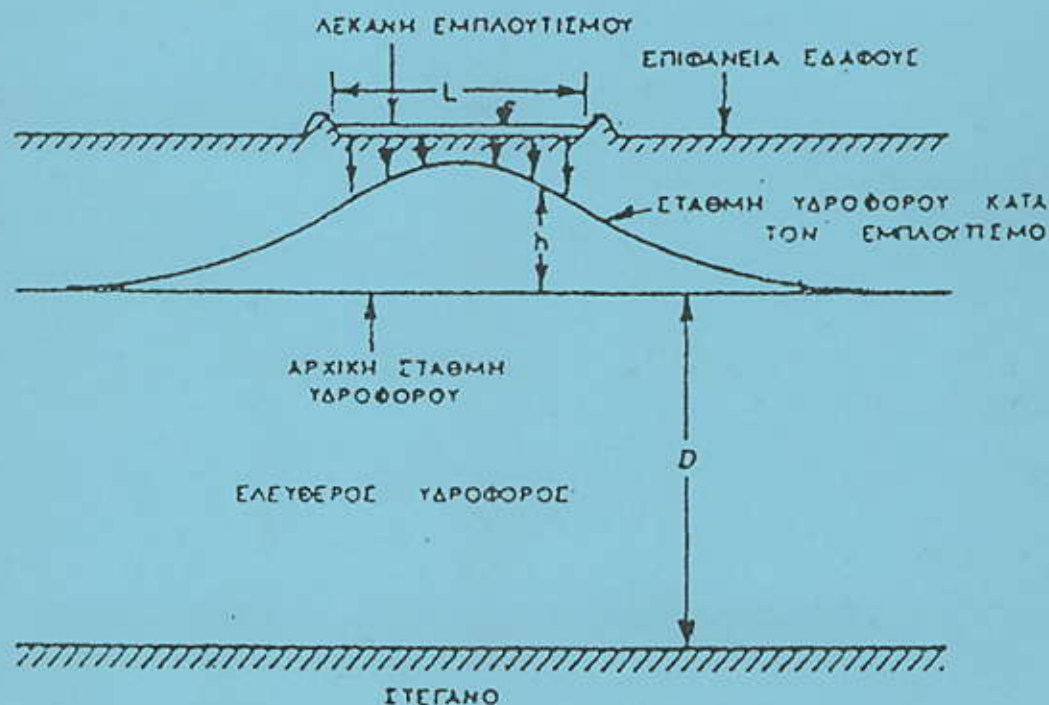


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΡΜΥΛΙΑΣ
Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΒΛΑΔΕΝΙΔΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ Α.Ε.Μ. 2875



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Γ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ

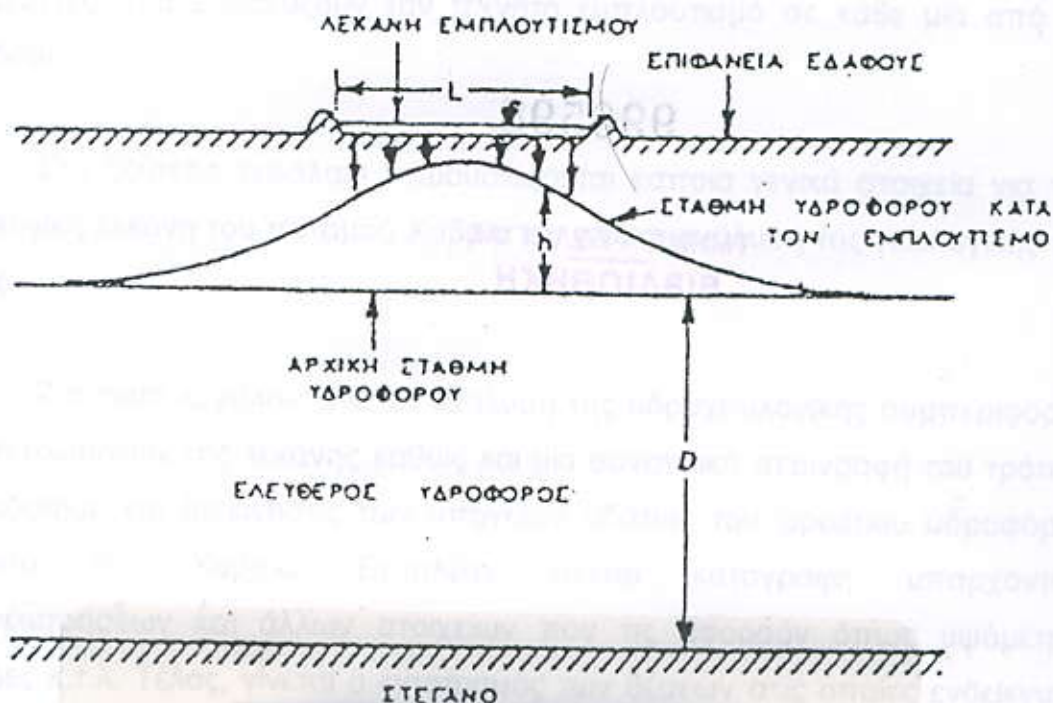
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2001

C1

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ
ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΟΡΜΥΛΙΑΣ
Ν. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΒΛΑΔΕΝΙΔΗΣ ΠΟΛΥΒΙΟΣ Α.Ε.Μ. 2875



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Γ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2001

GB
1097.2C4

• B5

2001

C.1
ΔΙΤ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

HB=41242

HC=202382

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής διατριβής η οποία εκπονήθηκε με την συνεργασία των τμημάτων Γεωλογίας (Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας) και Γεωπονίας (Τομέας και Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής) και στην οποία έγινε διερεύνηση της δυνατότητας τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφορέων της περιοχής.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται οι διάφορες μέθοδοι τεχνητού εμπλουτισμού, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν τον τεχνητό εμπλουτισμό σε κάθε μία από τις μεθόδους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Χαβρία και γίνεται ανάλυση της γεωλογικής της δομής.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων της λεκάνης καθώς και μία συνοπτική περιγραφή του τρόπου τροφοδοσίας και διακίνησης των υπογείων υδάτων του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα του Χαβρία. Επιπλέον γίνεται καταγραφή υπαρχόντων υδρογεωτρήσεων και άλλων στοιχείων που τις αφορούν όπως υψόμετρο, στάθμες κ.τ.λ. Τέλος, γίνεται ο εντοπισμός των θέσεων στις οποίες ενδείκνυται να γίνει τεχνητός εμπλουτισμός και προτείνεται ο ενδεδειγμένος τρόπος και τα σχετικά έργα που απαιτούνται.

Θεωρώ καθήκον μου να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Ειδικότερα:

- Τον Καθηγητή Γ. Δημόπουλο, του Τομέα Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας για την ανάγνωση της εργασίας μου και για τις εύστοχες παρατηρήσεις του.
- Τον Καθηγητή Δ. Καραμούζη, του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής για την υπόδειξη του θέματος και για την συνεχή και συστηματική επίβλεψη και καθοδήγηση στο σύνολο της εργασίας μου.
- Τον Αναπληρωτή Καθηγητή Θ. Ζήση, του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής για την συνεχή και συστηματική καθοδήγηση στο σύνολο της εργασίας μου, τις ουσιώδεις υποδείξεις του στην δομή του κειμένου και τις χρήσιμες συμβουλές του.
- Την Επίκουρο Καθηγήτρια Ν. Καλαϊτζίδου, του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής για την ανάγνωση της εργασίας μου και για τις υποδείξεις της στη δομή του κειμένου.
- Τον Σαχαρίδη Ι. Διδάκτορα Γεωλόγο της Σχολής Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ. , για τις πληροφορίες που μου έδωσε σχετικά με την περιοχή, καθώς και για την χορήγηση αντίστοιχης εργασίας του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελίδα 1
1. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	2
1.1 Γενικά	2
1.2 Μέθοδος υπόγειας διήθησης	2
1.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα διήθησης σε μία γεώτρηση εμπλουτισμού.	5
1.2.2 Γεωτρήσεις εμπλουτισμού	7
1.3 Μέθοδος επιφανειακής κατάκλυσης – διήθησης	9
1.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα διήθησης	9
1.3.2 Έργα επιφανειακής κατάκλυσης - διήθησης	
1.4 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των δύο μεθόδων εμπλουτισμού	20
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΧΑΒΡΙΑ	23
2.1 Γενικά	23
2.2 Γεωλογική δομή	23
2.2.1 Προαλπικοί σχηματισμοί	25
2.2.2 Μετααλπικοί σχηματισμοί	28
2.2.2.1 Νεογενείς σχηματισμοί	28
2.2.2.2 Τεταρτογενείς σχηματισμοί	29
3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ – ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ	30
3.1 Γενικά	30
3.2 Κοκκώδεις σχηματισμοί	32
3.2.1 Τεταρτογενείς σχηματισμοί	32

3.2.2 νεογενή	34
3.3 Βραχώδεις σχηματισμοί του υποβάθρου	35
3.4 Φρεάτιος ορίζοντας πεδιάδας Χαβρία	36
3.5 Τροφοδοσία και διακίνηση των υπογείων νερών	37
3.5.1 Καταγραφή υδρογεωτρήσεων	37
3.6 Υδρομετρήσεις	54
3.7 Μοντελοποίηση υδρογεωλογικού πεδίου περιοχής πεδιάδας Ορμύλιας	55
3.8 Ενδεικνυόμενες θέσεις για εμπλουτισμό	57
3.9 Προτεινόμενα έργα	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	74

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετηθεί και να εκτιμηθεί η δυνατότητα επιτυχίας του τεχνητού εμπλουτισμού στην περιοχή Ορμύλια της Χαλκιδικής με την κατασκευή είτε ενδοποτάμιων ή εξωποτάμιων λεκανών, είτε με χρήση φρεατίων εμπλουτισμού και να εντοπιστούν κατάλληλες θέσεις στην περιοχή για την κατασκευή έργων αυτού του είδους.

Η διάρθρωση της εργασίας ξεκινάει με την αναφορά χρήσιμων στοιχείων και περιγραφών για την καταγραφή και αξιολόγηση διαφόρων συστημάτων τεχνητού εμπλουτισμού, τα οποία έχουν εξαχθεί από βιβλιογραφική έρευνα που προηγήθηκε και η αποτελεσματικότητα των οποίων έχει επαληθευτεί στην πράξη.

Στη συνέχεια έγινε μία υδρογεωλογική – υδρολιθολογική έρευνα της περιοχής της υδρολογικής λεκάνης του Χαβρία. Σκοπός ήταν ο εντοπισμός θέσεων κατάλληλων για εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων καθώς και η εκτίμηση της καταλληλότερης μεθόδου εμπλουτισμού που μπορεί να είναι είτε φρεάτια εμπλουτισμού είτε λεκάνες εμπλουτισμού.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού έλαβαν χώρα οι εξής εργασίες: 1) εξετάσθηκαν παλαιότερες μελέτες και εκθέσεις (γεωλογικές, υδρογεωλογικές κ.τ.λ.) της περιοχής, 2) συγκεντρώθηκαν και εξετάσθηκαν τομές υπαρχόντων υδρογεωτρήσεων, 3) πραγματοποιήθηκε καταγραφή υπαρχόντων υδρογεωτρήσεων και συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με την μεταβολή της πιεζομετρικής τους στάθμης, 4) πραγματοποιήθηκε αναγνώριση της περιοχής μελέτης και ιδιαίτερα της κοίτης του Χαβρία.

1. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

1.1 Γενικά

Πέραν του εμπλουτισμού που συμβαίνει στη φύση (φυσικός εμπλουτισμός), ο άνθρωπος με τις διάφορες δραστηριότητες του μπορεί να προκαλέσει τον εμπλουτισμό υδροφόρων στρωμάτων, είτε έμμεσα με ενέργειες ή και έργα που γίνονται για άλλους σκοπούς (π.χ. από διηθήσεις υδάτων που χρησιμοποιούνται για άρδευση, από διαρροές σηπτικών κυρίως βόθρων, υπονόμων, δικτύων ύδρευσης, φραγμάτων ανάσχεσης κ.τ.λ.), είτε άμεσα με έργα που γίνονται αποκλειστικά για τον σκοπό αυτό (τεχνητός εμπλουτισμός).

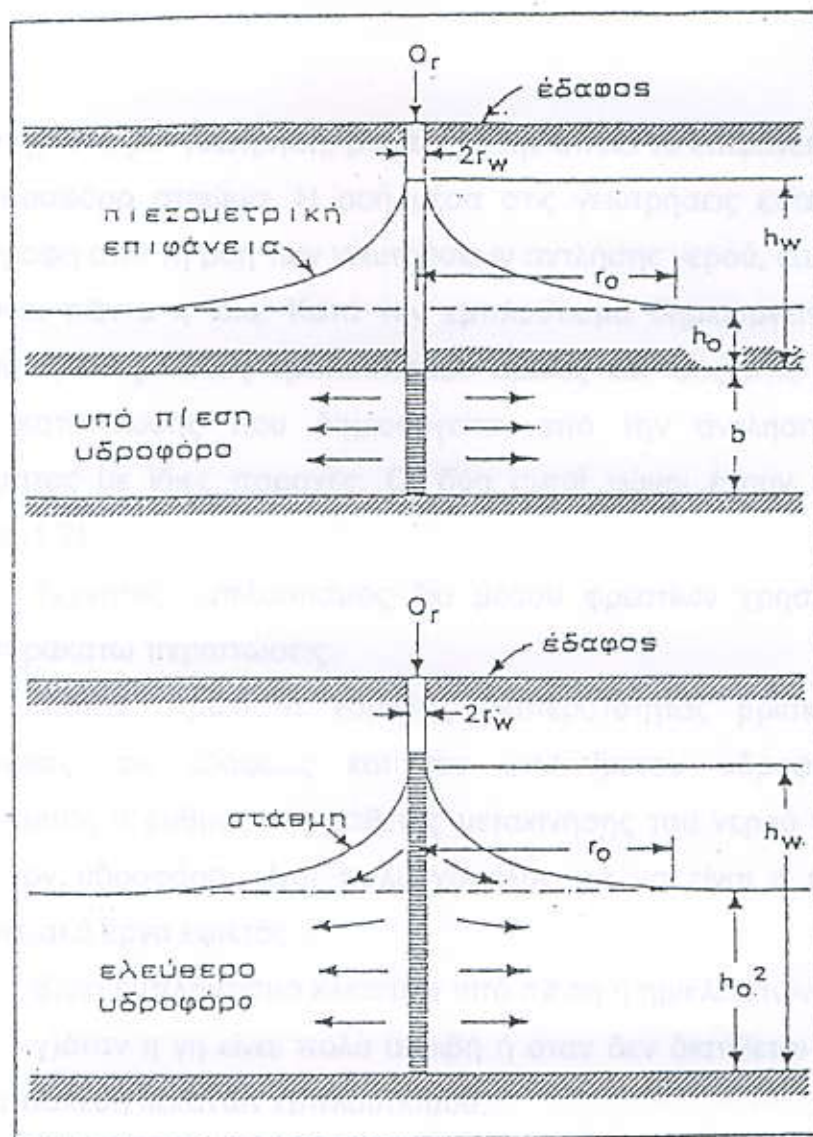
Οι δύο πιο συνηθισμένες άμεσες μέθοδοι εμπλουτισμού (Richter and Chun, 1959, Price, 1965) είναι η μέθοδος της υπόγειας διήθησης και η μέθοδος της επιφανειακής κατάκλυσης- διήθησης από επιφανειακά έργα.

Στην πρώτη μέθοδο, το επιφανειακό νερό οδηγείται σε πηγάδια ή και γεωτρήσεις και μέσω αυτών διοχετεύεται απ' ευθείας στους υδροφόρους ορίζοντες τους οποίους και εμπλουτίζει άμεσα.

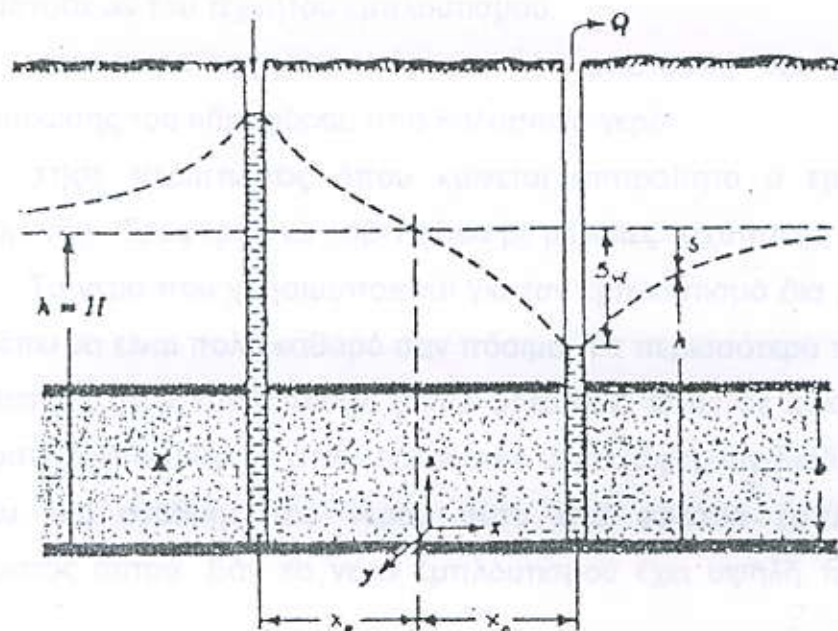
Στην δεύτερη μέθοδο, η οποία παρουσιάζει πλήθος παραλλαγών και συνδυασμών εφαρμογής, το επιφανειακό νερό ενός ρέματος, πηγής, χειμάρρου, ποταμού κ.τ.λ. είτε εκτρέπεται και οδηγείται σε ειδικά διαμορφωμένες θέσεις (λεκάνες εμπλουτισμού) όπου μέρος του διηθείται, είτε συγκεντρώνεται μέσα στην κοίτη, η οποία διαμορφώνεται κατάλληλα με την βοήθεια ειδικών κατασκευών ανάσχεσης ροής, αυξάνοντας έτσι το ποσοστό διήθησης.

1.2 Μέθοδος υπόγειας διήθησης

Σ' αυτήν την μέθοδο όπως προαναφέραμε ο εμπλουτισμός γίνεται άμεσα με διοχέτευση του νερού εμπλουτισμού απ' ευθείας στον υδροφορέα μέσω γεωτρήσεων (σχήμα 1.1). Σαν γεώτρηση επαναπλήρωσης μπορεί να



Σχήμα 1.1 Γεώτρηση εμπλουτισμού σε υπό πίεση υδροφόρο(άνω) και σε ελεύθερο υδροφόρο(κάτω).



Σχήμα 1.2 Κώνος εμπλουτισμού και κώνος κατάπτωσης σε γεώτρηση εμπλουτισμού και γεώτρηση άντλησης αντίστοιχα.

χαρακτηριστεί μία γεώτρηση, μέσα από την οποία το επιφανειακό νερό οδηγείται στο υδροφόρο στρώμα. Η ροή μέσα στις γεωτρήσεις επαναπλήρωσης είναι αντίστροφη από τη ροή των γεωτρήσεων άντλησης νερού, και η κατασκευή τους δεν είναι πάντα η ίδια. Κατά τον εμπλουτισμό δημιουργείται γύρω από την γεώτρηση ένας κώνος εμπλουτισμού όμοιος και ίσος στις διαστάσεις με τον κώνο κατάπτωσης που δημιουργείται από την άντληση του υδροφόρου στρώματος με ίδιες παροχές. Οι δύο αυτοί κώνοι έχουν αντίστροφη σχέση (σχήμα 1.2).

Τεχνητός εμπλουτισμός δια μέσου φρεατίων χρησιμοποιείται κυρίως στις παρακάτω περιπτώσεις:

α) όταν στρώματα χαμηλής διαπερατότητας βρίσκονται μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και του υποκείμενου υδροφορέα. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο ρυθμός της κάθετης μετακίνησης του νερού από την επιφάνεια προς τον υδροφόρο, είναι πολύ χαμηλός για να είναι ο εμπλουτισμός από επιφανειακά έργα εφικτός.

β) για εμπλουτισμό κλειστών υπό πίεση ή ημίκλειστων υδροφορέων.

γ) όταν η γη είναι πολύ ακριβή ή όταν δεν διατίθεται αρκετή έκταση για την κατασκευή λεκανών εμπλουτισμού.

δ) όταν τα υπάρχοντα φρεάτια άντλησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για εμπλουτισμό, οπότε έτσι αποφεύγεται η κατασκευή των δαπανηρών εγκαταστάσεων του τεχνητού εμπλουτισμού.

ε) σε παράκτιες περιοχές για την αποτροπή του φαινομένου της υφαλμύρωσης του υδροφόρου από θαλασσινό νερό.

στ) σε περιπτώσεις όπου κρίνεται απαραίτητο ο εμπλουτισμός του υποκείμενου υδροφόρου να λάβει χώρα με μεγάλες ταχύτητες.

Το νερό που χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό δια μέσου φρεατίων, θα πρέπει να είναι πολύ καθαρό σαν πόσιμο. Τα περισσότερα προβλήματα που προκύπτουν στον εμπλουτισμό μέσω φρεατίων, ιδίως σε κοκκώδη υδροφόρα στρώματα αποτελούμενα από λεπτόκοκκο υλικό, αφορούν διαδικασία σταδιακής ανόδου της στάθμης του νερού μέσα στο φρεάτιο εμπλουτισμού λόγω φραξίματος αυτού. Εάν το νερό εμπλουτισμού έχει υψηλή περιεκτικότητα σε

αιωρούμενα υλικά, αέρα, μικροοργανισμούς και δεν είναι χημικά συμβατό με το φυσικό υπόγειο νερό και το υλικό του υδροφόρου, το φράξιμο του φρέατος μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία της προσπάθειας εμπλουτισμού. Γι' αυτό όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί νερό που προέρχεται από λίμνες και ποτάμια, θα πρέπει προηγουμένως να επεξεργάζεται σε δεξαμενές κατακράτησης.

Η αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου εξαρτάται από την ταχύτητα διήθησης μέσα σε μία γεώτρηση εμπλουτισμού.

1.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα διήθησης σε μία γεώτρηση εμπλουτισμού

Οι παράγοντες που μπορούν να μειώσουν την ταχύτητα διήθησης και να προκαλέσουν σταδιακή άνοδο της στάθμης σε μία γεώτρηση εμπλουτισμού είναι αναλυτικά οι εξής:

1) Αιωρούμενα σωματίδια στο νερό εμπλουτισμού, περιλαμβανομένου οργανικού και ανόργανου υλικού. Το σωματίδια αυτά που συνήθως είναι ιλυώδους και αργιλικής σύστασης είναι η κύρια αιτία έμφραξης της γεώτρησης διότι μπορούν να αποτεθούν στο χαλικό φίλτρο της γεώτρησης ή στους πόρους του υδροφόρου γύρω απ' αυτήν μειώνοντας έτσι την ενεργό επιφάνεια της. Η εξαγωγή του λεπτόκοκκου αυτού υλικού από τον υδροφόρο και από το φίλτρο της γεώτρησης μπορεί να γίνει με απλή άντληση αλλά δεν μπορεί να επαναφέρει την διαπερατότητα του υδροφόρου στην αρχική της τιμή. Για να αποφευχθεί η έμφραξη της γεώτρησης από λεπτόκοκκα θα πρέπει το νερό εμπλουτισμού να φιλτράρεται σε ειδικές εγκαταστάσεις και μετά να χρησιμοποιείται για τεχνητό εμπλουτισμό.

2) Ο εγκλωβισμένος αέρας στο νερό εμπλουτισμού αποτελεί έναν ακόμη σημαντικό παράγοντα έμφραξης. Οι φυσαλίδες του αέρα προσκολλώνται στους κόκκους του υδροφόρου γύρω από τη γεώτρηση με μοριακές δυνάμεις, μειώνοντας έτσι την διαπερατότητα, και επομένως την ταχύτητα κίνησης του νερού εμπλουτισμού στον υδροφόρο. Για την μετακίνηση των φυσαλίδων αυτών απαιτούνται εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες νερού ενώ η διάλυσή τους από νερό

είναι αρκετά αργή ακόμα και όταν αυτό περιέχει πολύ μικρές ποσότητες διαλυμένου αέρα. Εάν η ποσότητα του αέρα που μπήκε στον υδροφόρο είναι μικρή τότε αυτός απομακρύνεται αποτελεσματικά με απλή άντληση ενώ αν η ποσότητά του είναι μεγάλη τότε για την απομάκρυνσή του χρειάζεται να ακολουθήσουν ειδικές εργασίες ανάπτυξης της γεώτρησης (εμβολισμοί, air – lift κ.τ.λ.), Ένας τρόπος για την μείωση του προβλήματος του αέρος είναι να διοχετευτεί το νερό εμπλουτισμού στην γεώτρηση με πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής μέσα στις σωληνώσεις, ώστε να μην μπει ελεύθερος αέρας μέσα στον υδροφόρο.

3) Τα εμπεριεχόμενα βακτηρίδια (θειοβακτήρια, σιδηροβακτήρια) και άλγη στο νερό εμπλουτισμού μπορούν να πολλαπλασιαστούν μέσα στην γεώτρηση λόγω των βιοχημικών αλλαγών που λαμβάνουν χώρα κατά την ανάμειξη του νερού εμπλουτισμού και του νερού του υδροφόρου (Richtler, et al., 1980). Δημιουργείται έτσι μία ζελατινώδης μάζα, η οποία μειώνει την απορροφητική ικανότητά της γεώτρησης, προκαλώντας έμφραξη των φίλτρων της σε μεγάλο βαθμό. Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών και ο πολλαπλασιασμός τους επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το pH και το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο. Ένας αποτελεσματικός τρόπος για να αποφευχθεί το φαινόμενο αυτό είναι η χλωρίωση του νερού εμπλουτισμού. Με την χλωρίωση νεκρώνονται όλοι οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται σ' αυτό και δεν αναπτύσσονται αποικίες στη γεώτρηση και στον υδροφόρο.

4) Οι χημικές αντιδράσεις μεταξύ του νερού εμπλουτισμού και του φυσικού υπογείου νερού ή του υδροφόρου στρώματος, μπορούν να οδηγήσουν στην καθίζηση αδιάλυτου ιζήματος στο φίλτρο της γεώτρησης και στους πόρους του υδροφόρου, μειώνοντας έτσι την παροχή εμπλουτισμού. Οι χημικές αντιδράσεις που προκαλούν καθίζηση είναι συνήθως πολύπλοκες και μπορούν να προκληθούν από αλλαγές του pH, της πίεσης και του διαλυμένου στο νερό αέρα ενώ είναι πολύ ευαίσθητες στη θερμοκρασία. Η γνώση των διαλυμένων χημικών συστατικών στο νερό εμπλουτισμού και στο φυσικό υπόγειο νερό καθώς και η χημική τους ισορροπία, όπως επίσης και οι θερμοκρασίες των

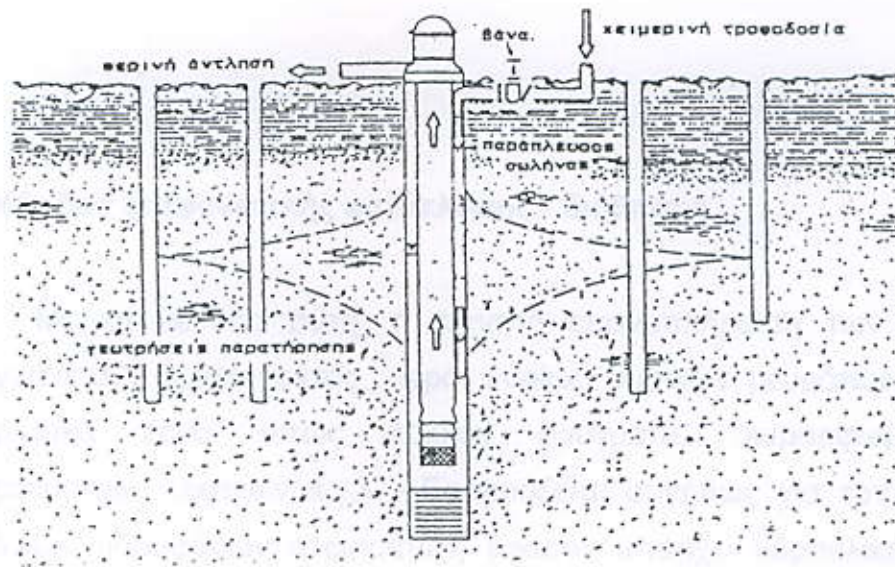
υδάτων και οι αλλαγές στη σύνθεσή τους με το χρόνο είναι απαραίτητες για να προβλεφθούν με ακρίβεια ενδεχόμενα προβλήματα από τη χημική καθίζηση.

5) Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του νερού εμπλουτισμού και του υπόγειου νερού του υδροφόρου, η οποία συνεπάγεται διαφορά ιξώδους μεταξύ τους, έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της ειδικής παροχής και της απορροφητικότητας της γεώτρησης. Αυτό συμβαίνει όταν το νερό εμπλουτισμού είναι ψυχρότερο απ' το νερό του υδροφόρου, διότι λόγω της αύξησης του ιξώδους του νερού απαιτείται μεγαλύτερη άνοδος της στάθμης της γεώτρησης εμπλουτισμού για να κινηθεί το κρύο νερό στο ίδιο ποσοστό όπως το ζεστό. Γι' αυτό κατά τον εμπλουτισμό θα πρέπει να δοθεί σημασία έτσι ώστε η διαφορά θερμοκρασίας των δύο νερών (εμπλουτισμού και υδροφόρου) να μην είναι σημαντική (Richtler et al, 1980).

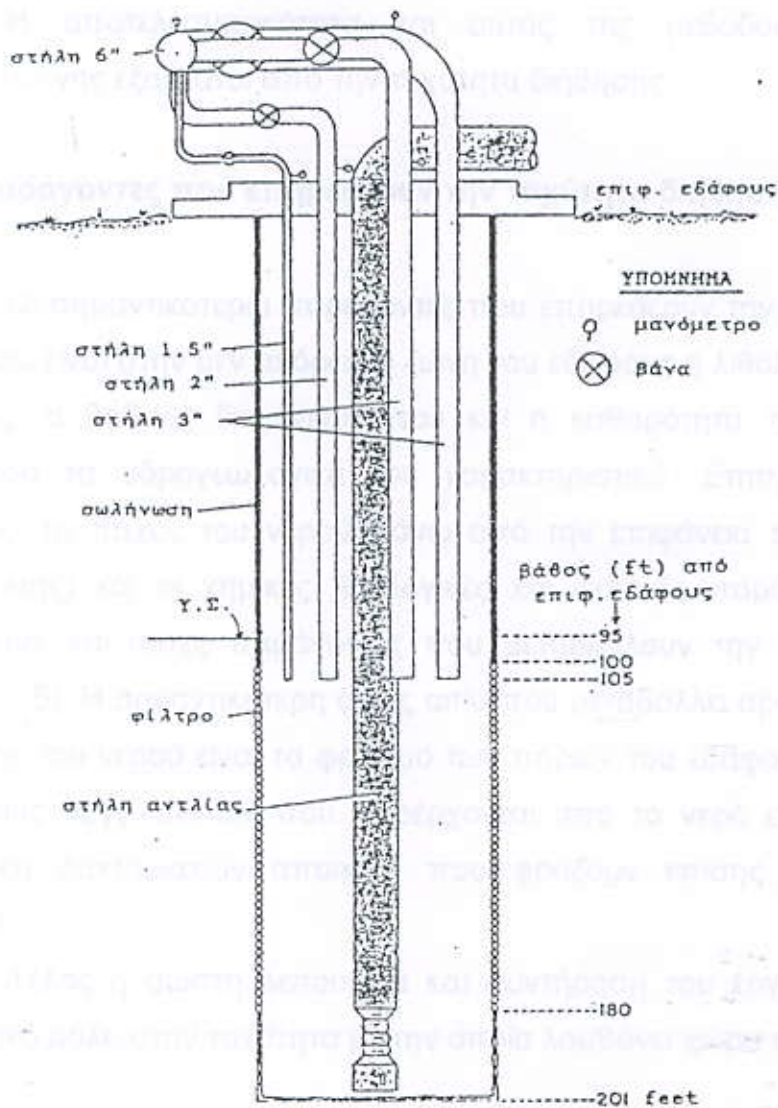
1.2.2 Γεωτρήσεις εμπλουτισμού

Για την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού μέσω γεώτρησης, αυτή είτε κατασκευάζεται ειδικά για το σκοπό αυτό, είτε χρησιμοποιείται μία αρδευτική γεώτρηση. Δηλαδή η αρδευτική γεώτρηση κατά τη θερινή περίοδο αντλείται για αρδευτικούς σκοπούς ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμπλουτισμό (σχήμα 1.3). Γι' αυτό σ' αυτές τις περιπτώσεις οι αρδευτικές γεωτρήσεις ονομάζονται και "διπλού σκοπού" (Harpaz, 1971, Dvoracek and Peterson, 1971).

Η κατασκευή γεωτρήσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στον τεχνητό εμπλουτισμό είναι παρόμοια με των αρδευτικών γεωτρήσεων. Οι διαφορές τους περιορίζονται στο ότι οι γεωτρήσεις εμπλουτισμού έχουν μεγαλύτερη διάμετρο σωλήνωσης και μικρότερο βάθος, ενώ ταυτόχρονα αυτές τσιμεντώνονται εξωτερικά από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι την οροφή του υδροφόρου έτσι ώστε να αποφεύγεται η προς τα πάνω ροή του νερού εμπλουτισμού. Έτσι μπορούμε να διοχετεύσουμε το νερό εμπλουτισμού στη γεώτρηση υπό πίεση με τη βοήθεια φυγοκεντρικής αντλίας (σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.3 Γεώτρηση εμπλουτισμού με τον εξοπλισμό της. Η αντλία λειτουργεί κατά το θέρος ενώ κατά το χειμώνα ο παράπλευρός της σωλήνας επιτρέπει τον εμπλουτισμό.



Σχήμα 1.4 Γεώτρηση εμπλουτισμού με τον εξοπλισμό της.

1.3 Μέθοδος επιφανειακής κατάκλυσης - διήθησης

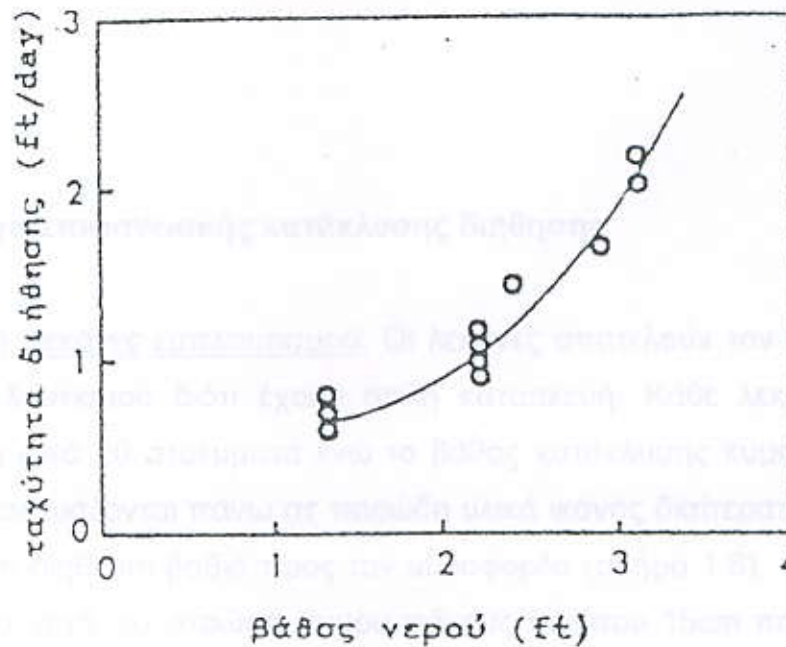
Με τη μέθοδο αυτή, η τεχνητή επαναπλήρωση των υδροφορέων επιτυγχάνεται διοχετεύοντας νερό, κυρίως φυσικών ρευμάτων, σε διάφορα επιφανειακά έργα όπως λάκκοι, ορύγματα, διαμορφωμένες κοίτες υδρορρευμάτων, λεκανών κ.τ.λ. Εφαρμόζεται συνήθως για τον εμπλουτισμό ελεύθερων υδροφόρων στρωμάτων, εφόσον υπάρχει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ του επιφανειακού και του υπογείου νερού, ή και για υπό πίεση υδροφόρους όταν τα έργα αυτά κατασκευάζονται στην περιοχή τροφοδοσίας των στρωμάτων αυτών.

Η αποτελεσματικότητα και αυτής της μεθόδου όπως και της προηγούμενης εξαρτάται από την ταχύτητα διήθησης.

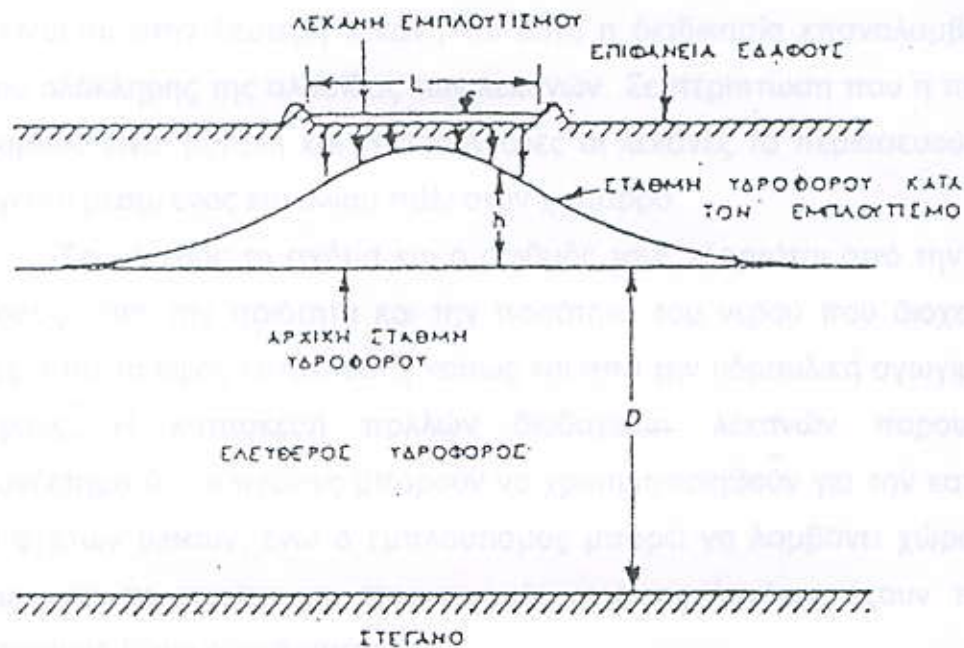
1.3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα διήθησης

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα διήθησης του νερού είναι στην μεν ακόρεστη ζώνη του εδάφους η λιθολογική σύσταση του εδάφους, ο βαθμός διαγένεσης του και η καθαρότητα του νερού στον δε υδροφόρο τα υδρογεωλογικά του χαρακτηριστικά. Επιπλέον η κλίση του εδάφους, το πάχος του νερού πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (ύψος κατάκλυσης) και οι χημικές, βιολογικές και φυσικές παράμετροι του νερού, αποτελούν και αυτές παράγοντες που μεταβάλλουν την ταχύτητα διήθησης (σχήμα 1.5). Η σημαντικότερη όμως αιτία που μεταβάλλει αρνητικά την ταχύτητα διήθησης του νερού είναι το φράξιμο των πόρων του εδάφους με συσσώρευση σε αυτούς αργιλλοϊλύων που προέρχονται από το νερό εμπλουτισμού και η ανάπτυξη βακτηριακών αποικιών που φράζουν επίσης τους πόρους του εδάφους.

Τέλος η σωστή λειτουργία και συντήρηση του έργου παίζει και αυτή σημαντικό ρόλο στην ταχύτητα με την οποία λαμβάνει χώρα η διήθηση.



Σχήμα 1.5 Καμπύλη μεταβολής της ταχύτητας διήθησης σε λεκάνη εμπλουτισμού σε συνάρτηση με το πάχος του νερού στη λεκάνη.



Σχήμα 1.6 Ανύψωση της υδροστατικής επιφάνειας που προκαλεί η διήθηση του νερού προς τον υδροφόρα κάτω από μία λεκάνη εμπλουτισμού.

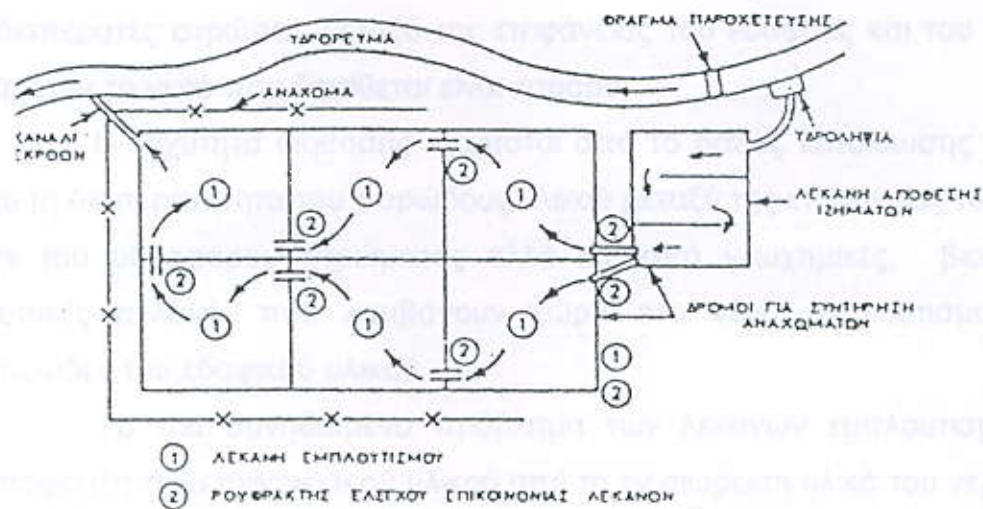
1.3.2 Έργα επιφανειακής κατάκλυσης διήθησης

Α) Λεκάνες εμπλουτισμού: Οι λεκάνες αποτελούν τον πιο συνηθισμένο έργο εμπλουτισμού διότι έχουν απλή κατασκευή. Κάθε λεκάνη έχει έκταση μικρότερη από 20 στρέμματα ενώ το βάθος κατάκλυσης κυμαίνεται από 1 ως 2m. Κατασκευάζονται πάνω σε πορώδη υλικά ικανής διαπερατότητας έτσι ώστε το νερό να διηθείται βαθιά προς τον υδροφορέα (σχήμα 1.6). Ο πυθμένας τους καλύπτεται από μια στρώση άμμου πάχους περίπου 15cm που λειτουργεί σαν φίλτρο για τη συγκράτηση των λεπτόκοκκων υλικών που φέρονται στο νερό και θα μπορούσαν να μειώσουν την υδραυλική αγωγιμότητα του υποκείμενου εδάφους. Σε περίπτωση που η εδαφική στρώση είναι πρακτικά αδιαπέρατη και εκτείνεται σε μεγάλο βάθος, τότε οι λεκάνες καταλαμβάνουν μικρή έκταση αλλά το βάθος τους μπορεί να φθάσει μέχρι και τα 20m.

Συνήθως κατασκευάζονται σαν ένα σύνολο πολλαπλών λεκανών δίπλα σε ποταμούς ή χείμαρρους (σχήμα 1.7). Όταν η πρώτη λεκάνη γεμίσει, το νερό διοχετεύεται στην δεύτερη λεκάνη και αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται δια μέσου ολόκληρης της αλυσίδας των λεκανών. Σε περίπτωση που η παροχή του χείμαρρου είναι μεγάλη και γεμίσουν όλες οι λεκάνες το περισσευούμενο νερό οδηγείται μέσω ενός καναλιού πάλι στον χείμαρρο.

Το μέγεθος το σχήμα και ο αριθμός τους εξαρτάται από την κλίση του εδάφους, από την ποιότητα και την ποσότητα του νερού που διοχετεύεται σε αυτές, από το ύψος κατάκλυσης καθώς και από την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους. Η κατασκευή πολλών διαδοχικών λεκανών παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι οι πρώτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατακράτηση των φερτών υλικών, ενώ ο εμπλουτισμός μπορεί να λαμβάνει χώρα συνέχεια ακόμα και σε περίπτωση που μερικές από τις λεκάνες έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω συντήρησης.

Ο εμπλουτισμός με τη χρήση λεκανών κατάκλυσης λειτουργεί αποτελεσματικά όταν δεν παρεμβάλλονται στρώσεις μικρής διαπερατότητας ή



Σχήμα 1.7 Τυπικό έργο εμπλουτισμού με πολλαπλές λεκάνες.



Σχήμα 1.8 Λεκάνη εμπλουτισμού εκτός λειτουργίας κατά τη διάρκεια καθαρισμού αυτής με απόξεση.

αδιαπέρατες στρώσεις μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και του υδροφορέα και όταν το νερό που διατίθεται είναι καθαρό.

Η ταχύτητα διήθησης εξαρτάται από το βάθος κατάκλυσης στη λεκάνη και τη διαπερατότητα του πορώδους υλικού μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και του υδροφόρου στρώματος αλλά και από γεωχημικές, βιολογικές και φυσικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στο νερό εμπλουτισμού και στο πορώδες του εδαφικού υλικού.

Το πιο συνηθισμένο πρόβλημα των λεκανών εμπλουτισμού είναι η απόφραξη του επιφανειακού υλικού από τα εν αιωρήσιμα υλικά του νερού, από τη μικροβιακή ανάπτυξη ή και από τα δύο.

Όταν η επιφανειακή στρώση αποτελείται από χονδρόκοκκο υλικό τα λεπτόκοκκα εν αιωρήσει εδαφικά υλικά μπορούν να εισχωρήσουν μέχρι και 50cm μέσα στο έδαφος καθιστώντας δύσκολη την απομάκρυνσή τους. Η καλλιέργεια του εδάφους συνήθως προκαλεί κατακράτηση των λεπτόκοκκων υλικών σε μικρό βάθος από την επιφάνεια σε ποσοστό πάνω από 90%. Αυτό διευκολύνει την απομάκρυνσή του με απόξεση.

Η απόξεση από μικροβιακή δραστηριότητα συνήθως ελέγχεται με περιοδικό άδειασμα και αποξήρανση του πυθμένα των λεκανών οπότε οξειδώνεται η οργανική ουσία. Η πρακτική αυτή βέβαια θέτει για κάποιο διάστημα την λεκάνη εκτός λειτουργίας.

Οι ταχύτητες διήθησης που έχουν παρατηρηθεί για διάφορα εδάφη κυμαίνονται από $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{ημέρα}$ σε λεπτόκοκκα εδάφη μέχρι και $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{ημέρα}$ για αμμώδη εδάφη.

Η ταχύτητα διήθησης συνήθως μειώνεται μετά από κάποιο χρονικό διάστημα λόγω απόθεσης λεπτόκοκκου υλικού στον πυθμένα των λεκανών που μεταφέρεται από το νερό και από την ανάπτυξη αλγών, κλείνοντας έτσι τους πόρους του φίλτρου του πυθμένα τους. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, όταν συμβεί αυτό οι λεκάνες αδειάζονται, αφήνεται να ξεραθούν και στην συνέχεια καθαρίζεται ο πυθμένας τους με απόξεση ή άροση για την αποκατάσταση της διαπερατότητας του φίλτρου (σχήμα 1.8).

Η αποτελεσματικότητα των λεκανών μπορεί να βελτιωθεί με τη βοήθεια ειδικών κατασκευών όπως οι α) περιοχές απόθεσης β) οι λεκάνες κατακράτησης και γ) τα φρεάτια διάχυσης.

α) Οι περιοχές απόθεσης είναι χαμηλά τμήματα των λεκανών εμπλουτισμού που κατασκευάζονται για να συλλέγουν τα λεπτόκοκκα υλικά που εισέρχονται στη λεκάνη. Οι ψηλότερες περιοχές συνήθως 0.5m πάνω από τα χαμηλότερα σημεία είναι βοηθητικές περιοχές διήθησης που δέχονται την περίσσεια νερού.

β) Οι λεκάνες κατακράτησης χρησιμοποιούνται όταν το νερό περιέχει μεγάλα ποσά φερτών υλών. Χρησιμοποιούνται σαν λεκάνες απόθεσης και νερό σχεδόν ελεύθερο από φερτές ύλες μεταφέρεται μέσω αγωγών σε παρακείμενες λεκάνες εμπλουτισμού. Με τη χρήση αυτών των λεκανών δεν είναι απαραίτητος ο συχνός καθαρισμός του πυθμένα των λεκανών εμπλουτισμού με απόξεση.

γ) Τα φρεάτια διάχυσης είναι φρεάτια τα οποία διανοίγονται στον πυθμένα των λεκανών εμπλουτισμού ώστε να επιτρέπουν στο στάσιμο νερό να διηθείται βαθιά προς τον υπόγειο υδροφόρο. Χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου στρώσεις μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας βρίσκονται σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Τα φρεάτια κατασκευάζονται συνήθως από 3m διαμέτρου προκατασκευασμένους κυλινδρικούς σωλήνες από σκυρόδεμα. Αυτοί γεμίζουν με χοντρή άμμο και με χαλίκια και φθάνουν σε ικανοποιητικό βάθος από την επιφάνεια ώστε να διαπερνούν τις στρώσεις μικρής διαπερατότητας που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

Β) Έργα τροποποίησης κοίτης υδρορεύματος: Στις περιπτώσεις αυτές κατασκευάζονται τέτοια έργα στην κοίτη υδρορευμάτων ώστε να αυξάνεται αφενός η επιφάνεια του νερού μέσα στην κοίτη και αφετέρου να μειώνεται η ταχύτητα ροής του, ώστε να υπάρχει χρόνος για μεγαλύτερη κατείσδυση του νερού στο υπέδαφος,

Τα έργα αυτά μπορεί να είναι επιπέδωση, εκσκαφή, διεύρυνση της κοίτης, επιφανειακή απόξεση αυτής, καθώς και κατασκευή προσωρινών αναχωμάτων και διαφραγμάτων μέσα στην κοίτη με κατεύθυνση εγκάρσια προς

τη ροή (σχήμα 1.9). Μ' αυτόν τον τρόπο είτε επιτυγχάνεται επιβράδυνση της ροής μέσα στην κοίτη είτε έχουμε σχηματισμό μικρών λιμνών γεγονός που διευκολύνει την κατείσδυση.

Ως υλικά για την κατασκευή των έργων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υλικά του υδρορεύματος τα οποία όμως παρασύρονται εύκολα από πλημμυρικές παροχές του υδρορεύματος κάτι το οποίο καθιστά τα έργα αυτά προσωρινού χαρακτήρα. Εξαιρέση αποτελούν τα πλευρικά αναχώματα τα οποία μπορούν να γίνουν μόνιμες κατασκευές εάν προστατευθούν με θαμνώδη βλάστηση, συρμάτινα πλέγματα κ.τ.λ.

Τελευταία έχει προταθεί τεχνητός εμπλουτισμός υδροφόρων στρωμάτων με επαναδραστηριοποίηση αδραντοποιημένων κοιτών ποταμοχειμάρρων (Διαμαντής κ.ά, 1994)

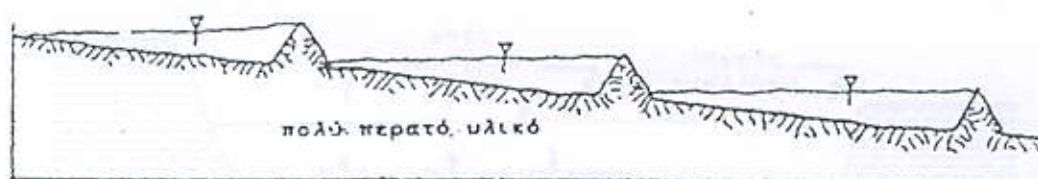
Γ) Φράγματα ανάσχεσης της χειμαρρικής ροής: Η κατασκευή μικρών, χαμηλών διαδοχικών φραγμάτων κατά μήκος των χειμάρρων η οποία ανακόπτει τη ροή των ομβρίων υδάτων έχει ως αποτέλεσμα μέρος αυτών να κατεισδύουν στο υπέδαφος και να εμπλουτίζουν τα υδροφόρα στρώματα (σχήμα 1.10). Τα έργα αυτά λειτουργούν ταυτόχρονα ως αντιπλημμυρικά και ελέγχουν ταυτόχρονα τη στερεοπαροχή των χειμάρρων.

Οι θέσεις των φραγμάτων αυτών επιλέγονται με βάση γεωμορφολογικά, γεωλογικά και υδρογεωλογικά κριτήρια. Κατασκευάζονται κυρίως σε ορεινές ή ημιορεινές περιοχές και ανάντη των υδρομαστευτικών έργων της περιοχής έτσι ώστε αυτά να ευνοούνται από τον εμπλουτισμό.

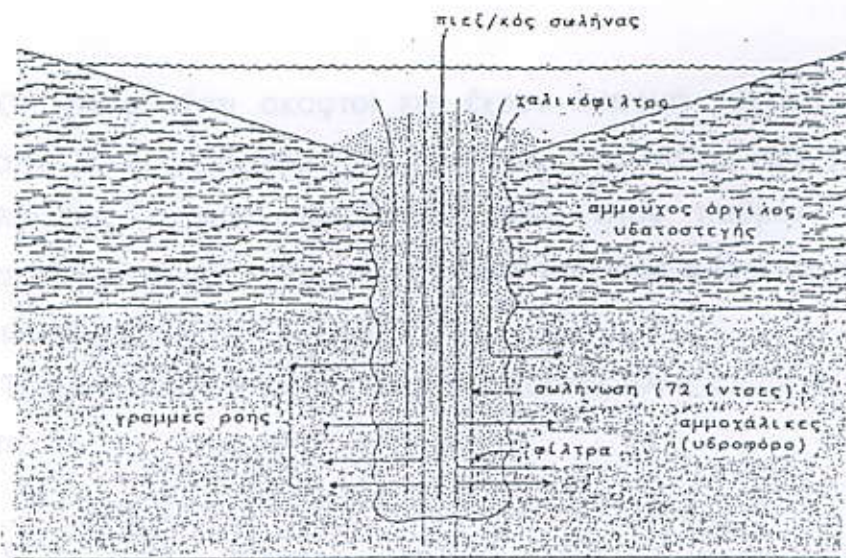
Δ) Οπές και λάκκοι: Οι οπές διαφέρουν από τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια στο ότι ο πυθμένας τους κατά κανόνα βρίσκεται πιο ψηλά από την υδροστατική στάθμη του υπογείου νερού. Γίνονται όπου τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους είναι αδιαπέρατα ή πολύ μικρής διαπερατότητας, ενώ κάτω από αυτά υπάρχουν πιο υδροπερατά στρώματα εδάφους. Οι οπές είναι σωληνωμένες ή ασωληνώτες και γεμίζονται, οι πρώτες προαιρετικά, οι δεύτερες υποχρεωτικά, με πλυμένο και διαβαθμισμένο χαλίκι (σχήμα 1.11 & 1.13).



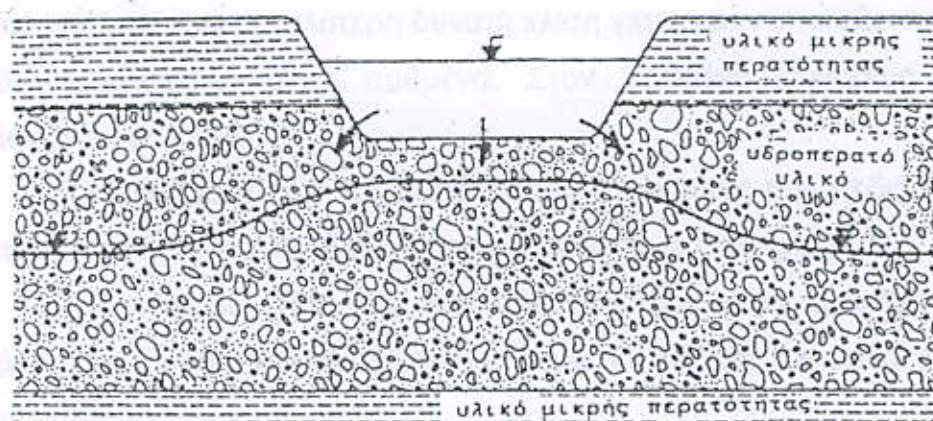
Σχήμα 1.9 Έργα τροποποίησης της κοίτης υδρορεύματος.



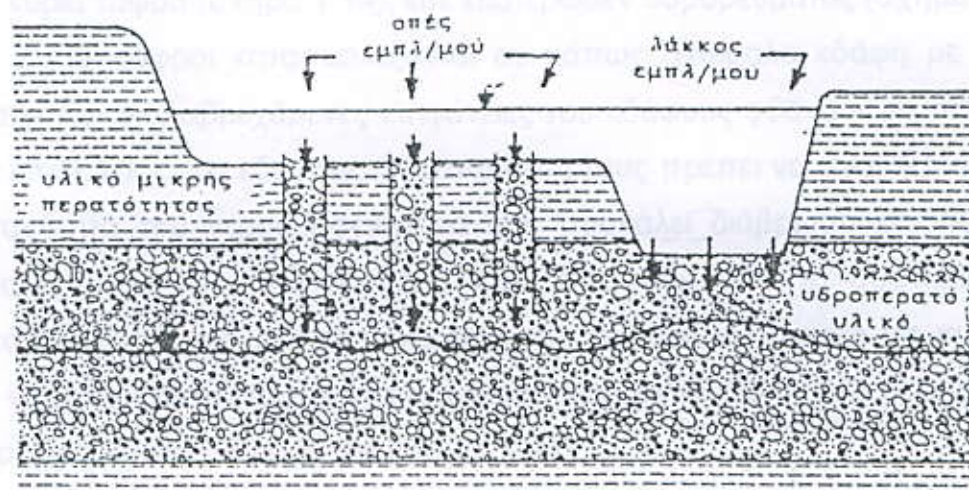
Σχήμα 1.10 Εμπλουτισμός του υδροφόρου με διαδοχικά φράγματα σε υδρόρευμα.



Σχήμα 1.11 Σωληνωμένη οπή γεμισμένη με διαβαθμισμένη άμμο.



Σχήμα 1.12 Λάκκος εμπλουτισμού.



Σχήμα 1.13 Σύνθετο έργο εμπλουτισμού με οπές και λάκκο. Οι οπές είναι γεμισμένες με χαλίκι.

Οι λάκκοι είναι σκαφτοί και έχουν διατομή κυκλική, ορθογώνια ή ακανόνιστη. Συνήθως η διάμετρός τους είναι μεγαλύτερη από το βάθος τους. Στους λάκκους η ιλύς επικάθεται κυρίως στον πυθμένα και το νερό εμπλουτισμού διηθείται από τις πλευρές που δεν φράσσονται εύκολα από ιζήματα ιλύος (σχήμα 1.12 & 1.13).

Τα έργα αυτά έχουν μικρό σχετικά κόστος αλλά και μικρή απορροφητική ικανότητα.

Ε) Ορύγματα, τάφροι και αυλάκια: Οι κατασκευές αυτές γίνονται για να συναντήσουν πιο υδροπερατό έδαφος από αυτό της επιφανείας. Το εύρος του πυθμένα στα ορύγματα είναι πιο μεγάλο από το βάθος τους. Τα τοιχώματα πρέπει να έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή κλίση για να μην επικάθεται ιλύς σ' αυτά αλλά να καθιζάνει στον πυθμένα. Στον πυθμένα συνήθως τοποθετείται διαβαθμισμένο χαλίκι

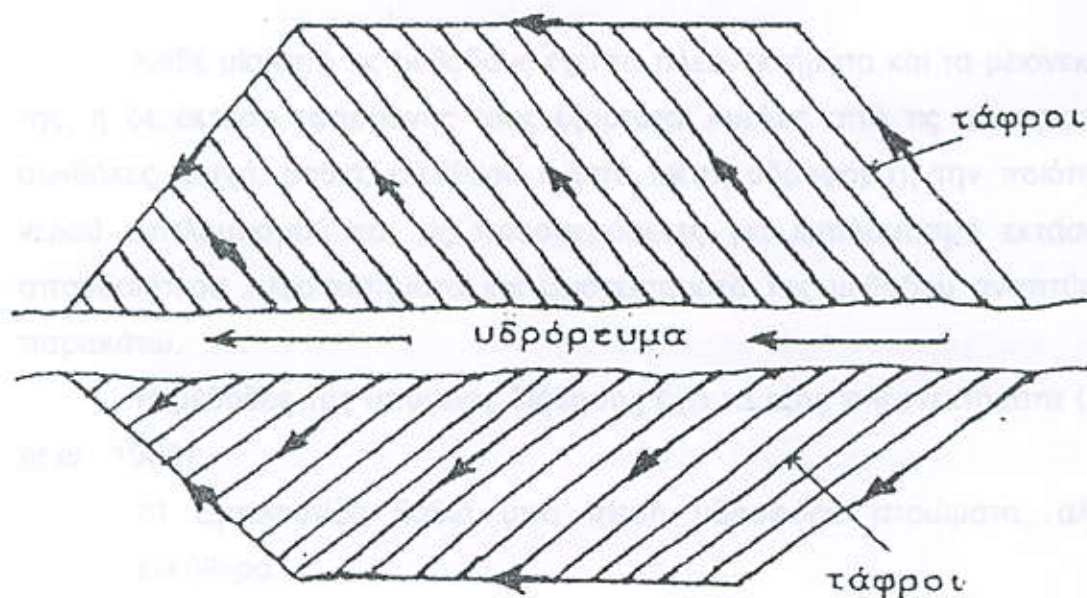
Τα ορύγματα γίνονται στα περιθώρια συνήθως των πεδιάδων και έχουν σκοπό να αξιοποιούν τα νερά χειμερινών συνήθως απορροών.

Στις τάφρους το εύρος του πυθμένα τους, που κυμαίνεται από 0.3-2 μέτρα, είναι μικρότερο από το βάθος τους. Οι τάφροι και αυλάκια γίνονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους και η μορφή που μπορούν να πάρουν είναι είτε μαιανδρική (κατά μήκος των ισοϋψών), είτε δενδροειδής, είτε πλευρική ως προς την κύρια τάφρο (σχήμα 1.14), είτε εκατέρωθεν υδρορεύματος (σχήμα 1.15).

Οι τάφροι κατασκευάζονται σε κάπως ανώμαλα εδάφη με αυξημένες κλίσεις και οι διαβρεχόμενες επιφάνειες του εδάφους φθάνουν το πολύ το 10% της επιφάνειας του εδάφους. Η κατασκευή τους πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε η ταχύτητα του νερού αφενός να μην προκαλεί διάβρωση και αφετέρου να μεταφέρει την ιλύ που αιωρείται στο νερό έξω από το σύστημα. Γι' αυτό κατασκευάζεται μία συλλεκτήρια τάφρος που έχει ως σκοπό να συγκεντρώνει και να παροχετεύει το πλεόνασμα νερού μαζί με το διαλυμένο σ' αυτό ποσοστό ιλύος στο φυσικό υδρόρευμα (σχήμα 1.14).



Σχήμα 1.14 Έργο εμπλουτισμού με δίκτυο τάφρων εκατέρωθεν της κύριας τάφρου.



Σχήμα 1.15 Εμπλουτισμός με κατάκλυση δικτύου τάφρων εκατέρωθεν υδρορεύματος.

ΣΤ) Πλημμυριζόμενες εκτάσεις: Ένας άλλος τρόπος εμπλουτισμού με κατάκλιση είναι ο εμπλουτισμός που επιτυγχάνεται κατακλύζοντας εκτάσεις με νερό. Οι κατακλύσεις αυτές εφαρμόζονται σε εδάφη με κάποια διαπερατότητα και με ήπιες κλίσεις και τροφοδοτούν τον υδροφόρο ορίζοντα. Η καλλιεργούμενη γη αυξάνει την κατακράτηση των εν αιωρήσει σωματιδίων του νερού κατά 90% στο ανώτερο τμήμα της και αυτό διευκολύνει την αναμόχλευσή τους μετά από όργωμα.

Περιφερειακά της έκτασης κατασκευάζεται ανάχωμα για τον περιορισμό της κατακλυζόμενης έκτασης. Το ύψος του νερού στην κατακλυζόμενη έκταση είναι μικρό, ενώ το πλεονάζον νερό συλλέγεται σε τάφρο κατάντη μέσω της οποίας οδηγείται στο ρέμα.

Παρόλο που η μέθοδος αυτή είναι απλή και φθηνή παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι η απορροφητικότητα του εδάφους μειώνεται αισθητά σε σύντομο χρονικό διάστημα ιδίως όταν το νερό περιέχει σε μεγάλα ποσοστά αιωρούμενα σωματίδια (άργιλος, ιλύς, κ.τ.λ.)

1.4. Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των δύο μεθόδων εμπλουτισμού

Κάθε μία από τις μεθόδους έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, η δε έκταση εφαρμογής τους εξαρτάται κυρίως από τις υδρογεωλογικές συνθήκες (ρηχά, βαθιά, ελεύθερα ή υπό πίεση υδροφόρα), την ποιότητα του νερού εμπλουτισμού και τις προσφερόμενες για εμπλουτισμό εκτάσεις. Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου αναπτύσσονται παρακάτω.

Η μέθοδος της υπόγειας διήθησης έχει τα εξής πλεονεκτήματα (Lichter, et al., 1980):

- α) Εμπλουτίζει βαθιά υπό πίεση υδροφόρα στρώματα, αλλά και ελεύθερα.
- β) Το νερό εμπλουτισμού διοχετεύεται απ' ευθείας στον υδροφορέα. Η άμεση αυτή τροφοδοσία έχει θετική ανταπόκριση στην ταχύτητα εμπλουτισμού.

γ) Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται πολύ μικρή έκταση. Μια γεώτρηση εμπλουτισμού χρειάζεται έκταση 20 m² περίπου.

δ) Τα έργα εμπλουτισμού (γεωτρήσεις, φρέατα) λειτουργούν και για άντληση νερού.

ε) Ο εμπλουτισμός δεν διακόπτεται όταν έχουμε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, γιατί η μεταφορά του νερού μπορεί να γίνεται με κλειστό αγωγό υπό το έδαφος.

Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα εξής (Lichter et al., 1980):

α) Η ποιότητα του νερού εμπλουτισμού πρέπει να είναι πολύ καλή, δηλαδή το νερό θα πρέπει να είναι πολύ καθαρό και να μην περιέχει μικροοργανισμούς που θα μπορούσαν να μολύνουν τον υδροφόρο.

β) Το κόστος κατασκευής των έργων εμπλουτισμού είναι συνήθως πολύ μεγάλο.

γ) Η απορροφητικότητα των γεωτρήσεων, που συνήθως είναι μερικές δεκάδες m³/h, μειώνεται προοδευτικά με το χρόνο εμπλουτισμού λόγω απόφραξης των φίλτρων και του υδροφόρου.

δ) Η επανανάπτυξη των γεωτρήσεων εμπλουτισμού σε πολλές περιπτώσεις είναι εργασία ακριβή και όχι πάντοτε επιτυχής.

Οι Richter and Chun (1959) αναφέρουν τα εξής πλεονεκτήματα της μεθόδου επιφανειακής κατάκλυσης - διήθησης:

α) Δημιουργείται μεγάλη επιφάνεια νερού σε επαφή με το έδαφος.

β) Δεν είναι απαραίτητο το νερό να είναι εντελώς καθαρό.

γ) το νερό εμπλουτισμού λόγω διήθησης του μέσα από την ακόρεστη ζώνη, φθάνει στον υδροφόρο με βελτιωμένη ποιότητα.

δ) Η κατασκευή των έργων γενικά είναι εύκολη και όχι δαπανηρή.

ε) Χρησιμοποιούνται υλικά της περιοχής για τη διαμόρφωση ή την κατασκευή των έργων.

Ως μειονέκτημα της μεθόδου μπορούν να αναφερθούν (Foxworthy, 1990, Lichter et al, 1980):

α) Η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές που υπάρχουν αδιαπέρατα στρώματα μεγάλου πάχους πάνω από τα υδροφόρα.

β) Η εφαρμογή της απαιτεί μεγάλες εκτάσεις εδάφους για κατακλύσεις.

γ) Η εφαρμογή της δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως δυσοσμίες, εστίες κουνουπικών, ποντικών κ.τ.λ.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΧΑΒΡΙΑ

2.1 Γενικά

Η υδρολογική λεκάνη του ποταμού Χαβρία βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της χερσονήσου της Χαλκιδικής νότια του όρους Χολομώντα, από όπου έχει και τις πηγές του, και βόρεια της χερσονήσου Σιθωνίας και του Τωρωναίου κόλπου στον οποίο και εκβάλλει και έχει έκταση 342Km².

Ο Χαβρίας έχει τις πηγές του στον ορεινό όγκο του Χολομώντα. Η κοίτη του είναι στενή και σχηματίζει μαιανδρισμούς έως περίπου 7km ανάντη των εκβολών του μέχρι την περιοχή καταβόθρα. Κατάντη της θέσης αυτής και κυρίως μετά την παλιά γέφυρα της Ορμύλιας – Βατοπεδίου διευρύνεται η κοίτη του.

Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης καλύπτεται από θαμνώδη και δασώδη έκταση. Στο πεδινό τμήμα καλλιεργούνται 200 στρέμματα θερμοκηπιακών καλλιεργειών, πάνω από 400.000 ελαιόδεντρα και πλήθος άλλων υπαίθριων καλλιεργειών.

2.2 Γεωλογική δομή

Τα στοιχεία που ελήφθησαν υπόψη προέρχονται από παλαιότερες γεωλογικές ή υδρογεωλογικές μελέτες και εκθέσεις και παραθέτονται παρακάτω. Επιπλέον παραθέτουμε και τον αντίστοιχο χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. ο οποίος μας βοηθάει να κατανοήσουμε καλύτερα τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης (σχήμα 2.1).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που καλύπτουν τον χώρο μελέτης είναι οι εξής:

- Δυτικά και βορειοδυτικά η σειρά ερυθρών αργίλων του Νεογενούς με υποκείμενους τους πρασινοσχιστόλιθους της μαγματικής σειράς Χορτιάτη.



Εκτύπωση: ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ - Α. ΣΚΟΥΡΙΑΣ Ε.Π.Ε.

ΣΧΗΜΑ 2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΟΛΟΚΑΙΝΟ



Αλλουβιακές αποθέσεις: αμμούχες άργιλλοι, άμμοι και ψηφίδες (al)
Παράκτιες αποθέσεις: άμμοι και θίνες (cd, dn)



Ιζήματα λιμνοθαλασσών: άμμοι και αμμούχες άργιλοι (h.lg).
Λιμναία ιζήματα: άργιλοι, ιλύς και άμμοι (h.ik).



Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: κυρίως άμμοι και κροκάλες (h.t.c.).

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ (χερσαίο)



Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων: άμμοι, ψηφίδες, κροκάλες κυρίως σχιστολιθικές, μικρής συνοχής.

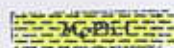
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ



Ριπίδια προσχώσεων: αλλουβιακά ριπίδια.

ΝΕΟΓΕΝΕΣ

ΑΝΩΤ. ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ – ΚΑΤ. ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ



Σειρά ερυθρών αργίλων: ερυθρές έως κεραμόχρωμες άργιλοι με μαρμαρυγία, κατά θέσεις αμμούχες με ψηφίδες και μικροκροκαλοπαγή καθώς και με ενστρώσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών και διάσπαρτων ασβεστιτικών συγκριμάτων (M₄-Pli.I).



Βασική σειρά κροκαλοπαγών: κροκαλοπαγή αδιαβάθμητα, πολυγενή, χερσαίας φάσης που εναλλάσσονται με ψαμμίτες. Οι κροκάλες και άλλα υλικά τοπικής προέλευσης είναι συγκολλημένα με ασβεστιτική ύλη. Η σειρά αυτή αποτελεί τους κατώτερους ορίζοντες της σειράς των ερυθρών αργίλων (M₄-Pli.I) προς την οποία μεταβαίνει πλευρικά (περιοχή Χωριού Ορμύλια) (M₁.c).

ΜΕΤΑΪΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ – ΧΟΛΟΜΩΝΤΑ

ΤΡΙΑΔΙΚΟ – ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

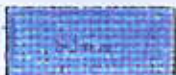
Ομάδα Σβούλας



Χαλαζίτες: ερυθροκάστανι σιδηρούχοι, λεπτό – έως μεσόκοκκοι, λεπτοστρωματώδεις και
Χαλαζιτικοί ψαμμίτες: σκοτεινότεφροι, ασβεστιτικοί.
Ενστρώσεις σκοτεινότεφρων φυλλιτών και τοπικά γραφιτικών σχιστολίθων και σκοτεινότεφρων ταινιών ψαμμιτικού ασβεστόλιθου.



Φυλλίτες: σκοτεινότεφροι έως μαύροι, μερικά γρανατούχοι, γραφιτικοί, με μικρές ενστρώσεις χαλαζίτη.



Ασβεστόλιθοι ανακρυσταλλωμένοι, μάρμαρα, χαλαζιακά σερικιτικά μάρμαρα και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι: λευκοί έως γαλαζωποί, παχυστρωματώδεις έως λεπτοστρωματώδεις, με ενστρώσεις μαύρων φυλλιτών.

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ

ΠΑΛΑΙΟΖΩΪΚΟ (ή παλαιότερο)

Σχηματισμός Βερτίσκου



Διμαρμαρυγιακοί γνευσιοί: σκοτεινότεφροι ή καστανοί, λεπτο – έως μεσόκοκκοι, με τοπικές μεταβάσεις προς γνεύσιους με οφθαλμοειδή ιστό και οφθαλμογνεύσιους. Ενστρώσεις γρανatoύχων διμαρμαρυγιακών – μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και σκοτεινότεφρων ή καστανωπών, λεπτόκοκκων ταινιωτών βιοιτικών γνευσίων. Συχνά διατέμνονται από πηγματοειδείς φλέβες και παρείσακτες κοίτες με ελαφρή φυλλοδομή και λεπτόκοκκες, απλιτικές, σχιστώδεις, γρανιτικές παρείσακτες κοίτες. Από μεταμόρφωση σε χλωριτικούς σχιστολίθους με υπολείματα αστρίων, δευτερογενής φύλλοδομή και μικροπτυχές.

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΧΙΣΤΩΔΗ

ΜΕΣΟΖΩΪΚΟ

Μαγματική σειρά Χορτιάτη



Πρασινοσχιστόλιθοι και αλβιτικοί γνεύσιοι: σκουροπράσινοι και καστανωποί, λεπτο – έως μεσόκοκοι, κυρίως επιδοιτικοί – χλωριτικοί σχιστόλιθοι και κεροστιλβικοί – επιδοιτικοί – αλβιτικοί γνεύσιοι με χαλαζία και μεταβάσεις προς ακτινολιθικούς – επιδοιτικούς – χλωριτικούς σχιστόλιθους.



Διορίτης και χαλαζιακός διορίτης (σύμπλεγμα Γερακινής): μεσόκοκος ελάχιστα σχιστώδης. Παρεμβάλλονται σκουροπράσινοι, λεπτόκοκοι επιδοιτικοί – χλωριτικοί – χαλαζιακοί σχιστόλιθοι και πιθανόν ηφαιστειακά πετρώματα ή τόφφοι.

Σειρά γάββρων Λαναρίου



Γάββρος: Ολιβινικός γάββρος υπερσθενικός γάββρος, αυγιτικός νορίτης, κεροστιλβικός γάββρος και μεταγάββρος που μεταβαίνει σε πυροξενίτη.

Υπερβασική σειρά



Πυροξενίτες: κυρίως βεμπτερίτης, επουσιώδης διαλλαγίτης και ολιβινικός διαλλαγίτης.



Δουνίτες και περιδοίτες: κυρίως βερίτης, μερικά λερζολιθικός και επουσιώδης μεταπεριδοίτης. Σπανιότερα απαντά χρωμίτης σε φακούς και λεπτά στρώματα κυρίως μέσα σε δουνίτες. Πολύ εξαπλωμένη εξαλλοίωση στις περιοχές μεταλλοφορίας λευκολίθου.



Αξιόλογη μεταλλοφορία λευκολίθου: σε πλέγμα φλεβιδίων και φλέβες.

ΚΛΙΜΑΚΑ :



- Βόρεια και βορειοανατολικά οι αλλουβιακές αποθέσεις του Ολιγοκαίνου με υποκείμενους τους χαλαζίτες της ομάδας Σβούλας.

- Ανατολικά η σειρά των ερυθρών αργίλων με υποκείμενη τη υπερβασική σειρά της μαγματικής σειράς Χορτιάτη,

- Δυτικά και νοτιοδυτικά η σειρά των ερυθρών αργίλων με υποκείμενη την υπερβασική σειρά της μαγματικής σειράς Χορτιάτη.

Οι σχηματισμοί αυτοί που συνιστούν τη μελετηθείσα περιοχή αρχίζουν από το Τριαδικό με μεταμορφωμένα πετρώματα, καλύπτουν το Μεσοζωικό με επί το πλείστον ημιμεταμορφωμένα πετρώματα και φθάνουν μέχρι το Ολόκαινο με τις αποθέσεις των σημερινών χειμάρρων. Υπάρχει όμως ένα μεγάλο στρωματογραφικό κενό, που αρχίζει στο Α. Κρητιδικό ή στις αρχές του Τριτογενούς και φθάνει μέχρι και πριν από το Πόντιο. Με βάση το κενό αυτό οι στρωματογραφικοί σχηματισμοί χωρίζονται σε προαλπικούς (Παλαιοζωικούς και Μεσοζωικούς) και σε μετααλπικούς (νεογενείς και τεταρτογενείς) σχηματισμούς.

2.2.1 Προαλπικοί σχηματισμοί

Μέσα στους προαλπικούς σχηματισμούς υπάρχουν μεγάλες μάζες βασικών και υπερβασικών οφειολιθικών πετρωμάτων. Οι τεκτονικές ενότητες οι οποίες συνιστούν την περιοχή και οι οποίες διαμορφώθηκαν από τις διάφορες ορογενετικές φάσεις με τη δράση τους πάνω στα Παλαιοζωικά και Μεσοζωικά πετρώματα είναι οι εξής από τα βορειοανατολικά προς τα νοτιοδυτικά:

A) Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα.

B) Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη.

Οι δύο αυτές ενότητες ανήκουν στην Περιοδοτική ζώνη και διαμορφώθηκαν ανεξάρτητα στο Μεσοζωικό παρ' όλο που δείχνουν να σχετίζονται με εν μέρει όμοιους ή παρόμοιους στρωματογραφικούς ορίζοντες και σποραδικά με επαφές των ιζημάτων τους.

A) Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα

Η ενότητα αυτή αποτελεί την βορειοανατολική παρυφή της περιοχής και περιλαμβάνει τους εξής λιθολογικούς – στρωματογραφικούς σχηματισμούς από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

α) Μάρμαρα και ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι, με λευκό έως κυανωπό χρώμα, ηλικίας Μέσου – Άνω Τριαδικού με συχνές παρεμβολές χαλαζιακών - σερικιτικών μαρμάρων, γραφιτικών φυλλιτών και σερικιτικών – ασβεστιτικών σχιστολίθων.

β) Φυλλίτες κοινοί, μαύροι γραφιτικοί και ψαμμιτικοί με λεπτές ενστρώσεις χαλαζιτών και πάχος περίπου 400 μέτρα.

γ) Φλύσχης ηλικίας Κάτω – Μέσου Ιουρασικού με τουρβιδιτικές εναλλαγές μετά-ιζημάτων (κοκκινοκάστανοι σιδηρούχοι χαλαζίτες, ασβεστιτικοί σκοτεινότεφροι ψαμμίτες, μάργες, ασβεστολιθικές ενστρώσεις και ενστρώσεις σκοτεινότεφρων φυλλιτών, γραφιτικών σχιστολίθων και ψαμμιτικών ασβεστολίθων) μέσα στα οποία παρατηρούνται και ολισθόλιθοι τριαδικών μαρμάρων. Ο φλύσχης αυτός αναφέρεται με το όνομα “φλύσχης της Σβούλας”.

Από τους παραπάνω λιθολογικούς – στρωματογραφικούς σχηματισμούς αυτής της ενότητας στην περιοχή της πεδιάδας της Ορμύλιας είναι ορατός μόνο ο φλύσχης ηλικίας Κάτω-Μέσου Ιουρασικού ενώ οι υπόλοιποι που αποτελούν τα βαθύτερα στρώματα δεν είναι ορατοί.

Το νοτιοδυτικό όριο της ενότητας Μελισσοχωρίου-Χολομώντα συμπίπτει με την επιφάνεια επώθησης της ενότητας αυτής προς τα νοτιοδυτικά επί της ενότητας Άσπρης βρύσης – Χορτιάτη. Η επώθηση αυτή διασχίζει την πεδιάδα της Ορμύλιας στο ύψος περίπου της παλιάς γέφυρας του Χαβρία όπως φαίνεται και στο γεωλογικό χάρτη που παραθέτουμε.

B) Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη

Η ενότητα αυτή είναι προς τη διεύθυνση της προηγούμενης ενότητας με παράταξη ΒΔ-ΝΑ και ακολουθεί αυτής προς τα ΝΔ με τεκτονική επαφή.

2.2.2 Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τους εξής λιθολογικούς - στρωματογραφικούς σχηματισμούς από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

α) Μετακλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα, μετά-ψαμμίτες, χαλαζίτες, χαλαζιακοί σχιστόλιθοι και μετά-κροκαλοπαγή ηλικίας Πέρμο-Τριαδικής.

β) Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας όπως μαύροι κερατόλιθοι, κόκκινοι αργιλικοί σχιστόλιθοι, μαύροι γραφιτικοί φυλλίτες, μάργες και χαλαζιακοί σχιστόλιθοι. Μέσα στα ιζήματα αυτά παρεμβάλλονται συχνά οφειολιθικά σώματα με βασικά και υπερβασικά πετρώματα (γάββροι, διορίτες, δουνίτες, πυροξενίτες, περιδοτίτες, σερπεντινίτες διαβάσεις).

Επίσης μέσα σε αυτά τα πετρώματα περιλαμβάνονται και πετρώματα μεταμορφωμένα όξινης μαγματικής προέλευσης. Πρόκειται για παλιούς διορίτες, γρανοδιορίτες και γρανίτες που μεταμορφώθηκαν στην πρασινοσχιστολιθική φάση και δημιούργησαν τους σημερινούς πράσινους επιγνεύσιους (ακτινολιθικοί, επιδοιτικοί, χλωριτικοί γνεύσιοι και αμφιβολιτικοί, βιοιτιτικοί γνεύσιοι) που εναλλάσσονται με τα μεταϊζήματα, φυλλίτες, σερικιτικούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες, χλωριτικούς-επιδοιτικούς σχιστόλιθους. Η ηλικία αυτών των επιγνευσίων διαπιστώθηκε ότι είναι Κάτω – Μέσω Κρητιδική.

Από τους παραπάνω λιθολογικούς-στρωματογραφικούς σχηματισμούς της ενότητας αυτής, στην περιοχή μελέτης είναι ορατές κάποιες εμφανίσεις μεταμορφωμένων πετρωμάτων όξινης μαγματικής προέλευσης και ειδικότερα πρασινοσχιστολίθων, αλβιτικών γνευσίων, διοριτών και χαλαζιακών διοριτών καθώς επίσης και παρεμβολές βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων (γάββροι, πυροξενίτες, δουνίτες και περιδοτίτες).

2.2.2 Μετααλπικοί σχηματισμοί

Μεγάλο ρόλο στην διαίτα των υπογείων νερών και γενικά στην γεωλογία της μελετηθείσης περιοχής παίζουν οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμοί για τους οποίους γίνεται λόγος αναλυτικότερα στην συνέχεια.

2.2.2.1 Νεογενείς σχηματισμοί

Στη σειρά των νεογενών αποθέσεων διακρίνονται οι κάτωθι σχηματισμοί από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

α) Κροκαλοπαγή. Εμφανίζονται κυρίως στα όρια των προαλπικών και μετααλπικών σχηματισμών, δηλαδή στην παρυφή της νεογενούς λεκάνης και έχουν εν μέρει τον χαρακτήρα των πλευρικών κορημάτων της εποχής εκείνης. Οι κροκάλες αυτών αποτελούνται από πετρώματα των προαλπικών σχηματισμών, έχουν ποικίλο μέγεθος και συνδέονται μεταξύ τους με ασβεστιτικό υλικό. Είναι αδιαβάθμητα, πολυγενή χερσαίας φάσης και εναλλάσσονται με ψαμμίτες. Η σειρά αυτή αποτελεί τους κατώτερους ορίζοντες της σειράς ερυθρών αργίλων προς την οποία μεταβαίνει πλευρικά, σαν αποσφηνούμενες ενστρώσεις με βαθμιαίες ή απότομες μεταβάσεις προς αυτήν, κοντά στην περιοχή του χωριού Ορμύλια.

β) Σειρά Ερυθρών αργίλων (ερυθροπυλών). Η σειρά αυτή αποτελείται από αργίλους ερυθρές ως κεραμόχρωμες. Στις αργίλους αυτές διακρίνονται συχνά πολλά φυλλάρια μαρμαρυγία ενώ κατά θέσεις είναι αμμούχες με ψηφίδες και μικροκροκαλοπαγή. Συχνές είναι οι ενστρώσεις ασβεστιτικών ψαμμιτών και διάσπαρτων ασβεστιτικών συγκριμάτων.

Πλευρικώς προς τις ορεινές περιοχές μεταπίπτουν τα στρώματά της σειράς αυτής προς την πιο πάνω περιγραφείσα σειρά των κροκαλοπαγών.

Τα στρώματα της σειράς αυτής είναι οριζόντια έως ελαφρώς κεκλιμένα ομόρροπα προς την γενική κλίση της επιφάνειας. Το πάχος της στα περιθώρια της νεογενούς λεκάνης είναι μικρό στη μεν κεντρική ζώνη αυτής γίνεται αρκετά μεγάλο.

Μεγάλη εξάπλωση αυτής της σειράς παρατηρείται κοντά στο κατώτερο τμήμα της κοίτης του Χαβρία.

3. ΥΑΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.2.2.2 Τεταρτογενείς σχηματισμοί

α) Πλειστόκαινο: Το πλειστόκαινο παρουσιάζεται κυρίως με τη μορφή αναβαθμίδων και προσχωσιγενών ριπιδίων με άμμους, ψηφίδες, κροκάλες, μικρής συνοχής. Τα χονδροκλαστικά υλικά αποτελούνται κυρίως από θραύσματα χαλαζιτών, χαλαζία, κρυσταλλικών σχιστολίθων και μαγματικών πετρωμάτων. Τα στρώματά τους είναι οριζόντια κυρίως, σπάνια ελαφρώς κεκλιμένα. Το πάχος του Πλειστοκαίνου είναι το πολύ λίγες δεκάδες μέτρα.

β) Ολόκαινο: Σ' αυτό περιλαμβάνονται διάφοροι σύγχρονοι σχηματισμοί που έχουν την μορφή χαλαρών προσχώσεων κοιλάδας από άμμους, αμμούχες αργίλους, ψηφίδες και κροκάλες, αποθέσεων χειμάρρων από χονδρόκοκκα κλαστικά υλικά, αλλουβιακών ριπιδίων, λιμναίων και λιμνοθαλάσσιων αποθέσεων από αργίλους, ιλύ, άμμους και αμμούχες αργίλους, παράκτιων αποθέσεων από αμμόδη αναχώματα και θίνες όπως και πλευρικών κορημάτων.

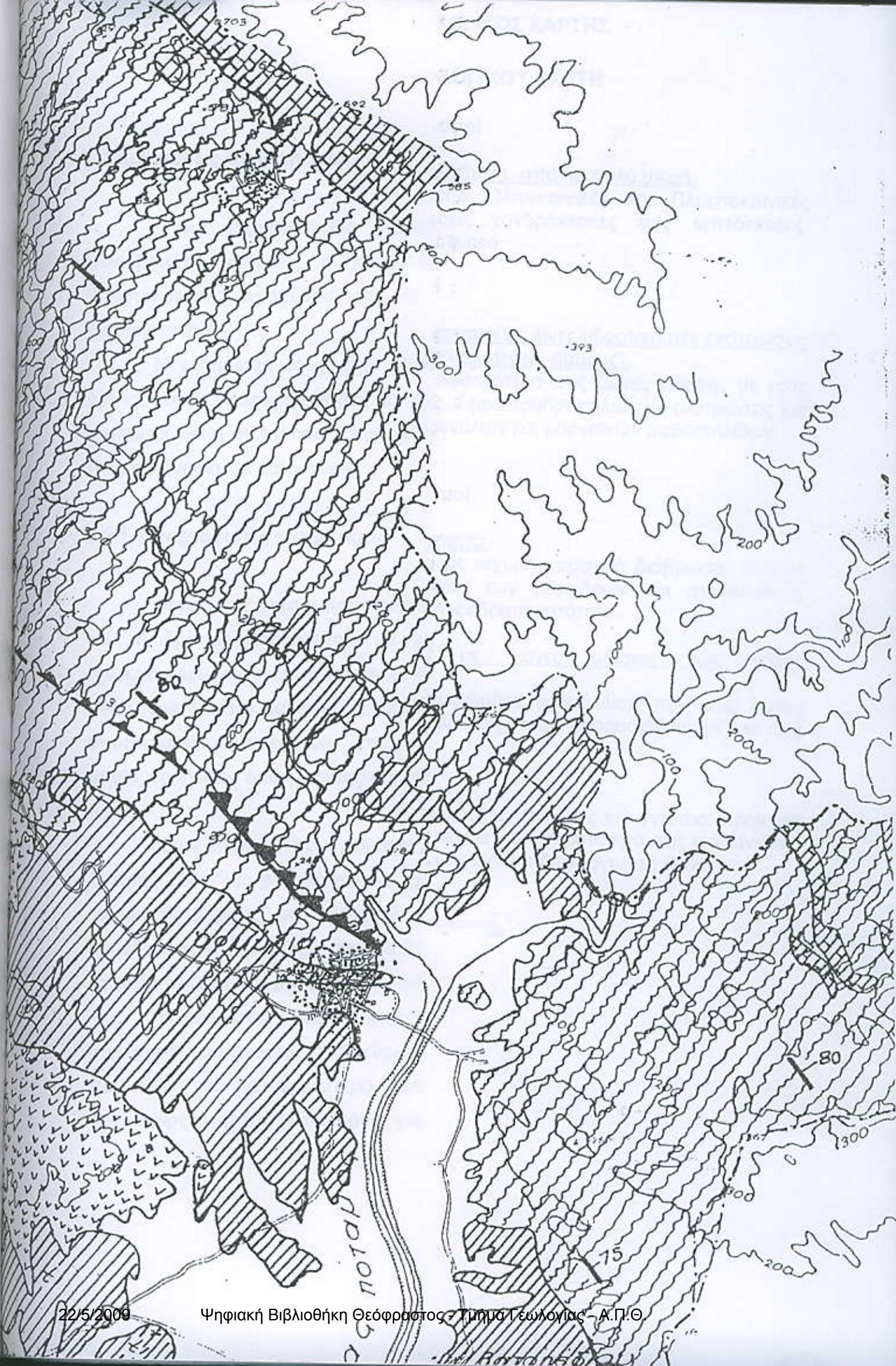
Το πάχος των σχηματισμών αυτών ξεπερνάει τα 50 μ. στα χαμηλότερα σημεία της κοιλάδας του Χαβρία.

3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ- ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ

3.1. Γενικά

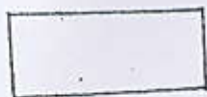
Για την μελέτη της κυκλοφορίας των υπογείων νερών και των ποσοτήτων τους στο υπέδαφος, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών που το συνθέτουν. Η συμπεριφορά αυτή εξαρτάται από τη λιθολογική σύσταση, την κοκκομετρική σύνθεση, την τεκτονική δομή και το βαθμό διάρρηξης των πετρωμάτων. Για τη γνώση όλων αυτών συντάχθηκε υδρολιθολογικός χάρτης υπό κλίμακα 1:50000 (σχήμα 3.1). Στη μελετηθείσα περιοχή υπάρχει ποικιλία πετρωμάτων, η υδρογεωλογική συμπεριφορά των οποίων ποικίλει. Για την αναλυτική περιγραφή της κρίθηκε αναγκαίο να χωρίσουμε τους γεωλογικούς σχηματισμούς σε δύο βασικές ομάδες σε κάθε μια από τις οποίες τόσο ο μηχανισμός κίνησης των υπογείων νερών, όσο και η ικανότητα αποθήκευσής και απόληψης αυτών, παρουσιάζουν σημαντικές αλλαγές.

- Στην πρώτη ομάδα περιλαμβάνονται οι κοκκώδεις σχηματισμοί, η υδροπερατότητα των οποίων οφείλεται στους ανοιχτούς πόρους που υπάρχουν στα μεταξύ των κόκκων διάκενα. Εδώ υπάγονται όλοι οι σχηματισμοί του πληρώματος της λεκάνης, δηλαδή οι αποθέσεις χερσαίας, λιμναίας και θαλάσσιας φάσης.
- Στη δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονται όλοι οι σχηματισμοί του υποβάθρου, οι οποίοι αποτελούνται από βραχώδη πετρώματα (μεταμορφωμένα, οφειόλιθοι,) με μικρή ή μεγάλη υδροπερατότητα η οποία οφείλεται στο υφιστάμενο μέσα στη μάζα τους δίκτυο επιφανειών ασυνέχειας, δηλαδή επιφανειών στρώσης και σχιστότητας, διακλάσεις κ.τ.λ.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ

Α) Τεταρτογενείς σχηματισμοί



Μέτρια ως μεγάλη υδροπερατότητα, σπάνια πολύ μικρή. Περιορισμένες εκτάσεις από Ολιγοκαινικές και Πλειστοκαινικές αποθέσεις από προσχώσεις χονδρόκκοκες έως λεπτόκκοκες, αλλουβιακά ριπίδια και κορρήματα.

Β) Νεογενείς σχηματισμοί



Κυρίως υδροστεγανοί σχηματισμοί με λίγες υδροπερατές ενστρώσεις από χονδρόκκοκα υλικά (κροκαλοπαγή, άμμους).

Τα κροκαλοπαγή γίνονται αφθονότερα στις ζώνες επαφής με τους προνεογενείς σχηματισμούς. Σειρά ερυθροπηλών με ενστρώσεις και φακούς μαργών, άμμων, κροκάλων και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Ηλικία: Άνω Μειόκαινο.

Γ) Προνεογενείς σχηματισμοί



Μεγάλη σχετικά υδροπερατότητα.

Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα με ισχυρή καρστική διάβρωση. Πολλές φορές παρεμβάλλονται εντός των μαρμάρων και σχιστολιθικές ενστρώσεις, που μειώνουν την υδροπερατότητα.



Πρακτικώς υδροστεγανά με ζώνες μέτριας έως καλής υδροπερατότητας.

Βασικά και υπερβασικά πετρώματα (οφειόλιθοι) που στις ζώνες έντονης διάρρηξης και εξαλλοίωσης τους παρουσιάζουν μέτρια έως καλή υδροπερατότητα.



Υδροστεγανά πετρώματα.

Κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, φυλλίτες και γνεύσιοι πρακτικά υδροστεγανοί με μικρή έως μέτρια υδροπερατότητα στις επιφανειακά αποσαθρωμένες καθώς και στις έντονα διερρηγμένες ζώνες.

ΚΛΙΜΑΚΑ:



3.2 Κοκκώδεις σχηματισμοί

Στους σχηματισμούς αυτούς ανήκουν οι σύγχρονες και παλιές αλλουβιακές αποθέσεις, οι κώνοι κορημάτων, τα πλευρικά κορήματα, οι Πλειστοκαινικές αποθέσεις και οι νεογενείς σειρές (ερυθροπηλών και κροκαλοπαγών).

Η εξάπλωσή τους στην περιοχή μελέτης είναι πολύ μεγάλη, όπως φαίνεται στον γεωλογικό χάρτη και το μεγαλύτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον συγκεντρώνεται σε αυτούς. Στην συνέχεια περιγράφονται οι σχηματισμοί αυτοί κατά κατηγορία και κατά ηλικία.

3.2.1 Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Γενικά στις Τεταρτογενείς αποθέσεις, εξ' αιτίας του τρόπου σχηματισμού τους, η υδροπερατότητα μπορεί να ποικίλει έντονα από θέση σε θέση τόσο κατά την κατακόρυφη έννοια όσο και κατά την οριζόντια. Αυτό εξαρτάται από την φύση, την διάταξη και την κοκκομετρική σύσταση των υλικών από τα οποία αποτελούνται και επομένως από τη φύση των μητρικών πετρωμάτων από τα οποία προήλθαν όπως επίσης και από τις συνθήκες μεταφοράς και απόθεσής τους.

Στην περιοχή που μελετούμε, την πεδιάδα της Ορμύλιας, συνολικής έκτασής 20km², το χαμηλό πεδινό τμήμα της λεκάνης που μας ενδιαφέρει, είναι τριγωνικής μορφής, με τον μεγάλο του άξονα διεύθυνσης βορειοανατολικής-νοτιοδυτικής να έχει μήκος περί τα 8km, ενώ το άνοιγμα προς τη θάλασσα από τη νότια πλευρά έχει μήκος περίπου 5km.

Η λιθολογική σύσταση και η κοκκομετρία των προσχώσεων ποικίλει. Τα συστατικά προέρχονται κατά κύριο λόγο από τα μεταμορφωμένα πετρώματα που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής του Χαβρία και συγκεκριμένα από σχιστόλιθους, γνευσίους και χαλαζίτες. Σε μικρότερα ποσά

απαντούν υλικά αποσάθρωσης κροκαλοπαγών και ερυθροπηλών και σε ακόμη μικρότερη οφειολιθικά υλικά (κυρίως Γάββρων)

Από πλευράς κατανομής της κοκκομετρίας των υλικών σημειώνονται τα εξής:

α) Στον ανάντη τομέα της περιοχής εξάπλωσης των αλλουβίων, επι μήκους 4km και έκτασης περίπου 5km², τα υλικά είναι σχεδόν εξ'ολοκλήρου χονδρόκοκκα (άμμος, αμμοχάλικο, κροκάλες) και σε πολλές περιοχές γίνεται εντατική αμμοληψία. Το πάχος τους κυμαίνεται από λίγα μέτρα στις παρυφές μέχρι και περισσότερο από 50 μέτρα στην κεντρική ζώνη (γεώτρηση που έγινε στην περιοχή από την Υ.Ε.Β. για λογαριασμό της κοινότητας Ορμύλιας το 1976 διέτρυσε σε όλο της το μήκος, μέχρι βάθους 47 μέτρων χονδρόκοκκα αλλούβια).

β) Στον κατάντη ανατολικό τομέα σε μία ζώνη, πλάτους περίπου 1 και μήκους περίπου 4 χιλιομέτρων, παράλληλη προς την κοίτη του ποταμού, η κοκκομετρία των υλικών είναι σχεδόν η ίδια με του προηγούμενου ανάντη τομέα, δηλαδή έχουμε και εδώ υλικά χονδρόκοκκα.

γ) Στον κατάντη δυτικό και κεντρικό τομέα έκτασης περί τα 10 τετραγωνικά χιλιόμετρα , η αναλογία σε λεπτόκοκκα υλικά είναι μεγαλύτερη λόγω απόθεσης υλικών που προέρχονται αφ'ενός μεν από τη διάβρωση των κοντά σ' αυτόν ερυθροπηλούς και αφ' εταίρου από τις πλημμύρες του ποταμού Χαβρία.

Το υπόβαθρο των αλλουβίων, στο 80% της έκτασής τους, αποτελείται από τη νεογενή σειρά των ερυθροπηλών και κροκαλοπαγών. Ανάντι μόνο της γραμμής Ορμύλιας- Μονή Βατοπεδίου, τα αλλούβια επίκεινται στα μεταμορφωμένα πετρώματα και σε μία ζώνη στο νοτιοανατολικό άκρο της πεδιάδας πάνω σε γάββρους, οι οποίοι κατάντη της προαναφερθείσας γραμμής αποτελούν το υπόβαθρο των κοκκινοπηλών και των κροκαλοπαγών.

Η κατανομή αυτή των προσχώσεων στο χώρο επιτρέπει την ανάπτυξη τόσο φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα όσο και υπό πίεση.

Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας υπόκειται σήμερα σε εντατική εκμετάλλευση, με ένα πλήθος από γεωτρήσεις που ο αριθμός τους υπερβαίνει τις 1000. Το δίκτυο είναι πολύ πυκνό και μόνο στον νοτιοδυτικό τομέα λόγω

λιγότερο ευνοϊκών υδρογεωλογικών συνθηκών (χαμηλή υδαταγωγιμότητα, βαθύτερη στάθμη, παρουσία ερυθροπηλών) τα υδροληπτικά έργα είναι αραιότερα. Επίσης στον παραλιακό τομέα των χέρσων εκτάσεων δεν υπάρχουν καθόλου υδροληπτικά μέτρα.

Η υπό πίεση υδροφορία έχει διαπιστωθεί κυρίως στην κατάντη ανατολική ζώνη που οι υδρολιθολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ευρύτερη ανάπτυξη υδροφορίας υπό πίεση. Η γεώτρηση ύδρευσης της περιοχής Μεταμόρφωσης (αριθμός μητρώου 100), είναι μία από τις γεωτρήσεις που υδρομαστεύουν υπό πίεση υδροφόρο στρώμα.

3.2.2 Νεογενή

Οι νεογενείς αποθέσεις αντιπροσωπεύονται στην περιοχή που μελετούμε από την σειρά των ερυθροπηλών με την κατώτερη σειρά των κροκαλοπαγών.

Τα αναπτυσσόμενα στις παρυφές της λεκάνης κροκαλοπαγή, υποκείμενα της σειράς των ερυθροπηλών ή απόσφηνούμενα εντός αυτής παρουσιάζουν το ίδιο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον με αυτούς με διαφορά την καλή ικανότητα κατείσδυσης που αυτά παρουσιάζουν ενώ κατά τα άλλα μόνο ποσοτικές διαφορές παρουσιάζουν από την υδρογεωλογική συμπεριφορά των ερυθροπηλών. Έχουν δηλαδή και τα κροκαλοπαγή φακοειδή ανάπτυξη με ενδιαστρώσεις αργίλων, μόνο που στη σειρά αυτή υπερτερούν τα αδρομερή συστατικά.

Η σειρά των ερυθροπηλών αποτελείται από υδροστεγανούς κοκκιοπηλούς και υδροπερατά μικροκροκαλοπαγή και ασβεστιτικούς ψαμμίτες. Προς τις παρυφές της λεκάνης αυξάνει η αναλογία σε χονδρόκοκκα υλικά με τελική επικράτηση της βασικής σειράς των κροκαλοπαγών που αναφέρθηκε παραπάνω.

Στη μεγαλύτερη έκταση της σειράς των ερυθροπηλών παρεμβάλλονται, υπο μορφή φακών ή απόσφηνούμενων διαστρώσεων ποικίλου πάχους, τα αδρομερή υλικά (μικροκροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστιτικά συγκρίματα).

Πολλοί από τους φακούς και τις αποσφηνούμενες διαστρώσεις τροφοδοτούνται με νερά, είτε εκ πλευρικής τροφοδοσίας από τη σειρά των κροκαλοπαγών είτε από απ' ευθείας κατεισδύσεις επιφανειακών νερών όταν τα τμήματά τους αναπτύσσονται στην επιφάνεια του εδάφους. Σε ιδανικές τέτοιες περιπτώσεις είναι δυνατόν να δημιουργηθούν συνθήκες υδροφορίας υπό πίεση. Τις περισσότερες όμως φορές οι υδροπερατοί αυτοί φακοί και οι αποσφηνούμενες διαστρώσεις βρίσκονται εγκλωβισμένοι και δεν είναι δυνατόν να τροφοδοτηθούν με νερά.

3.3 Βραχώδεις σχηματισμοί υποβάθρου

A) Μεταμορφωμένα πετρώματα

Στην ομάδα αυτή ανήκουν όλα τα πετρώματα των ενοτήτων Μελισσοχωρίου – Χολομώντα και Άσπρης βρύσης – Χορτιάτη που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης εκτός από τα οφειολιθικά πετρώματα.

Τα πετρώματα αυτά, από τελούμενα από σχιστόλιθους και γνευσίους, είναι πρακτικώς αδιαπέρατα και στεγανά και μόνο κατά μήκος ζωνών μηλονιτίωσης, έντονης διάρρηξης και εξαλλοίωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί υπόγεια ροή.

B) Βασικά-υπερβασικά πετρώματα

Από άποψη υδρολιθολογικής ταξινόμησης και τα πετρώματα αυτά πρέπει να υπαχθούν στα πρακτικώς στεγανά με δυνατότητα διακίνησης των υπογείων νερών μέσα σ' αυτά μόνο κατά μήκος μυλονιτιωμένων, διερρηγμένων, και εξαλλοιωμένων ζωνών όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

Σε ορισμένες περιπτώσεις που οι σερπεντινίτες βρίσκονται σε πάρα πού προχωρημένο στάδιο εξαλλοίωσης, η ανάπτυξη υδροφορίας είναι δυνατή, όπως έχει διαπιστωθεί από υδρογεωτρήσεις στην περιοχή της Γερακινής.

Οι συνθήκες υδροπερατότητας, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, των πετρωμάτων αυτής της κατηγορίας καθώς και της προηγούμενης καθώς και οι

τοπογραφικές συνθήκες εξάπλωσής τους τα θέτουν έξω από κάθε υδρογεωλογικό ενδιαφέρον μέσα στα πλαίσια της μελέτης.

3.4 Φρεάτιος ορίζοντας πεδιάδας Χαβρία

Ο φρεάτιος ορίζοντας των αλλουβίων του ποταμού Χαβρία αποτελεί τυπική περίπτωση ακτινωτού υδροφόρου ορίζοντα, με αποκλίνουσες γραμμές ροής, που ο άξονας εκκινήσεώς τους συμπίπτει στο ανάντη τμήμα της λεκάνης με την κοίτη του ποταμού και στον κατάντη με τον επιμήκη άξονα της τριγωνικής πεδιάδας της Ορμύλιας.

Αυτό δείχνει ότι στον ανάντι τομέα στην περίοδο των υψηλών υδάτων ο ποταμός μέσω της διήθησης τροφοδοτεί τον φρεάτιο ορίζοντα και στον κατάντη ο φρεάτιος ορίζοντας εκτονώνεται στην κοίτη του ποταμού, πράγμα που εκδηλώνεται στους πιεζομετρικούς χάρτες με τη μη σύμπτωση της κοίτης με τον άξονα απόκλισης των γραμμών ροής. Το φαινόμενο αυτό γίνεται εμφανές στην επιφάνεια σε περιόδους κατά τις οποίες έχει σταματήσει η ροή στο ανάντη τμήμα της κοίτης του ποταμού ενώ στο κατάντη εξ' αιτίας της εκτόνωσης του φρεάτιου ορίζοντα πραγματοποιείται ροή των υπογείων υδάτων προς την κοίτη και διαμέσου αυτής προς την θάλασσα ακόμη και κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου κατά την οποία πραγματοποιούνται εντατικές αντλήσεις. Οι μετρήσεις στις δύο γέφυρες έδειξαν ότι στην κατάντη η μέση ετήσια παροχή είναι κατά $0.1\text{m}^3/\text{sec}$ μεγαλύτερη της ανάντη.

Η υδραυλική κλίση παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις, με τιμές που κυμαίνονται κατά περιοχές. Στην ανάντη ζώνη κυριαρχούν μεγαλύτερες γενικά υδραυλικές κλίσεις έναντι της περιοχής προς τη θάλασσα. Αυτό οφείλεται κυρίως στην διεύρυνση του μετώπου διακίνησης των υπογείων νερών όσο πλησιάζουμε προς τη θάλασσα και όχι στην αύξηση της υδροπερατότητας προς τα κατάντη.

Οι τιμές του υδραυλικού φορτίου κυμαίνονται από 10 έως 20 μέτρα στην ανάντη ζώνη βορείως της γέφυρας Ορμύλιας – Βατοπεδίου, κατάντη δε αυτής μέχρι της εθνικής οδού Θεσσαλονίκης – Σιθωνίας από 10 έως 2-3 μέτρα και από

2-3 μέτρα έως μηδέν από την εθνική οδό μέχρι τη θάλασσα. Η μέση τιμή για όλη την πεδιάδα είναι 5,55 μέτρα και στην θέση της κατάντη γέφυρας 2,02 μέτρα.

3.5 Τροφοδοσία και διακίνηση των υπογείων νερών

Η κυρίως τροφοδοσία του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα του Χαβρία πραγματοποιείται από τον αντίστοιχο χείμαρρο και μάλιστα, από το ανάντη τμήμα της πεδιάδας. Η ζώνη τροφοδοσίας εντοπίζεται ανάντη της γέφυρας Ορμύλιας – Βατοπεδίου στους δύο κλάδους του ποταμού, εκ των οποίων ο κυρίως κλάδος είναι σχεδόν συνεχής ροής. Ο δημιουργούμενος φρεάτιος ορίζοντας ρέει με ακτινωτή μορφή προς τα νότια και η ανά μονάδα πλάτους υπόγεια παροχή του ελαττώνεται για τους εξής λόγους: α) γιατί το εύρος του υδροφορέα αυξάνει σημαντικά όσο βαίνουμε προς τα κατάντη και το πάχος της υδροφόρου στήλης ελαττώνεται, β) γιατί οι αφαιρούμενες λόγω αντλήσεων ποσότητες υπογείων νερών για αρδεύσεις αυξάνουν προς τα κατάντη, γ) γιατί η υδροπερατότητα και η υδραυλική κλίση ελαττώνονται και δ) γιατί από το μέσον της πεδιάδας και νοτιότερα ο φρεάτιος ορίζοντας εκτονώνεται στην κοίτη του Χαβρία. Το σημείο του ποταμού νοτίως του οποίου αρχίζει η εκτόνωση, κατά την περίοδο των υψηλών υδάτων μετατοπίζεται βορειότερα.

3.5.1. Καταγραφή υδρογεωτρήσεων

Για να εξαχθούν συμπεράσματα για την πιεζομετρική στάθμη του υδροφορέα λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία 32 υδρογεωτρήσεων (Ι. Παπαγεωργάκης, Ι. Κουμαντακης, 1978) οι οποίες βρίσκονται σε κοντινή θέση από την κοίτη του Χαβρία. Η ακριβής θέση των γεωτρήσεων και ο αριθμός μητρώου τους (Σ.Ε.Υ.) σημειώνονται στον χάρτη που παρατίθεται παρακάτω (σχήμα 3.2). Επιπλέον ο πίνακας 1 περιέχει τα στοιχεία των σταθμημετρήσεων των γεωτρήσεων αυτών. Με βάση αυτά τα στοιχεία χαράχθηκαν ισοπιεζομετρικές και ισοβαθείς καμπύλες (σχήματα 3.3 έως 3.10) καθώς και

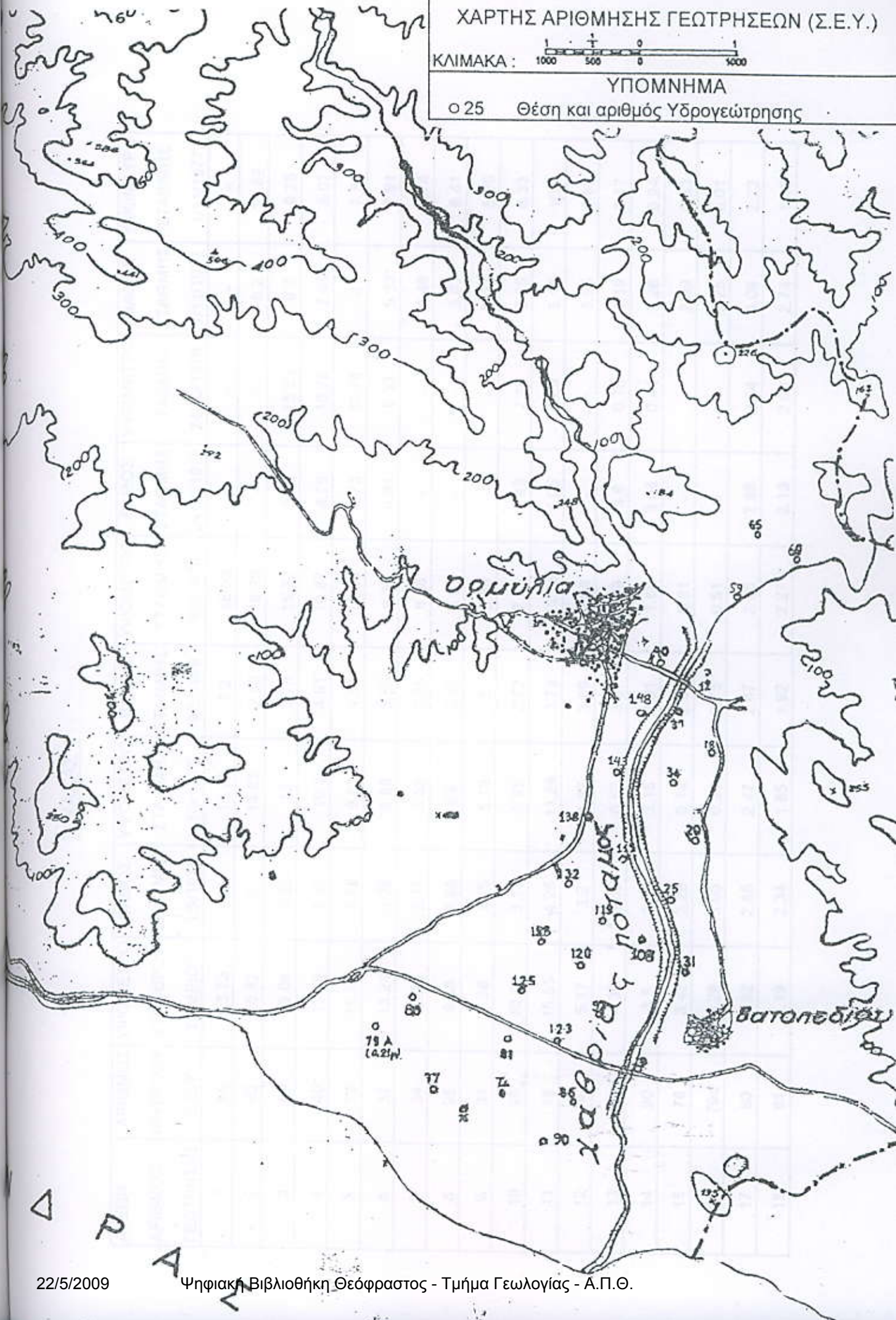
Σχήμα 3.2

ΧΑΡΤΗΣ ΑΡΙΘΜΗΣΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ (Σ.Ε.Υ.)

ΚΛΙΜΑΚΑ : 1 0 1
1000 500 0 1000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ο 25 Θέση και αριθμός Υδρογεώτρησης



ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΑΥΞΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ Σ.Ε.Υ.	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΕΡΟΥ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ
ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ			ΣΗΜΕΙΟΥ	1/9/1975	9/5/1976	9/5/1976	24/10/1976	24/10/1976	24/10/1976	1/11/1977	1/11/1977
1	65		23.73	10	13.73	7.2	16.53	-	-	-	-
2	60		20.82	6	14.82	2.53	18.29	-	-	9.2	11.62
3	59		19.08	6.08	13	3.75	15.32	3.85	15.23	9.8	9.28
4	40		15.48	5.38	10.1	4.61	10.87	4.79	10.76	7.41	8.07
5	12		15.51	5.68	9.83	4.57	10.94	4.73	10.78	8	7.51
6	37		13.24	4.38	8.86	3.85	9.39	4.91	8.33	5.33	7.91
7	34		12.23	3.71	8.52	3.35	8.88	-	-	4.49	7.74
8	25		9.48	2.88	6.6	2.57	6.91	-	-	3.07	6.41
9	31		7.38	2.25	5.13	2	5.38	-	-	2.33	5.05
10	20		10.08	3.13	6.95	2.72	7.36	2.93	7.15	3.75	6.33
11	18		15.55	4.26	11.29	3.79	11.76	4.05	11.5	5.15	10.4
12	9		5.17	3.2	1.97	3.09	2.08	-	-	3.55	1.62
13	86		4.36	3.83	0.53	3.37	0.99	3.6	0.76	4.19	0.17
14	90		3.5	3.35	3.15	1.91	1.69	3.06	0.44	3.26	0.24
15	76		3.42	3.28	0.14	2.61	0.81	-	-	2.99	0.43
16	79α		3.26	3.05	0.21	2.75	0.51	-	-	3.25	0.01
17	80		5.32	2.85	2.47	2.47	2.85	2.68	2.64	3.09	2.23
18	81		4.19	2.34	1.85	1.92	2.27	2.13	2.06	2.74	1.45

ΠΙΝΑΚΑΣ 1(ΣΥΝΕΧΕΙΑ)

ΑΥΞΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΒΑΘΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΒΑΘΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΒΑΘΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΒΑΘΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ
ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	Σ.Ε.Υ.	ΣΗΜΕΙΟΥ	1/9/1975	1/9/1975	9/5/1976	9/5/1976	24/10/1976	24/10/1976	24/10/1976	1/11/1977	1/11/1977
19	77	3.08	2.94	0.14	2.59	0.49	2.61	0.47	2.9	1.18	
20	74	4.13	3.24	0.89	2.76	1.37	-	-	3.35	0.78	
21	125	5.92	2.05	3.87	1.55	4.37	1.87	4.05	2.18	3.74	
22	128	7.78	2.98	4.8	2.38	5.4	2.7	5.08	3	4.78	
23	132	7.91	2.65	5.26	2.17	5.74	2.4	5.51	2.77	5.14	
24	148	12.49	3.38	9.11	-	-	-	-	-	-	
25	143	11.73	3.52	8.21	3.37	8.36	3.27	8.46	4.5	7.23	
26	112	9.59	3.77	5.82	3.06	6.53	3.02	6.57	3.52	6.07	
27	138	10.29	3.54	6.75	-	-	-	-	-	-	
28	108	8.63	4.09	4.54	-	-	-	-	-	-	
29	97	6.49	3.77	2.68	3.25	3.24	3.54	2.91	3.78	2.67	
30	119	8.01	2.72	5.29	2.18	5.83	2.49	5.52	2.8	5.21	
31	120	6.41	1.3	5.11	0.85	5.56	1.19	5.22	1.39	5.02	
32	123	5.7	3.4	2.3	2.9	2.8	-	-	3.4	2.3	

Σχήμα 3.3

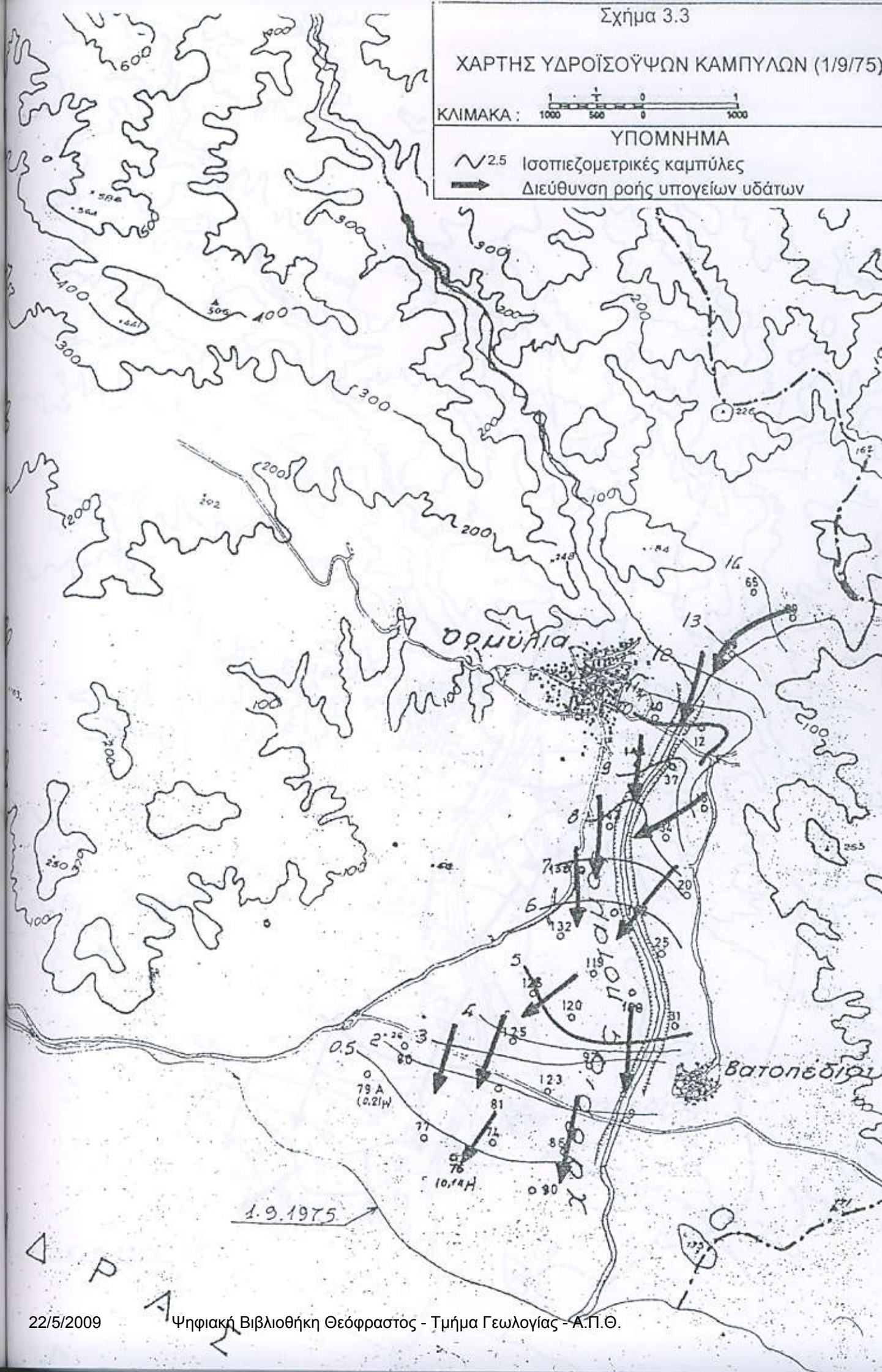
ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΪΣΟΥΨΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ (1/9/75)

ΚΛΙΜΑΚΑ : 

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

 2.5 Ισοπιεζομετρικές καμπύλες

 Διεύθυνση ροής υπογείων υδάτων



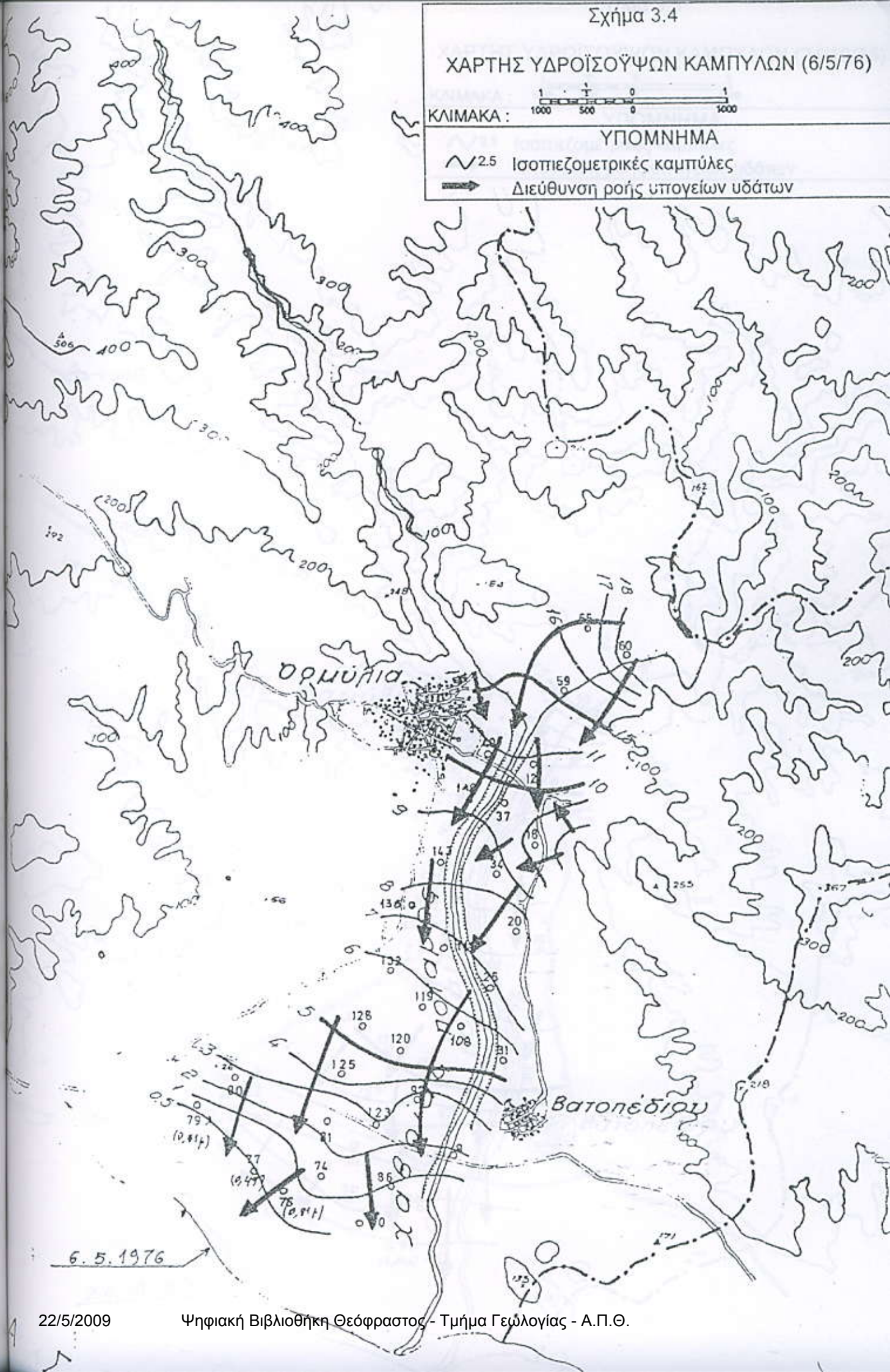
Σχήμα 3.4

ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΪΣΟΨΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ (6/5/76)

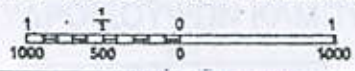
ΚΛΙΜΑΚΑ : 

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

 2.5 Ισοπιεζομετρικές καμπύλες
 Διεύθυνση ροής υπογείων υδάτων



ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΪΣΟΥΨΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ (24/10/76)

ΚΛΙΜΑΚΑ : 

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

-  2.5 Ισοπιεζομετρικές καμπύλες
 Διεύθυνση ροής υπογείων υδάτων



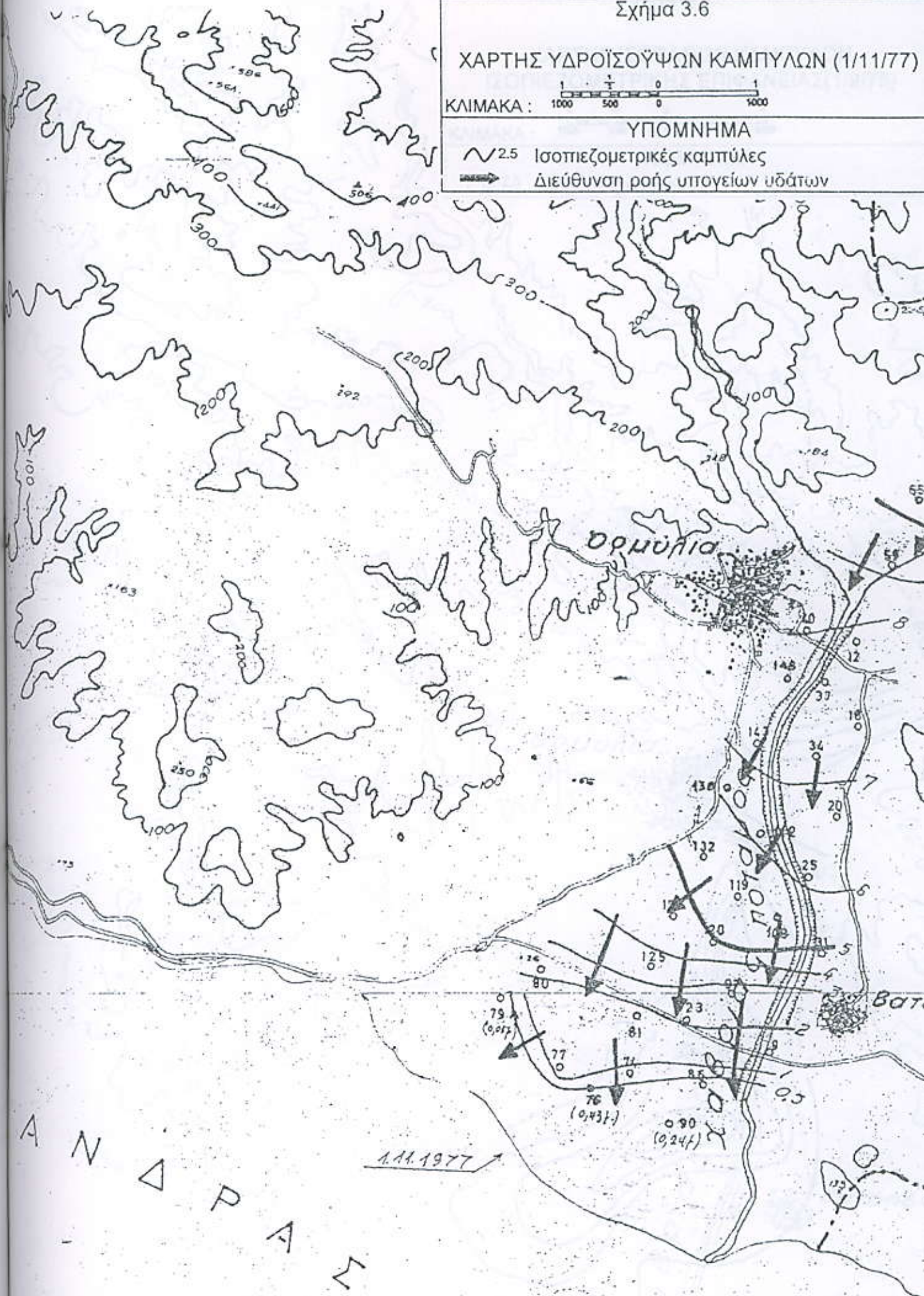
Σχήμα 3.6

ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΪΣΟΨΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ (1/11/77)

ΚΛΙΜΑΚΑ : 1 0 1
1000 500 0 1000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

~2.5 Ισοπιεζομετρικές καμπύλες
→ Διεύθυνση ροής υπογείων υδάτων



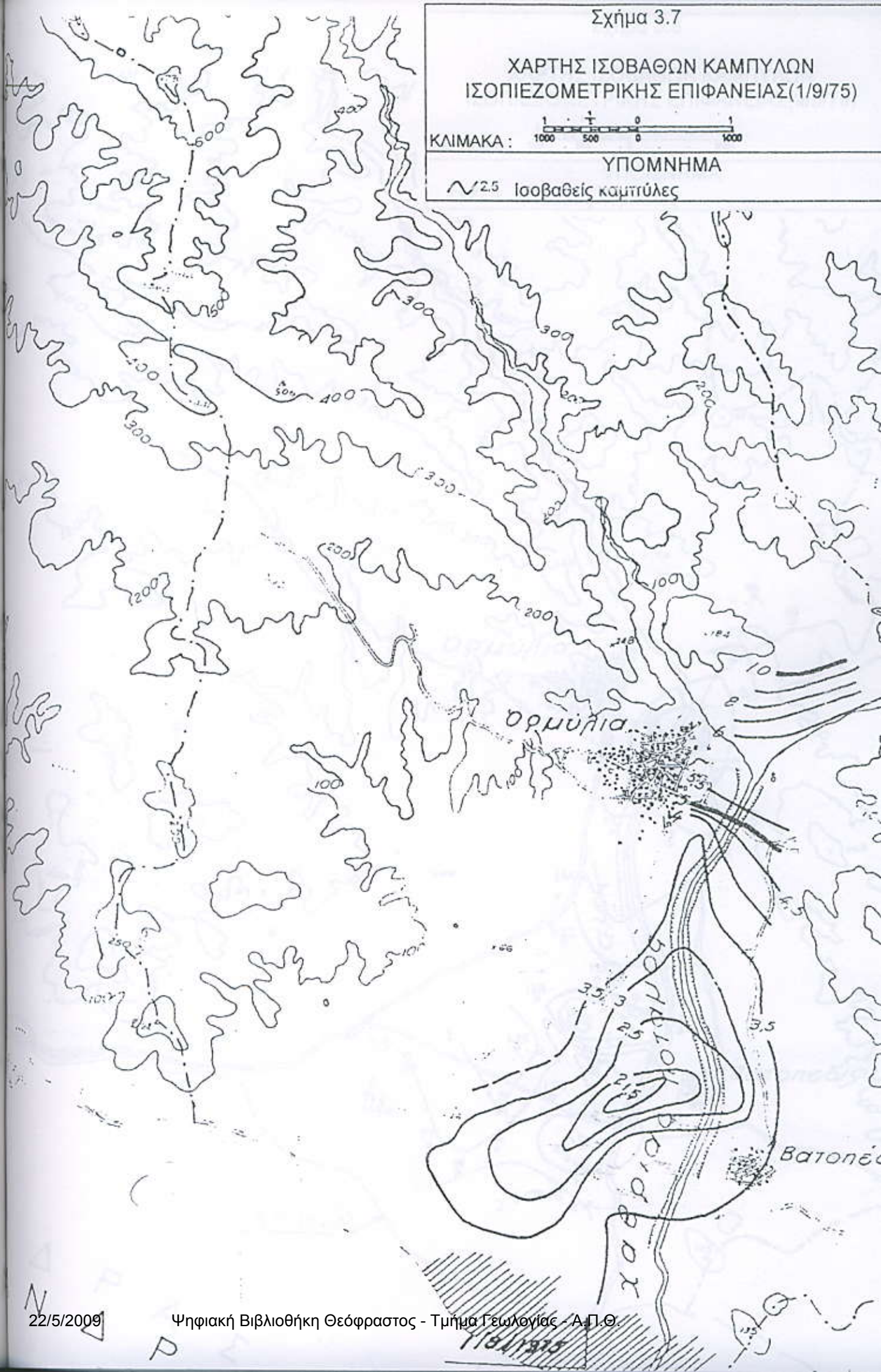
Σχήμα 3.7

ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΒΑΘΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ
ΙΣΟΠΙΕΣΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ(1/9/75)

ΚΛΙΜΑΚΑ : 

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

~2.5 Ισοβαθείς καμπύλες



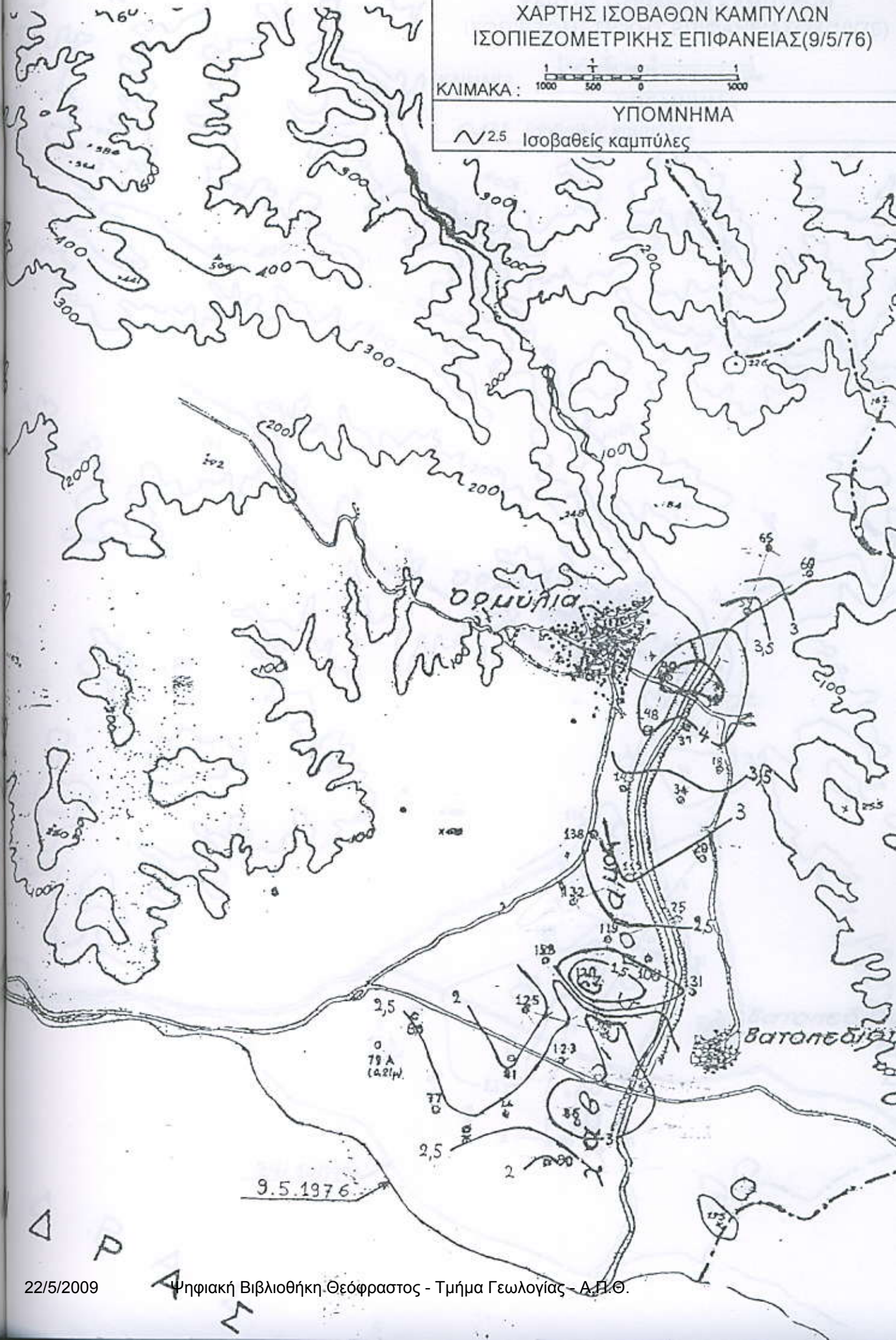
Σχήμα 3.8

ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΒΑΘΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ
ΙΣΟΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ(9/5/76)

ΚΛΙΜΑΚΑ : 

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

~2.5 Ισοβαθείς καμπύλες

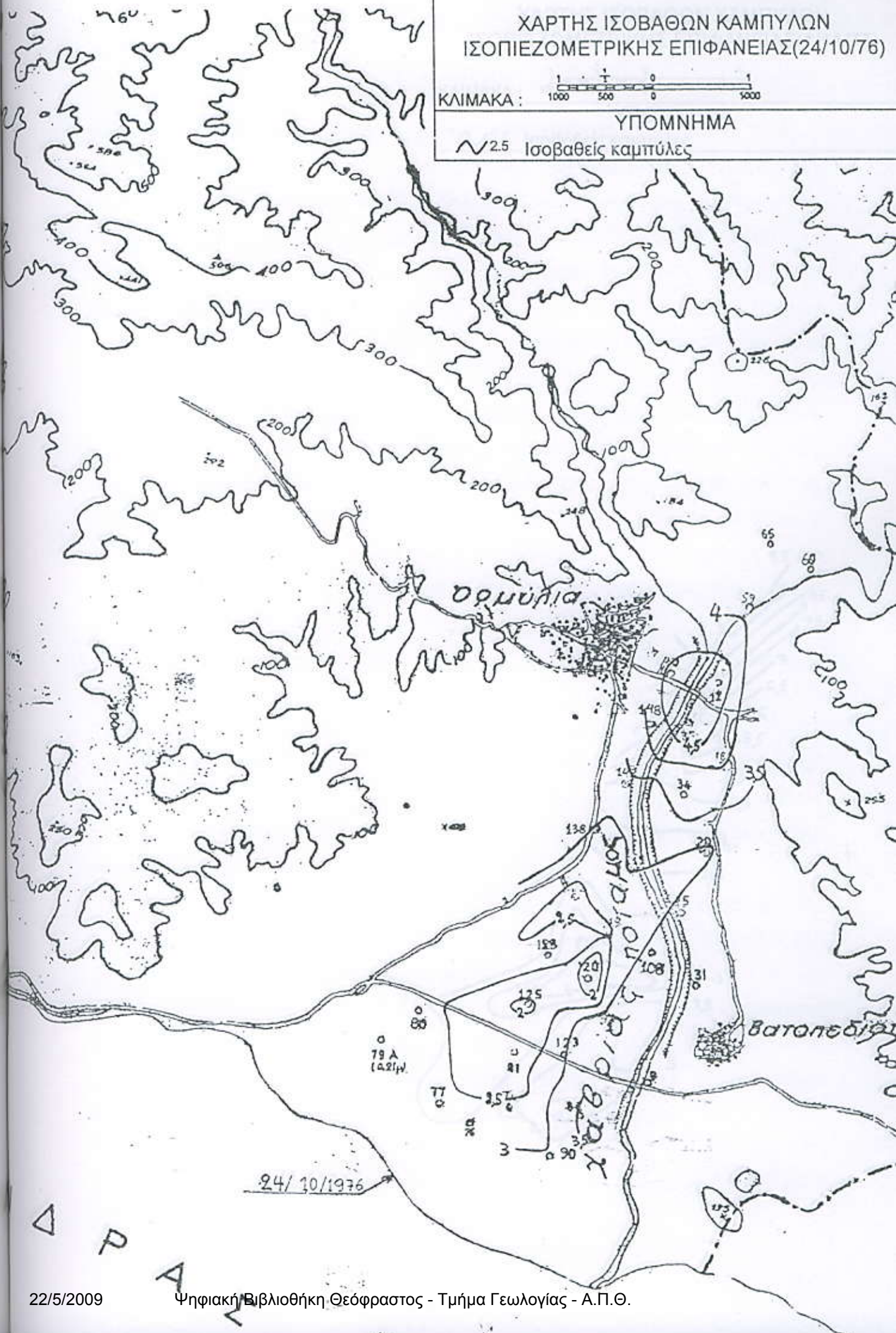


ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΒΑΘΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ
ΙΣΟΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ(24/10/76)

ΚΛΙΜΑΚΑ : 

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

~2.5 Ισοβαθείς καμπύλες

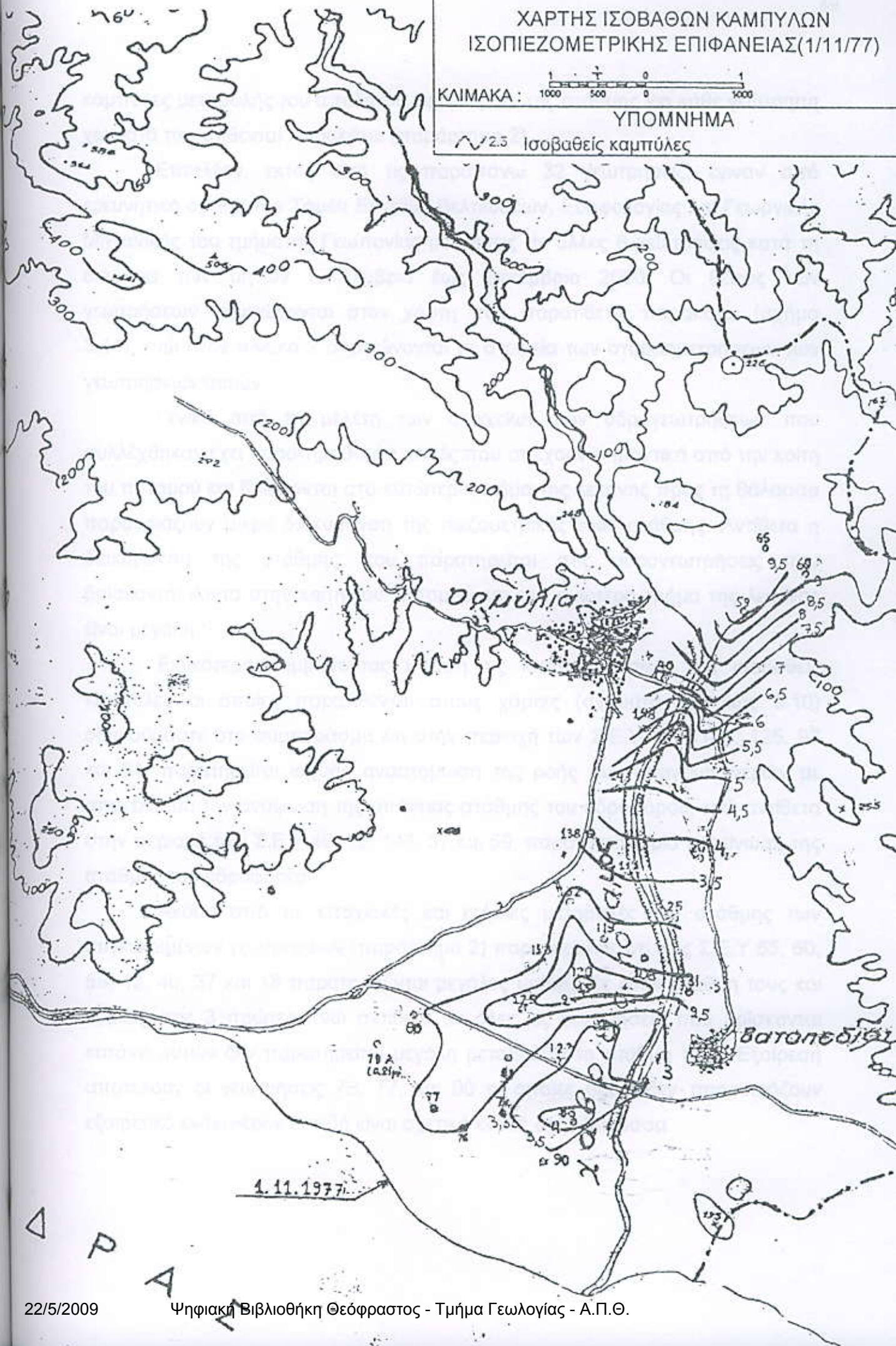


ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΒΑΘΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΙΣΟΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ(1/11/77)

ΚΛΙΜΑΚΑ :  1000 500 0 1000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

~ 2.5 Ισοβαθείς καμπύλες



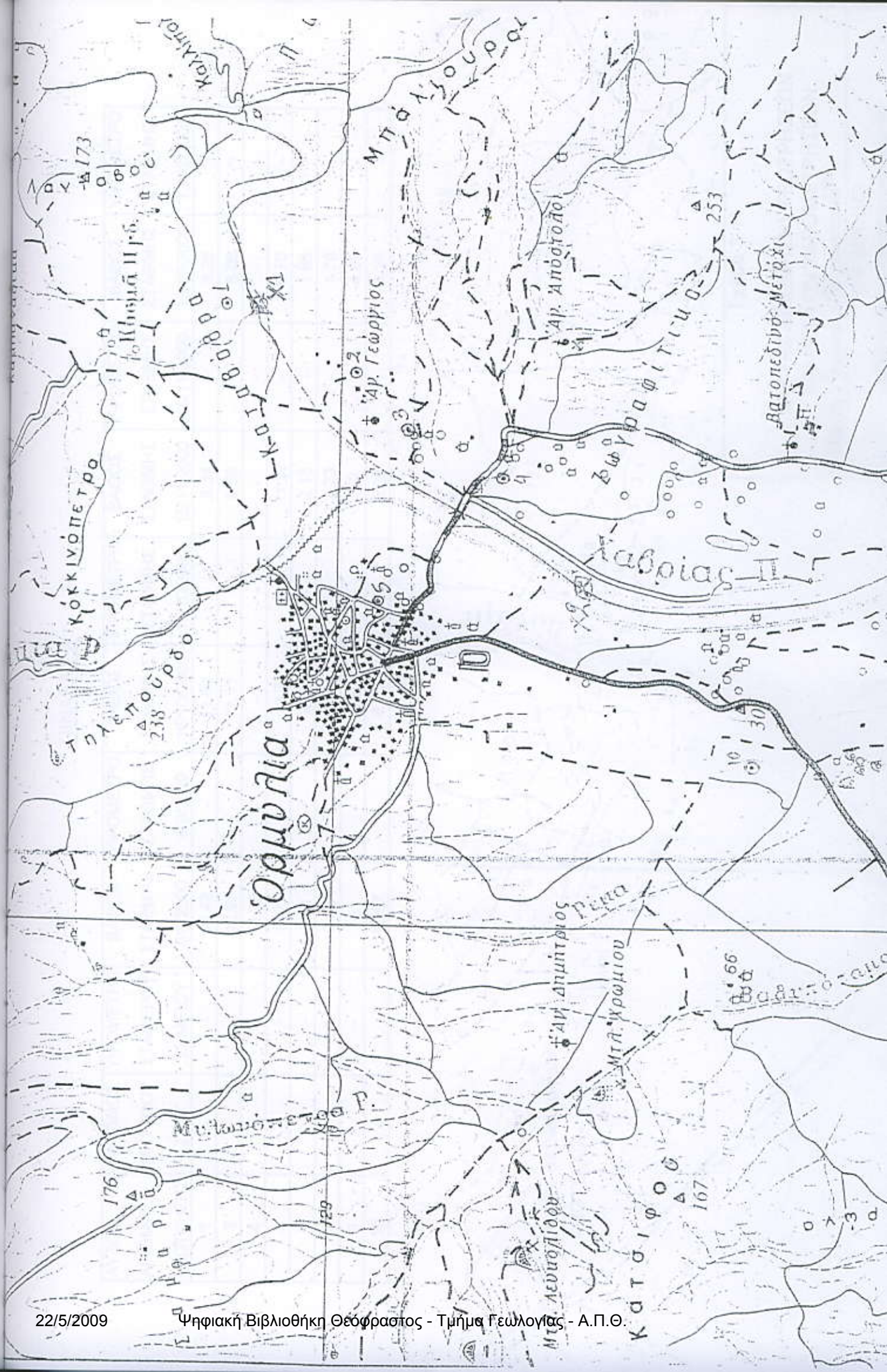
καμπύλες μεταβολής του απόλυτου υψομέτρου της στάθμης για κάθε γεώτρηση χωριστά παρατίθενται παρακάτω (παράρτημα 2).

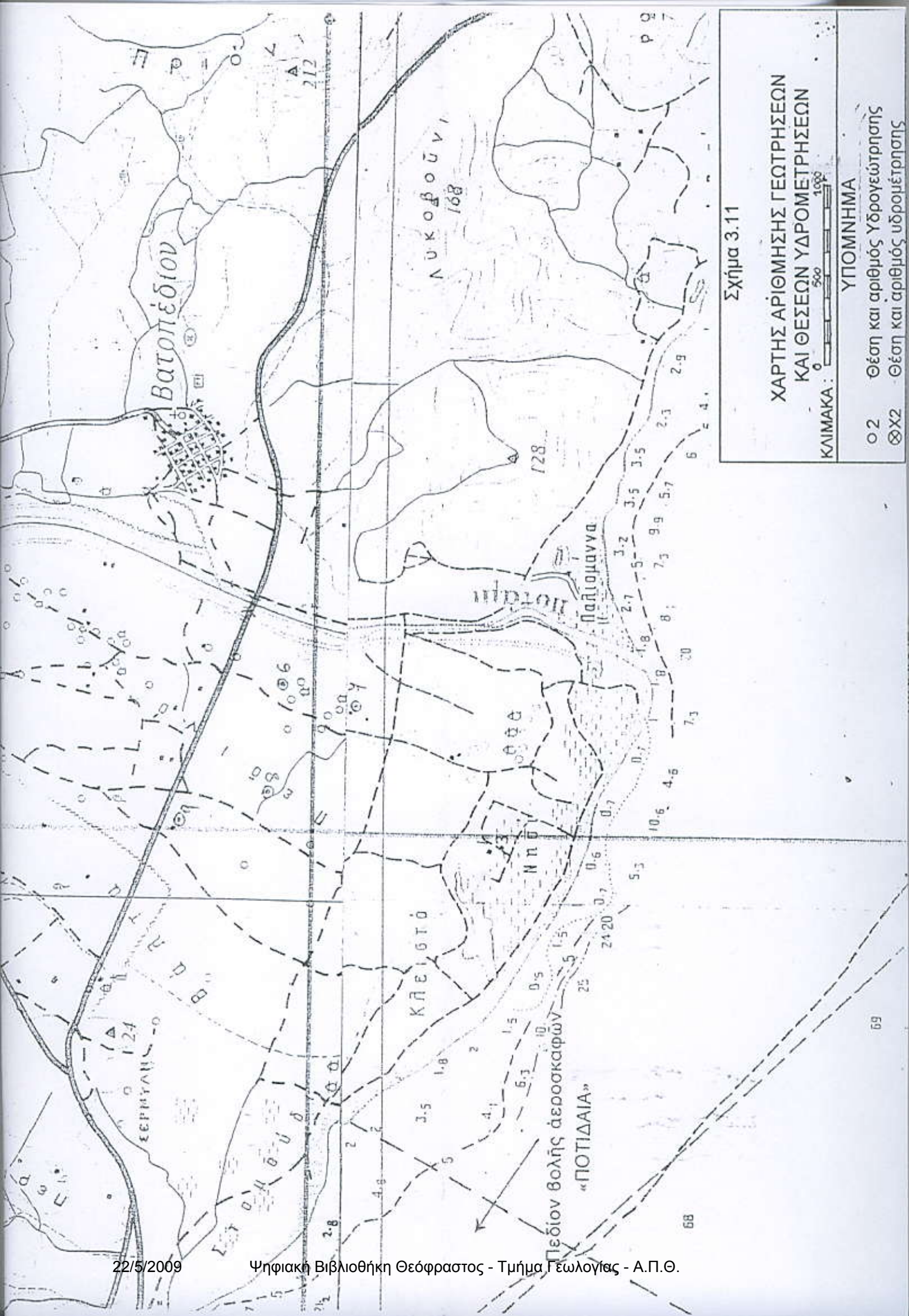
Επιπλέον, εκτός από τις παραπάνω 32 γεωτρήσεις, έγιναν από ερευνητική ομάδα του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής του τμήματος Γεωπονίας μετρήσεις σε άλλες 8 γεωτρήσεις κατά τη διάρκεια των μηνών Σεπτέμβριο έως Δεκέμβριο 2000. Οι θέσεις των γεωτρήσεων σημειώνονται στον χάρτη που παρατίθεται παρακάτω (σχήμα 3.11), ενώ στον πίνακα 2 σημειώνονται τα στοιχεία των σταθμημετρήσεων των γεωτρήσεων αυτών.

Γενικά από τη μελέτη των στοιχείων των υδρογεωτρήσεων που συλλέχθηκαν έχει παρατηρηθεί ότι αυτές που απέχουν σημαντικά από την κοίτη του ποταμού και βρίσκονται στο κατώτερο τμήμα της λεκάνης προς τη θάλασσα παρουσιάζουν μικρή διακύμανση της πιεζομετρικής τους στάθμης. Αντίθετα η διακύμανση της στάθμης που παρατηρείται στις υδρογεωτρήσεις που βρίσκονται κοντά στην κοίτη του ποταμού και στο ανώτερο τμήμα της λεκάνης είναι μεγάλη.

Ειδικότερα λαμβάνοντας υπόψη τις ισοπιεζομετρικές και ισοβαθείς καμπύλες οι οποίες παρατίθενται στους χάρτες (σχήματα 3.3 έως 3.10) οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι στην περιοχή των Σ.Ε.Υ 120, 108, 125, 97 και 31, παρατηρείται ισχυρή αναστόμωση της ροής των υπογείων νερών με αποτέλεσμα την ανύψωση της υπόγειας στάθμης του υδροφόρου, ενώ αντίθετα στην περιοχή των Σ.Ε.Υ 40, 12, 148, 37 και 59, παρατηρείται μία ταπείνωση της στάθμης του υδροφορέα.

Ακόμα από τις εποχιακές και ετήσιες μεταβολές της στάθμης των συγκεκριμένων γεωτρήσεων (παράρτημα 2) παρατηρούμε ότι στις Σ.Ε.Υ 65, 60, 59, 12, 40, 37 και 18 παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές στην στάθμη τους και κυρίως στις 3 πρώτες, ενώ αντίθετα σε όλες τις γεωτρήσεις που βρίσκονται κατάντι αυτών δεν παρατηρείται μεγάλη μεταβολή στη στάθμη τους. Εξαίρεση αποτελούν οι γεωτρήσεις 76, 77, και 90 οι οποίες όμως δεν παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον επειδή είναι σχετικά κοντά στην θάλασσα.





ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΑΥΞΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ	ΑΡΙΘΜΟΣ Σ.Ε.Υ.	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΕΡΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ
ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ												
1	-	-	-	-	15.42	-	11.64	-	9.34	-	8.25	-
3	-	-	-	-	12.97	-	12.11	-	9.59	-	8.08	-
4	-	-	-	-	11.28	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	13.78	-	13.7	-	11.27	-	9.78	-
6	-	-	-	-	2.91	-	2.85	-	2.13	-	1.85	-
8	-	-	-	-	3.35	-	2.81	-	2.23	-	1.79	-
9	-	-	-	-	8	-	5.9	-	5.2	-	4.65	-
10	-	-	-	-	12.87	-	6.51	-	5.02	-	4.38	-

Στην περιοχή δηλαδή κοντά στην παλιά γέφυρα του Χαβρία καθώς και στην περιοχή που βρίσκεται ανάντι αυτής και ονομάζεται «καταβόθρα» έχουμε τις μεγαλύτερες μεταβολές στάθμης εποχιακά αλλά και ετήσια όπως φαίνεται από τις ισοπιεζομετρικές καμπύλες και τα γραφήματα μεταβολής της στάθμης των γεωτρήσεων που παρατίθενται παρακάτω (παράρτημα 2). Αντίθετα οι περιοχές που βρίσκονται κατάντι της γέφυρας Ορμύλιας παρουσιάζουν μία σταδιακή μείωση στο εύρος μεταβολής της στάθμης τους και κυρίως στην περιοχή που προαναφέραμε (Σ.Ε.Υ. 120, 97 και 31) όπου παρουσιάζεται μία αναστόμωση της ροής των υδάτων.

Η σημασία της διαπίστωσης αυτής βρίσκεται στο γεγονός ότι στις περιοχές που έχουμε σημαντική μεταβολή στην στάθμη του υδροφορέα λαμβάνει χώρα εμπλουτισμός και η φυσική επαναπλήρωση των υπογείων υδάτων, ενώ σε περιοχές που οι μεταβολές είναι μικρές δεν λαμβάνει χώρα εμπλουτισμός ή λαμβάνει χώρα σε μικρό ποσοστό.

Εκτός από τα στοιχεία των γεωτρήσεων που αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν παραπάνω συλλέχθηκαν επιπλέον και 10 λιθολογικές τομές γεωτρήσεων έτσι ώστε να έχουμε πληροφορίες και για τη λιθολογία της περιοχής. Οι τομές των 10 αυτών γεωτρήσεων παρατίθενται παρακάτω αριθμημένες ενώ οι θέσεις αυτών φαίνονται στον χάρτη (σχήμα 3.12).

Από τη παρατήρηση των λιθολογικών τομών των γεωτρήσεων βαίνουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Στην περιοχή καταβόθρα όπου βρίσκονται οι γεωτρήσεις 1,2 και 3 έχουμε εναλλασσόμενα στρώματα άμμων λεπτόκοκκων έως χονδρόκοκκων χαλίκων και κροκαλών ποικίλου μεγέθους. Όλοι οι παραπάνω σχηματισμοί είναι εξαιρετικά υδροπερατοί κάτι το οποίο ευνοεί τη διήθηση του επιφανειακού νερού προς τον υδροφορέα.
- Στην περιοχή παραπλεύρως της παλιάς γέφυρας του Χαβρία στην οποία βρίσκεται η γεώτρηση 4, έχουμε παρόμοια λιθολογική ακολουθία με την περιοχή «καταβόθρα» όπου και εδώ κυριαρχούν αποθέσεις άμμων και χαλίκων πολύ καλής υδροπερατότητας και διηθητικότητας.

Σχήμα 3.12

ΧΑΡΤΗΣ ΑΡΙΘΜΗΣΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ (1 ΕΩΣ 10)

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

○ 5 Θέση και αριθμός Υδρογεώτρησης



- Στην περιοχή παραπλεύρως της στοάς του μεταλλίου όπου βρίσκεται η γεώτρηση 5 έχουμε διαφορετική σύσταση από τις παραπάνω περιοχές η οποία αποτελείται από κατακερματισμένα και με πολλά ρήγματα μητρικά πετρώματα κυρίως δουνίτες και περιδοίτες. Τα πετρώματα αυτά είναι μέτριας υδροπερατότητας σπάνια καλής σε περιοχές που είναι πολύ κατακερματισμένα. Η περιοχή αυτή όμως είναι περιορισμένης σημασίας λόγω της μεγάλης της απόστασης από την κοίτη του Χαβρία.
- Στην περιοχή παραπλεύρως της καινούριας γέφυρας του Χαβρία προς τη μεριά του Βατοπεδίου όπου βρίσκεται η γεώτρηση 6 υπάρχει ένα παχύ επιφανειακό στρώμα αργίλου καθώς και κροκάλες με άργιλο στα βαθύτερα στρώματα. Η παρουσία της αργίλου στα στρώματα της περιοχής αυτή μειώνει την υδροπερατότητα των στρωμάτων.
- Στην τοποθεσία Βάλτα όπου βρίσκονται οι γεωτρήσεις 7 και 8 έχουμε αυξημένη την παρουσία της αργίλου, όπως και προηγουμένως, η οποία εμφανίζεται είτε ως μεμονωμένα στρώματα είτε αναμιγμένη με χάλικες και κροκάλες. Άρα και σε αυτή τη περιοχή η υδροπερατότητα των στρωμάτων δεν είναι τόσο μεγάλη.
- Τέλος στην περιοχή Ξερόλακκος όπου βρίσκονται οι γεωτρήσεις 9 και 10 τα ποσοστά ιλύος και αργίλου είναι και εδώ αυξημένα στα στρώματα κάτι το οποίο έχει ανάλογες επιπτώσεις στην υδροπερατότητα των στρωμάτων αυτών.

3.6 Υδρομετρήσεις

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο η υδροφορία του ποταμού Χαβρία δεν είναι μόνιμη. Τους καλοκαιρινούς μήνες ροή υπάρχει μόνο κατάντι της παλιάς γέφυρας του Χαβρία λόγω της εκτόνωσης του φρεάτιου υδροφόρου στην κοίτη του ποταμού. Αντίθετα μετά το καλοκαίρι αμέσως μετά

την εμφάνιση των πρώτων βροχοπτώσεων, ροή υπάρχει μόνο ανάντι της γέφυρας αυτής γεγονός που οφείλεται στην διήθηση όλου του όγκου του νερού στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα μέσω της κοίτης του ποταμού.

Μετρήσεις της παροχής που έγιναν από την ερευνητική ομάδα του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής του τμήματος Γεωπονίας, έδειξαν ότι ένα σημαντικό μέρος της όλης παροχής του ποταμού διηθείται μεταξύ των δύο θέσεων υδρομετρήσεων X1 και X2 (σχήμα 3.12). Συγκεκριμένα κατά τον μήνα Οκτώβριο μεταξύ των θέσεων X1 και X2 διηθήθηκαν συνολικά 454 m³/h. Τον μήνα Νοέμβριο στη θέση X2 δεν υπήρχε νερό κάτι το οποίο σημαίνει ότι τα 113 m³/h που μετρήθηκαν στην θέση X1 διηθήθηκαν μέσω της κοίτης του ποταμού στα υδροφόρα στρώματα. Τον μήνα Δεκέμβριο μεταξύ των θέσεων X1 και X2 διηθήθηκαν συνολικά 268 m³/h. Η διήθηση μεταξύ των θέσεων είναι μεγαλύτερη στην αρχή του φαινομένου (16/10/2000) και σταδιακά γίνεται μικρότερη (13/12/2000). Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η στάθμη του υδροφόρου πέφτει λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων και ταυτόχρονη υπεράντληση των υδροφόρων. Έτσι μετά τις πρώτες βροχοπτώσεις, κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, η διήθηση λαμβάνει χώρα με μεγαλύτερες ταχύτητες λόγω μεγαλύτερης υδραυλικής κλίσης και μικρότερης εξάπλωσης του υβώματος που δημιουργείται κάτω από την κοίτη λόγω εμπλουτισμού. Αντίθετα κατά τους χειμερινούς μήνες η στάθμη του υδροφόρου ανεβαίνει σημαντικά κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η υδραυλική κλίση λόγω μεγαλύτερης εξάπλωσης του υβώματος και ο εμπλουτισμός να λαμβάνει χώρα με μικρότερες ταχύτητες. Επιπλέον κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού λαμβάνει χώρα ξήρανση του πυθμένα από το οργανικό υλικό κάτι που αυξάνει τη διαπερατότητα του εδάφους και διευκολύνει τη διήθηση. Σταδιακά όμως κατά τους πρώτους μήνες του φθινοπώρου στον πυθμένα της κοίτης αποτίθεται ξανά οργανικό υλικό με αποτέλεσμα να κλείνουν οι πόροι του εδάφους και να μειώνεται έτσι η διηθητικότητα του.

Θα πρέπει επιπλέον να σημειωθεί ότι το βάθρο της παλιάς γέφυρας του Χαβρία που ενώνει την Ορμύλια με το Βατοπέδι και που λειτουργεί σαν μικρό φράγμα, όπως επίσης και το φράγμα που υπάρχει ανάντι της γέφυρας,

συγκρατούν νερό και διευκολύνουν έτσι την διήθηση προς το υπόγειο υδροφόρο στρώμα μεταξύ των θέσεων Χ1 και Χ2.

3.7 Μοντελοποίηση υδρογεωλογικού πεδίου περιοχής πεδιάδας Ορμύλιας

Στην εργασία αυτή (Σαχαρίδης Ιωάννης) έγινε μία προσπάθεια μοντελοποίησης του υδρογεωλογικού πεδίου της περιοχής της πεδιάδας της Ορμύλιας Χαλκιδικής βασιζόμενη στην εξαγωγή ενός παραμετρικού τύπου συνάρτησης χώρου. Η συνάρτηση αυτή έχει εξαχθεί βάση των τριών θεμελιωδών θεωρημάτων της ομοιότητας με ταυτόχρονη εφαρμογή της θεωρία των φυσικών πεδίων σε κάποιο διακριτό μέγεθος. Το διακριτό μέγεθος που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εργασία είναι οι παροχές 194 γεωτρήσεων που καλύπτουν έκταση 25.000 στρεμμάτων, οι μετρήσεις των οποίων ελήφθησαν κατά την χρονική περίοδο 2/3/96 έως 3/2/97. Στη συνέχεια εξάγονται από την συνάρτηση χώρου η οποία είναι συνάρτηση Torus όλα τα βαθμωτά και διανυσματικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν ένα φυσικό πεδίο: βαθμίδα, ροή, απόκλιση και στροβιλισμός. Με τη βοήθεια αυτών των μεγεθών απεικονίζεται η στατική και δυναμική κατάσταση των υπογείων υδάτων στην υπό εξέταση περιοχή.

Τα βασικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την εργασία αυτή είναι τα εξής:

1. Η μεταφορά του κυρίως όγκου του υπογείου νερού προς την επιφάνεια πραγματοποιείται με δύο τρόπους:
 - α) Με αξονική (φλεβική) μεταφορά. Περιοχές Αγ. Δημητρίου, Κοκκινόπετρα, Καταβόθρα και Αγ. Γεωργίου.
 - β) Με δημιουργία λεκάνης εγκλωβισμού των υδάτων. Αυτή η λεκάνη έχει τη γενική διάταξη της λεκάνης απορροής του ποταμού Χαβρία.
2. Η κοίτη του Χαβρία, ως θέση της συνάρτησης χώρου, αντιστοιχεί στη διανυσματική χοάνη για τις διανυσματικές καμπύλες της βαθμίδας της παροχής των γεωτρήσεων.

3. Ο εξεταζόμενος χώρος, στο σύνολό του αντιστοιχεί στη θετική πλευρά κλειστής επιφάνειας, λεία για την κοίτη του Χαβρία και τμηματικά λεία για τις ρηξιγενείς επιφάνειες, για βάθη της τάξεως 0,75r. Κάτω από αυτό το βάθος η κατάσταση αντιστρέφεται αντιστοίχως.

Μια ερμηνεία που μπορεί να δοθεί στα πιο πάνω είναι η ακόλουθη: Ο χώρος της κοίτης του ποταμού Χαβρία λειτουργεί ως πηγή ρευστού (νερού), ενώ το δυτικό και ανατολικό τμήμα ως δότης και δέκτης ρευστού αντίστοιχα.

4. Γενικά η διάταξη B-N εμφανίζεται ως χώρος αποθήκευσης του υπογείου νερού, ενώ η διάταξη A-Δ ως πηγή του υπογείου νερού.
5. Η μέση αθροιστική παροχή εισροής στο χώρο μελέτης υπολογίστηκε στα 42.000 m³/h, ενώ η αντίστοιχη ποσότητα εκροής 16.000 m³/h. Άρα η διαθέσιμη ποσότητα νερού στον υπό εξέταση χώρο είναι της τάξεως των 25.000 m³/h.

3.8 Ενδεικνυόμενες θέσεις για εμπλουτισμό

Για να βγάλουμε συμπεράσματα για την κατάλληλη θέση στην οποία θα κατασκευαστούν έργα εμπλουτισμού έγινε προσεκτική μελέτη όλων των στοιχείων που αναλύσαμε παραπάνω, τα οποία συνοπτικά είναι: α)η υδρογεωλογική συμπεριφορά των πετρωμάτων της περιοχής και κυρίως των Τεταρτογενών και Νεογενών σχηματισμών, β)οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες που χάραχθηκαν με βάση δίκτυο υδρογεωτρήσεων της περιοχής, γ)οι καμπύλες μεταβολής της στάθμης συγκεκριμένων υδρογεωτρήσεων της περιοχής και δ)οι λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων που παρατέθηκαν, ε) οι υδρομετρήσεις που έγιναν στην περιοχή.

Με βάση τα στοιχεία αυτά καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η καταλληλότερη περιοχή για να κατασκευαστούν έργα εμπλουτισμού είναι η περιοχή «Καταβόθρα» η οποία βρίσκεται ανάντι της παλιάς γέφυρας του Χαβρία. Την περιοχή αυτή θεωρήσαμε ως καταλληλότερη για τους εξής λόγους:

1. Η λιθολογία της περιοχής ευνοεί την κατασκευή έργων εμπλουτισμού αφού κυριαρχούν άμμοι και κροκάλες τα οποία είναι εξαιρετικά υδροπερατά με αποτέλεσμα η περιοχή να παρουσιάζει αυξημένη διηθητικότητα.
2. Στην περιοχή αυτή παρουσιάζονται μεγάλες μεταβολές στην στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα εποχιακά, κάτι το οποίο φαίνεται από τις μεγάλες μεταβολές στη στάθμη των υπαρχόντων υδρογεωτρήσεων. Αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή αυτή λαμβάνει χώρα ο φυσικός τεχνητός εμπλουτισμός, ο οποίος μπορεί να ενισχυθεί με την κατασκευή έργων εμπλουτισμού.
3. Όπως προκύπτει και από τη μοντελοποίηση του υδρολογικού πεδίου που έγινε σε προηγούμενη παράγραφο ο κύριος όγκος του νερού προέρχεται από τις περιοχές «Καταβόθρα» και «Κοκκινόπετρα» μέσω δηλαδή του κυρίως κλάδου του Χαβρία και του ρέματος Καπρινίκα τα οποία συμβάλλουν στην περιοχή που επιλέξαμε για την κατασκευή έργων.
4. Το φράγμα που υπάρχει στην περιοχή για λόγους αντιπλημμυρικής προστασίας, καθώς και το βάθρο της παλιάς γέφυρας Ορμύλιας-Βατοπεδίου, τα οποία και βοηθούν στον εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων, βρίσκονται κατόντη της θέσης που επιλέξαμε, κάτι το οποίο σημαίνει ότι θα ευνοούνται από τα έργα εμπλουτισμού που πρόκειται να κατασκευαστούν στην περιοχή Καταβόθρα.
5. Στην περιοχή καταβόθρα οι καλλιέργειες είναι περιορισμένες και οι λιγοστές που υπάρχουν βρίσκονται κατόντη αυτής κοντά στην παλιά γέφυρα Ορμύλιας – Βατοπεδίου. Αυτό σημαίνει ότι ενδεχόμενη κατασκευή έργου στην περιοχή αυτή δεν θα προξενήσει σημαντικά προβλήματα.
6. Από τις ισοβαθείς καμπύλες καθώς και από τις καμπύλες μεταβολής της στάθμης των γεωτρήσεων της περιοχής φαίνεται ότι η στάθμη του υδροφόρου δεν ανεβαίνει στην περιοχή πολύ ψηλά έτσι ώστε να φθάνει κοντά στην επιφάνεια, κάτι το οποίο κάνει εφικτή την κατασκευή έργων όπως οι λεκάνες εμπλουτισμού, οι οποίες χρειάζονται αφαίρεση μεγάλου πάχους επιφανειακών υλικών για την κατασκευή τους. Επιπλέον λόγω αυτής της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ της επιφάνειας και της στάθμης του

υδροφόρου μπορεί να επιτευχθεί ταχύτερος εμπλουτισμός λόγω του μεγάλου ύψους κατάκλυσης και της μεγάλης υδραυλικής κλίσης.

Η ακριβής προτεινόμενη θέση κατασκευής των έργων αυτών βρίσκεται ανάντι της συμβολής του κυρίως κλάδου του Χαβρία με το ρέμα Καπρινίκα (σχήμα 3.13).

Η θέση αυτή θεωρήθηκε καταλληλότερη για τους εξής λόγους:

1. Θα υπάρχει στην θέση αυτή επαρκές νερό για εμπλουτισμό (κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες όπου υπάρχει ροή και στο ρέμα Καπρινίκα).
2. Η μορφολογία του εδάφους είναι σχεδόν επίπεδη, με μικρές κλίσεις, κάτι το οποίο ευνοεί την κατασκευή έργων.
3. Δεν εμποδίζει ιδιαίτερα την επικοινωνία των περιοχών που βρίσκονται ανάντι της περιοχής Καταβόθρα με το χωριό Ορμύλια.

3.9 Προτεινόμενα έργα

Για την επίτευξη τεχνητού εμπλουτισμού στην περιοχή προτείνονται τα παρακάτω έργα :

1. Κατασκευή λεκανών εμπλουτισμού στην περιοχή που επιλέχθηκε (σχήμα 3.13). Στην περιοχή αυτή η οποία υπολογίζεται ότι έχει έκταση περίπου 80 στρέμματα μπορούν να κατασκευαστούν 4 λεκάνες εμπλουτισμού με βάθος περί τα 2m, οι οποίες υπολογίζεται ότι θα έχουν χωρητικότητα περίπου 160000m^3 νερού. Ως εναλλακτική λύση, αντί της κατασκευής λεκανών, προτείνεται η κατασκευή ενός μικρού φράγματος, το οποίο θα κατασκευασθεί ανάντι του φράγματος αντιπλημμυρικής προστασίας που βρίσκεται στην περιοχή Καταβόθρα. Το φράγμα αυτό θα κατασκευαστεί από υλικά της κοίτης και δεν θα είναι μόνιμο. Έτσι αυτό θα παρασέρνεται από πλημμυρικές παροχές οπότε θα είναι απαραίτητη η συνεχής αντικατάστασή του. Η κατασκευή ενός τέτοιου φράγματος θα πρέπει επιπλέον να συνοδευτεί και από ενίσχυση των αναχωμάτων

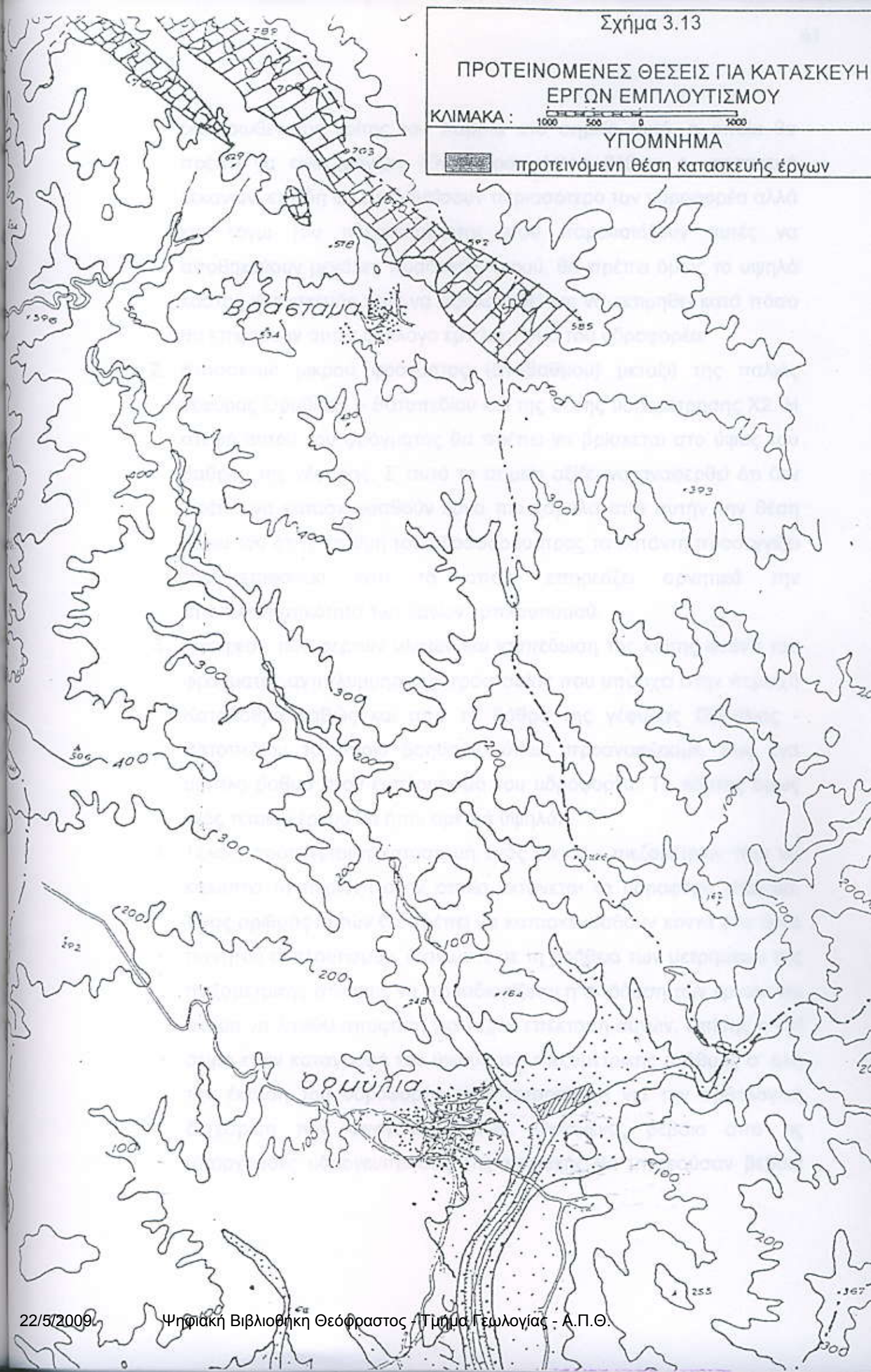
Σχήμα 3.13

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΕΡΓΩΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

ΚΛΙΜΑΚΑ : 1000 500 0 1000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

 προτεινόμενη θέση κατασκευής έργων



εκατέρωθεν της κοίτης του Χαβρία στο σημείο αυτό, η οποία θα πρέπει να είναι μόνιμη. Είναι προτιμότερη βέβαια η κατασκευή λεκανών, επειδή θα εμπλουτίσουν περισσότερο τον υδροφορέα αλλά και λόγω του πλεονεκτήματος που παρουσιάζουν αυτές να αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες νερού, θα πρέπει όμως το υψηλό κόστος κατασκευής τους να αξιολογηθεί και να εκτιμηθεί κατά πόσο θα επιφέρουν αυτές ανάλογο εμπλουτισμό του υδροφορέα.

2. Κατασκευή μικρού φράγματος (αναβαθμού) μεταξύ της παλιάς γέφυρας Ορμύλιας – Βατοπεδίου και της θέσης υδρομέτρησης Χ2. Η στέψη αυτού του φράγματος θα πρέπει να βρίσκεται στο ύψος του βάθρου της γέφυρας. Σ' αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι δεν πρέπει να κατασκευασθούν έργα πιο χαμηλά από αυτήν την θέση λόγω του ότι η στάθμη του υδροφόρου προς τα κατόντη προσεγγίζει την επιφάνεια κάτι το οποίο επηρεάζει αρνητικά την αποτελεσματικότητα των έργων εμπλουτισμού.
3. Αφαίρεση των φερτών υλικών και ισοπέδωση της κοίτης ανάντι του φράγματος αντιπλυμμηρικής προστασίας που υπάρχει στην περιοχή Καταβόθρα καθώς και από το βάθρο της γέφυρας Ορμύλιας - Βατοπεδίου τα οποία βοηθούν, όπως προαναφέραμε, έως ένα μεγάλο βαθμό στον εμπλουτισμό του υδροφορέα. Το κόστος όμως ενός τέτοιου έργου θα ήταν αρκετά υψηλό.
4. Τέλος, προτείνεται η κατασκευή ενός δικτύου πιεζομέτρων που να καλύπτει τη περιοχή στην οποία εκτείνεται το υδροφόρο στρώμα. Ένας αριθμός αυτών θα πρέπει να κατασκευασθούν κοντά στα έργα τεχνητού εμπλουτισμού, έτσι ώστε με τη βοήθεια των μετρήσεων της πιεζομετρικής στάθμης να προσδιορίζεται η απόδοση των έργων και ακόμα να ληφθεί απόφαση για τυχόν επέκταση αυτών. Επίσης η επί σειρά ετών καταγραφή του ύψους της πιεζομετρικής στάθμης σ' όλη την έκταση του υδροφορέα είναι απαραίτητη για την ορθολογική διαχείριση των υπογείων νερών. Ορισμένες βέβαια από τις υπάρχουσες υδρογεωτρήσεις της περιοχής θα μπορούσαν βέβαια

να χρησιμοποιηθούν για τον σκοπό αυτό, αλλά γενικά, οι διάφορες κατασκευές που γίνονται σ' αυτές από τους ιδιοκτήτες, καθώς και η άντληση αυτών κατά την διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, έχουν ως αποτέλεσμα να μην μπορούν αυτές πάντοτε να αξιοποιηθούν σαν σημεία μέτρησης.

Σταυρούλη, Δ., Ζήσης, Θ., Κωνσταντίνου, Ν., 1998. Δοσολογία Υδατικών Πόρων. Πρακτική, θεωρητική, οικονομική και χωροχρονική. Ερευνητικό Έργο. Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Στάρας, Ε., Μπαλμπάκος, Γ., Μαργαρίτης, Δ., 1988. Μελέτη Οικονομικής Στενότητας Ψάγματος. Χρηματοδοτούμενη από το Υπουργείο Γεωργίας, Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Σταυρούλη, Δ., 1994. Ηλεκτρονική Υδρομετεωρολογική Πεδίο. Λεκάνη του Χαλκίδα, Ορεινό Χωριό. Χρηματοδοτούμενη από το Υπουργείο Γεωργίας, Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Παπαγεωργίου, Γ., 1994. Ηλεκτρονική Υδρομετεωρολογική Πεδίο. Λεκάνη του Χαλκίδα, Ορεινό Χωριό. Χρηματοδοτούμενη από το Υπουργείο Γεωργίας, Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαφειάδης, Π., 1995. Τεχνητός Εμπλουτισμός των Υδροφόρων Στρωμάτων, Θεσ/νίκη.
- Κατσίχτη, Σ., 1996. Τεχνητή Επαναπλήρωση Υπογείων Υδροφόρων με Επιφανειακά Νερά. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, Θεσ/νίκη.
- Lichter, S., Stannard, D. and Kouma, E., 1980. Investigation of Artificial Recharge of Aquifers in Nebraska, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations, 80-93.
- Καραμούζης, Δ., Ζήσης, Θ., Καλαϊτζίδου, Ν., 1998. Διαχείριση Υδατικών Πόρων Υδρολογικής Λεκάνης Ολυνθίου Χαλκιδικής, Ερευνητικό Έργο, Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, Θεσ/νίκη.
- Γκόφας, Θ., Μπουρτζίκος, Γ., Μαργαρίτης, Δ., 1988. Μελέτη Οικονομικής Σκοπιμότητας Φράγματος Χαβρία και λοιπών Αναγκαίων Εργών για τη Βέλτιστη Χρήση των Υδατικών Πόρων Νότιας Χαλκιδικής, Αθήνα.
- Σαχαρίδης, Ι., 1997. Μοντελοποίηση Υδρογεωλογικού Πεδίου Λεκάνης του Χαβρία, Ορμύλια Χαλκιδικής (περίληψη στα πρακτικά 4^ο Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Θεσ/νίκη 1997).
- Παπαγεωργάκης, Ι., Κουμαντάκης, Ι., 1978. Υδρογεωλογική μελέτη Χαλκιδικής και Λεκανών Ανθεμουντος και Επανωμής Θεσσαλονίκης, Αθήνα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Τομές Υ/Γ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΗ 1

Α.Μ.

Νομός Χαλκιδικής Κοινότητα Θερμυλίας Τοποθεσία ΚΑΤΑΒΟΘΡΑ

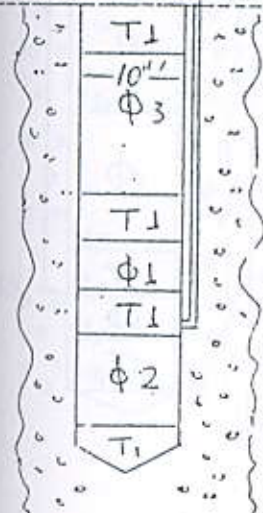
ΟΤΑΛΟ ΧΑΡΤΗ (1:50 000)

ΟΤΑΛΟ ΧΑΡΤΗ (1:20 000)

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

κατ' εκτίμηση	τοπογρ. αποτύπωση
$x = \quad \psi = \quad z =$ $x = \quad \psi = \quad z =$	$x = \quad \psi = \quad z =$ $x = \quad \psi = \quad z =$

ΕΚΑΡΙΩΜΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ



ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

10		Άμμος λεπ- τούς
20		Άμμος μέσ- τούς
30		Κρυσταλλινή + Άμμος
40		Κρυσταλλινή για κανάλιο 40
50		
60		

Γεωλόγος μελετητής Κατσαούνης ΑΕΤ.

Γεωτεχνικός Χαλκίδης Θεόδωρος

Τύπος γεωτρήσανου Περικαρπικό - Υδροκτικό

Έκδοση εργασιών 23-3-96 εργασιών 26-3-96

ΚΑΤΑΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Διάμετρος διάτρησης 12 ιντσ. 60 κ.

Διάμετρος διεύρυνσης 18 ιντσ. 60 κ.

Μηλόνια πλήξης διασύνδεσης

Τύπος φίλτρου Σετ. Αφαιρέτη

Ανοίγμα οπής 2 x 1/2

Διάμετρος χαλίκου φίλτρου 2-4 x 1/2 άγκος 15 μ.

Στοιμάντωση

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΗΣΗΣ 72 ώρες

Μηλόνια Τ.Ε. = 9 μέτρα.

ΒΛΟΠΙΔΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	Q	Δ5 μετά	Διόρθωση
1η			2h	5h
2η				
3η				
Σ. Παρ.				

Τετατάξιμότητα

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 150 κ³/h

Τ.Ε. Μοχ	Q	Δ5 μετά	Αλλαγή πίεσης	ΣΑ
		5h	5000h	Ισχύς
				<u>22 μέτρα.</u>

Ολικό κόστος κατασκευής

Εκαρίωμα θέσης

Εκαρίωμα Repere

ΑΡΧΙΒΕΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ



Δ. ΑΥΓΑΔΟΥΧΟΣ

Δ. ΚΑΠΙΝΙΔΗΣ

Περίοδος 28-3-96

ΕΘΝΟΤΕΛΕΣ

Ο ΓΕΩΛΟΓΟΣ

(Signature)

Α. ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ

ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μηλόνια	PH	Ηλ. α.γ.	Ολ. Σκλ.	Παρ. Σκλ.	Μοχ. Σκλ.	HCO ₃
Cl	SO ₄	Ca	Na	Mg	SAR	Τάξη

22/5/2009

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόδωρος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΗ 2

A.M. / 95

Νομός ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ Κοινότητα ΟΡΜΥΛΙΑΣ

Τοποθεσία « ΚΑΤΑΒΙΑΘΡΑ »

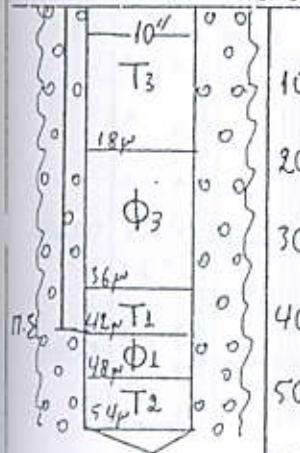
ΟΤΑΛΟ ΧΑΡΤΗ (1:50 000)

ΟΤΑΛΟ ΧΑΡΤΗ (1:20 000)

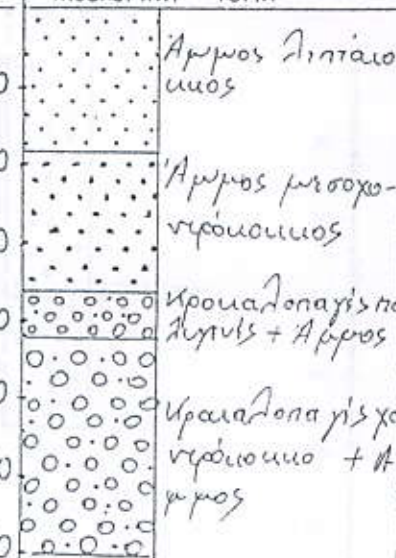
ΕΥΝΤΙΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

κωδ. εκτίμηση	Τοπογρ. αποτύπωση
Σ: Ψ: Ζ:	Σ: Ψ: Ζ:
Σ: Ψ: Ζ:	Σ: Ψ: Ζ:

ΕΚΑΡΙΘΜΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ



ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ



Γεωλόγος μελέτης ΚΑΤΕΛΟΥΝΗΣ ΑΣΤΕΡΙΟΣ

Γεωτεχνικός ΜΑΝΟΛΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Τύπος γεωτρήσανου Περίστροφικό υπερυψωμένο

Έκταση γεωτρήσεων 6-8-95 και 13-8-95

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΓΤΟΙΧΕΙΑ

Διάμετρος διατρήσης 8" ΙΝΤΕΙΣ 70 μέτρα

Διάμετρος διέυρυνσης 18" ΙΝΤΕΙΣ 54 μέτρα

Μυλκία πλίκης διασκόπησης

Τύπος υδρίου Γεωφωσφάτω

Ανοίγμα σπής 1mm

Διάμετρος χαλικοφίλετου 1-4mm όγκος 15.4m³

Στοιμάνωση

ΕΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΗΣΗΣ 72 ώρες

Ημ/νία Τ.Ε. = 9 μέτρα

ΕΛΕΓΧΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	α	Δ.Σ. μετά	Διάρκεια	Εκπόνο
1η			2h	5h	κπώδου
2η					
3η					
Ε.Π.Π.					

Τόσας γωγιμότητα

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 130m³/η

Τ.Ε. Μαζ	α	Δ.Σ. μετά	Αλληλεπίδραση	Ε.Α
		5h	5000h	Ισχυρά
				<u>22 μέτρα</u>

Ολικό κόστος κατασκευής

Εγκρίσημα Θέσης	Εγκρίσημα Repere
ΑΚΡΙΒΕΣ ΦΩΤΟΜΗΤΡΑΦΟ	

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ημ/νία	PH	Ηλ. αγ.	Ολ. Εκλ.	Παρ. Εκλ.	Μον. Εκλ.	HCO ₃

Cl	SO ₄	Ca	Na	Mg	S.A.R	Τοξή

22/5/2009

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ
25-10-95
Ο ΓΕΩΛΟΓΟΣ

Υ.Ε.Γ. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

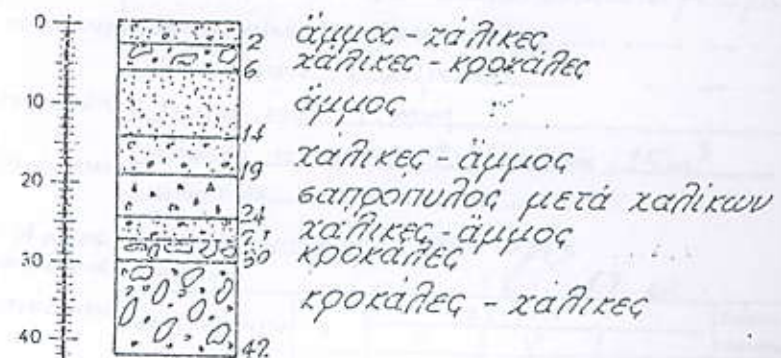
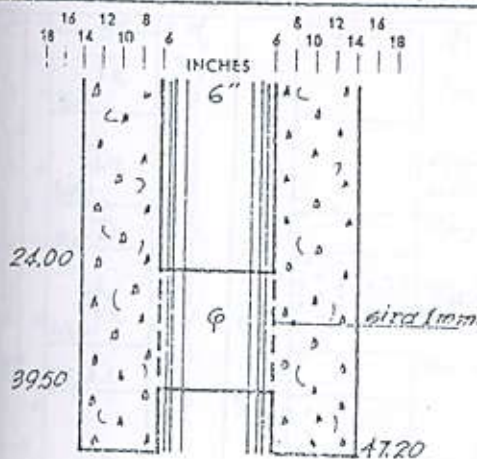
Relt

ΑΣΤΕΡΙΟΣ ΚΑΤΕΛΟΥΝΗΣ

Γεωλόγος: Παπαδόπουλος Κων/τίνος	Αριθμός Μητρώου	1805
Γεωτρυπανιστής: Χρ. Καθίας Δημήτριος	Φύλλον χάρτου	
Γεωτρυπάνον: ΓΑΙΛΙΓ Ν2	Υδρολογικά στοιχεία	Υδροστ. Στάθμη Στάθμη Αντλ.σ. Πασοχή Μ'/ω
Είδος γεωτρήσεως: Υδρορευτική	Υδροχημικά στοιχεία	Ε. C. Ρ. Η. Σκληρότης
Ενδιαφερόμενος: Κοιν. Ορμυλίας		
Νομός - Κοινότης: Χαλκιδικής - Ορμυλίας		
Τοποθεσία - Υψόμετρον: Καταβάθρα		
Έναρξις - Λήξις: 8-7-76 - 4-7-76		

Σωλήνωσις

Πετρογραφία



Θεσσαλονίκη 27/8/76
Ο Γεωλόγος

(Signature)

Κων. Παπαδόπουλος

ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΗ 4

Α.Μ. / 95

Νεμός ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ Κοινότητα ΟΡΜΥΛΙΝΣ

Τοποθεσία << ΠΑΛΙΑ ΓΕΦΥΡΑ ΧΑΒΡΙΑ >>

ΟΤΑΛΟ ΧΑΡΤΗ (1:50 000)

ΟΤΑΛΟ ΧΑΡΤΗ (1:20 000)

ΕΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

κωδ. εκτίμηση	Τοπογρ. αποτύπωση
Σ: Ψ: Ζ:	Σ: Ψ: Ζ:
Σ: Ψ: Ζ:	Σ: Ψ: Ζ:

ΕΚΑΡΙΘΜΙΑ ΕΠΛΗΘΥΝΣΗ



ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

0-12	Φυτική γη
12-20	Άμμος λιπτόκοκκος
20-30	Άμμος μεσοχάρδης
30-40	Άμμος λιπτόκοκκος
40-50	Χάλκιος + Άμμος μεσοχάρδης
50-60	Άμμος λιπτόκοκκος
60-72	Χάλκιος χοντρόκοκκος + Άμμος χοντρόκοκκος

Γεωλόγος μελέτησης ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ ΑΣΤΕΡΙΟΣ

Γεωτεχνικός ΜΑΝΩΛΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Τύπος γεωμετρικού Περιγραφικό υφασμάτιο

Έναρξη εργασιών 1-8-95 λήξη 4-8-95

ΚΑΤΑΓΚΕΤΑΓΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΙΑ

Διάμετρος διάτρησης 8" ήτοι 72 μέτρα

Διάμετρος διέλευσης 16" ήτοι 72 μέτρα

Μηκία πλάκας διασφάλισης

Τύπος υδρίου Γεφυρώσει

Ανοίγμα οπής 2.5m

Διάμετρος χαλκοκλωβού 2-4m ήτοι 15m³

Ποσότητα

ΕΙΣΟΔΙΑ ΑΝΙΣΤΑΣΗΣ 72 ώρες

Μηκία Τ.Ε. = 12m

ΒΑΘΜΙΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	Q	ΔS μετά	Διόρθωση κλάδου
1η			2η	5η
2η				
3η				

Τάση γεωμετρική

ΠΡΟΣΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ 90m³/h

ΤΕ Max	Q	ΔS μετά	ΔS 5000h	Αλλαγή πόρσης	ΕΑ
		5η			14m

Ολική κόπηση κατασκευής

Εκτίμηση θέσης

Εκτίμηση Αρ. π.ε.

ΑΚΡΙΒΕΣ ΦΩΤΟΑΝΙΣΤΑΓΡΑΦΟ



ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ 25-10-1995

Ο ΓΕΩΛΟΓΟΣ

Ε.Γ. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Handwritten signature of Asterios Katsounis.

ΑΣΤΕΡΙΟΣ ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ

ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ

Μηκία	PH	Ηλ. σφ.	Ολ. Εκλ.	Παρ. Εκλ.	Μον. Εκλ.	HCO ₃
SO ₄	Ca	Mg	Mn	Σ.Α.Α	Ταξ.η	

22/5/2009

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

АРЕЛЫТИКН

ΓΕΩΤΡΗΗ ΟΡΥΜΛΙΑΣ (μαρτυρία της
για μεταλλεύματα)

5

A.M. X10/92

ΝΟΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

ΚΑΙΝΟΤΟΝ ΟΡΘΥΛΙΑΣ

1070310

01A80 XAP1H (1:50 000)

01A70 XAP1H (1.20000).

ΕΥΗΛΕΙΣΤΑΓΜΕΝΕΣ

ΠΡΟΣΩΠΟ	ΚΑΤ' ΕΚΚΛΗΣΙΑΝ	ΙΣΟΛΟΓΟΣ ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
	$x =$ $\psi =$ $z =$	$x =$ $\psi =$ $z =$
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ	$x =$ $\psi =$ $z =$	$x =$ $\psi =$ $z =$

— Γεωλόγος μελετητής

ΕΠΩΝΥΜΙΟ: ΙΒΑΝΑΣ ΔΙΟΝΥΣΗΣ

— 10000 үлсжилдөн — УДРАУЛИКО К-400

Судебн. заседание 10/8/92 г. и заседание 21/8/92 г.

KALAGKET: LUM: BIDINGIA

Διάμετρος διατάσεως 105/8

... διαμετρός διευρυμένης 15 1/2

— Ημ/γία... πλ/κής... διασκόλ/σης ...

...Τύπος μέτρου... 1 ΕΓΚΥΡΙΟ

Avalyma sp. 3-5 mm

οισμετρος πολυκοιλιτρον, 5-8 mm ογκος 21 ml

περί προγράμματος συντάξης 16½" - βάθος 30 μ.
ΕΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΑΓΓΕΙΗΣ

Hu/wio

1. *Chlorophyll a* (mg/g)

ΒΑΡΥΜΕΤΡΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	0	ΔΕ ΜΕΤΑ		ΔΙΑΦΕΡΕΝΤΙΑ
			2η	3η	
1η	3 υπ.	30		10.10	
2η	3 υπ.	51		14.40	
3η	3 υπ.	10		20.40	
Σ: Παρ	90 υπ.	-		35.50	

Τόσοι εργαζόμενοι 11

$$Q = 70 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$S_{\text{ave}} = 33 \text{ m}$$

ΠΡΟΓΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΔΕΙΣΗΣ

ΥΕ Μαγ	C	ΔΕ υριε	αλλολε νισπον	ΕΑ
		5 ⁿ	5000 ⁿ	Ιε λινε

ΟΛΙΓΟΉΤΕΡΕΣ ΧΑΙΡΕΣ

[illegible]

-0-
ΑΝΑΔΟΧΟΣ.

О ГЕНАЛСЪЕ

ΤΕΧΝΙΚΗ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ
"ΓΕΩΡΕΥΝΑ" Ο.Ε.
ΛΗΤΡΑΚΟΙ - ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ

Γραμματεία Γεωλογίας - Α.Π.Θ.
ΑΡ. ΜΗΤΡ. ΜΕΣΩ 8077

XUMKII AHAATEII

μυ/νιο	PH	Ηλ. αγ	Ολ. Εηλ.	Πορ. Εηλ.	Μον. Εηλ.	HCO ₃
--------	----	--------	----------	-----------	-----------	------------------

22/5/2009

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ

6

Α.Μ.Χ.14/91

Όνομα: Χατζιδimitris Κοινότητα: Ορφέας

Τοποθεσία: Κουβέρι

ΟΤΛΑΔ ΧΑΡΤΗ (1:50 000)

Γεωλόγος μελέτης: Λυτθένης Αικατερίνη

ΟΤΛΑ/Ο ΧΑΡΤΗ (1:20 000)

Γεωτεχνικός: Φωτιάδης Θεόδωρος

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

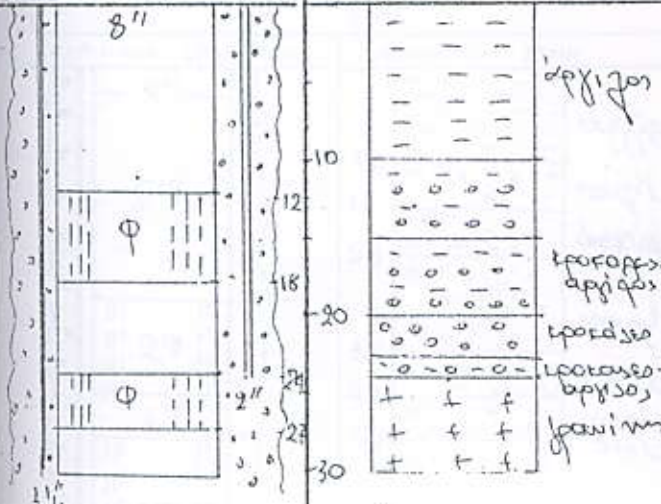
κατ' εκτίμηση	Τοπογρ. αποτύπωση
χ= ψ= ζ=	χ= ψ= ζ=
χ= ψ= ζ=	χ= ψ= ζ=

Τύπος γεωτρυπάνου: Περιστροφικό

Έναρξη εργασιών: 11/7/91 Λόση εργασιών: 22/8/91

ΕΚΑΡΙΘΜΑ ΕΠΛΗΘΥΝΣΗΣ

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ



ΚΑΤΑΓΚΕΥΑΓΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Διάμετρος διάτρησης: 7 1/2"
Διάμετρος διεύρυνσης: 16"
Μη/κία πλήξης διασκόπησης: ---
Γύλιος σιδήρου: Γεφυρωτός
Άνοιγμα σπής: 2mm
Διάμετρος χαλικοσπιδίου: 4-6mm όγκος 9m³
Τσιμέντωση: ---

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΗΣΗΣ

Μη/κία 19-22/8/91		Υ.Ε. = 3,5m			
ΒΑΘΜΙΔΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	α	Δ 5 μετά		Διάρκεια κινάβου
			2h	5h	
1η					
2η					
3η					
Ε.Π.α.					

Υδατοαγωγιμότητα: ---
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ: Q=50m³/h, Σ.Α.=6,5

Υ.Ε. Max	α	Δ.5 μετά	Αλληλεπίδραση	Ε.Α Τελεχά
		5h	5000h	

Ολικό κόστος κατασκευής: ---

Εκαρίθμηση θέσης	Εκαρίθμηση Repere

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μη/κία	PH	Ηλ. αγ.	Ολ. Σκλ.	Παρ. Σκλ.	Μον. Σκλ.	HCO ₃
Cl	SO ₄	Ca	Na	Mg	SAR	Ταξη

Φωτιάδης 29/8/91
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

INTEC

Γεωλόγος : Βασίλειος Παπαλιούρας

Γεωτεχνικιστής : Αριστοτέλης Ζιάνας

Γεωτρύπανον : FAILING 158

Είδος γεωτρήσεως : Υδροεικτική

Ενδιαφερόμενος : Όρμυλία Χαλκιδικής

Νομός - Κοινότης : Χαλκιδικής - Όρμυλιας

Τοποθεσία - Υψόμετρον : Βάλτα Υψόμετρον 11,60

Έναρξις - Λήξις 4-7-73 18-8-73

Αριθμός Μητρώου 1595

Φύλλον χάρτου

Υδρολογικά στοιχεία

Υδροστατική Στάθμη 7,0

Στάθμη Ανάληψ. 25,0

Παροχή M³/ω 90

Υδροχημικά στοιχεία

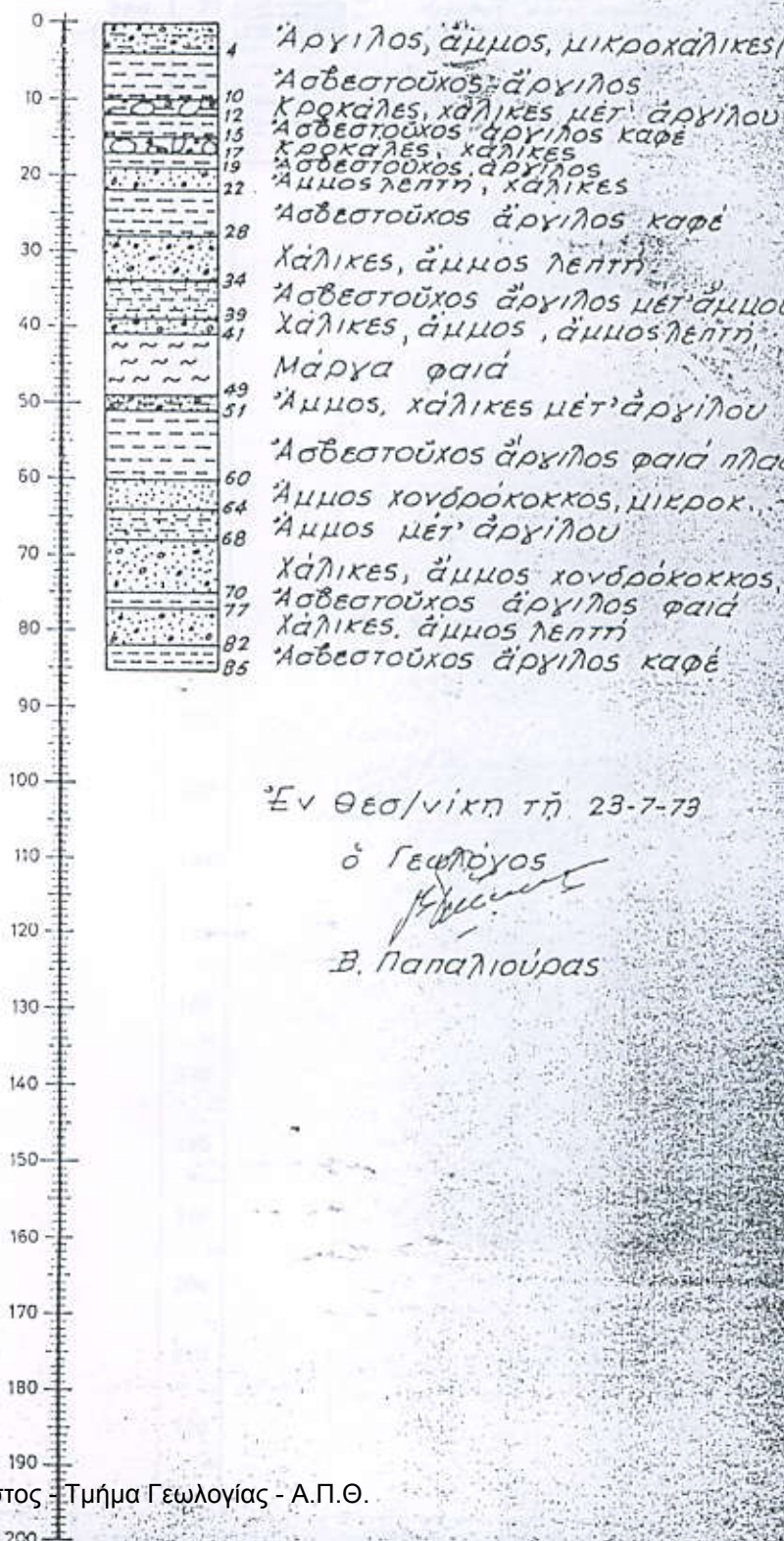
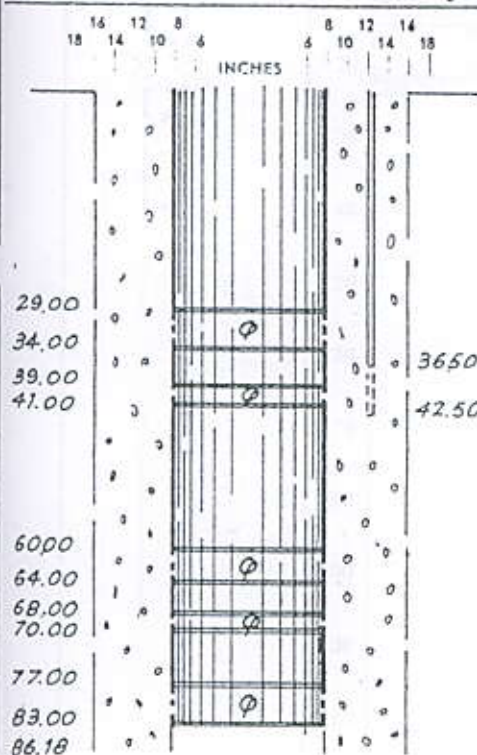
E.C. 1,0

P.H. 8,0

Σκληρότης

Σωλήνωσις

Πετρογραφία



Υδροεικτική
Φοινικιά

Έν θεσ/νίκη τη 23-7-73

ο Γεωλόγος

Β. Παπαλιούρας

Γεωλόγος Στουμπός Ιωάν.

Γεωτρυπ. ΣΤΑΡ

Άρ. Γεωτρυπ. 60

Έναρξις 16-11-65

Λήξις 18-12-65

Γεωτρυπηστής Μουταφτσής Γ. Ύψόμετρον

Γεωτρήσεις Κοιν. Ορμυλίας ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ

Νομός Χαλκιδικής

Περιοχή Ορμυλίας

Τοποθεσία παρά τάν Χαβριά

Αριθ.

Μητρ. 819

Τελ. σωλήνωσις και φίλτρα					ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ					ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ	
12"	10"	8"	6"	4"	Βάθος εις μ.	Υδροστ. στρώματα	Παροχή m ³ /h	Υδροστ. Ιτάθυμη	Ετόθυμη Αντλήσεως	Βάθος εις μ.	Είδος πετρώματος
							45 m ³ /h	0 m			Φυτική ρη
					10	11				10	Άργιλος
						14				11	Χαλίκες κροσάδες (υδρ.)
					20	21				14	Άργιλος έρυθρο
						24				16	κρημασμένης
										18	Άργιλος μετο χαλίκων
										21	κροσάδες υδρ.
										24	
					30					30	Άργιλος υιτρινη
					40					40	
					50					50	
					60					60	
					70					70	
					80					80	
					90					90	
					100					100	
					110					110	Έν θεσσαλονικη τη 18-4-66
					120					120	Γεωλόγος Γρηγοράκης Α. Τμήτ
					130					130	
					140					140	
					150					150	
					160					160	
					170					170	
					180					180	
					190					190	
					200					200	
					210					210	
					220					220	

Γεωλόγος : Παπαλιούρας Βασίλειος

Γεωτρυπανιστής : Χατζηκαλίας Δημ.

Γεωτρύπανον : Failing

Είδος γεωτρήσεως : Ύδρευτική

Ένδιωφερόμενος : Κοινότης Μεταμορφώσεως

Νομός - Κοινότης : Χαλκιδικής - Όρμυλίας

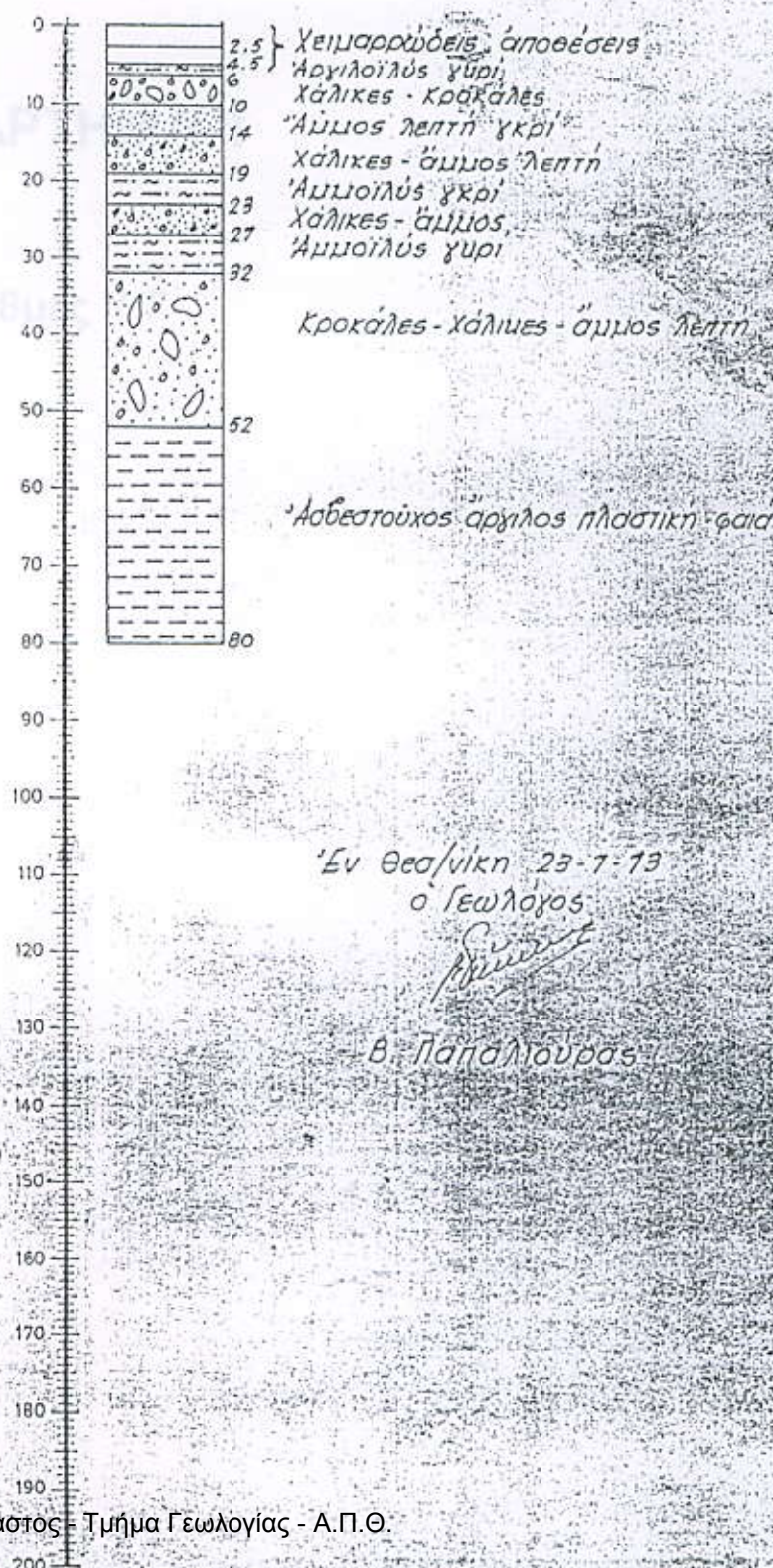
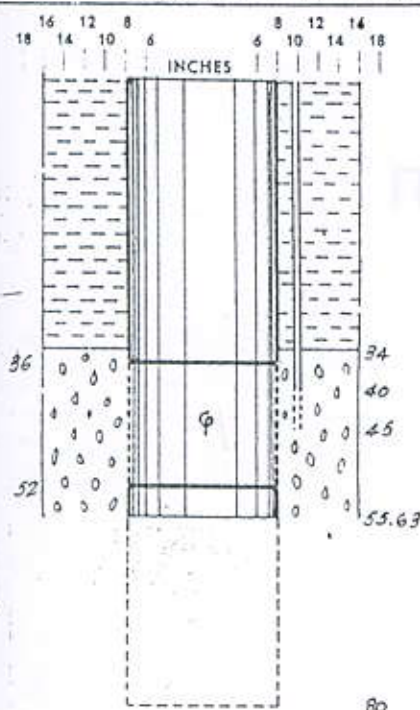
Τοποθεσία - Ύψόμετρον : κτηματ. περιοχή Όρμυλίας (6.31)

Έναρξις - Λήξις : 6-7-73 11-8-73

Αριθμός Μητρώου	1596	
Φύλλον χάρτου		
Υδρολογικά στοιχεία	Υδροστ. Στάθμη	Αυτόμ. 15 m
	Στάθμη Αν-λησ.	7
	Παροχή M ³ /ω	150
Υδροχημικά στοιχεία	E. C.	
	P. H.	
	Σκληρότης	

Σωλήνωσις

Πετρογραφία



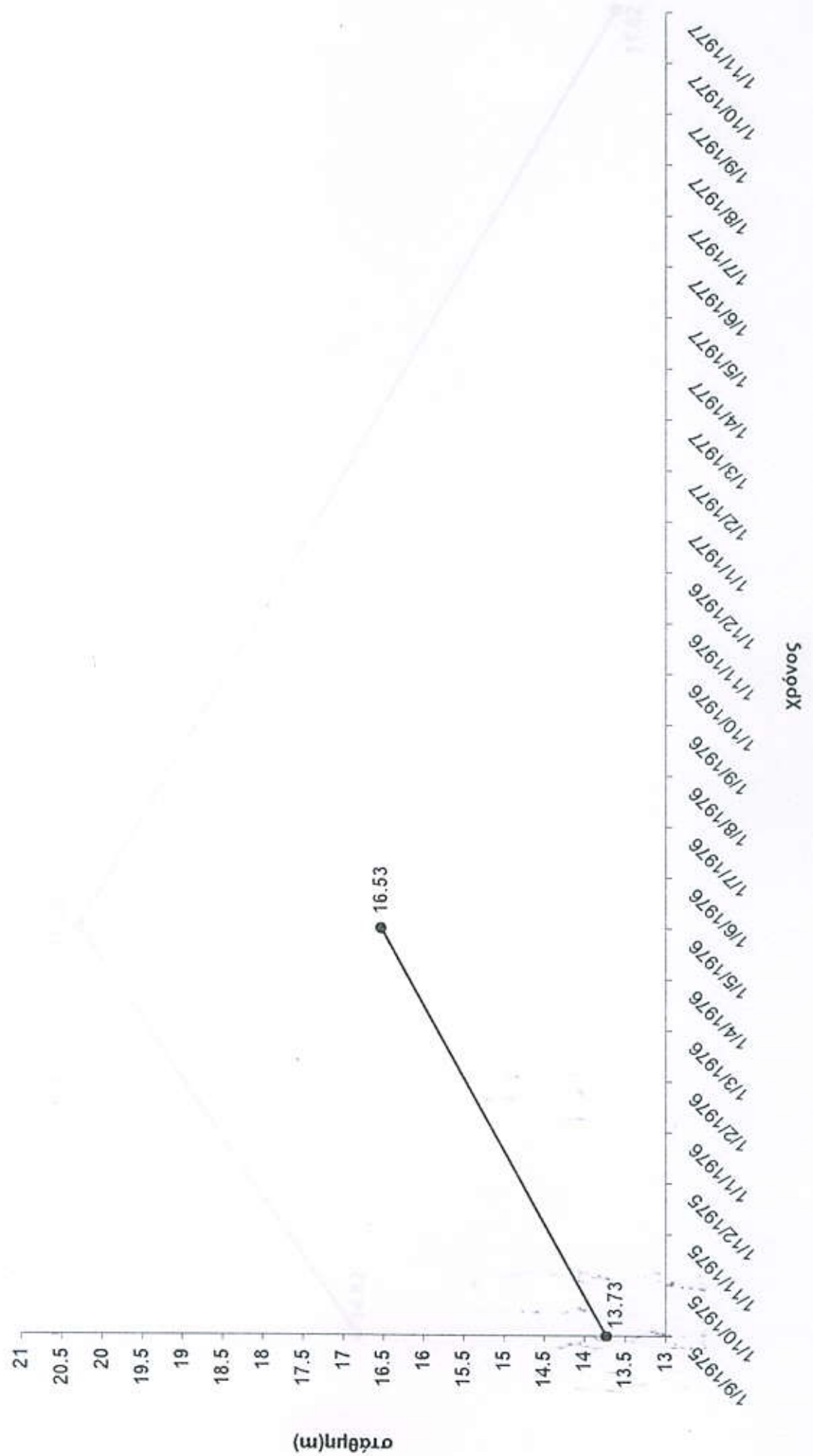
Έν Θεσ/νίκη 23-7-73
ο Γεωλόγος

Β. Παπαλιούρας

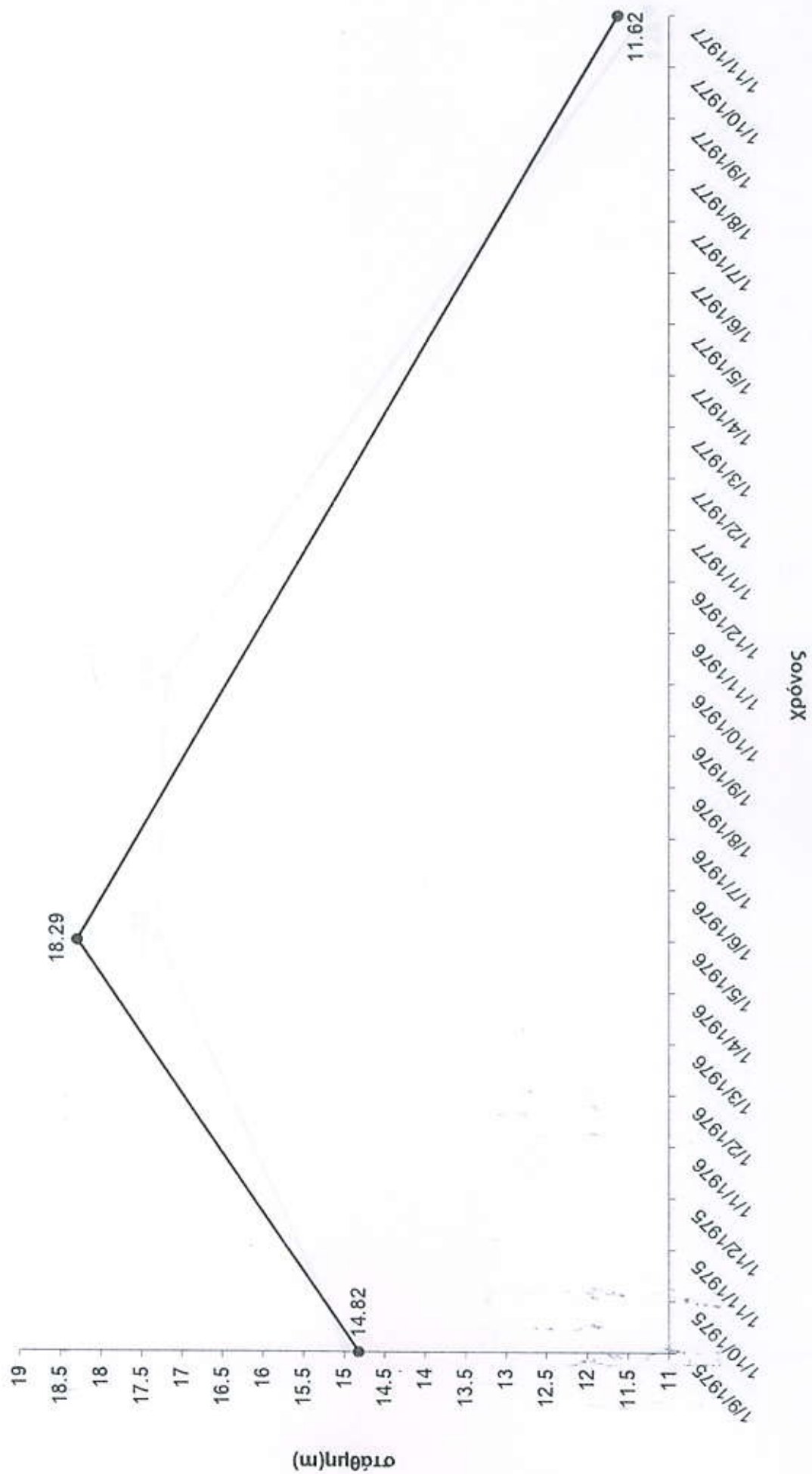
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Στάθμες Υ/Γ

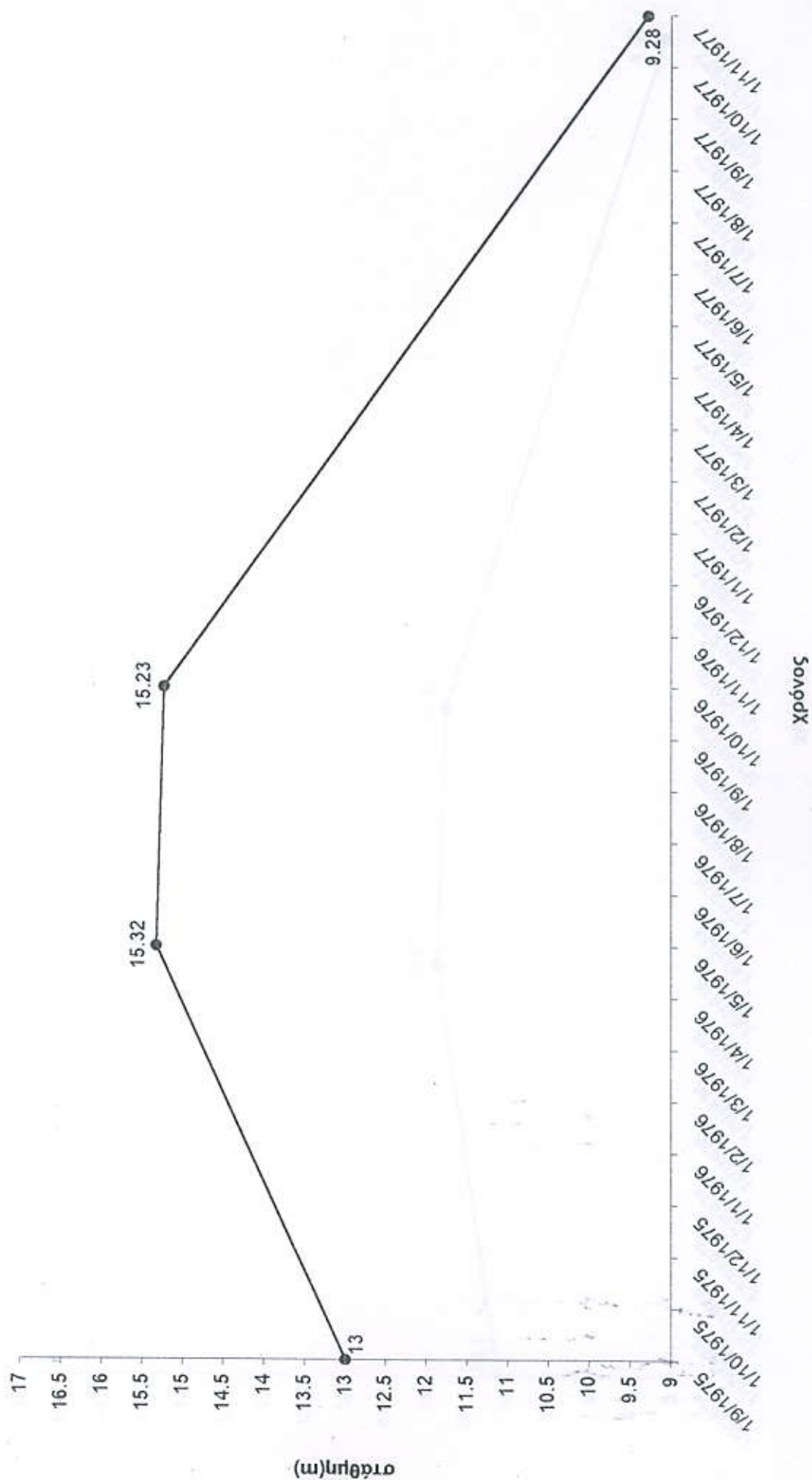
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ 65



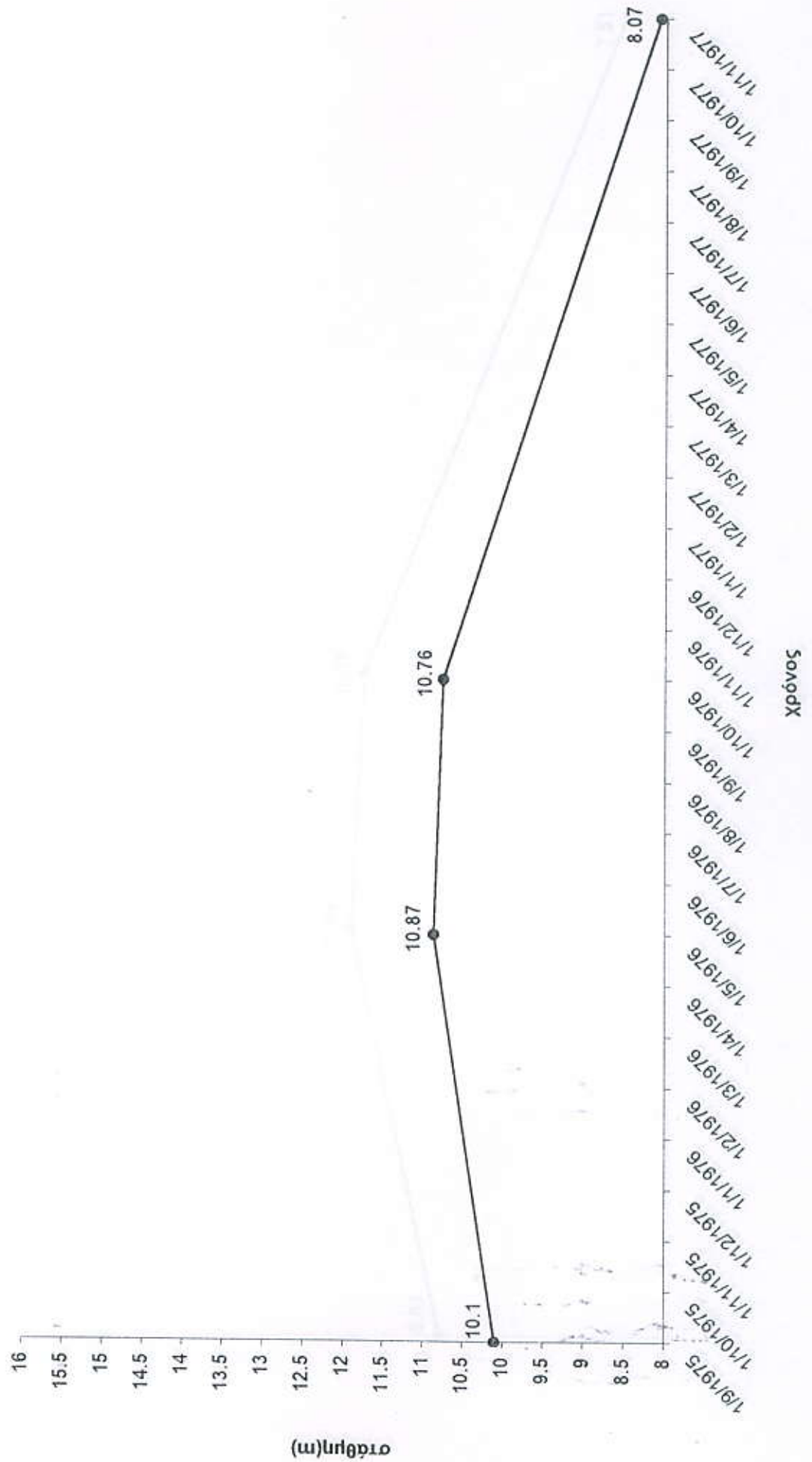
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ 60



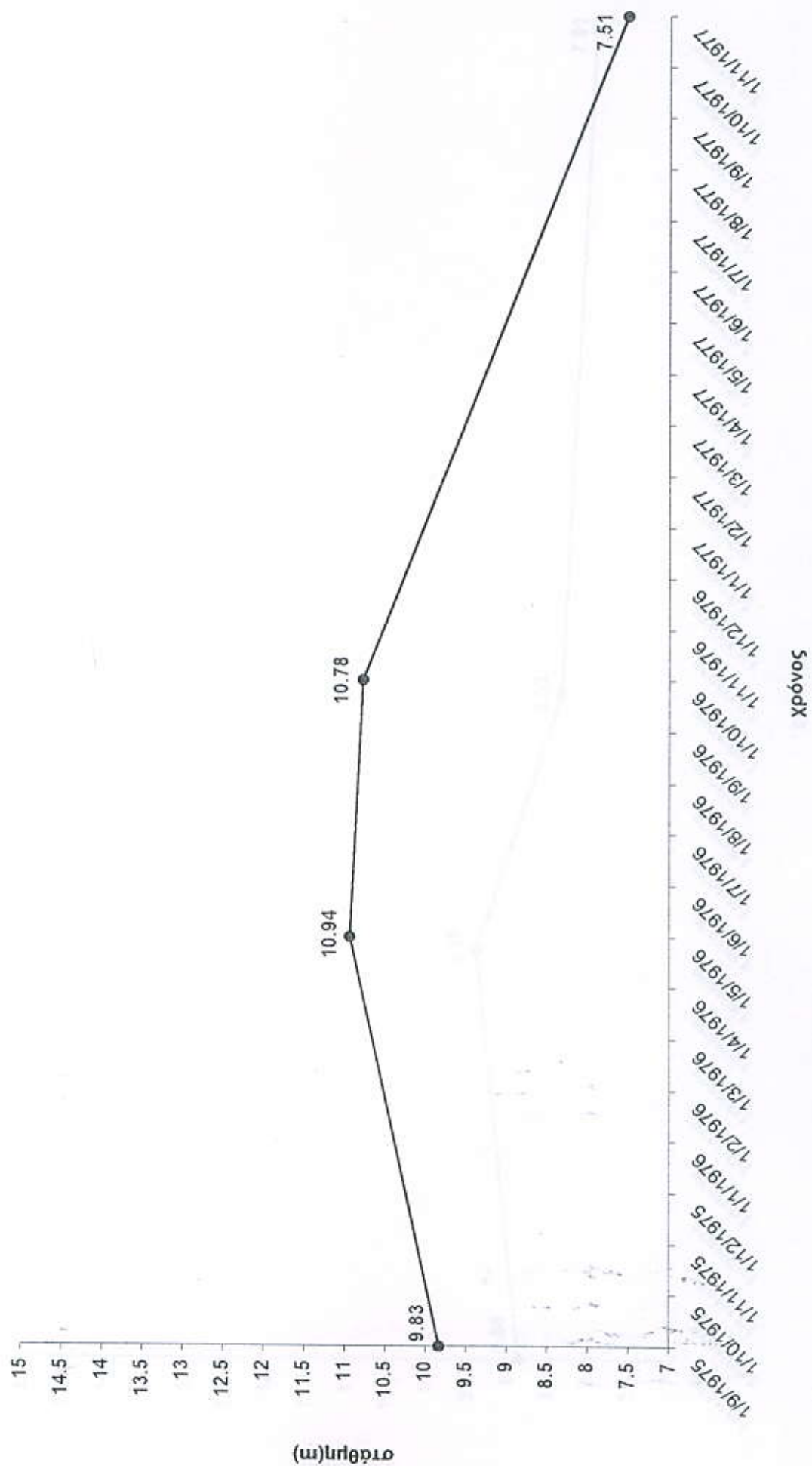
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ 59



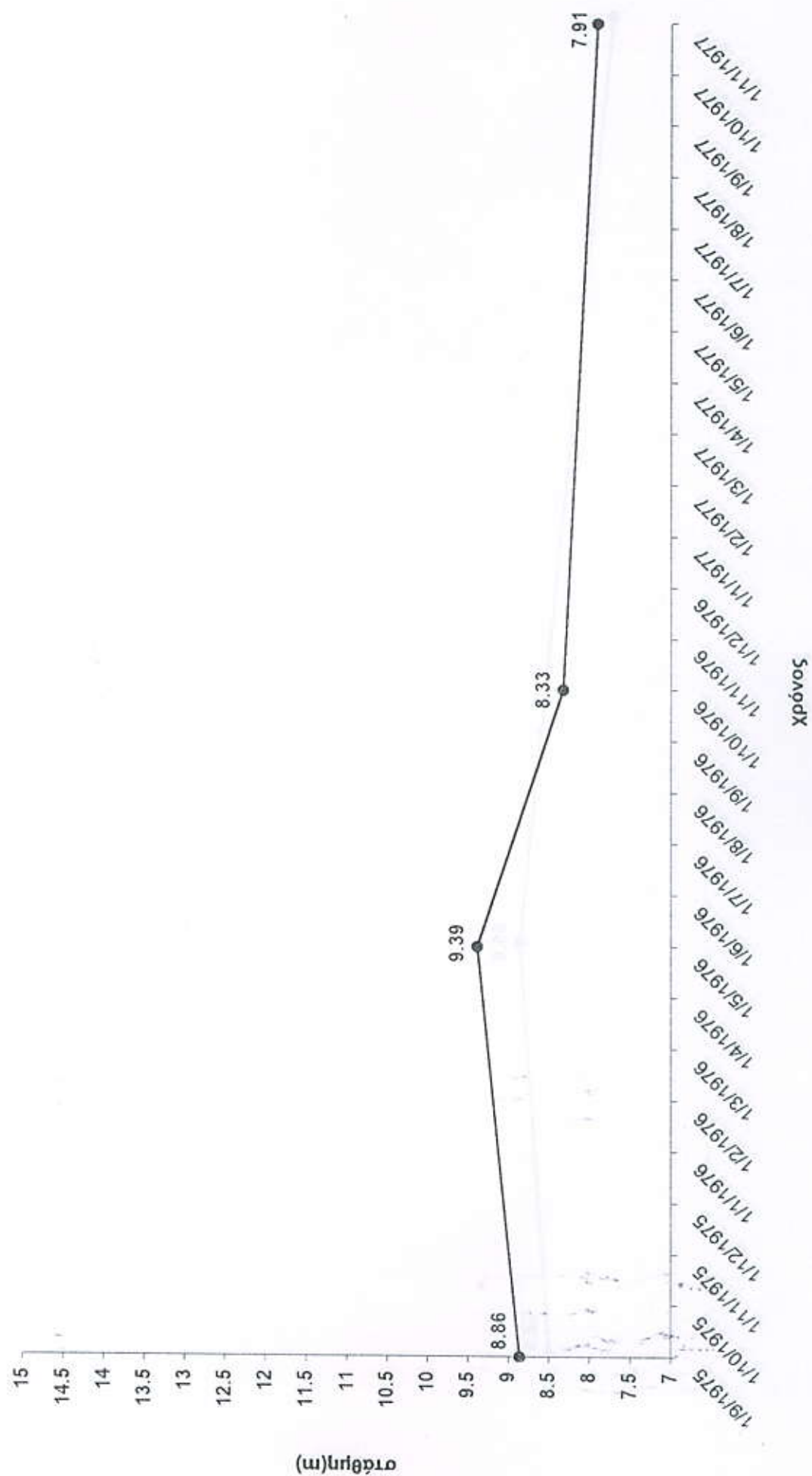
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ 40



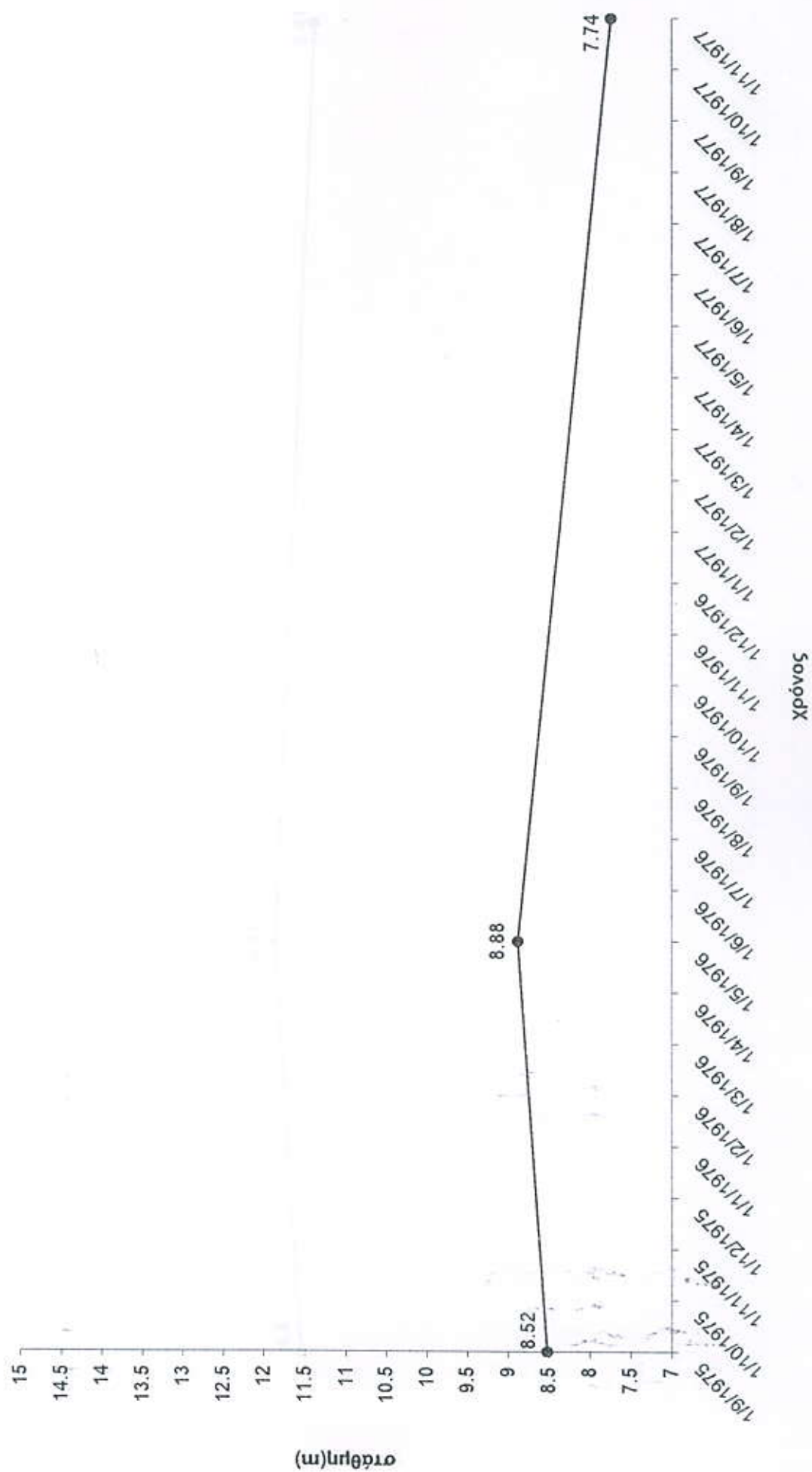
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ 12



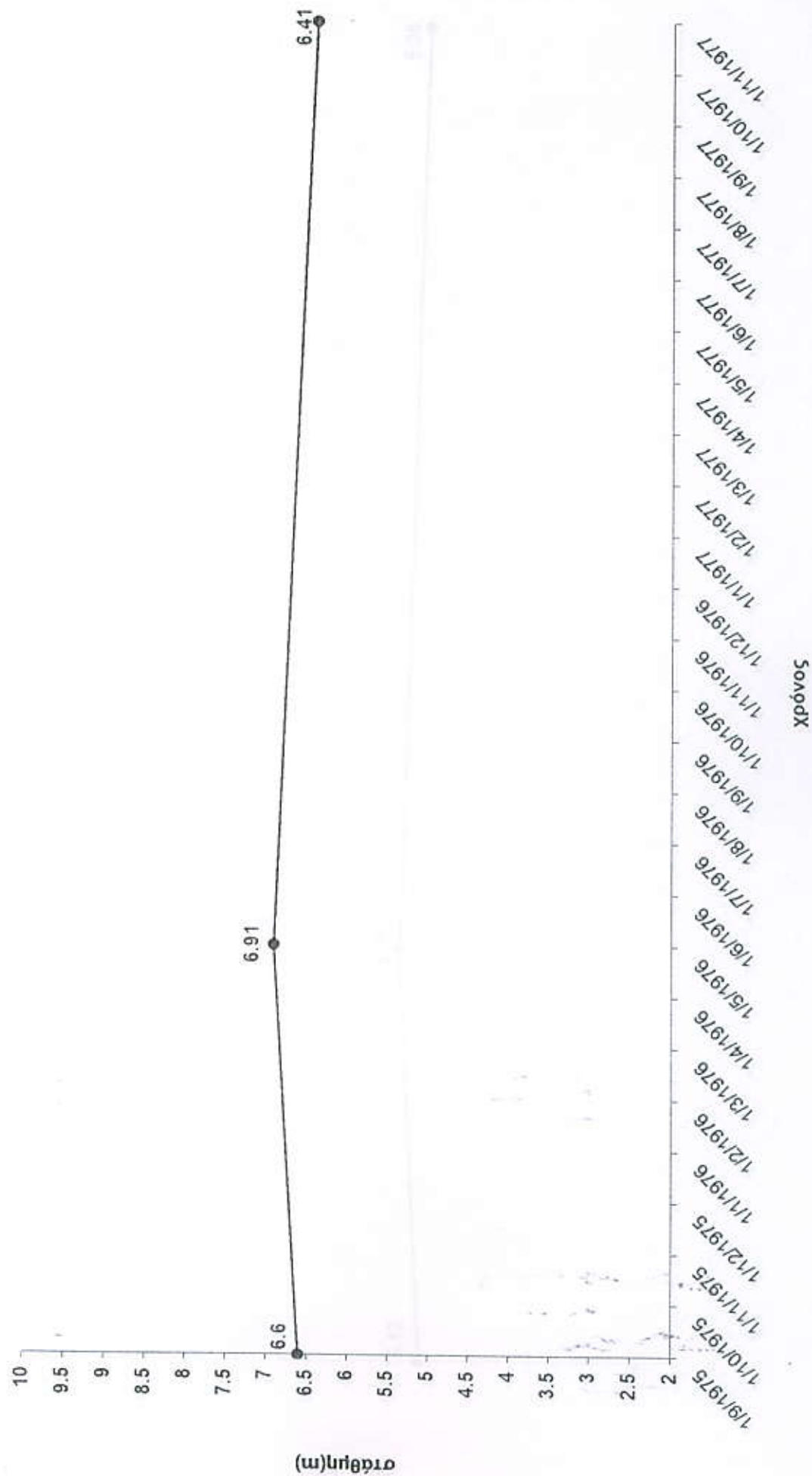
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 37



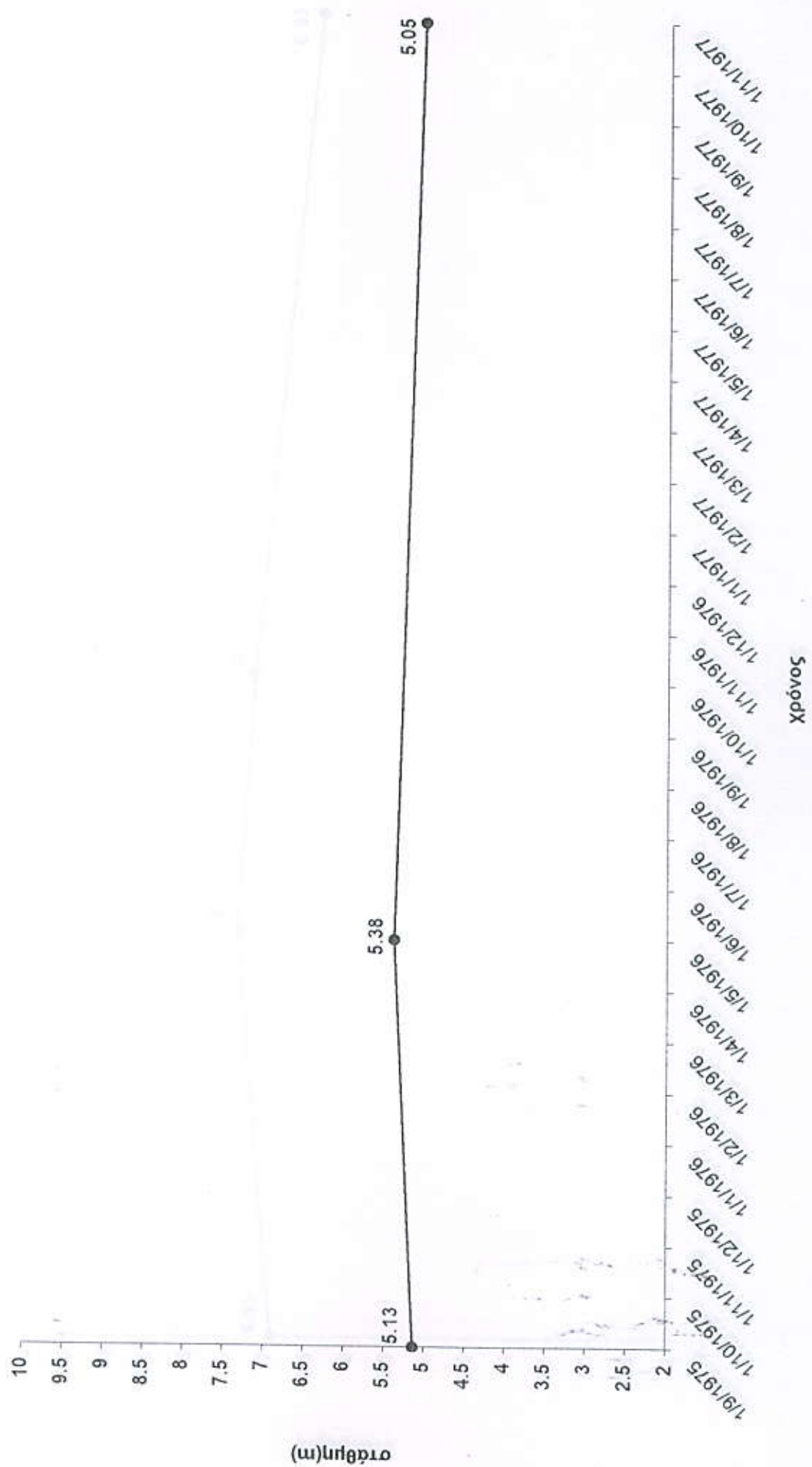
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ 34



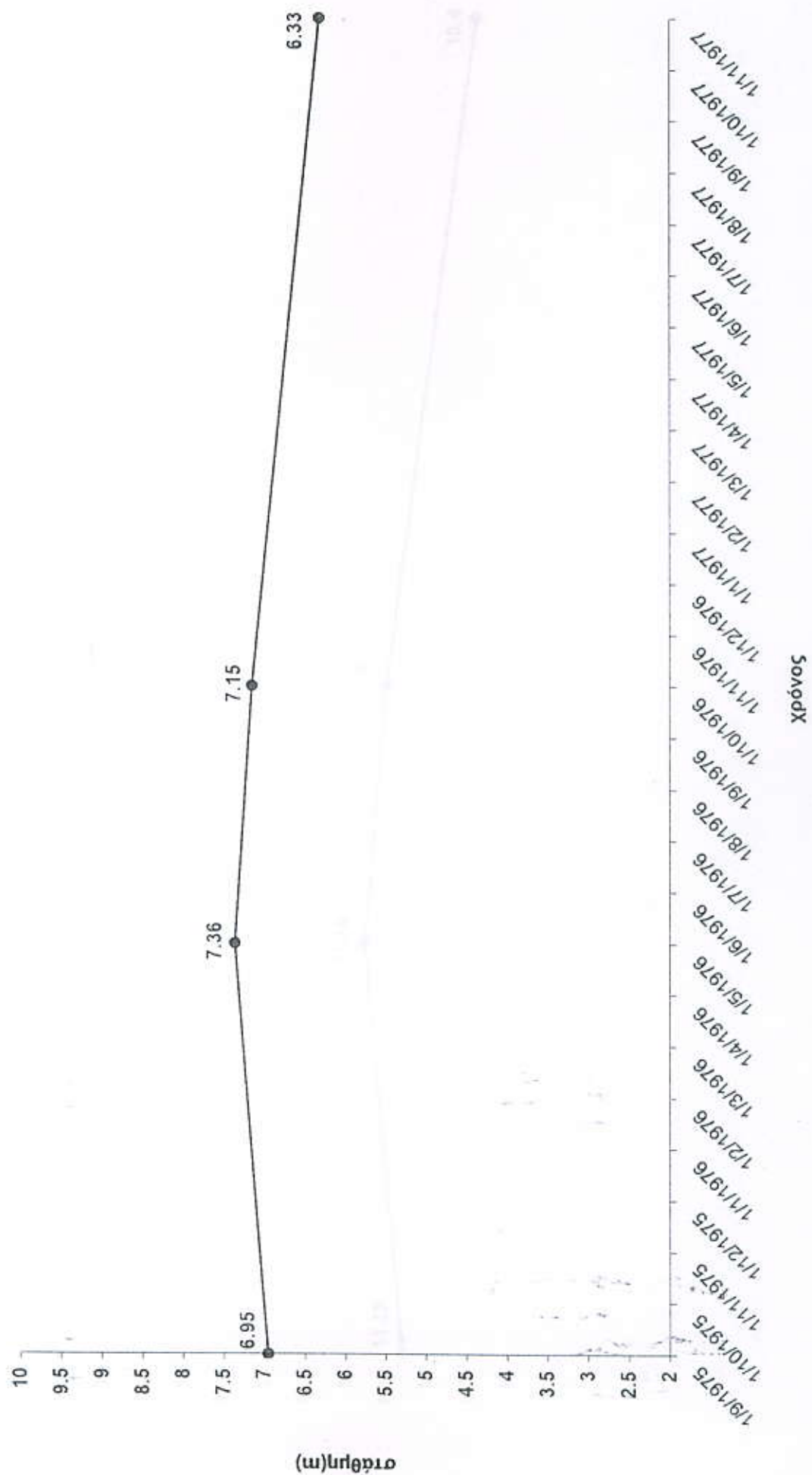
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 25



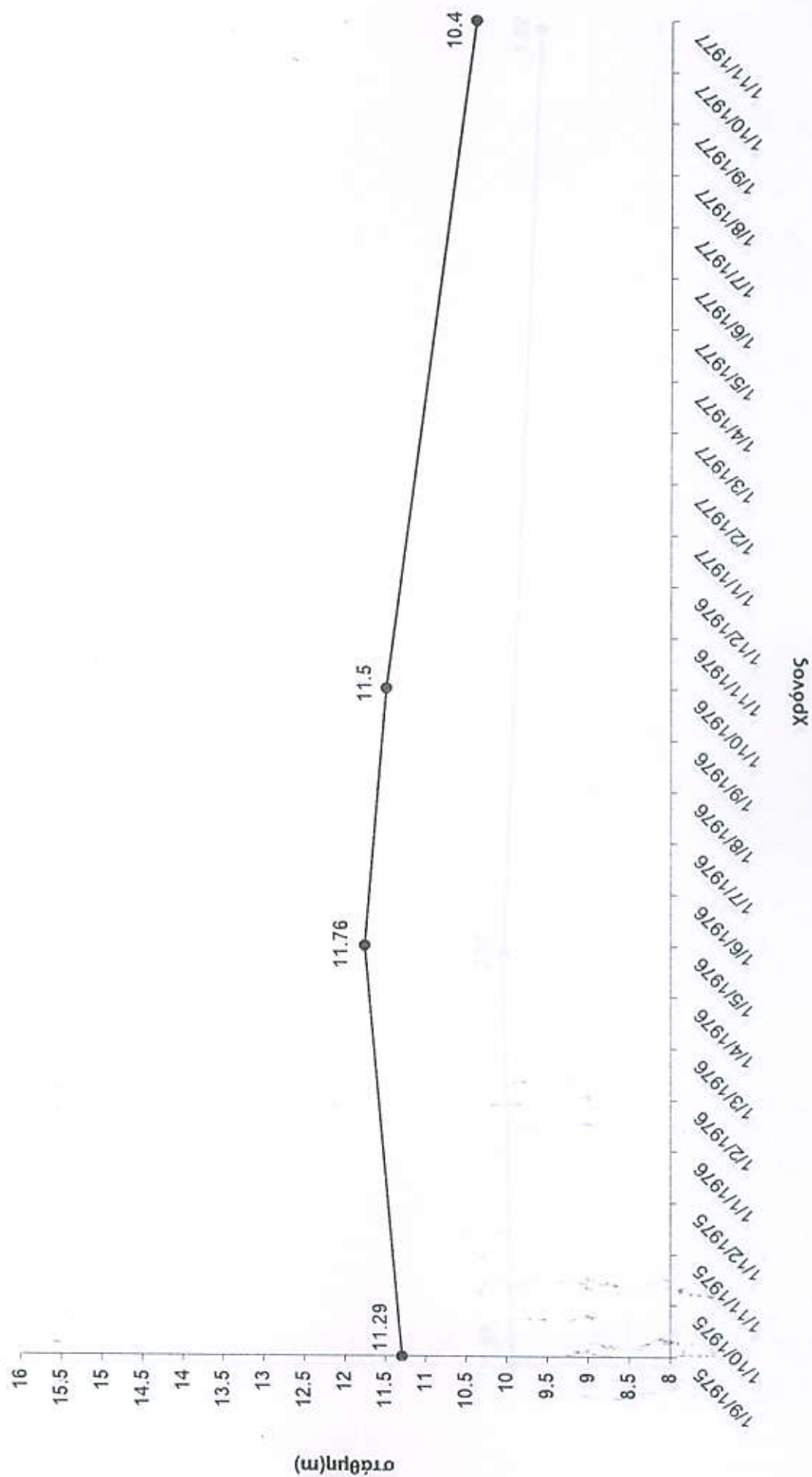
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 31



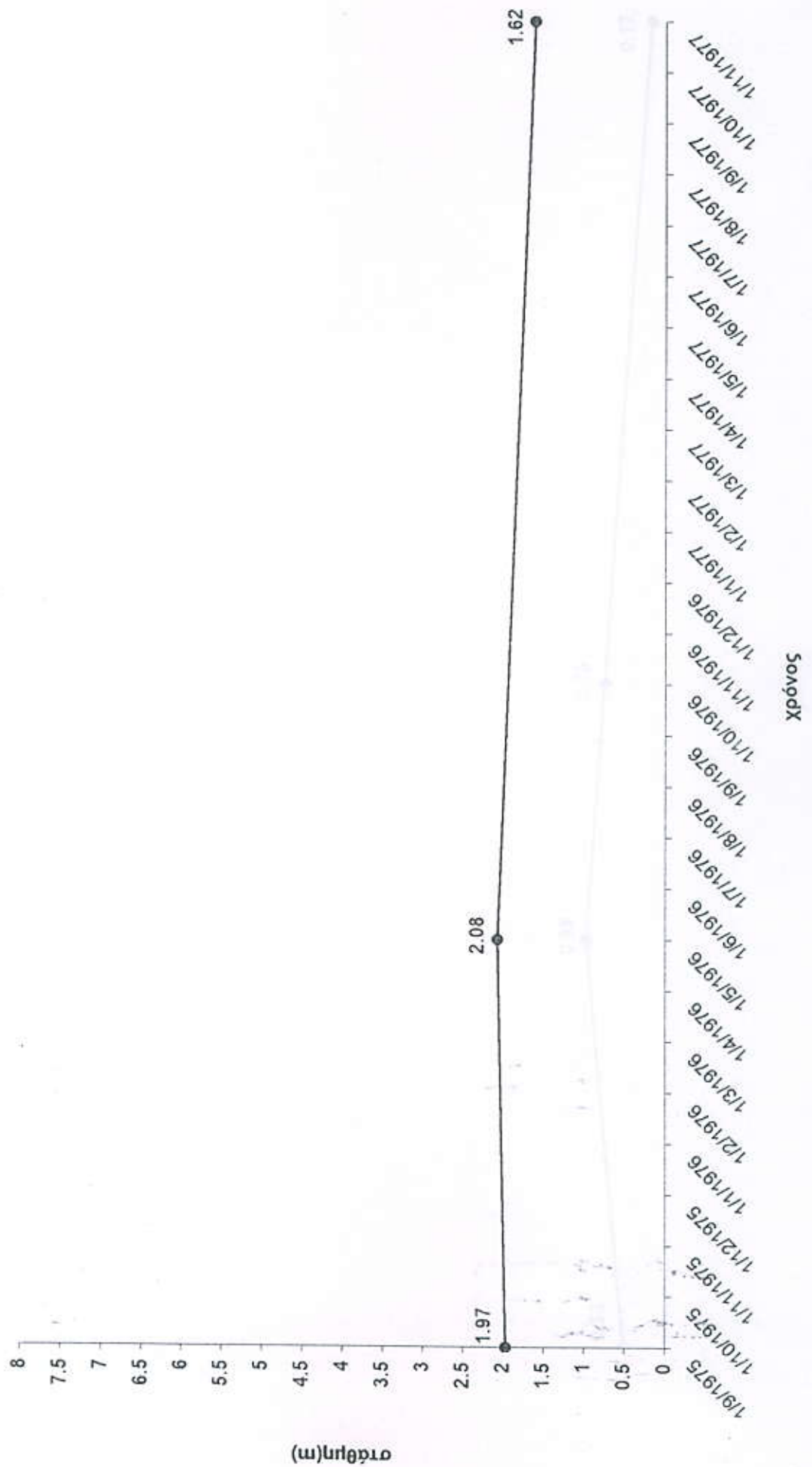
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 20



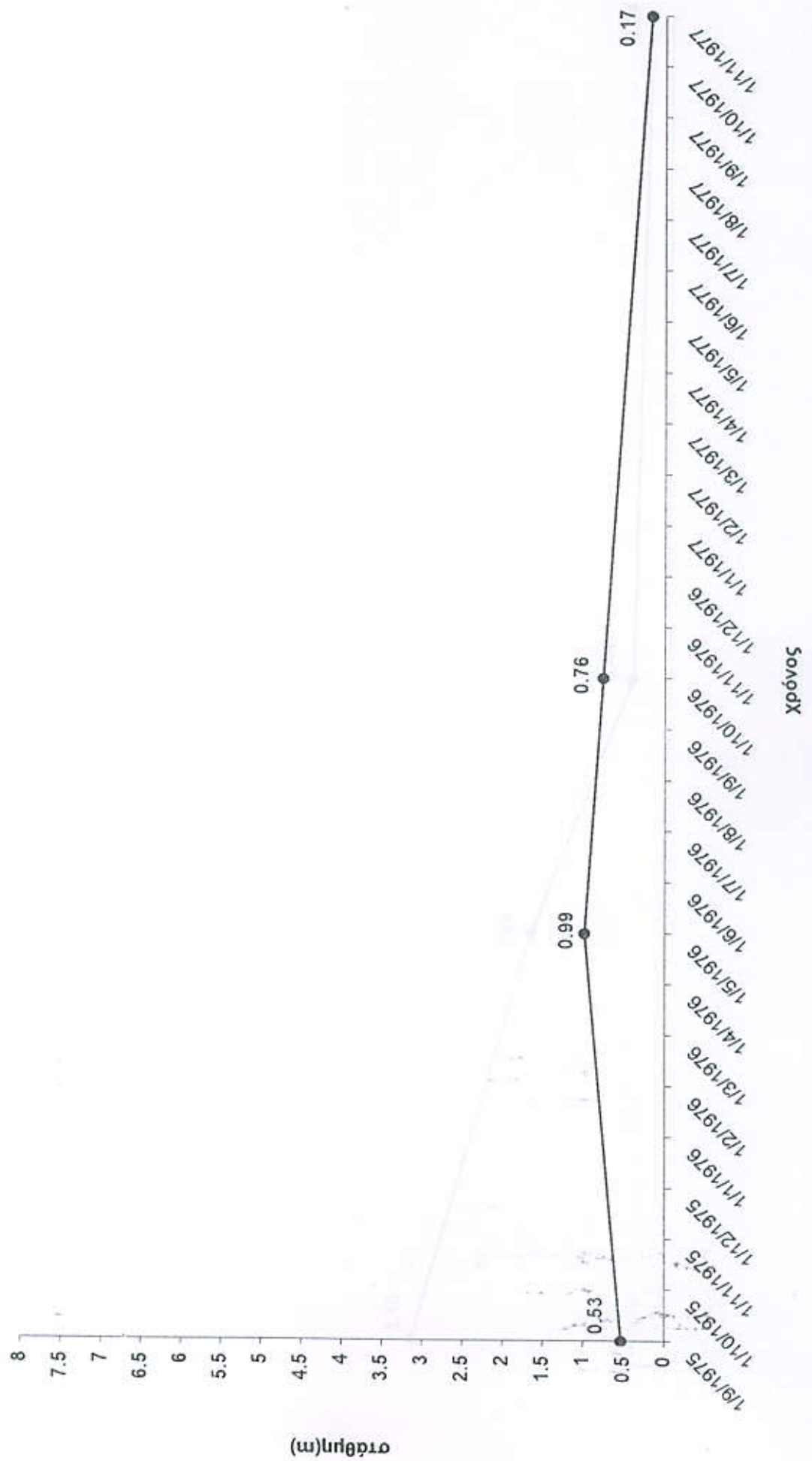
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 18



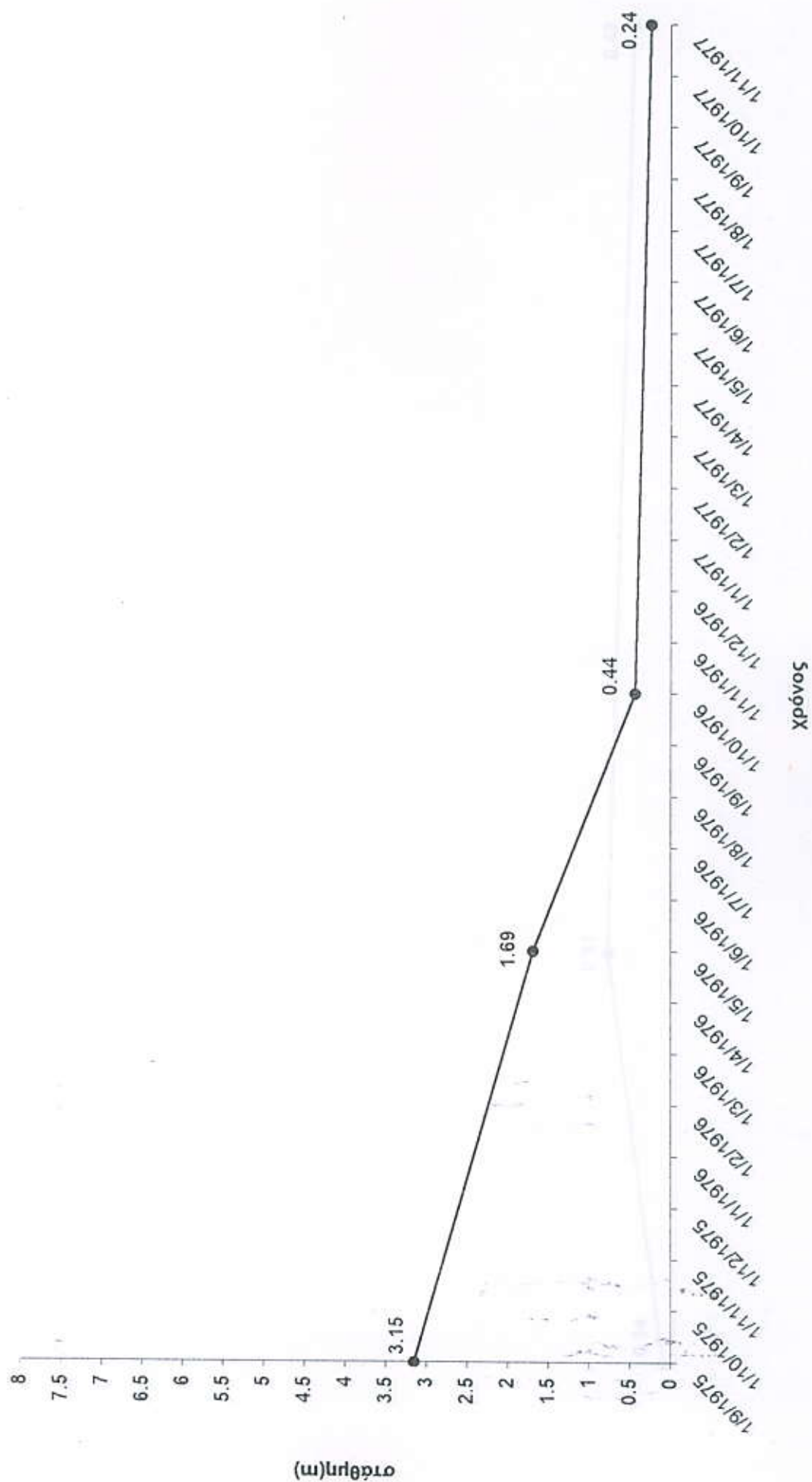
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 9



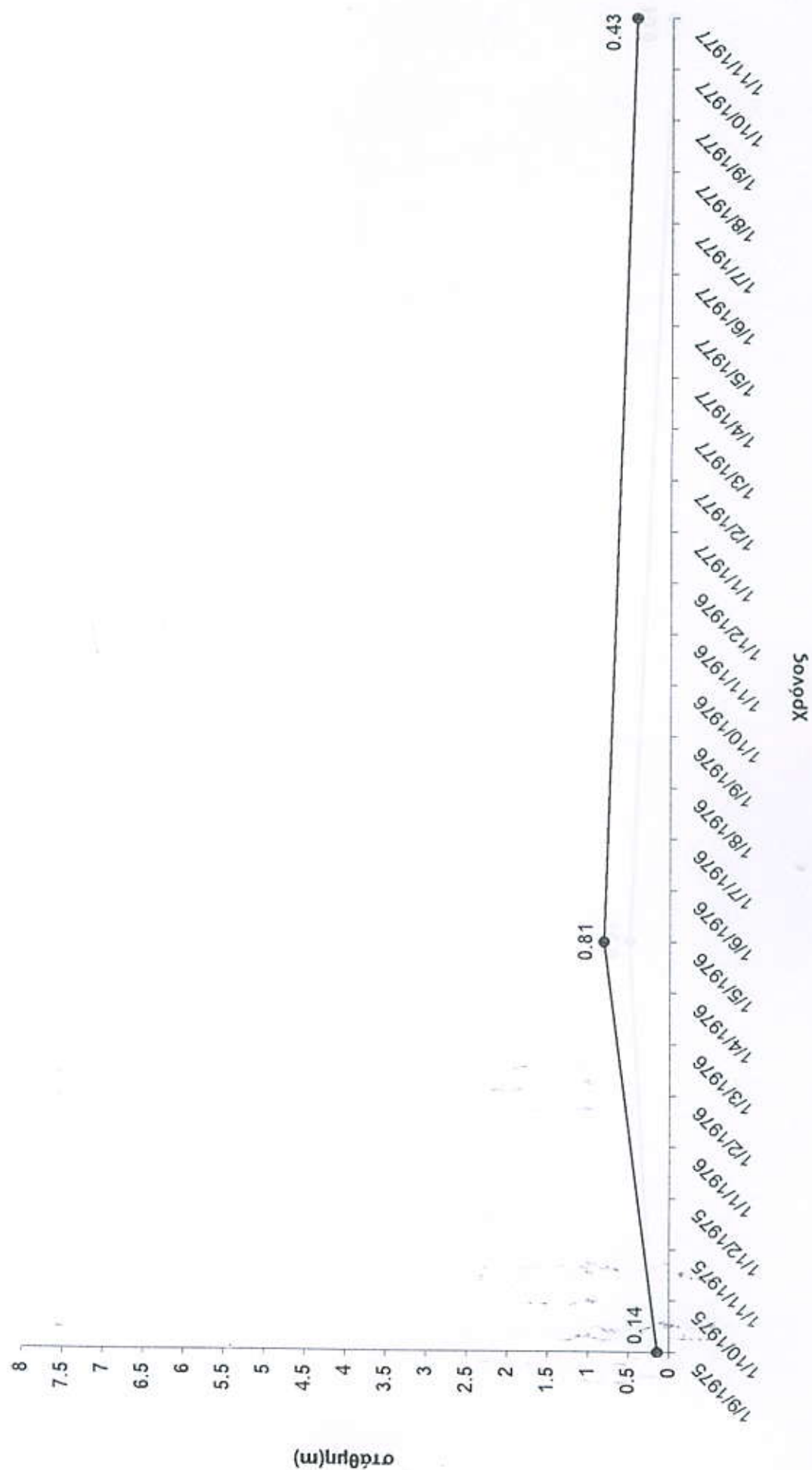
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 86



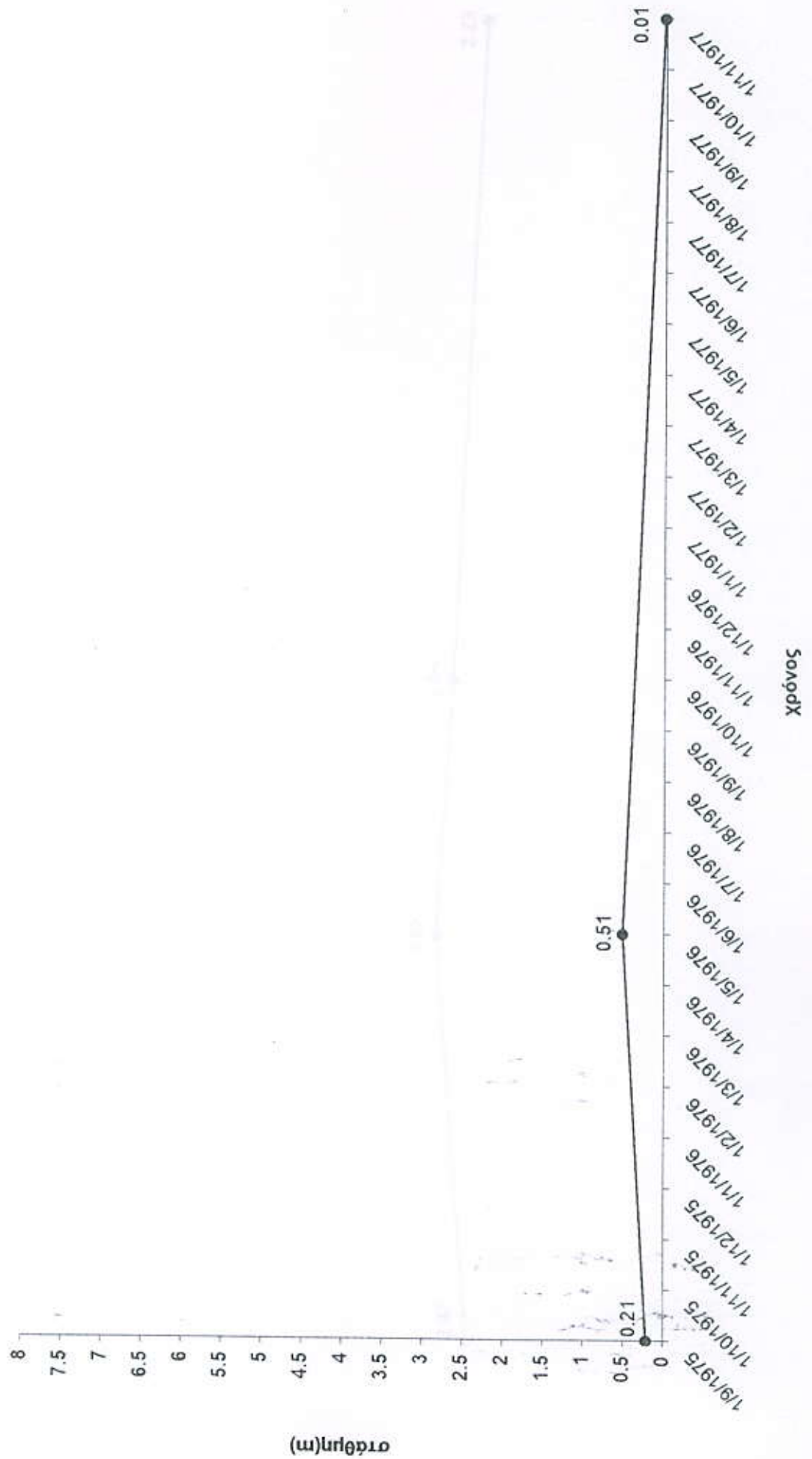
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 90



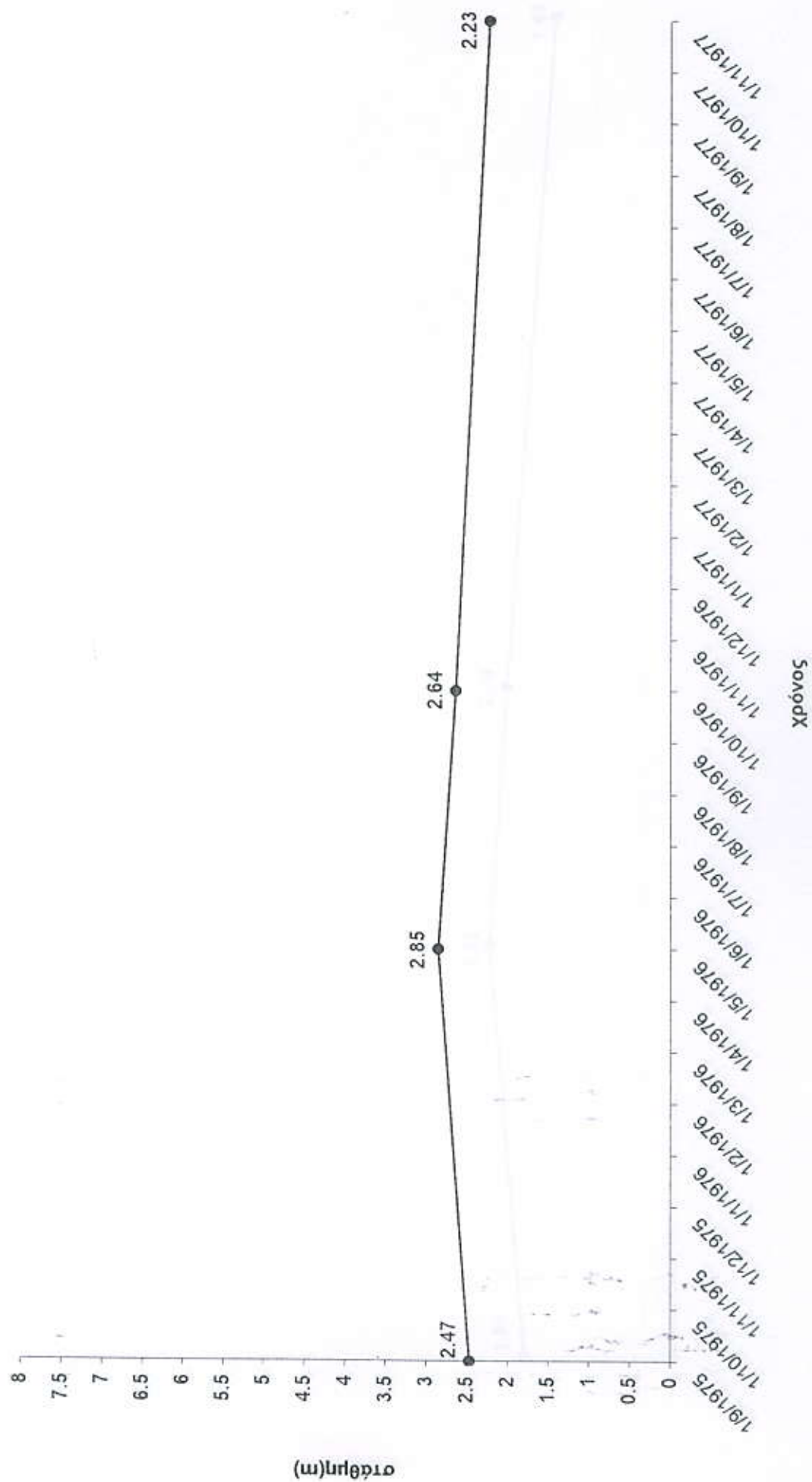
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 76



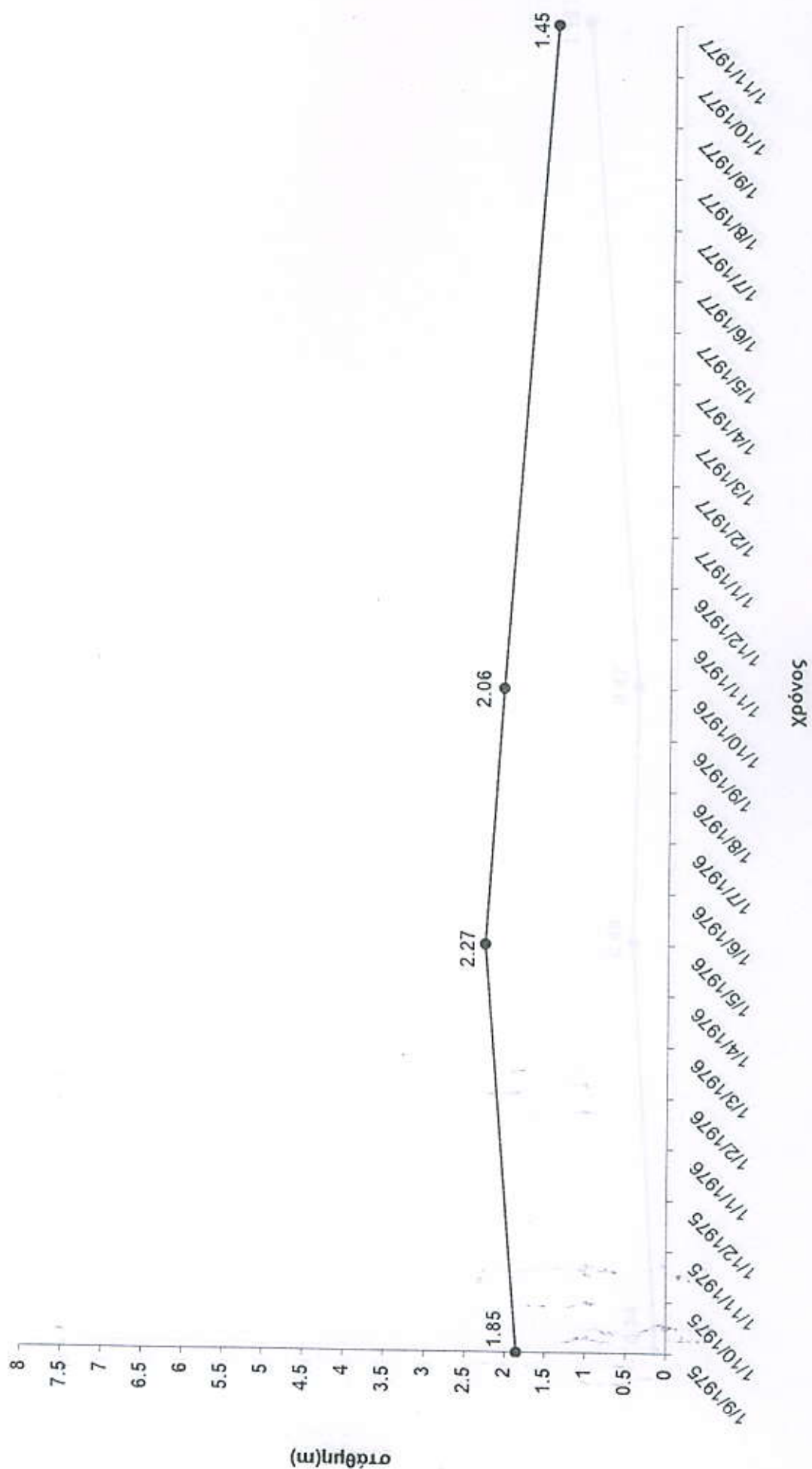
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 79α



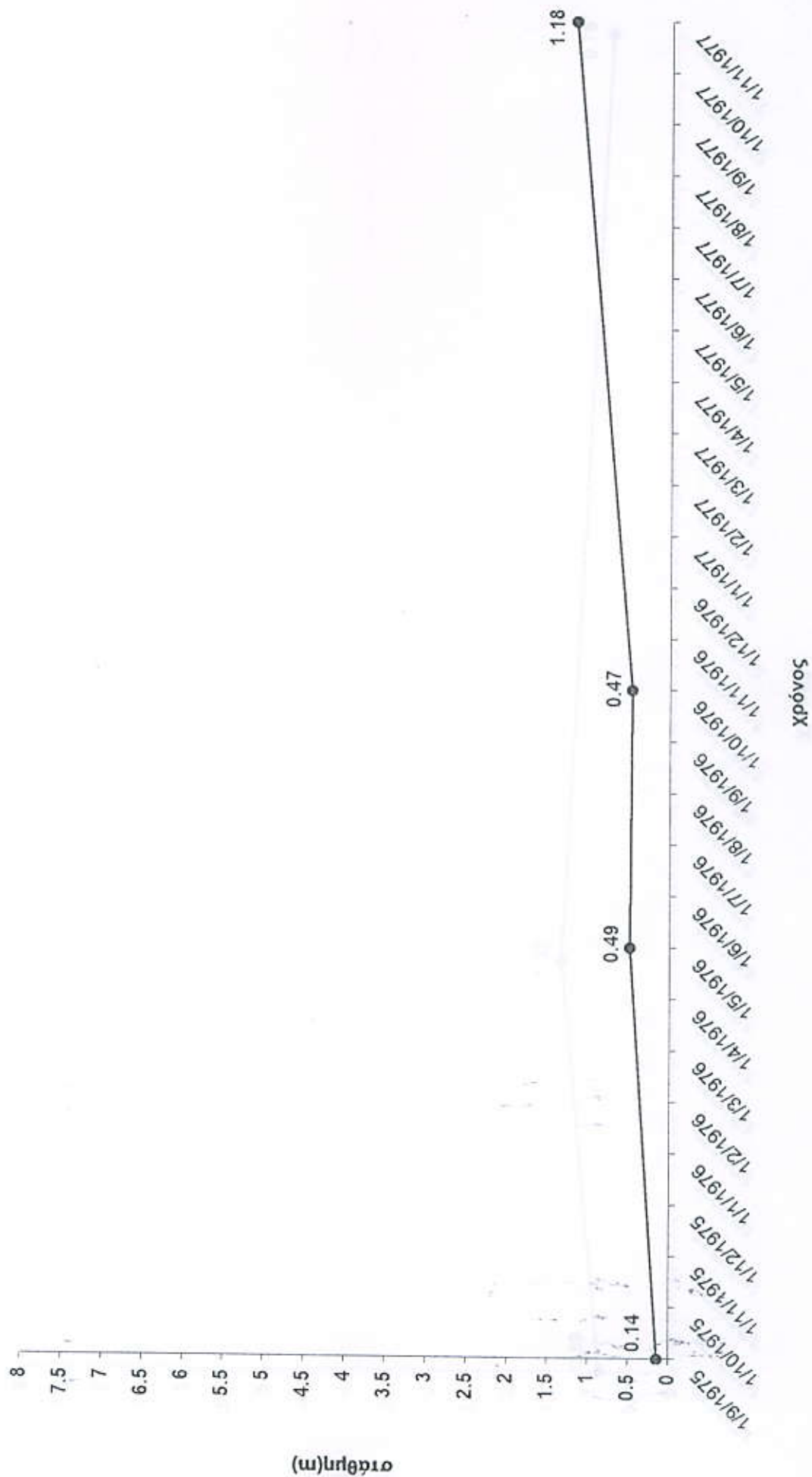
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 80



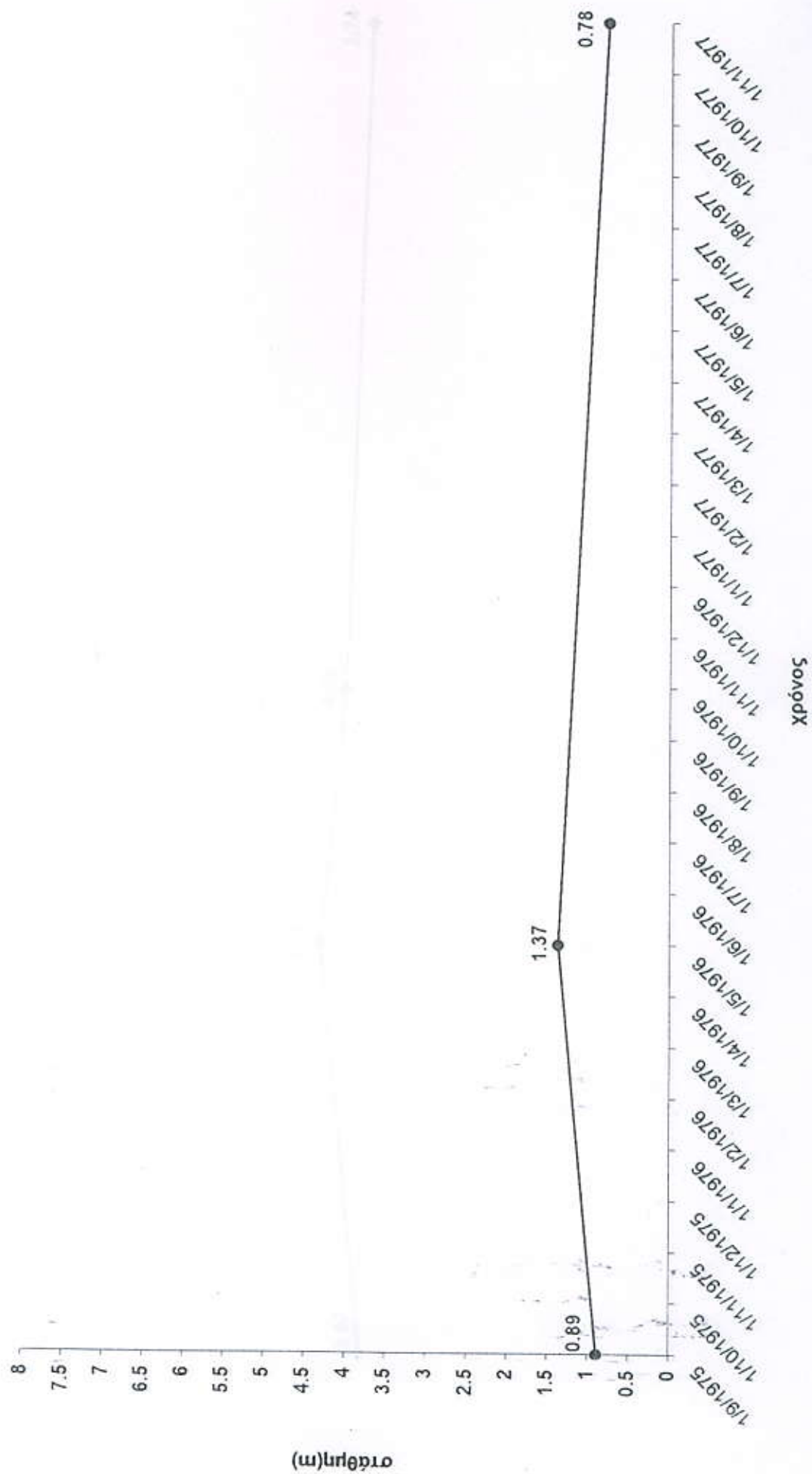
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 81



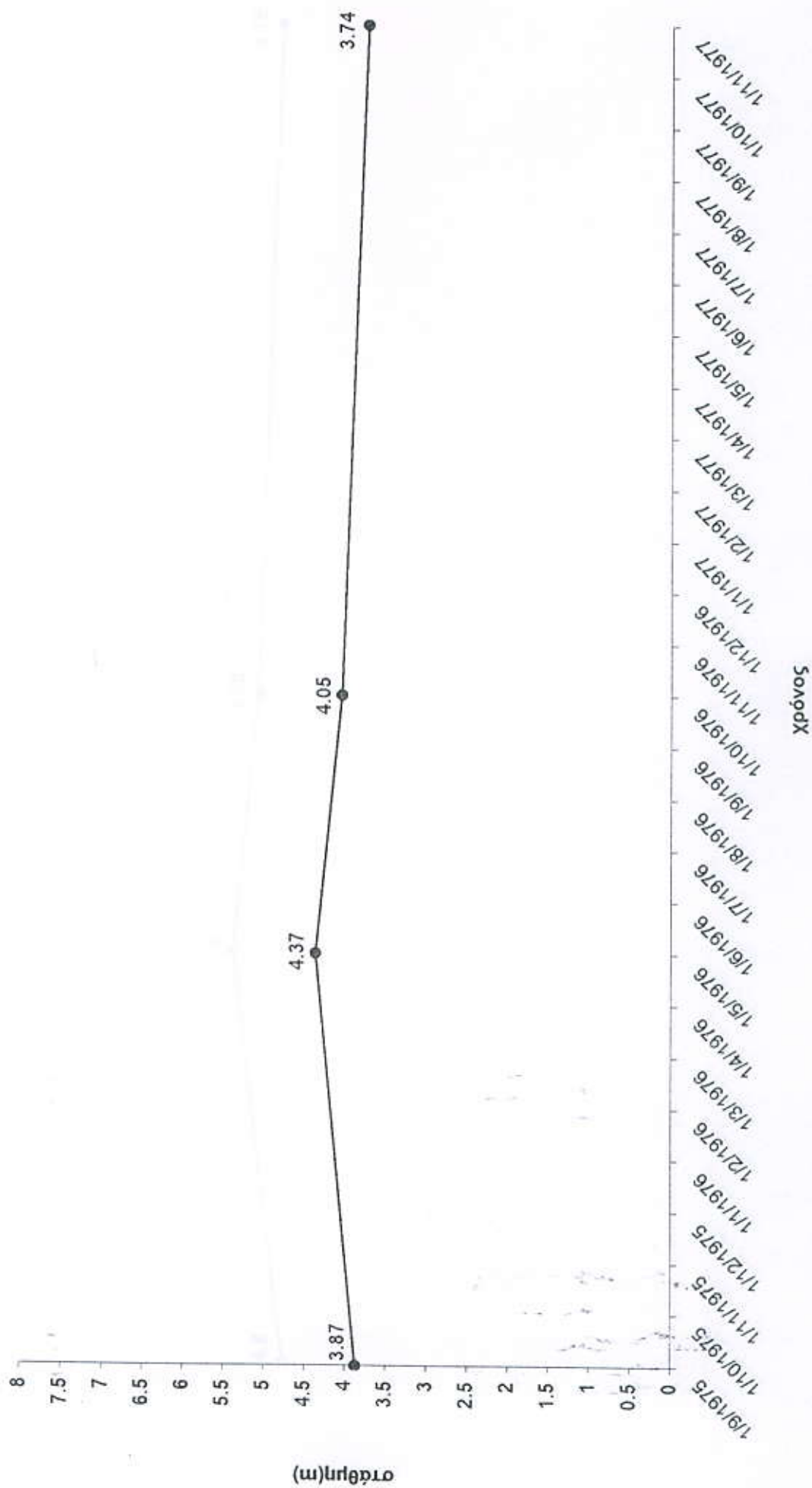
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 77



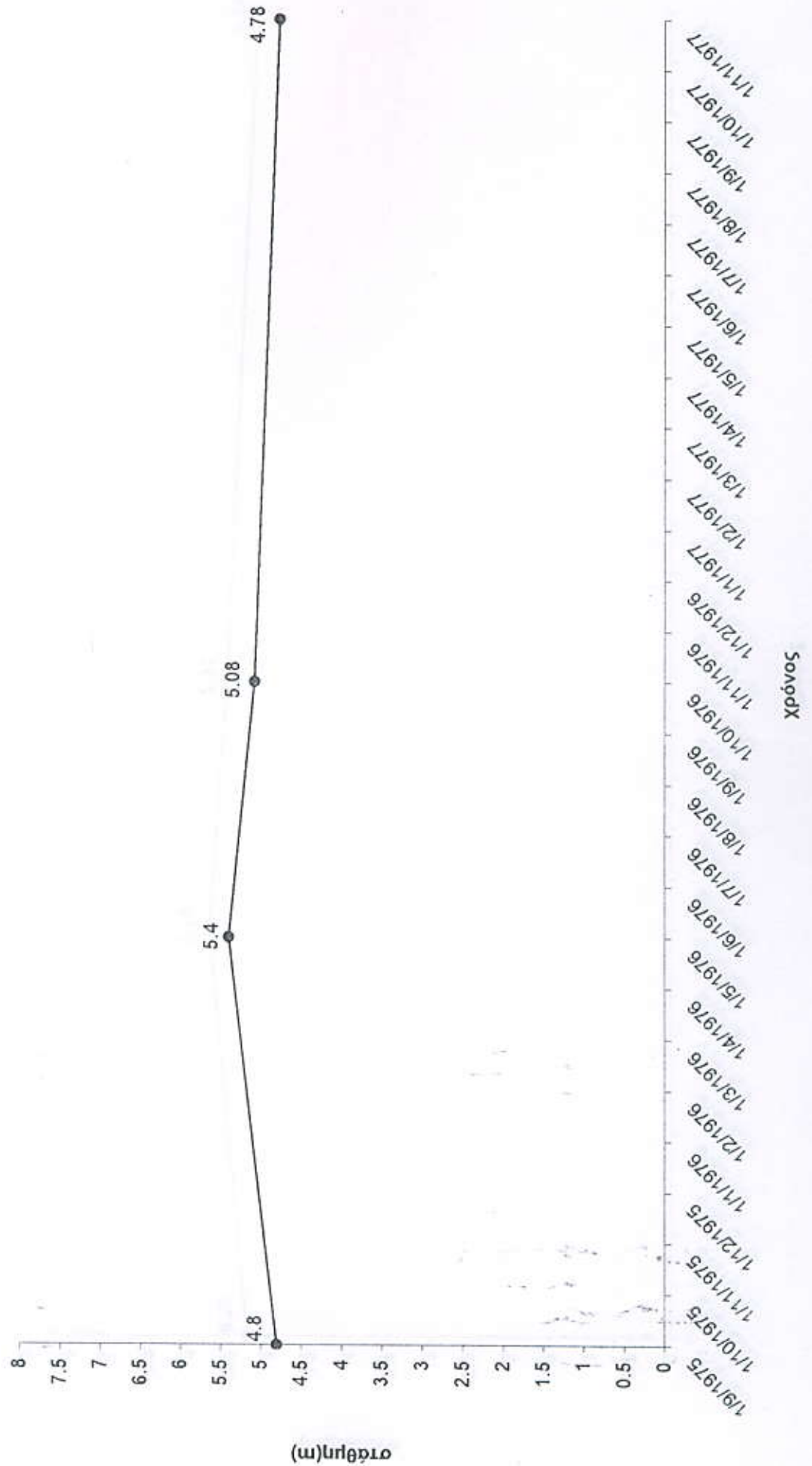
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 74



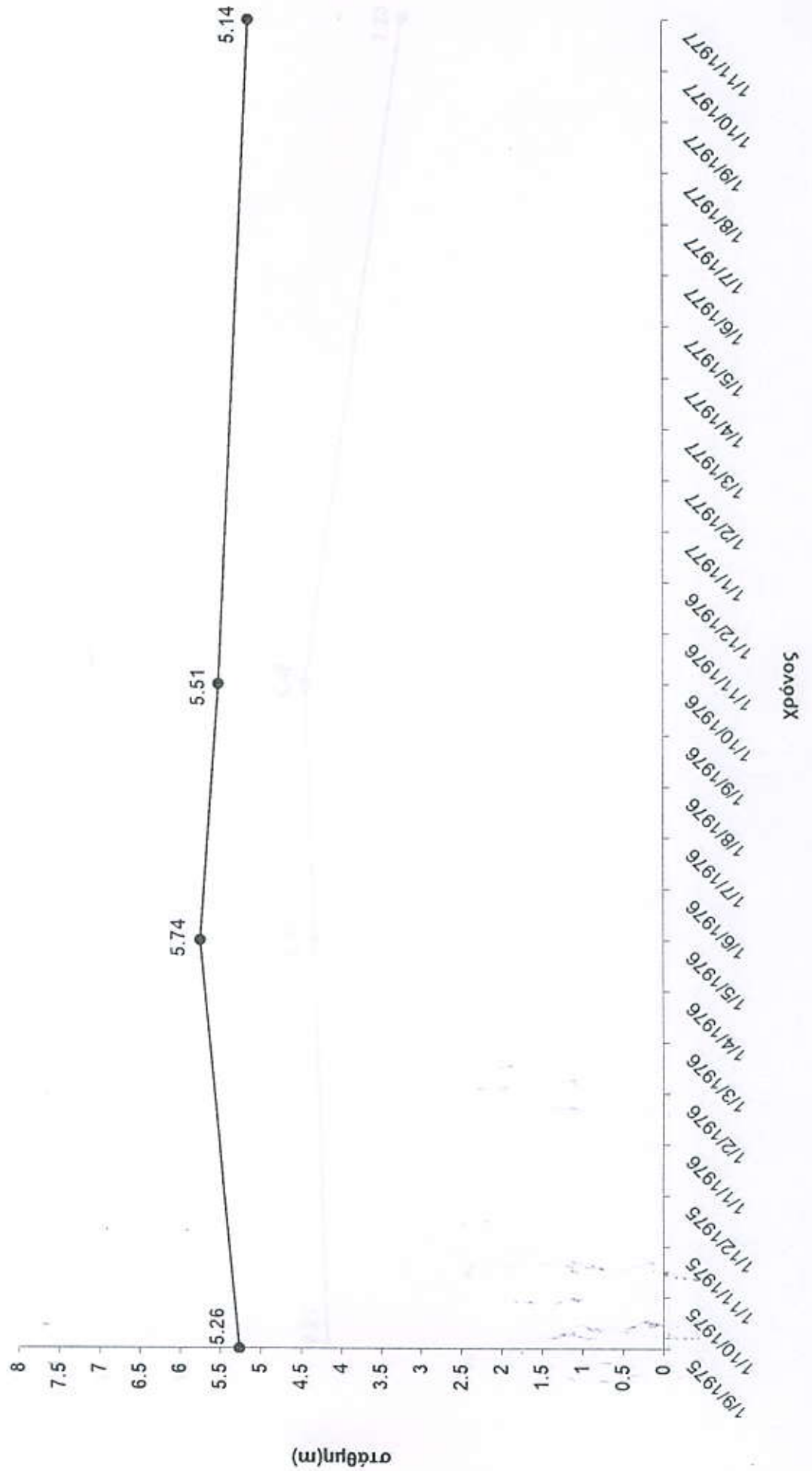
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 125



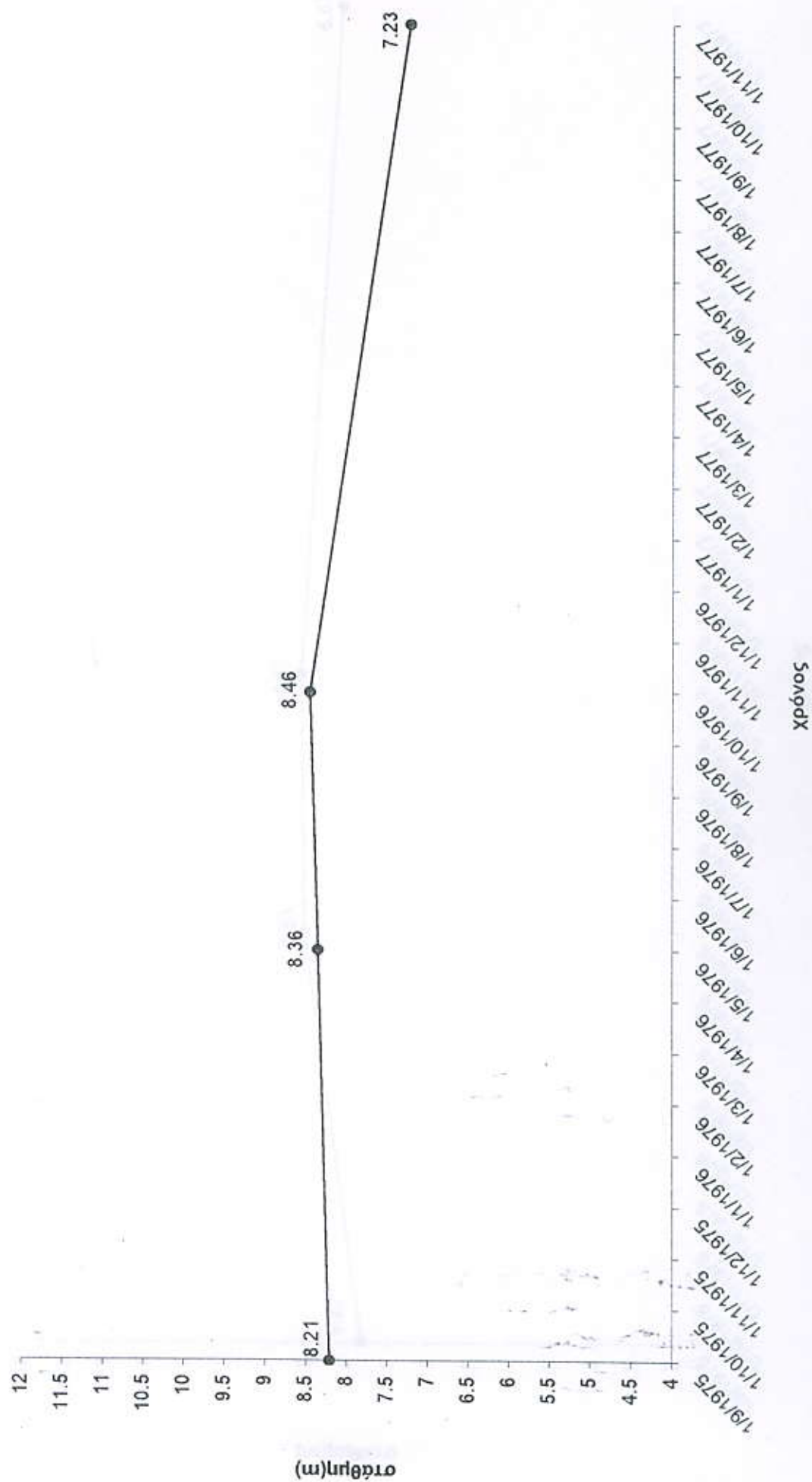
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 128



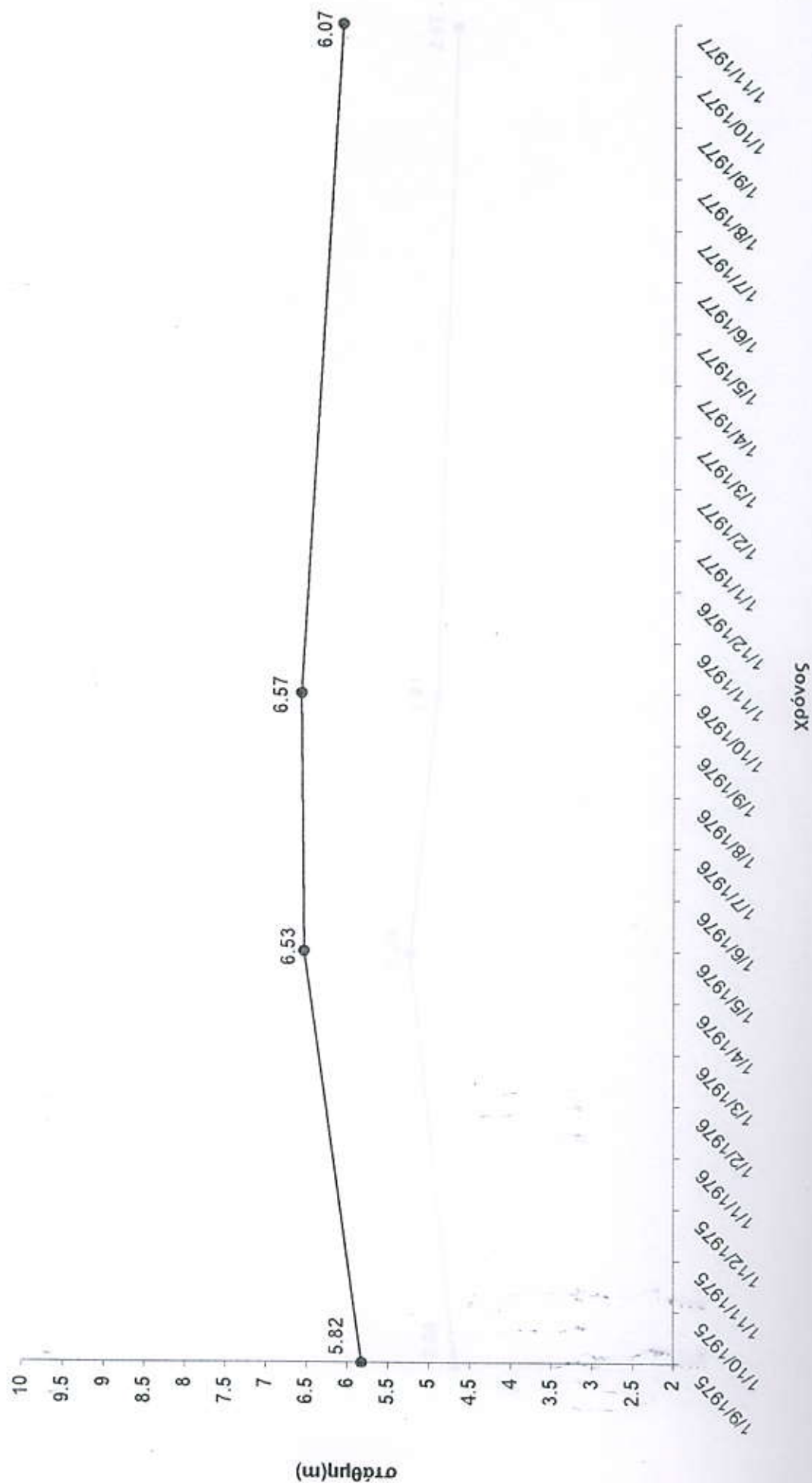
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 132



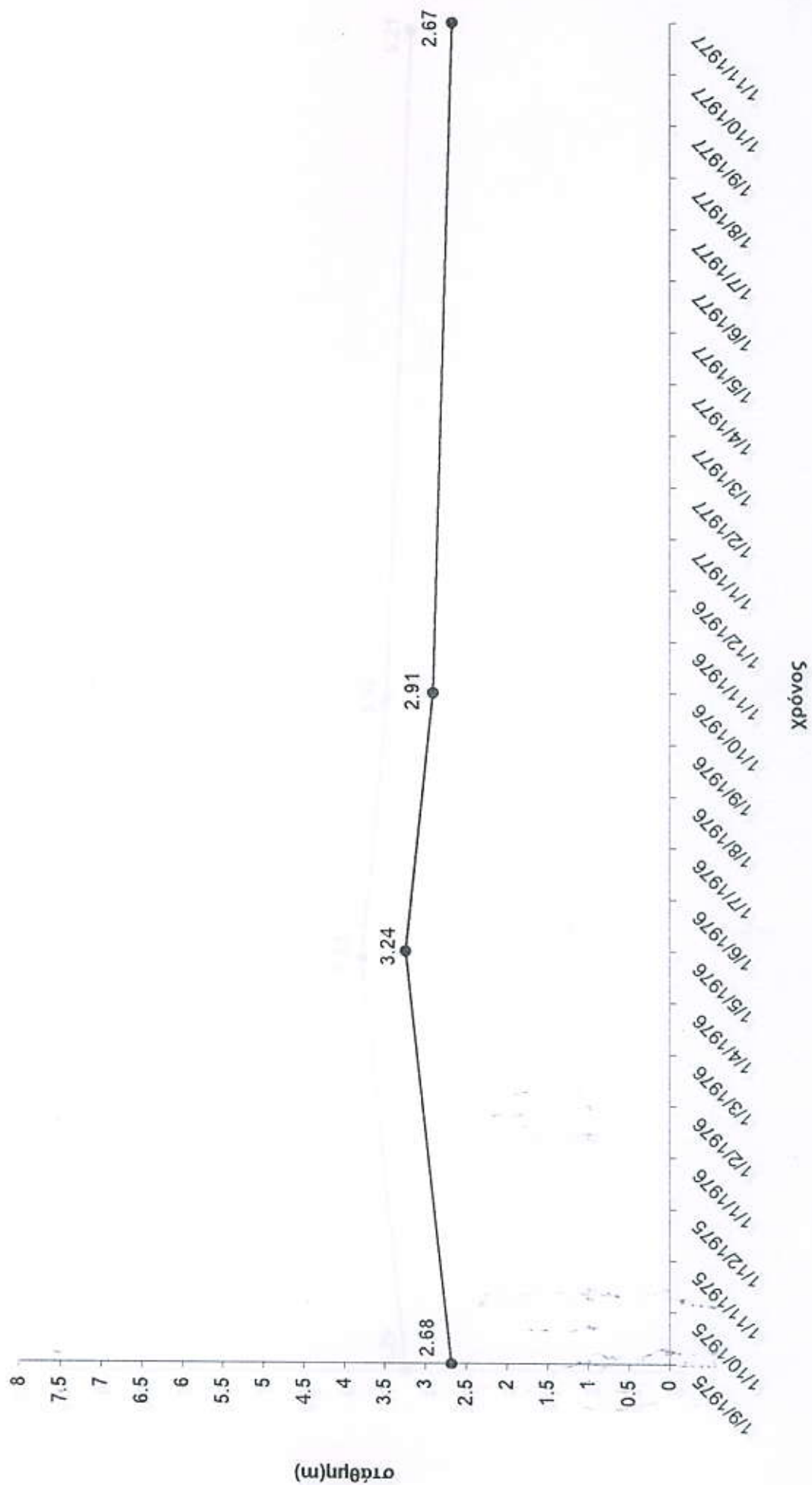
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 143



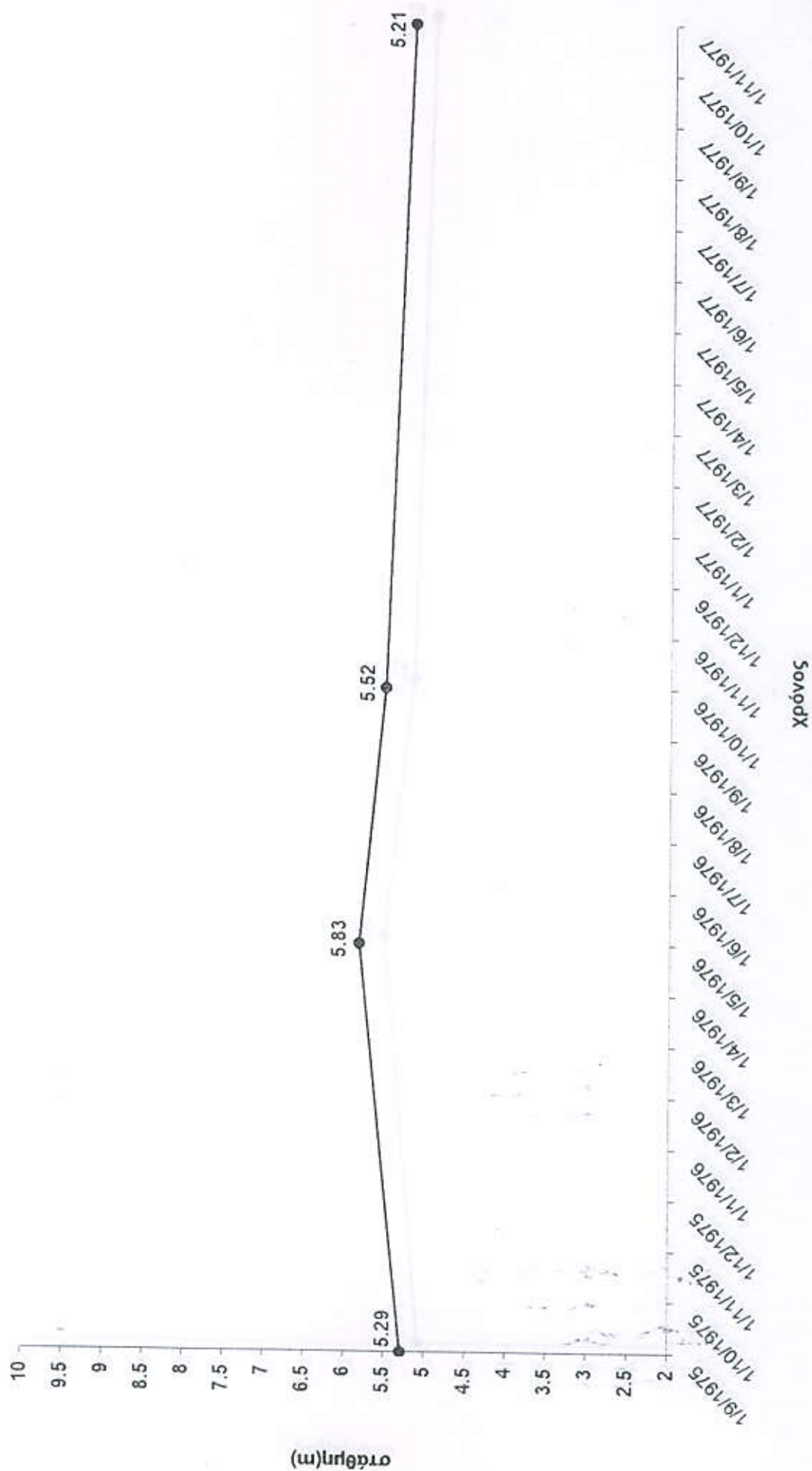
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 112



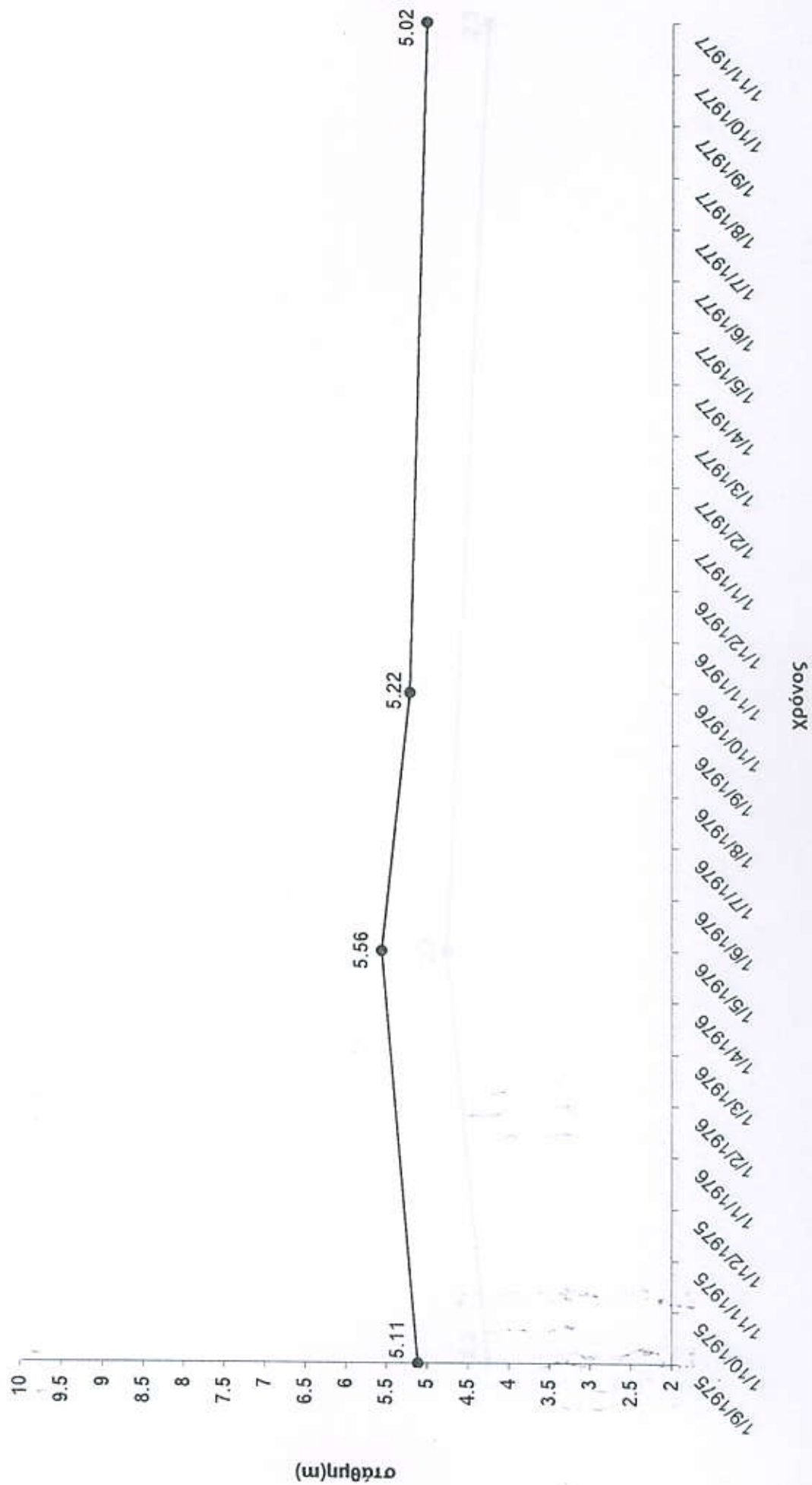
Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 97



Μεταβολή Σ.Ε.Υ. 119



Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 120



Μεταβολή στάθμης Σ.Ε.Υ. 123

