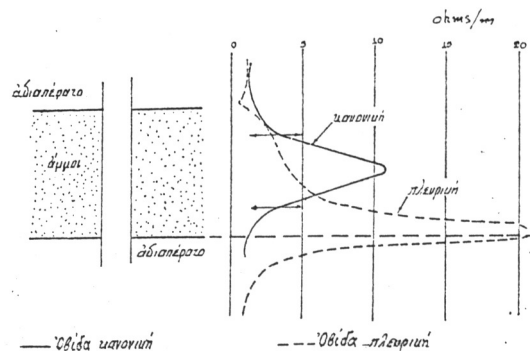
Τα αποτελέσματα της εν λόγω καταγραφής πρέπει να ερμηνεύονται σε συνδυασμό με εκείνα των άλλων διασκοπήσεων.

2.2 Καταγραφή ηλεκτρικής αντίστασης

Η μετρούμενη αντίσταση με τη χρήση μονοηλεκτροδίου είναι η οριακή τιμή των υλικών που περιβάλλουν το ηλεκτρόδιο σε ένα ορισμένο βάθος. Ο όγκος αυτός, που μπορεί να θεωρηθεί σφαιρικός, εγκλείει ένα τμήμα της στήλης του πολτού της γεώτρησης και ένα σχετικώς μικρό όγκο πετρωμάτων, τα οποία περιβάλλουν τη διάτρηση. Οι καταγραφόμενες μετρήσεις είναι η συνισταμένη των δύο.

Οι καμπύλες ηλεκτρικής αντίστασης ονομάζονται κανονικές, όταν οι μετρήσεις γίνονται με ευρύ χώρο μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού και πλευρικές, όταν επιτυγχάνονται με τα δύο ηλεκτρόδια δυναμικού τοποθετημένα κοντά σε ένα ηλεκτρόδιο ρεύματος.

Οι πλευρικές χρησιμοποιούνται για τον ακριβή προσδιορισμό των επαφών των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών, ενώ οι κανονικές για τη μελέτη των διαπερατών σχηματισμών. (σχ.8).



Σχ.8. Διαγράμματα ηλεκτρικών αντιστάσεων με οβίδα κανονική και πλευρική (Από το Eaux souterraines – CASTANY).

Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες πληροφορίες της ηλεκτρικής αντίστασης είναι η διαπίστωση της αλατότητας του νερού των υδροφόρων. Το γλυκό νερό είναι φτωχός αγωγός με υψηλή ηλεκτρική αντίσταση, ενώ το αλατούχο καλός αγωγός με μικρή ηλεκτρική αντίσταση. Το νερό κορεσμού των αργίλων είναι πάντοτε υψηλής αλατότητας, συνεπώς οι άργιλοι παρουσιάζουν μικρές ηλεκτρικές αντιστάσεις. Αντίθετα, αμμώδης σχηματισμοί κορεσμένοι με γλυκό νερό δείχνουν σχετικά υψηλή ηλεκτρική αντίσταση, ενώ οι κορεσμένοι με αλατούχο νερό παρουσιάζουν αντιστάσεις τόσο χαμηλές όσο και οι άργιλοι. Συνεπώς το υδροφόρο που εντοπίζεται από τα δείγματα και την καταγραφή του δυναμικού και των ακτίνων γ , όταν παρουσιάζει χαμηλή αντίσταση, πρέπει να περιέχει αλατούχο νερό. (βλέπε σχ.6).

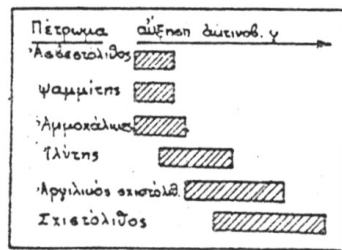
2.3 Διασκόπηση ακτίνων γ (γάμμα).

Βασίζεται στη μέτρηση της φυσικής ακτινοβολίας γ που εκπέμπεται από τα ραδιενεργά στοιχεία, τα οποία απαντούν σε ποικίλα ποσά στους γεωλογικούς σχηματισμούς. (σχ.9).

Η καμπύλη που λαμβάνεται κατά τη διασκόπηση δείχνει τη σχετική εκπομπή των ακτίνων γ μετρούμενη σε κρούσεις/sec. (βλέπε σχ.6).

Ορισμένοι γεωλογικοί σχηματισμοί περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις ραδιενεργών στοιχείων, όπως είναι οι άργιλοι και οι σχιστόλιθοι και στην καμπύλη διασκοπήσεως παρουσιάζουν υψηλή συχνότητα ακτίνων γ σε αντίθεση με τους

ασβεστόλιθους , ψαμμίτες και αμμοχάλικες που παρουσιάζουν χαμηλές τιμές εντάσεως της ακτινοβολίας γ (σχ.9).



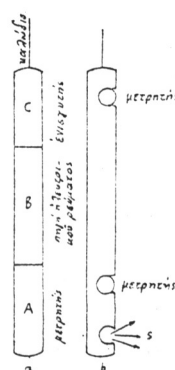
Σχ.9 Σχετική δραστικότητα ακτινοβολίας γ ορισμένων τυπικών πετρωμάτων (Από το Ground water and wells).

Η διασκόπηση ακτίνων γ δεν εντοπίζει αλλαγές της ποιότητας του υπόγειου νερού, είναι όμως χρήσιμη για τη διάκριση και το πάχος αργιλικών στρωμάτων που εναλλάσσονται με άλλα αμμόδη. Σε σπάνιες περιπτώσεις, όταν η άμμος περιέχει ραδιενεργά στοιχεία, για την ορθή ερμηνεία, είναι απαραίτητη η συσχέτιση των διασκοπήσεων με τη γεωλογική τομή της γεώτρησης και με τις άλλες ηλεκτρικές διασκοπήσεις.

Οι διασκοπήσεις ακτίνων γ είναι δυνατό να γίνουν και σε σωληνωμένες γεωτρήσεις.

2.4 Διασκόπηση με νετρόνια

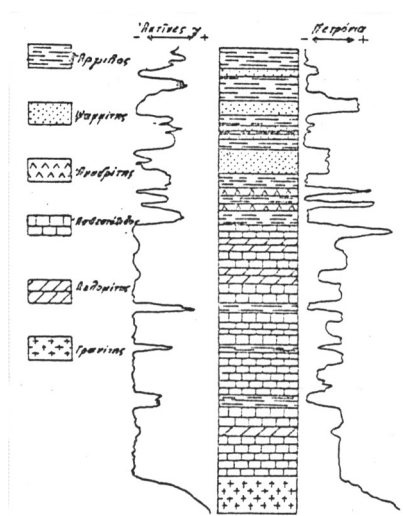
Είναι δυνατό να προκαλέσουν τεχνητώς ραδιενέργεια των διατρηθέντων πετρωμάτων με βομβαρδισμό τους με νετρόνια. Έτσι, για την εκτέλεση της διασκοπήσεως βομβαρδίζονται τα πετρώματα των παρειών της γεωτρήσεως από μια πηγή νετρονίων π.χ. βηρυλλίου, ραδίου κ.λ.π., η οποία τοποθετείται μέσα στην οβίδα και καταγράφονται οι ακτίνες γ οι οποίες διαχέονται δια μέσω των πετρωμάτων μετά από το αποτέλεσμα του βομβαρδισμού. Η πηγή των νετρονίων είναι τοποθετημένη στο κατώτερο μέρος της κατερχόμενης στη γεώτρηση οβίδας. (σχ.10).



Σχ.10. Οβίδες ραδιενεργών μετρήσεων ακτίνων γ (α) και νετρονίων (β). (Από το Eaux souterraines-CASTANY).

Στα πορώδη πετρώματα, λόγω της παρουσίας του νερού, αφθονούν τα άτομα του υδρογόνου, γι' αυτό λαμβάνει χώρα απορρόφηση πολύ μεγαλύτερου αριθμού νετρονίων από ότι στα μη πορώδη πετρώματα, όπου απουσιάζει το υδρογόνο. Έτσι, η εκπεμπόμενη κατά το

βομβαρδισμό ακτινοβολία γ στα πορώδη πετρώματα είναι ασθενέστερη από εκείνη των μη πορώδων. (σχ.11).



Σχ.11. Ραδιενεργός διασκόπηση ακτίνων γ και νετρονίων.

2.5 Ηχητικές διασκοπήσεις

Η για το σκοπό αυτό κατερχόμενη στη γεώτρηση συσκευή αποτελείται βασικά από έναν μεταδότη που παράγει ηχητικά κύματα, τα οποία διαπερνούν τα τοιχώματα της γεωτρήσεως και όπως επιστρέφουν συλλαμβάνονται από έναν ή δύο δέκτες της συσκευής και από εκεί ηλεκτρικώς μεταδίδονται στην επιφάνεια του εδάφους, όπου καταγράφονται ως καμπύλη συναρτήσεως του βάθους. Οι ηχητικές διασκοπήσεις χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του πορώδους των πετρωμάτων καθώς και για τη διαπίστωση διαρρήξεων και διακλάσεων, ιδίως σε ανθρακικά πετρώματα. Είναι δυνατόν τέτοιες διασκοπήσεις να εκτελεστούν και σε σωληνωμένες γεωτρήσεις. Εκτελούνται μαζί με τις ηλεκτρικές και ακτίνων γ και έτσι διευκολύνεται η ερμηνεία των ληφθέντων στοιχείων.

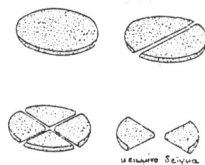
Κεφάλαιο 3

Κοκκομετρικές αναλύσεις δειγμάτων

Από την ανάλυση των αμμοδών δειγμάτων της διατρήσεως με τη βοήθεια μιας σειράς κόσκινων σχεδιάζονται διαγράμματα κοκκομετρικών καμπύλων που δείχνουν την κατανομή των ποικίλων μεγεθών των κόκκων του υδροφόρου από τη λεπτόκοκκο άμμο ως τους λεπτούς χάλικες.

Ο εξοπλισμός για τις αναλύσεις περιλαμβάνει ένα μικρό θερμαινόμενο τηγάνι για τη ξήρανση των δειγμάτων, μια σειρά κόσκινων (4-6 σε αριθμό) και έναν ζυγό ακριβείας.

Για να ετοιμασθεί το δείγμα για ανάλυση, αναμειγνύεται καλά. Με τη μέθοδο του τεταρτοτεμαχισμού (σχ.12) η αρχική ποσότητα του δείγματος χωρίζεται σε άλλες μικρότερες, από τις οποίες μια θα τοποθετηθεί στα κόσκινα και θα έχει την ίδια αναλογία κόκκων κάθε μεγέθους που περιείχε και το αρχικό δείγμα. Το δείγμα επιπεδώνεται σε ένα κυκλικό τηγάνι και χωρίζεται σε τέσσερα όμοια μέρη. Όταν το δείγμα ξηραθεί και οι κόκκοι του είναι κολλημένοι με άργιλο, πρέπει να τριφτεί, ώστε να χωρισθούν όλα τα τεμαχίδια.



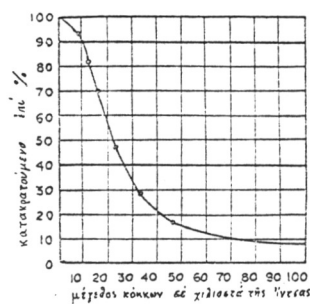
Σχ.12 Μέθοδος τεταρτοτεμαχισμού για τη μείωση της ποσότητας του δείγματος, διαρούμενου του όγκου του ομοιομερώς. (Από το Ground water and wells).

Στη συνέχεια εκλέγονται 4-6 κόσκινα με διαφορετικό μέγεθος οπών τα οποία θα ταξινομήσουν το δείγμα σε ποικίλα μεγέθη. Το κόσκινο με τις μεγαλύτερες οπές δεν πρέπει να κρατάει περισσότερο από το 20% του δείγματος. Στην αντίθετη περίπτωση προσθέτουμε και άλλο κόσκινο ή διαλέγουμε άλλου διαμετρήματος σειρά κόσκινων. Τα κόσκινα είναι τοποθετημένα σε σειρά με το λεπτόν οπών στο πυθμένα και το μεγάλων οπών στην κορυφή. Ζυγίζεται το ξηρό δείγμα, καταγράφεται το βάρος του και χύνεται στο πρώτο κόσκινο. Πρέπει όλα τα κόσκινα να δονούνται συγχρόνως. Αδειάζουμε το υλικό που κρατήθηκε στο πρώτο κόσκινο σε ένα φύλλο χαρτί και το ζυγίζουμε καταγράφοντας το βάρος του και το μέγεθος των οπών του αντίστοιχου κόσκινου. Κατόπιν το υλικό αυτό του πρώτου κόσκινου το προσθέτουμε στο δείγμα που παρέμεινε στο δεύτερο κόσκινο και καταγράφουμε το συνδυασμένο βάρος. Τελικώς προσθέτουμε το λεπτότερο υλικό του κατώτατου κόσκινου και ζυγίζουμε. Το βάρος πρέπει να είναι ίσο ή μικρότερο από το αρχικό κατά 2-3 γραμμάρια. Η καταγραφή των δειγμάτων γίνεται σε σειρά κόσκινων, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

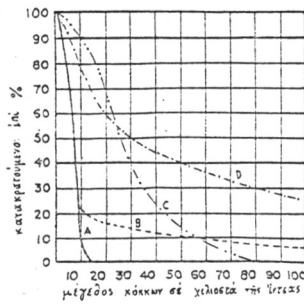
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Μέγεθος οπών κόσκινων σε ίντσες.	Βάρος κατακρατούμενου υλικού σε γραμμάρια	Κατακρατούμενο ποσοστό επί %
0.046	65	17 %
0.033	106	28 %
0.023	179	47 %
0.016	266	70 %
0.012	312	82 %
0.008	357	94 %
τηγάνι	380	100 %
αρχικό βάρος 382 gr.	Αρχικό βάρος 382 gr.	αρχικό βάρος 382 gr.

Με αυτά τα δεδομένα σχεδιάζουμε ένα διάγραμμα. Στην κατακόρυφη κλίμακα σημειώνεται το κατακρατούμενο υλικό επί % και στην οριζόντια το μέγεθος των οπών του κόσκινου σε χιλιοστά της ίντσας. Βάσει των δεδομένων του παραπάνω πίνακα, εκλέγονται έξι σημεία τα οποία συνδέονται με μια ομαλή καμπύλη (σχ.13).



Σχ.13 Τυπική καμπύλη κοκκομετρικής ανάλυσης. (Από το Ground water and wells.)



Σχ.14 Βασικές κατηγορίες κοκκομετρικών καμπύλων. (Από το Ground water and wells)

Υπάρχουν τρία ουσιώδη στοιχεία για μια κοκκομετρική εξέταση. Το πρώτο είναι η κοκκομετρία, το δεύτερο η κλίση της καμπύλης και το τρίτο το σχήμα της καμπύλης. Καθένα από αυτά είναι δυνατό να μεταβάλλεται ανεξάρτητα από τα άλλα.

3.1 Κοκκομετρία

Για την περιγραφή της κοκκομετρίας λέμε λεπτή άμμος, μεσόκοκκη, χονδρόκοκκη, λεπτοί χάλυκες, κ.λ.π. Ατυχώς σπάνια χρησιμοποιούνται όροι με κλίμακες μεγεθών, γι' αυτό ένα άτομο ονομάζει χονδρή άμμο δείγμα που άλλο άτομο το αναφέρει ως λεπτούς χάλυκες.

Η πιο συνήθης ταξινόμηση θεωρείται η υιοθετημένη από τη Γεωλογική Υπηρεσία των Η.Π.Α. και αυτή φαίνεται στον πίνακα 2

Ένα σημείο της καμπύλης κοκκομετρικής ανάλυσης χρησιμοποιείται ως γενικός δείκτης κοκκομετρίας και εκφράζεται με την αντιστοιχία της λεπτής ή χονδρής άμμου και την διαπερατότητα. Αυτό το σημείο είναι μέγεθος κόκκων, όπου η κοκκομετρική καμπύλη δείχνει 90% κατακράτηση και ονομάζεται ενεργό μέγεθος. Στην πραγματικότητα το ενεργό μέγεθος αντιστοιχεί σε 10% άμμο λεπτή και 90% άμμο χονδρή και έχει σχέση με τη

διαπερατότητα, επειδή ο συντελεστής K βρέθηκε ότι είναι ανάλογος προς τη δεύτερη δύναμη της τιμής του ενεργού μεγέθους. Στο σχήμα 13 το ενεργό μέγεθος είναι 0.010 της ίντσας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Κοκκομετρική κατάταξη	Μέγεθος κόκκων σε χιλιοστά (m.m.)
Λεπτοί χάλικες	2 και άνω
Πολύ χονδρή άμμος	1 έως 2
Χονδρή άμμος	½ έως 1
Μέσου μεγέθους άμμος	¼ έως ½
Λεπτή άμμος	1/8 έως ¼
Πολύ λεπτή άμμος	1/16 έως 1/8
Αργιλοιλύς	κάτω του 1/16

3.2 Κλίση και σχήμα της κοκκομετρικής καμπύλης

Ένας όρος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει το μεγαλύτερο τμήμα της κλίσεως της καμπύλης είναι ο συντελεστής ομοιομορφίας που ορίζεται ως το πηλίκο του 40% του μεγέθους των κόκκων δια του 90% (του ενεργού μεγέθους). Του σχήματος 13 ο συντελεστής ομοιομορφίας είναι $0.026 : 0.010 = 2.6$. Ο συντελεστής ομοιομορφίας είναι η μέση κλίση των μεγεθών των κόκκων μεταξύ 90% και 40%. Μικρές τιμές αυτού σημαίνουν μεγαλύτερη ομοιομορφία των κόκκων της άμμου, ενώ μεγαλύτερες τιμές αντιπροσωπεύουν μικρότερη ομοιομορφία του υλικού. Όταν το υλικό είναι μίγμα άμμων και χαλικιών με ποσοστό των δευτέρων μεγαλύτερο από 15%, τότε η κοκκομετρική καμπύλη έχει σχήμα S.

Οι καμπύλες σχήματος “S” συνήθως έχουν μεγαλύτερο πορώδες (A και C του σχήματος 14) από εκείνες που παρουσιάζουν “ουρά” χονδρού υλικού, όπως η B στο ίδιο σχήμα.

Κατά τη Γεωλογική Υπηρεσία των Η.Π.Α. διακρίνονται οι παρακάτω τέσσερις βασικές κατηγορίες κοκκομετρικών καμπυλών :

- Καμπύλη A : τυπική λεπτής ομοιόμορφης άμμου μικρής διαπερατότητας
- Καμπύλη B : τυπική λεπτής άμμου με ποσοστό 10-20% ψηφίδων.
- Καμπύλη C : τυπική μεσόκοκκης & χονδρόκοκκης άμμου καλής διαπερατότητας.
- Καμπύλη D : τυπική αμμοχάλικων καλής διαπερατότητας.

Κεφάλαιο 4

Σωλήνωση – Φίλτρα

Με τη σωλήνωση επιτυγχάνεται η συγκράτηση των τοιχωμάτων της διατρήσεως και με τα φίλτρα εξασφαλίζεται η είσοδος του νερού από τα υδροφόρα στη γεώτρηση.

4.1 Διάμετρος σωληνώσεως γεωτρήσεως

Η εκλογή της διαμέτρου της σωληνώσεως είναι συνάρτηση της διαμέτρου της αντλίας που θα εγκατασταθεί και με την οποία θα είναι δυνατό να ληφθεί η αναμενόμενη μέγιστη εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης.

Η εντύπωση πολλών μη ειδικών ότι η παροχή μιας γεώτρησης είναι ευθέως ανάλογη της διαμέτρου της είναι εσφαλμένη, η δε κατασκευή τέτοιων γεωτρήσεων αποτελεί άσκοπη δαπάνη. Στην πραγματικότητα η αύξηση της διαμέτρου της σωληνώσεως μιας γεώτρησης επιφέρει μικρή μόνο αύξηση της παροχής.

Ο πίνακας 3 δίνει τις παροχές μιας γεώτρησης για διάφορες διαμέτρους σωληνώσεων, για ακτίνα επιδράσεως 300 μέτρων και για την πτώση στάθμης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Διάμετροι σωληνώσεων γεωτρήσεων σε ίντσες.

	6"	8"	12"	18"	24"	36"
Παροχή σε m ³ /hour	100	104	109	115	120	127
		100	105	111	116	123
			100	106	110	117
					100	106
						100

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι γεώτρηση διαμέτρου 12" δίνει παροχή 100m³/h ενώ άλλη με διπλάσια διάμετρο (24") δίνει παροχή 110m³/h δηλαδή μόνο κατά 10% μεγαλύτερη.

Στους αρτεσιανούς υδροφόρους ορίζοντες, των οποίων η ακτίνα επιδράσεως της άντλησης υπερβαίνει συνήθως τα 1000 μέτρα, διπλασιασμός της ακτίνας του φρέατος δεν αυξάνει την παροχή του περισσότερο από 7%.

Από τα παραπάνω συνεπάγεται ότι μέχρι το βάθος τοποθέτησης της κατάλληλης αντλίας, απαιτείται ανάλογη διάμετρος σωληνώσεως, ενώ κάτω από αυτό το βάθος, για καθαρά λόγους οικονομίας, η διάμετρος της σωλήνωσης πρέπει να μειώνεται βάσει όμως των κανόνων της τεχνικής, όπως θα δούμε σε άλλη παράγραφο.

Στον πίνακα 4 δίνονται οι διάμετροι της σωλήνωσης των γεωτρήσεων και των στροβιλοφόρων αντλιών συναρτήσει της αντλούμενης παροχής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Παροχή σε m ³ /h	Διάμετρος στροβίλου αντλίας σε ίντσες.	Διάμετρος στήλης καταθλίψεως.	Διάμετρος σωλήνωσης γεώτρησης σε ίντσες μικρότερη καλύτερη
5-15	3 5/8	2½-3	4 6
15-50	5 5/8	3-4	6 8
50-130	7 5/8	4-6	8 10
130-230	9 5/8	5-8	10 12
230-330	11 5/8	6-8	12 14
330-550	13 5/8	8-10	14 16
550-800	15 5/8	10-14	16 20

4.2 Φίλτρα

Η επιτυχημένη κατασκευή μιας γεώτρησης εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη καλή εκλογή και τοποθέτηση των φιλτροσωλήνων.

Τα φίλτρα έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά, τα σπουδαιότερα των οποίων είναι η επιφάνεια ανοίγματος των σχισμών τους, το σχήμα και οι διαστάσεις των σχισμών και τέλος η αντοχή των φιλτροσωλήνων.

4.2.1 Επιφάνεια ανοίγματος των φίλτρων

Κατά την απλή λογική το πορώδες των φίλτρων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το πορώδες των του υδροφόρου, για να μη συμβαίνουν πρόσθετες απώλειες φορτίου κατά τη κίνηση του νερού μέσα από αυτά.

Ως βάση εκτιμήσεως του ενδεδειγμένου πορώδους των φίλτρων παίρνουμε τη σχέση: $S = Q / u$, όπου S η επιφάνεια ανοίγματος των φίλτρων σε m², Q η προβλεπόμενη αντλήσιμη παροχή σε m³/h και u η κρίσιμη ταχύτητα εισόδου του νερού στη γεώτρηση σε m/h. Η u ποικίλλει στους διαφόρους υδροφόρους σχηματισμούς, εξαρτάται από τη από τη διάμετρο των κόκκων του υδροφόρου και δίνεται στον πίνακα 5 κατά R.Smith.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Φύση των στοιχείων	Διάμετρος κόκκων σε χιλιοστά (mm).	Κρίσιμη ταχύτητα σε m/sec.
άμμος πολύ λεπτή	0.01– 0.10	0.01 – 0.02
άμμος λεπτή	0.10 – 0.25	0.02 - 0.035
άμμος μέση	0.25 – 0.50	0.035 – 0.070
άμμος χονδρή	0.50 – 1.00	0.070 – 0.10
άμμος πολύ χονδρή	1.0 – 2.00	0.10 – 0.17
χάλικες λεπτοί	2.0 – 4.00	0.17 – 0.8

Η ενεργός επιφάνεια των φίλτρων πρέπει να είναι διπλάσια της υπολογιζόμενης με τον παραπάνω τύπο, γιατί η μισή κατά μέσο όρο της συνολικής επιφάνειας των σχισμών είναι ωφέλιμη, ενώ η υπόλοιπη κλείνει από το υλικό του υδροφόρου (Walton).

Το πορώδες των φιλτροσωλήνων πρέπει να είναι το μεγαλύτερο δυνατό, όχι όμως σε βάρος της αντοχής των σωλήνων. Τα βιομηχανικά φίλτρα έχουν πορώδες μεγαλύτερο από 10%. Φίλτρα με πορώδες μικρότερο από 4% πρέπει να θεωρούνται ακατάλληλα, ενώ εκείνα που έχουν ποσοστό πάνω από 20% θεωρούνται ιδανικά.

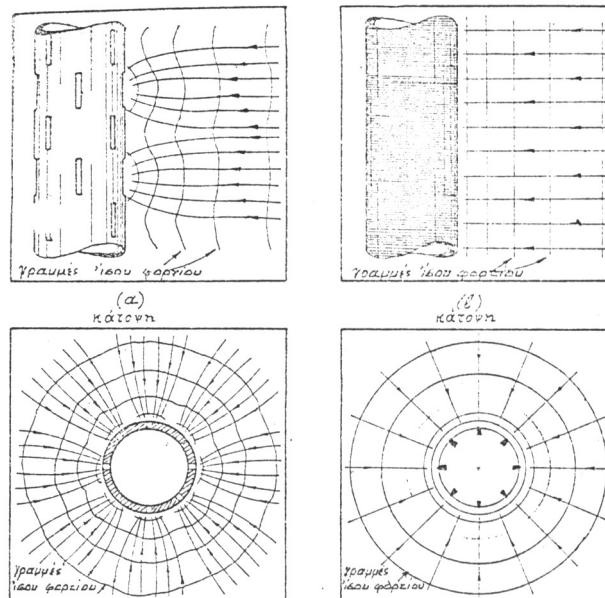
4.2.2 Σχήμα και άνοιγμα των σχισμών των φίλτρων

Η διατομή των σχισμών πρέπει να είναι σχήματος τραπεζίου με τη μεγαλύτερη βάση προς το εσωτερικό του σωλήνα, γιατί με τη κατασκευή αυτή ελαττώνεται το ποσοστό εμφράξεως των σχισμών με κόκκους άμμου κατά την εργασία της ανάπτυξης.

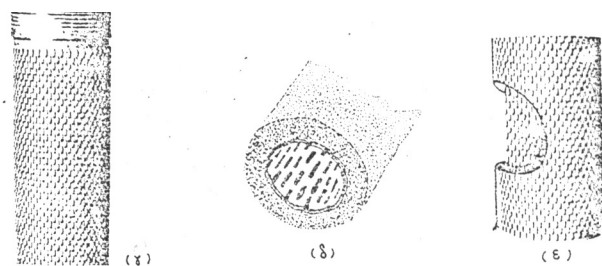
Παρακάτω δίνονται οι σπουδαιότεροι τύποι φίλτρων :

- Φίλτρα συνεχούς σχισμής (Johnson). Οι σχισμές διατάσσονται παράλληλες μεταξύ τους οριζόντια και καθ' όλη την περιφέρεια του σωλήνα. Οι δακτύλιοι στηρίζονται σε κατακόρυφες ράβδους ή σε σωλήνα με κυκλικές τρύπες (σχ. 15 β).
- Φίλτρα διακεκομμένων σχισμών. Οι σχισμές είναι μεμονωμένες, παράλληλες μεταξύ τους και προς τον άξονα του σωλήνα. Οι δακτύλιοι στηρίζονται σε κατακόρυφες ράβδους ή σε σωλήνα με κυκλικές τρύπες (σχ. 15 α).
- Γεφυρωτά φίλτρα. Βελτιωμένη μορφή του παραπάνω τύπου. Παρουσιάζουν μεγαλύτερο πορώδες και οι επιφάνειες των σχισμών είναι προσανατολισμένες πλάγια ως προς τις γραμμές ροής του νερού (σχ. 16 γ).
- Φίλτρα με αμμώδη μανδύα. Οι διαβαθμισμένοι κόκκοι της άμμου είτε είναι συγκολλημένοι μεταξύ τους γύρω από το φιλτροσωλήνα (σχ. 16 δ), είτε αποτελούν γόμωση μεταξύ δύο ομόκεντρων φιλτροσωλήνων (σχ. 16 ε).

Τα φίλτρα που κατασκευάζονται στα εργοτάξια με τη χρήση οξυγόνου ή με ειδικά εργαλεία παρουσιάζουν μειονεκτήματα, γιατί έχουν μικρό πορώδες, σχισμές ποικίλων διαστάσεων, κωνική διατομή με τη βάση προς το εξωτερικό του σωλήνα γι' αυτό και φράσσονται σε μεγάλο ποσοστό από το σφηνώμα κόκκων άμμου σ' αυτά.



Σχ.15 Διάταξη γραμμών ροής του νερού σε φίλτρα διακεκομμένης γραμμής (α) και συνεχούς (β). (Από το Ground water and wells).



Σχ.16 Διάφοροι τύποι φίλτρων : γεφυρωτό (γ), με ενσωματωμένο αμμώδη μανδύα (δ) και διπλό γεφυρωτό με αμμοχαλικώδη γόμωση (ε).

Αντίθετα, τα φίλτρα που παράγονται ως βιομηχανικά προϊόντα διαθέτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

Σε περιπτώσεις έλλειψης των κατάλληλων φίλτρων για υδροφόρα λεπτής άμμου, είναι δυνατό τα υπάρχοντα φίλτρα επενδυθούν με ειδικό πλέγμα, όπου οι διαστάσεις των οπών πρέπει να ανταποκρίνονται στην κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού των υδροφόρων. Υποδεικνύεται η τοποθέτηση δύο πλεγμάτων, από τα οποία το εξωτερικό να φέρει λεπτότερες οπές από το εσωτερικό.

Στο πρόσφατο ακόμη παρελθόν νόμιζαν ότι το άνοιγμα των σχισμών των φίλτρων έπρεπε να είναι τέτοιο, ώστε να συγκρατεί το 60 – 80% της άμμου στη σχετική καμπύλη της κοκκομετρικής ανάλυσης.

Σήμερα πιστεύεται ότι για ένα υδροφόρο με ομογενές υλικό το φίλτρο πρέπει να κατακρατεί το 40 – 50% των κόκκων του, ενώ στα ετερογενή υδροφόρα πρέπει να τοποθετούνται φίλτρα με διάφορο άνοιγμα σχισμών ανάλογα με τη κοκκομετρική καμπύλη κάθε υδροφόρου.

Στην αυτοχαλίκωση το άνοιγμα των σχισμών των φίλτρων το διαλέγουμε βάσει της κατακράτησης του 40% του σχηματισμού του υδροφόρου.

Στο τεχνητό χαλικόφιλτρο οι χάλικες διαλέγονται βάσει της καμπύλης κοκκομετρικής ανάλυσης του υδροφόρου (βλέπε παρ. 6.1) και το εύρος των σχισμών των φίλτρων διαλέγεται τέτοιο, ώστε να κατακρατεί το 90 – 100% του προς χρήση χαλικόφιλτρο. Γενικά το άνοιγμα των σχισμών των φίλτρων ποικίλλει από 0.5 – 5 mm. Φίλτρα με σχισμές μεγαλύτερες των 5 mm δεν έχουν κανένα πλεονέκτημα, ενώ φίλτρα με άνοιγμα μικρότερο του 1 mm καθιστούν τη γεώτρηση μειονεκτική, γιατί προκαλούν πολύ μεγάλες απώλειες φορτίου που σημαίνει μεγάλη πτώση της στάθμης άντλησης. Προκαλούν επίσης σχετικά γρήγορο κλείσιμό τους από κόκκους άμμου και έντονη απόθεση αλάτων. Αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη ζωή της γεώτρησης (βλέπε κεφ. 12).

Η τοποθέτηση του κατάλληλου χαλικόφιλτρο επιτρέπει τη τοποθέτηση φίλτρων με σχισμές τουλάχιστο δύο φορές ευρύτερες από εκείνες που δίνει η κοκκομετρική ανάλυση του υδροφόρου.

Οι φιλτροσωλήνες πρέπει να παρουσιάζουν επαρκή αντοχή, ώστε να αντέχουν στις δυνάμεις που δέχονται, κατακόρυφες και πλευρικές, τόσο κατά τη διάρκεια τοποθέτησης τους όσο και μετά από αυτή. Τέτοιοι σωλήνες κατασκευάζονται από χαλυβδοελάσματα χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Το πάχος των σωλήνων πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 mm. Για την προστασία τους από τη χημική διάβρωση οι σωλήνες οι σωλήνες πρέπει να είναι γαλβανισμένοι.

Τελευταία άρχισαν να χρησιμοποιούνται φίλτρα κατασκευασμένα από πλαστική ύλη, λόγω όμως της μικρότερης αντοχής τους, που κυμαίνεται από 1/6 – 1/10 εκείνης των σιδηροσωλήνων, αυτά περιορίζονται προς το παρόν σε μικρές διαμέτρους για πιεζομετρικές γεωτρήσεις.

4.2.3 Μήκος και διάμετρος των φίλτρων

Κατ'αρχή το μήκος των φίλτρων είναι συνάρτηση του πάχους του υδροφόρου, της ομογένειας ή όχι αυτού, της αναμενόμενης πτώσης στάθμης και της παροχής, η δε τεχνική της τοποθέτησής τους, όπως θα δούμε σε άλλη παράγραφο, ποικίλλει ανάλογα με το είδος του υδροφόρου (ελεύθερου ή υπό πίεση).

Το μήκος του φιλτροσωλήνα L (σε m) μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση $L = Q / S * U$, όπου Q η προς άντληση παροχή σε (m^3/h), S η επιφάνεια των σχισμών σε ($m^2/μετρ.$ φίλτρου) και U η βέλτιστη ταχύτητα εισόδου του νερού στον φιλτροσωλήνα σε (m/h). Έχει αποδειχθεί εργαστηριακός ότι όταν η ταχύτητα εισόδου του νερού στο φίλτρο είναι μικρότερη από $0.03 m/sec$, οι απώλειες φορτίου λόγω τριβών στις σχισμές είναι πρακτικώς αμελητέες και ο βαθμός αποθήσεως αλάτων και διαβρώσεως είναι ο μικρότερο δυνατός.

Η ταχύτητα εισόδου του νερού στη γεώτρηση υπολογίζεται με διαίρεσή της προς άντληση παροχής σε (m^3/sec) με την ολική επιφάνεια ανοίγματος των φίλτρων σε (m^2) μιας δεδομένης διαμέτρου. Αν η τιμή που θα βρούμε είναι μεγαλύτερη από $0.03 m/sec$, απαιτείται τοποθέτηση μεγαλύτερης της δεδομένης διαμέτρου φίλτρων, αν είναι μικρότερη, θα διαλέξουμε και μικρότερη της δεδομένης διάμετρο φίλτρων.

Η αυξομείωση της διαμέτρου των φιλτροσωλήνων επηρεάζει τις απώλειες φορτίου οι οποίες προκαλούνται κατά τη κίνηση του νερού μέσα στη σωλήνωση. Οι απώλειες αυτές εκφράζονται για τις διάφορες διαμέτρους και παροχές σε mm/μέτ. πτώσεως στάθμης, όπως φαίνεται στο πίνακα 6.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

	Διάμετρ. Ίντσας	7"	8"	10"	12"	14"	16"
Q (m^3/h)							
360		85.0	40.0	11.0	4.5	2.20	1.20
288		55.0	26.0	7.5	3.1	1.45	0.80
216		32.0	16.0	4.7	1.9	0.95	0.50
108		16.0	7.8	2.5	1.0	0.48	0.24

4.2.4 Θέσεις τοποθετήσεως των φίλτρων

Η παροχή μιας γεώτρησης για μια συγκεκριμένη πτώση στάθμης είναι η μεγαλύτερη, όταν έχουν τοποθετηθεί φίλτρα κατά μήκος όλων των διατρηθέντων υδροφόρων.

Στην περίπτωση αυτή έχουμε ακτινωτή ροή του νερού απ' όλες τις διευθύνσεις του υδροφόρου προς τη γεώτρηση.

Στις γεωτρήσεις, στις οποίες λαμβάνει χώρα μερική διάτρηση του υδροφόρου ή γίνεται μερική τοποθέτηση φίλτρων, μεταβάλλεται η ακτινωτή ροή του νερού. Στις περιπτώσεις αυτές η απόκλιση των γραμμών ροής σημαίνει διαδρομή του νερού μεγαλύτερη από εκείνη των συνθηκών ακτινωτής ροής. Αποτέλεσμα αυτού είναι η εμφάνιση μεγαλύτερων απωλειών ενέργειας μέσα στο υδροφόρο που σε τελευταία ανάλυση σημαίνουν μεγαλύτερη πτώση στάθμης του νερού στη γεώτρηση για δεδομένη παροχή. Η μαθηματική ανάλυση τέτοιων περιπτώσεων είναι υπερβολικά πολύπλοκη, αν όχι αδύνατη. Παρακάτω δίνεται κατά Kozeny σχέση που αφορά μόνο αρτεσιανά ομοιογενή υδροφόρα :

$$\frac{Q}{Q_m} = l \left(1 + 7 \sqrt{\frac{r}{2ml} \sin \frac{\pi l}{2}} \right)$$

όπου Q = ειδική παροχή για μερικώς συμπληρωμένη γεώτρηση

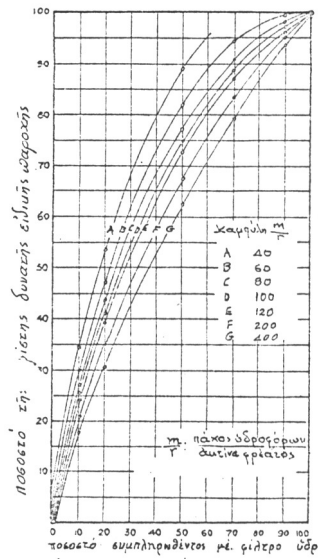
Q_m = μέγιστη παροχή της γεωτρήσεως με πλήρη συμπλήρωση

r = ακτίνα της γεώτρησης

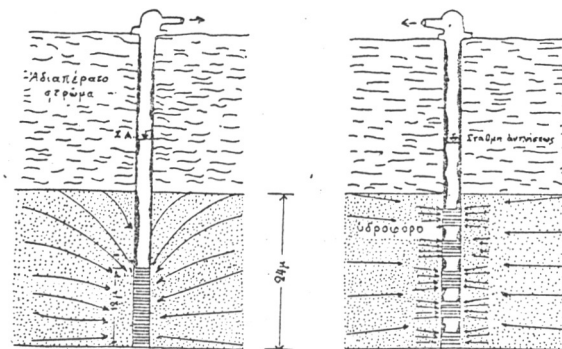
m = πάχος του υδροφόρου στρώματος

l = μήκος του φίλτρου ως ποσοστό του πάχους του υδροφόρου στρώματος

Στο σχήμα 17 δίνονται καμπύλες βασισμένες στη σχέση Kozeny. Έτσι γεώτρηση ακτίνας 0.12m και πάχους υδροφόρου 24m, αν συμπληρωθεί με φίλτρο μήκους 12m στο κατώτερο τμήμα της, η απόδοσή της ανέρχεται σε 68% της μέγιστης παροχής (καμπύλη F γιατί $m/l : 24/0.12 = 200$). Αν αυτό το μήκος φίλτρου τοποθετηθεί εναλλάξ με τυφλούς σωλήνες σε πέντε (5) τεμάχια, τότε το υδροφόρο συμπεριφέρεται ως πέντε υδροφόρα πάχους 4.80m το καθένα. Στην προκειμένη περίπτωση η απόδοση του φρέατος ανέρχεται 89% (καμπύλη A, γιατί $4.80 / 0.12 = 40$), βλέπε σχήματα 17 και 18.



Σχ.17 Καμπύλες που αντιπροσωπεύουν τις συνθήκες για τις οποίες ισχύει η σχέση Kozeny. (Από το Ground water and wells).



Σχ.18 Διαφορετική τοποθέτηση φίλτρου του ίδιου μήκους δίνει διαφορετική ειδική παροχή (Από το Ground water and wells).

Άρα σε ομογενή αρτεσιανά υδροφόρα η εναλλάξ τοποθέτηση των φίλτρων παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι αυξάνει την ειδική παροχή των γεωτρήσεων.

Σε γενικές γραμμές είναι δυνατό να διατυπωθούν οι παρακάτω γενικές περιπτώσεις τοποθετήσεως των φίλτρων ανάλογα με το είδος του υδροφόρου:

- Υδροφόρο αρτεσιανό ομοιογενές. Ενδείκνυται συμπλήρωση με φίλτρο τουλάχιστο του 70% των υδροφόρων που το πάχος τους είναι μέχρι 10m και του 80% των μεγαλύτερου πάχους υδροφόρων.
- Υδροφόρο αρτεσιανό ανομοιογενές. Ενδείκνυται η τοποθέτηση των φίλτρων στις πιο διαπερατές ζώνες αυτού.

- Υδροφόρο ελεύθερο ομοιογενές. Η τοποθέτηση των φίλτρων ενδείκνυται να γίνει στο 1/3 ως το 1/2 του κατώτερου τμήματος του υδροφόρου.
- Υδροφόρο ελεύθερο ανομοιογενές. Τα φίλτρα τοποθετούνται πιο χαμηλά από το επίπεδο στο οποίο πρόκειται να διατηρείται η στάθμη του νερού κατά την άντληση και κατά προτίμηση στα πιο περατά τμήματα του υδροφόρου.

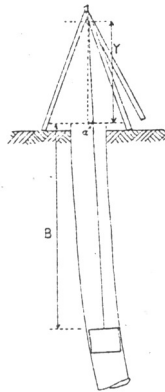
4.3 Σωλήνωση γεωτρήσεων σε σκληρά πετρώματα

Σε γεωτρήσεις που διέτρησαν σκληρά και συμπαγή πετρώματα, δεν είναι αναγκαία η συμπλήρωσή τους με σωλήνωση και φίλτρα τουλάχιστον κάτω από το βάθος, όπου κατά εκτίμηση πρόκειται να τοποθετηθεί το “ποτήρι»” της αντλίας. Στην περίπτωση αυτή το νερό εισέρχεται απευθείας στη γεώτρηση.

4.4 Έλεγχος της κατακορυφότητας και ευθυγραμμίας των γεωτρήσεων.

Η κατακορυφότητα μετριέται με ειδικά όργανα, τα φωτοκαθετόμετρα. Το όργανο (οβίδα) που κατεβαίνει στη γεώτρηση φέρει βασικά μια πυξίδα, ένα κλισίμετρο και μια ευπαθή φωτογραφική μηχανή ρυθμισμένη να φωτογραφίζει αυτόματα, σε τακτά χρονικά διαστήματα, την πυξίδα και το κλισίμετρο. Στις ασωλήνωτες γεωτρήσεις, είναι δυνατός ο προσδιορισμός της διεύθυνσης και της απόκλισης, ενώ στις σωληνωμένες γεωτρήσεις υπολογίζεται μόνο η παρέκκλιση.

Η παρέκκλιση επίσης μετριέται με το όργανο του σχήματος 19. Αυτό αποτελείται βασικά από έναν τρίποδα και μια κυλινδρική οβίδα (ή ένα τετράφυλλο πτερύγιο) με διάμετρο κατά 1/4 της ίντσας μικρότερη από εκείνη της διαμέτρου της σωλήνωσης, της οποίας θέλουμε να ελέγξουμε την κατακορυφότητα.



Σχ.19 Έλεγχος της κατακορυφότητας των γεωτρήσεων (Από το Ground water recovery-HUISMAN)

Η οβίδα ή το πτερύγιο που κρέμεται από τον τρίποδα πρέπει να έχει αρκετό βάρος, ώστε να κρατάει τεντωμένο το νήμα (μεταλλικό πάχους 1/8 της ίντσας).

Κατά την είσοδο της οβίδας στη σωλήνωση το νήμα φέρεται στο κέντρο της οπής της σωλήνωσης. Κατόπιν κατεβάζουμε την οβίδα μέχρι το πιθανό βάθος τοποθέτησεως του αντλητικού συγκροτήματος. Κατά ορισμένα διαστήματα 5 ή 10 μέτρων, μετρούμε την απόκλιση (α) του νήματος από το κέντρο της οπής της σωλήνωσης και από τον τύπο

$$A = \frac{a(B + Y)}{Y}$$

υπολογίζουμε την απόκλιση (A) της γεώτρησης στο ορισμένο βάθος (B).

Πρέπει όλα τα μήκη να μετριοούνται με την ίδια μονάδα μήκους. Κατόπιν την απόκλιση που βρήκαμε την ανοίγουμε επί % ($A \cdot 100/B$).

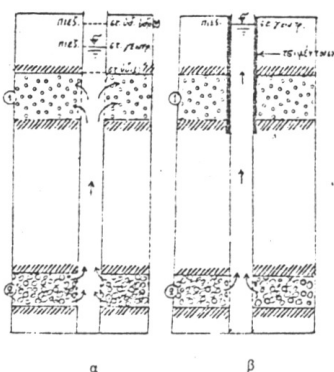
Ένας πρακτικός τρόπος διαπίστωσης της ευθυγραμμίας μιας γεώτρησης είναι η δυνατότητα διέλευσης από τη σωλήνωση ενός σωλήνα μήκους 12m περίπου και διαμέτρου κατά μισή ίντσα μικρότερης από εκείνη της εσωτερικής διαμέτρου της σωληνώσεως της γεώτρησης.

Κεφάλαιο 5

Απομονώσεις υδροφόρων στρωμάτων – Τσιμεντώσεις

Κατά την εκτέλεση υδρογεωτρήσεων η απομόνωση ενός ή περισσοτέρων υδροφόρων ενδείκνυται (α) αν διαπιστωθεί ακατάλληλης ποιότητας νερό κάποιου υδροφόρου, (β) για την προστασία του νερού της γεώτρησης από διεισδύσεις μολυσμένου επιφανειακού νερού και (γ) για τη μη εξασθένηση ορισμένων προς εκμετάλλευση υδροφόρων, με απομόνωση άλλων που επικοινωνούν με τα πρώτα μέσω της γεώτρησης. Δηλαδή ελλείψει απομόνωσης, δια μέσου των φίλτρων της γεώτρησης συμβαίνει μια συνεχής ανεξέλεγκτη ροή νερού από τα υδροφόρα με μεγαλύτερη πίεση προς εκείνα με μικρότερη πίεση, όπως είναι συνήθως τα επιφανειακά και ο ελεύθερος φρεάτιος ορίζοντας, εφόσον υπάρχει τέτοιος. Αποτέλεσμα της αέναης αυτής ροής είναι η εκφόρτιση των υπό πίεση υδροφόρων κατά το χρόνο μη λειτουργίας των γεωτρήσεων σχ. 20α. Αυτό αποφεύγεται με την απομόνωση των ανώτερων υδροφόρων οριζόντων. Με την απομόνωση πετυχαίνουμε στην γεώτρηση, είτε αρτεσιανή ροή, είτε υψηλότερη πιεζομετρική στάθμη και συνεπώς υψηλότερη στάθμη άντλησης σχ.20β.

Η απομόνωση ενδείκνυται να γίνεται με τσιμεντώση. Υπάρχουν δύο μέθοδοι τσιμεντώσεως : από το δακτυλιοειδή χώρο και από τη βάση.



Σχ.20 Εκφόρτιση υπό πίεση υδροφόρου στρώματος σε άλλο μέσω της γεώτρησης. Μετά την τσιμεντώση του ανώτερου υδροφόρου (1), η πιεζομετρική στάθμη της γεώτρησης είναι ίση με εκείνη του κατώτερου υπό πίεση υδροφόρου (2).

5.1 Τσιμεντώση από το δακτυλιοειδή χώρο

Εφαρμόζεται σε γεωτρήσεις τύπου “Καλιφόρνιας” στις οποίες η σωλήνωση και τα φίλτρα είναι ενιαία και τοποθετούνται συγχρόνως στη διευρυμένη οπή. Η στήλη είναι είτε της

ίδιας διαμέτρου, είτε διαφορετικής. Η αλλαγή της διαμέτρου πρέπει να γίνεται με τοποθέτηση συστολικού τεμαχίου.

Κατά τη χαλίκωση το χαλικόφιλτρο φέρνεται στο επιθυμητό σημείο πάνω από το οποίο θα πραγματοποιηθεί η τσιμεντώση.

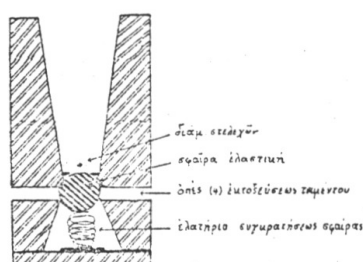
Ρίχνεται κατά αρχή επάνω στο χαλικόφιλτρο 0.5 – 1m άργιλος και στη συνέχεια, με σωλήνα μικρής διαμέτρου, που προηγουμένως έχει τοποθετηθεί στο δακτυλιοειδή χώρο εξωτερικά της σωλήνωσης, διοχετεύεται ο πολτός του τσιμέντου.

Προηγουμένως λαμβάνει χώρα σύντομη κυκλοφορία μετονίτη με τον παραπάνω σωλήνα.

Ένα μήκος τσιμεντένιου δακτυλίου 20m θεωρείται ιδανικό για μια καλή τσιμεντώση. Ο άδειος δακτυλιοειδής χώρος επάνω από την οροφή της τσιμεντώσης, μετά τη πήξη του τσιμέντου πληρώνεται με αδρανές υλικό. Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική για σχετικά μικρά βάθη απομόνωσης.

5.2 Τσιμεντώση από τη βάση

Εφαρμόζεται στις τηλεσκοπικού τύπου γεωτρήσεις στις οποίες η σωλήνωση πραγματοποιείται σε δύο στάδια, δηλαδή κατά αρχή τοποθετείται η μεγάλης διαμέτρου τυφλή σωλήνωση και μετά τη διεύρυνση του υπόλοιπου τμήματος της γεώτρησης, γίνεται, σε δεύτερο στάδιο, η τοποθέτηση της μικρότερης διαμέτρου στήλης των φίλτρων. Η σειρά εργασιών είναι η ακόλουθη : Κατά αρχή διευρύνεται η οπή μέχρι το βάθος που προγραμματίζεται η τσιμεντώση και τοποθετείται σωλήνωση τυφλή που φέρει στη βάση της ξύλινο πέδιλο (τάπα) ειδικής κατασκευής (σχ.21), μέσα από το οποίο με τη βοήθεια των στελεχών διοχετεύεται ο τσιμεντοπολτός και καταλαμβάνει τμήμα του δακτυλιοειδούς χώρου.



Σχ.21 Ξύλινη τάπα με αυτόματη βαλβίδα για τσιμεντώση γεώτρησης από τη βάση

Μετά το πέρας της τσιμεντώσης η οπή του πέδιλου κλείνεται αυτόματα με μια ενσωματωμένη σφαίρα με τη βοήθεια ελατηρίου, για να μην εισχωρήσει ο τσιμεντοπολτός μέσα στη σωλήνωση. Μια παραλλαγή της τσιμεντώσεως από τη βάση είναι η μέθοδος Halliburton. Στη βάση της σωλήνωσης τοποθετείται πέδιλο τύπου Packer ή ξύλινη τάπα με οπή στο κέντρο της. Ο τσιμεντοπολτός χύνεται στη σωλήνωση με μια κεφαλή τσιμεντώσεως εφοδιασμένη με βάνα. Έπειτα αφαιρείται η κεφαλή τσιμεντώσεως και εισάγεται στη γεώτρηση ένα έμβολο τύπου Packer που χρησιμεύει για τη συμπίεση του τσιμέντου στη σωλήνωση, ώστε να αναγκαστεί να εισχωρήσει από τη βάση στο δακτυλιοειδή χώρο.

Η προς τα πάνω ώθηση του εμβόλου πετυχαίνεται με έκχυση πολτού μετονίτη, επανατοποθέτηση της κεφαλής τσιμεντώσεως, συμπίεση του μετονίτη και συνεπώς του εμβόλου μέχρι αυτό να έρθει σε επαφή με το πέδιλο της σωλήνωσης. Κατόπιν με το κλείσιμο της βάνας της κεφαλής τσιμεντώσεως, διατηρούνται έμβολο και πέδιλο σε επαφή, για όσο χρονικό διάστημα είναι απαραίτητο να πύξει το τσιμέντο στο δακτυλιοειδή χώρο της γεώτρησης.

Μετά την πήξη του τσιμέντου, διατρύεται το πέδιλο, καθαρίζεται η υπόλοιπη διάτρηση και τοποθετείται η στήλη των φίλτρων, η οποία εισέρχεται κατά 6 – 10 m στην τυφλή σωλήνωση. Η διαφορά διαμέτρου των δύο σωληνώσεων είναι 4 ή 6 ίντσες.

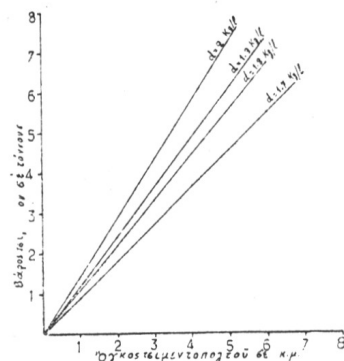
Τρόπος εκτέλεσης : Πριν από τη τσιμεντώση πρέπει να λαμβάνει χώρα κυκλοφορία του πολτού με τη μεγαλύτερη δυνατή παροχή της αντλίας. Το ιξώδες του πολτού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 45 και 55 μονάδων και η πυκνότητα περί τα 1,2kg/lit. Για την ταχεία επίτευξη πλήρως ομοιογενούς τσιμεντοπολτού, απαιτείται η χρήση αναμικτήρα (mixer).

Τα διαγράμματα των σχημάτων 22 και 23 παρέχουν αφενός την ποσότητα τσιμέντου για τη παρασκευή ορισμένου όγκου τσιμεντοπολτού και αφετέρου την απαιτούμενη ποσότητα νερού για την επίτευξη ορισμένης πυκνότητας τσιμεντοπολτού (1,70 έως 1,80kg/lit).

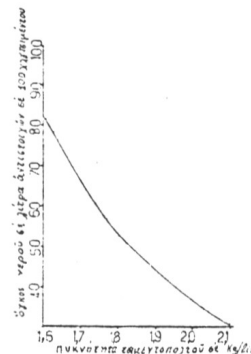
Ο απαιτούμενος όγκος τσιμεντοπολτού ισούται με τον όγκο του δακτυλιοειδούς χώρου για ένα μήκος 20m περίπου και επιπλέον ένα ποσοστό 10% του όγκου αυτού (συντελεστής ασφαλείας).

Κατά τη διοχέτευση του πολτού στη γεώτρηση πρέπει να παρατηρείται υπερχειλίση μπετονίτη έξω από τη σωλήνωση. Στην αντίθετη περίπτωση διακόπτεται η εργασία, γιατί υπάρχει κίνδυνος ο πολτός να διοχετεύεται αλλού και ενδεχομένως να φράξει υδροφόρα στρώματα, κάτι που θα ήταν καταστροφικό.

Ο τσιμεντένιος δακτύλιος πρέπει να είναι της τάξης των 20m. Ο άδειος δακτυλιοειδής χώρος γεμίζεται με αδρανές υλικό. Η μέθοδος ενδείκνυται κυρίως για απομονώσεις σχετικά βαθιών υδροφόρων στρωμάτων. Η απομόνωση πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μέχρι εκείνου του βάθους που είναι απαραίτητο για τη τοποθέτηση του αντλητικού συγκροτήματος.



Σχ.22 Σχέση που δίνει το βάρος του απαραίτητου τσιμέντου για την παρασκευή ορισμένου όγκου τσιμεντοπολτού ορισμένης πυκνότητας d. (Από το "Γλύς γεωτρήσεων" του Γαλλικού ινστιτούτου Πετρελαίου).



Σχ.23 Σχέση μεταξύ όγκου νερού σε λίτρα που αντιστοιχεί σε 100kgr ξηρού τσιμέντου και της πυκνότητας του τσιμεντοπολτού. (Από το "Γλύς γεωτρήσεων" του Γαλλικού ινστιτούτου Πετρελαίου).

Κεφάλαιο 6

Χαλίκωση

Με τη χαλίκωση γεμίζεται ο άδειος δακτυλιοειδής χώρος γύρω από τη σωλήνωση και έτσι αποτρέπονται καταπτώσεις από τις παρειές της γεώτρησης, οι οποίες θα μπορούσαν να φράξουν τα φίλτρα. Η ύπαρξη του χαλικόφιλτρου αφενός συγκρατεί κατά την άντληση την άμμο που υπάρχει στα υδροφόρα και αφετέρου επιτρέπει την κατακόρυφη κίνηση του νερού, μέχρι αυτό να εισέλθει στα φίλτρα. Τέλος το χαλικόφιλτρο αυξάνει την ενεργό διάμετρο της γεώτρησης, η οποία συμπίπτει με τα τοιχώματα της οπής και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ειδικής παροχής της.

6.1 Εκλογή χαλικόφιλτρου

Η ποιότητα των χαλίκων αφορά την ορυκτολογική τους σύσταση, το σχήμα, την κοκκομετρική τους σύνθεση και την περιεκτικότητά τους σε ξένες προσμίξεις.

Οι πυριτικοί χαλαζιακοί κερατολιθικοί και λοιποί ανθεκτικοί στη διάβρωση χάλικες είναι οι πιο ενδεδειγμένοι, ενώ οι μη ανθεκτικοί όπως π.χ. από περιδοτίτη, αργιλικό σχιστόλιθο, γύψο κ.λ.π. αποκλείονται. Οι ασβεστολιθικοί χάλικες μέχρι ποσοστό 5% είναι επιτρεπτοί.

Από πλευράς σχήματος οι λείοι και στρογγυλεμένοι είναι οι πιο κατάλληλοι.

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρίας των χαλίκων εξαρτάται από την ερμηνεία της κοκκομετρικής καμπύλης του υδροφόρου, η οποία προκύπτει από την ανάλυση των ληφθέντων δειγμάτων.

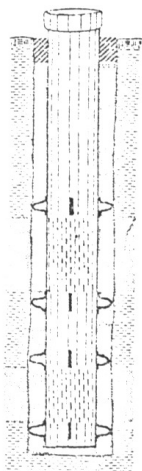
Αν τα υδροφόρα παρουσιάζουν διάφορη κοκκομετρική σύνθεση, τότε το φίλτρο εκλέγεται βάση της αθροιστικής καμπύλης που αντιστοιχεί στο στρώμα με το λεπτομερέστερο υλικό. Η δυσκολία λήψεως αντιπροσωπευτικών δειγμάτων από τα υδροφόρα κατά τη γεώτρηση με την περιστροφική μέθοδο καθιστά δύσκολη τη σύνθεση επακριβών κοκκομετρικών καμπύλων. Πάντως κοκκομετρικές αναλύσεις απαιτούνται μόνο για υδροφόρα που το υλικό τους δεν θρυμματίζεται από τον κοπήρα κατά τη διάτρηση (άμμοι, λεπτοί χάλικες).

Οι προς χαλίκωση χρησιμοποιούμενοι χάλικες δεν πρέπει να είναι της ίδιας διαμέτρου, αλλά να παρουσιάζουν μια κοκκομετρική κλίμακα της οποίας η μεγαλύτερη διάμετρος να είναι ίση προς το διπλάσιο της μικρότερης διαμέτρου των κόκκων τους (Ahrens).

Η εργασία της χαλίκωσης πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την τοποθέτηση της σωλήνωσης ή τουλάχιστον την επόμενη μέρα.

Το πάχος των χαλίκων πρέπει να κυμαίνεται από 2 ως 4 ίντσες, δηλαδή η διαφορά διαμέτρου της σωλήνωσης και οπής να είναι 4 – 8 ίντσες. Το πολύ παχύ χαλικόφιλτρο δύσκολα καθαρίζεται κατά την ανάπτυξη από τον μετονίτη και τα λεπτόκοκκα υλικά, οπότε προκαλεί δυσχέρειες στην επικοινωνία του υδροφόρου με τη γεώτρηση. Στα λεπτόκοκκα

υδροφόρα ενδείκνυται η τοποθέτηση οδηγών κεντρώσεων στις θέσεις των φίλτρων (σχ.24), ώστε οι χάλικες να κατανέμονται ομοιόμορφα γύρω από το φιλτροσωλήνα.



Σχ.24 Οδηγοί κεντρώσεως

Στο ερώτημα ποια κριτήρια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, για να αποφασισθεί ή όχι η τοποθέτηση τεχνητού χαλκόφιλτρου στη γεώτρηση, αναφέρουμε την εκδοχή του Ahrens, κατά την οποία η τοποθέτηση τεχνητού χαλκόφιλτρου αιτιολογείται σε περιπτώσεις που ο υδροφόρος ορίζοντας είναι ομογενής, ο συντελεστής ομοιομορφίας είναι μικρότερος του 3,0 και το ενεργό μέγεθος είναι μικρότερο από το 0,01 της ίντσας (2,5mm).

Η επιλογή του κατάλληλου χαλκόφιλτρου γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο : Η διάμετρος των κόκκων που αντιστοιχεί σε 70% κατακρατούμενο υλικό της κοκκομετρικής καμπύλης πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή κυμαινόμενο από 4 – 9 αναλόγως του υλικού (π.χ. για ανομοιογενή χονδρόκοκκα επί 6) και το γινόμενο αποτελεί το 70% σημείο της κοκκομετρικής καμπύλης του χαλκόφιλτρου. Από το σημείο αυτό χαράσσεται καμπύλη μικρής κλίσης με συντελεστή ομοιομορφίας μικρότερο του 2,5. Στην καμπύλη αυτή εκλέγονται 4 – 5 μεγέθη, τα οποία καλύπτουν όλο το εύρος της, κατά τρόπο που από κάθε μέγεθος να κατακρατούνται 8 – 10% των χάλικων. Τα μεγέθη αυτά αποτελούν την κοκκομετρία του απαιτούμενου χαλκόφιλτρου.

Ένας πιο απλοποιημένος τρόπος εύρεσης του χαλκόφιλτρου με τη κατάλληλη κοκκομετρία είναι η σχέση κατά την οποία το 50% κατακρατούμενο της κοκκομετρικής καμπύλης του υδροφόρου πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό 5 δίνει το 50% κατακρατούμενο του χαλκόφιλτρου (Smith).

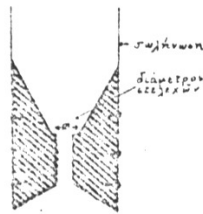
6.2 Μέθοδοι χαλίκωσης

Στις κρουστικές γεωτρήσεις οι χάλικες ρίχνονται μεταξύ της μόνιμης και της προσωρινής σωλήνωσης και συγχρόνως ανασύρεται προοδευτικά η προσωρινή σωλήνωση. Στις περιστροφικές γεωτρήσεις η χαλίκωση γίνεται κατά διάφορες μεθόδους με σύγχρονη κυκλοφορία μπετονίτη.

Σε ειδικές περιπτώσεις τοποθετούνται μέσα στο δακτυλιοειδή χώρο ένας ή δύο σωλήνες μικρής διαμέτρου, από τους οποίους ρίχνονται οι χάλικες και με την πρόοδο της χαλίκωσης αυτοί ανασύρονται. Οι συνήθεις μέθοδοι χαλίκωσης των περιστροφικών γεωτρήσεων είναι η χαλίκωση με θετική και η χαλίκωση με ανάστροφη κυκλοφορία.

6.2.1 Χαλίκωση με θετική κυκλοφορία

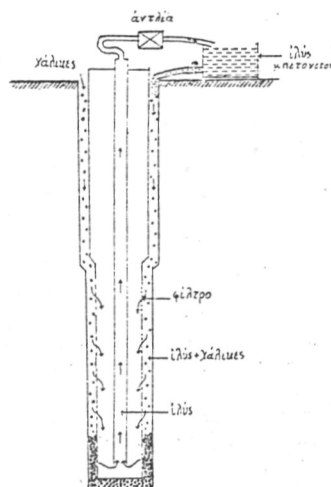
Μέσα στη σωλήνωση κατεβάζουμε τα στελέχη και προκαλούμε ανοδική κυκλοφορία καθαρού πολτού μπετονίτη από μια ξύλινη τάπα που υπάρχει στο πυθμένα της σωλήνωσης (σχ.25), ελέγχοντας το ιξώδες του να κυμαίνεται από 38 – 40 μονάδες του ιξωδομέτρου Marsch, με τη μεγαλύτερη δυνατή παροχή της αντλίας, για διάστημα μέχρι που ο δακτυλιοειδής χώρος να καθαριστεί από όλα τα ανεπιθύμητα υλικά διατρήσεως ή από καταπτώσεις. Η απαιτούμενη παροχή της αντλίας είναι συνάρτηση της διαμέτρου της οπής, π.χ. για οπή 14 ιντσών αρκεί παροχή 30m³/h, ενώ για άλλη 20 ιντσών απαιτείται παροχή 50m³/h. Ακολούθως μειώνεται η παροχή του πολτού και αρχίζει η ρίψη, κατά μικρές ποσότητες, των χαλίκων. Αν κατά τη διάρκεια της εργασίας χρειασθεί να αραιωθεί ο πολτός, αυτό γίνεται με την προσθήκη καθαρού νερού. Αν παρατηρηθεί από τον έλεγχο της στάθμης των χαλίκων, ότι αυτοί σχημάτισαν “τάπα”, επιβάλλεται η διακοπή της χαλίκωσης και η αποκατάσταση ομαλής κυκλοφορίας πολτού με τη μεγαλύτερη παροχή. Σε μεγαλύτερη ανάγκη γίνεται με σύγχρονη μετακίνηση της σωλήνωσης πάνω-κάτω κατά μερικά εκατοστόμετρα.



Σχ.25 Ξύλινη τάπα στον πυθμένα της σωλήνωσης

6.2.2 Χαλίκωση με ανάστροφη κυκλοφορία

Κατά τη μέθοδο αυτή η κυκλοφορία του πολτού για το καθαρισμό του δακτυλιοειδούς χώρου γίνεται όπως και στη προηγούμενη μέθοδο. Για τη χαλίκωση χρησιμοποιείται η ίδια διάταξη εφόσον η διάμετρος των στελεχών είναι τουλάχιστον 2 ½ ίντσες. Έτσι με τη βοήθεια αεροσυμπιεστή ή αντλίας, προκαλούμε ανάστροφη κυκλοφορία, όπως φαίνεται στο σχήμα 26, ρίχνοντας συγχρόνως τους χάλικες σε μικρές ποσότητες.



Σχ. 26 Διάταξη χαλίκωσης γεωτρήσεως με ανάστροφη κυκλοφορία

Το ιξώδες του πρόσφατα παρασκευασμένου μπετονίτη πρέπει να κυμαίνεται από 38 – 40 μονάδες του ιξωδομέτρου Marsch. Αν με την πρόοδο της χαλίκωσης θα χρειασθεί να αραιωθεί ο πολτός, αυτό γίνεται με τη προσθήκη καθαρού νερού. Χαρακτηριστικό είναι ότι η κυκλοφορία του πολτού στο δακτυλιοειδή χώρο, κατά τη χαλίκωση, είναι καθοδική, πράγμα που καθιστά τη μέθοδο αυτή καλύτερη από τη πρώτη. Ο περιοδικός έλεγχος της στάθμης των χαλίκων επιβάλλεται να γίνεται και σε αυτή τη μέθοδο.

Για τις χαλικάσεις των τηλεσκοπικών γεωτρήσεων η διάταξη μοιάζει με αυτή του σχήματος 26. Στο επάνω μέρος της εσωτερικής σωλήνωσης τοποθετείται “καμπάνα”, ώστε οι χάλικες που ρίχνονται από το εσωτερικό της τσιμεντωμένης σωλήνωσης να οδηγούνται στο δακτυλιοειδή χώρο γύρω από το φιλτροσωλήνα.

Η στάθμη των χαλίκων με την αποπεράτωση της χαλίκωσης πρέπει να βρίσκεται στο τμήμα της κοινής σωλήνωσης και να παρακολουθείται κατά την ανάπτυξη της γεώτρησης, ώστε αν παρατηρηθεί πτώση της, να ρίχνεται η ανάλογη ποσότητα χαλίκων.

Σε περιπτώσεις υδροφόρων που αποτελούνται από ανομοιόμορφα αδρομερή υλικά η τοποθέτηση χαλικόφιλτρου είναι προαιρετική, επειδή κατά την ανάπτυξη του φρέατος δημιουργείται φυσικό φίλτρο από χάλικες. Στην περίπτωση αυτή η ανάπτυξη συνήθως είναι μεγαλύτερης διάρκειας, συνεχιζόμενη μέχρι ολοκληρωτικής απομακρύνσεως του λεπτόκοκκου υλικού του υδροφόρου που βγαίνει με το αντλούμενο νερό.

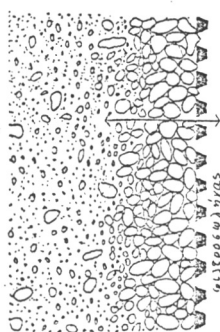
Επίσης σε πλείστες περιπτώσεις υδροφόρων σε συμπαγή πετρώματα (π.χ. ασβεστολιθικά), η χαλίκωση δεν κρίνεται απαραίτητη, παρόλο που δε δημιουργείται φυσικό φίλτρο κατά την ανάπτυξη.

Η αναγκαιότητα της χαλίκωσης πρέπει να κρίνεται σε κάθε περίπτωση από τον επιβλέποντα τη γεώτρηση γεωλόγο.

Κεφάλαιο 7

Εργασίες ανάπτυξης

Σκοπός της ανάπτυξης της γεώτρησης είναι η αποκατάσταση πλήρους επικοινωνίας των υδροφόρων με τη γεώτρηση με την απομάκρυνση ή εξάλειψη των υλικών που προκαλούν προσωρινή έμφραξη αυτών, όπως είναι η κρούστα του μπετονίτη ή αργίλου στα περιστροφικά γεωτρήματα, συντρίμματα, αμμοιλύς, λεπτόρρευστοι άμμοι κ.λ.π. Επίσης με την ανάπτυξη συμβαίνει ανακατάταξη των χονδροκόκκων υλικών του υδροφόρου γύρω από το φιλτροσωλήνα και απομακρύνεται η άμμος από τη ζώνη της γεώτρησης όπου το νερό κατά την άντληση κινείται ταχέως συγκλίνοντας προς τα φίλτρα (σχ.27). Έτσι με την αποπεράτωση της ανάπτυξης πρέπει το αντλούμενο νερό να είναι απαλλαγμένο άμμου ή άλλων προσμίξεων τόσο για την ασφάλεια του αντλητικού συγκροτήματος όσο και για τη μακροβιότητα της γεώτρησης. Οι εργασίες της αναπτύξεως αρχίζουν αμέσως μετά τη χαλίκωση.



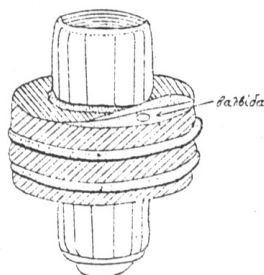
Σχ.27 Η ανάπτυξη επιτρέπει την καλή κυκλοφορία του νερού μέσω του φίλτρου προς τα μέσα και έξω της σωλήνωσης. (Από το Ground water and wells).

7.1 Μέθοδοι αναπτύξεως

Η πλύση της γεώτρησης γίνεται μετά τη χαλίκωση και συνίσταται στη διοχέτευση καθαρού νερού με τη στήλη των στελεχών, το άκρο της οποίας καταλήγει σε ξύλινο πώμα (τάπα). Αυτό είναι στερεωμένο στον πυθμένα της σωλήνωσης και στο κέντρο του έχει μια οπή ίση με τη διάμετρο των στελεχών (βλέπε σχ.25). Το νερό διέρχεται την ξύλινη τάπα και ανερχόμενο με πίεση, παρασύρει την ιλύ και τα συντρίμματα στην επιφάνεια του εδάφους καθαρίζοντας έτσι τα φίλτρα. Η εργασία αυτή διαρκεί μερικές ώρες και τελειώνει όταν το ανερχόμενο νερό βγαίνει καθαρό. Σε περίπτωση ανάπτυξης της γεώτρησης με αεροσυμπιεστή η εργασία της πλύσης δεν θεωρείται αναγκαία.

Η πρόκληση εναλλασσόμενης ροής, από τη γεώτρηση προς τα υδροφόρα και αντιστρόφως, είναι βασική επιδίωξη της ανάπτυξης.

Ένας απλός τρόπος για την επίτευξή της είναι η ανοδική κίνηση ενός κάδου με ποδοβαλβίδα μέσα στη γεώτρηση. Επίσης την πετυχαίνουμε με τη χρησιμοποίηση ειδικού εμβόλου, το οποίο στο κάτω μέρος του είτε φέρει βαλβίδα (σχ.28) είτε όχι και εξωτερικώς δύο ελαστικά ελάσματα. Με τους επανειλημμένους “εμβολισμούς” πετυχαίνεται ο παραπάνω σκοπός.



Σχ.28 Έμβολο αναπτύξεως με βαλβίδα. (Από το Ground water and wells).

Η ανάπτυξη των γεωτρήσεων με εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα, μέθοδος γνωστή ως “Air – lift”, θεωρείται η πιο κλασική διεθνώς και στις περισσότερες περιπτώσεις η πιο ενδεδειγμένη. Στηρίζεται στην αρχή ότι ο διοχετευμένος αέρας αναμειγνύομενος με το νερό σχηματίζει μείγμα ελαφρύτερο του νερού και εφόσον η παροχή του αέρα είναι επαρκής, το νερό ανέρχεται ως την επιφάνεια του εδάφους.

Από πλευράς εξοπλισμού απαιτούνται ένας αεροσυμπιεστής παροχής αέρα και πίεσης τουλάχιστον 10m³/min και 7atm αντιστοίχως. Επίσης απαιτούνται σωλήνες, τόσο για τη στήλη αναπτύξεως, όσο και για τη στήλη εμφυσήσεως αέρα. Ο πίνακας 7 δείχνει τις διαμέτρους της στήλης αναπτύξεως καθώς και εμφυσήσεως αέρα, με τις οποίες θα επιτευχθούν τα καλύτερα αποτελέσματα, ανάλογα και με τη διάμετρο των φιλτροσωλήνων.

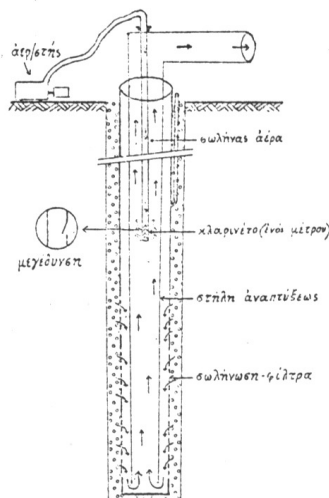
ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Διάμετρος σωλήνωσης γεώτρησης	Διάμετρος στήλης ανάπτυξης	Διάμετρος στήλης εμφύσησης αέρα
6 ιντσών	4 ιντσών	1 ίντσας
8 ιντσών	5 – 6 ιντσών	1½ ίντσας
10 ιντσών	7 ιντσών	2 ιντσών
12 ιντσών	8 ιντσών	2 ½ ιντσών

Η διάταξη, όπως φαίνεται στο σχήμα 29, αναγκάζει το αντλούμενο νερό να κατευθύνεται προς τον πυθμένα της γεώτρησης και στη συνέχεια να ανέρχεται στην επιφάνεια από τη στήλη ανάπτυξης. Έτσι πετυχαίνεται συνεχής δράση του νερού σε όλα τα φίλτρα. Στην αρχή η στήλη του αέρα κατεβάζεται μέχρι τα 60m περίπου. Στο άκρο της τοποθετείται “κλαρινέτο” (σχ.29). Είναι διάταξη με την οποία ο αέρας κατευθύνεται διεσπαρμένος προς τα πάνω και έτσι έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα άντλησης.

Η στήλη ανάπτυξης τοποθετείται 1 – 2 m πάνω από τον πυθμένα της γεώτρησης. Εφόσον στην αρχή αντλείται ιλύς ή θολό νερό, δεν διακόπτεται η άντληση, όταν όμως το αντλούμενο νερό βγαίνει σχεδόν καθαρό, πρέπει να εναλλάσσονται διαστήματα λειτουργίας και παύσεως του αεροσυμπιεστή. Όσο ταχύτερα γίνεται καθαρό το νερό, τόσο συχνότερες πρέπει να γίνονται οι παύσεις. Η διάρκεια της παύσης εξαρτάται από τη ταχύτητα επανόδου της στάθμης του νερού, η οποία καλό είναι να φθάνει τουλάχιστον το 80% της αρχικής

στάθμης ηρεμίας. Στο στάδιο αυτό η άντληση πρέπει να γίνεται με τη μεγαλύτερη παροχή για την επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής πτώσης στάθμης του νερού στη γεώτρηση.



Σχ.29 Διάταξη για την ανάπτυξη με πεπιεσμένο αέρα (Air – lift).

Για το σκοπό αυτό κατεβάζεται η στήλη του αέρα και σε μεγαλύτερο βάθος. Το μέγιστο βάθος τοποθέτησης της στήλης αέρα είναι συνάρτηση της ασκούμενης από τον αεροσυμπιεστή πίεσης και ισούται με τη μέγιστη πίεση αυτού (σε Atm.) πολλαπλασιαζόμενη επί 10.

Από τον τύπο $(B - \Sigma / B) * 100 = \alpha$ (όπου B το βάθος τοποθέτησης της στήλης αέρα, Σ το βάθος της στάθμης άντλησης και α συντελεστής με τιμές κυμαινόμενες από 40 – 60), υπολογίζουμε τη στάθμη άντλησης. Π.χ. για αεροσυμπιεστή 7atm, η στήλη του αέρα μπορεί να τοποθετηθεί μέχρι τα 70m βάθος, οπότε για $\alpha = 40$ βρίσκουμε ότι η στάθμη άντλησης είναι 42m.

Για $\alpha = 50$ έχουμε $\Sigma = B / 2$, δηλαδή η στάθμη άντλησης κατά μέσο όρο είναι δυνατό να υποβιβαστεί με τον αεροσυμπιεστή μέχρι το μισό του βάθους τοποθέτησης της στήλης του αέρα, με την προϋπόθεση ότι ο αεροσυμπιεστής έχει ικανότητα αντλήσεως νερού μεγαλύτερη από εκείνη της γεώτρησης.

Κατά την ανάπτυξη, σε τακτά χρονικά διαστήματα, παίρνουμε μετρήσεις περιεκτικότητας του αντλούμενου νερού σε άμμο (επί %) μ'έναν κώνο χωρητικότητας 1lit, αριθμημένο ογκομετρικώς (κώνος IMHOFF). Παράλληλα κάνουμε περιοδικές μετρήσεις της στάθμης άντλησης, της παροχής και κατά τις παύσεις της επαναφοράς της στάθμης. Οι μετρήσεις αυτές παρέχουν την πρόοδο της ανάπτυξης. Από τα αποτελέσματα αυτά ο επιβλέπων γεωλόγος αποφασίζει για την αποπεράτωση ή τη συνέχιση της ανάπτυξης, εφαρμόζοντας ανάλογα με την περίπτωση διάφορες παραλλαγές, οι σπουδαιότερες από τις οποίες είναι οι εξής :

(i) Για άντληση μεγαλύτερων παροχών, όταν η πτώση στάθμης είναι μικρή, ανεβάζουμε τη στήλη αέρα ή την αφαιρούμε εντελώς και διοχετεύουμε τον αέρα στη στήλη ανάπτυξης κλείνοντάς την στεγανά. Το νερό εξέρχεται από το δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ στήλης ανάπτυξης και σωλήνωσης της γεώτρησης.

(ii) Σε περιπτώσεις αρτεσιανής ροής τοποθετούμε μόνο τη στήλη αέρα και το αντλούμενο νερό εξέρχεται από το στόμιο της σωλήνωσης. Η τοποθέτηση μιας κεφαλής σχήματος (Γ) διευκολύνει τις μετρήσεις της παροχής.

(iii) Όταν θέλουμε η άντληση με τον αέρα να δράσει μεμονωμένα κατά φίλτρο, χρησιμοποιούμε τη συσκευή του σχήματος 30, με την οποία αντλούμε από ένα τμήμα του φίλτρου μήκους 1 – 2m με τη βοήθεια ελαστικών αποφρακτικών (Packers), τα οποία προσαρμόζονται στο κάτω μέρος της στήλης ανάπτυξης. Με το διπλό αυτό Packer σε ένα

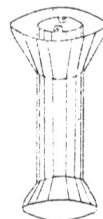
τμήμα του φίλτρου αντλούμε με διακοπές για ένα χρονικό διάστημα και κατόπιν το μετακινούμε σε γειτονική θέση ή σε άλλο φίλτρο.

Στις τηλεσκοπικές γεωτρήσεις, κατά την ανάπτυξη με air – lift, πρέπει να ελέγχεται το χαλικόφιλτρο να διατηρείται πάντοτε στο κοινό τμήμα των δύο σωληνώσεων.

Με την αποπεράτωση της ανάπτυξης πρέπει το χαλικόφιλτρο να βρίσκεται ένα μέτρο πιο κάτω από το χείλος της εσωτερικής σωλήνωσης και πριν από τη τοποθέτηση του αντλητικού συγκροτήματος να εισαχθεί στη γεώτρηση ένας διπλός κώνος απομονώσεως, για να κλείσει ο δακτυλιοειδής χώρος μεταξύ των δύο σωληνώσεων (σχ.31), ώστε η ανοδική κίνηση του νερού κατά την άντληση να μη φέρνει άμμο στη γεώτρηση.



Σχ.30 Διπλό πάκερ αναπτύξεως με air – lift.



Σχ.31 Διπλός κώνος απομονώσεως

7.2 Πλύση με πολυφωσφορικά άλατα

Η εξουδετέρωση της βλαβερής επίδρασης του μπετονίτη στη γεώτρηση υποβοηθείται πάρα πολύ με τη δράση ορισμένων πολυφωσφορικών αλάτων (π.χ. του εξαμεταφωσφορικού νατρίου) που έχουν την ιδιότητα να προκαλούν κροκίδωση του μπετονίτη ή της αργίλου, δηλαδή διασπορά των μικρομερών τεμαχιδίων και να καταστρέφουν έτσι την ζελατινοειδή μορφή του (διάλυση του mad cake).

Όσο γρηγορότερα γίνεται με τη χάλικωση η πλύση της γεώτρησης με πολυφωσφορικά άλατα, τόσο ταχύτερο και καλύτερο αποτέλεσμα πετυχαίνουμε, επειδή ο πλακούντας του νωπού πολτού καταστρέφεται ευκολότερα.

Η ποσότητα του πολυφωσφορικού άλατος που είναι αναγκαία να δράσει αποτελεσματικά ανέρχεται σε 6 kgf ανά m³ νερού και η ποσότητα του νερού για τη παρασκευή του διαλύματος ισούται με τον όγκο της γεώτρησης, τον οποίο υπολογίζουμε παίρνοντας ως διάμετρο εκείνη της διευρύνσεως. Π.χ. για γεώτρηση που διευρύνθηκε με κοπήρα 17 ½ ιντσών (0,44m) και σωληνώθηκε ως το βάθος των 100m, ο όγκος της οπής είναι 100m * 0,22² * 3,14 = 15m³ περίπου, συνεπώς θα απαιτηθεί ποσότητα πολυφωσφορικού άλατος : 15 * 6 = 90kgf.

Τρόπος εργασίας : Τοποθετείται η στήλη ανάπτυξης για Air-lift 1 – 2 μέτρα πάνω από το πυθμένα της γεώτρησης και εκτελείται σύντομος καθαρισμός της (σχ.29). Παράλληλα, σε δοχείο χωρητικότητας 3 – 4m³ με στρόφιγγα 5 – 6 ιντσών στο κάτω μέρος του, παρασκευάζεται διάλυμα του πολυφωσφορικού άλατος.

Κατά τη λειτουργία του αεροσυμπιεστή, το διάλυμα από το δοχείο διοχετεύεται στη γεώτρηση και αντλούμενο ρίχνεται πάλι στο δοχείο (κλειστό κύκλωμα). Η εργασία αυτή του κυκλώματος του πολυφωσφορικού με λειτουργία του αεροσυμπιεστή επί 10 λεπτά και παύσεις 5 λεπτών εναλλάξ, διαρκεί 4 ώρες περίπου. Κατά τις παύσεις διοχετεύεται διάλυμα από το δοχείο στη γεώτρηση, ώστε αυτή να είναι συνεχώς γεμάτη, γιατί έτσι πετυχαίνεται μεγαλύτερη δράση του πολυφωσφορικού άλατος. Μια περίπου ώρα μετά την αποπεράτωση της πλύσης, αρχίζει η κανονική ανάπτυξη με air-lift.

Περισσότερο δραστική μέθοδος εκτέλεσης πλύσης με πολυφωσφορικά άλατα είναι εκείνη, κατά την οποία χρησιμοποιείται διπλό Packer με σωλήνα μήκους 1 – 1,50m με οπές (σχ.32). Το διάλυμα διοχετεύεται με αντλία με τα στελέχη μέσω των οπών της συσκευής, στα

φίλτρα. Η συσκευή μετακινείται αργά πάνω-κάτω κατά τη διάρκεια της εργασίας, διαδοχικά σε όλα τα φίλτρα. Σημαντικό είναι ότι το μανόμετρο της αντλίας πρέπει να δείχνει ορισμένη πίεση για μια ελάχιστη παροχή ανάλογα με τη διάμετρο των φίλτρων (για βάθη φίλτρων μέχρι 150m), όπως φαίνεται στον πίνακα 8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Διάμετρος φίλτρων σε ίντσες	Ελάχιστη παροχή σε m ³ /h	Ελάχιστη πίεση μανομέτρου σε kg/cm ²
6 και 8	35	7 - 10
10 και 12	54	7 - 10
14 και 16	70	7 - 10

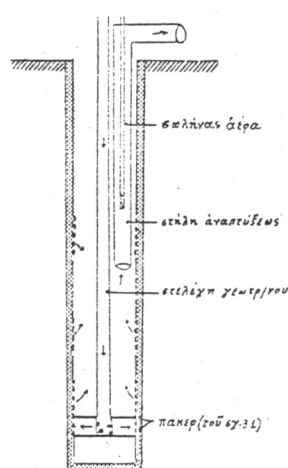
Συγχρόνως με τη διοχέτευση του διαλύματος του πολυφωσφορικού στη γεώτρηση, λειτουργεί και η εγκατάστασή του air-lift (σχ.33). Μετά 4 ωρών περίπου κυκλοφορίας του διαλύματος, ακολουθεί η καθιερωμένη ανάπτυξη της γεώτρησης με air-lift.

Είναι δυνατή η ανάπτυξη γεωτρήσεων και με τη χρησιμοποίηση στερεού διοξειδίου του άνθρακα (ξηρού πάγου). Η μέθοδος εφαρμόζεται κατά τη τελευταία δεκαετία στις Η.Π.Α. και άλλες προηγμένες χώρες και βασίζεται στην απότομη διάγκωση του ξηρού πάγου στη γεώτρηση κατά την εξαέρωσή του. Αποτέλεσμα της εξαέρωσης είναι η εκσφενδόνιση από το στόμιο της γεώτρησης στήλης νερού με μπετονίτη, άργιλο, κ.λ.π.

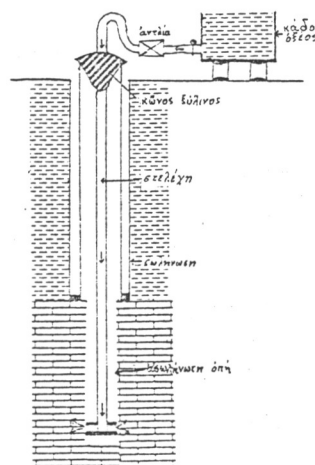
7.3 Ανάπτυξη γεώτρησης σε ανθρακικά πετρώματα με υδροχλωρικό οξύ ή με εκρηκτικές ύλες.

Σκοπός και των δύο μεθόδων είναι η αύξηση της περατότητας των ρωγμών του πετρώματος γύρω από τη γεώτρηση με τη δημιουργία μεγαλύτερου κατακερματισμού των διαβάσεων κυκλοφορίας του νερού (χρήση εκρηκτικών υλών) ή με τη διεύρυνση των ρωγμών του πετρώματος με χημική διάλυσή του (χρήση υδροχλωρικού οξέος).

Οι μέθοδοι εφαρμόζονται με την προϋπόθεση ότι η γεώτρηση δίνει έστω και μικρή παροχή.



Σχ.33 Διάταξη πλύσεως με πολυφωσφορικά άλατα με διπλό πάκερ και σύγχρονη ανάπτυξη με air-lift.



Σχ.34 Διάταξη εκχύσεως υδροχλωρικού Οξέως.

7.3.1 Πλύση με υδροχλωρικό οξύ

Χρησιμοποιείται υδροχλωρικό οξύ του εμπορίου περιεκτικότητας 30 – 36% (21 – 22 Μπομέ). Η απαιτούμενη ποσότητα οξέος ποικίλλει κατά περίπτωση ανάλογα με το πάχος των

υδροφόρων, την καθαρότητα του ασβεστόλιθου, τη στάθμη του νερού της γεώτρησης κ.λ.π. Πάντως μια ποσότητα 3000lit είναι ενδεδειγμένη για ένα καλό αποτέλεσμα.

Βασική επιδίωξη είναι το οξύ να κινείται από τη γεώτρηση προς το πέτρωμα. Αυτό πετυχαίνεται με ρίψη καθαρού νερού στη γεώτρηση για τη δημιουργία της σχετικής πίεσης. Για την έκχυση του οξέος τοποθετείται σωλήνας μικρής διαμέτρου στο επιθυμητό βάθος με το διπλό πάκερ (σχ.32) και κλείνεται το στόμιο της γεώτρησης με ελαστικό ή ξύλινο κώνο (σχ.34). Η διοχέτευση του οξέος γίνεται με αντλία. Μετά τη ρίψη, στην αρχή 1000lit οξέος και αναμονή 15 λεπτών, ρίχνεται σε δόσεις 200lit και η υπόλοιπη ποσότητα με ενδιάμεσες διακοπές 10 λεπτών και ρίψεις ίσου όγκου νερού με τον ίδιο τρόπο που ρίχνεται και το οξύ.

Την επόμενη μέρα χύνονται 3000lit νερού, ανασύρεται η διάταξη των στελεχών και ακολουθεί άντληση με air-lift ή με αντλητικό συγκρότημα.

7.3.2 Χρήση εκρηκτικών υλών

Οι εκρήξεις πρέπει να γίνονται σε τμήματα της γεώτρησης που βρίσκονται μέσα στο υδροφόρο πέτρωμα. Η ποσότητα της εκρηκτικής ύλης που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τη σκληρότητα ή τη φυσική κατάσταση του πετρώματος, το πάχος του υδροφόρου, καθώς και το βάθος τοποθέτησης του εκρηκτικού σε σχέση με τη στάθμη του νερού της γεώτρησης. Η γόμωση, της οποίας το βάρος κυμαίνεται από 30 – 100 και καμιά φορά 200kgr, τοποθετείται σε επιμήκη κάδο από λευκοσίδηρο με διάμετρο κατάλληλη, για να καταδυθεί στο επιθυμητό βάθος. Η πυροδότηση λαμβάνει χώρα ηλεκτρικώς από την επιφάνεια του εδάφους. Η μέθοδος των εκρηκτικών παρουσιάζει το μειονέκτημα της μερικής καταστροφής της γεώτρησης από την έκρηξη, για αυτό μετά επιβάλλεται ο καθαρισμός της οπής.

Δεν είναι δυνατόν εκ των προτέρων να προβλεφθεί το αποτέλεσμα των παραπάνω μεθόδων ανάπτυξης.

Πάντως δεν πρέπει να εγκαταλείπονται γεωτρήσεις μικρών παροχών σε ανθρακικά πετρώματα, πριν πραγματοποιηθεί ανάπτυξη αυτών με μια από τις παραπάνω μεθόδους, εν ανάγκη και με περισσότερες της μιας δοκιμές.

7.4 Φαινόμενα ρέουσας άμμου

Σε υδροφόρους ορίζοντες που συνίστανται κατά το πλείστο από λεπτόκοκκους άμμους, κατά την εκτέλεση υδρογεωτρήσεων παρουσιάζονται δυσχέρειες τόσο κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, όσο και κατά την εκτέλεση των δοκιμαστικών αντλήσεων. Συγκεκριμένα, παρατηρείται συνεχείς εξόδους λεπτόκοκκου υλικού και στις δυσμενέστερες περιπτώσεις, όταν με το αντλούμενο νερό εξέρχεται σημαντική ποσότητα άμμου, συμβαίνει καθίζηση του εδάφους γύρω από τη γεώτρηση ή στρέβλωση της σωλήνωσης από καταπτώσεις των τοιχωμάτων της γεώτρησης και τη δημιουργία σπηλαίων.

Χαρακτηριστικό είναι ότι τα φαινόμενα αυτά συμβαίνουν κατά κανόνα σε υδροφόρους ορίζοντες υπό πίεση και είναι ιδιαίτερα έντονα σε αρτεσιανά υδροφόρα με υψηλό υδραυλικό φορτίο και λεπτόκοκκο υδροφόρο υλικό. Το φαινόμενο της ρέουσας άμμου (quick sand) δεν οφείλεται σε είδος άμμου, μέγεθος κόκκων κ.λ.π. αλλά σε ειδικές συνθήκες ροής δημιουργούμενες κυρίως στα υπό πίεση υδροφόρα, στα οποία η προς τα πάνω κίνηση του νερού πέρα μιας ορισμένης τιμής της ταχύτητάς του εξουδετερώνει το βάρος της χωρίς συνοχής άμμου, καθιστάμενης της τελευταίας “ρευστής” και αιωρούμενης μέσα στο νερό. Για την έναρξη της “ροής” της άμμου απαιτείται μια προς τα πάνω υδραυλική κλίση που κατά το νόμο του Darcy ($V = k * I$), να ισούται με τη μονάδα (κρίσιμη υδραυλική κλίση). Στην περίπτωση αυτή η ταχύτητα ροής του νερού ισούται με την περατότητα αυτού. Επειδή σύμφωνα με το νόμο του Stokes η ταχύτητα η απαιτούμενη για την ανύψωση ή διατήρηση της αιώρησης κόκκων άμμου ή και λεπτών χαλίκων μεταβάλλεται με το τετράγωνο της διαμέτρου των κόκκων, όσο ελαττώνεται η διάμετρος αυτών τόσο μικρότερη ταχύτητα ροής απαιτείται για τη δημιουργία συνθηκών “ρέουσας άμμου”. Έτσι, επειδή οι ταχύτερες ροές του νερού από τα υδροφόρα προς τις γεωτρήσεις είναι συνήθως μικρές, για αυτό το φαινόμενο είναι έντονο σε λεπτομερή υλικά.

Η καθολική αντιμετώπιση του φαινομένου, κατά την εκτέλεση υδρογεωτρήσεων, δεν είναι απλή ούτε εύκολη, οι δε επί μέρους απόψεις των ειδικών όχι μόνο δε συμπίπτουν αλλά πολλές φορές βρίσκονται σε αντίθεση. Οποσδήποτε ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος μερικής αντιμετώπισης του φαινομένου είναι η κατά το δυνατό επιβράδυνση της ροής του αντλούμενου νερού και μερικώς το πετυχαίνουμε με τη λήψη μικρότερων παροχών από εκείνες που θα λαμβάνονται με κανονικές συνθήκες. Έτσι, η ταχύτητα ροής του νερού ελαττώνεται, ενώ το φορτίο της στήλης του νερού στη γεώτρηση μεγαλώνει λόγω της υψηλότερης στάθμης άντλησης. Αναφέρονται παρακάτω ορισμένες απόψεις που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη κατά την εκτέλεση υδρογεωτρήσεων σε υδροφόρα με ρέουσες άμμους :

(α) Μικρή ταχύτητα διατρήσεως και συχνή λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων.

(β) Εκτέλεση γεωφυσικών μετρήσεων (Well logging) για τον εντοπισμό των διαπερατών ζωνών και συσχετισμό τους με τα στοιχεία της διατρήσεως.

(γ) Χρησιμοποίηση φίλτρων συνεχούς γραμμής (Johnson) ή γεφυρωτά ανοίγματα 1-1,5mm και τοποθέτηση χαλκόφιλτρου διαβαθμίσεως 2 – 4mm με κόκκους αποστρωγγυλεμένους. Δεν υποδεικνύεται η χρησιμοποίηση φίλτρου με ενσωματωμένους κόκκους χαλαζιακής άμμου, γιατί αυτό θα φραχθεί κατά την ανάπτυξη.

(δ) Χρησιμοποίηση οδηγών κεντρώσεως και διαμόρφωση πάχους χαλκόφιλτρου όχι μεγαλύτερου των 6 ιντσών, για να μην υπάρχει κατά την ανάπτυξη παχύ τοίχωμα από μπετονίτη και λεπτόκοκκα υλικά μεταξύ σωλήνωσης και υδροφόρου.

(ε) Να γίνεται πλύση με καθαρό νερό και η ανάπτυξη με χρήση πολυφωσφορικών αλάτων. Η άντληση ανάπτυξης να γίνεται με αντλία, αρχικά με μικρή παροχή αυξανόμενη κατά βήματα με την πρόοδο της ανάπτυξης.

Εκτός από όλα αυτά βασικό παράγοντα αποτελεί και η υψηλή τεχνική που επιβάλλεται να εφαρμοσθεί από έναν έμπειρο και επιδέξιο χειριστή του γεωτρήσανου.

7.5 Απολύμανση υδρευτικών γεωτρήσεων

Οι υδρευτικές γεωτρήσεις πριν από την άντλησή τους, κατά την οποία και λαμβάνεται δείγμα νερού για μικροβιολογική εξέταση, πρέπει να απολυμαίνονται (αποστειρώνονται), για να σκοτώνονται τυχόν υπάρχοντα παθογόνα βακτήρια, τα οποία είτε εισχώρησαν στη γεώτρηση κατά τη διάρκεια εκτέλεσής της με τα εργαλεία, τους σωλήνες, το χαλκόφιλτρο κ.λ.π., είτε υπάρχουν στο έδαφος γύρω από τη γεώτρηση.

Ο απλούστερος, φθηνότερος και αποτελεσματικότερος τρόπος για την απολύμανση είναι η χρησιμοποίηση μιας διάλυσης χλωρίου με συγκέντρωση 50 – 200χλσγρ./λίτρο.

Η χρησιμοποίηση αέριου χλωρίου για τη παρασκευή του διαλύματος παρουσιάζει δυσχέρειες και προβλήματα, γι'αυτό ως πηγή παραγωγής του χρησιμοποιείται το υποχλωριώδες ασβέστιο (χλωράσβεστος), το οποίο διαλυμένο στο νερό ελευθερώνει χλώριο. Η απαιτούμενη ποσότητα χλωρασβέστου με περιεκτικότητα 70% σε CaOCl_2 για κάθε m^3 νερού της γεώτρησης, είναι 90gr για επίτευξη διαλύματος 50χλσγρ./λίτρο, 150gr για συγκέντρωση 100χλσγρ./λίτρο και 250gr για 200χλσγρ./λίτρο.

Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και υποχλωριώδες νάτριο (χλωρίνη) σε ποσότητα 400gr για κάθε m^3 νερού της γεώτρησης για επίτευξη διαλύματος 100χλσγρ./λίτρο όταν η περιεκτικότητα της πρώτης ύλης είναι 5% σε NaOCl .

Και τα δύο, σαν στερεές χημικές ενώσεις, είναι εύχρηστα στη μεταφορά, τη διατήρηση και χρήση κατά τη παρασκευή του διαλύματος. Αναφέρονται δύο τρόποι εκτέλεσης της εργασίας απολύμανσης της γεώτρησης.

Με τον πρώτο, γίνεται το διάλυμα στην επιφάνεια του εδάφους μέσα σε δοχείο ανάλογης χωρητικότητας και χύνεται στη γεώτρηση. Για να φθάσει το διάλυμα σε όλα τα μέρη της γεώτρησης, ενδείκνυται η εκτέλεση κλειστού κυκλώματος με air lift.

Με το δεύτερο τρόπο το στερεό υποχλωριώδες ασβέστιο ή νάτριο τοποθετείται σε κυλινδρικό δοχείο με φίλτρο και με καλώδιο ανεβοκατεβαίνει στο νερό της γεώτρησης μέχρι διαλύσεως. Το ελευθερωμένο χλώριο διαλύεται στο νερό και δημιουργείται ένα δραστικό

διάλυμα. Για εντονότερη διατάραξη του νερού εισάγεται στη γεώτρηση και κάδος καθαρισμού.

Για ένα καλό αποτέλεσμα η διάλυση του χλωρίου πρέπει να μείνει μέσα στη γεώτρηση τουλάχιστον 6 ώρες.

Κεφάλαιο 8

Δοκιμαστική άντληση

Η δοκιμαστική άντληση παρέχει στοιχεία με τα οποία εκτιμάται αφενός η απόδοση της γεώτρησης με τον προσδιορισμό της εκμεταλλεύσιμης παροχής της και αφετέρου υπολογίζονται ορισμένα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου στρώματος που έχουν σχέση με τη δυναμικότητα αυτού.

Εδώ θα ασχοληθούμε μόνο με τη λήψη και αξιοποίηση των στοιχείων της άντλησης για τον προσδιορισμό της εκμεταλλεύσιμης παροχής της γεώτρησης. Η ανάλυση των δοκιμαστικών αντλήσεων για τη μελέτη των ποικίλων περιπτώσεων υπολογισμού των υδραυλικών παραμέτρων των υδροφόρων αποτελεί ιδιαίτερο αντικείμενο και δεν αναπτύσσεται, γιατί ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της πτυχιακής εργασίας.

8.1 Τοποθέτηση πιεζομετρικού σωλήνα.

Για την επακριβή και απρόσκοπτη λήψη των μετρήσεων στάθμης της γεώτρησης πρέπει να τοποθετείται παραπλεύρως της σωλήνωσης ένας σωλήνας μίας ίντσας μέχρι το πιθανό βάθος τοποθέτησης της αντλίας.

Ο σωλήνας αυτός είτε είναι ανεξάρτητος της σωλήνωσης και φέρει φίλτρο είτε είναι χωρίς φίλτρο αλλά το κατώτερο άκρο του επικοινωνεί με το εσωτερικό της σωλήνωσης (σχ.35). Η πρώτη διάταξη (Π_1) δίνει ακριβέστερα στοιχεία της στάθμης του νερού για τη μελέτη των υδραυλικών παραμέτρων των υδροφόρων, ενώ η δεύτερη (Π_2) για την καλύτερη εκτίμηση της εκμεταλλεύσιμης παροχής και της αντίστοιχης πτώσης στάθμης στη γεώτρηση, πράγμα απαραίτητο για την εκλογή και τοποθέτηση του μόνιμου αντλητικού συγκροτήματος στο σωστό βάθος. Επίσης η δεύτερη κατασκευή βοηθάει στον υπολογισμό των απωλειών φορτίου της γεώτρησης.



Σχ.35 Πιεζομετρικοί σωλήνες υδρογεωτρήσεων : με φίλτρο (Π_1) και χωρίς φίλτρο κολλητός στη σωλήνωση (Π_2).

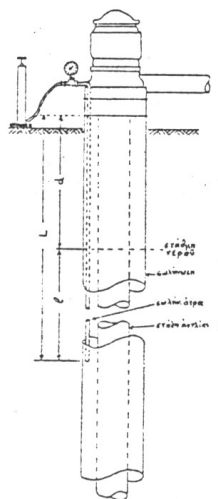
8.2 Τρόποι μέτρησης της στάθμης του νερού στις γεωτρήσεις.

Με ηλεκτρική μετροταινία.

Το όργανο αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια συνδεδεμένα με δύο μονωμένα σύρματα στην αρχή της μετροταινίας (μεταλλικός κύλινδρος), απολήγοντα σε ένα μικρό λαμπτήρα ή ένα μιλλιαμπερόμετρο τροφοδοτούμενο με ρεύμα από μία στήλη (μπαταρία). Όταν ο μεταλλικός κύλινδρος της μετροταινίας βυθίζεται στο νερό, κλείνει το κύκλωμα λόγω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού και ο δείκτης του μιλλιαμπερόμετρου παρουσιάζει απότομη απόκλιση ή ανάβει ο μικρός ηλεκτρικός λαμπτήρας.

Με σωλήνα αέρα και μανόμετρο.

Μεταξύ σωλήνωσης και στήλης κατάθλιψης της αντλίας τοποθετείται σωλήνας μικρής διαμέτρου (4 – 6mm), συνήθως χάλκινος, ως τη περιοχή τοποθέτησης της αντλίας, τουλάχιστον 2m πάνω ή κάτω από το “ποτήρι” αυτής. Το ανώτερο άκρο του συνδέεται με μια τρύπα για τη διοχέτευση αέρα στο σωλήνα. Επίσης τοποθετείται μια στρόφιγγα και ένα μανόμετρο, το οποίο απ’τη κατασκευή του ρυθμίζεται να δείχνει την πίεση σε μέτρα στήλης νερού ή σε πόδια (feet). Όταν με τη τρύπα στέλνουμε αέρα στον αεροστεγή σωλήνα, παρατηρούμε ότι η πίεση του μανόμετρου αυξάνεται μέχρι μια μέγιστη τιμή. Στη μέγιστη αυτή ένδειξη το νερό διώχθηκε από το σωλήνα και η πίεση αυτή του αέρα ισορροπεί την πίεση του νερού που ισούται με το ύψος του από την ελεύθερη επιφάνεια μέσα στη γεώτρηση μέχρι το κατώτερο άκρο του σωλήνα αέρα, δηλαδή κατά το βυθισμένο τμήμα του σωλήνα αέρα μέσα στο νερό. Με την αφαίρεση του μήκους αυτού (I) που δίνεται από την ένδειξη του μανόμετρου, από το συνολικό μήκος του σωλήνα αέρα (L), βρίσκουμε τη στάθμη του νερού της γεώτρησης (υδροστατική ή αντλήσεως) από την επιφάνεια του εδάφους (d) ή για να ακριβολογούμε από το σημείο που διαλέξαμε για τις μετρήσεις. Έχουμε δηλαδή $d = L - I$. (Σχ.36).



Σχ. 36. Διάταξη για τη μέτρηση της στάθμης του νερού των γεωτρήσεων με στήλη αέρα. (Από το Ground water and wells).

Αυτός ο τρόπος μέτρησης εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει πιεζομετρικός σωλήνας στη γεώτρηση ή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρική μετροταινία, με την οποία πρέπει να τονισθεί ότι οι μετρήσεις της στάθμης του νερού είναι πιο ακριβείς.

8.3 Προάντληση

Πριν από την κυρίως άντληση, μια προκαταρκτική διάρκειας 6 – 8 ωρών (προάντληση) κρίνεται απαραίτητη, για να διαπιστωθεί αν επιτεύχθηκε η ανάπτυξη της γεώτρησης, αν το αντλητικό συγκρότημα είναι ικανό να αντλήσει την μέγιστη παροχή της γεώτρησης και αν αποχετεύεται καλά το αντλούμενο νερό, ώστε να αποκλείεται η

επανατροφοδοσία του υδροφόρου. Επίσης ελέγχεται η καλά λειτουργία του πιεζομετρικού σωλήνα, των διαφόρων άλλων οργάνων και τέλος εκτιμούνται, κατά προσέγγιση, τα χαρακτηριστικά της γεώτρησης, βάσει των οποίων συντάσσεται το πρόγραμμα της κανονικής δοκιμαστικής άντλησης.

Η έναρξη της προάντλησης γίνεται με μικρή παροχή αυξανόμενη προοδευτικά κατά βήματα. Αν το αντλούμενο νερό βγαίνει θολό με άμμο ή ιλύ, ενδείκνυται η εκτέλεση διακοπών ή αλλαγών της παροχής, μέχρι να επιτευχθεί απόληψη καθαρού νερού για τη μέγιστη αντλήσιμη παροχή της γεώτρησης. Σε γεωτρήσεις με λεπτόρρευστο υλικό η άντληση ανάπτυξης διαρκεί περισσότερο χρόνο.

Ενώ στα κοκκώδη υδροφόρα πετρώματα η έναρξη της άντλησης πραγματοποιείται με τη μικρότερη παροχή, για την αποφυγή αποφράξεως των φίλτρων από την είσοδο λεπτόκοκκου υλικού, στις ασβεστολιθικές γεωτρήσεις κρίνεται σκόπιμο η άντληση να αρχίζει με τη μεγαλύτερη παροχή, έτσι ώστε να μικραίνει η διάρκεια ανάπτυξης της γεώτρησης χωρίς τον κίνδυνο απόφραξης των φίλτρων.

Με βάση τα στοιχεία της προάντλησης και γνώμονα τη μέθοδο ανάλυσης των δεδομένων βάσει του τύπου του υδροφόρου ορίζονται και των τεχνικών χαρακτηριστικών της γεώτρησης, συντάσσεται πρόγραμμα της κανονικής δοκιμαστικής άντλησης.

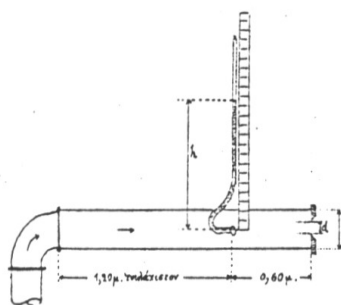
8.4 Μέθοδοι μέτρησης της παροχής των γεωτρήσεων

Ογκομετρική. Χρησιμοποιείται δοχείο γνωστής χωρητικότητας. Με χρονόμετρο μετριέται ο χρόνος πληρώσεως του δοχείου. Η παροχή είναι ίση με το πηλίκο του όγκου του νερού και του μετρούμενου χρόνου. Για ακριβείς μετρήσεις πρέπει ο χρόνος πληρώσεως του δοχείου να είναι τουλάχιστον 20 δευτερόλεπτα. Η μέθοδος είναι δύσχρηστη για μεγάλες παροχές, διότι απαιτείται η χρησιμοποίηση και σχετικά μεγάλης χωρητικότητας δοχείων.

Με υδρομετρητές. Το αντλούμενο νερό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από άμμο. Για ακριβείς μετρήσεις ο υδρομετρητής πρέπει να τοποθετείται μακριά από την καμπύλη ή τη γωνία του σωλήνα εκροής σε απόσταση τουλάχιστον κατά 30 φορές μεγαλύτερη από τη διάμετρό του.

Με το σωλήνα Pitot. Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή του Bernoulli για την κίνηση υγρού σε σωλήνα μεταβαλλόμενης διατομής.

Ο ευθύγραμμος οριζόντιος σωλήνας εκροής του αντλούμενου νερού, διαμέτρου D , καταλήγει σε ένα διάφραγμα διαμέτρου d . Στο σωλήνα προσαρμόζεται ένας διαφανής σωλήνας κατακόρυφος, από τον οποίο λαμβάνονται μετρήσεις του ύψους (h) που αντιστοιχεί στην πίεση του νερού μέσα στο σωλήνα (σχ.37).



Σχ.37 Σωλήνας Pitot για μετρήσεις παροχής υδρογεωτρήσεων.

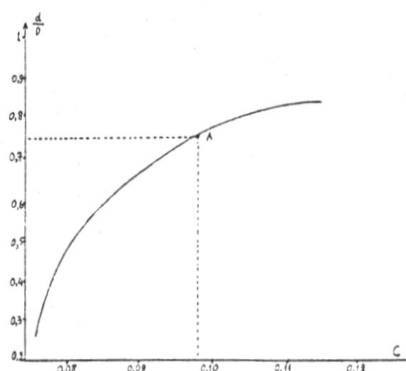
Οι δέουσες αποστάσεις των δύο τμημάτων του οριζόντιου σωλήνα, δεξιά και αριστερά του κατακόρυφου, φαίνονται στο ίδιο σχήμα. Για να είναι σωστή η μέτρηση της παροχής, πρέπει να εκπληρώνονται οι εξής συνθήκες :

- Ο σωλήνας εκροής να είναι απόλυτα οριζόντιος.
- Το άνοιγμα του διαφράγματος να είναι τελείως κυκλικό και η ακμή του (πάχους 1,5mm) οξεία και χωρίς σπασίματα.

- Η εκροή του νερού να είναι ελεύθερη, ο σωλήνας γεμάτος με νερό και ο μανομετρικός χωρίς φυσαλίδες αέρα.

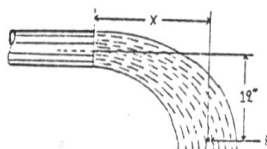
Τότε η παροχή της γεώτρησης σε m^3/h δίνεται από τη σχέση : $Q = c \cdot d^2 \sqrt{h}$ (όπου c ο αριθμητικός συντελεστής υπολογιζόμενος από το διάγραμμα του σχήματος 38). Π.χ. σωλήνας εκροής 8” και διάφραγμα 6” έχουν λόγο $d / D = 0,75$. Η τιμή αυτή στον άξονα των τεταγμένων αντιστοιχεί στο σημείο Α της πρότυπης καμπύλης, η δε κατακόρυφος στον άξονα των τεταγμένων δίνει τιμή του $c = 0,0975$. Τα d και h εκφράζονται σε cm. Συνήθως για ορισμένη διάμετρο σωλήνα εκροής και ορισμένη διάμετρο διαφράγματος συντάσσονται πίνακες που δίνουν απευθείας την παροχή του νερού ανάλογα με το μανομετρικό ύψος h .

Συγγενείς τρόποι μετρήσεως παροχών είναι : με δοχεία που φέρουν οπές στον πυθμένα τους ή στη μια πλευρά τους (όπως το υδρόμετρο Bornemann), με υπερχειλιστές κ.λ.π.



Σχ.38 Διάγραμμα υπολογισμού του συντελεστή C (Εγχειρίδιο δοκιμαστικών αντλήσεων του TRUPIN).

Με ανοικτούς σωλήνες εκροής του νερού. Οι διαστάσεις και η απόσταση εκροής του αντλούμενου ή αρτεσιανού νερού από το σωλήνα εξαγωγής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια κατά προσέγγιση εκτίμηση της παροχής. Στο σχήμα 39 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο γίνονται οι μετρήσεις για τον υπολογισμό της παροχής από οριζόντιο σωλήνα. Μετρείται η οριζόντια απόσταση (X) σε ίντσες από το σημείο εκροής μέχρι το κέντρο της ροής του εξερχόμενου νερού (για μια κατακόρυφη απόσταση σταθερή 12 ίντσών, όπως φαίνεται στο σχήμα) και έπειτα γίνεται χρήση του σχετικού πίνακα 9, από τον οποίο, βάσει της απόστασης X και της διαμέτρου του σωλήνα εξαγωγής, βρίσκεται η παροχή του νερού (σε m^3/h).



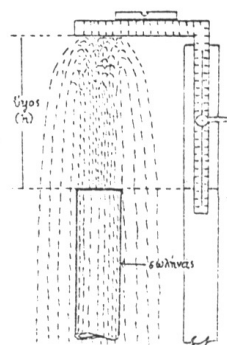
Σχ.39 Εύρεση της παροχής του νερού που βγαίνει από οριζόντιο σωλήνα (Από το Ground water and wells).

Σωστά στοιχεία έχουμε, όταν ο σωλήνας είναι ευθύς, χωρίς γωνία ή καμπύλη τουλάχιστον σε απόσταση 1,5m από το άκρο του, λείος εσωτερικώς και πάντοτε γεμάτος με νερό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

Απόσταση X σε ίντσες για πτώση 12"	Διάμετρος του σωλήνα σε ίντσες					
	2"	3"	4"	5"	6"	8"
6	4,6	10	17,5	27,5	40	68,5
7	5,3	11,9	20,5	32	46,5	80
8	6,1	13,5	23,5	36,5	53	91,5
9	6,8	15	26	41,5	60	103
10	7,7	17	29	45,5	66,5	114,5
11	8,3	18,5	32	50,6	73	126
12	9,2	20	35	55	79,5	137
15	11,5	25,5	43,5	69	99,5	171,5
20	15,5	34	58	91,5	133	229

Ανάλογος τρόπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της παροχής αρτεσιανών γεωτρήσεων κατά την έξοδο του νερού από το κατακόρυφο σωλήνα (σχ.40). Ο πίνακας 10 δίνει την παροχή του νερού σε (m³/h) βάσει του ύψους (h) του πίδακα σε ίντσες από το χείλος του σωλήνα και συναρτήσει της διαμέτρου του.



Σχ.40 Εύρεση της παροχής αρτεσιανής γεώτρησης από το ύψος του πίδακα του νερού (Από το Ground water and wells).

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

Ύψος από χείλος σωλήνα σε ίντσες	Διάμετρος σωλήνα σε ίντσες					
	2"	3"	4"	5"	6"	8"
1 1/2	4,8	9,5	15	18,5	24	35
2	5,7	12	20,5	26,5	35	50,5
3	7,2	16	28,5	40,5	55	84,5
4	8,3	19	34	50,5	70,5	114,5
5	9,6	22	38,5	59,5	83,5	138,5
6	10,5	24	42	66	94,5	160,5
8	12,3	27,5	49,5	79	112	198
10	13,6	31	56	88	127,5	231
12	15	35	61,5	97	141	253
15	17	38,5	69	110	154	286
18	18,7	43	77	119	171,5	308
21	20,5	46	83,5	131	187	341
24	22	50,5	88	141	202,5	363

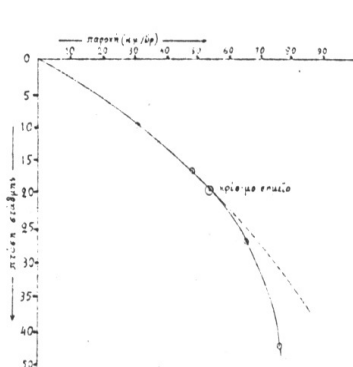
8.5 Κανονική δοκιμαστική άντληση

Η κανονική δοκιμαστική άντληση περιλαμβάνει την άντληση κατά βαθμίδες και την άντληση σταθερής παροχής.

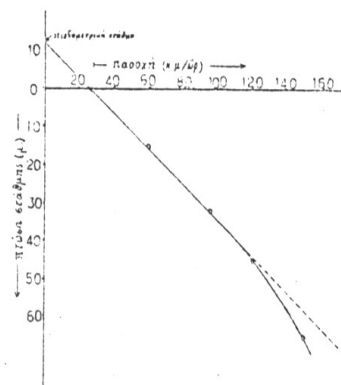
8.5.1 Άντληση κατά βαθμίδες

Σκοπός της δοκιμής αυτής είναι η λήψη αριθμού ζευγών παροχής – πτώσης στάθμης, με τα οποία κατασκευάζεται η καμπύλη πτώσης στάθμης συναρτήσει της αντλούμενης παροχής, γνωστή ως χαρακτηριστική καμπύλη. Από αυτή προσδιορίζεται η κρίσιμη παροχή του φρέατος, δηλαδή το σημείο της καμπύλης πέρα του οποίου η πτώση στάθμης είναι δυσανάλογα μεγάλη ως προς την αντίστοιχη αύξηση της παροχής. Επίσης με τα στοιχεία της κατά βαθμίδος άντλησης υπολογίζονται οι απώλειες φορτίου του φρέατος (βλέπε παρ.9.2).

Η διάρκεια της κατά βαθμίδος άντλησης κυμαίνεται από 8 – 16 ώρες. Το διάστημα αυτό μοιράζεται για την εκτέλεση 3 – 4 ισόχρονων βαθμίδων, στις οποίες οι παροχές να είναι περίπου το $\frac{1}{4}$, το $\frac{1}{2}$, τα $\frac{3}{4}$ της μεγαλύτερης που επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια της προάντλησης. Αυτή η παροχή αποτελεί συνήθως την τέταρτη βαθμίδα ή τη σταθερή παροχή. Οι βαθμίδες άντλησης είναι δυνατό να πραγματοποιούνται η μια μετά την άλλη χωρίς διακοπή της άντλησης. Όμως για μια ορθότερη εκτίμηση, ιδίως των απωλειών φορτίου της γεώτρησης, είναι ενδεδειγμένο μετά από κάθε βαθμίδα να ακολουθεί παύση της άντλησης μέχρι επαναφοράς της στάθμης του νερού και στη συνέχεια να πραγματοποιείται η επόμενη βαθμίδα. Τη συχνότητα των μετρήσεων παροχής και στάθμης άντλησης, την καθορίζει ο γεωλόγος. Στα σχήματα 41 και 42 απεικονίζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες γεώτρησης σε ελεύθερο υδροφόρο και άλλης σε υπό πίεση (αρτεσιανό) υδροφόρο.



Σχ.41 Χαρακτηριστική καμπύλη γεώτρησης σε ελεύθερο υδροφόρο.



Σχ.42 Χαρακτηριστική καμπύλη αρτεσιανής γεώτρησης.

8.5.2 Άντληση σταθερής παροχής

Η εκτέλεσή της αποβλέπει στην απεικόνιση της ευθείας πτώσης στάθμης συναρτήσει του λογάριθμου του χρόνου άντλησης. Το διάγραμμα αυτό βοηθάει στην εύρεση του συντελεστή υδατοαγωγιμότητας (T) των αντλούμενων υδροφόρων, στη μελέτη εξέλιξης του κώνου άντλησης, καθώς και στο προσδιορισμό της πτώσης στάθμης για αντλήσεις μεγαλύτερης διάρκειας από αυτή της δοκιμαστικής άντλησης.

Η διάρκεια της άντλησης με σταθερή παροχή συνήθως κυμαίνεται από 12 – 24 ώρες. Η παροχή εκλέγεται στην περιοχή της κρίσιμης και μέχρι της μεγαλύτερης που επιτεύχθηκε στην κατά βαθμίδες άντληση.

Σε όλη τη διάρκεια της άντλησης η παροχή πρέπει να διατηρείται κατά το δυνατό σταθερή, γι' αυτό πρέπει να μετριέται τουλάχιστον κάθε ώρα. Οι μετρήσεις της στάθμης άντλησης πρέπει να είναι συχνότερες κατά την αρχή της άντλησης, π.χ. ανά λεπτό κατά τα

πρώτα 10 λεπτά, ανά 5λεπτο τα επόμενα 50 λεπτά, ανά 10λεπτο την επόμενη μία ώρα, ανά ημίωρο τις επόμενες τρεις ώρες και τέλος ανά ώρα μέχρι το τέλος της άντλησης.

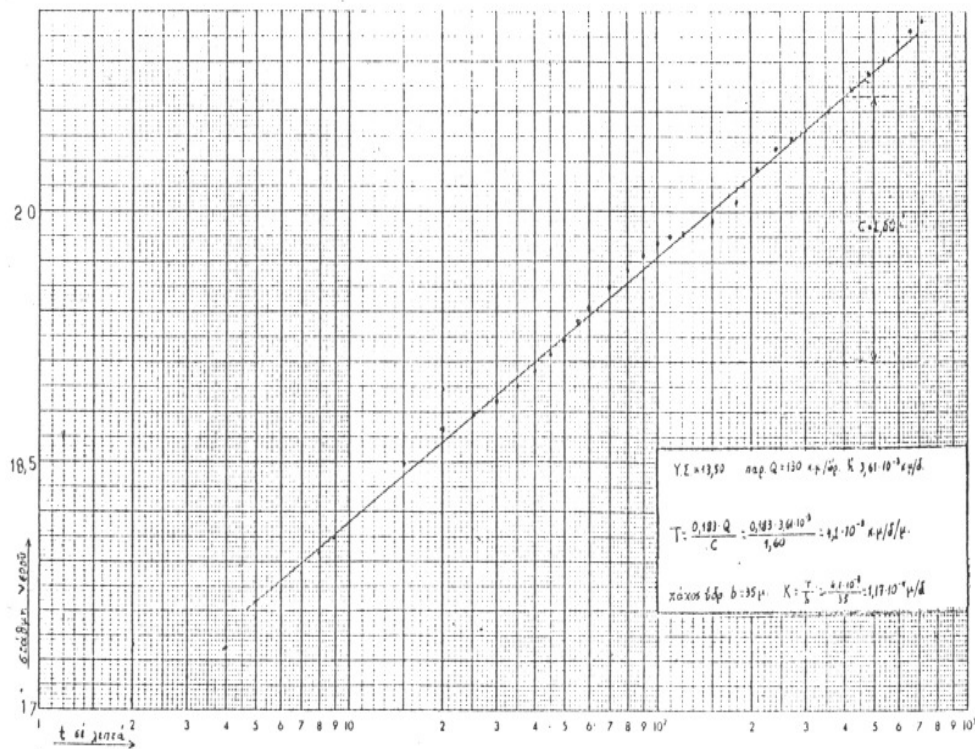
Αμέσως μετά τη παύση της άντλησης πρέπει να αρχίζει η λήψη μετρήσεων επαναφοράς της στάθμης για χρονικό διάστημα ίσο με εκείνο της άντλησης, η δε συχνότητα των μετρήσεων στάθμης να είναι η ίδια με εκείνη που εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια της άντλησης.

Στο σχήμα 43 απεικονίζεται το διάγραμμα της ευθείας πτώσης στάθμης – λογαρίθμου χρόνου με την προσεγγιστική μέθοδο Jacob που στηρίζεται στον υπολογισμό του συντελεστή αγωγιμότητας T από τον τύπο $T = 0,183 * Q / C$ (όπου C η πτώση της στάθμης που αντιστοιχεί σε ένα λογαριθμικό κύκλο, κατά την άντληση υδροφόρου υπό συνθήκες μη μόνιμης ροής). Αναπτύχθηκαν και άλλες παρόμοιες γραφικές μέθοδοι (Theis κ.λ.π.), με τις οποίες υπολογίζεται ο T καθώς και οι άλλοι παράμετροι των υδροφόρων.

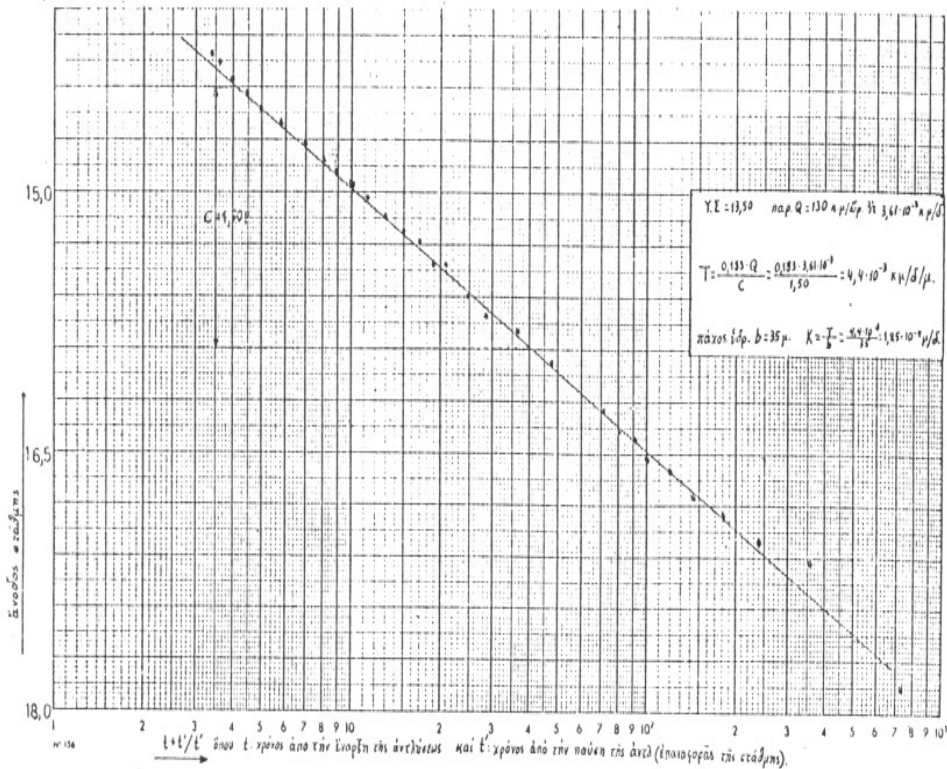
Επίσης οι σχέσεις της μελέτης των αντλούμενων υδροφόρων στην κατάσταση της μη ισορροπίας, δηλαδή πριν σταθεροποιηθούν η στάθμη άντλησης και ο κώνος κατάπτωσης, είναι εφαρμόσιμες και για την άνοδο της στάθμης του νερού που συμβαίνει μετά τη παύση της άντλησης.

Στην περίπτωση αυτή δεχόμαστε ότι μετά την παύση της άντλησης είναι σαν να συνεχίζεται η άντληση, αλλά μια ποσότητα νερού ίση με την αντλούμενη να ρίχνεται από τη στιγμή εκείνη στη γεώτρηση και να ανεβάζει τη στάθμη της.

Στο σχήμα 44 φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή T με τα στοιχεία επαναφοράς της στάθμης. Τα διαγράμματα των σχημάτων 43 και 44 αναφέρονται στη γεώτρηση του σχήματος 54.



Σχ.43 Ευθεία πτώσης στάθμης – λογαρίθμου χρόνου



Σχ. 44 Ευθεία επαναφοράς στάθμης

8.6 Εκτίμηση της εκμεταλλεύσιμης παροχής και της αντίστοιχης στάθμης άντλησης της γεώτρησης.

Η εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης εκτιμάται έτσι, ώστε η αντίστοιχη στάθμη άντλησης να βρίσκεται σε βάθος προσιτό για την από οικονομικής πλευράς συμφέρουσα λειτουργία της αντλίας.

Στις γεωτρήσεις που ανοίγονται σε ελεύθερα υδροφόρα, για τον καθορισμό της εκμεταλλεύσιμης παροχής, λαμβάνεται υπόψη τόσο η τιμή του συντελεστή αγωγιμότητας (T) όσο και το κρίσιμο σημείο της χαρακτηριστικής καμπύλης. Στα αρτεσιανά υδροφόρα ελλείπει κρίσιμο σημείο του διαγράμματος παροχής πτώσης στάθμης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η στάθμη άντλησης να βρίσκεται ψηλότερα από το βάθος της οροφής του υπό πίεση υδροφόρου, δηλαδή το υδροφόρο πέτρωμα κατά την άντληση να είναι κορεσμένο από το νερό.

Η στάθμη άντλησης που θα δοθεί για την προτεινόμενη παροχή και βάση αυτής θα καθορισθεί και το βάθος τοποθέτησης του σώματος της αντλίας, δεν πρέπει να βγαίνει από το διάγραμμα της χαρακτηριστικής καμπύλης της γεώτρησης, αλλά να ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία υπολογισμού της :

(α) Ως υδροστατική στάθμη να μη λαμβάνεται εκείνη της εποχής της δοκιμαστικής άντλησης, αλλά η κατώτερη της φθινοπωρινής περιόδου.

(β) Με βάση την ετήσια περίοδο λειτουργίας της γεώτρησης, από το διάγραμμα πτώσης στάθμης – λογαριθμίου χρόνου, υπολογίζεται η πτώση στάθμης που θα συμβεί στη διάρκεια της λειτουργίας της γεώτρησης. Π.χ. για μια ετήσια διάρκεια αντήλσεως 3000 ωρών η οποία αντιστοιχεί χονδρικώς σε μια αρδευτική περίοδο, η πτώση στάθμης υπολογίζεται ίση με εκείνη 3 λογαριθμικών κύκλων από $t = 180'$ (3 ωρών) ως $t = 180000'$ (3000 ωρών).

(γ) Αν υπάρχει στη περιοχή της γεώτρησης δίκτυο άλλων γεωτρήσεων που εκμεταλλεύονται τα ίδια υδροφόρα, πρέπει να εκτιμάται και μια πτώση στάθμης της γεώτρησης λόγω αλληλοεπηρεασμού.

Μετά από αυτά η τελική στάθμη άντλησης που θα προταθεί π.χ. για τη γεώτρηση του σχήματος 54, για παροχή $130\text{m}^3/\text{h}$ βρίσκεται :

(α) Κατώτερη υδροστατική στάθμη γεώτρησης	13,60
(β ₁) Πτώση στάθμης για τις 3 πρώτες ώρες άντλησης (βλ.σχ.43) $20,1 - 13,5$	6,60
(β ₂) Πτώση στάθμης 3 λογαριθμικών κύκλων (σχ.43) $3 * 1,60$	4,80
(γ) Πτώση στάθμης λόγω αλληλοεπηρεασμού.....	<u>2,00</u>
προτεινόμενη στάθμη άντλησης :	27,00

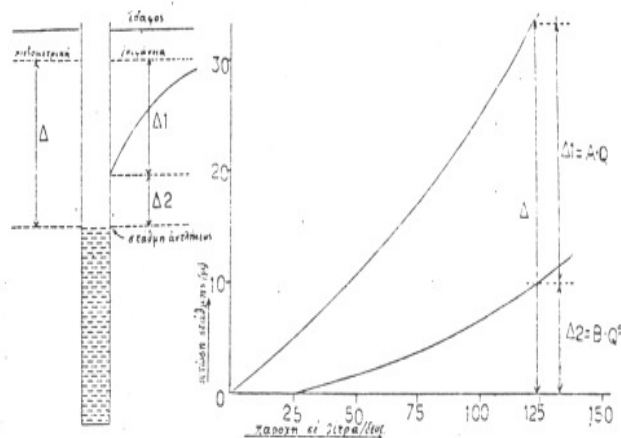
Κεφάλαιο 9

Απώλειες φορτίου στις υδρογεωτρήσεις

Η πτώση στάθμης του νερού που συμβαίνει κατά την άντληση μιας υδρογεώτρησης από τη στάθμη ηρεμίας (υδροστατική ή πιεζομετρική) μέχρι τη στάθμη άντλησης, είναι αποτέλεσμα των απωλειών φορτίου που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία της υδρογεώτρησης τόσο μέσα στο υδροφόρο πέτρωμα από τη κίνηση του νερού προς τη γεώτρηση, όσο και στην ίδια τη γεώτρηση κατά τη κίνηση του νερού μέσα στο χαλικό φίλτρο, τα φίλτρα, τη σωλήνωση και τη στήλη κατάθλιψης.

9.1 Έκφραση των απωλειών φορτίου

Οι απώλειες φορτίου δίνονται σχηματικά στο σχήμα 45 και είναι $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$, όπου Δ_1 είναι η πτώση στάθμης στο υδροφόρο και Δ_2 η πτώση στάθμης μέσα στο έργο υδρομαστεύσεως δηλαδή στη γεώτρηση. Η ολική πτώση στάθμης (Δ) καθώς και οι Δ_1 και Δ_2 μετρικούνται σε μέτρα. Η μαθηματική έκφραση των απωλειών φορτίου δίνεται από τις σχέσεις $\Delta_1 = A * Q$ και $\Delta_2 = B * Q^n$. Τα A και B είναι σταθερές και Q η παροχή σε m^3/sec . Η σταθερά A εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υδροφόρου (ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες ροής του νερού στον υδροφόρο συναρτήσει της παροχής) και εκφράζεται σε $m/m^3/sec$, η δε σταθερά B είναι διαφορετική για κάθε υδρογεώτρηση γιατί εξαρτάται από τη κατασκευή και την ανάπτυξη της και εκφράζεται σε sec^2/m^5 . Ο εκθέτης (n) ποικίλλει σε κάθε γεώτρηση, επειδή όμως η τιμή του συνήθως είναι παραπλήσια του 2, γι' αυτό θεωρούμε $\Delta_2 = B * Q^2$.

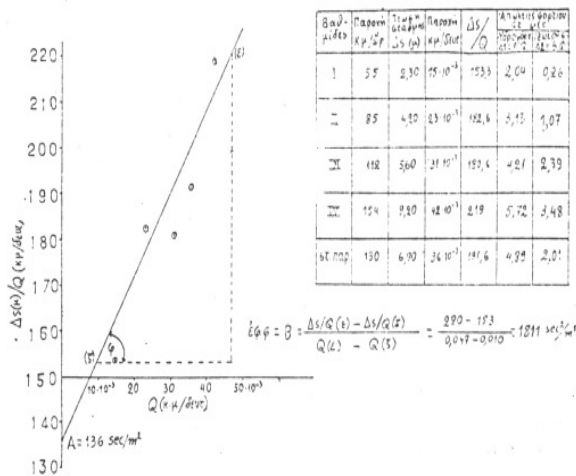


Σχ. 45 Απώλειες φορτίου υδρογεώτρησης.

Οι απώλειες φορτίου $A * Q$ επειδή εξαρτώνται από τη συμπεριφορά και τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του εδάφους, δεν είναι δυνατόν να τροποποιηθούν. Αντίθετα οι απώλειες φορτίου $B * Q^2$ θα είναι σχετικά μικρές σε μια γεώτρηση όταν αυτή εκτελεσθεί βάσει των κανόνων της τεχνικής. Μια τέτοια γεώτρηση θα παρουσιάζει τις μικρότερες δυνατές απώλειες κατά την είσοδο του νερού στο χαλκικό φίλτρο και τα φίλτρα λόγω της καλής ανάπτυξης και τοποθέτησης των κατάλληλων φίλτρων. Επίσης η σωστή εκλογή της διαμέτρου της σωλήνωσης της γεώτρησης και η τοποθέτηση της ενδεδειγμένης αντλίας, συμβάλλουν στη μείωση των απωλειών φορτίου λόγω τριβών κατά την ανοδική κίνηση του νερού μέχρι την επιφάνεια του εδάφους.

9.2 Υπολογισμός των απωλειών φορτίου

Για το σκοπό αυτό απεικονίζονται οι βαθμίδες της δοκιμαστικής άντλησης σε διάγραμμα με τετμημένη την παροχή σε m^3/sec και τεταγμένη την ειδική πτώση στάθμης (Δ_s/Q) σε $m/m^3/sec$. Η μέση ευθεία των σημείων που αντιστοιχούν στις βαθμίδες άντλησης προσδιορίζει τις σταθερές A και B. Συγκεκριμένα η σταθερά A ισούται με την τιμή που η ευθεία τέμνει την τεταγμένη (Δ_s/Q) και η τιμή της B με την εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζει η ευθεία με την τετμημένη. Στο παράδειγμα του σχήματος 46 έχουμε $A = 136m^3/sec$ και $B = 1811sec^2/m^5$. Με βάση την τιμή της A υπολογίζονται οι πτώσεις στάθμης για κάθε βαθμίδα του υδροφόρου ($A * Q$) και η διαφορά από την ολική πτώση της στάθμης, δίνει τις απώλειες φορτίου που οφείλονται στη γεώτρηση. Το γινόμενο $B * Q^2$ δεν δίνει τις ακριβείς απώλειες φορτίου της γεώτρησης, γιατί όπως προαναφέρθηκε ο εκθέτης (n) δεν ισούται με 2 αλλά με παραπλήσια τιμή.



Σχ. 46 Παράδειγμα υπολογισμού των απωλειών φορτίου γεωτρήσεως (κανονικές).

Για να εκτιμήσει και να κατατάξει κανείς τις απώλειες φορτίου μιας υδρογεωτρήσεως στις κανονικές, μεγάλες ή υπερβολικές, πρέπει να έχει υπόψη τις εξής γενικές αρχές :

- (i) Οι απώλειες φορτίου του υδροφόρου είναι πάντοτε μεγαλύτερες από εκείνες της γεώτρησης. Στις γεωτρήσεις λοιπόν που δεν ισχύει η σχέση $\Delta_1 > \Delta_2$, πρέπει να αναζητούνται ανώμαλες απώλειες φορτίου.
- (ii) Κατά κανόνα ο συντελεστής A είναι μικρότερος του B, οι δε τιμές του B συνήθως είναι ανάλογες με εκείνες του A. Αν ο B έχει τιμές μέχρι το τετραπλάσιο του A, η γεώτρηση είναι πολύ καλή. Οι τιμές του A κυμαίνονται από 10 – 500. Πολύ καλές τιμές είναι από 10 – 150, πολύ συνήθεις από 150 – 300 και μεγάλες από 350 – 500.
- (iii) Εφόσον οι τιμές του B δεν υπερβαίνουν τις 2000 οι γεωτρήσεις θεωρούνται πολύ καλές. Τιμές του B μέχρι 10000, για μικρές σχετικά παροχές και

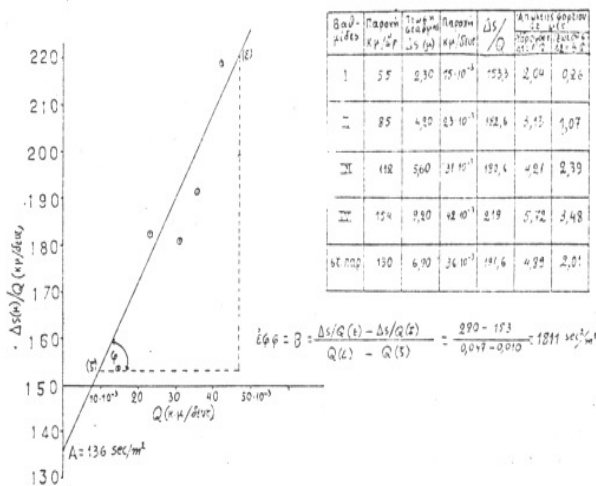
σωληνώσεις και εφόσον το B δεν έχει τιμή μεγαλύτερη από το 10πλάσιο του A, θεωρούνται ικανοποιητικές. Για τιμές από 10000 και άνω οι απώλειες φορτίου κρίνονται ανώμαλες και πέρα της τιμής των 20000 θεωρούνται απαράδεκτες (σχ.47).

Γενικά, απώλειες φορτίου (πτώσεις στάθμης) μικρότερες των 10m θεωρούνται πολύ καλές, τιμές μεταξύ των 10 και 20m κρίνονται καλές, πέρα των 20m είναι μεγάλες και όταν υπερβαίνουν τα 30m κρίνονται υπερβολικές.

Η εύρεση ανώμαλων απωλειών φορτίου σε μια γεώτρηση στην οποία τοποθετήθηκαν επαρκή φίλτρα, οι ενδεδειγμένες διαμέτροι σωλήνωσης καθώς και η κατάλληλη αντλία, αποδίδεται στην κακή ανάπτυξή της.

Για την όσο το δυνατόν μείωση των απωλειών φορτίου κατά την κατασκευή των υδρογεωτρήσεων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω :

- Να διατρύεται όλο το υδροφόρο και να τοποθετείται φίλτρο σε όλο το μήκος του. Έτσι αποφεύγονται πρόσθετες απώλειες φορτίου κατά την κίνηση του αντλούμενου νερού μέσα στο υδροφόρο. (βλέπε παράγραφο 4.2.4).
- Η καλή εκλογή του φίλτρου (άνοιγμα των σχισμών και πορώδες του) καθιστά τη ροή του νερού γραμμική. Απεναντίας η στροβιλώδεις ροή του νερού στα φίλτρα παρουσιάζει αυξημένες απώλειες φορτίου και ευνοεί ορισμένες χημικές αντιδράσεις το ίζημα των οποίων υπό μορφή κρούστας, κλείνει προοδευτικά τις σχισμές των φίλτρων. (βλέπε παράγραφο 12.1).
- Οι απώλειες τριβών κατά την κίνηση του νερού τόσο στη σωλήνωση όσο και στη στήλη καταθλίψεως της αντλίας μειώνονται στο ελάχιστο με την αύξηση της διαμέτρου. Μειώνεται έτσι η ταχύτητα ροής του νερού, η οποία στη στήλη καταθλίψεως καλό είναι να μην υπερβαίνει τα 0,2 – 0,4m/sec για τις μικρές παροχές και τα 0,3 – 0,6m/sec για τις μεγάλες.



Σχ. 47 Παράδειγμα υπολογισμού των απωλειών φορτίου γεωτρήσεως (υπερβολικές).

Κεφάλαιο 10

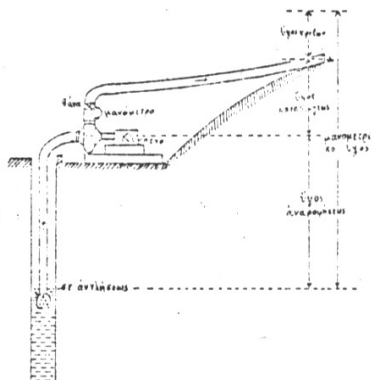
Αντλητικά συγκροτήματα υδρογεωτρήσεων

Από τις διάφορες κατηγορίες μηχανοκίνητων αντλιών για τις αντλήσεις νερού από τις γεωτρήσεις, χρησιμοποιούνται τα συγκροτήματα οριζόντιων φυγόκεντρων αντλιών για μικρές ως μέσες παροχές και για βάθη άντλησης μέχρι 6,5m (θεωρητικώς μέχρι 10,33m) και τα συγκροτήματα στροβιλοφόρων αντλιών ή βαθέων φρεάτων, κατάλληλα για ποικίλες παροχές και για βάθη άντλησης μέχρι 500m. Παρακάτω δίνεται μια σύντομη περιγραφή των δύο αυτών κατηγοριών αντλιών.

10.1 Οριζόντιες φυγόκεντρες αντλίες

Τα κύρια μέρη ενός τέτοιου συγκροτήματος είναι (1) η αντλία με κύριο εξάρτημα τη περρωτή που περιστρέφεται στο θάλαμο, (2) ο κινητήρας που είναι είτε εσωτερικής καύσης είτε ηλεκτροκίνητος, (3) ο σωλήνας αναρρόφησης με τη ποδοβαλβίδα και το ποτήρι στο κάτω άκρο του και (4) ο σωλήνας κατάθλιψης με μια βάνα για τον επιθυμητό στραγγαλισμό της ροής του νερού και ένα μανόμετρο (σχ.48). Οι φυγόκεντρες αντλίες διακρίνονται μεταξύ τους από το μέγεθος των στομιών αναρρόφησης και κατάθλιψης, εκφραζόμενες σε ίντσες.

Αναλόγως της περρωτής διακρίνονται σε αντλίες κλειστού τύπου με μεγάλο βαθμό απόδοσης, κατάλληλες μόνο για καθαρά νερά, ημίκλειστου και τέλος ανοικτού τύπου, με μικρό βαθμό απόδοσης, οι οποίες λειτουργούν και σε ακάθαρτα νερά. Αναλόγως της πίεσης λειτουργίας χαρακτηρίζονται ως αντλίες χαμηλής πίεσης (μέχρι 2atm – μανομετρικό 20m), μέσης πίεσης (2 – 6atm) και υψηλής πίεσης (από 6atm και άνω).



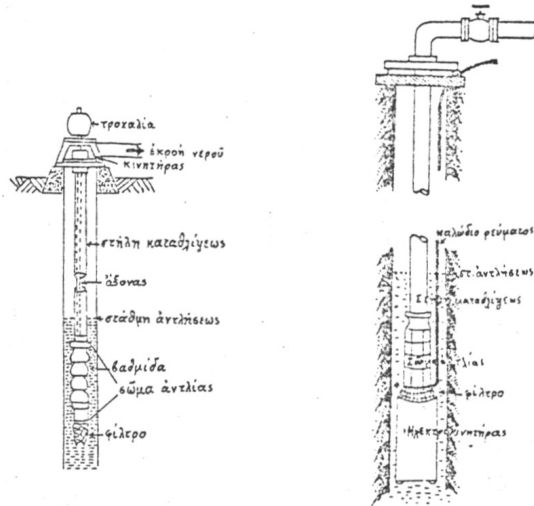
Σχ. 48 Αντλητικό συγκρότημα φυγόκεντρης αντλίας (Από το “Μηχανοκίνητα αντλητικά συγκροτήματα αρδεύσεων).

10.2 Στροβιλοφόρες αντλίες

Τα κύρια μέρη μιας στροβιλαντλίας είναι (1) το σώμα της αντλίας αποτελούμενο από ποικίλλοντα αριθμό στροβίλων (βαθμίδων) και από αυτούς το ποτήρι, (2) η στήλη καταθλίψεως από την οποία ανέρχεται το αντλούμενο νερό μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, (3) η κεφαλή από την οποία αναρτάται το σώμα και η στήλη, (4) η τροχαλία με την οποία η αντλία παίρνει την κίνηση από τον κινητήρα και (5) ο σωλήνας εκροής του νερού. Ο κινητήρας είναι είτε εσωτερικής είτε ηλεκτροκίνητος. Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε δύο παραλλαγές :

(α) Τις κοινές στροβιλαντλίες (πομόνες) με κατακόρυφο άξονα για την περιστροφή των στροβίλων, ο οποίος διέρχεται από τη στήλη κατάθλιψης (σχ.49) και

(β) Τις υποβρύχιες των οποίων ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται ενσωματωμένος στο κάτω μέρος του σώματος της αντλίας και το καλώδιο που δίνει το ρεύμα ανέρχεται έξω από τη στήλη κατάθλιψης, μέσα στην οποία δεν υπάρχει άξονας (σχ.50). Ακριβώς λόγω της διαφοράς αυτής οι πομόνες απαιτούν μεγάλη κατακορυφότητα της γεώτρησης (απόκλιση μικρότερη από 1%) μέχρι το βάθος τοποθέτησής τους, για να μην καταπονείται ο άξονας και φθείρεται πρόωρα από τις ταλαντώσεις. Αντίθετα οι υποβρύχιες εγκαθίστανται και λειτουργούν σε γεωτρήσεις με παρέκκλιση που να μην επιτρέπει τη λειτουργία πομόνας.



Σχ.49 Αντλητικό συγκρότημα στροβιλαντλίας Σχ.50 Υποβρύχια ηλεκτραντλία (Από το “Μηχαν.αντλ. συγκροτήματα αρδ.”) “Μηχαν. αντλητικά συγκροτ.αρδ.”)

10.3 Χαρακτηριστικά στοιχεία αντλιών

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας των αντλιών είναι η παροχή (εκφραζόμενη συνήθως σε m^3/h), το μανομετρικό ύψος, η ισχύς της αντλίας (μετρούμενη σε ίππους) και ο βαθμός απόδοσης.

Μανομετρικό ύψος είναι το ύψος από τη στάθμη άντλησης μέχρι εκεί που η αντλία θα μπορούσε να ανυψώσει το νερό, αν δεν υπήρχαν οι τριβές μέσα στις σωληνώσεις. Το ύψος αυτό (εκφραζόμενο σε μέτρα) αποτελείται αφενός από το γεωμετρικό ύψος που είναι ίσο με την υψομετρική διαφορά της στάθμης άντλησης και του υψηλότερου σημείου του σωλήνα κατάθλιψης και αφετέρου από το ύψος τριβών, δηλαδή το ύψος πέρα του γεωμετρικού στο οποίο θα έφτανε το νερό, αν δεν υπήρχαν οι αντιστάσεις λόγω τριβών μέσα στις σωληνώσεις. Το ύψος τριβών υπολογίζεται με μαθηματικούς τρόπους. Για απλούστευση αυτό δίνεται σε πίνακες συναρτήσει της παροχής, της διαμέτρου, του μήκους, καθώς και του υλικού των σωληνών. Ο πίνακας 11 δίνει τις απώλειες μανομετρικού ύψους λόγω τριβών για κάθε ένα μέτρο καινούργιων σιδηροσωληνών.

Άλλοι πίνακες δίνουν τις απώλειες μανομετρικού λόγω τριβών των σωληνών στήλης κατάθλιψεως, των αξόνων των στροβιλαντλιών και τέλος τα ισοδύναμα μήκη, σε μέτρα

σωλήνα, των διαφόρων εξαρτημάτων (βάνα ανοικτή, καμπύλη κλειστή, ταφ, συστολή). Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί συγκρότημα τεχνητής βροχής, στο μανομετρικό ύψος πρέπει να συνυπολογίζεται και το ύψος που αντιστοιχεί στην πίεση λειτουργίας των εκτοξευτήρων (μετρούμενης σε ατμόσφαιρες).

ΠΙΝΑΚΑΣ 11

Παροχή σε m ³ /h	Διάμετροι σωλήνων σε ίντσες					
	2"	2 ½"	3"	4"	5"	6"
10	0,053	0,018	0,007	0,002		
15	0,103	0,036	0,016	0,004	0,001	
20	0,182	0,061	0,027	0,006	0,002	
25	0,281	0,094	0,039	0,009	0,003	0,001
30	0,331	0,132	0,054	0,014	0,005	0,002
35	0,528	0,177	0,073	0,018	0,006	0,0025
40	0,663	0,220	0,091	0,022	0,008	0,0035
45		0,280	0,116	0,028	0,010	0,004
50		0,340	0,149	0,036	0,012	0,005
60			0,197	0,049	0,017	0,007
70			0,261	0,064	0,021	0,008
80			0,338	0,084	0,028	0,010
90				0,104	0,035	0,014
100				0,124	0,042	0,021

Παρατήρηση : Οι τριβές πολλαπλασιάζονται επί 1,5 για μεταχειρισμένους σιδηροσωλήνες, επί 1,25 για σωλήνες αλουμινίου και επί 0,6 για πλαστικούς.

Ισχύς αντλίας είναι αυτή που αποδίδει η αντλία κατά τη λειτουργία της και είναι πάντοτε μικρότερη από την ισχύ που παίρνει από το κινητήρα.

Βαθμός απόδοσης της αντλίας είναι το πηλίκο της αποδιδόμενης από την αντλία ισχύος δια της λαμβανόμενης από το κινητήρα. Αυτός είναι μικρότερος της μονάδας, κυμαίνεται από 0,40 – 0,80 (εκφράζεται και σε επί %) και αποτελεί ένα από τα πιο βασικά κριτήρια για την εκλογή ενός αντλητικού συγκροτήματος.

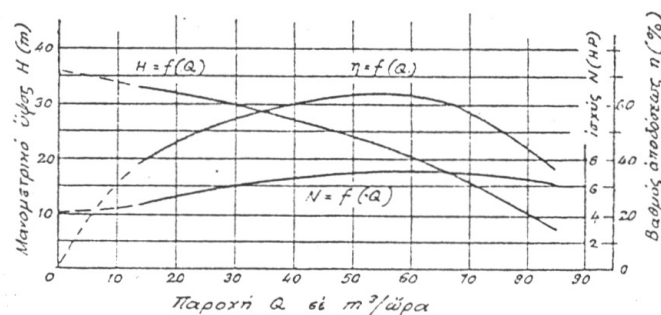
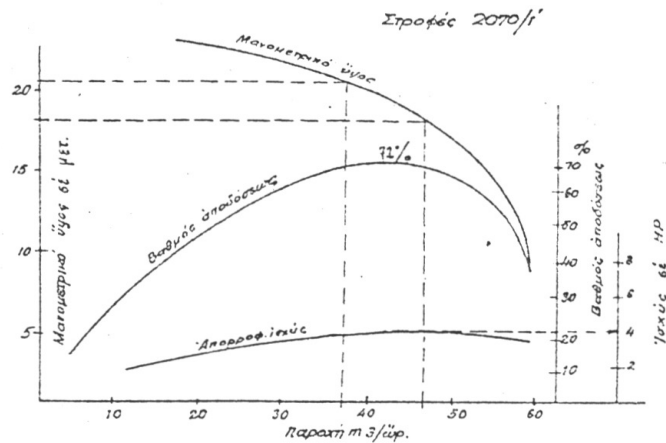
Χαρακτηριστικές καμπύλες αντλίας είναι διαγράμματα που εκφράζουν τη μεταβολή του μανομετρικού ύψους, της ισχύος και του βαθμού απόδοσής της, συναρτήσει της παροχής και για ορισμένο αριθμό στροφών.

Βάσει των χαρακτηριστικών καμπύλων γίνεται η εκλογή της κατάλληλης αντλίας για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Βασίζομενοι στις χαρακτηριστικές καμπύλες των φυγόκεντρων αντλιών, εκλέγουμε εκείνη που θα μας εξασφαλίσει τον καλύτερο βαθμό απόδοσης για τα συγκεκριμένα όρια της παροχής και του μανομετρικού ύψους (σχ.51).

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των στροβιλαντλιών δίνονται ανά βαθμίδα (σχ.52). Χαρακτηριστικό είναι ότι η παροχή και ο βαθμός απόδοσης είναι μεγέθη ανεξάρτητα του αριθμού των βαθμίδων, δηλαδή παραμένουν τα ίδια όσες βαθμίδες και αν προστεθούν στην αντλία, ενώ το μανομετρικό και η ισχύς είναι πολλαπλάσια των αντίστοιχων μεγεθών της μιας βαθμίδας και συνεπώς ανάλογα του αριθμού των βαθμίδων.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες μιας αντλίας αναφέρονται σε ένα ορισμένο αριθμό στροφών. Η μεταβολή του αριθμού των στροφών συχνά είναι απαραίτητη για την προσαρμογή της αντλίας σε διάφορες συνθήκες άντλησης, πρέπει όμως να γίνεται μέσα στα επιτρεπτά όρια ισχύος του κινητήρα και της αντλίας.



Πάνω : Σχ.51 Χαρακτηριστικές καμπύλες φυγόκεντρης αντλίας 3x2 1/2 “ (Από το “μηχανοκίνητα αντλητικά συγκροτήματα αρδεύσεων”).

Κάτω : Σχ.52 Χαρακτηριστικές καμπύλες στροβιλαντλίας 4x4” (Από το “μηχανοκίνητα αντλητικά συγκροτήματα αρδεύσεων”).

10.4 Εκλογή αντλητικού συγκροτήματος

Με βάση τα παραπάνω, για την εκλογή του κατάλληλου αντλητικού συγκροτήματος για μια συγκεκριμένη γεώτρηση, με τις προτεινόμενες από το γεωλόγο παροχή εκμετάλλευσης και στάθμη άντλησης και για συγκεκριμένο έργο άρδευσης, ύδρευσης κ.λ.π. συντάσσεται από μηχανολόγο ανάλογη ηλεκτρομηχανολογική μελέτη. Υπολογίζεται το μανομετρικό ύψος και βάση της παροχής και της στάθμης άντλησης της γεώτρησης, από τις χαρακτηριστικές καμπύλες των αντλιών, διαλέγεται η αντλία με τον καλύτερο βαθμό απόδοσης, υπολογίζεται ο αριθμός βαθμίδων, καθώς και η ισχύς του κινητήρα. Η θεωρητικώς υπολογιζόμενη ισχύς του κινητήρα πρέπει να προσ αυξάνεται, για ποικίλους λόγους, κατά 30 – 40% για βενζινοκινητήρες, 25 – 30 για πετρελαιοκινητήρες και 10 – 15% για ηλεκτροκινητήρες.

Το ποτήρι της αντλίας πρέπει να τοποθετείται 3 – 5m κάτω από τη στάθμη άντλησης, ποτέ όμως απέναντι από φίλτρο της γεώτρησης, τουλάχιστον σε γεωτρήσεις μέσα σε κοκκώδη υδροφόρα στρώματα.

Κεφάλαιο 11

Ποιότητα του υπόγειου νερού

Τα υπόγεια νερά διυλίζονται καθώς διέρχονται από τα υδροπερατά πετρώματα και γι' αυτό είναι απαλλαγμένα από ξένα σωματίδια σε αντίθεση με τα επιφανειακά νερά, τα οποία σε μικρό ή μεγάλο βαθμό φέρνουν ξένες ύλες και είναι μολυσμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς. Ασφαλώς η καθαρότητα του υπόγειου νερού δεν αποτελεί κανόνα, γιατί σε ασβεστολιθικές περιοχές τα καρστικά νερά συνήθως κινούνται σε υπόγειους αγωγούς σαν ρεύματα και δεν επιτυγχάνεται επαρκής διύλιση τους.

11.1 Διαλυμένα άλατα και σκληρότητα του νερού.

Τα υπόγεια νερά στη φύση δεν είναι χημικώς καθαρά αλλά περιέχουν σε διάλυση ορυκτές ουσίες με τις οποίες εμπλουτίζονται κατά τη διαδρομή τους μέσα από τα πετρώματα. Η σε μεγάλο βαθμό περιεκτικότητα του νερού σε ορισμένα άλατα μπορεί να αποτελέσει απαγορευτικό παράγοντα χρησιμοποίησής του.

Τα συνηθέστερα ανόργανα άλατα που υπάρχουν διαλυμένα στα υπόγεια νερά είναι τα όξινα ανθρακικά, τα θειικά και τα χλωριούχα του ασβεστίου, μαγνησίου και νατρίου και αυτά έχουν ιδιαίτερη σημασία, γιατί η περιεκτικότητά τους καθορίζει τη σκληρότητα του νερού. Σε μικρότερα ποσά βρίσκονται διαλυμένα στο νερό και διάφορα άλλα άλατα ή στοιχεία καθώς και αέρια.

Ολική σκληρότητα του νερού καλούμε το σύνολο των διαλυμένων αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου.

Ανθρακική ή παροδική σκληρότητα του νερού καλούμε το σύνολο των όξινων ανθρακικών αλάτων, τα οποία με το βρασμό κατακρημνίζονται, γιατί εκδιώκεται το CO_2 που τα διατηρούσε σε διάλυση.

Μόνιμη σκληρότητα του νερού καλούμε εκείνη που οφείλεται στο σύνολο των θεικών, χλωριούχων και νιτρικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου, τα οποία παραμένουν σε διάλυση στους 100°C (θερμοκρασία βρασμού). Το σύνολο της παροδικής (ανθρακικής) και της μόνιμης σκληρότητας αποτελεί την ολική σκληρότητα.

Η σκληρότητα του νερού μετρείται σε βαθμούς σκληρότητας οι οποίοι διακρίνονται σε γαλλικούς, γερμανικούς, αγγλικούς και αμερικάνικους. Στη χώρα μας χρησιμοποιούνται οι γερμανικοί και οι γαλλικοί βαθμοί σκληρότητας.

Ένας γερμανικός βαθμός αντιστοιχεί σε 10χλστγρ. CaO ή 7,13χλστγρ. MgO ανά λίτρο νερού, ενώ ένας γαλλικός βαθμός αντιστοιχεί σε 10χλστγρ. CaCO_3 ή 8,40χλστγρ. MgCO_3 ανά λίτρο νερού. Για τη μετατροπή των γαλλικών βαθμών σε γερμανικούς πολλαπλασιάζουμε με (0,56), ενώ για τη μετατροπή των γερμανικών σε γαλλικούς πολλαπλασιάζουμε με (1,79).

Μια συνήθης ταξινόμηση του νερού με βάση τη σκληρότητα σε γερμανικούς βαθμούς είναι η ακόλουθη :

- 0 – 4.....πολύ μαλακό
- 4 – 8.....μαλακό
- 8 – 12.....μέτριο σκληρό
- 12 – 18.....αρκετά σκληρό
- 18 – 30.....σκληρό
- 30 και άνω.....πολύ σκληρό.

Τα κριτήρια καταλληλότητας του υδρευτικού και αρδευτικού νερού είναι διάφορα.

11.2 Υδρευτικό νερό

Τα χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού τα διακρίνουμε σε φυσικά, χημικά και μικροβιολογικά.

Ως προς τα φυσικά του χαρακτηριστικά το πόσιμο νερό πρέπει να είναι εύγεστο, διαυγές, άχρωμο, άοσμο και η θερμοκρασία του να κυμαίνεται από 7 - 11°C.

Από χημικής πλευράς το νερό δεν πρέπει να περιέχει ουσίες ή ιόντα πέρα από ανεκτά όρια. Τα όρια είναι διαφορετικά στις ταξινομήσεις της ποσιμότητας του νερού από τους διάφορους ερευνητές (H. Schoeller, G. Waterlot k.a.) αλλά και στα διάφορα κράτη. Στη χώρα μας τα επιτρεπτά όρια καθορίζονται με Νόμο (ΦΕΚ, 1970) και δίνονται στον πίνακα 12.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12

Ουσίες	Επιτρεπτά όρια σε χλστγρ/λίτρα (mg/lit)
Άργυρος (Ag)	0,05
Αρσενικό (As)	0,05
Απορρυπαντικά	0,50
Βάριο (Ba)	1,00
Διαλυμένα στερεά, σύνολο	500
Θειικά (SO ₄)	250
Κάδμιο (Cd)	0,05
Κυανιούχα (CN)	0,01
Μαγγάνιο (Mn)	0,10
Μαγνήσιο (Mg)	50
Μόλυβδος (Pb)	0,10
Νιτρικά (NO ₃)	50
PH	από 7,0 μέχρι 8,50
Σελήνιο (Se)	0,05
Σίδηρος (Fe)	0,10
Σκληρότητα ολική (CaCO ₃)	από 100 – 500 (από 10 – 50 γαλλικά)
Φαινόλες	0,001
Φθοριούχα (F)	1,50
Χαλκός (Cu)	1,0
Χλωριούχα (Cl)	350
Χρώμιο (Cr)	0,05
Ψευδάργυρος	50

Ως προς τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά το πόσιμο νερό δεν πρέπει να είναι μολυσμένο, δηλαδή να μη περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως είναι του τύπου, χολέρας, δυσεντερίας κ.α. γιατί τότε είναι φορέας λοιμώξεων. Τα κοινά αερόβια μικρόβια (σαπρόφυτα) δεν είναι επικίνδυνα στην υγεία μέχρι αριθμού 10.000 ανά λίτρο σε αντίθεση προς τα κολοβακτηριοειδή, τα οποία δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 50 ανά λίτρο νερού. Επίσης νερά που περιέχουν, έστω και σε ελάχιστα ποσά, νιτρώδη άλατα είναι επιβλαβή γιατί

έχουν μολυνθεί από σπηδόμενες αζωτούχες ενώσεις. Το ανώτερο ανεκτό όριο περιεκτικότητας του πόσιμου νερού σε οργανικές ουσίες είναι 0,002 gr/lit.

Τα δείγματα νερού των γεωτρήσεων για χημική και μικροβιολογική εξέταση λαμβάνονται στο τέλος των δοκιμαστικών αντλήσεων.

Κατά τον προγραμματισμό και εκτέλεση των υδρευτικών γεωτρήσεων θα πρέπει να έχουμε εξασφαλίσει την υγειονομική προστασία του νερού της γεώτρησης από μολυσμένα νερά που θα ήταν δυνατό να εισέλθουν είτε απευθείας στη γεώτρηση είτε να διεισδύσουν σε υδροφόρο στρώμα το νερό του οποίου τροφοδοτεί τη γεώτρηση. Γι' αυτό κατά το καθαρισμό της θέσης των υδρευτικών γεωτρήσεων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αφενός το περιβάλλον (να μην υπάρχουν εστίες μολυσμένου νερού) και αφετέρου οι τοπικές γεωλογικές συνθήκες. Εδάφη με επιφανειακή εξάπλωση υδροδιαπερατών σχηματισμών, ασβεστόλιθων ή άλλων μακροδιαπερατών πετρωμάτων, επιτρέπουν τη διείσδυση μολυσμένου επιφανειακού νερού μέχρι του υδροφόρου, χωρίς να υποστεί τη φυσική διάλυση, ώστε να καταστεί ακίνδυνο. Τα λαμβανόμενα μέτρα κατά την εκτέλεση των γεωτρήσεων είναι η τυχόν απομόνωση ενός ή περισσότερων υδροφόρων στρωμάτων, η τσιμεντώση εξωτερικώς της σωλήνωσης πάνω από το χαλκικό φίλτρο, η απολύμανση της γεώτρησης με μια διάλυση χλωρίου (βλέπε παράγραφο 7.5) και τέλος η διευθέτηση του χώρου γύρω από τη γεώτρηση.

11.3 Αρδευτικό νερό

Η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου στις αρδεύσεις νερού εξαρτάται από την περιεκτικότητα και τη σύνθεση των ουσιών που είναι διαλυμένες, καμιά φορά όμως και οι αιωρούμενες ουσίες επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητά του.

Η καταλληλότητα ή όχι του νερού άρδευσης κρίνεται βασικά από την ολική περιεκτικότητά του σε άλατα, από την εκατοστιαία αναλογία του νατρίου, από την περιεκτικότητά του νερού σε βόριο, χλώριο και θειικά και τέλος από το PH. Πρέπει όμως πάντοτε να λαμβάνονται υπόψη και οι επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, η μηχανική σύσταση του εδάφους, η ποσότητα του χρησιμοποιούμενου νερού και η αντοχή των καλλιεργούμενων φυτών σε άλατα. Σαφή όρια για τον καθορισμό της καταλληλότητας ή όχι του νερού για άρδευση δεν υπάρχουν. Με τη χημική ανάλυση του αρδευτικού νερού προσδιορίζεται η ποσοστιαία αναλογία των ανιόντων και κατιόντων με αναλυτικές μεθόδους. Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού, που είναι το αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης, είναι μια έκφραση της ολικής περιεκτικότητας του νερού σε διαλυμένα άλατα. Μετριέται με το αγωγιμόμετρο σε μhos/cm σε 25°C.

Το PH δείχνει την όξινη ή αλκαλική αντίδραση του νερού, είναι έκφραση της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου και μετριέται συνήθως ηλεκτρομετρικώς (Phμετρο).

Με τη χημική ανάλυση υπολογίζεται και η εκατοστιαία αναλογία του νατρίου ή βαθμός αλκαλίωσης. Αυτός εκφράζεται με τη σχέση: Βαθμός αλκαλίωσης = $\frac{Na \times 100}{Ca + Mg + Na}$.

Τα παραπάνω κατιόντα, κατά τη διήθηση του αρδευτικού νερού στο ριζόστρωμα, δημιουργούν αντιδράσεις ανταλλαγής και μεταβάλλουν τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Έτσι, νερά που περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις ασβεστίου και μαγνησίου συνήθως είναι επιθυμητά, γιατί οι αντιδράσεις τους βελτιώνουν τη διαπερατότητα του εδάφους προκαλώντας κροκίδωσή του, ενώ παρόμοιες συγκεντρώσεις νατρίου είναι απαγορευτικές γιατί προκαλούν δυσμενείς φυσικές συνθήκες στο έδαφος. Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η σκληρότητα του νερού δεν έχει ιδιαίτερη σημασία στην άρδευση.

Το βόριο σε ίχνη βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά και θεωρείται βασικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυτών, είναι όμως τοξικό για περιεκτικότητες άνω των 2χλγ./λίτρο.

11.4 Ταξινόμηση του αρδευτικού νερού.

Από διάφορους ερευνητές υιοθετήθηκαν κατά καιρούς διάφορες ταξινομήσεις για το αρδευτικό νερό, όπως του Scofield, του Wilcox και άλλων. Στη χώρα μας ευρέως χρησιμοποιείται η ταξινόμηση που καθιερώθηκε από το Department of Agriculture USA και

βασίζεται αφενός στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού και αφετέρου στο συντελεστή προσροφήσεως νατρίου, γνωστού ως SAR, και υπολογιζόμενου ως :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Οι συγκεντρώσεις των κατιόντων εκφράζονται σε χιλιοστοισοδύναμα ανά λίτρο (MEQ/lit).

Το διάγραμμα του σχήματος 53 δείχνει τις κατηγορίες του αρδευτικού νερού ανάλογα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το συντελεστή προσροφημένου νατρίου (SAR).

Βάσει της ηλεκτρικής αγωγιμότητας οι κατηγορίες είναι :

C₁ (μέχρι 250μμhos) : Μικρής αλατότητας νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση οποιασδήποτε σύστασης εδάφους.

C₂ (από 250 – 750μμhos) : Μέσης αλατότητας νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση εδαφών με επαρκή έκπλυση και για φυτά μέσης ανθεκτικότητας σε άλατα.

C₃ (από 750 – 2250μμhos) : Υψηλής αλατότητας νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άρδευση εδαφών με καλή στράγγιση και για φυτά ανθεκτικά σε άλατα.

C₄ (από 2250 – 5000μμhos) : Πολύ υψηλής αλατότητας νερό που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις αρδεύσεις με τις κανονικές συνθήκες.

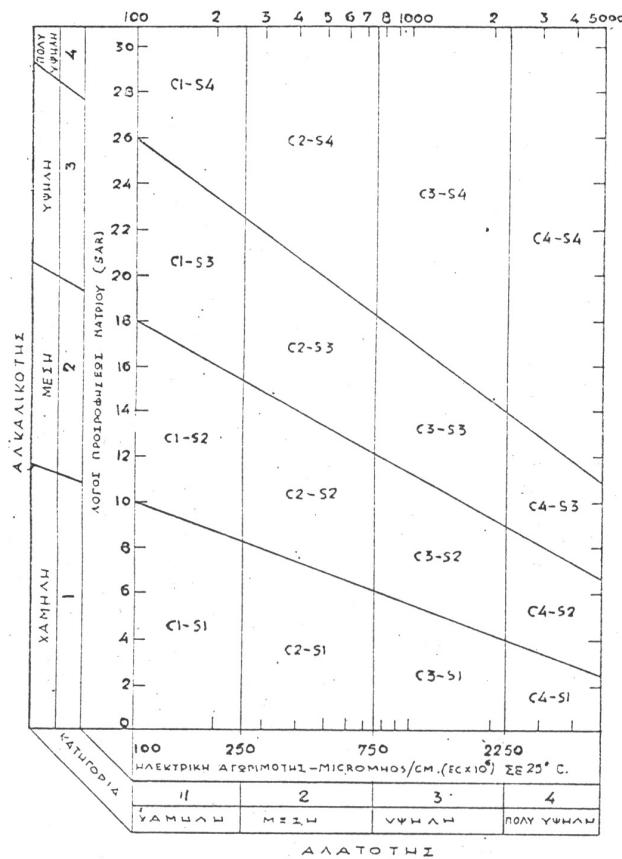
Οι κατηγορίες νερού βάσει του SAR είναι :

S₁ (0 – 10) : Μικρής αλκαλικότητας νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση όλων των εδαφών.

S₂ (10 – 18) : Μέσης αλκαλικότητας νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση διαπερατών και καλά στραγγιζόμενων εδαφών.

S₃ (18 – 26) : Υψηλής αλκαλικότητας νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση καλά στραγγιζόμενων και εκπλυνόμενων εδαφών με προσθήκη γύψου στο έδαφος.

S₄ (26 και άνω) : Πολύ υψηλής αλκαλικότητας νερό που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρδευτικούς σκοπούς παρά μόνο σε εδάφη πολύ διαπερατά, με συνθήκες καλής στράγγισης και έκπλυσης και οπωσδήποτε με προσθήκη γύψου.



Σχ.53 Διάγραμμα κατάταξης του αρδευτικού νερού.

Κεφάλαιο 12

Διάρκεια ζωής των υδρογεωτρήσεων

Η διάρκεια ζωής των υδρογεωτρήσεων ποικίλλει μέσα σε ευρέα χρονικά όρια και αυτό οφείλεται σε ορισμένους παράγοντες όπως είναι η σύσταση του υδροφόρου, η κατασκευή της γεώτρησης, η αντλούμενη παροχή και η ποιότητα του υπόγειου νερού. Μια γεώτρηση π.χ. σε καρστικό υδροφόρο θα εργασθεί χωρίς αισθητή μείωση της παροχής της επί πολλά χρόνια, ενώ μία άλλη σε υδροφόρο με ρευστή άμμο θα καταστραφεί σχετικά νωρίτερα. Οπωσδήποτε η τεχνική, τα υλικά κατασκευής (σωλήνες, φίλτρα, χαλκικόφιλτρο) και ο τρόπος ανάπτυξης μιας γεώτρησης παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στη διάρκεια ζωής της. Μη ανθεκτικοί σωλήνες, κακή τοποθέτηση και εκλογή των φίλτρων, ακατάλληλο χαλκικόφιλτρο και ανεπαρκής ή εσφαλμένη ανάπτυξη είναι οι σπουδαιότεροι λόγοι πρόωρης εγκατάλειψης μιας γεώτρησης.

Αλλά και μια καλώς κατασκευασμένη γεώτρηση, αν λειτουργεί με παροχή μεγαλύτερη από εκείνη που προτάθηκε σαν εκμεταλλεύσιμη και ιδίως αν έγινε σε λεπτόκοκκα υδροφόρα, οπωσδήποτε θα έχει μειωμένη διάρκεια ζωής.

Παρατηρείται μερικές φορές το φαινόμενο της παροχής εξαφάνισης ή σχετικά γρήγορης πτώσης της παροχής κακώς κατασκευασμένων γεωτρήσεων από έμφραξη των φίλτρων και του χαλκικόφιλτρου από λεπτή άμμο ή άργιλο.

Η συνηθισμένη περίπτωση στις περισσότερες γεωτρήσεις είναι η προοδευτική μείωση της παροχής ή η αύξηση της πτώσης στάθμης μετά του χρόνου λειτουργίας τους, χωρίς αυτό να οφείλεται στην πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού αλλά στο κλείσιμο των πόρων του χαλκικόφιλτρου και των σχισμών των φίλτρων.

12.1 Αίτια καταστροφής των γεωτρήσεων

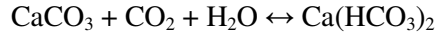
Μικρό ποσοστό γεωτρήσεων καταστρέφεται από προχωρημένη διάβρωση των φίλτρων και εισχώρηση αμμοχάλικων του υδροφόρου μέσα στη σωλήνωση. Το μεγάλο ποσοστό γεωτρήσεων εγκαταλείπεται λόγω εμφράξεως των φίλτρων από συνδυασμό μηχανικών, χημικών και βακτηριολογικών αιτιών. Οπωσδήποτε η χημική σύσταση του νερού του υδροφόρου παίζει σπουδαίο ρόλο. Νερά με μεγάλη σχετικά διαβρωτική δράση στα φίλτρα είναι τα όξινα. Αυτά έχουν συγκεντρώσεις οξυγόνου, CO₂, ή αποθέτουν ενώσεις του θεικού οξέος ή έχουν οσμή υδρόθειου (κλούβιου αυγού). Απεναντίας τα αλκαλικά υπόγεια νερά αποθέτουν άλατα επάνω στους φιλτροσωλήνες και το χαλκικόφιλτρο των γεωτρήσεων. Η ανομοιότητα των μετάλλων από τα οποία είναι κατασκευασμένοι οι σωλήνες και η ταχύτητα εισόδου του νερού στη γεώτρηση έχουν επίσης σημασία στη διαβρωτική δράση του.

Η προοδευτική έμφραξη των φίλτρων από μηχανικά αίτια γίνεται με τη συσσώρευση λεπτού υλικού (άμμος, ιλύς, άργιλος) γύρω από το φιλτροσωλήνα καθώς και την ενσφήνωση κόκκων άμμου στις σχισμές των φίλτρων, από τη συνεχή ροή του νερού του υδροφόρου προς τη γεώτρηση κατά τις αντλήσεις.

Η έμφραξη από χημικά αίτια οφείλεται στην απόθεση στο περιβάλλον του φιλτροσωλήνα καθώς και επάνω του ορισμένων αδιάλυτων αλάτων.

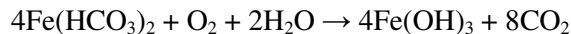
Αυτά είναι προϊόντα χημικών αντιδράσεων οι οποίες συμβαίνουν στην περιοχή του φρέατος. Τα σπουδαιότερα άλατα είναι τα ανθρακικά του ασβεστίου και μαγνησίου καθώς και τα υδροξειδία του σιδήρου και μαγνανίου. Παρακάτω ερμηνεύεται ο μηχανισμός απόθεσης των αλάτων αυτών.

Το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) που είναι υπό μορφή κρούστας στις σχισμές του φίλτρου και στους πόρους του χαλκικόφιλτρου, προκύπτει από τη χημική αντίδραση :



Δηλαδή το αέριο διοξείδιο του άνθρακα που είναι διαλυμένο στο νερό του υδροφόρου σε περιεκτικότητες 10 – 50 χλστγρ/λίτρο (mg/lit) αντιδρά με το ανθρακικής σύστασης υλικό του υδροφόρου και παράγεται το ευδιάλυτο στο νερό όξινο ανθρακικό ασβέστιο, η ποσότητα του οποίου είναι ανάλογη με το διαλυμένο στο νερό CO_2 . Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στο υδροφόρο με τη διήθηση του νερού της βροχής σε περιεκτικότητα 0,03% περίπου και η οποία ισοδυναμεί μόνο με 0,7 χλστγρ/λίτρο. Πρόσθετες ποσότητες όμως CO_2 παράγονται από αερόβιες ή αναερόβιες ανασυνθέσεις του οργανικού υλικού των στρωμάτων του εδάφους και έτσι η περιεκτικότητά του φθάνει τα ποσά των 10 – 50 mg/lit. Η χημική αντίδραση μέσα στο υδροφόρο είναι αμφίδρομη λόγω της αυξημένης πίεσης και της απουσίας του ατμοσφαιρικού αέρα. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο κατά την κίνηση του νερού του υδροφόρου στη γεώτρηση. Στην περίπτωση αυτή διαταράσσονται οι υπάρχουσες συνθήκες ισορροπίας, ιδίως όταν το νερό διέρχεται τα φίλτρα. Τότε δημιουργούνται μέσα και έξω από τα φίλτρα διαφορετικές πιέσεις, οι οποίες ευνοούν την αντίδραση από δεξιά προς τα αριστερά με τη διαφυγή του CO_2 από τη γεώτρηση στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Έτσι, αποτίθεται το αδιάλυτο ίζημα του CaCO_3 στα φίλτρα και τους πόρους του υδροφόρου γύρω από τη σωλήνωση φράζοντας προοδευτικά αυτά. Κατά το ίδιο τρόπο συμβαίνει και ο μηχανισμός απόθεσης αλάτων MgCO_3 .

Η χημική αντίδραση που προκαλεί απόθεση αδιάλυτου ιζήματος υδροξειδίου του σιδήρου ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) είναι :



Το νερό των υδροφόρων περιέχει ευδιάλυτο όξινο ανθρακικό σίδηρο ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) ο οποίος παραμένει σε διάλυση λόγω απουσίας του οξυγόνου ή ύπαρξης του σε ελάχιστη περιεκτικότητα στο υδροφόρο.

Όταν όμως με την άντληση το νερό εισέρχεται στη γεώτρηση, τότε συμβαίνει η παραπάνω αντίδραση λόγω της παρουσίας του οξυγόνου της ατμόσφαιρας, κυρίως κοντά στη στάθμη του νερού. Το αδιάλυτο ίζημα του υδροξειδίου του σιδήρου, καθώς και κατά το ίδιο τρόπο παραγόμενο ίζημα υδροξειδίου του μαγνανίου, αποτίθενται στο φιλτροσωλήνα και το περιβάλλον του στην ανώτερη ζώνη της στάθμης άντλησης. Γι' αυτό δεν πρέπει να τοποθετούνται φίλτρα πάνω από τη υποτιθέμενη στάθμη άντλησης της γεώτρησης, αλλά τουλάχιστον 3m κάτω από αυτή. Στις γεωτρήσεις από τις οποίες το νερό αντλείται με πεπιεσμένο αέρα (air lift) είναι ευνόητο η απόθεση των παραπάνω αλάτων να είναι πολύ ταχύτερη.

Η δυσμενής επίδραση των σιδηροβακτηρίων στο φράξιμο των φίλτρων και των πόρων του υδροφόρου γύρω από τη γεώτρηση δεν είναι μικρότερη από τις δύο άλλες αιτίες, του μηχανικού και χημικού τρόπου έμφραξης, που αναφέραμε παραπάνω.

Τα σιδηροβακτήρια και μαγνανιοβακτήρια υπάρχουν σχεδόν σε όλα τα στρώματα του εδάφους, διατηρούμενα στη ζωή με μια πολύ μικρή περιεκτικότητα οξυγόνου (μικρότερη από 0,1 χλστγρ.λίτρο) που υπάρχει στο νερό των υδροφόρων και με ίχνη τροφής τους η οποία είναι αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων ενώσεων του σιδήρου και μαγνανίου.

Κατά την άντληση όμως δημιουργούνται στο περιβάλλον του φρέατος περισσότερο ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης των βακτηρίων αυτών λόγω της ύπαρξης αρκετού οξυγόνου και άφθονης τροφής τους. Έτσι πολλαπλασιάζονται με μεγάλη ταχύτητα και τα συσσωματώματα της μάζας τους φράζουν τα φίλτρα και τους πόρους διέλευσης του νερού προς τη γεώτρηση.

Το συμπέρασμα όλων των παραπάνω είναι ότι η δυσμενής επίδραση των μηχανικών, χημικών και βακτηριακών δράσεων στην έμφραξη των πόρων εισόδου του νερού του υδροφόρου στη γεώτρηση κατά τις αντλήσεις είναι αναπόφευκτη. Ασφαλώς η κατασκευή

μιας γεώτρησης με τους κανόνες της τεχνικής μειώνει τη δυσμενή επίδραση των παραπάνω δράσεων και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής της.

12.2 Καθαρισμός των φίλτρων

Για να καθαριστούν τα φίλτρα, είτε ανασύρονται στην επιφάνεια και μετά το καθαρισμό ξανατοποθετούνται είτε καθαρίζονται στη θέση τους (in situ). Οποσδήποτε ο καθαρισμός στη πρώτη περίπτωση είναι καλύτερος, όμως η εργασία της εξαγωγής των φίλτρων απαιτεί χρόνο και δαπάνη αξιόλογη και εγκυμονεί κινδύνους αχρήστευσης των σωλήνων ή της γεώτρησης. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται μόνο για τις τηλεσκοπικού τύπου γεωτρήσεις με μικρό μήκος φίλτροσωλήνων.

Ο “in situ” καθαρισμός των φίλτρων είναι ταχύτερος, φθηνότερος και χωρίς κινδύνους. Σε πρώτο στάδιο χρησιμοποιούμε στη γεώτρηση ειδικές βούρτσες και δίσκους που με μηχανικό τρόπο αποκολλούν τα άλατα από την εσωτερική πλευρά των φίλτρων. Κατόπιν με εκτόξευση νερού υπό πίεση (5 – 10atm) κάθετα προς τα φίλτρα, απομακρύνουμε τα ιζήματα που ξεκόλλησαν.

Ο καθαρισμός των φίλτρων συνεχίζεται με χημική δράση. Η επίδραση μιας διάλυσης υδροχλωρικού οξέος περιεκτικότητας 25 – 36% φθείρει σε μεγάλο βαθμό την κρούστα των φίλτρων που συνίστανται από άλατα ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου :



Ο απαιτούμενος όγκος διαλύματος του οξέος ισούται με το διπλάσιο όγκο του νερού της γεώτρησης που περιέχεται από το ανώτερο μέρος του φίλτρου μέχρι το πυθμένα της. Το διάλυμα ρίχνεται στη γεώτρηση με σωλήνα μικρής διαμέτρου ο οποίος τοποθετείται μέχρι το κάτω μέρος των φίλτρων. Το διάλυμα ως βαρύτερο του νερού, γεμίζει τη γεώτρηση από κάτω προς τα πάνω σε όλο το μήκος του φίλτρου. Αφήνεται η γεώτρηση σε ηρεμία για ένα διάστημα ½ - 1 ώρας και κατόπιν λαμβάνει χώρα διατάραξη του νερού της π.χ. με bailer επί 1 – 2 ώρες, ώστε το οξύ να εισχωρήσει σε όλα τα σημεία έξω από το φίλτρο, στο χαλκικό φίλτρο και το υδροφόρο πέτρωμα.

Για πιο βίαια δράση καταστροφής της κρούστας χρησιμοποιείται έμβολο. Οι εμβολισμοί στη γεώτρηση γίνονται κατά τρόπο που να φέρνουν το υλικό της κρούστας μέσα στη γεώτρηση. Όλη η παραπάνω εργασία της δράσης του οξέος πρέπει να γίνεται σε 4 – 6 ώρες.

Για φίλτρα που είναι κλειστά με οργανικής ή αργλικής σύστασης αποθέσεις, ενδείκνυται η χρησιμοποίηση διαλύματος σουλφανλικού οξέος (HO-SO₂-NH₂). Στην περίπτωση αυτή ο όγκος του διαλύματος ισούται με τον όγκο του νερού της γεώτρησης. Το σουλφανλικό οξύ έχει το πλεονέκτημα ότι είναι στερεό κοκκώδες υλικό και διαλυμένο στο νερό δίνει ένα δραστικό διάλυμα που είναι λιγότερο διαβρωτικό στα μέταλλα (σωλήνωση, εργαλεία) από εκείνο του υδροχλωρικού οξέος. Η απαιτούμενη ποσότητα του στερεού σουλφανλικού οξέος για την επίτευξη του διαλύματος είναι 200 χλγρ. για κάθε m³ νερού της γεώτρησης.

Ευνόητο είναι ότι τα άτομα που εργάζονται κατά τη χρήση των οξέων πρέπει να λαμβάνουν όλες τις προφυλάξεις για να μην υποστούν εγκαύματα από το οξύ ή δηλητηριάσεις από τα τοξικά αέρια που αναδύονται από τη γεώτρηση.

Πολύ αποτελεσματική είναι η επίδραση διάλυσης 2% πολυφωσφορικών αλάτων στο διαμελισμό κρούστας που συνίστανται από ιλύ, αργίλους και ενώσεις του σιδήρου και μαγγανίου. Μετά τη δράση των πολυφωσφορικών απαιτείται βίαιη και διακεκομμένη άντληση π.χ. με έμβολο ή με air lift.

Ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την καταστροφή των ζελατινοειδών αποθέσεων των σιδηροβακτηρίων είναι η πλύση της γεώτρησης με μια ισχυρή διάλυση χλωρίου.

Ως πηγή χλωρίου συνήθως χρησιμοποιείται υποχλωριώδες ασβέστιο σε ποσότητες από 15 – 20 χλγρ. για κάθε καθαρισμό. Εκείνο που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι η εργασία δράσεως του διαλύματος να διαρκεί τουλάχιστον 10 ώρες.

Το διάλυμα χλωρίου είτε γίνεται στην επιφάνεια του εδάφους σε δοχείο ανάλογης χωρητικότητας και ρίχνεται όπως το υδροχλωρικό οξύ, με σωλήνα μικρής διαμέτρου ή

τοποθετείται η κοκκώδης ένωση του χλωρίου σε κυλινδρικό διάτρητο δοχείο το οποίο κατεβάζουμε και μετακινούμε στα φίλτρα. Η χρησιμοποίηση αέριου χλωρίου παρουσιάζει δυσκολίες στην επίτευξη του διαλύματος. Εξάλλου αυτό είναι δραστικό στη διάβρωση και επικίνδυνο για δηλητηριάσεις.

Πρέπει να τονισθεί ότι όλοι οι παραπάνω τρόποι που αναφέρθηκαν για τη διάλυση της κρούστας των φίλτρων δεν γίνεται μεμονωμένα ή μια μόνο φορά, αλλά συνδυασμένα με εναλλασσόμενη δράση υδροχλωρικού οξέος και χλωρίου, 2 – 3 φορές. Ομοίως στα πολυφωσφορικά προστίθεται και υποχλωριώδες ασβέστιο για καλύτερο αποτέλεσμα διάβρωσης της κρούστας που συνίστανται από άλατα σιδήρου και από συσσωματώματα σιδηροβακτηρίων.

Εφόσον το αποτέλεσμα του καθαρισμού των φίλτρων δεν είναι ικανοποιητικό ή, αν ο χρόνος κλεισίματος των φίλτρων μιας γεώτρησης που καθαρίστηκε είναι σχετικά μικρός, τότε εγκαταλείπεται η γεώτρηση και ανοίγεται νέα. Η απόσταση της νέας από την παλιά δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 10 μέτρα.

Παράρτημα

Εδώ δίνονται ορισμένα υποδείγματα για χρήση καθώς και μερικοί πίνακες μονάδων μετρήσεων που χρησιμοποιούνται συχνά από τους ασχολούμενους με τη κατασκευή υδρογεωτρήσεων. Στο σχήμα 54 δίνεται ένα υπόδειγμα σύνταξης της γεωλογικής τομής και του σκαριφήματος κάθε γεώτρησης. Μια τέτοια τομή, στην οποία απεικονίζονται όλα τα στοιχεία κατασκευής της γεώτρησης είναι απαραίτητη, γιατί αποτελεί την ταυτότητα της γεώτρησης. Η γεωλογική τομή είναι χρήσιμη στον κάτοχο της γεώτρησης και σε κάθε άλλο τεχνικό ή ειδικό που για οποιοδήποτε λόγο χρειάζεται ορισμένα στοιχεία ή χαρακτηριστικά της.

Οι πίνακες 13, 14, 15 και 16 δίνουν τις διάφορες μονάδες μήκους, όγκου, παροχής και ισχύος που χρησιμοποιούνται στην υδρογεωλογία, καθώς και τη μετατροπή της μιας στην άλλη.

Ο πίνακας 17 αποτελεί υπόδειγμα για συμπλήρωση στη λήψη στοιχείων κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών αντλήσεων. Οι πίνακες 18, 19 και 20 αποτελούν υπόδειγμα για την εύρεση του πηλίκου $t+t'/t'$ στην κατασκευή της ευθείας επαναφοράς της στάθμης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13

Μέτρα μήκους

Μονάδες	Μέτρα	Εκατοστά	Πόδια	Ίντσες
Μέτρο	1	100	3,28	39,37
Εκατοστά	0,01	1	0,032	0,393
Πόδι	0,3048	30,48	1	12
Ίντσα	0,0254	2,54	0,0833	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 14

Μέτρα όγκου

Μονάδες	Κυβικά πόδια	Αμερικάνικα γαλόνια	Λίτρα	Κυβικά μέτρα
Κυβ.πόδια	1	7,48	28,32	0,0283
Γαλόνια	0,134	1	3,785	0,0038
Λίτρα	0,035	0,264	1	0,001
Κυβ.μέτρα	35,314	264,2	1000	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 15

Μέτρα παροχών

Μονάδες	Κυβ.πόδια/sec	Αμερ.γαλόνια/min	Αγγλ.γαλόνια/sec	Λίτρα/sec	M ³ /h
Κυβ.πόδια/sec	1	448,83	375	28,32	101,94
Αμερ.γαλόνια/min	0,0022	1	0,83	0,0630	0,226
Αγγλ.γαλόνια/sec	0,0026	1,2	1	0,0755	0,272
Λίτρα/sec	0,0353	15,85	13,20	1	3,6
M ³ /h	0,0098	4,40	3,66	0,278	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 16

Μέτρα ισχύος αντλιών

Μονάδες	Watts	Kilowatts	Ίπποι(HP)	Joules/sec
1 Watt	1	0,001	0,00134	1
1 Kilowatt	1000	1	1,341	1000
1 Ίππος(HP)	746	0,746	1	746
1 Joule/sec	1	0,001	0,00134	1

ΠΙΝΑΚΑΣ 17

ΦΥΛΛΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ :		ΠΕΡΙΟΧΗ :				
Υδροστατική στάθμη : 13,50m		Τρόπος μέτρησης στάθμης νερού: ηλεκτρικό σταθμήμετρο				
Τύπος αντλίας : πομόνα, διάμετρος : 8"		Τρόπος μέτρησης της παροχής : σωλήνας Pitot				
Βάθος τοποθέτησης : 38m		Υπεύθυνος δοκιμής άντλησης :				
Ημερο-μηνία	Ώρα	Διάρκεια άντλησης (t)σε min	Παροχή Q σε m ³ /h	Βάθος της στάθμης άντλησης	Πτώση της στάθμης σε m	Παρατηρήσεις (διαύγεια νερού, δειγματοληψία, θερμοκρασία, βλάβη αντλίας κα)
9/10/95	08.00	-	-	13,50(Υ.Σ.)	-	Έναρξη δοκιμής άντλησης
	08.01	1				
	08.02	2		17,06	3,56	
	08.03	3		17,20	3,70	Νερό θολό με άμμο 0,8‰
				
				
	09.00	60	132	19,42	5,92	Νερό διαυγές
	09.10	70		19,55	6,05	
				
				
	κλπ	κλπ		κλπ	κλπ	κλπ

ΠΗΛΙΚΑ $t + t' / t'$ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΕΥΘΕΙΑΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ (t : χρόνος από την έναρξη της άντλησης, t' : χρόνος από τη παύση της άντλησης).

ΠΙΝΑΚΑΣ 18

Για δοκιμή άντλησης 12 ώρες

t + t' λεπτά	t' λεπτά	T + t'/t'
721	1	1441
722	2	721
723	3	481
724	4	361
725	5	289
κλπ	κλπ	κλπ

ΠΙΝΑΚΑΣ 19

Για δοκιμή άντλησης 18 ώρες

t + t' λεπτά	t' λεπτά	T + t'/t'
1081	1	1081
1082	2	541
1083	3	361
1084	4	271
1085	5	217
κλπ	κλπ	κλπ

ΠΙΝΑΚΑΣ 20

Για δοκιμή άντλησης 24 ώρες

t + t' λεπτά	t' λεπτά	T + t'/t'
1441	1	1441
1442	2	721
1443	3	481
1444	4	361
1445	5	289
κλπ	κλπ	κλπ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Υπουργείο γεωργίας (Πρακτικά συνεδρίου συνάντησης εργασίας) Γεωργία και Περιβάλλον 25 Φεβρουαρίου 2000 Αθήνα.
- 2) ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ (Νόμος υπ' αριθμόν 1739) Αθήνα 20 Νοεμβρίου 1987.
- 3) Προστασία και διαχείριση των υδάτων (Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Γεωργίας) Αθήνα 27-7-2002.
- 4) Υπηρεσία εγγείων βελτιώσεων (ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ) Αθήνα 1975
- 5) Υπηρεσία εγγείων βελτιώσεων (Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα περιστροφικών γεωτρυπάνων) Αθήνα 1965
- 6) Τεχνική των Γεωτρήσεων. Π. Βαφειάδη Γεωλόγου.
- 7) INTERNET (www.eydap.gr). Ιστοσελίδα της Ε.ΥΔ.Α.Π.
- 8) Ανώνυμο. Ground Water and Wells. Published
- 9) Diagnosis and improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No 60 of USA. (Department of agriculture).
- 10) CASTANY G. : Prospection et exploitation des eaux souterraines. (DUNOD, Paris 1978)
- 11) Γεωργιάδου Α. : Υδρογεωλογία. Τα υπόγεια ύδατα και η εκμετάλλευσή αυτών. Αθήνα 1974.
- 12) GIBSON U. – SINGER R. : Water Well manual. Premier Press, California, 1981.
- 13) ΚΑΡΚΑΝΗ Ε. : Μηχανοκίνητα αντλητικά συγκροτήματα αρδεύσεων. Έκδοση υπουργείου Γεωργίας. Αθήνα 1978.
- 14) TODD. D. : Ground Water Hydrology. John Wiley and Sons, Inc USA 1977.
- 15) HUISMAN L. : Ground water Recovery. Macmillian, LONDON 1972
- 16) ΨΑΡΙΑΝΟΥ Π. – ΣΥΜΕΩΝΙΔΗ Ν. : Ο άνθρωπος και το ύδωρ. Αθήνα 1974.