

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ
ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΠΟΥ
ΚΙΣΣΑΜΟΥ - ΧΑΝΙΩΝ**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ ΚΟΣΚΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΡΑΤΖΑΣ

ΧΑΝΙΑ, 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|----------------|----|
| Πρόλογος | i |
| Περίληψη | ii |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

| | |
|---|----|
| 1.1 Γεωγραφική θέση | 1 |
| 1.2 Γεωμορφολογία της περιοχής | 3 |
| 1.3 Γεωλογία – Υδρογεωλογία..... | 4 |
| 1.3.1 Γεωλογία..... | 4 |
| 1.3.2 Υδρογεωλογία | 7 |
| 1.4 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά | 10 |
| 1.4.1 Γενικά στοιχεία..... | 10 |
| 1.4.2 Μετεωρολογικά Στοιχεία | 11 |
| 1.4.2.1 Βροχόπτωση:..... | 11 |
| 1.4.2.2 Θερμοκρασία | 14 |
| 1.4.2.3 Υγρασία | 16 |
| 1.4.2.4 Άνεμοι | 16 |
| 1.5 Επιφανειακή Υδρολογία | 17 |
| 1.6 Υδροχημικές συνθήκες | 19 |
| 1.7 Ανθρώπινες δραστηριότητες: | 20 |
| 1.7.1 Πληθυσμιακά στοιχεία: | 20 |
| 1.7.2 Οικονομικές Δραστηριότητες: | 21 |
| 1.8 Φυσικό περιβάλλον | 23 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

| | |
|---|----|
| 2.1 Εισαγωγή | 25 |
| 2.2 Διαδικασία επίλυσης μαθηματικών μοντέλων | 25 |
| 2.3 Μέθοδοι επίλυσης μαθηματικών μοντέλων | 27 |
| 2.4 Μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων και πεπερασμένων διαφορών..... | 28 |
| 2.4.1 Γενικά στοιχεία: | 28 |
| 2.4.2 Δημιουργία πλέγματος: | 29 |
| 2.4.3 Δομικές, οριακές και αρχικές συνθήκες: | 30 |
| 2.4.4 Βασικές εξισώσεις: | 31 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ PTC

| | |
|---|----|
| 3.1 Συνοπτική περιγραφή του προγράμματος Argus ONE..... | 34 |
| 3.2 Ο κώδικας μεταφορών Princeton (PTC)..... | 35 |
| 3.3 Στάδια εφαρμογής του προγράμματος PTC..... | 36 |
| 3.3.1 Επιλογή της περιοχής..... | 36 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 3.3.2 | Γενικές παράμετροι μοντέλου | 39 |
| 3.3.3 | Οριακές συνθήκες..... | 39 |
| 3.3.4 | Παράμετροι εξισώσεων | 43 |
| 3.3.5 | Αρχικές συνθήκες | 44 |
| 3.3.6 | Δημιουργία κανάβου | 45 |
| 3.3.7 | Εκτέλεση του προγράμματος και βαθμονόμηση του μοντέλου | 45 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ | | |
| 4.1 | Εκτίμηση παρούσας και πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης | 50 |
| 4.1.1 | Εκτίμηση παρούσας κατάστασης (Οκτώβριος 2004) | 50 |
| 4.1.2 | Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης (Οκτώβριος 2014) | 53 |
| 4.2 | Διπλασιασμός παροχών άντλησης | 54 |
| 4.3 | Εισαγωγή ρύπου..... | 56 |
| 4.3.1 | Εισαγωγή ρύπου στη θέση Α | 56 |
| 4.3.2 | Εισαγωγή ρύπου στη θέση Β | 58 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | | 60 |
| Βιβλιογραφία | | 62 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α | | 63 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β | | 70 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών ειδίκευσης «Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος κ. Γεώργιου Καρατζά.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Καρατζά για την συνεχή και άριστη συνεργασία, την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές του και την ανθρώπινη και φιλική συμπεριφορά του απέναντί μου κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας αλλά και καθ' όλη την παρουσία μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών.

Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω την μεταδιδακτορική ερευνήτρια κ. Μαρία Παπαδοπούλου για την πολύτιμη βοήθειά της σε θέματα κατανόησης του υπολογιστικού πακέτου Argus ONE καθώς και του επιστημονικού αντικειμένου της εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Κώστα Βοζινάκη, γεωλόγο της Διεύθυνσης Εγγείων Βελτιώσεων και Υδάτινων Πόρων Χανίων για την παροχή του απαραίτητου βιβλιογραφικού υλικού για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη μελέτη της κίνησης του υπόγειου νερού και της μεταφοράς ρύπων στο υπέδαφος στον υπόγειο υδροφορέα της ευρύτερης περιοχής του Κόλπου Κισσάμου. Η μοντελοποίηση της κίνησης του υπόγειου νερού στην περιοχή γίνεται με τη βοήθεια του προγράμματος Argus ONE και τη χρήση του τρισδιάστατου μοντέλου ροής υπόγειων υδάτων και μεταφοράς ρύπων PTC (Princeton Transport Code).

Αρχικά γίνεται περιγραφή της περιοχής μελέτης με παράθεση γεωγραφικών, γεωλογικών, υδρολογικών, κλιματολογικών και δημογραφικών στοιχείων, καθώς δίνεται και μία γενική εικόνα του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις μεθόδους μοντελοποίησης υπόγειων υδάτων και ειδικότερα στις μεθόδους των πεπερασμένων στοιχείων και των πεπερασμένων διαφορών τις οποίες χρησιμοποιεί το αριθμητικό μοντέλο PTC. Ακολουθούν πληροφορίες σχετικές με τη διαχείριση του μοντέλου PTC, και των απαραίτητων για την εκτέλεση του προγράμματος δεδομένων που εισήχθησαν σε αυτό.

Μετά την βαθμονόμηση του μοντέλου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης για την παρούσα και μελλοντική κατάσταση, υπό πραγματικές συνθήκες και με βάση διάφορα σενάρια όπως ο διπλασιασμός των αντλήσεων και η εισαγωγή ρύπου σε επιλεγμένες θέσεις του υδροφορέα.

Συμπερασματικά, η κατάσταση του υδροφορέα κρίνεται καλή, χωρίς προβλήματα υπεράντλησης και υφαλμύρισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1.1 Γεωγραφική Θέση

Η ευρύτερη περιοχή του Κόλπου Κισσάμου καταλαμβάνει το ΒΔ άκρο της Κρήτης, και βρίσκεται δυτικά και σε απόσταση 30 χλμ. περίπου από την πόλη των Χανίων. Διοικητικά η περιοχή υπάγεται στο Νομό Χανίων – Επαρχία Κισσάμου και περιλαμβάνει το Δήμο Κισσάμου και το Δήμο Μηθύμνης.



Σχήμα 1.1 Δορυφορική φωτογραφία της Κρήτης

Ο κόλπος Κισσάμου ανοικτός προς βορρά έχει έκταση 7,2 τετραγωνικά μίλια και περιλαμβάνει 45 περίπου χλμ. ακανόνιστων ακτών με χερσονήσους κόλπους και όρμους. Στη μορφολογική διαμόρφωση της αμμοχαλικώδους παραλίας συνέβαλαν επτά χείμαρροι οι οποίοι διασχίζουν την ενδοχώρα και καταλήγουν στη θάλασσα.

Η παραλιακή κωμόπολη της Κισσάμου (3.005 κατοίκους), η δυτικότερη της Κρήτης, αποτελεί το διοικητικό πνευματικό και οικονομικό κέντρο της περιοχής. Ένα άλλο παραλιακό οικιστικό σύνολο αποτελεί ο οικισμός των Νοπηγίων. Νοτιότερα της παραλίας και του εθνικού οδικού άξονα αναπτύσσονται οι οικισμοί του Δραπανιά, Φαλελιανών, Καλουδιανών και Καλεργιανών, ενώ αυτός διέρχεται από τους οικισμούς της Γραμβούσας και του Πλατάνου.

Χαρακτηριστική εγκατάσταση της παραλίας Κισσάμου είναι το λιμάνι του Καβρονησίου, που συνδέει άμεσα την Κρήτη με την Πελοπόννησο και έμμεσα με την υπόλοιπη Ελλάδα.

(«Μελέτη αποχέτευσης Κόλπου Κισσάμου», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Αυτοδιοίκησης και Διοίκησης Χανίων, Δήμος Κισσάμου)



Χάρτης 1.1 Χάρτης της περιοχής μελέτης

1.2 Γεωμορφολογία της περιοχής

Η γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης έχει διαμορφωθεί κυρίως από τη ρηξιγενή τεκτονική. Εμφανίζονται ρήγματα τα οποία είναι αποτέλεσμα των νεοτεκτονικών κινήσεων που έπληξαν την περιοχή κατά την περίοδο του Μειοκαίνου και Πλειοκαίνου, και που διαμόρφωσαν τον μακρομορφολογικό χαρακτήρα της περιοχής. Η λεπτομερέστερη μορφολογική της υφή έχει διαμορφωθεί από τις διαδικασίες της διάβρωσης και της αποσάθρωσης των πετρωμάτων.

Η σημερινή εικόνα του ανάγλυφου της περιοχής οφείλεται εκτός από τις παραπάνω γεωμορφολογικές συνθήκες και στη γεωλογική σύσταση του εδάφους. Έτσι στις ζώνες των ασβεστολιθικών σχηματισμών επικρατεί κυρίως το τραχύ ανάγλυφο, ενώ στις ζώνες των Φυλλιτών – Χαλαζιτών το ανάγλυφο είναι ηπιότερο και η διάβρωση έχει προχωρήσει σε βάθος. Στις ζώνες των νεότερων ιζημάτων επικρατεί το χαρακτηριστικό ομαλό ανάγλυφο.

Γενικά, η περιοχή μπορεί να χωριστεί σε τρεις μορφολογικές ζώνες, οι οποίες καθορίζονται από την τιμή του υψομέτρου. Αυτές είναι:

Ορεινή ζώνη:

Καταλαμβάνει το νότιο τμήμα της περιοχής όπου βρίσκεται μέρος του ορεινού όγκου των Λευκών Ορέων καθώς επίσης και το ορεινό τμήμα του ακρωτηρίου Γραμβούσα. Τα απόλυτα υψόμετρα παίρνουν τιμές μεγαλύτερες του +400m. Στη ζώνη αυτή εμφανίζονται πολλές βουνοκορφές και χαραδρώσεις.

Ημιορεινή ζώνη:

Καταλαμβάνει κυρίως τα κεντρικά τμήματα της περιοχής. Η μετάβαση από την ορεινή στην ημιορεινή ζώνη γίνεται σχετικά απότομα, μέσω πτωτικών ρηγμάτων. Τα απόλυτα υψόμετρα κυμαίνονται από +200 έως +400m περίπου. Το ανάγλυφο σε αυτή τη ζώνη είναι σχετικά ηπιότερο.

Χαμηλή ζώνη:

Καταλαμβάνει όλη την έκταση από την ακτή (υψόμετρο +0) έως το απόλυτο υψόμετρο +200m. Περιλαμβάνονται οι παράκτιες περιοχές της βόρειας και δυτικής πλευράς της περιοχής μελέτης, και συγκεκριμένα, οι παραθαλάσσιες περιοχές του Κόλπου Κισσάμου και του όρμου Λιβάδια, καθώς επίσης και ορισμένα πεδινά παραποτάμια τμήματα. Οι κλίσεις είναι ομαλές (κλίσεις 0-5%). Η παράκτια αυτή ζώνη είναι σχεδόν επίπεδη και έχει πλάτος 1km.

1.3 Γεωλογία – Υδρογεωλογία

1.3.1 Γεωλογία

Η Κρήτη βρίσκεται στο νότιο κλάδο του αλπικού ορογενούς, στο τμήμα όπου ο άξονας της πτύχωσης δέν ακολουθεί τη διεύθυνση των Ελληνίδων Οροσειρών (ΒΒΔ-ΝΝΑ), αλλά διεθύνσεις ΔΒΔ-ΑΝΑ στη δυτική Κρήτη, και Δ-Α στην ανατολική Κρήτη. Επίσης βρίσκεται πάνω στην καμπή του Ελληνικού τόξου, που εκτείνεται από τη δυτική ηπειρωτική Ελλάδα, τη Δυτική Πελοπόννησο, τα Κύθηρα, την Κρήτη, την Κάρπαθο μέχρι και τη Ρόδο. Στην εξωτερική πλευρά του τόξου αυτού (Ιόνιο και Λιβυκό πέλαγος και νότια της Ρόδου) εκτείνεται η Ελληνική Τάφρος, που αποτελεί το μέτωπο σύγκρουσης της Αφρικανικής πλάκας με τη Ευρασιατική. Η θέση αυτή της Κρήτης αποτελεί την αιτία του έντονου τεκτονικού τεμαχισμού της.

Πιο συγκεκριμένα η γεωλογική δομή της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση των ενότητων Φυλλιτών – Χαλαζιτών, Τρίπολης και Πίνδου, που είναι οι πρωτογενείς σχηματισμοί και δομούν την περιοχή της Γραμβούσας και μέρος του δυτικού τμήματος του Δήμου Κισσάμου, και από ιζήματα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς που δομούν την υπόλοιπη περιοχή. («Μελέτη αποχέτευσης Κόλπου Κισσάμου», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Αυτοδιοίκησης και Διοίκησης Χανίων, Δήμος Κισσάμου)

Όπως φαίνεται και στον γεωλογικό χάρτη (Χάρτης 1.2) από την ομάδα των κατώτερων καλυμμάτων συναντάμε μόνο το τεκτονικό κάλυμμα της ενότητας των Φυλλιτών – Χαλαζιτών, η οποία εμφανίζεται στο νότιο και δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης με το μοβ χρώμα. Η ενότητα αυτή είναι εναπωθημένη είτε επί της ενότητας Τρυπαλίου είτε κατευθείαν επί της ενότητας των Πλακωδών Ασβεστόλιθων, οι οποίες δεν συναντώνται στην περιοχή.

Στα ανώτερα καλύμματα συναντώνται οι ενότητες Τρίπολης και Πίνδου, που εμφανίζονται στον γεωλογικό χάρτη με μπλε χρώματα. Η ενότητα Τρίπολης, κείται επί της ενότητας Φυλλιτών – Χαλαζιτών και αποτελείται από τρεις σειρές: την κατώτερη αργιλλοσχιστολιθική – ανθρακική σειρά, το κύριο ασβεστολιθικό σύστημα που αποτελεί τους μεσαίους στρωματογραφικούς ορίζοντες της ενότητας, και την ανώτερη μικρού πάχους στρωματογραφική ενότητα του φλύσχη, η οποία εμφανίζεται στον χάρτη με καφέ χρώμα στην περιοχή της Πολυρρηνίας.

Μεγάλο υδρολογικό ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η ανθρακική σειρά της Τρίπολης που αποτελείται από τεφρούς έως μελανόφραιους ελαφρά ανακρυσταλλωμένους βιτουμενούχους ασβεστόλιθους και δολομιτικούς

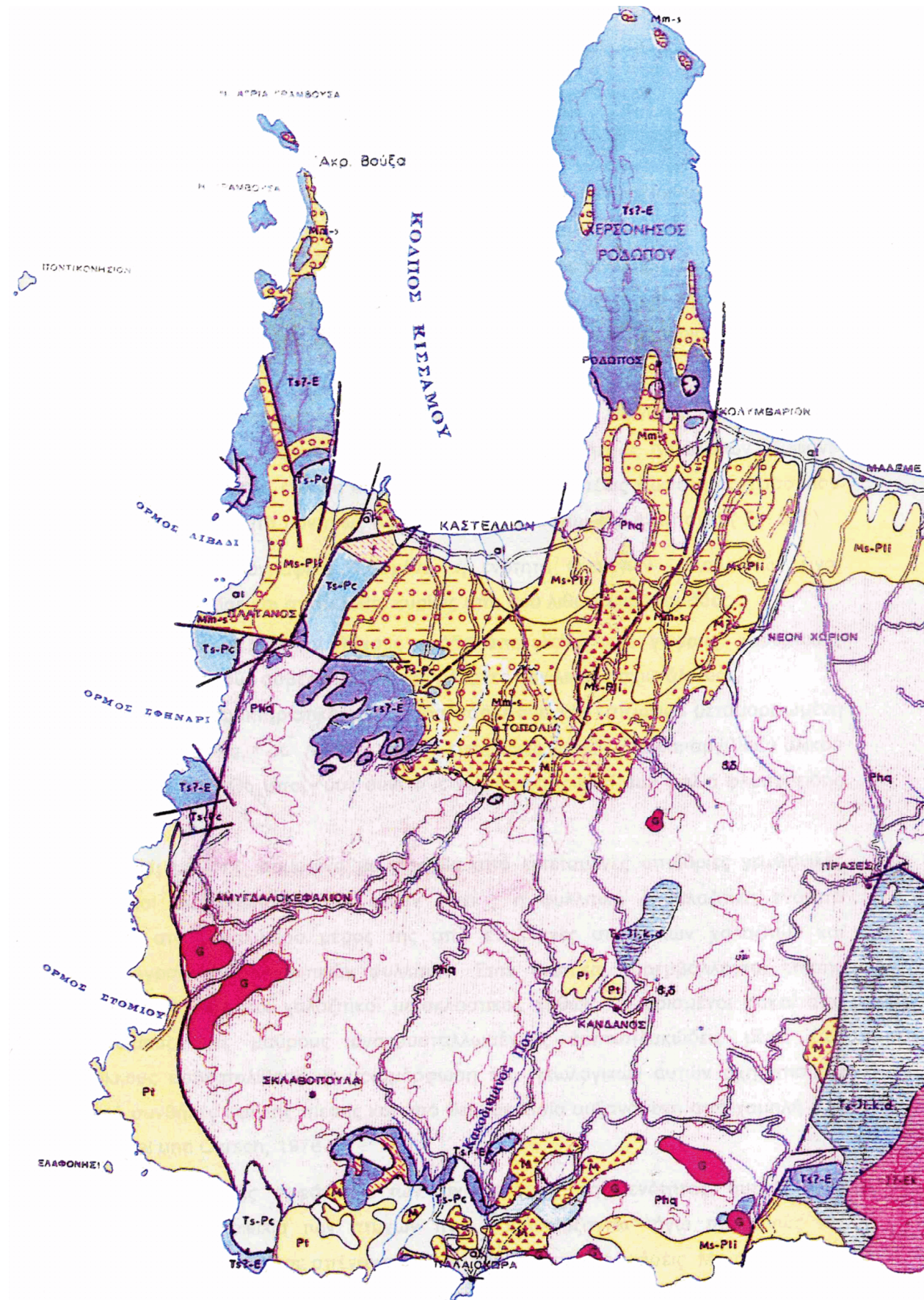
ασβεστόλιθους. Σε αυτή τη σειρά μπορούν και αναπτύσσονται διάφορα υδροφόρα στρώματα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην υψηλή υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών της, στην έντονη καρστικοποίηση τους και στη ρηξιγενή τεκτονική της περιοχής.

Η ενότητα Πίνδου αποτελεί ένα τεκτονικό κάλυμμα που κείται πάνω στην ενότητα Τρίπολης ή ακόμα και κατευθείαν πάνω στη Φυλλιτική – Χαλαζιτική ενότητα. Η ενότητα Πίνδου εμφανίζεται στο δυτικό μέρος της περιοχή μελέτης σε μικρά τμήματα.

Από νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμούς καλύπτεται το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής και συγκεκριμένα το κεντρικό, το ανατολικό και το βόρειο τμήμα που αντιστοιχεί στην παραλιακή και ενδότερη ζώνη του κόλπου Κισσάμου. Πρόκειται για κλαστικά κυρίως ιζήματα που επικάθονται με στρωματογραφική ασυμφωνία πάνω στους Πρωτογενείς γεωλογικούς σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζονται στο γεωλογικό χάρτη (Χάρτης 1.2) με κίτρινο και άσπρο χρώμα.

Γεωλογικός Χάρτης Ευρύτερης Περιοχής Μελέτης

(Απόσπασμα από τον Γεωλογικό Χάρτη της Κρήτης, Εκδ. Ι.Γ.Μ.Ε. 1977)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

| | | |
|-----------|---|------------------------------------|
| al | Αλλουβιακές Αποθέσεις | - Τεταρτογενές |
| Ms-Pli | Βιοκλαστικοί Ασβεστόλιθοι, εναλλασσό - Ανώτ. Μειόκαινο έως μενοι με φυλλώδεις ή ομοιογενείς μάργες- Κατώτ. Πλειόκαινο | |
| o- Mm-s-o | Ηπειρωτικές Αποθέσεις (κροκαλοπαγή, - Μέσο έως Ανώτερο ψαμμίτες, ψαμμιτόμαργες κ.ά.) | - Μειόκαινο |
| M | Αδρομερή λατυποπαγή και λατυποπ. ασβεστόλιθοι | - Μέσο Μειόκαινο και - παλαιότερο |
| f | Φλύσχης αδιαίρετος γενικώς | |
| Ts-Pc | Ενότητα Πίνδου (πυριτόλιθοι, πελαγ. ασβεστ., φλύσχης) | - Ανώτ. Τριαδικό έως - Παλαιόκαινο |
| Ts7-E | Ενότητα Τριπόλεως (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, φλύσχης) | - Κατώτ. Τριαδικό έως - Ηώκαινο |
| Phq | Ενότητα Φυλλιτών - Χαλαζιτών | - Περμοτριάδικό |
| — | Γεωλογικό Οριο | |
| — | Ρήγμα Ορατό | |
| --- | Ρήγμα Πιθανό ή καλυμμένο | |
| ▲ | Επώθηση | |
| ↖ T40 | Διεύθυνση και κλίση στρωμάτων | |
| + | Οριζόντια στρώματα | |
| --- | Ορια 9ης Εδαφ. Περιφέρειας Ν. Χανίων | |

Χάρτης 1.2 Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης

1.3.2 Υδρογεωλογία

Η ροή του υπόγειου νερού γίνεται μέσα από τους υδροπερατούς γεωλογικούς σχηματισμούς.

Η βαθύτερη ενότητα που αποκαλύπτεται στην περιοχή είναι αυτή των Φυλλιτών – Χαλαζιτών, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως στεγανοί σχηματισμοί. Αυτό σημαίνει ότι δεν διαβρώνονται από το νερό και συνεπώς δεν επιτρέπουν την διαμέσου αυτών κίνησή του. Παρ' όλα αυτά μερικές φορές παρατηρείται μία υπόγεια υδροφορία η οποία οφείλεται στην έντονη ρηξιγενή τεκτονική που επικρατεί στην περιοχή όπου μέσω των ρωγματοώσεων λαμβάνει κίνηση νερού. Στον γεωλογικό χάρτη (Χάρτης 1.2) φαίνονται οι θέσεις των σημαντικότερων επιβεβαιωμένων αλλά και των πιθανών ρηγμάτων της περιοχής.

Στην ενότητα Τρίπολης, οι ανθρακικοί σχηματισμοί (ασβεστόλιθοι, δολομίτες) είναι πολύ υδροπερατοί, ενώ ο φλύσχης τόσο στην ενότητα Τρίπολης όσο και στην ενότητα Πίνδου συμπεριφέρεται ως στεγανός. Οι υπόλοιποι ανθρακικοί σχηματισμοί στην ενότητα Πίνδου συμπεριφέρονται ως ημιπερατοί έως υδροπερατοί.

Τα ανθρακικά κροκαλοατυποπαγή της Μ. Μειοκαινικής ηλικίας συμπεριφέρονται ως πολύ υδροπερατοί σχηματισμοί και παρουσιάζουν μεγάλη καρστικότητα. Οι σχηματισμοί αυτοί εκτιμάται ότι συνεχίζονται υπόγεια κάτω από τα υπερκείμενα νεότερα ιζήματα και ότι λαμβάνουν μεγάλο μέρος της νοτιοανατολικής περιοχής, γεγονός που κάνει πολύ πιθανή την εμφάνιση υπόγειας υδροφορίας σε μεγάλο μέρος της περιοχής.

Από το Νεογενές και το Τεταρτογενές, οι μάργες και οι άργιλοι συμπεριφέρονται ως στεγανοί, ενώ οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή και οι άμμοι, από ημιπερατοί έως υδροπερατοί.

Στον υδρογεωλογικό χάρτη (Χάρτης 1.3) φαίνονται οι κυριότερες υδρογεωλογικές ενότητες της περιοχής.

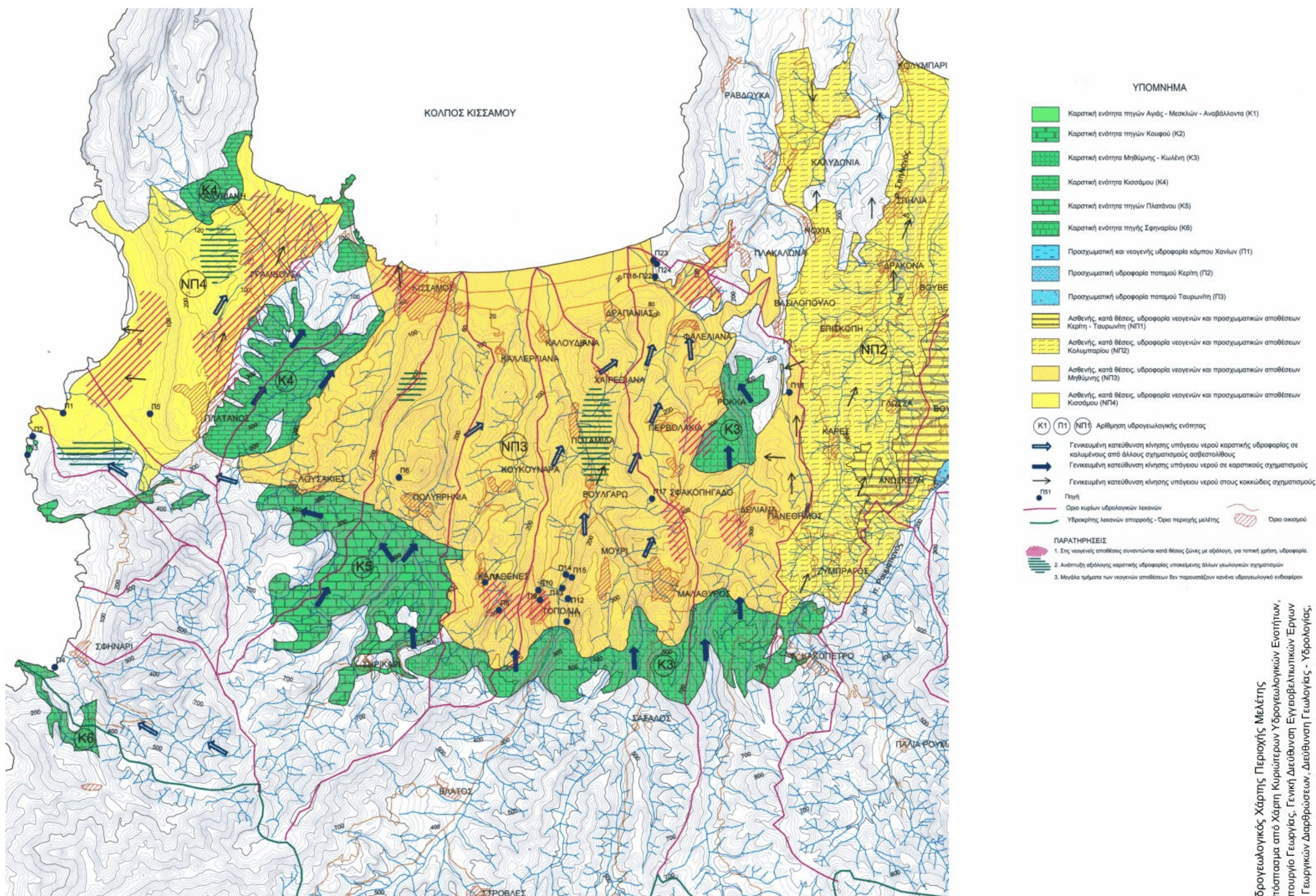
Στο νότιο μέρος, σχεδιασμένες με πράσινο χρώμα φαίνονται οι καρστικές ενότητες της Μηθύμνης – Κωλένη και των πηγών Πλατάνου. Τόσο δυτικά όσο και ανατολικά από την περιοχή εμφανίζονται καρστικές ενότητες, αυτές της Κισσάμου και της Μηθύμνης - Κωλένη. Σε αυτές τις περιοχές, υπάρχει εμφάνιση καρστικών υδροφορέων.

Οι ενότητες αυτές τροφοδοτούνται από την κατείσδυση των βροχοπτώσεων πάνω σε υδατοπερατούς σχηματισμούς, και από τις διηθήσεις μέρους των απορροών, που προέρχονται από άλλες λεκάνες απορροής κατά τη ροή τους μέσα από τους καρστικούς σχηματισμούς. Η ενότητα των καρστικών υδροφορέων δεν παρουσιάζει υφαλμύριση.

Κεντρικά στην περιοχή μελέτης εμφανίζεται η ασθενής υδροφορία νεογενών και προσχωματικών αποθέσεων Μηθύμνης. Οι σχηματισμοί σε αυτή την περιοχή είναι από ημιπερατοί έως υδροπερατοί. Με κόκκινες παράλληλες γραμμές σημειώνονται στον υδρογεωλογικό χάρτη (Χάρτης 1.3) οι θέσεις στις οποίες υπάρχει αξιόλογη υδροφορία, ενώ με πράσινες, οι θέσεις στις οποίες εμφανίζεται σε μεγαλύτερο βάθος καρστική υδροφορία (υποκείμενη των ανώτερων γεωλογικών σχηματισμών).

Η δυνατότητα ανάπτυξης υπόγειων υδροφορέων στα υδροπερατά στρώματα εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι το πάχος των σχηματισμών, η υπεδάφια έκτασή τους καθώς και τα υπάρχοντα ρήγματα.

Στον Χάρτη 1.3, με τα βέλη σημειώνεται η γενικευμένη κίνηση του υπόγειου νερού, η οποία φαίνεται γενικά να οδηγεί προς τις πηγές Κωλένη, όπως εκτιμήθηκε από έρευνες που έλαβαν χώρα προκειμένου να πραγματοποιηθεί η «Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων» της Γενικής Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, του Υπουργείου Γεωργίας.



Χάρτης 1.3 Υδρογεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Υδρογεωλογικός Χάρτης Περιοχής Μελέτης
απόσπασμα από Χάρτη Κυριότερων Υδρογεωλογικών Ενότητων,
Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων
& Γεωργικών Διαφθρώσεων, Διεύθυνση Γεωλογίας - Υδρολογίας,
Τμήμα Υδρογεωλογίας - Γεωτρήσεων και Μαθ/κών Ομοιωμάτων

1.4 Κλιματολογικά χαρακτηριστικά

1.4.1 Γενικά στοιχεία

Το κλίμα του νομού Χανίων είναι εύκρατο με αρκετές βροχές. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία τύπων, μορφών και παραλλαγών του μεσογειακού τύπου κλίματος. Η κλιματική ποικιλία και οι διαφοροποιήσεις κατά περιοχές, οφείλεται στο μεγάλο υψομετρικό εύρος, στην ποικιλία των εκθέσεων στους ανέμους και στο έντονο μορφοανάγλυφο της περιοχής. («Αξιολόγηση Έργων για Βιώσιμη Ανάπτυξη», πρόγραμμα Medmont – Maix)

Γενικά ο τύπος κλίματος της Κρήτης, είναι ένας μεταβατικός ενδιάμεσος τύπος μεταξύ του χερσαίου Μεσογειακού και του ερημοειδούς Μεσογειακού, στο οποίο υπάγεται κυρίως η νοτιοανατολική Κρήτη. Το κύριο χαρακτηριστικό του κλίματος είναι η γλυκύτητα και η ηπιότητα. Η ψυχρή εποχή είναι ήπια και σε αυτό συντελεί η συχνή άφιξη στην περιοχή των θερμών και υγρών ΝΔ αερίων μαζών. («Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών πόρων Κρήτης», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων)

Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά στην περιοχή μελέτης, το κλίμα της είναι αντιπροσωπευτικό του Μεσογειακού τύπου. Βρίσκεται αφ' ενός υπό την επίδραση του Κρητικού Πελάγους από όπου πνέουν βόρειοι άνεμοι ισχυροί κατά τον χειμώνα και ασθενείς κατά το θέρος και το φθινόπωρο, και αφ' ετέρου του Ιονίου Πελάγους, (κυρίως ως προς την βροχερότητα, δεδομένου ότι από εκεί καταφθάνουν τα βροχοφόρα νέφη).

Ο χειμώνας στην περιοχή μελέτης αρχίζει το Δεκέμβριο, με βροχές συνήθως μικρής έντασης και μακράς διάρκειας και παρατείνεται μέχρι τον Μάρτιο. Η άνοιξη είναι βραχείας διάρκειας, αρχίζει τον Απρίλιο και διαρκεί μέχρι τα μέσα Μαΐου και είναι συνήθως ξηρή με μικρές βροχοπτώσεις. Το θέρος το οποίο είναι κατ' εξοχήν ξηρό, αρχίζει από το δεύτερο 15νθήμερο του Μαΐου και διαρκεί μέχρι το τέλος Σεπτεμβρίου, με θερμότερο μήνα τον Ιούλιο και ενίοτε τον Αύγουστο. Τέλος το φθινόπωρο αρχίζει από το τέλος του Σεπτεμβρίου και είναι θερμό και υγρό με ραγδαίες βροχές κατά τον Οκτώβριο.

Κατά τη διάρκεια του φθινόπωρου και του χειμώνα επικρατούν άνεμοι βόρειοι και βορειοδυτικοί, ενώ το καλοκαίρι οι ασθενείς άνεμοι. Κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες οι νοτιοδυτικοί άνεμοι, τα μελτέμια, μετριάζουν τη ζεστή ατμόσφαιρα. Σπάνιοι είναι οι ανατολικοί άνεμοι στην περιοχή.

1.4.2 Μετεωρολογικά Στοιχεία

1.4.2.1 Βροχόπτωση:

Η Κρήτη γενικώς παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (από ανατολικά προς δυτικά), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές προς ορεινές περιοχές), εμφανίζοντας βροχοβαθμίδα (αύξηση της βροχόπτωσης με το υψόμετρο) από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα, εάν όχι τη μεγαλύτερη, με τιμή 61 mm / 100 m. Ο αριθμός των ημερών βροχής δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ορεινών και των πεδινών σταθμών. Στους ορεινούς σταθμούς ο αριθμός ημερών βροχής εμφανίζεται ίσος ή και μικρότερος εκείνου των πεδινών σταθμών, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο μέσος αριθμός ημερών βροχής στην Κρήτη ανέρχεται σε 90 περίπου ημέρες (25% του έτους). («Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών πόρων Κρήτης», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων)

Πιο συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης έγιναν βροχομετρικές μετρήσεις στα πλέσια της Υδρογεωλογικής μελέτης Κάμπου Χανίων, της Γενικής Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, του Υπουργείου Γεωργίας. Στην παρούσα εργασία έγιναν αναλύσεις στα βροχομετρικά στοιχεία τριών σταθμών παρατήρησης που κατέχουν αντιπροσωπευτικές θέσεις και καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό την περιοχή μελέτης. Αυτοί είναι οι βροχομετρικοί σταθμοί Δραπανιάς, Φαλάσσαρνα και Ζυμπραγός του Ινστιτούτου Υποτροπικών και Ελιάς Χανίων. Ο βροχομετρικός σταθμός του Δραπανιάς βρίσκεται κοντά στην βόρεια παραλία, των Φαλάσσαρνα δυτικά της περιοχής μελέτης και της Ζυμπραγός στην ενδοχώρα. Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται η γεωγραφική θέση των σταθμών παρατήρησης.



Σχήμα 1.2 Θέση βροχομετρικών σταθμών παρατήρησης

Οι συντεταγμένες, το υψόμετρο των σταθμών καθώς και η χρονική περίοδος όπου αναφέρονται τα στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.

| ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ | ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ | ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (Β) | ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (Α) | ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m) |
|------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|
| Δραπανιάς | 1971-1992 | 35°29' | 24°02' | +29 |
| Φαλάσσαρνα | 1986-1990 | 35° 30' | 24°35' | +24 |
| Ζυμβραγού | 1971-1990 | 35° 26' | 23°02' | +235 |

Πίνακας 1.1 Γεωγραφικά στοιχεία σταθμών παρατήρησης (Ινστιτούτο Υποτροπικών και Ελαίας Χανίων)

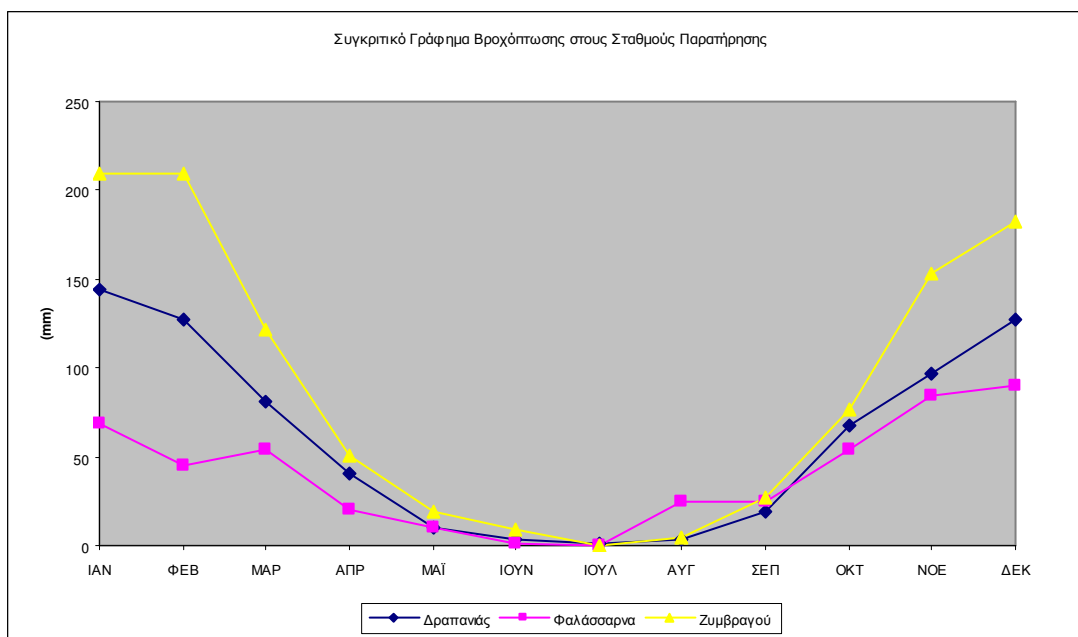
Οι πίνακες με τις ιστορικές χρονοσειρές των βροχοπτώσεων σύμφωνα με την «Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων» της Γενικής Διεύθυνσης Εγγαιοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, του Υπουργείου Γεωργίας, για κάθε σταθμό παρατήρησης παρατίθενται στο Παράρτημα Α. Πίνακες καθώς και γραφήματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων παρατίθενται στη συνέχεια.

Αρχικά υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για κάθε σταθμό παρατήρησης, οι οποίες φαίνονται στον Πίνακα 1.2. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε το αντίστοιχο συγκριτικό διάγραμμα (Σχήμα 1.3).

| | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΪ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ | ΣΥΝ ΕΤΟΥΣ |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| Δραπανιάς | 144 | 128 | 82 | 40 | 10 | 4 | 1 | 4 | 19 | 68 | 97 | 127 | 723 |
| Φαλάσσαρνα | 68 | 45 | 54 | 20 | 10 | 1 | 0 | 25 | 25 | 55 | 85 | 90 | 479 |
| Ζυμβραγού | 210 | 210 | 121 | 51 | 19 | 9 | 0 | 5 | 27 | 76 | 153 | 182 | 1063 |

Πίνακας 1.2 Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις στους σταθμούς παρατήρησης (mm) («Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων»)

Η μηνιαία κατανομή της βροχόπτωσης στους σταθμούς παρατήρησης επιβεβαιώνει την κλιματική κατάταξη της περιοχής στον Μεσογειακό τύπο Ξηρού Θέρους. Όπως απεικονίζεται στα αντίστοιχα διαγράμματα, ο κύριος όγκος των ετήσιων κατακρημνήσεων πραγματοποιείται τους χειμερινούς μήνες. Βροχερότεροι μήνες είναι οι Νοέμβριος, Δεκέμβριος, Ιανουάριος και Φεβρουάριος, ενώ κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο η βροχόπτωση είναι σχεδόν μηδενική.



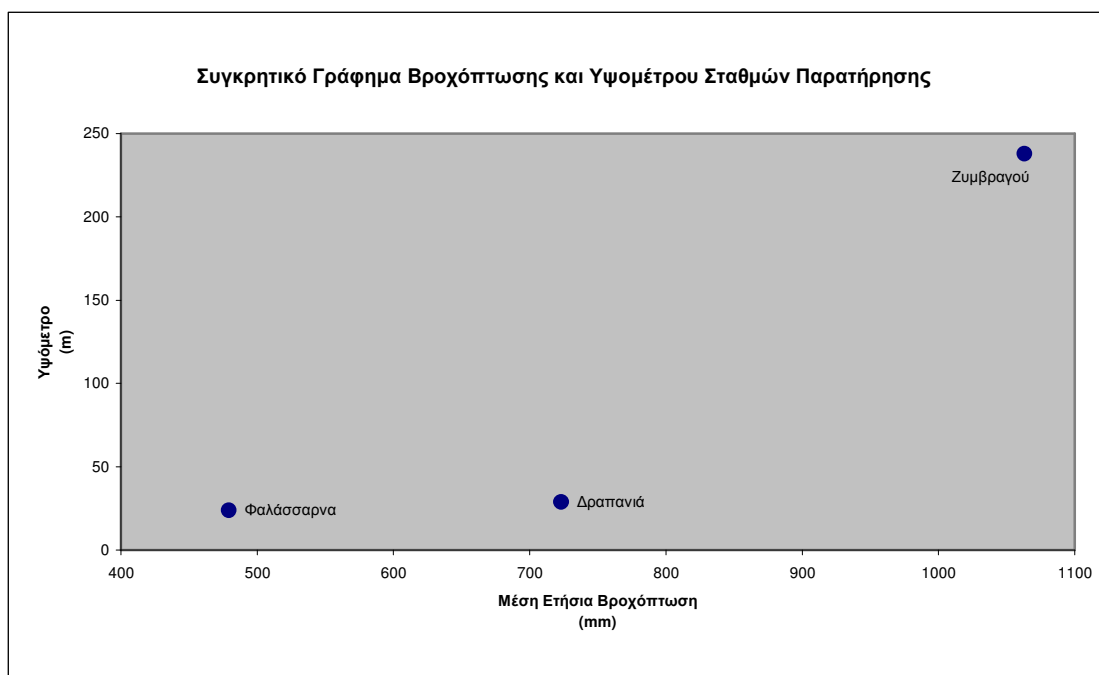
Σχήμα 1.3 Διάγραμμα βροχοπτώσης στους σταθμούς παρατήρησης («Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων»)

Παρατηρείται ακόμα ότι η συνολική αλλά και η μηνιαία βροχόπτωση στο σταθμό Ζυμβραγού είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή στους άλλους δύο σταθμούς, γεγονός που οφείλεται στο μεγάλο απόλυτο υψόμετρο του σταθμού. Οι σταθμοί βροχοπτώσης Φαλάσσαρνα και Δραπανιάς, παρόλο που βρίσκονται σε σχεδόν ίδιο απόλυτο υψόμετρο, παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά στην βροχόπτωση.

Στον Πίνακα 1.3 και στο γράφημα που ακολουθεί (Σχήμα 1.4) παρουσιάζεται η σχέση του υψομέτρου και της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του κάθε σταθμού παρατήρησης.

| | Δραπανιάς | Φαλάσσαρνα | Ζυμβραγού |
|-----------------------------|-----------|------------|-----------|
| Υψόμετρο | 29 | 24 | 235 |
| Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm) | 723 | 479 | 1063 |

Πίνακας 1.3 Υψόμετρο και μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις στους σταθμούς παρατήρησης («Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων»)

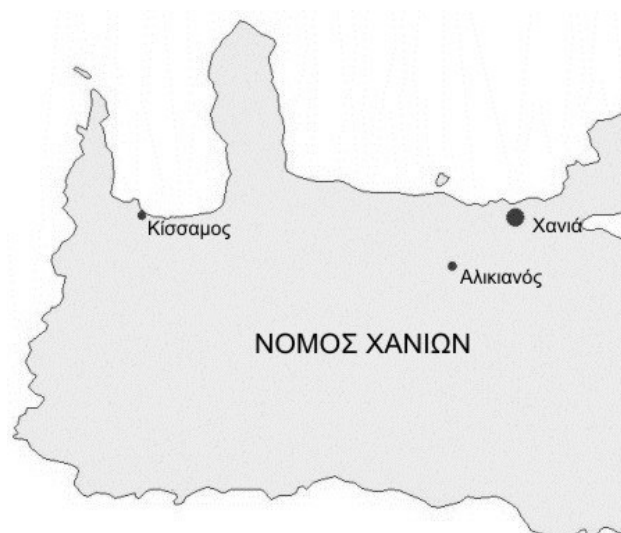


Σχήμα 1.4 Συγκρητικό γράφημα βροχόπτωσης και υψομέτρου σταθμών παρατήρησης
(«Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων»)

1.4.2.2 Θερμοκρασία

Από την άποψη της ηπιότητας και των μεταβολών το κλίμα της Κρήτης θεωρείται προνομιούχο και οφείλεται στην κεντρική θέση που κατέχει η νήσος στην ανατολική Μεσόγειο. Ο χειμώνας αρχίζει συνήθως κατά τα μέσα Δεκεμβρίου και είναι ήπιος. Η μέση θερμοκρασία εμφανίζεται μεγαλύτερη στα ανατολικά από ότι στα δυτικά (18,38 έναντι 16,96 °C) και μεγαλύτερη στα νότια από ότι στα βόρεια (19,55 έναντι 18,55 °C). Η εικόνα διαφοροποιείται σημαντικά στα ορεινά στα οποία οι μέσες θερμοκρασίες είναι κατά 2 με 3°C χαμηλότερες, οι θερμοκρασιακές αποκλίσεις εντονότερες και οι θερμοκρασίες ιδιαίτερα των χειμερινών μηνών σημαντικά χαμηλότερες. («Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών πόρων Κρήτης», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων)

Δυστυχώς δεν υπάρχουν δεδομένα για την θερμοκρασία αέρα για τους σταθμούς παρατήρησης της περιοχής μελέτης. Τα δεδομένα που αναλύονται παρακάτω αφορούν στο σταθμό παρατήρησης του Ινστιτούτου Υποτροπικών και Ελιάς στον Αλικιανό, σαν ο πλησιέστερος στην περιοχή μελέτης. Η θέση του φαίνεται στο Σχήμα 1.5. Το απόλυτο υψόμετρο του σταθμού είναι 66,3 μ.

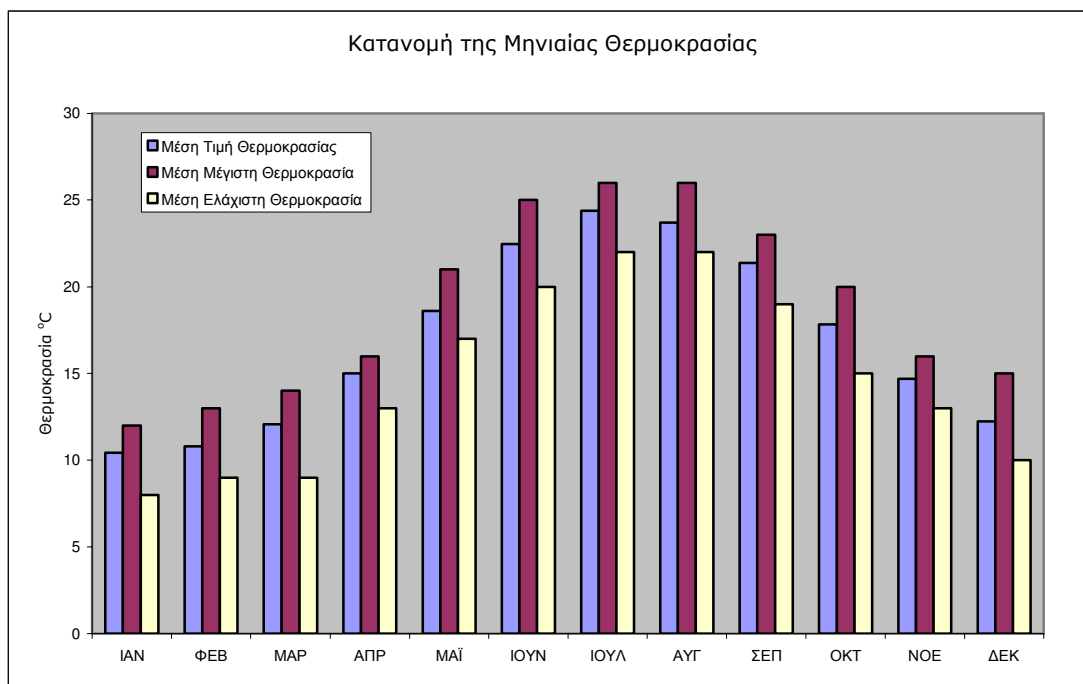


Σχήμα 1.5 Θέση σταθμού παρατήρησης θερμοκρασίας Αλικιανού

Στον πίνακα 1.4 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές, καθώς και οι μέσες μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας για τον σταθμό παρατήρησης του Αλικιανού για τα έτη 1978 έως 1990. Ακολουθεί και το σχετικό διάγραμμα (Σχήμα 1.6) στο οποίο φαίνεται η κατανομή της θερμοκρασίας. Οι πίνακες με τις ιστορικές χρονοσειρές της θερμοκρασίας παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

| Κλιματολογικές Παράμετροι | Μέση Τιμή Θερμοκρασίας | Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία | Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία |
|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Ιανουάριος | 10,4 | 12,0 | 8,0 |
| Φεβρουάριος | 10,8 | 13,0 | 9,0 |
| Μάρτιος | 12,1 | 14,0 | 9,0 |
| Απρίλιος | 15,0 | 16,0 | 13,0 |
| Μάιος | 18,6 | 21,0 | 17,0 |
| Ιούνιος | 22,5 | 25,0 | 20,0 |
| Ιούλιος | 24,4 | 26,0 | 22,0 |
| Αύγουστος | 23,7 | 26,0 | 22,0 |
| Σεπτέμβριος | 21,4 | 23,0 | 19,0 |
| Οκτώβριος | 17,8 | 20,0 | 15,0 |
| Νοέμβριος | 14,7 | 16,0 | 13,0 |
| Δεκέμβριος | 12,2 | 15,0 | 10,0 |

Πίνακας 1.4 Μέσες τιμές θερμοκρασίας στον σταθμό παρατήρησης Αλικιανού (Ινστιτούτο Υποτροπικών και Ελαιάς Χανίων)



Σχήμα 1.6 Κατανομή της μηνιαίας θερμοκρασίας στον σταθμό παρατήρησης Αλικιανού

Ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Ιανουάριος που διαφέρει ελάχιστα θερμομετρικά από τον Φεβρουάριο. Θερμότερος μήνας του έτους είναι ο Ιούλιος. Ο Ιούνιος εμφανίζει χαμηλότερη θερμοκρασία τόσο από τον Ιούλιο όσο και από τον Αύγουστο, παρουσιάζει όμως τα ίδια επίπεδα θερμοκρασίας με τον Σεπτέμβριο.

Απότομη αύξηση της θερμοκρασίας εμφανίζεται κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο, όπου γίνεται και η μετάβαση από το έαρ στο θέρος. Αντίστοιχα, απότομη πτώση της θερμοκρασίας παρατηρείται τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο σημαίνοντας την έναρξη του χειμώνα.

1.4.2.3 Υγρασία

Η μέση ατμοσφαιρική υγρασία είναι σε ολόκληρη την βόρεια Κρήτη ελάχιστη τον Ιούνιο και μέγιστη τον Δεκέμβριο. («Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων», Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, Υπουργείο Γεωργίας)

1.4.2.4 Άνεμοι

Γενικά στην Κρήτη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους επικρατούν κυρίως οι βόρειοι και βορειοδυτικοί άνεμοι. Στην δυτική Κρήτη η μέγιστη ένταση ανέμων εμφανίζεται κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο με τιμή 4m/s περίπου. Ο

συνολικός (μέσος) αριθμός ημερών με ένταση μεγαλύτερη από 6B (ισχυρός άνεμος) παρουσιάζει πολύ μεγάλη διακύμανση από 30 έως 80 ημέρες, και είναι μεγαλύτερος στις ορεινές περιοχές. Αντίστοιχα, ο μέσος αριθμός ημερών με ένταση μεγαλύτερη από 8B (ορμητικός άνεμος) είναι πολύ μικρός και κυμαίνεται από λίγες μέρες στις πεδινές παραλιακές περιοχές μέχρι λιγότερο από μία μέρα στα ορεινά. («Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων», Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, Υπουργείο Γεωργίας)

1.5 Επιφανειακή Υδρολογία

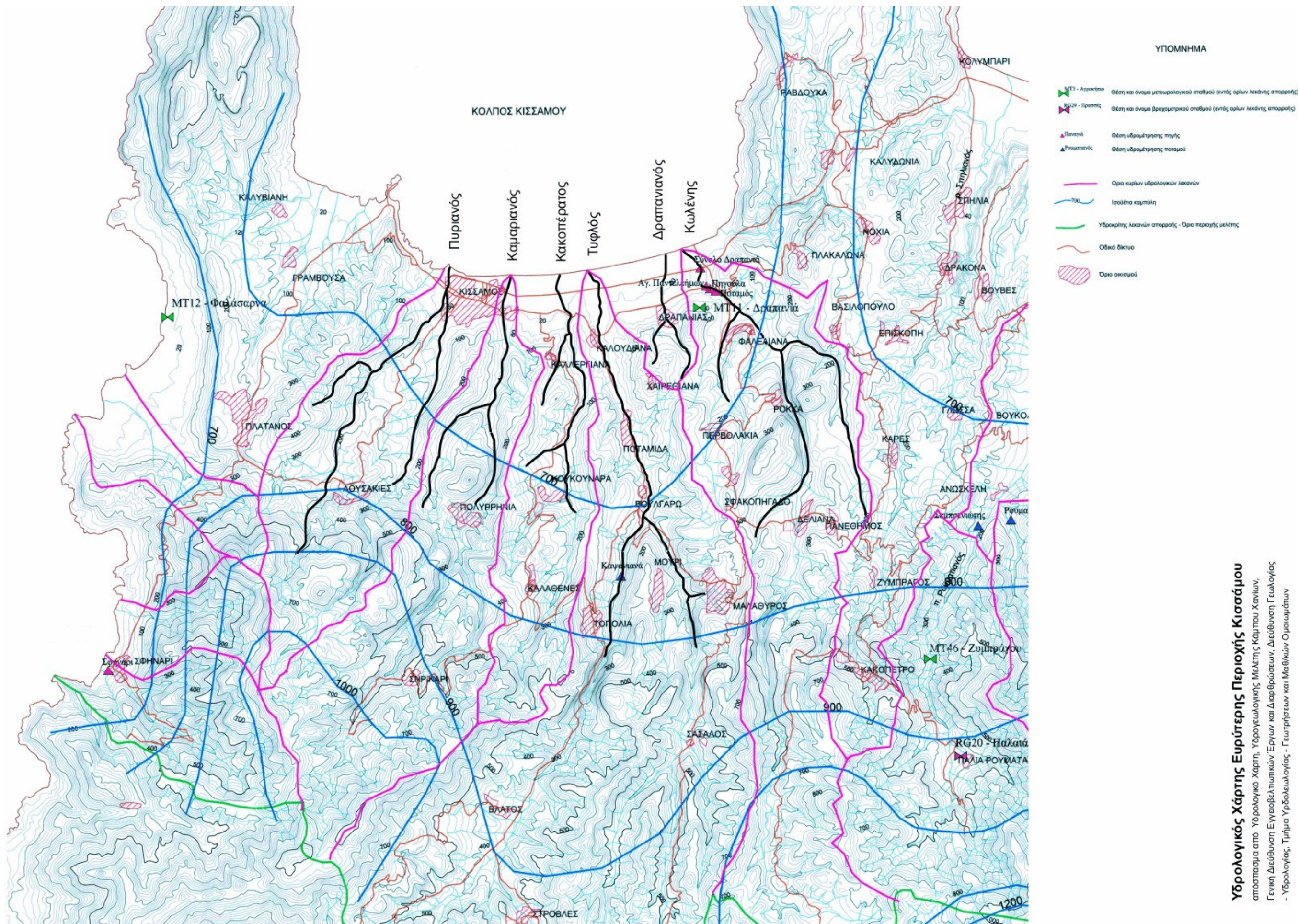
Οι κυριότεροι χείμαρροι που διασχίζουν την περιοχή είναι οι Κωλένης, Δραπανιάς, Τυφλός, Κακοπέρατος, Καμαριανός και ο Πυριανός, με σημαντικότερο τον Τυφλό, ο οποίος εμφανίζει και την μεγαλύτερη απορροή. Οι υπόλοιποι χείμαρροι έχουν απορροή κυρίως κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων. («Μελέτη αποχέτευσης Κόλπου Κισσάμου», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Αυτοδιοίκησης και Διοίκησης Χανίων, Δήμος Κισσάμου)

Στον υδρολογικό χάρτη (Χάρτης 1.4) φαίνεται η θέση των χειμάρρων, καθώς και οι λεκάνες απορροής τους. Με τις μπλε γραμμές παρουσιάζονται οι ισοϋέτιες καμπύλες, οι οποίες φαίνεται να ακολουθούν το ανάγλυφο της περιοχής και επιβεβαιώνουν την αυξημένη βροχόπτωση που παρουσιάζουν οι ορεινές περιοχές σε σχέση με τις πεδινές, παραλιακές.

Όσον αφορά στα υπόγεια νερά της περιοχής, αυτά κατά ένα μέρος τους εκτονώνονται από πηγές, και κατά ένα άλλο είτε κινούνται υπόγεια διαμέσου υδατοπερατών γεωλογικών σχηματισμών με αποτέλεσμα να εκφορτίζονται στην θάλασσα μακριά από τις ακτές, είτε παραμένουν αποθηκευμένα σε υπόγειους καρστικούς υδροφορείς από όπου μέσω γεωτρήσεων γίνεται και η εκμετάλλευση τους.

Οι σημαντικότερες πηγές της περιοχής είναι αυτές που αναβλύζουν στον χείμαρρο Κωλένη. Εκεί εμφανίζονται 8 πηγές με ελάχιστη παροχή τα 80 m³/h και μέγιστη τα 800 m³/h, και χρησιμοποιούνται τόσο για την άρδευση όσο και για την ύδρευση της περιοχής.

(«Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων», Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, Υπουργείο Γεωργίας)



Υδρολογικός Χάρτης Ευρύτερης Περιοχής Κισσάμου
 απόσπασμα από Υδρολογικό Χάρτη, Υδρογεωλογικής Μελέτης Κάμπου Χανίων,
 Γενική Διεύθυνση Εγγεγραμμένων Εργών και Διαρθρώσεων, Διεύθυνση Γεωλογίας
 - Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας - Γεωτρήσεων και Μαθικών Ομοιωμάτων

1.6 Υδροχημικές συνθήκες

Στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στο Δήμο Μηθύμνης τα νερά είναι γενικά του τύπου Ca-Mg-HCO_3 , ενώ σπανιότερα έχουμε εμφανίσεις των ιόντων SO_4^{+2} , Na^+ , Cl^- .

Η συγκέντρωση των χλωριόντων κυμαίνεται από 28,4 mg/l έως 70,9 mg/l, με μία μέση τιμή 49,6 mg/l, των θειικών από 4,8 mg/l έως 100,9 mg/l με μέση τιμή 43,8 mg/l, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα από 400 $\mu\text{S/cm}$ έως 610,9 $\mu\text{S/cm}$.

Όπως φαίνεται και από τις μέγιστες τιμές, οι συγκεντρώσεις Cl^- και SO_4^{+2} είναι χαμηλότερες από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας, ενώ παρόμοια τάση εμφανίζουν και οι μετρηθείσες ηλεκτρικές αγωγιμότητες.

Στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στο Δήμο Κισσάμου τα νερά είναι γενικά του τύπου $\text{Ca-HCO}_3\text{-Cl}$, ενώ σποραδικότερα έχουμε εμφανίσεις και των ιόντων Mg^{+2} , Na^+ , SO_4^{+2} .

Η συγκέντρωση των χλωριόντων κυμαίνεται από 35,4 mg/l έως 4253,8 mg/l, με μία μέση τιμή 372,2 mg/l, των θειικών από 4,8 mg/l έως 941,1 mg/l με μέση τιμή 131,9 mg/l, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα από 430 $\mu\text{S/cm}$ έως 13200 $\mu\text{S/cm}$.

Στα περισσότερα δείγματα της περιοχής οι συγκεντρώσεις Cl^- είναι κάτω από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας, παρόλο που υπάρχουν και δείγματα με συγκέντρωση μεγαλύτερη από τα επιτρεπτά όρια. Το ίδιο ισχύει και για τις συγκεντρώσεις SO_4^{+2} . Οι ηλεκτρική αγωγιμότητα ανάλογα παρουσιάζεται ιδιαίτερα υψηλή μόνο στα δείγματα με υψηλή συγκέντρωση χλωριόντων. Στις περιπτώσεις αυτές η υπαλμύριση συνδέεται με εισροή θαλασσιών νερών.

Όσον αφορά στην αρδευτική καταλληλότητα, τα νερά της περιοχής μελέτης έχουν χαμηλή επικινδυνότητα αλκαλίωσης και μέτρια έως υψηλή αλατότητα, στο δυτικό τμήμα.

(«Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων», Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, Υπουργείο Γεωργίας)

1.7 Ανθρώπινες δραστηριότητες:

1.7.1 Πληθυσμιακά στοιχεία:

Η αξιολόγηση του πληθυσμού της περιοχής μελέτης γίνεται σύμφωνα με τα πληθυσμιακά στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος για την απογραφή του 1991 και του 2001. Στον Πίνακα 1.4 φαίνονται ο πραγματικός πληθυσμός για τον Δήμο Κισσάμου και τον Δήμο Μηθύμνης για τα έτη 1991 και 2001, με στοιχεία για κάθε δημοτικό διαμέρισμα των δύο δήμων, σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος. Τα πλήρη στοιχεία παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

| Δήμος / Δημοτικό Διαμέρισμα | Πραγματικός Πληθυσμός | |
|-----------------------------|-----------------------|---------------|
| | 1991 | 2001 |
| ΔΗΜΟΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ | 6.558 | 7.463 |
| Δ.Δ.Κισσάμου | 3.009 | 3.909 |
| Δ.Δ.Γραμβουσής | 837 | 917 |
| Δ.Δ.Καλαθενών | 290 | 228 |
| Δ.Δ.Καλλεργιανών | 273 | 341 |
| Δ.Δ.Κουκουναράς | 168 | 107 |
| Δ.Δ.Λουσακίων | 466 | 432 |
| Δ.Δ.Πλατάνου | 1.126 | 1.278 |
| Δ.Δ.Πολυρρηνίας | 231 | 119 |
| Δ.Δ.Σηρικαρίου | 158 | 132 |
| ΔΗΜΟΣ ΜΗΘΥΜΝΗΣ | 3.386 | 2.914 |
| Δ.Δ.Δραπανιά | 518 | 464 |
| Δ.Δ.Βουλγάρω | 598 | 396 |
| Δ.Δ.Καλουδιανών | 331 | 381 |
| Δ.Δ.Μαλαθύρου | 245 | 214 |
| Δ.Δ.Περβολακίων | 165 | 172 |
| Δ.Δ.Ποταμίδας | 238 | 228 |
| Δ.Δ.Ρόκκας | 160 | 137 |
| Δ.Δ.Σασάλου | 127 | 92 |
| Δ.Δ.Σφακοπηγαδίου | 176 | 177 |
| Δ.Δ.Τοπολίων | 435 | 374 |
| Δ.Δ.Φαλελιανών | 259 | 190 |
| Δ.Δ.Χαιρεθιανών | 134 | 89 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 9.944 | 10.377 |

Πίνακας 1.4 Πληθυσμιακά στοιχεία περιοχής μελέτης (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος)

Στο Δήμο Κισσάμου παρατηρείται ότι έχει γίνει αύξηση του πληθυσμού κατά τη δεκαετία 1991 – 2001 σε ποσοστό 13,8%, ενώ στο δήμο Μηθύμνης ο

πληθυσμός έχει μειωθεί κατά 13,9%. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης παρουσιάζεται μια μικρή αύξηση του πληθυσμού κατά 4,4%. Παρόλο οι κάτοικοι της περιοχής φαίνεται μόλις να ξεπερνούν τους 10.000, τους θερινούς μήνες ο αριθμός αυτός αυξάνεται αισθητά λόγω της τουριστικής δραστηριότητας που αναπτύσσετε δυναμικά στην περιοχή, καθώς και της μετακίνησης του πληθυσμού των Χανίων στις παραθεριστικές τους κατοικίες στην περιοχή.

Στο Δήμο Κισσάμου την μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού παρουσιάζει το δημοτικό διαμέρισμα Κισσάμου με ποσοστό 29,9%, ενώ την μεγαλύτερη μείωση το δημοτικό διαμέρισμα Πολυρρηνίας με ποσοστό 48,5%. Στο Δήμο Μηθύμνης αντίστοιχα, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στο δημοτικό διαμέρισμα Καλουδιανών με 15,1%, και την μεγαλύτερη μείωση το δημοτικό διαμέρισμα Βουλγάρω με 33,8%.

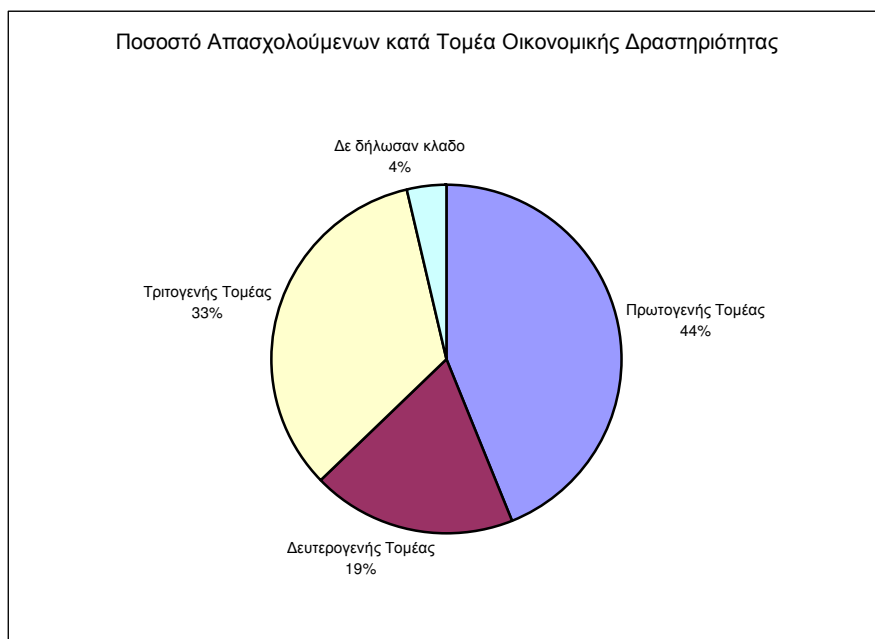
1.7.2 Οικονομικές Δραστηριότητες:

Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδος από την απογραφή του 2001 συντάχθηκε ο πίνακας 1.5 που περιγράφει τους τομείς στους οποίους απασχολείται ο πληθυσμός στην περιοχή μελέτης. Ο πίνακας με τα πλήρη στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας για τους υπό μελέτη Δήμους, χωρισμένους σε δημοτικά διαμερίσματα παρατίθεται στο Παράρτημα Α. Ακολουθεί σχηματικό διάγραμμα (Σχήμα 1.7) που περιγράφει το ποσοστό του οικονομικά ενεργού πληθυσμού, όπως απασχολείται στους τρεις τομείς οικονομικής δραστηριότητας.

| Δήμος | Οικονομικώς ενεργοί | | | | | | | Οικονομικώς μη ενεργοί |
|----------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------|------------------------|
| | Σύνολο | Απασχολούμενοι | | | | | Ανεργοί | |
| | | Σύνολο | Πρωτογενής Τομέας | Δευτερογενής Τομέας | Τριτογενής Τομέας | Δε δήλωσαν κλάδο | | |
| ΔΗΜΟΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ | 3.128 | 2.859 | 1.131 | 598 | 1.015 | 115 | 269 | 4.325 |
| ΔΗΜΟΣ ΜΗΘΥΜΝΗΣ | 1.074 | 948 | 537 | 127 | 257 | 27 | 126 | 1.765 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 4.202 | 3.807 | 1.668 | 725 | 1.272 | 142 | 395 | 6.090 |

Πίνακας 1.5 Οικονομικώς ενεργός, μη ενεργός πληθυσμός και απασχολούμενοι κατά τομέα οικονομικής δραστηριότητας (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος)

Ο χαρακτήρας της περιοχής είναι έντονα αγροτικός. Στην περιοχή μελέτης ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός ασχολείται κυρίως με τον πρωτογενή τομέα, δηλαδή τη γεωργία και την κτηνοτροφία, σε ποσοστό 44%. Συγκεκριμένα στην περιοχή μελέτης την μεγαλύτερη συμμετοχή στον πρωτογενή τομέα έχει η γεωργία, με κυριότερες καλλιέργειες τους ελαιώνες, τους αμπελώνες και τα κηπευτικά υπό κάλυψη. Όσον αφορά στην κτηνοτροφία, εκτρέφονται κυρίως πρόβατα και αίγες.



Σχήμα 1.7 Ποσοστό απασχολούμενων κατά τομέα οικονομικής δραστηριότητας

Ο τριτογενής τομέας με κύρια δραστηριότητα την εξυπηρέτηση του τουρισμού καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση στην οικονομία της περιοχής, καθώς απασχολεί το 33% του πληθυσμού. Το μικρό-εμπόριο και οι υπηρεσίες εξυπηρέτησης επισκεπτών είναι αρκετά ανεπτυγμένες. Το τουριστικό δυναμικό της περιοχής δεν έχει φτάσει στο σημείο κορεσμού του και αναμένεται να αυξηθεί στα επόμενα χρόνια, απασχολώντας ακόμα μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού σε αυτό τον τομέα.

Την τρίτη θέση στην απασχόληση του πληθυσμού, με ποσοστό 19%, καταλαμβάνει ο δευτερογενής τομέας, δηλαδή η βιομηχανική μεταποίηση. Την πρώτη θέση στη μεταποιητική δραστηριότητα της περιοχής κατέχει ο κλάδος των βιομηχανικών ειδών διατροφής, ο οποίος είναι προσανατολισμένος κυρίως στην μεταποίηση της ελιάς και στην αρτοποιία. Ακολουθεί η βιομηχανία ξύλου, επίπλων και ειδών επιπλώσεως.

(«Μελέτη αποχέτευσης Κόλπου Κισσάμου», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Αυτοδιοίκησης και Διοίκησης Χανίων, Δήμος Κισσάμου)

1.8 Φυσικό περιβάλλον

Στην περιοχή μελέτης παρατηρείται μια ποικιλία από κλιματοεδαφικά μικροπεριβάλλοντα και αξιόλογοι βιότοποι. Ο χαρακτήρας του βιοκλίματος είναι έντονα θερμό-μεσογειακός και γίνεται ασθενέστερος προς το νότο.

Βόρεια, η παραλιακή ζώνη περιέχει την αμμώδη παραλία, τις βραχώδεις απολήξεις με ενδιαφέρουσα βραχοχλωρίδα και τους μικρούς υγρότοπους που σχηματίζονται στις εκβολές των ρεμάτων. Στη ζώνη αυτή απαντώνται οι αμμοθίνες, το κρινάκι της θάλασσας, παραθαλάσσια βούρλα, καλάμια, και αλμυρίκια που είναι είδος που εισήχθη από τον άνθρωπο. Επίσης είναι διαπιστωμένη η παρουσία της θαλάσσιας χελώνας *caretta-caretta*, καθώς υπάρχουν μαρτυρίες για παρουσία της μεσογειακής φώκιας *monachus-monachus* που πιθανόν να φωλιάζει στις βραχώδεις ακτές της χερσονήσου Γραμβούσας.

Εσωτερικά, εκτείνεται η πεδινή ζώνη, χαρακτηρισμένη σαν γη υψηλής παραγωγικότητας με υπολείμματα φυσικής βλάστησης στα πρηνή των δρόμων, στις αναβαθμίδες και στις όχθες των ρεμάτων. Οι κύριες καλλιέργειες είναι η ελιά, το αμπέλι, τα κηπευτικά, οι καλλιέργειες χορτοδοτικών φυτών και οι καλλιέργειες υπό κάλυψη. Στη ζώνη αυτή το σταδιακό πέρασμα από την παραδοσιακή στην σύγχρονη εκμηχανισμένη και εντατική γεωργία αρχίζει να δείχνει τις αρνητικές επιπτώσεις από την αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων και από την ανεξέλεγκτη απόρριψη απορριμμάτων και αποβλήτων των ελαιουργείων.

Προς το νότο, εκτείνεται η ζώνη των ημιορεινών περιοχών όπου η παρουσία φυσικής αυτοφυούς βλάστησης είναι πιο έντονη αλλά περιορισμένη και αυτή στα ρέματα, στις όχθες των χειμάρρων και στα υποβαθμισμένα βοσκοτόπια. Και σε αυτή τη ζώνη οι θάμνοι δίνουν τη θέση τους στην ελιά, και παλιά χωράφια που καλλιεργούνταν με σιτηρά εγκαταλείπονται στην κτηνοτροφία. Οι εκχερσώσεις αυτές δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στη συγκράτηση των εδαφών και στην ροή των ρεμάτων.

Στην πεδινή και στην ημιορεινή ζώνη η χλωρίδα που αναφέρεται είναι κυρίως στις όχθες των ρεμάτων καθώς και στις χαραδρώσεις της περιοχής. Εκεί συναντώνται από λειχήνες και βρυόφυτα μέχρι γέρικα πλατάνια, κισσοί, λυγαριές, καρυδιές, πικροδάφνες, ευκάλυπτοι και βάτοι. Στα ακαλλιέργητα τμήματα, στις παρυφές των χωραφιών και στα πρηνή των δρόμων, συναντάται φυσική βλάστηση που απαρτίζεται από μαργαρίτες, τριφύλλι και μολόχα. Στην περιοχή αυτή απαντώνται πολλά είδη βατράχων και φιδιών, σαλιγκάρια, ποντίκια, λαγοί, σκαντζόχοιροι, κουνάβια, καθώς και πολλά πουλιά όπως κόρακες, κοτσύφια, μπεκάτσες, πέρδικες, σπουργίτια, κουρούνες, τσαλαπετεινοί και τσίχλες. («Μελέτη

αποχέτευσης Κόλπου Κισσάμου», Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Αυτοδιοίκησης
και Διοίκησης Χανίων, Δήμος Κισσάμου)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Η μοντελοποίηση, ως μέθοδος ανάλυσης πολυάριθμων φαινομένων, χρησιμοποιείται στους διαφορετικούς τομείς της επιστημονικής έρευνας. Μετά από την ανάπτυξή της, εισήχθη σύντομα στην υδραυλική υπόγειων νερών και έχει ήδη γίνει μια αποδεκτή μέθοδος και τη συμπεριφορά ενός υδρογεωλογικού περιβάλλοντος. Σχεδόν κάθε μοντέλο συσχετίζεται με κάποιο τρόπο με τις βασικές εξισώσεις που περιγράφουν το φαινόμενο που μελετάται. Αρχικά, όλα βασίστηκαν στη φυσική μοντελοποίηση, με μεγάλη διαβάθμιση διαφορετικών μεθόδων, από τα άμεσα γεωμετρικά πρότυπα της ροής του νερού έως τα ηλεκτροϋδροδυναμικά ανάλογα. Κατά τη διάρκεια των πρόσφατων δεκαετιών, αυτά τα μοντέλα είναι τα κύρια εργαλεία της υδραυλικής έρευνας. (Karel Kovarik «Numerical Models in Groundwater Pollution»)

2.2 Διαδικασία επίλυσης μαθηματικών μοντέλων

Τα στάδια που ακολουθούνται κατά την επίλυση ενός προβλήματος με μαθηματικό μοντέλο περιγράφονται στη συνέχεια. Η αξιοπιστία του μοντέλου εξαρτάται απόλυτα από την ορθή εφαρμογή αυτών των βημάτων. Παρόλο που ελάχιστες μελέτες μοντελοποίησης ακολουθούν τα παρακάτω βήματα, αυτά αποτελούν την ιδανική διαδικασία.

1. *Προσδιορισμός του στόχου του μοντέλου.* Επιλογή δηλαδή των κατάλληλων εξισώσεων προς επίλυση και του κώδικα που θα χρησιμοποιηθεί.
2. *Δημιουργία του θεμελιώδους μοντέλου του συστήματος.* Προσδιορίζονται οι Υδροστρωματογραφικές μονάδες και τα όρια της περιοχής, καθώς συλλέγονται και πληροφορίες σχετικά με το υδατικό ισοζύγιο και με παραμέτρους του υδροφορέα.
3. *Επικύρωση του κώδικα επίλυσης.* Επιλογή δηλαδή του υπολογιστικού προγράμματος που χρησιμοποιεί τον κατάλληλο αλγόριθμο για την μαθηματική επίλυση του μοντέλου και σύγκριση της αριθμητικής λύσης που παράγεται με μια ή περισσότερες αναλυτικές λύσεις ή με άλλες αριθμητικές λύσεις ή ακόμα και με αποτελέσματα από εργαστηριακά πειράματα.

4. *Σχεδιασμός μοντέλου.* Το εννοιολογικό μοντέλο τίθεται σε κατάλληλη μορφή μετά από μία σειρά διαδικασιών όπως ο σχεδιασμός του πλέγματος, επιλογή των χρονικών βημάτων, καθορισμός των αρχικών και των οριακών συνθηκών, και την προκαταρκτική επιλογή των τιμών για τις παραμέτρους υδροφόρων στρωμάτων και τις υδρολογικές τάσεις.

5. *Βαθμονόμηση του μοντέλου.* Ο σκοπός της βαθμονόμησης είναι να επαληθευτεί ότι το μοντέλο μπορεί να προβλέψει τις ήδη γνωστές από μετρήσεις πεδίου τιμές για τα υδραυλικά ύψη και τις ροές. Η βαθμονόμηση γίνεται με την ρύθμιση των παραμέτρων του μοντέλου.

6. *Ανάλυση ευαισθησίας βαθμονόμησης.* Το βαθμολογημένο μοντέλο παρουσιάζει αβεβαιότητα εξ' αιτίας της ανικανότητας να καθοριστεί η ακριβής χωρική (και χρονική) κατανομή των τιμών των παραμέτρων στην περιοχή μελέτης και στον καθορισμό των οριακών συνθηκών. Μια ανάλυση ευαισθησίας εκτελείται προκειμένου προσδιοριστεί η επίδραση της αβεβαιότητας στο βαθμολογημένο μοντέλο.

7. *Επαλήθευση μοντέλου.* Για μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα του μοντέλου, λαμβάνει χώρα η επαλήθευση του μοντέλου με την χρήση των βαθμονομημένων τιμών για υπολογισμό μίας δευτέρας σειράς τιμών που είναι ήδη γνωστές από μετρήσεις πεδίου.

8. *Πρόβλεψη.* Αποτελεί την απάντηση του συστήματος σε μελλοντικά γεγονότα. η εκτίμηση των μελλοντικών τάσεων είναι απαραίτητη για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Η αβεβαιότητα σε μια πρόβλεψη προκύπτει από την αβεβαιότητα στη λειτουργία του βαθμονομημένου μοντέλου και στην ανικανότητα να υπολογιστούν οι ακριβείς τιμές για τις μελλοντικές τάσεις.

9. *Προφητική ανάλυση ευαισθησίας.* Εφαρμόζεται για να ποσοτικοποιήσει την επίδραση της αβεβαιότητας στην πρόβλεψη. Οι εκτιμώμενες μελλοντικές τιμές προσομοιώνονται προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση στο μοντέλο πρόβλεψης.

10. *Παρουσίαση του σχεδιασμού του μοντέλου και των αποτελεσμάτων.* Η διαυγής παρουσίαση του σχεδιασμού του μοντέλου και των αποτελεσμάτων είναι θεμελιώδης προκειμένου να γίνεται κατανοητή και μεταδοτική η προσπάθεια μοντελοποίησης.

11. *Μελλοντική επαλήθευση.* Μετά από αρκετά χρόνια γίνεται μία επαλήθευση του μοντέλου προκειμένου να προσδιοριστεί αν η πρόβλεψη του μοντέλου ήταν σωστή.

12. *Επανασχεδιασμός του μοντέλου.* Η μελλοντική επαλήθευση του μοντέλου μπορεί να οδηγήσει σε νέες ιδέες για την συμπεριφορά του συστήματος, οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν σε αλλαγές παραμέτρων του μοντέλου.

(Anderson M., Woessner W.W. «Applied Grounwater Modeling»)

2.3 Μέθοδοι επίλυσης μαθηματικών μοντέλων

Τα μαθηματικά μοντέλα μπορούν να επιλυθούν με μεθόδους αναλυτικές ή αριθμητικές. Η αριθμητική μέθοδος προτιμάται σε περιπτώσεις περίπλοκων προβλημάτων και γενικά όσο λιγότερες είναι οι απλουστευτικές παραδοχές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του μοντέλου, τόσο πιο περίπλοκο είναι αυτό.

Σήμερα, υπάρχουν διαθέσιμα αρκετά εμπορικά προγράμματα μοντελοποίησης, δίνοντας την εντύπωση ότι όλα τα προβλήματα στην ανάπτυξη των μοντέλων έχουν λυθεί ήδη. Εντούτοις, είναι ακόμα αλήθεια ότι για την κατανόηση των αρχών της μοντελοποίησης, είναι απαραίτητη η γνώση των βασικών αρχών των αριθμητικών μεθόδων.

Υπάρχουν 5 κύριες μέθοδοι επίλυσης των εξισώσεων που χρησιμοποιούνται από τα μαθηματικά μοντέλα.

1) Αναλυτική μέθοδος

Μια άμεση (αναλυτική) λύση της κυρίαρχης διαφορικής εξίσωσης χρησιμοποιούταν στα πρώτα μαθηματικά μοντέλα. Έχει το μειονέκτημα ότι η χρήση της είναι δυνατή μόνο για την περιοχή μιας απλής γεωμετρικής μορφής ή για τα ομοιογενή μέσα. Μετά την ανάπτυξη των αριθμητικών μεθόδων, η αναλυτική μέθοδος δεν είναι τόσο σημαντική, αλλά ακόμη και τώρα υπάρχουν περιοχές κατάλληλες για μια αναλυτική λύση.

2) Μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών

Αυτή η μέθοδος σήμανε την πρώτη σημαντική ανακάλυψη στη μαθηματική μοντελοποίηση σε πολλές περιοχές, και είναι η παλαιότερη αριθμητική μέθοδος. Αν και τα θεωρητικά θεμέλιά του ήταν γνωστά πολύ πριν, η μέθοδος εφαρμόστηκε πλήρως μόνο μετά από την ανάπτυξη των υπολογιστών. Αυτό ισχύει για όλες τις αριθμητικές μεθόδους. Η μαθηματική αρχή αυτής της μεθόδου βρίσκεται στην αντικατάσταση των μερικών παραγώγων στην κυβερνώντα εξίσωση από τις διαφορές. Μπορούμε να έρθουμε στο ίδιο αποτέλεσμα με την ανάλυση της ισορροπίας ροής σε ένα στοιχείο με το πεπερασμένο μέγεθος, Δx , Δy , Δz .

3) Μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων

Αυτή η μέθοδος εισήχθη στη δεκαετία του '60. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη μηχανική ανάλυση των κατασκευών και στη δεκαετία του '70 παρουσιάστηκε στην υδραυλική υπόγειων νερών. Αυτή η μέθοδος δεν έχει μεγάλο εύρος.

4) Μέθοδος στοιχείων ορίου

Αυτή η μέθοδος αναπτύχθηκε παράλληλα με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Οι αρχές της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων προστέθηκαν στη μέθοδο ολοκληρωμάτων ορίου στη δεκαετία του '80 και αυτή η αναθεωρημένη μέθοδος κλήθηκε μέθοδο στοιχείων ορίου, και παρουσιάστηκε στην υδραυλική μερικά έτη αργότερα. Ο κύριος λόγος για την καθυστέρηση ήταν ότι τη μέθοδο στόχευσαν να λύσει τα προβλήματα στις ομοιογενείς περιοχές και παρουσιάζει ακόμα τις μεγαλύτερες δυσκολίες από τις προαναφερθείσες μεθόδους κατά την αντιμετώπιση των μη-ομοιογενειών που είναι οι πιο χαρακτηριστικές στην υδραυλική των υπόγειων νερών. Παρά τις περιπλοκές, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται επιτυχώς στην υδραυλική.

5) Μέθοδος της διπλής αμοιβαιότητας

Αυτή η μέθοδος έχει αναπτυχθεί προκειμένου να αφαιρεθούν τα σημαντικότερα μειονεκτήματα όπως η ανάγκη υποδιαίρεσης ενός τμήματος μιας περιοχής σε μικρότερα υποτμήματα σε περίπτωση επίπεδης ροής.

Από τις παραπάνω μεθόδους αυτές που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για την επίλυση προβλημάτων ροής είναι η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων και η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών.

(Karel Kovarik «Numerical Models io Groundwater Pollution»)

Το αριθμητικό μαθηματικό μοντέλο PTC, το οποίο εφαρμόζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία για την εκτίμηση της υπόγειας ροής στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιεί την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και των πεπερασμένων διαφορών.

2.4 Μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων και πεπερασμένων διαφορών

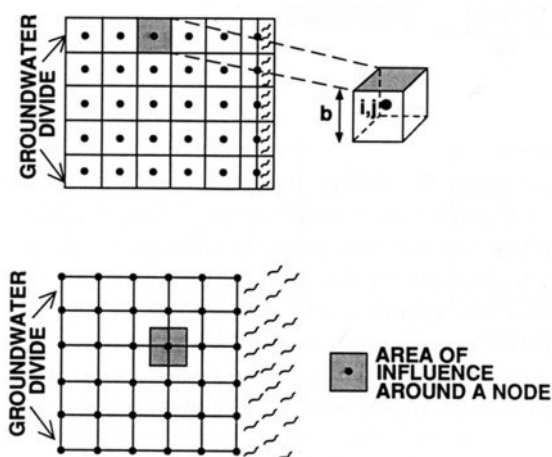
2.4.1 Γενικά στοιχεία:

Απλά στις βασικές αρχές και αποτελεσματικά όσον αφορά στις υπολογιστικές τους μεθόδους, τα μοντέλα των πεπερασμένων στοιχείων και των πεπερασμένων διαφορών, έχουν βρει ευρεία αποδοχή στα προβλήματα της υπόγειας υδραυλικής. Η εξέλιξη της μοντελοποίησης εστίασε περισσότερο στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων η οποία ήταν από μαθηματικής απόψης πιο αφηρημένη και πιο δύσκολη να κωδικοποιηθεί. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να αντιπροσωπεύσει ακριβέστερα την

ακανόνιστη γεωμετρία των υδροφόρων στρωμάτων, επειδή αντίθετα από την μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών που βασίζεται σε ορογώνια στοιχεία πλέγματος, μπορεί να προσαρμόσει τριγωνικά ή και ακόμη παραμορφωμένα τετράπλευρα στοιχεία πλέγματος. Και οι δύο αυτοί μέθοδοι χρησιμοποιούνται στην υπόγεια υδρολογία και στην υδρολογία μολυσματικών παραγόντων υπόγειων νερών, για να προβλέψουν την συμπεριφορά υπόγειων συστημάτων νερού. (George F. Pinder «Groundwater Modeling using Geographical Information Systems»)

2.4.2 Δημιουργία πλέγματος:

Σε ένα αριθμητικό μοντέλο το πλαίσιο εργασίας εκφράζεται από μία διακριτή περιοχή που αποτελείται από μία σειρά κόμβων και πεπερασμένων στοιχείων. Αυτό το κομβικό πλέγμα (grid) διαμορφώνει το πλαίσιο του αριθμητικού μοντέλου. Κάθε κόμβος του πλέγματος θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια σαν σημείο εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να έχουν τριγωνικό ή τετραγωνικό σχήμα και να είναι δισδιάστατα ή τρισδιάστατα. Ανάλογα με τη θέση του κόμβου στα στοιχεία, αυτά διακρίνονται σε δύο τύπους, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.1. Στον πρώτο τύπο οι κόμβοι βρίσκονται στο κέντρο κάθε διακριτού στοιχείου, ενώ στον δεύτερο τύπο βρίσκονται στις κορυφές.



Σχήμα 2.1 Τύποι πεπερασμένων στοιχείων

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων και των πεπερασμένων διαφορών, μεταχειρίζεται κάθε στοιχείο χωριστά και συγκεντρώνει έπειτα τις εξισώσεις για όλα τα στοιχεία σε μία σφαιρική εξίσωση μητρώων.

(Anderson M., Woessner W.W. «Applied Grounwater Modeling»)

2.4.3 Δομικές, οριακές και αρχικές συνθήκες:

Για την σωστή εφαρμογή ενός μοντέλου είναι πολύ σημαντικό να γίνει μία έγκυρη αντιπροσώπευση των σημαντικών υδρογεωλογικών όρων της περιοχής μελέτης, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ευκολία στην ανάλυση, αλλά και σωστή αναπαράσταση της συμπεριφοράς της υπόγειας ροής.

Όπως είναι γνωστό από την μαθηματική ανάλυση, για την επίλυση των μερικών εξισώσεων που περιγράφουν τη ροή είναι αναγκαίος ο καθορισμός των δομικών, των οριακών και των αρχικών συνθηκών.

Οι *δομικές συνθήκες* του υδροφορέα περιλαμβάνουν τη γεωμετρία του, δηλαδή τις συντεταγμένες των γεωμετρικών ορίων του, και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του, δηλαδή τις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας, του πορώδους και της ειδικής αποθηκευτικότητας σε κάθε σημείο του.

Οι *οριακές συνθήκες* του συστήματος ροής αποτελούν τη μαθηματική έκφραση των ιδιοτήτων του πεδίου ροής στα όρια της περιοχής μελέτης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η οριακή συνθήκη χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της τιμής του υδραυλικού ύψους στα όρια της περιοχής μελέτης.

Από μαθηματικής άποψης οι οριακές συνθήκες χωρίζονται σε 3 βασικούς τύπους:

1^{ος} τύπος: Καθορισμένο υδραυλικό ύψος (συνθήκη Dirichlet), όπου η τιμή του υδραυλικού ύψους στο όριο είναι σταθερή και δεδομένη.

2^{ος} τύπος: Όριο καθορισμένης ροής (συνθήκη Newmann), όπου η τιμή του υδραυλικού ύψους ακολουθεί δεδομένη εξίσωση σταθερής ροής.

3^{ος} τύπος: Συνθήκη ροής εξαρτώμενη από το υδραυλικό ύψος (συνθήκη Cauchy), όπου ουσιαστικά είναι συνδυασμός των τύπων ένα και δύο.

Από υδραυλικής και φυσικής άποψης τέτοια όρια μπορούν να είναι τα φυσικά όρια ενός συστήματος υπόγειας ροής που οφείλονται στην παρουσία αδιαπέρατων ορίων (π.χ. αδιαπέρατοι γεωλογικοί σχηματισμοί, ανθρωπογενείς σχηματισμοί) στα οποία η ειδική παροχή σε διεύθυνση κάθετη προς αυτά μηδενίζεται, ή τα όρια δεξαμενών, δηλαδή διεπιφάνειες μεταξύ ελεύθερου και υπόγειου (π.χ. λίμνη, ποτάμια, θάλασσα), όπου είναι γνωστά τα υδραυλικά ύψη. Υπάρχουν ακόμα τα όρια εξόδου στον ελεύθερο αέρα, από τα οποία το υπόγειο νερό ανέρχεται ως ελεύθερο νερό από το έδαφος από πηγές ή πηγάδια.

Οι *αρχικές συνθήκες* καθορίζονται από τον μελετητή, περιγράφουν τη κατάσταση του πεδίου ροής, σε όλα τα σημεία του στο χρόνο $t=0$, και είναι απαραίτητες σε περίπτωση μη μόνιμων ροών.

(Δ. Κουτσογιάννης, και Θ. Ξανθόπουλος, «Τεχνική Υδρολογία»)

2.4.4 Βασικές εξισώσεις:

Το σύστημα διαφορικών εξισώσεων που χρησιμοποιεί το μοντέλο για την περιγραφή της ροής είναι το παρακάτω.

Εξίσωση ροής, από την οποία περιγράφεται η τιμή του υδραυλικού ύψους:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - S \frac{\partial h}{\partial t} + \sum_{i=1}^r Q_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i) = 0$$

Εξίσωση Darcy, όπου προσδιορίζονται οι συνιστώσες της ταχύτητας ροής του υπόγειου νερού:

$$V_x = -K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \quad V_y = -K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \quad V_z = -K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}$$

Όπου:

h: το υδραυλικό ύψος [L]

K_x : η υδραυλική αγωγιμότητα κατά την οριζόντια x διεύθυνση [L/T]

K_y : η υδραυλική αγωγιμότητα κατά την οριζόντια y διεύθυνση [L/T]

K_z : η υδραυλική αγωγιμότητα κατά την κατακόρυφη z διεύθυνση [L/T]

S: η ειδική αποθηκευτικότητα [1/L]

Q_i : ο ρυθμός άντλησης ή εμπλουτισμού από πηγάδι στην θέση i [L^3/T]

r: ο αριθμός των θέσεων εμπλουτισμού ή άντλησης

Εξίσωση μεταφοράς μάζας, από την οποία περιγράφεται η συγκέντρωση c του ρύπου:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{xy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{xz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D_{yx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{yz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[D_{zx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{zy} \frac{\partial c}{\partial y} + D_{zz} \frac{\partial c}{\partial z} \right] - \left[V_x \frac{\partial c}{\partial x} + V_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_z \frac{\partial c}{\partial z} \right] + Q(c^w - c) - \theta [1 + E(c)] \left(\frac{\partial c}{\partial t} \right) = 0$$

Οι όροι διασποράς που εμφανίζονται στην παραπάνω εξίσωση δίνονται από τις σχέσεις:

$$D_{xx} = (a_L V_x^2 + a_T V_y^2 + a_V V_z^2) / V + D_M$$

$$D_{yy} = (a_T V_x^2 + a_L V_y^2 + a_V V_z^2) / V + D_M$$

$$D_{zz} = (a_V V_x^2 + a_V V_y^2 + a_L V_z^2) / V + D_M$$

$$D_{yx} = D_{xy} = (a_L - a_T) V_x V_y / V$$

$$D_{yz} = D_{zy} = (a_L - a_V) V_y V_z / V$$

$$D_{zx} = D_{xz} = (a_L - a_V) V_z V_x / V$$

Όπου

D_M : ο συντελεστής μοριακής διάχυσης, που γενικά παίρνει μικρές τιμές [$L^2 T^{-1}$]

a_L : ο συντελεστής διαμήκους διασποράς [L]

a_T : ο συντελεστής της οριζόντιας εγκάρσιας διασποράς [L]

a_V : ο συντελεστής της κάθετης εγκάρσιας διασποράς [L]

V : το μέτρο της ταχύτητας [LT^{-1}]

c : η χημική συγκέντρωση στο σημείο (x,y,z), την χρονική τιμή t [M/L^3]

θ : το πορώδες του υδροφορέα [αδιάστατο]

$E(c)$: η συνάρτηση που αντιπροσωπεύει τις ιδιότητες της χημικής προσρόφησης

Q : η ισχύς (πηγής / δεξαμενής) της άντλησης [T^{-1}]

Q_i : ο ρυθμός άντλησης ή εμπλουτισμού από πηγάδι στην θέση i [L^3/T]

c_w : η συγκέντρωση του αντλούμενου ρευστού στην θέση i

$\delta()$: η συνάρτηση δέλτα του Dirac

Η επίλυση των παραπάνω εξισώσεων ακολουθεί την εξής διαδικασία: αρχικά η εξίσωση ροής λύνεται ως προς τα υδραυλικά ύψη, στη συνέχεια υπολογίζονται οι ταχύτητες ροής από την εξίσωση του Darcy, και τέλος λύνεται η εξίσωση μεταφοράς μάζας ως προς την συγκέντρωση μολυσματικών παραγόντων c . (Babu et all «Chemical Transport by Three-Dimensional Groundwater Flows»)

Η επίλυση της εξίσωσης ροής οδηγεί στην εύρεση του δυναμικού πεδίου του υδραυλικού ύψους h σε όλα τα σημεία του συστήματος ροής. Στη συνέχεια το πεδίο ροής μπορεί να «οπτικοποιηθεί» με τη χάραξη των ισοδυναμικών γραμμών και των γραμμών ροής. Οι πρώτες είναι οι γραμμές που ενώνουν τα σημεία ίσου υδραυλικού ύψους και χαράσσονται με δεδομένη ισοδιάσταση Δh , ενώ οι δεύτερες είναι γραμμές παράλληλες με την κατεύθυνση ροής και χαράσσονται με τρόπο ώστε μεταξύ οποιονδήποτε διαδοχικών γραμμών ροής να περνά σταθερή ειδική παροχή. Στην περίπτωση μόνιμης ροής σε ομογενές και ισότροπο μέσο οι ισοδυναμικές γραμμές και οι γραμμές ροής είναι κάθετες μεταξύ τους. (Δ. Κουτσογιάννης, και Θ. Ξανθόπουλος, «Τεχνική Υδρολογία»)

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιεί ο κώδικας PTC μειώνει σημαντικά τον υπολογιστικό φόρτο που απαιτείται για την επίλυση εξισώσεων τρισδιάστατης ροής. Ο αλγόριθμος διαχωρίζει την περιοχή σε παράλληλα οριζόντια στρώματα, τα οποία διακριτοποιεί με πεπερασμένα στοιχεία, έτσι ώστε να γίνεται πιο ακριβής αναπαράσταση των ακανόνιστων πεδίων. Αυτά τα στρώματα συνδέονται κάθετα με διακριτοποίηση πεπερασμένων διαφορών. Αυτός ο συνδυασμός των μεθόδων των πεπερασμένων στοιχείων και των πεπερασμένων διαφορών επιτρέπει στον κώδικα PTC κατά τη διάρκεια μίας επανάληψης, οι υπολογισμοί να πραγματοποιούνται αρχικά για όλες τις οριζόντιες διακριτοποιήσεις πεπερασμένων στοιχείων και στη συνέχεια να επιλύονται οι κάθετες εξισώσεις που συνδέουν τα στρώματα.

(Babu et al «Chemical Transport by Three-Dimensional Groundwater Flows»)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ PTC

3.1 Συνοπτική περιγραφή του προγράμματος Argus ONE

Το Argus ONE (Argus Open Numerical Environments) είναι ένα προηγμένο γραφικό λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων. Το πρόγραμμα Argus ONE δημιουργεί πλέγματα πεπερασμένων στοιχείων και διαφορών με έναν εύκολο γραφικό τρόπο. Έχει ένα σύνολο χρησιμότητων που επιτρέπει την εισαγωγή και την χρήση ψηφιακών χαρτών, την περιγραφή πεδίων ορισμού και την αυτόματη δημιουργία πλεγμάτων στις ορισμένες περιοχές. Επίσης είναι εφικτός ο συνδυασμός διαφόρων μεταβλητών στα διάφορα στοιχεία και στους κόμβους του πλέγματος, όπως οι αρχικές και οι οριακές τιμές, τιμές συγκεντρώσεων κλπ. Αυτός ο συνδυασμός είναι εφικτός μέσω της χρήσης «στρώματων» (layers).

Τα «στρώματα» είναι τα θεμελιώδη αντικείμενα εργασίας του προγράμματος Argus ONE. Μπορούν να απεικονηθούν ως φύλλα διαφάνειας, όπου καταγράφονται τα δεδομένα του προβλήματος. Τα διαφορετικά είδη πληροφοριών καταγράφονται σε διαφορετικούς «τύπους» στρώματων. Τα στρώματα πληροφοριών χρησιμοποιούνται στον συνδυασμό των μεταβλητών με τα πλέγματα. Σε αυτό τον τύπο στρώματος γίνεται ο καθορισμός πολλών μεταβλητών όπως η υδραυλική αγωγιμότητα. Τα στρώματα «χαρτών» χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή των ψηφιακών χαρτών καθώς επίσης και για την δημιουργία και εξαγωγή γραφικών παραστάσεων. Τα στρώματα «δεδομένων» χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή αποτελεσμάτων που παράγονται από την επεξεργασία των δεδομένων στο μοντέλο. Το αρχείο που περιέχει όλες τις πληροφορίες που ο χρήστης έχει προσθέσει ή διαγράψει καλείται Argus Project και έχει επέκταση .mtmb. το πρόγραμμα δημιουργεί ένα απλό περιβάλλον με επτά layers: το πεδίο ορισμού (Domain Outline), την πυκνότητα (Density), τα (TriMesh) και (QuadMesh), το πλέγμα (Grid), τα δεδομένα (Data) και τους χάρτες (Maps). Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το Argus ως περιβάλλον για την μοντελοποίηση της κίνησης των υπόγειων υδάτων με τον κώδικα PTC, πρέπει να τροποποιηθεί αυτή η δομή των layers. Αυτό γίνεται με την χρήση του PTC Graphical User Interface. (José-Luis Olivares «Argus ONE-PTC interface, v.2.2, User's guide»)

3.2 Ο κώδικας μεταφορών Princeton (PTC)

Ο κώδικας μεταφορών Princeton (PTC), είναι ένας προσομοιωτής τρισδιάστατης ροής υπόγειου νερού και μεταφοράς ρυπαντών. Για τη δημιουργία ενός αρχείου Argus, συγκεκριμένα για μοντελοποίηση με την χρήση του κώδικα PTC πρέπει να γίνει η επιλογή «New PTC Project» στο μενού «PIEs». Κατά την δημιουργία ενός αρχείου PTC δημιουργούνται τα ακόλουθα layers:

PTC Domain Outline: Αυτό το στρώμα χρησιμοποιείται για να καθορίσει την περιοχή που διαμορφώνεται. Είναι η γραφική αντιπροσώπευση του επιπέδου της επιφάνειας που μελετάται. Γενικά, είναι ένα κλειστό πολύγωνο το οποίο προσεγγίζει τον πραγματικό χάρτη της περιοχής μελέτης.

PTC Mesh Density: Η πυκνότητα ως μεταβλητή χρησιμοποιείται για να καθορίσει τον επιθυμητό μέσο όρο στις πλευρές των στοιχείων του πλέγματος όταν αυτό παράγεται αυτόματα από το πρόγραμμα.

PTC Mesh: χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει ένα πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων τριγωνικό ή τετραγωνικό, σύμφωνα με την επιλογή που γίνεται από τον χρήστη.

PTC Data: χρησιμοποιείται για να εισαγάγει στοιχεία από τα εξωτερικά προγράμματα μέσα στο Argus ONE.

Maps: χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των ψηφιακών χαρτών.

PTC Output Graphs: χρησιμοποιείται για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων με στοιχεία από το layer PTC Data, με δεδομένα για τα υδραυλικά ύψη και τις συγκεντρώσεις των ρύπων.

Rain: χρησιμοποιείται για να καθορίσει τη διήθηση της βροχής στο ανώτερο στρώμα.

Bottom Elevation: χρησιμοποιείται για να καθορίσει τα υψόμετρα στο κατώτατο στρώμα.

Elevation L1: χρησιμοποιείται για να καθορίσει τα υψόμετρα του στο layer L1.

Conductivity L1: χρησιμοποιείται για να καθορίσει τις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας στους τρεις άξονες στο layer L1.

Initial Heads L1: οι αρχικές συνθήκες για τα υδραυλικά ύψη στο layer L1.

Storativity L1: η αποθηκευτικότητα στο layer L1.

BC Flow L1: οι οριακές συνθήκες για τη ροή στο layer L1, για όλες τις περιόδους μελέτης.

Dispersivity L1: η διασπορά στους τρεις άξονες στο layer L1.

Porosity L1: το πορώδες στο layer L1.

Adsorption L1: η προσρόφηση στο layer L1.

Initial Concentrations L1: οι αρχικές συνθήκες για την μεταφορά (συγκεντρώσεις) στο layer L1.

BC Transport L1: οι οριακές συνθήκες για την μεταφορά (συγκεντρώσεις) στο layer L1, για όλες τις περιόδους μελέτης.

BC Leakage L1: οι οριακές συνθήκες για τη διαρροή στο layer L1.

PTC xvelocities: Χρησιμοποιείται για να εισαγάγει τη συνιστώσα V_x της ταχύτητας V που δίνεται από το πρόγραμμα για επεξεργασία.

PTC yvelocities: Χρησιμοποιείται για να εισαγάγει τη συνιστώσα V_y της ταχύτητας V που δίνεται από το πρόγραμμα για επεξεργασία.

(José-Luis Olivares «Argus ONE-PTC interface, v.2.2, User's guide»)

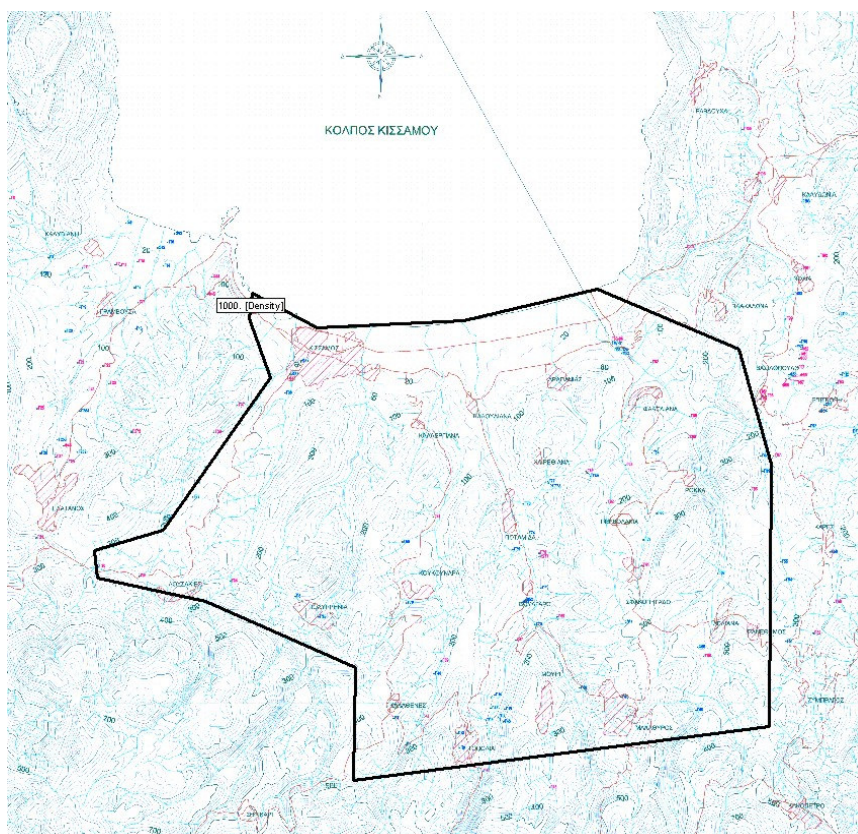
3.3 Στάδια εφαρμογής του προγράμματος PTC

Η κατασκευή του μοντέλου με την χρήση του κώδικα PTC, περιλαμβάνει μία σειρά καθορισμένων βημάτων, που αναλύονται παρακάτω:

3.3.1 Επιλογή της περιοχής

Αρχικά ως περιοχή μελέτης είχε επιλεγεί η ευρύτερη περιοχή του κόλπου Κισσάμου, με τους δήμους Κισσάμου και Μηθύμνης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3,1. Βόρεια, το όριο της περιοχής είναι ο κόλπος Κισσάμου από την πόλη του Καστελίου μέχρι περίπου τις πηγές Κωλένι. Δυτικά, η περιοχή εκτείνεται μέχρι τους υδρογεωλογικούς σχηματισμούς των καρστικών ενοτήτων Κισσάμου και Πλατάνου (Χάρτης 1.3), μέχρι περίπου τα χωριά Λουσακιάς και Πολυρρηγία. Νότια, φτάνει μέχρι την καρστική ενότητα Μηθύμνης – Κωλένι (Χάρτης 1.3), στην περιοχή των χωριών Τοπόλια και Μαλάθυρος. Τέλος, ανατολικά όρια της περιοχής είναι η υδροφορία νεογενών και προσχωματικών αποθέσεων Κολυμβαρίου (χάρτης 1.3), μέχρι δηλαδή τα χωριά Πανέθημος και Βασιλοπούλα.

Η περιοχή έχει επιφάνεια περίπου 80 τετραγωνικά χιλιόμετρα και υπάρχουν δεδομένα για 28 γεωτρήσεις σε διάφορα σημεία της. Με μία πρώτη παρατήρηση στα αρχικά υδραυλικά ύψη ήταν φανερό ότι η περιοχή παρουσίαζε πολυσύνθετη υπόγεια υδρολογία. Το υδραυλικό ύψος εμφάνιζε σημαντικές διαφορές στις τιμές για παραπλήσια σημεία, δημιουργώντας προβληματισμό για την πορεία που ακολουθεί το υπόγειο νερό. Αυτό αποδόθηκε στην έντονη καρστικοποίηση της περιοχής, καθώς τα τεκτονικά ρήγματα λειτουργούν ως κανάλια, είτε απορροφώντας το υπόγειο νερό και οδηγώντας το κατ' ευθείαν στη θάλασσα, είτε αναβλύζοντας νερό και διοχετεύοντάς το σε διπλανές περιοχές.



Σχήμα 3.1 Αρχική περιοχή μελέτης

Κατά τη βαθμονόμηση του μοντέλου τα αρχικά αποτελέσματα του μοντέλου παρουσίασαν σημαντικές διαφορές από εκείνες των μετρήσεων πεδίου.

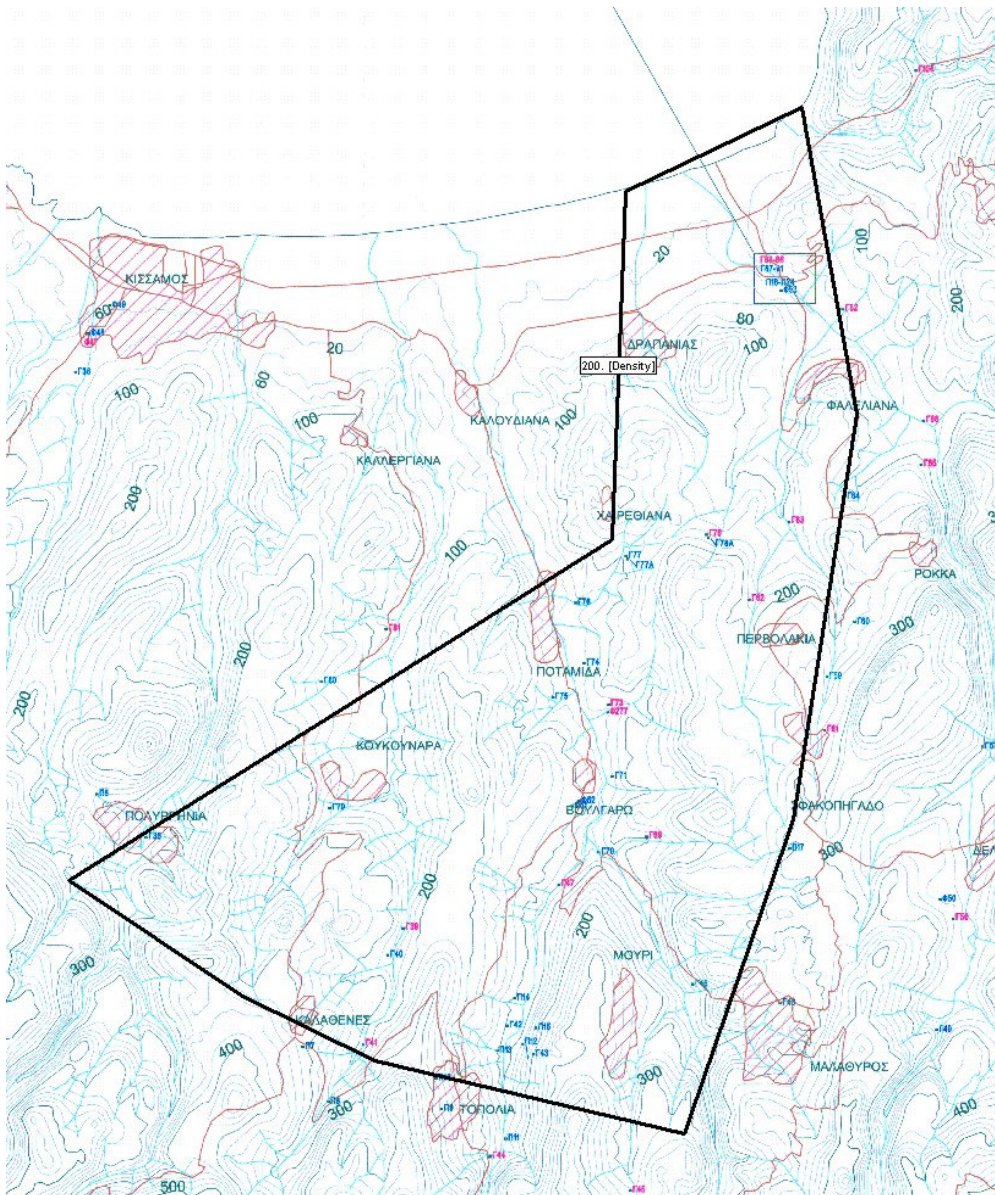
Τα παραπάνω οδήγησαν στην επιλογή μίας υποπεριοχής, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Το κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε για την επιλογή της, είναι να μην παρουσιάζει μεγάλα και εμφανή τεκτονικά ρήγματα.

Η περιοχή επιλογής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2, είναι ένα τμήμα στη δυτική ευρύτερη περιοχή. Από βορά, όριο της περιοχής είναι ο κόλπος Κισσάμου από περίπου τον Δραπανιά ως τις πηγές Κωλένι, σε μία απόσταση περίπου 1,5 με 2 χιλιομέτρων. Ανατολικά και Δυτικά, η περιοχή περιορίζεται από σημαντικά ρήγματα όπως η θέση του προσδιορίστηκε από τον γεωλογικό χάρτη (Χάρτης 1.2). Νότια, η περιοχή φτάνει μέχρι την καρστική ενότητα Μηθύμνης – Κωλένι (Χάρτης 1.3), στην περιοχή των χωριών Τοπόλια και Μαλάθυρος.

Η περιοχή έχει σχήμα πολυγωνικό, καταλαμβάνει έκταση περίπου 28 τετραγωνικών χιλιομέτρων, και υπάρχουν δεδομένα για 20 γεωτρήσεις και 11 πηγές σε διάφορα σημεία της. Το ανάγλυφό της είναι αρκετά έντονο. Ξεκινάει από υψόμετρο μηδέν στην επιφάνεια της θάλασσα και γρήγορα μέσα σε μήκος 8 περίπου χιλιομέτρων, το υψόμετρο φτάνει τα 300 με 400 μέτρα υψόμετρο.

Ο χάρτης που χρησιμοποιείται για τον ορισμό της περιοχής ανήκει στην Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Χανίων της Γενικής Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών

Έργων & Γεωργικών Διαθρώσεων του Υπουργείου Γεωργίας, έχει τίτλο «Χάρτης Απογραφής Σημείων Εμφάνισης Ύδατος» και αριθμό σχεδίου 9.2.



Σχήμα 3.2 Περιοχή μελέτης

Η εισαγωγή του χάρτη στο πρόγραμμα γίνεται σε layer τύπου maps, και με την επιλογή File / Place image. Μετά την εισαγωγή του χάρτη, είναι απαραίτητη η διόρθωση της κλίμακάς του σε κλίμακα 1:1 με τις μονάδες του προγράμματος, η οποία γίνεται με την επιλογή Special / Rotate and Scale. Ο ορισμός της περιοχής μελέτης γίνεται γραφικά στο layer «PTC Domain Outline».

3.3.2 Γενικές παράμετροι μοντέλου

Στο παράθυρο PIES / Edit Project Info / PTC Configuration, δίνεται η δυνατότητα επιλογής διάφορων παραμέτρων αναγκαίων για τη λειτουργία του προγράμματος. Στην επιλογή «General» γίνεται επιλογή του τύπου του πλέγματος που θα χρησιμοποιηθεί (τριγωνικό ή τετραγωνικό), καθορίζεται ο τύπος του υδροφορέα (ελεύθερος ή περιορισμένος), ο αριθμός των οριζόντιων στρωμάτων που ενδεχομένως να χωριστεί η περιοχή μελέτης, καθώς και το κριτήριο σύγκλησης στην τιμή του υδραυλικού ύψους ώστε να θεωρηθεί ότι η κίνηση του υπόγειου νερού γίνεται σε σταθερή ροή. Στην επιλογή «Stresses», γίνεται η επιλογή του αριθμού των περιόδων (χειμώνας – καλοκαίρι) τις οποίες θα εκτελέσει το μοντέλο, ο αριθμός των βημάτων που θα ακολουθήσει για κάθε περίοδο, ο αριθμός των βημάτων που θα παράγει τα αποτελέσματα, καθώς επίσης και οι εργασίες τις οποίες θα εκτελέσει για κάθε περίοδο ελέγχου.

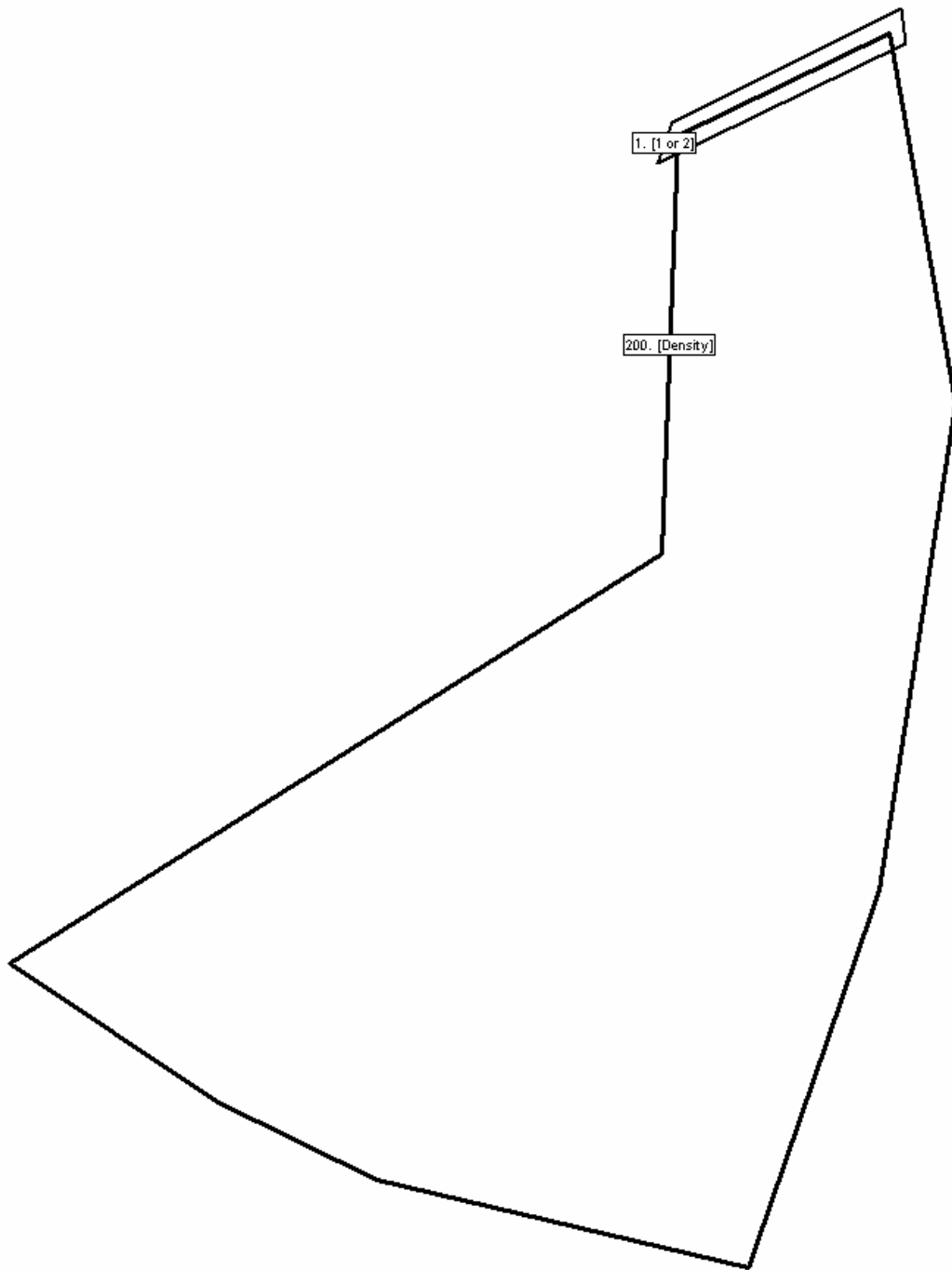
Στην παρούσα μελέτη, ο τύπος πλέγματος που χρησιμοποιείται είναι τριγωνικός, ο υδροφορέας περιορισμένος, η περιοχή χωρίστηκε σε 2 στρώματα και το κριτήριο σύγκλησης είναι 0,10 μέτρα.

3.3.3 Οριακές συνθήκες

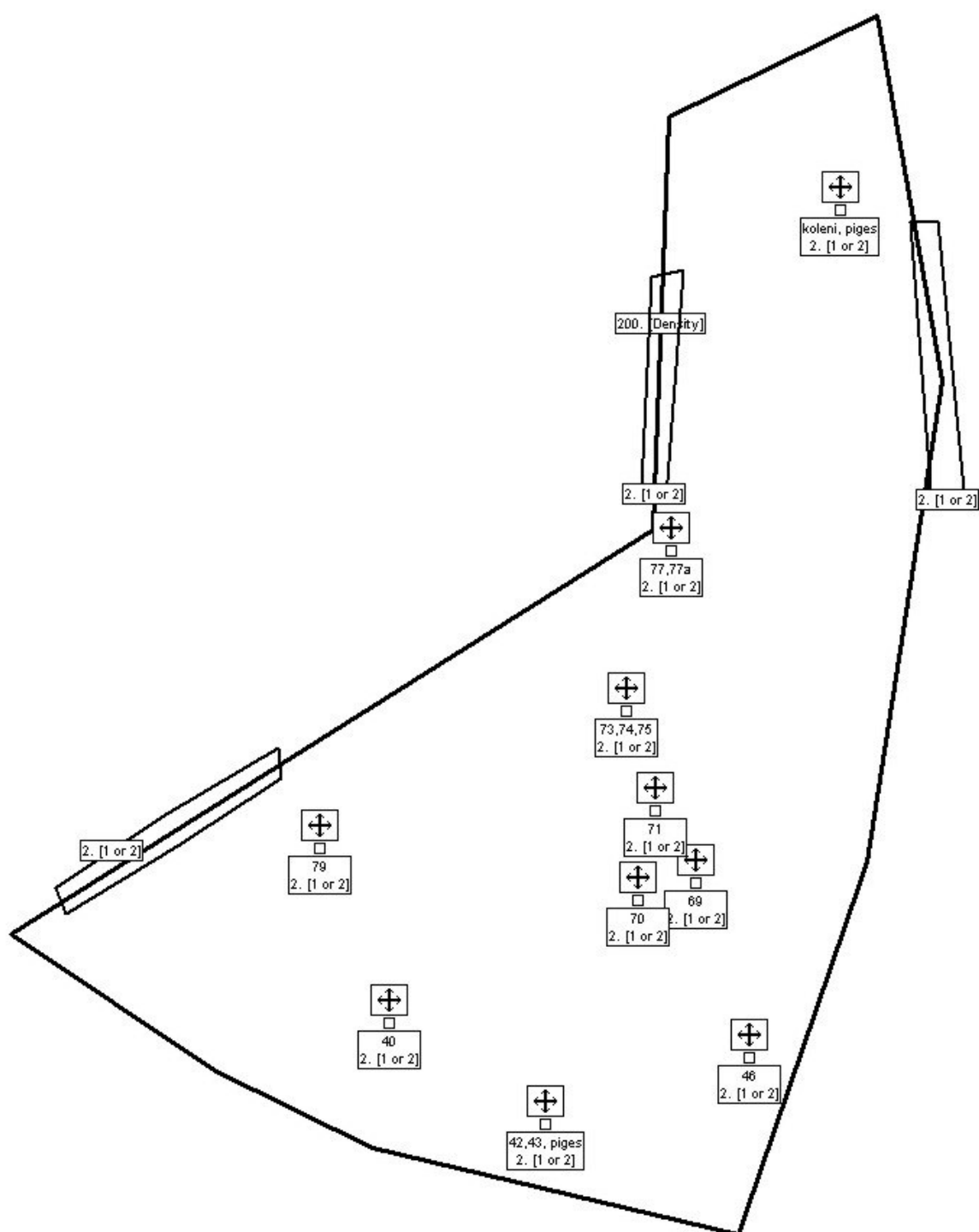
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, από βορά η περιοχή συνορεύει με τον κόλπο Κισσάμου. Η οριακή συνθήκη κατά μήκος της ακτογραμμής είναι πρώτου τύπου (σταθερό υδραυλικό ύψος) με τιμή του υδραυλικού ύψους ίση με μηδέν (Σχήμα 3.3). Στην παρούσα μελέτη αυτή αυξήθηκε κατά 50 μέτρα, που αντιπροσωπεύει το βάθος του υδροφορέα κατά μήκος της ακτογραμμής.

Τα δεδομένα για τις υπόλοιπες συνοριακές συνθήκες προέκυψαν με τη βοήθεια του υδρογεωλογικού χάρτη της περιοχής (Χάρτης 1.3), όπου φαίνεται η γενικευμένη κίνηση του υπόγειου νερού. Από τον χάρτη αυτό προέκυψαν οι συνοριακές επιφάνειες από τις οποίες εκτιμάται ότι υπάρχει είσοδος υπόγειου νερού. Αυτές είναι ανατολικά και δυτικά τις περιοχής, κοντά στις πηγές Κωλένι όπου συγκεντρώνεται το υπόγειο νερό από διπλανές περιοχές, νότια-δυτικά της περιοχής όπου υπάρχει πάλι εισροή υπόγειου νερού σε μικρότερο αυτή τη φορά βαθμό, καθώς και εισροές υπόγειου νερού σε μικρή επιφάνεια νότια και ανατολικά από ζώνες νεογενών αποθέσεων με αξιόλογη υδροφορία. Αυτές οι τελευταίες εισροές νότια και ανατολικά έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα ως συνοριακές συνθήκες τρίτου τύπου, με δεδομένες τιμές υδραυλικού ύψους από γεωτρήσεις έξω από την περιοχή μελέτης (Σχήμα 3.5). Οι υπόλοιπες εισροές, λόγω έλλειψης επαρκών στοιχείων εισήχθησαν ως δεύτερου τύπου, ως δηλαδή εισροές σταθερής

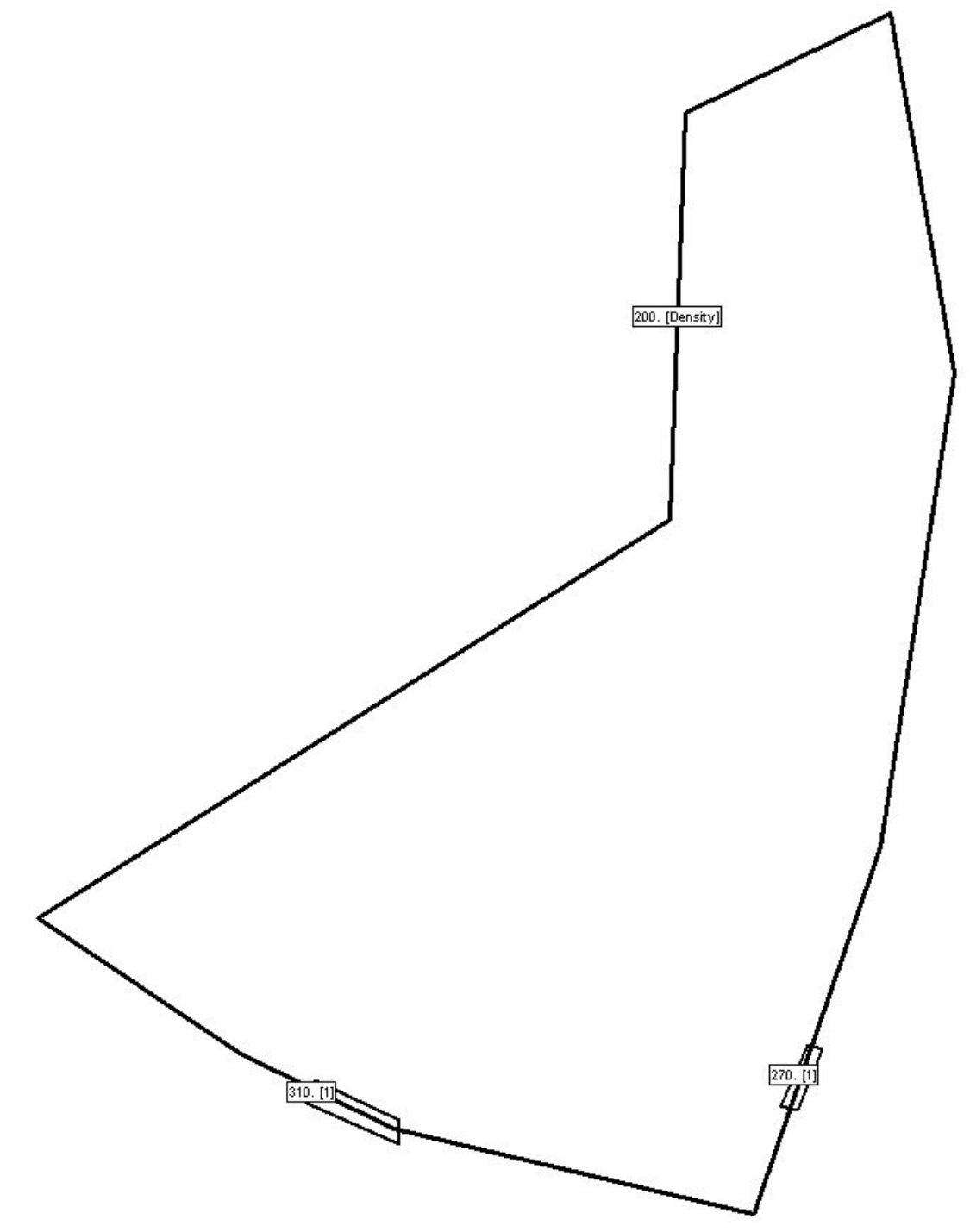
παροχής, με τιμή παροχής που εκτιμήθηκε συνυπολογίζοντας τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Σε αυτό τον τύπο ανήκουν και οι παροχές άντλησης από τις γεωτρήσεις και τις πηγές στην περιοχή (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.3 Οριακή συνθήκη 1^{ου} είδους



Σχήμα 3.4 Οριακές συνθήκες 2^{ου} είδους



Σχήμα 3.5 Οριακές συνθήκες 3^{ου} είδους

3.3.4 Παράμετροι εξισώσεων

Στη συνέχεια, εισάγονται οι απαιτούμενοι παράγοντες για την επίλυση των εξισώσεων. Αυτές είναι η υδραυλική αγωγιμότητα στις τρεις διευθύνσεις του χώρου, το πορώδες, η διήθηση, ο συντελεστής αποθηκευτικότητας καθώς και οι συντελεστές διασποράς στις τρεις διευθύνσεις του χώρου για την περίπτωση υπολογισμού των συγκεντρώσεων.

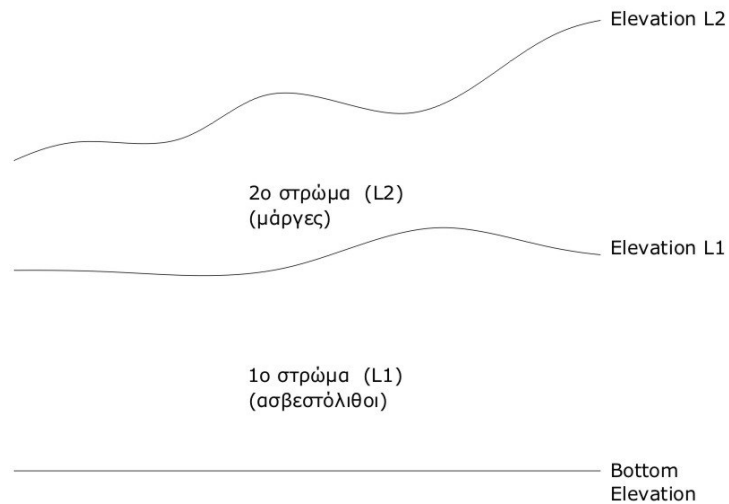
Όσον αφορά στο πορώδες, τον συντελεστή αποθηκευτικότητας και τους συντελεστές διασποράς, χρησιμοποιήθηκαν οι προκαθορισμένες τιμές του μοντέλου.

Η διήθηση εισάγεται στο μοντέλο με διαφορετικές τιμές για τη θερινή και τη χειμερινή περίοδο μελέτης. Η τιμή της διήθησης εκτιμήθηκε ως το 20% της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης για την κάθε περίοδο σύμφωνα με τα δεδομένα του βροχομετρικού σταθμού Δραπανιά. Η εισαγωγή της γίνεται στο layer «Rain».

Υδραυλική αγωγιμότητα:

Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 1.3, η γεωλογία της περιοχής είναι σύνθετη και παρατηρούνται γεωλογικοί σχηματισμοί πολύ διαφορετικών χαρακτηριστικών και ηλικίας. Πάραυτα, σαν γενική παρατήρηση, η περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί και να διαχωριστεί σε 3 στρώματα ανάλογα με την γεωλογία τους. Το βαθύτερο και το ανώτατο στρώμα αποτελούνται κυρίως από μάρμες, ενώ εκείνο ενδιάμεσά τους από διάφορους τύπους ασβεστόλιθου. Ο υπό μελέτη υδροφορέας βρίσκεται στο στρώμα του ασβεστόλιθου, και λόγω της πολύ μικρής υδραυλικής αγωγιμότητας των μαργών, θεωρείται περιορισμένος. Η θεωρία αυτή επιβεβαιώνεται και από την ύπαρξη πηγών στην περιοχή, οι οποίες αναβλύζουν το νερό υπό πίεση.

Στο μοντέλο δόθηκαν δεδομένα για τα δύο ανώτερα στρώματα, με αρίθμηση από κάτω (το στρώμα ασβεστόλιθου) προς τα πάνω (των μαργών). Το πάχος και των δύο στρωμάτων είναι μεταβλητό. Το στρώμα ασβεστόλιθου (L1), έχει σαν πυθμένα το επίπεδο αναφοράς (Bottom Elevation), δηλαδή το μηδέν. Το ανώτατο όριο του προσδιορίζεται στο layer «Elevation L1», και εκτιμάται από τα δεδομένα των γεωλογικών τομών (καρότα) των γεωτρήσεων της περιοχής. Το στρώμα των μαργών (L2), έχει σαν πυθμένα το ανώτατο όριο του στρώματος των ασβεστόλιθων. Το ανώτατο όριο του είναι η επιφάνεια του εδάφους η οποία προσδιορίζεται στο layer «Elevation L2», όπου έχουν σχεδιαστεί οι τοπογραφικές ισοϋψείς (Σχήμα 3.6).



Σχήμα 3.6 Διαστρωμάτωση της περιοχής μελέτης

Για το στρώμα των ασβεστόλιθων (L1), η υδραυλική αγωγιμότητα δίνεται στο layer «Conductivity L1», ενώ για το στρώμα των μαργών στο layer «Conductivity L2». Για κάθε στρώμα ορίζεται η υδραυλική αγωγιμότητα στις τρεις διευθύνσεις. Η υδραυλική αγωγιμότητα έχει την ίδια τιμή στις διευθύνσεις x και y, ενώ στη διεύθυνση z η τιμή της είναι το 10% των αντίστοιχων τιμών στις άλλες δύο. Επειδή ο διαχωρισμός σε δύο στρώματα δεν είναι λεπτομερής, σε πολλά σημεία της περιοχής εμφανίζονται γεωλογικοί σχηματισμοί διαφορετικοί από μάργες ή ασβεστόλιθους, η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας σε κάθε στρώμα διαφοροποιείται από σημείο σε σημείο. Οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας δίνονται βάσει βιβλιογραφίας.

Στο στρώμα των ασβεστόλιθων, στο κέντρο περίπου της περιοχής και δυτικά, παρατηρείται ότι σε μεγάλη έκταση η τιμή του υδραυλικού ύψους είναι σχεδόν ίδια, γεγονός που οδηγεί στην υπόθεση ότι υπάρχει ανάπτυξη καρστικής υδροφορίας σε αυτή τη θέση. Η προσομοίωσή της δίνεται με ορισμό εξαιρετικά μεγάλης τιμής της υδραυλικής αγωγιμότητας στις θέσεις αυτές.

3.3.5 Αρχικές συνθήκες

Για να γίνει η επίλυση των εξισώσεων, το μοντέλο χρειάζεται κάποιες αρχικές τιμές των μεταβλητών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η μεταβλητή είναι το υδραυλικό ύψος και οι αρχικές τιμές του είναι οι δεδομένες από τις γεωτρήσεις τιμές στα σημεία γεωτρήσεων τον Οκτώβριο 1998.

Τα δελτία απογραφής των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν βρίσκονται στο Παράρτημα Β, και αποτελούν μέρος των γεωτρήσεων της Υδρογεωλογικής Μελέτης Κάμπου Χανίων, Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση

3.3.6 Δημιουργία κανάβου

Η δημιουργία του κανάβου γίνεται με ενεργό το layer «PTC Mesh», και αφού επιβεβαιωθεί ότι στο layer «PTC Domain Outline» έχει γίνει η μεταφορά των σημείων των γεωτρήσεων και έχει επιλεγεί η επιθυμητή πυκνότητα για το πλέγμα. Έχει ήδη επιλεγεί ότι το πλέγμα θα έχει τριγωνικά στοιχεία. Στα σημεία των γεωτρήσεων παρατηρείται ότι ο κανάβος είναι πιο πυκνός, για καλύτερη προσέγγιση του διαφορικού και συνεπώς πιο σωστά αποτελέσματα.

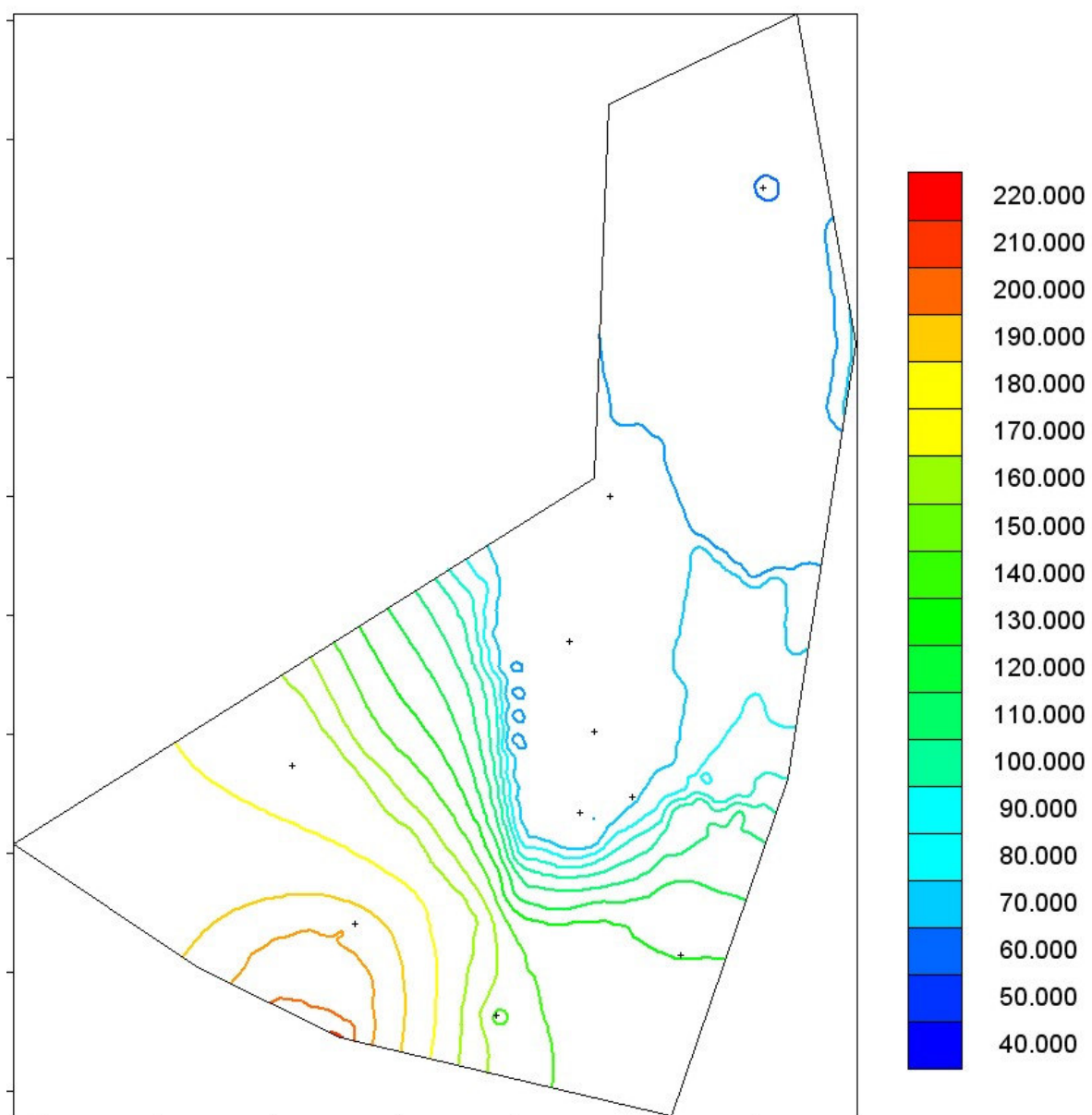
3.3.7 Εκτέλεση του προγράμματος και βαθμονόμηση του μοντέλου

Η εκτέλεση του προγράμματος γίνεται από το μενού PIES επιλέγοντας την εντολή «Run PTC». Εκεί καθορίζεται και ο φάκελος στον οποίο θα εξαχθούν τα αποτελέσματα.

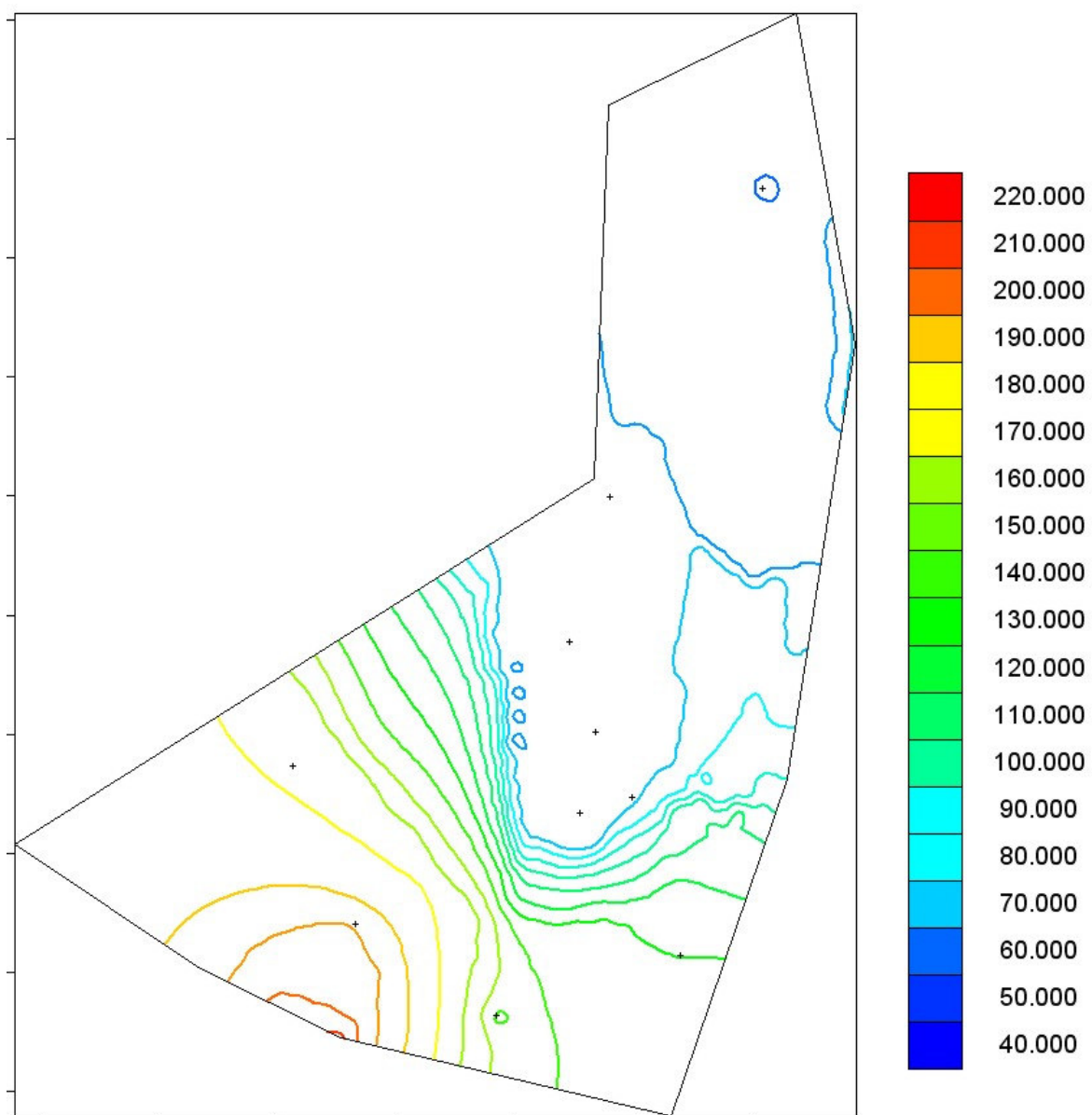
Η βαθμονόμηση του μοντέλου πραγματοποιείται συγκρίνοντας τις γνωστές από το πεδίο τιμές που είχε το υδραυλικό ύψος για τον Οκτώβριο 1999 και τον Απρίλιο 2000, με τα αποτελέσματα του μοντέλου στις ίδιες χρονικές περιόδους. Στα σχήματα 3.7 και 3.9 φαίνονται οι πιεζομετρικές καμπύλες σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου για τον Οκτώβριο 1999 και τον Απρίλιο 2000 αντίστοιχα, και στα Σχήματα 3.8 και 3.10 τα αποτελέσματα του μοντέλου για τις ίδιες χρονικές περιόδους.

Κατά τη βαθμονόμηση του μοντέλου, οι κύριοι παράμετροι που μεταβλήθηκαν ήταν η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας, καθώς και οι συνοριακές συνθήκες δεύτερου είδους, παράγοντες δηλαδή που είχαν μεγάλη αβεβαιότητα.

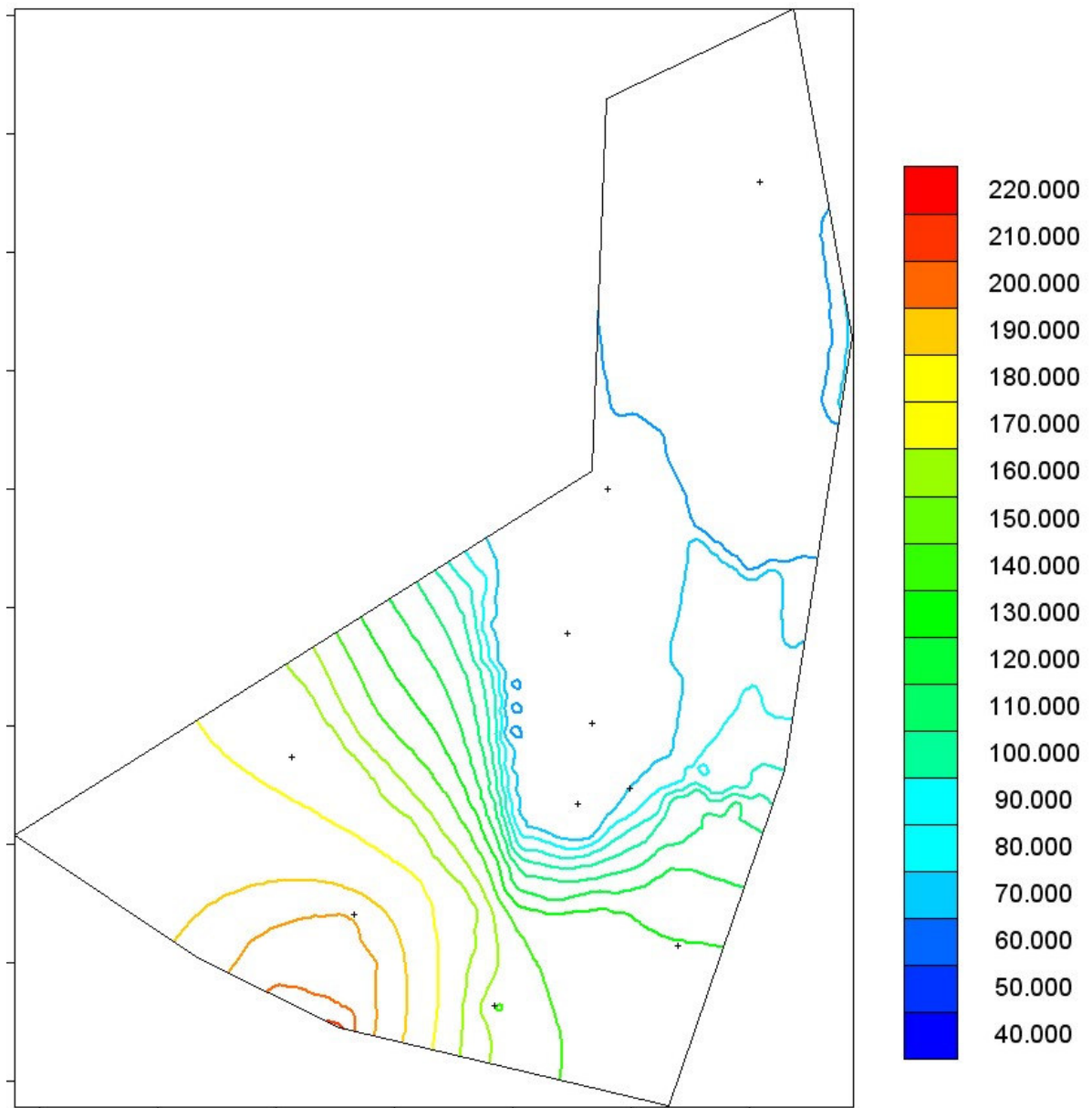
Μετά τη βαθμονόμηση, επιτεύχθηκε αρκετά καλή προσέγγιση των αποτελεσμάτων στο μεγαλύτερο μέρος των γεωτρήσεων.



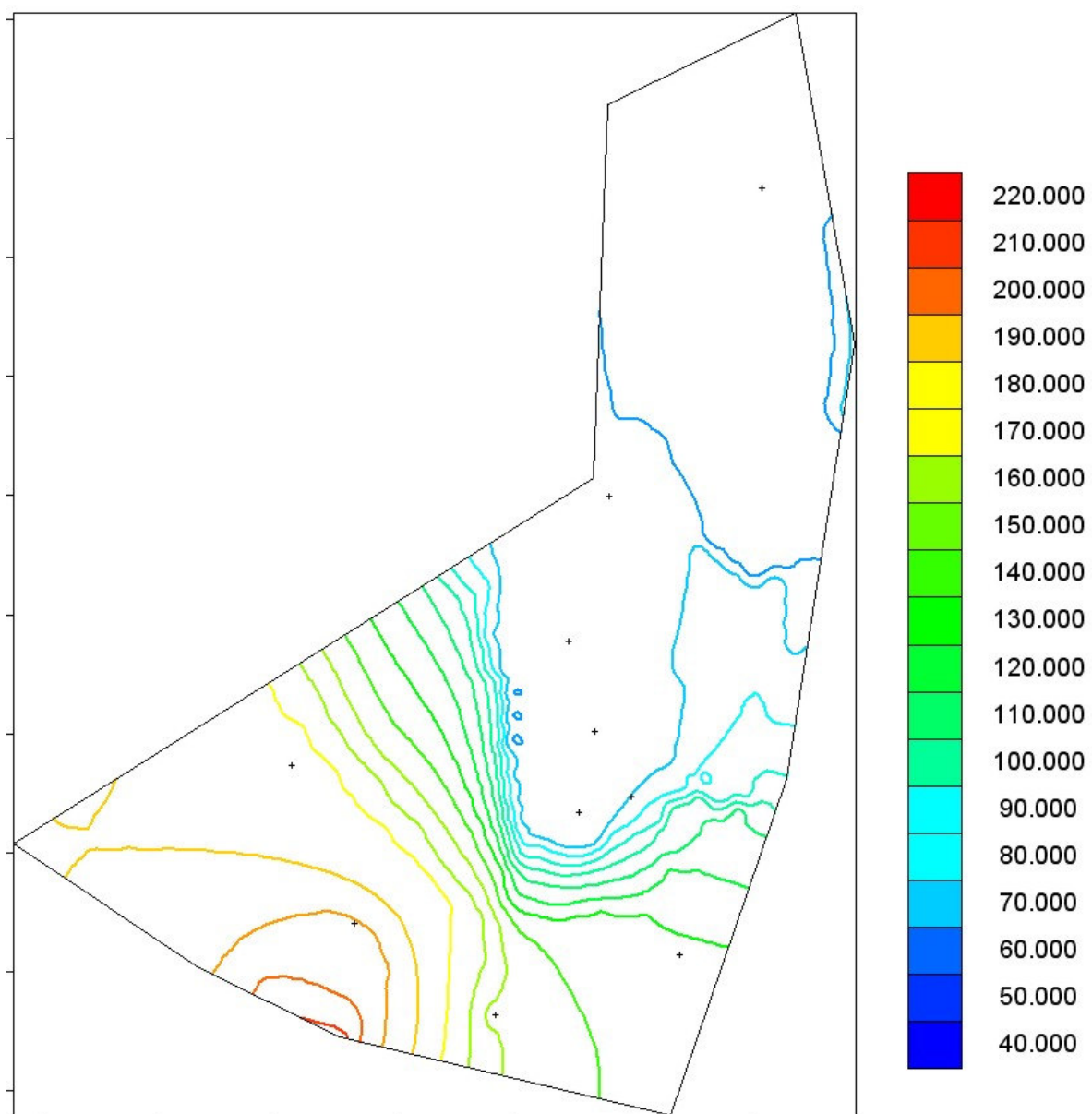
Σχήμα 3.7 Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 1999 (τιμές πεδίου)



Σχήμα 3.8 Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 1999 (τιμές μοντέλου)



Σχήμα 3.9 Πιεζομετρικός χάρτης Απριλίου 2000 (τιμές πεδίου)



Σχήμα 3.10 Πιεζομετρικός χάρτης Απριλίου 2000 (τιμές μοντέλου)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

4.1 Εκτίμηση παρούσας και πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης

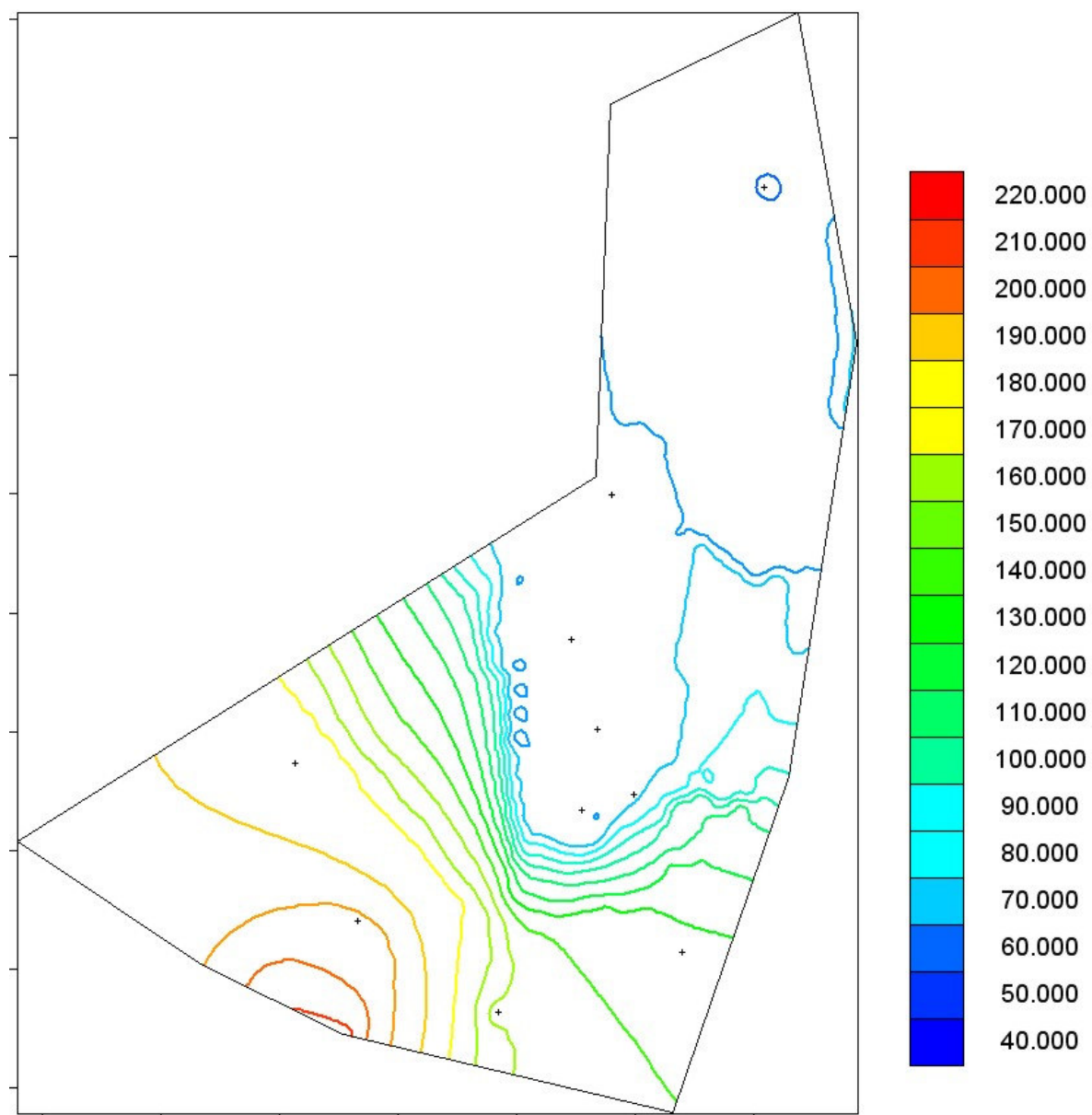
Με βάση τις δεδομένες συνθήκες άντλησης, έγινε η εκτίμηση της τιμής του υδραυλικού ύψους για τον Οκτώβριο 2004. Στη συνέχεια έγινε η αντίστοιχη πρόβλεψη για χρονική διάρκεια δέκα (10) επιπλέον ετών, έτσι ώστε να εξεταστεί η μελλοντική κατάσταση του υδροφορέα.

4.1.1 Εκτίμηση παρούσας κατάστασης (Οκτώβριος 2004)

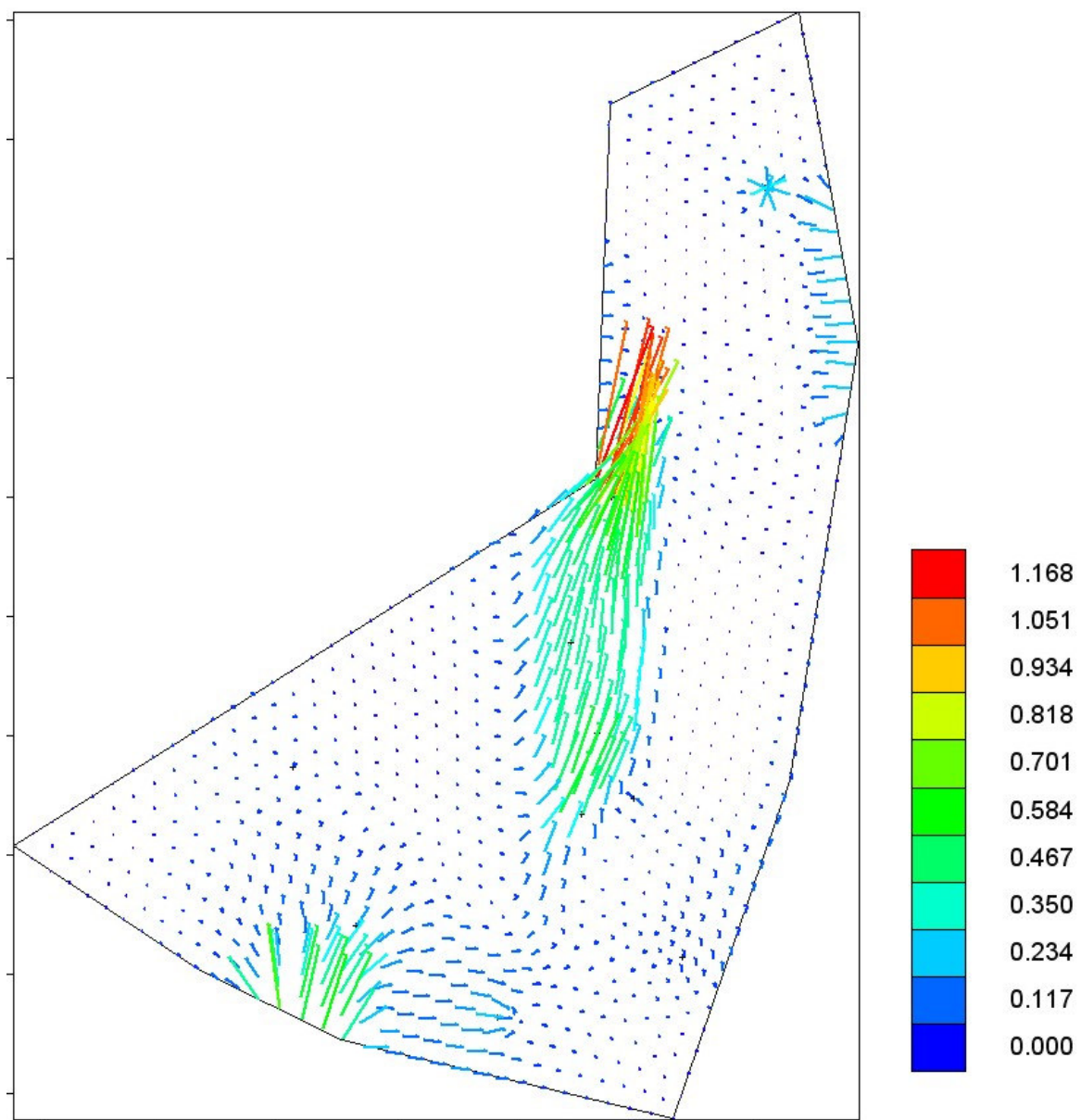
Η προσομοίωση έγινε θεωρώντας δύο περιόδους τάσεων (χειμερινή, θερινή).

Στα σχήματα 4.1 και 4.2 φαίνονται ο πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής, με τα υδραυλικά ύψη (m) τον Οκτώβριο 2004, και οι ταχύτητες ροής την ίδια περίοδο αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι οι τιμές του υδραυλικού ύψους είναι πολύ κοντινές με εκείνες του Οκτωβρίου 2000, και ότι δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή στάθμης στον υπό μελέτη υδροφορέα.

Στο διάγραμμα των ταχυτήτων είναι εμφανής η αυξημένη ταχύτητα ροής του νερού στις θέσεις όπου υπάρχει εισροή υπόγειου νερού και στις περιοχές με μεγάλη τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας.



Σχήμα 4.1 Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2004

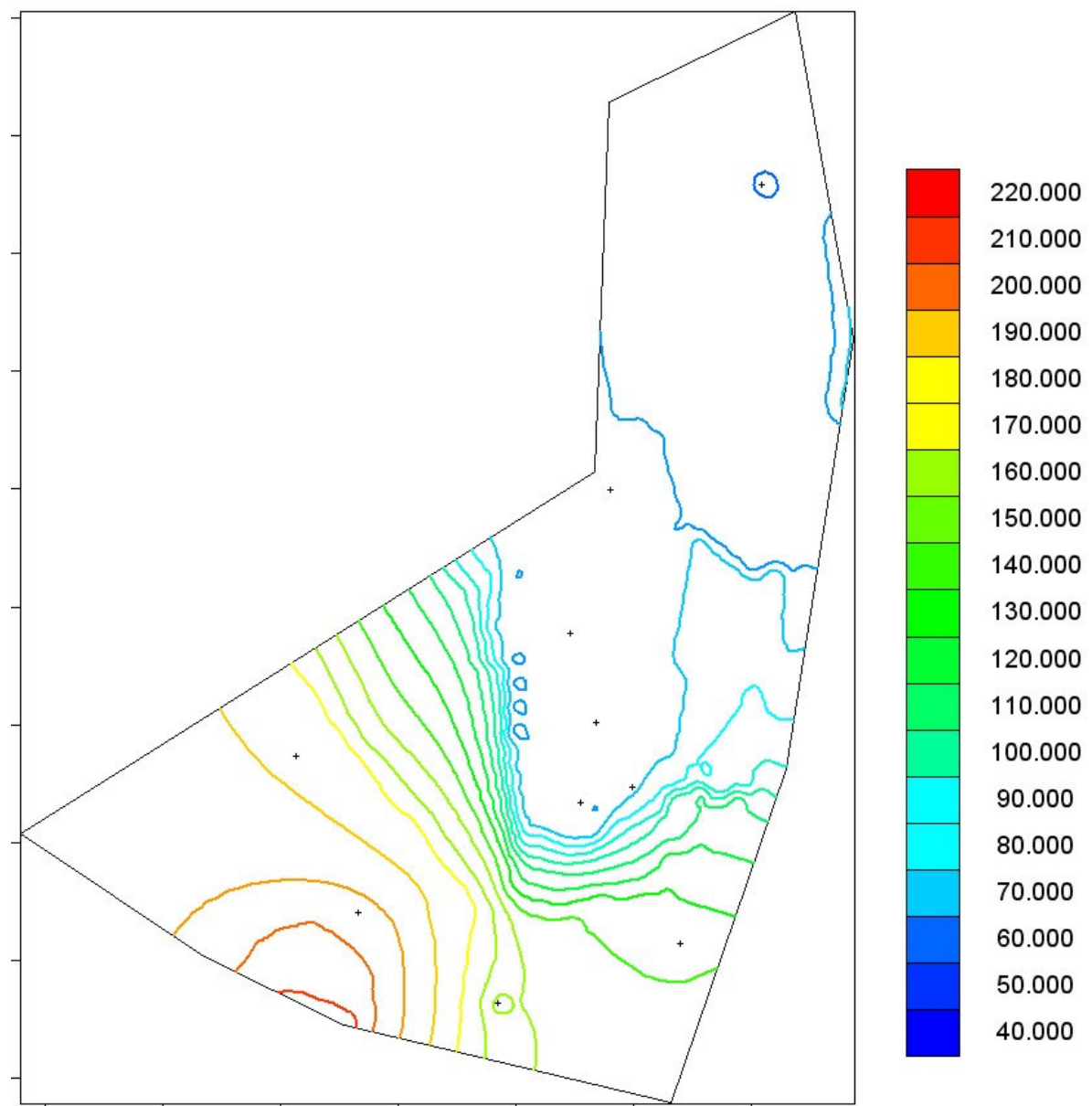


Σχήμα 4.2 Ταχύτητες ροής (m/d) Οκτωβρίου 2004

4.1.2 Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης (Οκτώβριος 2014)

Στο παρόν σενάριο έγινε πρόβλεψη της στάθμης του υδροφορέα σε 10 χρόνια από τώρα, χωρίς αλλαγή στις παροχές άντλησης.

Στο σχήμα 4.3 φαίνεται ο πιεζομετρικός χάρτης τον Οκτώβριο 2014. Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στα υδραυλικά ύψη, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι γίνεται συνετή εκμετάλλευση του υδροφορέα.



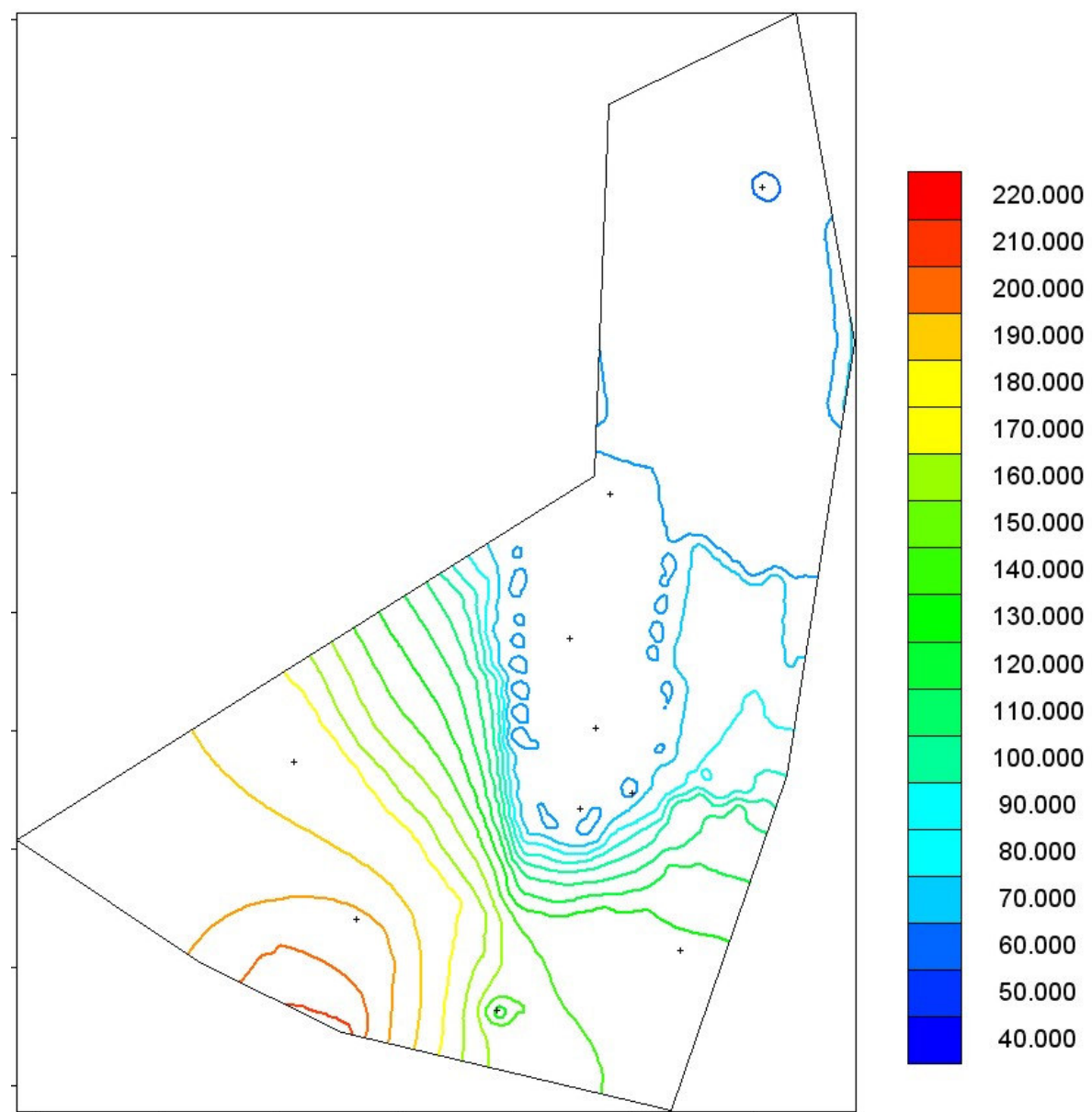
Σχήμα 4.3 Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2014

4.2 Διπλασιασμός παροχών άντλησης

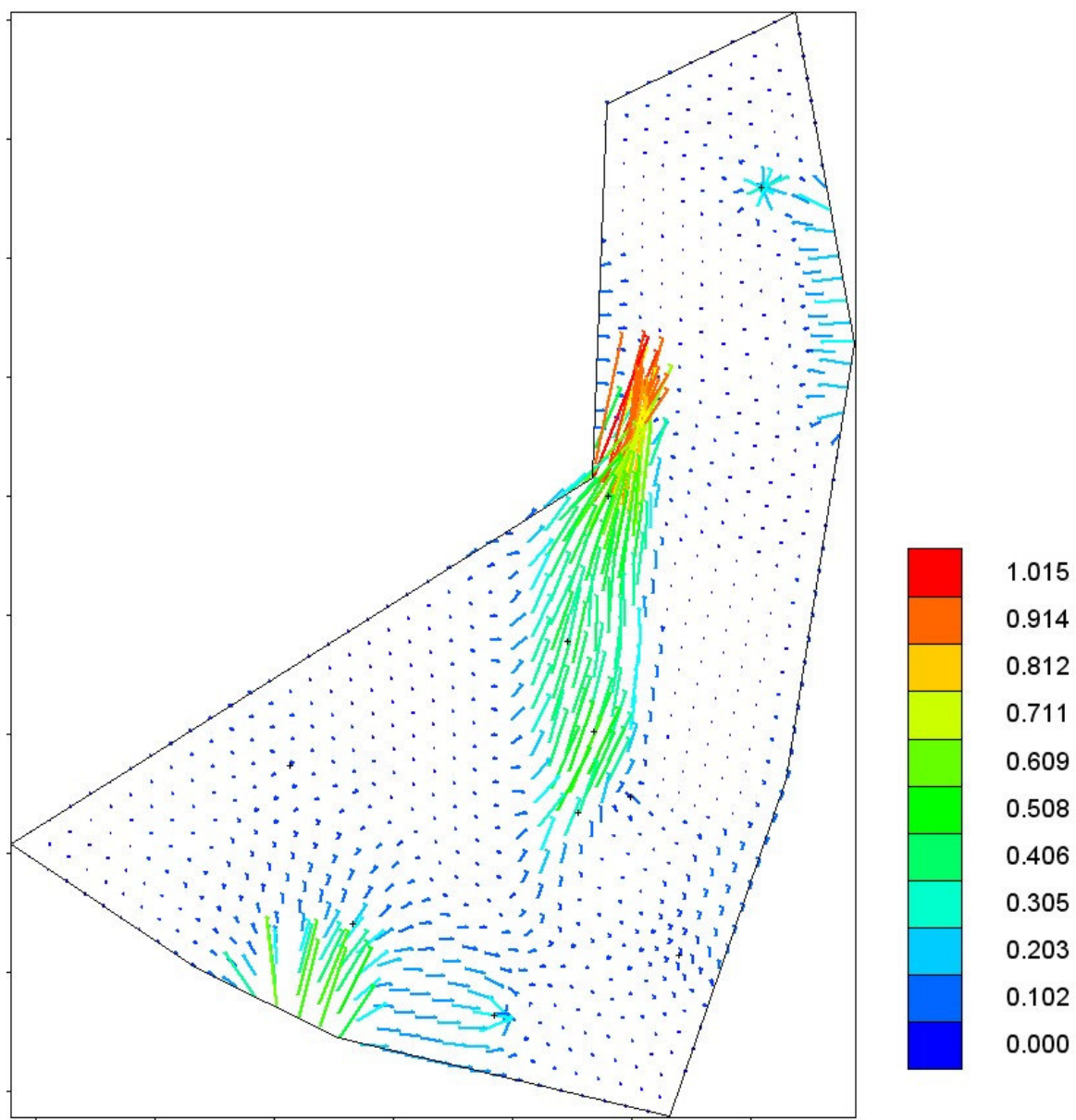
Στο παρόν σενάριο γίνεται εκτίμηση της παρούσας κατάστασης του υδροφορέα (Οκτώβριος 2004) στη περίπτωση του διπλασιασμού των παροχών άντλησης των γεωτρήσεων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ο πιεζομετρικός χάρτης (Σχήμα 4.3) και το διάγραμμα ταχυτήτων (Σχήμα 4.4).

Όσον αφορά στα υδραυλικά ύψη, δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στις τιμές τους. Όσον αφορά όμως στις ταχύτητες, η μείωση της τιμής τους είναι μεγάλη, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο.



Σχήμα 4.3 Πιεζομετρικός χάρτης Οκτωβρίου 2004 (διπλασιασμός παροχών άντλησης)



Σχήμα 4.4 Ταχύτητες ροής (m/d) Οκτωβρίου 2004 (διπλασιασμός παροχών άντλησης)

4.3 Εισαγωγή ρύπου

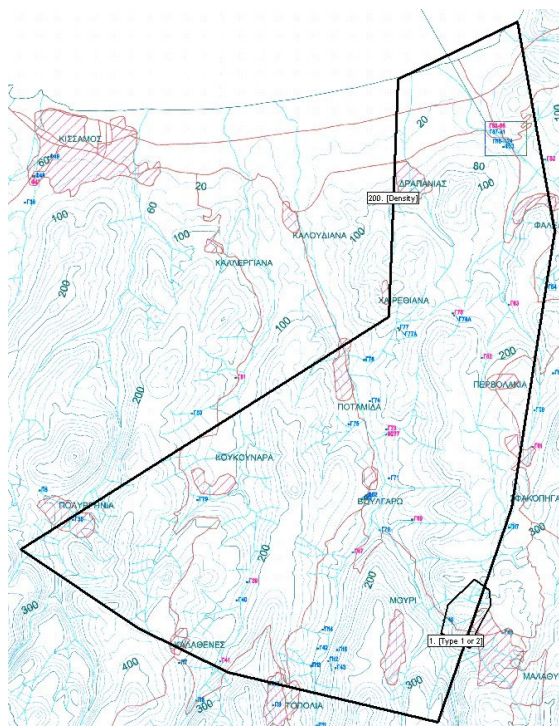
Στο παρόν σενάριο γίνεται θεώρηση ότι μία ποσότητα ρύπου εισάγεται στο υδραυλικό σύστημα, και μοντελοποιείται η κίνηση του ρυπαντή μέσα σε αυτό. Η εκτίμηση της κατάστασης γίνεται για περίοδο 15 ετών συνεχούς εισαγωγής του ρυπαντή και για 2 πιθανές θέσεις εισαγωγής του.

Η θέση Α βρίσκεται σε νότια-ανατολική θέση στην περιοχή μελέτης, και η επιλογή της έγινε βάσει υδροχημικών στοιχείων από την «Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Χανίων» του Υπουργείου Γεωργίας, τα οποία φανερώνουν αυξημένες τιμές θειικών (43 mg/l) σε γεώτρηση στην περιοχή Μαλάθυρος.

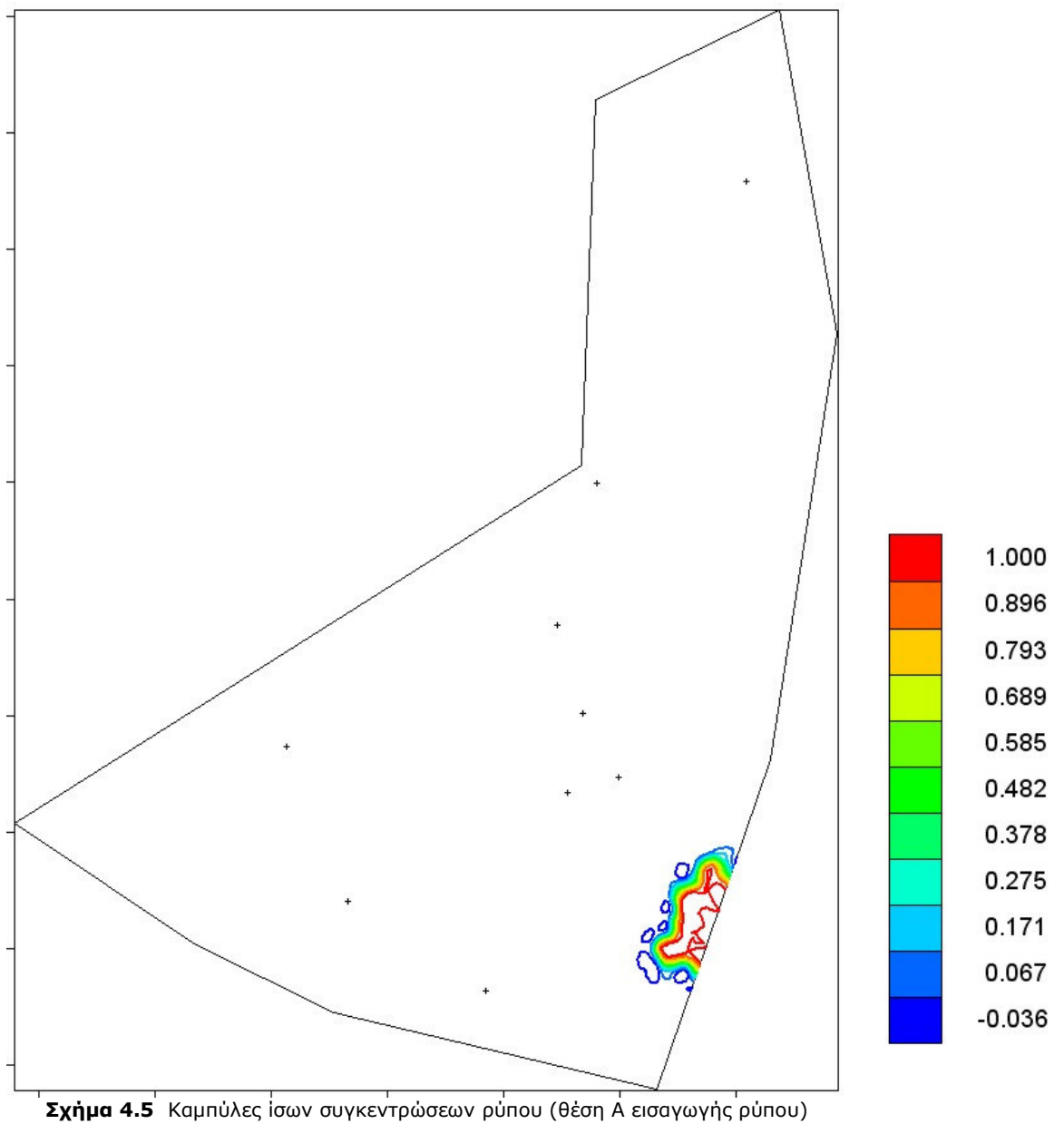
Η θέση Β βρίσκεται νότια της περιοχής μελέτης, στη θέση που γίνεται εισαγωγή μεγάλης ποσότητας νερού στον υδροφορέα και που το υπόγειο νερό εμφανίζει μεγάλες τιμές ταχύτητας.

4.3.1 Εισαγωγή ρύπου στη θέση Α

Στον Χάρτη 4.1 φαίνεται η θέση εισαγωγής του ρύπου. Ακολουθεί το σχήμα 4.5 όπου φαίνονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του ρύπου στην περιοχή μελέτης.



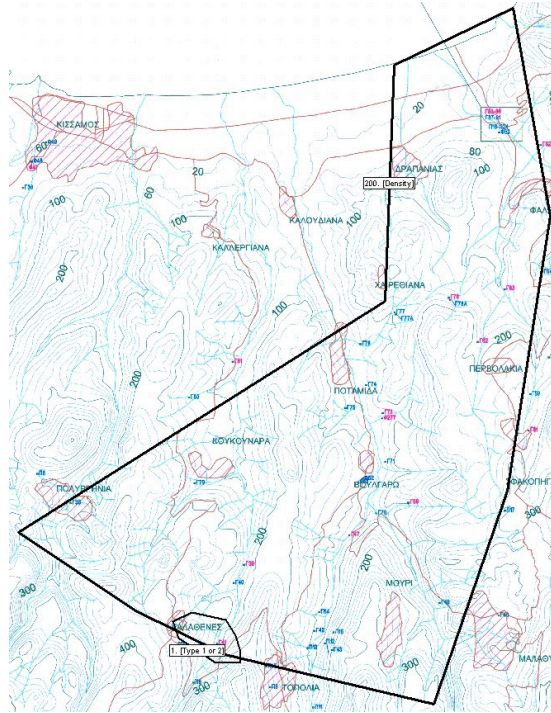
Χάρτης 4.1 Θέση Α εισαγωγής ρύπου



Παρατηρείται ότι μέσα σε χρονική διάρκεια 15 ετών συνεχούς ρύπανσης, ο ρύπος έχει μετακινηθεί μόλις 100 με 200 μέτρα, σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Αυτό είναι αποτέλεσμα των μικρών ταχυτήτων ροής που επικρατούν στην περιοχή.

4.3.2 Εισαγωγή ρύπου στη θέση Β

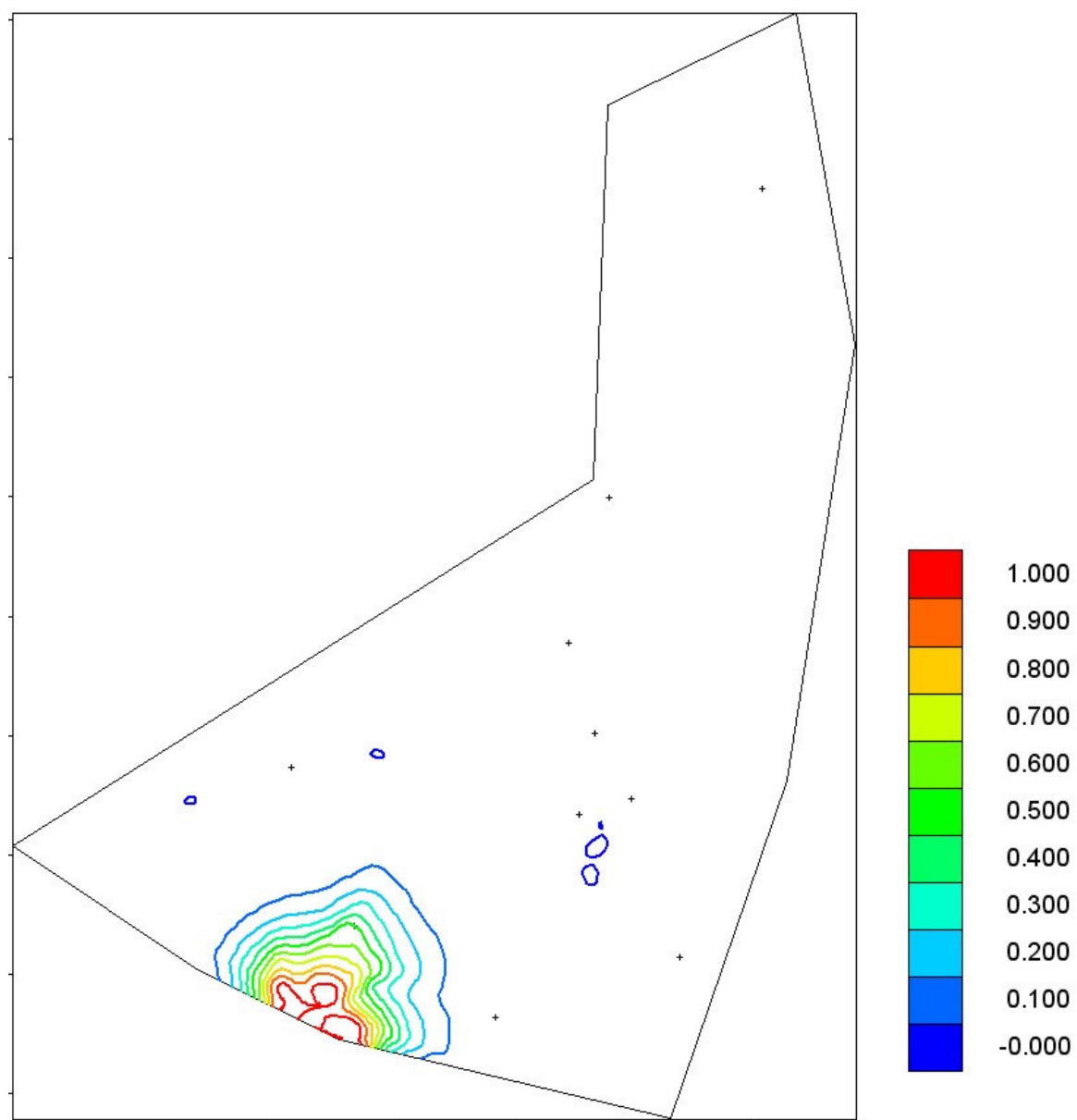
Στον Χάρτη 4.2 φαίνεται η θέση εισαγωγής του ρύπου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η θέση βρίσκεται στο νότιο μέρος της περιοχής, κοντά στο χωριό Καλαθάνες, παρόλα που δεν υπάρχουν υδροχημικά στοιχεία που να ενισχύουν την θεώρηση εισαγωγής ρυπαντή σε αυτή τη θέση.



Χάρτης 4.2 Θέση Β εισαγωγής ρύπου

Στο σχήμα 4.6 φαίνονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του ρύπου στην περιοχή μελέτης. Όπως είναι αναμενόμενο η συγκέντρωση του ρύπου αυξάνεται κοντά στην πηγή του. Παρατηρείται ότι η τιμή του ρύπου σε απόσταση 1Km από τη θέση εισαγωγής του έχει ήδη 10 φορές μικρότερη τιμή, ενώ έχει αφήσει τελείως ανεπηρέαστες περιοχές σε απόσταση μεγαλύτερη των 1,5 με 2Km.

Η εξάπλωση του ρύπου στην περίπτωση Β είναι μεγαλύτερη από ότι στην περίπτωση Α, γεγονός που οφείλεται στις αυξημένες ταχύτητες ροής της περίπτωσης Β.



Σχήμα 4.6 Καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων ρύπου (θέση Β εισαγωγής ρύπου)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατάσταση του υπό εξέταση υπόγειου υδροφορέα κρίνεται καλή.

Ο υδροφορέας δεν κινδυνεύει από υπερεκμετάλλευση και μπορεί να καλύψει πιθανή αύξηση των αναγκών της περιοχής σε νερό. Μετά από έλεγχο για την εκτίμηση της μελλοντικής κατάστασης του υδροφορέα, δεν παρουσιάστηκαν μεγάλες διαφορές από την παρούσα κατάσταση στις πιεζομετρικές του καμπύλες. Ακόμα και μετά από πιθανό διπλασιασμό των αντλήσεων, η πιεζομετρικές καμπύλες παραμένουν σχεδόν ίδιες. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και από την ύπαρξη πηγών σε διάφορα σημεία της περιοχής, που μαρτυρούν την πληθώρα νερού που υπάρχει στον υδροφορέα. Σύμφωνα με το «Χωροταξικό Σχέδιο Περιφέρεια Κρήτης» του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Φεβρουάριος 2000), η περιοχή μελέτης είναι κυρίως γεωργική γη χωρίς να εμφανίζει θέσεις προτεινόμενες για επιπλέον δίκτυο άρδευσης, συνεπώς οι ανάγκες της περιοχής σε νερό δεν προβλέπεται να αυξηθούν άμεσα σε μεγάλο βαθμό. Μεγάλη υδρολογική σημασία για την περιοχή έχει η καρστική υδροφορία που αναπτύσσεται ανάμεσα από τα χωριά Βουλγάρω και Χαιρεθιανά, που καταλαμβάνει έκταση περίπου 1,5 Km² και εξυπηρετεί 7 γεωτρήσεις.

Στην παρούσα κατάσταση ο υδροφορέας δεν παρουσιάζει υφαλμύριση, και δεν προβλέπεται να παρουσιάσει στο μέλλον. Το ίδιο συμπέρασμα έπεται και από την εκτίμηση της κατάστασης του υδροφορέα με διπλασιασμό των αντλήσεων, όπου δεν εμφανίστηκε πρόβλημα υφαλμύρισης. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται με στοιχεία από την «Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Χανίων» του Υπουργείου Γεωργίας, όπου αναφέρεται ότι δεν παρατηρείται υφαλμύριση στην υδροφορία της καρστικής ενότητας Μηθύμνης – Κωλένι.

Όσον αφορά στην ποιότητα του υπόγειου νερού, είναι ιδιαίτερα καλή καθόλη την περιοχή μελέτης, και σε κανένα σημείο δεν εμφανίζονται τιμές συγκεντρώσεων μεγαλύτερες από το επιτρεπτό όριο. Ο υδροφορέας τροφοδοτείται κυρίως από την κατείσδυση των βροχοπτώσεων στις ορεινές περιοχές, όπου δεν λαμβάνουν χώρα ανθρώπινες δραστηριότητες ικανές να οδηγήσουν στη ρύπανσή του. Σε μικρότερο βαθμό ο υδροφορέας τροφοδοτείται από τις διηθήσεις μέρους των απορροών των λεκανών απορροής επιφανειακού νερού κατά τη ροή τους μέσα από καρστικούς σχηματισμούς. Οι απορροές αυτές είναι πιο επικίνδυνες για τη ρύπανση του υπόγειου νερού, αλλά αυτές συμβαίνουν τοπικά και όχι σε μεγάλο βαθμό. Σε γενικές γραμμές ο περιορισμένος υδροφορέας δεν κινδυνεύει σημαντικά από ρυπαντικούς παράγοντες λόγω της προστασίας που του παρέχει το αδιαπέρατο

άνω στρώμα που τον καλύπτει. Οι πιο επικίνδυνες θέσεις ρύπανσης του υδροφορέα είναι οι θέσεις εισόδου του υπόγειου νερού στο υδραυλικό σύστημα. Οι θέσεις αυτές είναι ανατολικά και δυτικά της περιοχής, κοντά στις πηγές Κωλένι όπου συγκεντρώνεται το υπόγειο νερό από διπλανές περιοχές, νότια-δυτικά της περιοχής όπου υπάρχει εισροή υπόγειου νερού σε μικρότερο αυτή τη φορά βαθμό, καθώς και εισροές υπόγειου νερού σε μικρή επιφάνεια νότια και ανατολικά από ζώνες νεογενών αποθέσεων με αξιόλογη υδροφορία.

Βιβλιογραφία

1. Anderson M., Woessner W.W. «Applied Groundwater Modeling», Academic Press 1992
2. Babu D.K., Pinder G.F., Niemi A., Ahlfeld D.P., Stotho S.A. «Chemical Transport by Three-Dimensional Groundwater Flows»
3. Δαλιακόπουλος Ι. «Ανάπτυξη λογισμικού για την πρόβλεψη της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και εφαρμογή στην πεδιάδα της Μεσσαράς», διπλωματική εργασία
4. Kovarik Karel «Numerical Models in Groundwater Pollution», Springer 2000
5. Κουτσογιάννης Δ., και Ξανθόπουλος Θ., «Τεχνική Υδρολογία», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1999
6. Mejias Miguel, Lopez-Geta Juan A., «Instrumentation and Methodology for the Hydraulic Characterization of Fractured Rocks», Instituto Geológico y Minero de España
7. Olivares José-Luis «Argus ONE-PTC interface, v.2.2, User's guide»
8. Pinder George F. «Groundwater Modeling using Geographical Information Systems»
9. Poeter Eileen P., Wingle William W., Edris Earl V., «Utilizing Dizparate Types of Data at a Complex Site to Reduce Uncertainty Associated with Estimated Parameters»
10. Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Αυτοδιοίκησης και Διοίκησης Χανίων, Δήμος Κισσάμου, «Μελέτη αποχέτευσης Κόλπου Κισσάμου»
11. Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών πόρων Κρήτης»
12. Πρόγραμμα Medmont-Maix, «Αξιολόγηση Έργων για Βιώσιμη Ανάπτυξη»
13. Ρόκος Ευάγγελος, Ανδρώνης Βασίλειος, «Ανάπτυξη Γεωγραφικού συστήματος Πληροφοριών για την αξιοποίηση Γεωλογικών, Υδρογεωλογικών και Τηλεπισκοπικών Μεθόδων και Τεχνικών στην Μελέτη των Υπόγειων Νερών της Τεκτονικής Τάφρου Σητείας»
14. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Γεωργικών Διαρθρώσεων, Διεύθυνση Υδρογεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας – Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, «Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων»

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

**(ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΡΑΠΑΝΙΑ,
ΖΥΜΒΡΑΓΟΥ & ΦΑΛΑΣΣΑΡΝΩΝ,
ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΛΙΚΙΑΝΟΥ,
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΔΗΜΩΝ ΚΙΣΣΑΜΟΥ &
ΜΗΘΥΜΝΗΣ,
ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΟΜΕΩΝ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΔΗΜΩΝ ΚΙΣΣΑΜΟΥ & ΜΗΘΥΜΝΗΣ)**

ΔΡΑΠΑΝΙΑΣ

(mm/Μήνα)

| ΕΤΟΣ | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΪ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ | ΣΥΝ |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 1971 | 183 | 303 | 64 | 40 | 13 | 0 | 0 | 0 | 16 | 29 | 95 | 65 | 808 |
| 1972 | 111 | 96 | 130 | 100 | 10 | 0 | 5 | 9 | 6 | 170 | 59 | 125 | 821 |
| 1973 | 192 | 113 | 19 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 148 | 79 | 44 | 643 |
| 1974 | 149 | 105 | 118 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 48 | 174 | 114 | 771 |
| 1975 | 132 | 88 | 26 | 30 | 13 | 5 | 0 | 0 | 2 | 22 | 112 | 101 | 531 |
| 1976 | 170 | 171 | 215 | 40 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 62 | 166 | 93 | 924 |
| 1977 | 69 | 33 | 73 | 37 | 0 | 0 | 9 | 0 | 114 | 39 | 63 | 395 | 832 |
| 1978 | 192 | 114 | 154 | 33 | 3 | 0 | 0 | 0 | 52 | 103 | 65 | 61 | 777 |
| 1979 | 111 | 135 | 93 | 32 | 22 | 45 | 0 | 0 | 0 | 99 | 187 | 129 | 853 |
| 1980 | 146 | 201 | 74 | 39 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 84 | 31 | 207 | 787 |
| 1981 | 530 | 209 | 24 | 23 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 179 | 136 | 1121 |
| 1982 | 87 | 243 | 92 | 65 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 64 | 132 | 740 |
| 1983 | 89 | 117 | 42 | 6 | 5 | 20 | 0 | 29 | 9 | 176 | 148 | 122 | 763 |
| 1984 | 90 | 271 | 71 | 96 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 110 | 133 | 780 |
| 1985 | 259 | 91 | 65 | 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 86 | 67 | 95 | 695 |
| 1986 | 123 | 116 | 34 | 0 | 23 | 10 | 0 | 0 | 137 | 113 | 83 | 197 | 836 |
| 1987 | 181 | 113 | 137 | 151 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 99 | 83 | 786 |
| 1988 | 101 | 93 | 112 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | 112 | 128 | 643 |
| 1989 | 113 | 24 | 132 | 1 | 40 | 0 | 0 | 0 | 4 | 63 | 125 | 15 | 517 |
| 1990 | 33 | 51 | 0 | 33 | 0 | 1 | 0 | 42 | 6 | 11 | 41 | 118 | 336 |
| 1991 | 86 | 51 | 43 | 38 | 41 | 0 | 0 | 0 | 1 | 72 | 40 | 180 | 552 |
| 1992 | 17 | 71 | 75 | 36 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 126 | 381 |
| μ.ο μηνια | 144 | 128 | 82 | 40 | 10 | 4 | 1 | 4 | 19 | 68 | 97 | 127 | 723 |
| μ.ο ημερα | 4,6 | 4,6 | 2,6 | 1,3 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,6 | 2,2 | 3,2 | 4,1 | 2,0 |

Ιστορική χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμού Δραπανιά

ΖΥΜΒΡΑΓΟΥ

(mm/Μήνα)

| ΕΤΟΣ | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΪ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ | ΣΥΝ |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1978 | 239 | 133 | 164 | 56 | 4 | 0 | 0 | 0 | 62 | 128 | 125 | 118 | 1029 |
| 1979 | 153 | 198 | 137 | 46 | 37 | 52 | 0 | 0 | 12 | 147 | 267 | 229 | 1278 |
| 1980 | 200 | 343 | 92 | 30 | 3 | 0 | 0 | 3 | 49 | 95 | 36 | 207 | 1058 |
| 1981 | 685 | 299 | 42 | 19 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 269 | 219 | 1559 |
| 1982 | 136 | 323 | 172 | 79 | 92 | 0 | 0 | 11 | 0 | 35 | 149 | 205 | 1202 |
| 1983 | 176 | 181 | 80 | 9 | 7 | 36 | 1 | 12 | 61 | 163 | 238 | 197 | 1161 |
| 1984 | 162 | 424 | 90 | 132 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 9 | 205 | 193 | 1224 |
| 1985 | 319 | 165 | 72 | 50 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 128 | 76 | 177 | 990 |
| 1986 | 144 | 149 | 90 | 1 | 47 | 16 | 0 | 0 | 142 | 118 | 96 | 239 | 1042 |
| 1987 | 171 | 212 | 182 | 186 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 154 | 137 | 1066 |
| 1988 | 129 | 172 | 168 | 16 | 18 | 0 | 0 | 0 | 2 | 68 | 161 | 205 | 939 |
| 1989 | 134 | 32 | 285 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 | 167 | 50 | 731 |
| 1990 | 82 | 95 | 1 | 41 | 4 | 4 | 0 | 39 | 23 | 19 | 42 | 189 | 539 |
| Σύνολο | | | | | | | | | | | | | 10453 |
| μ.ο μηνια | 210 | 210 | 121 | 51 | 19 | 9 | 0 | 5 | 27 | 76 | 153 | 182 | 1063 |
| μ.ο ημερα | 6,8 | 7,5 | 3,9 | 1,7 | 0,6 | 0,3 | 0,0 | 0,2 | 0,9 | 2,5 | 5,1 | 5,9 | 2,9 |

Ιστορική χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμού Ζυμβραγού

ΦΑΛΑΣΣΑΡΝΑ

(mm/Μήνα)

| ΕΤΟΣ | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΪ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ | ΣΥΝ |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 1986 | 113 | 58 | 18 | 0 | 31 | 3 | 0 | 99 | 99 | 101 | 96 | 105 | 723 |
| 1987 | 80 | 44 | 78 | 69 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 54 | 77 | 420 |
| 1988 | 81 | 63 | 81 | 9 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 70 | 121 | 85 | 517 |
| 1989 | 54 | 15 | 94 | 2 | 11 | 0 | 0 | 12 | 12 | 68 | 77 | 19 | 364 |
| 1990 | 14 | 46 | 0 | 22 | 0 | 1 | 0 | 14 | 14 | 18 | 76 | 165 | 370 |
| Σύνολο | | | | | | | | | | | | | 2394 |
| μ.ο μηνια | 68 | 45 | 54 | 20 | 10 | 1 | 0 | 25 | 25 | 55 | 85 | 90 | 479 |
| μ.ο ημερα | 2,2 | 1,6 | 1,7 | 0,7 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,8 | 1,8 | 2,8 | 2,9 | 1,3 |

Ιστορική χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμού Φαλασσαρνων

| ΕΤΟΣ | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΪ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ | Μ.ΟΡΟΣ |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| 1978 | 10,0 | 13,0 | 13,0 | 16,0 | 21,0 | 25,0 | 26,0 | 24,0 | 22,0 | 18,0 | 13,0 | 13,0 | 17,8 |
| 1979 | 11,0 | 13,0 | 14,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 26,0 | 26,0 | 22,0 | 19,0 | 15,0 | 12,0 | 18,2 |
| 1980 | 10,0 | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 19,0 | 24,0 | 26,0 | 25,0 | 21,0 | 20,0 | 16,0 | 12,0 | 17,5 |
| 1981 | 9,5 | 10,5 | 14,0 | 16,0 | 18,0 | 20,0 | 25,0 | 24,0 | 22,0 | 20,0 | 13,0 | 15,0 | 17,3 |
| 1982 | 12,0 | 9,0 | 11,0 | 15,0 | 18,0 | 24,0 | 25,0 | 25,0 | 22,0 | 20,0 | 14,0 | 12,0 | 17,3 |
| 1983 | 10,0 | 10,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 | 20,0 | 26,0 | 24,0 | 19,0 | 16,0 | 15,0 | 12,0 | 16,7 |
| 1984 | 10,0 | 10,0 | 12,0 | 13,0 | 19,0 | 21,0 | 23,0 | 22,0 | 21,0 | 18,0 | 15,0 | 11,0 | 16,3 |
| 1985 | 11,0 | 11,0 | 11,0 | 16,0 | 19,0 | 22,0 | 22,0 | 23,0 | 20,0 | 15,0 | 16,0 | 12,0 | 16,5 |
| 1986 | 11,0 | 12,0 | 12,0 | 15,0 | 17,0 | 22,0 | 23,0 | 23,0 | 21,0 | 17,0 | 13,0 | 10,0 | 16,3 |
| 1987 | 12,0 | 11,0 | 9,0 | 13,0 | 17,0 | 21,0 | 23,0 | 23,0 | 21,0 | 17,0 | 15,0 | 13,0 | 16,3 |
| 1988 | 12,0 | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 19,0 | 24,0 | 25,0 | 23,0 | 22,0 | 17,0 | 14,0 | 12,0 | 17,0 |
| 1989 | 9,0 | 10,0 | 13,0 | 16,0 | 17,0 | 22,0 | 24,0 | 24,0 | 23,0 | 17,0 | 16,0 | 12,0 | 16,9 |
| 1990 | 8,0 | 11,0 | 12,0 | 15,0 | 18,0 | 22,0 | 23,0 | 22,0 | 22,0 | 18,0 | 16,0 | 13,0 | 16,7 |
| μ.ο μηνα | 10,4 | 10,8 | 12,1 | 15,0 | 18,6 | 22,5 | 24,4 | 23,7 | 21,4 | 17,8 | 14,7 | 12,2 | |
| μ.ο ημερα | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | |

Ιστορική χρονοσειρά θερμοκρασίας σταθμού Αλικιανού

Απογραφή Πληθυσμού 2001. Πραγματικός Πληθυσμός 2001 και 1991

| | 2001 | 1991 |
|-------------------------|--------------|--------------|
| ΔΗΜΟΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ | 7.463 | 6.558 |
| Δ.Δ.Κισσάμου | 3.909 | 3.009 |
| Κίσσαμος,ο | 3.821 | 2.936 |
| Κουνουπίτσα,η | 31 | 22 |
| Πύργος,ο | 57 | 51 |
| Δ.Δ.Γραμβουσίης | 917 | 837 |
| Άγιος Γεώργιος,ο | 127 | 116 |
| Αζογυράς,ο | 34 | 38 |
| Γραμβουσιά,η | 117 | 131 |
| Ζερβιανά,τα | 106 | 110 |
| Καλυβιανή,η | 114 | 128 |
| Καρεφιλιάνα,τα | 53 | 68 |
| Νέον Χωρίον,το | 91 | 78 |
| Πιπεριανά,τα | 29 | 37 |
| Τράχηλος,ο | 220 | 103 |
| Φουρνάδος,ο | 26 | 28 |
| Δ.Δ.Καλαθενών | 228 | 290 |
| Καλάθεναι,αι | 228 | 290 |
| Δ.Δ.Καλλεργιανών | 341 | 273 |
| Καλλεργιάνα,τα | 54 | 63 |
| Άγιος Αντώνιος,ο | 160 | 93 |
| Βαρδιανά,τα | 16 | 21 |
| Δάφνη,η | 14 | 16 |
| Κάμπος,ο | 60 | 25 |
| Μαρεδιανά,τα | 37 | 55 |
| Δ.Δ.Κουκουναράς | 107 | 168 |
| Κουκουναρά,η | 42 | 68 |
| Τσικαλαριά,τα | 10 | 9 |
| Χαρχαλιανά,τα | 28 | 53 |
| Χορευτιανά,τα | 27 | 38 |
| Δ.Δ.Λουσακίων | 432 | 466 |
| Λουσακιά,αι | 152 | 153 |
| Γαλουβάς,ο | 11 | 23 |
| Ζαχαριανά,τα | 86 | 104 |
| Μεράδα,η | 102 | 90 |
| Μετόχιον,το | 14 | 17 |
| Φτερόλακκα,τα | 67 | 79 |
| Δ.Δ.Πλατάνου | 1.278 | 1.126 |
| Πλάτανος,ο | 1.029 | 905 |
| Άνω Σφηνάριον,το | 6 | 8 |
| Καβούσιον,το | 18 | 27 |
| Λιμενίσκος,ο | 45 | 6 |
| Σφηνάριον,το | 159 | 158 |
| Φαλασαρνά,τα | 21 | 22 |
| Δ.Δ.Πολυρρηνίας | 119 | 231 |
| Πολυρρηνία,η | 71 | 103 |
| Γρηγοριανά,τα | 30 | 67 |
| Κάτω Παλαιόκαστρον,το | 18 | 61 |
| Δ.Δ.Σηρικαρίου | 132 | 158 |
| Σηρικάριον,το | 35 | 45 |
| Κιολιανά,τα | 21 | 19 |
| Κωστογιάννηδες,οι | 39 | 42 |
| Σινενιανά,τα | 37 | 52 |

| | 2001 | 1991 |
|--------------------------|--------------|--------------|
| ΔΗΜΟΣ ΜΥΘΗΜΝΗΣ | 2.914 | 3.386 |
| Δ.Δ.Δραπανιά | 464 | 518 |
| Δραπανιάς,ο | 288 | 348 |
| Άνω Δραπανιάς,ο | 40 | 42 |
| Κόκκινον Μετόχιον,το | 65 | 57 |
| Νωπήγεια,τα | 71 | 71 |
| Δ.Δ.Βουλγάρω | 396 | 598 |
| Βουλγάρω,το | 209 | 311 |
| Δερμιζιάνα,τα | 29 | 51 |
| Λατζιάνα,τα | 21 | 38 |
| Μάκρωνας,ο | 28 | 46 |
| Μουρίον,το | 77 | 116 |
| Χουδαλιάνα,τα | 32 | 36 |
| Δ.Δ.Καλουδιανών | 381 | 331 |
| Καλουδιανά,τα | 346 | 215 |
| Κορφαλώνας,ο | 15 | 98 |
| Κουρθιάνα,τα | 20 | 18 |
| Δ.Δ.Μαλαθύρου | 214 | 245 |
| Μαλάθυρος,η | 214 | 245 |
| Δ.Δ.Περβολακίων | 172 | 165 |
| Περβολάκια,τα | 63 | 66 |
| Παππαγιαννάκηδες,οι | 60 | 54 |
| Χαραυγή,η | 49 | 45 |
| Δ.Δ.Ποταμίδας | 228 | 238 |
| Ποταμίδα,η | 228 | 238 |
| Δ.Δ.Ρόκκας | 137 | 160 |
| Ρόκκα,η | 71 | 92 |
| Κερά,η | 66 | 68 |
| Δ.Δ.Σασάλου | 92 | 127 |
| Σάσαλος,ο | 39 | 57 |
| Κοντουδιανά,τα | 15 | 15 |
| Μανεριανά,τα | 38 | 55 |
| Δ.Δ.Σφακοπηγαδίου | 177 | 176 |
| Σφακοπηγάδιον,το | 81 | 85 |
| Αρμενοχώριον,το | 47 | 39 |
| Τριαλώνια,τα | 49 | 52 |
| Δ.Δ.Τοπολίων | 374 | 435 |
| Τοπόλια,τα | 175 | 215 |
| Αϊκυργιάννης,ο | 71 | 79 |
| Καψανιάνα,τα | 40 | 41 |
| Κουτσοματάδος,ο | 62 | 74 |
| Τσουρουνιανά,τα | 26 | 26 |
| Δ.Δ.Φαλελιανών | 190 | 259 |
| Φαλελιάνα,τα | 19 | 24 |
| Κολένη,η | 59 | 97 |
| Κοτσιανά,τα | 95 | 113 |
| Λυριδιανά,τα | 17 | 25 |
| Δ.Δ.Χαιρεθιανών | 89 | 134 |
| Χαιρεθιάνα,τα | 89 | 134 |

| Δήμος / Δημοτικό Διαμέρισμα | Οικονομικώς ενεργοί | | | | | | | Οικονομικώς μη ενεργοί |
|-----------------------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------|------------------------|
| | Σύνολο | Απασχολούμενοι | | | | | Άνεργοι | |
| | | Σύνολο | Πρωτογενής Τομέας | Δευτερογενής Τομέας | Τριτογενής Τομέας | Δε δήλωσαν κλαδο | | |
| ΔΗΜΟΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ | 3.128 | 2.859 | 1.131 | 598 | 1.015 | 115 | 269 | 4.325 |
| Δ.Δ.Κισσάμου | 1.681 | 1.542 | 308 | 407 | 733 | 94 | 139 | 2.375 |
| Δ.Δ.Γραμβουσής | 344 | 313 | 179 | 46 | 75 | 13 | 31 | 495 |
| Δ.Δ.Καλαθενών | 67 | 64 | 47 | 8 | 9 | 0 | 3 | 124 |
| Δ.Δ.Καλλεργιανών | 126 | 124 | 37 | 31 | 56 | 0 | 2 | 206 |
| Δ.Δ.Κουκουναράς | 34 | 30 | 21 | 2 | 7 | 0 | 4 | 75 |
| Δ.Δ.Λουσακίων | 184 | 125 | 63 | 26 | 30 | 6 | 59 | 246 |
| Δ.Δ.Πλατάνου | 606 | 579 | 419 | 71 | 87 | 2 | 27 | 658 |
| Δ.Δ.Πολυρρηνίας | 40 | 40 | 25 | 3 | 12 | 0 | 0 | 70 |
| Δ.Δ.Σηρικαρίου | 46 | 42 | 32 | 4 | 6 | 0 | 4 | 76 |
| ΔΗΜΟΣ ΜΥΘΗΜΝΗΣ | 1.074 | 948 | 537 | 127 | 257 | 27 | 126 | 1.765 |
| Δ.Δ.Δραπανιά | 179 | 164 | 79 | 26 | 56 | 3 | 15 | 283 |
| Δ.Δ.Βουλγάρω | 134 | 123 | 82 | 10 | 29 | 2 | 11 | 226 |
| Δ.Δ.Καλουδιανών | 136 | 126 | 50 | 20 | 56 | 0 | 10 | 243 |
| Δ.Δ.Μαλαθύρου | 68 | 65 | 30 | 12 | 19 | 4 | 3 | 152 |
| Δ.Δ.Περβολακίων | 71 | 55 | 37 | 10 | 7 | 1 | 16 | 89 |
| Δ.Δ.Ποταμίδας | 104 | 88 | 43 | 14 | 29 | 2 | 16 | 122 |
| Δ.Δ.Ρόκκας | 34 | 30 | 19 | 2 | 4 | 5 | 4 | 105 |
| Δ.Δ.Σασάλου | 17 | 13 | 2 | 4 | 6 | 1 | 4 | 80 |
| Δ.Δ.Σφακοπηγαδίου | 52 | 27 | 15 | 3 | 5 | 4 | 25 | 125 |
| Δ.Δ.Τοπολίων | 153 | 146 | 101 | 18 | 24 | 3 | 7 | 206 |
| Δ.Δ.Φαλελιανών | 82 | 70 | 45 | 6 | 18 | 1 | 12 | 101 |
| Δ.Δ.Χαιρεθιανών | 44 | 41 | 34 | 2 | 4 | 1 | 3 | 33 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 4.202 | 3.807 | 1.668 | 725 | 1.272 | 142 | 395 | 6.090 |

Οικονομικώς ενεργός, μη ενεργός πληθυσμός και απασχολούμενοι κατά τομέα οικονομικής δραστηριότητας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

(ΔΕΛΤΙΑ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ)

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: Καψανιανά Β
Δήμος: Μηθύμνης
Δημ. Διαμέρισμα: Τοπόλια
Τοποθεσία: Κάψανιανά
Ιδιοκτήτης: Δημόσιο
Χάρτης: Αρ.Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Χ= Ψ=
Απόλυτο Υψομετρο (Z): 95,19

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☒ Έπαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια
Άλλη:

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☐ Μόνιμη
☒ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☒ ναι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☐ Αντληση
☒ Ανεκμετάλλευτη

☐ Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☐ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:

(κεφάλια):

Παροχή: 800 m³/h

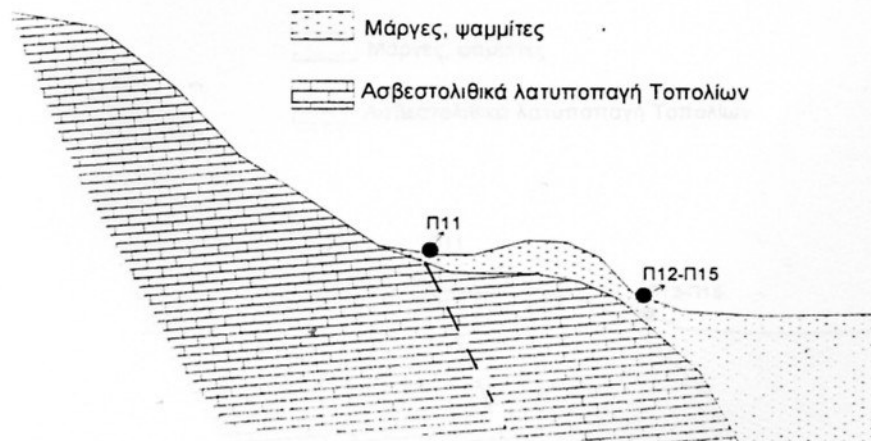
Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: 441,00 μS

☐ Ιαματική

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία = 15,1 C

Εκδήλωση πηγής μέσα από μάργες προερχόμενη από ασβεστολιθικά λατυποπαγή

Χανιά 17/05/1998
Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περλέρος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: Καψανιανά Γ
Δήμος: Μηθύμνης
Δημ. Διαμέρισμα: Τοπόλια
Τοποθεσία: Καψανιανά
Ιδιοκτήτης: Δημόσιο
Χάρτης: Αρ.Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Χ= Ψ=
Απόλυτο Υψόμετρο (Ζ): 94,85

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☒ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια
Άλλη:

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☐ Μόνιμη
☒ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☐ Αντληση
☒ Ανεκμετάλλευτη

☐ Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☐ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:

(κεφάλια):

Παροχή κατ' εκτίμηση: 150 m³/h

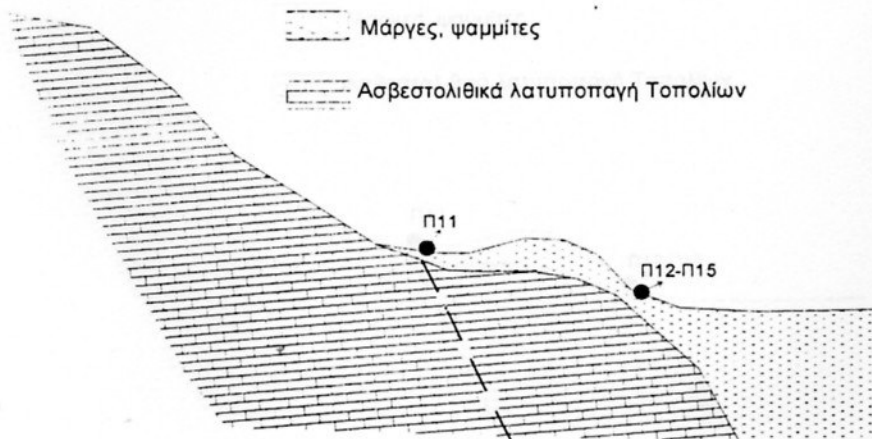
Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: 448,00 μS

☐ Ιαματική

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία = 15,1 C

Εκδήλωση πηγής μέσα από μάργες προερχόμενη από ασβεστολιθικά λατυποπαγή

Χανιά 17/05/1998
Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περλέρος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: Καψανιανά Δ Ιδιοκτήτης: Δημόσιο
Δήμος: Μηθύμνης Χάρτης: Αρ.Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Δημ. Διαμέρισμα: Τοπόλια Χ= Ψ=
Τοποθεσία: Καψανιανά Απόλυτο Υψόμετρο (Ζ): 92,07

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☒ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

Άλλη:

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☐ Μόνιμη
☒ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☐ Αντληση
☒ Ανεκμετάλλευτη

Παροχή κατ' εκτίμηση: 200 m³/h

Ηλεκτρ. Αγωγιμότητα: 452.00 μS

☐ Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☐ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:

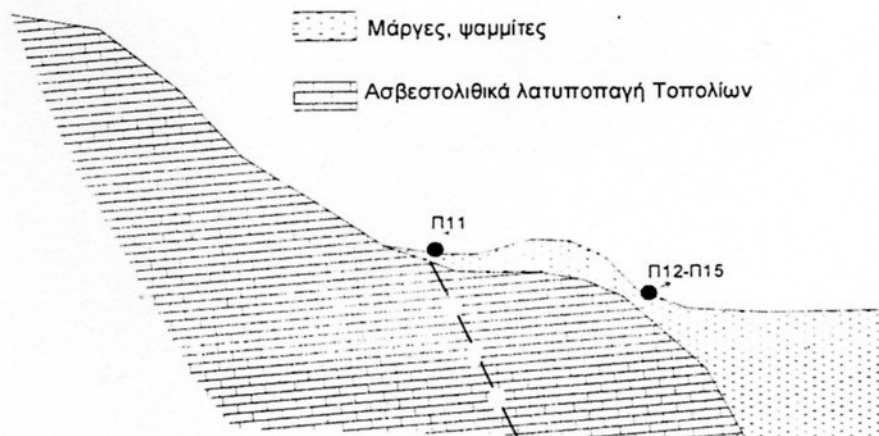
(κεφάλια):

☐ Ιαματική

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία = 15 C

Στερεύει τελευταία και είναι η βορειότερη από τις πηγές Π11 ως Π15

Εκδήλωση πηγής μέσα από μάργες προερχόμενη από ασβεστολιθικά λατυποπαγή

Χανιά 17/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περλέρος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

| | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|-----------------------------|
| Όνομασία: | Καψανιανά Ε | Ιδιοκτήτης: | Δημόσιο |
| Δήμος: | Μηθύμνης | Χάρτης: | Αρ.Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000 |
| Δημ. Διαμέρισμα: | Τοπόλια | Χ= | Ψ= |
| Τοποθεσία: | Καψανιανά | Απόλυτο Υψομετρο (Ζ): | 92,36 |

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☒ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια
Άλλη:

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☐ Μόνιμη
☒ Εποχιακή
☐ Διαλείπουσα

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☐ Αντληση
☒ Ανεκμετάλλευτη

☐ Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☐ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:
(κεφάλια):

Παροχή κατ' εκτίμηση: $50 \text{ m}^3/\text{h}$

Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: $433.00 \text{ } \mu\text{S}$

☐ Ιαματική

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία = 15 C

Εκδήλωση πηγής μέσα από μάργες προερχόμενη από ασβεστολιθικά
λατυποπαγή

Χανιά 17/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περίερος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: Κωλένη Α
Δήμος: Μηθύμνης
Δημ. Διαμέρισμα: Δραπανιάς
Τοποθεσία: Κωλένη
Ιδιοκτήτης: Δημόσιο
Χάρτης: Αρ. Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Χ= Ψ=
Απόλυτο Υψομετρο (Z): 12,36

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☐ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☒ Μόνιμη
☐ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Άλλη: δευτερογενής από μετάγγιση

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☒ Αντληση
☐ Ανεκμετάλλευτη

☒ : Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☒ : Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:
(κεφάλια):

Παροχή κατ' εκτίμηση: 80 m³/h

☐ Ιαματική

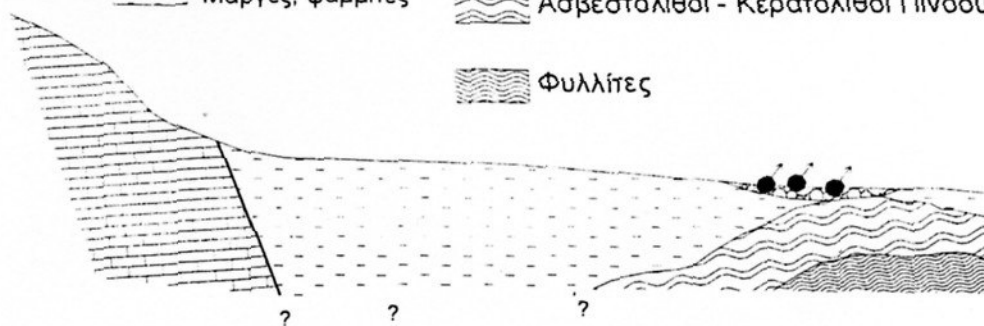
Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: 575.00 μS

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ

 Αποθέσεις κοίτης  Ασβεστολιθικά λατυποπαγή
 Μάργες, ψαμμίτες  Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Πίνδου
 Φυλλίτες



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

TDS = 514 S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία 16,3 C

Εκδήλωση πηγών μέσα από προσχώσεις

Χανιά 13/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περίερος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

| | | | |
|------------------|-----------|--------------------------------------|---------|
| Όνομασία | Κωλένη Β | Ιδιοκτήτης: | Δημόσιο |
| Δήμος : | Μηθύμνης | Χάρτης: Αρ. Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000 | |
| Δημ. Διαμέρισμα: | Δραπανιάς | Χ= | Ψ= |
| Τοποθεσία: | Κωλένη | Απόλυτο Υψόμετρο (Z): | 12,99 |

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

- ☐ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

- ☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

- ☒ Μόνιμη
☐ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Άλλη: δευτερογενής από μετάγγιση

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

- ☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☒ Αντληση
☐ Ανεκμετάλλευτη

☒ Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☒ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:

(κεφάλια):

Παροχή και εκτίμηση: 90 m³/h

Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: 560,00 μS

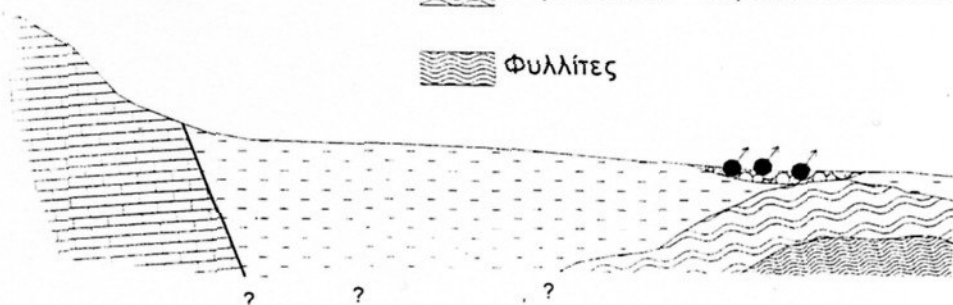
☐ Ιαματική

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ

- | | | | |
|--|------------------|--|-----------------------------------|
| | Αποθέσεις κοίτης | | Ασβεστολιθικά λατυποπαγή |
| | Μάργες, ψαμμίτες | | Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Πίνδου |
| | Φυλλίτες | | |



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

TDS = 511 S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία 16,3 C

Εκδήλωση ιονίων μέσα από προσχώσεις

Χανιά 13/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περλέρος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: Κωλένη Γ. Ιδιοκτήτης: Δημόσιο
Δήμος: Μηθύμνης Χάρτης: Αρ.Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Δημ. Διαμέρισμα: Δραπανιάς Χ= Ψ=
Τοποθεσία: Κωλένη Απόλυτο Υψόμετρο (Ζ): 11,22

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☐ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☒ Μόνιμη
☐ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Άλλη: δευτερογενής από μετάνγιση

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☒ Αντληση
☐ Ανεκμετάλλευτη

☒ Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☒ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:

(κεφάλια):

Παροχή κατ' εκτίμηση: 100 m³/h

☐ Ιαματική

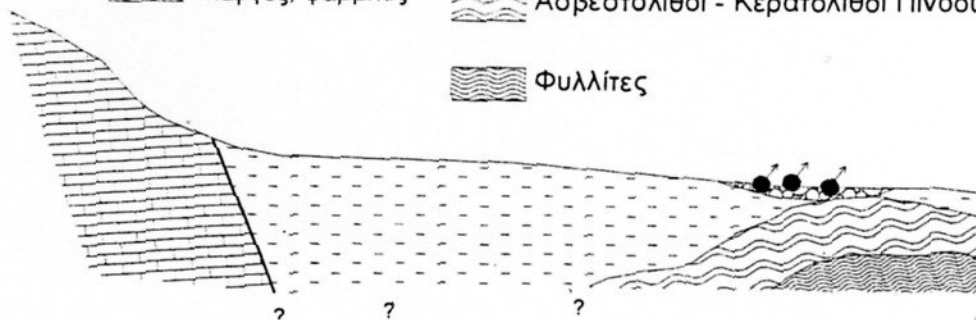
Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: 575,00 μS

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ

 Αποθέσεις κοίτης  Ασβεστολιθικά λατυποπαγή
 Μάργες, ψαμμίτες  Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Πίνδου
 Φυλλίτες



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

TDS = 490 S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία 16,3 C

Εκδήλωση πηγών μέσα από προσχώσεις

Χανιά 13/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περίερος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: *Κωλένη Δ* Ιδιοκτήτης: *Δημόσιο*
Δήμος: *Μηθύμνης* Χάρτης: Αρ. Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Δημ. Διαμέρισμα: *Δραπανιάς* Χ= Ψ=
Τοποθεσία: *Κωλένη* Απόλυτο Υψόμετρο (Z): *11,25*

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

- ☐ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

- ☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

- ☒ Μόνιμη
☐ Εποχιακή
☐ Διαλειπούσα

Άλλη: δευτερογενής από μετάνγνιση

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

- ☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☒ Αντληση
☐ Ανεκμετάλλευτη

☒ Άρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☒ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:
(κεφάλια):

Παροχή κατ' εκτίμηση: *120 m³/h*

☐ Ιαματική

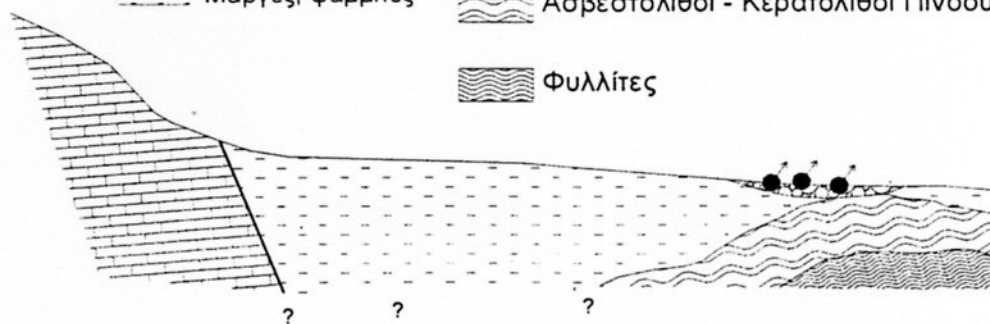
Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: *557,00 μS*

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ

-  Αποθέσεις κοίτης  Ασβεστολιθικά λατυποπαγή
 Μάργες, ψαμμίτες  Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Πίνδου
 Φυλλίτες



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

TDS = 501 S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία 16,3 C

Εκδήλωση πηγών μέσα από προσχώσεις

Χανιά 13/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περλέρος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: *Κωλένη Ε* Ιδιοκτήτης: *Δημόσιο*
Δήμος: *Μηθύμνης* Χάρτης: Αρ. Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Δημ. Διαμέρισμα: *Δραπανιάς* Χ= Ψ=
Τοποθεσία: *Κωλένη* Απόλυτο Υψομετρο (Z): *12,96*

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☐ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☒ Μόνιμη
☐ Εποχιακή
☐ Διαλειπούσα

Άλλη: δευτερογενής από μετάγγιση

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☒ Αντληση
☐ Ανεκμετάλλευτη

☒ Άρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☒ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:
(κεφάλια):

Παροχή κατ' εκτίμηση: *800 m³/h*

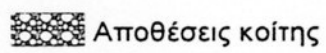




☐ Ιαματική

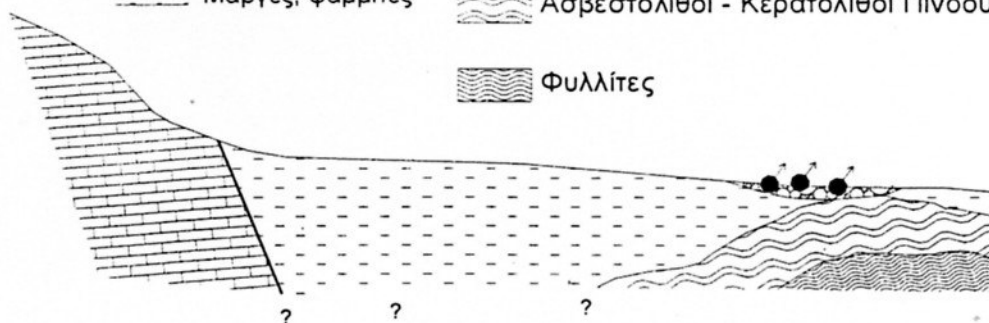
Ηλεκτρ. Αγωγιμότητα: *552,00 μS*

Άλλη χρήση:

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ

 Αποθέσεις κοίτης  Ασβεστολιθικά λατυποπαγή
 Μάργες, ψαμμίτες  Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Πίνδου
 Φυλλίτες



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

TDS = 508 S = 0,0 mg/l

Θερμοκρασία 16,7 C

Εκδήλωση πηγών μέσα από προσχώσεις

Χανιά 13/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Πετλέρος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: *Κωλένη ΣΤ* Ιδιοκτήτης: *Δημόσιο*
Δήμος: *Μηθύμνης* Χάρτης: Αρ. Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Δημ. Διαμέρισμα: *Δραπανιάς* Χ= Ψ=
Τοποθεσία: *Κωλένη* Απόλυτο Υψόμετρο (Z): *8,01*

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

- ☐ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

- ☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

- ☒ Μόνιμη
☐ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Άλλη: δευτερογενής από μετάγγιση

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

- ☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☒ Αντληση
☐ Ανεκμετάλλευτη

☒ Άρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☒ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:

(κεφάλια):

☐ Ιαματική





Άλλη χρήση:

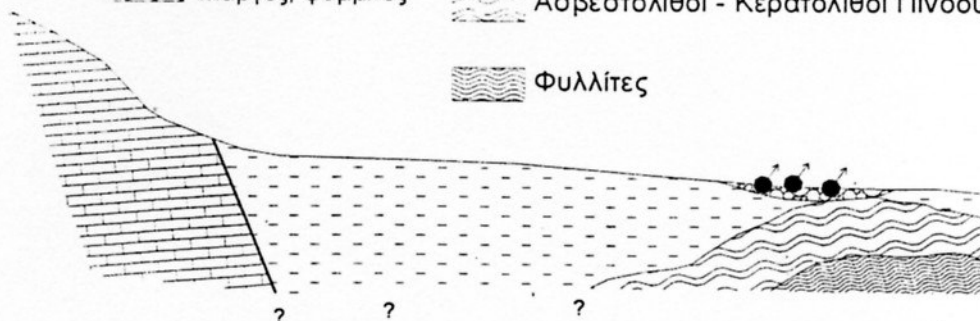
Παροχή κατ' εκτίμηση: *150 m³/h*

Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: *800,00 μs*

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ

-  Αποθέσεις κοίτης  Ασβεστολιθικά λατυποπαγή
 Μάργες, ψαμμίτες  Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Πίνδου
 Φυλλίτες



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

TDS = 722 S = 0,1 mg/l

Θερμοκρασία 16,7 C

Μέτρηση στάθμης ροής από reper 0,64 m.

Εκδήλωση πηγών μέσα από προσχώσεις

Χανιά 13/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περγλέρος

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΗΓΗΣ

Όνομασία: Κωλένη Ζ
Δήμος: Μηθύμνης
Δημ. Διαμέρισμα: Δραπανιάς
Τοποθεσία: Κωλένη - -
Ιδιοκτήτης: Δημόσιο
Χάρτης: Αρ. Σχ. 9.1 και 9.2/ 1:20000
Χ= Ψ=
Απόλυτο Υψομετρο (Ζ): 8,08

ΤΥΠΟΣ ΠΗΓΗΣ

☐ Επαφής
☒ Υπερπλήρωσης
☐ Παράκτια
☐ Υποθαλάσσια

ΜΟΡΦΗ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ

☐ Καθορισμένη
☒ Μέτωπο
☐ Διάχυτη
☐ Μετατοπισμένη

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

☒ Μόνιμη
☐ Εποχιακή
☐ Διαλλείπουσα

Άλλη: δευτερογενής από μετάγγιση

Δυνατότητα μέτρησης παροχής:

☐ όχι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ

☐ Υδρομάστευση
☐ Συλλεκτήρια
☐ Αγωγός
☒ Αντληση
☐ Ανεκμετάλλευτη

☒ Αρδευση έκταση (στρέμματα):

Είδος καλλιέργειας:

☒ Ύδρευση (κάτοικοι):

☐ Κτηνοτροφία Είδος:
(κεφάλια):

☐ Ιαματική

Άλλη χρήση:

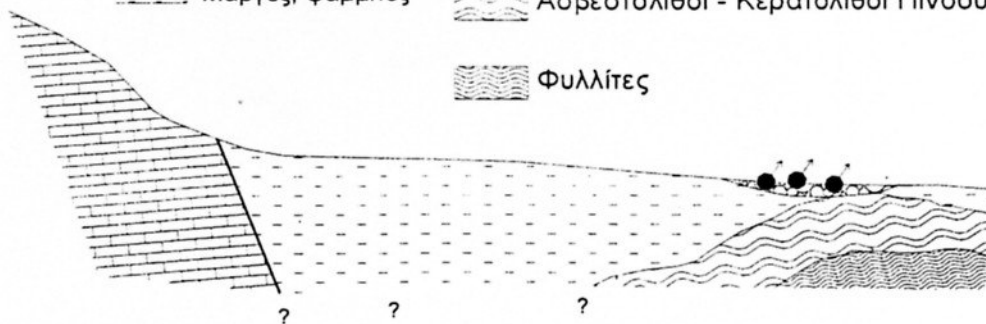
Παροχή κατ' εκτίμηση: 120 m³/h

Ηλεκτρ. Αγωγιμότη.: 788,00 μS

1. Μόνιμη χρήση 2. Περιοδική χρήση 3. Ευκαιριακή χρήση

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΤΟΜΗΣ

 Αποθέσεις κοίτης
 Ασβεστολιθικά λατυποπαγή
Μάργες, ψαμμίτες
Ασβεστόλιθοι - Κερατόλιθοι Πίνδου
Φυλλίτες



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

TDS = 716 S = 0,1 mg/l

Θερμοκρασία 17,2 C

Εκδήλωση πηγών μέσα από προσχώσεις

Χανιά 13/05/1998

Ο Απογραφέας

Μ. Λιονής - Β. Περλέρος