

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΤΙΤΛΟΣ:

«ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΩΝ-ΙΣΟΤΟΠΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΠΡΟΗΓΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ»

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΣΤΑΜΟΠΟΥΛΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	6
Κεφάλαιο 1	
Φάση προσδιορισμού και συλλογής βιβλιογραφικών στοιχείων	8
1.1 Ακριβής γεωγραφική οριοθέτηση της περιοχής έρευνας.....	8
1.2 Συλλογή, μελέτη και αξιολόγηση προγενέστερων μελετών από την περιοχή έρευνας.....	11
1.3 Αρχική γεωλογική και υδρογεωλογική αναγνώριση της περιοχής έρευνας.....	12
1.3.1 Αποτελέσματα γεωλογικής επισκόπησης.....	12
1.3.2 Αποτελέσματα υδρογεωλογικής επισκόπησης.....	25
1.4 Συλλογή ταξινόμηση και αρχική αξιολόγηση όλης της πρόσφατης διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορά στο ευρύτερο ερευνητικό πεδίο του έργου.....	25
1.5 Περίληψη Συμπεράσματα 1 ^{ου} Κεφαλαίου	27
Κεφάλαιο 2	
Φάση επιλογής μεθοδολογιών και θέσεων μετρήσεων και δειγματοληψιών βασική υδρογεωλογική έρευνα	28
2.1 Απογραφή των σημείων ύδατος της περιοχής έρευνας (Γεωτρήσεις, φρέατα, πηγές) και δημιουργία του αντίστοιχου μητρώου σημείων αντλήσεως υπόγειου νερού.....	29
2.2 Λεπτομερής υδρογεωλογική έρευνα.....	33
2.3 Καταγραφή όλων των κλιματολογικών και υδρολογικών παραμέτρων της περιοχής έρευνας.....	40

2.3.1 Ομογενοποίηση βροχομετρικών δεδομένων.....	40
2.3.2 Μηνιαία πορεία των βροχοπτώσεων.....	43
2.3.4 Ετήσια πορεία των βροχοπτώσεων.....	44
2.3.5 Θερμοκρασία.....	46
2.3.6 Ηλιακή ακτινοβολία.....	49
2.3.7 Ηλιοφάνεια.....	50
2.3.8 Άνεμοι.....	50
2.3.9 Ατμοσφαιρική υγρασία.....	51
2.4 Επιλογή δικτύου δειγματοληψίας επιφανειακού και υπόγειου νερού για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών.....	52
2.5 Καταγραφή όλων των υπαρχόντων και δυνητικών πηγών μόλυνσης σημειακής, γραμμικής και διάχυτης μορφής και κατάρτιση του χάρτη χρήσεων γης.....	53
2.6 Υπολογισμός των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών της περιοχής έρευνας.....	53
2.7 Περίληψη Συμπεράσματα 2 ^{ου} Κεφαλαίου.....	63

Κεφάλαιο 3

Φάση κατάρτισης βάσης δεδομένων Γ.Σ.Π.....	65
3.1 Καθορισμός των διαφόρων επιπέδων πληροφορίας που θα ενταχθούν στην βάση δεδομένων και επιλογή του γεωγραφικού συστήματος αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί.....	66
3.2 Σύνταξη και ψηφιοποίηση χαρτών και κατάρτιση βάσης δεδομένων σε περιβάλλον Γ.Σ.Π.....	66
3.3 Περίληψη Συμπεράσματα 3 ^{ου} Κεφαλαίου.....	67

Κεφάλαιο 4

Φάση λήψεως μετρήσεων και δειγμάτων υπόγειου νερού και επεξεργασίας αποτελεσμάτων.....	68
---	-----------

4.1 Λήψη μετρήσεων και δειγμάτων υπόγειου νερού.....	69
4.2 Ερμηνεία μετρήσεων στάθμης υπόγειου νερού – κατασκευή πειζομετρικού χάρτη.....	70
4.3 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων Χημικών Αναλύσεων.....	75
4.3.1 Ερμηνεία της κατανομής των ενώσεων αζώτου στην περιοχή έρευνας.....	80
4.3.2 Διερεύνηση του φαινομένου της υφαλμίρυσης στους παράκτιους υδροφόρους της περιοχής έρευνας.....	86
4.4 Περίληψη – Συμπεράσματα 4 ^{ου} Κεφαλαίου.....	107
Κεφάλαιο 5	
Μοντέλο προσομοίωσης της υπόγειας ροής του παράκτιου προσχωματικού υδροφόρου Κιάτου-Κορίνθου.....	
5.1 Μοντέλα και Γεωμετρία του προσχωματικού υδροφόρου	111
5.3 Υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου.....	112
5.4 Περίληψη Συμπεράσματα 5 ^{ου} κεφαλαίου.....	115
Κεφάλαιο 6	
Επίλογος.....	124
6.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	125
6.2 Συμβολή στο Μηχανικό.....	126
Βιβλιογραφία.....	128



Άποψη του Κορινθιακού Κόλπου

Εισαγωγή

Ο νομός Κορινθίας όπως γνωρίζουμε βρίσκεται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου και είναι όμορος των νομών Αχαΐας , Αργολίδας και Αχαΐας. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η μελέτη δεν αφορά όλο τον νομό αλλά ένα κομμάτι αυτού.

Η μελέτη αυτή στο σύνολο της αποτελεί κομμάτι της έρευνας της ερευνητικής ομάδος του τμήματος Γεωλογίας Πανεπιστημίου Πατρών με επικεφαλή τον Καθηγητή κύριο Νικόλαο Λαμπράκη .

Σκοπός λοιπόν της μελέτης αυτής είναι η ανάδειξη της εδαφικής σύστασης και του γεωλογικού τεκτονικού σχηματισμού του Κορινθιακού Κόλπου και της ευρύτερης περιοχής της Κορινθίας .

Βασικός σκοπός όμως είναι η ανάδειξη της ποιότητας του νερού της περιοχής μελέτης .Αφού εξετάστηκαν τα δείγματα στο Χημείο, η πραγματοποίηση και παρουσίαση της έρευνας έγινε με την ψηφιοποίηση της και την εισαγωγή της σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με τη χρήση του προγράμματος ArcGis 8x.

Αποτέλεσμα ήταν να αντληθούν αρκετά συμπεράσματα σχετικά με την ποσιμότητα του νερού της Κορινθίας και της προέλευσης αυτού.

Αξίζει λοιπόν ένα μεγάλο ευχαριστώ στην ερευνητική ομάδα της Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών και στον επικεφαλή καθηγητή κύριο Νικόλαο Λαμπράκη που μας προμήθευσε με αυτό το υλικό .

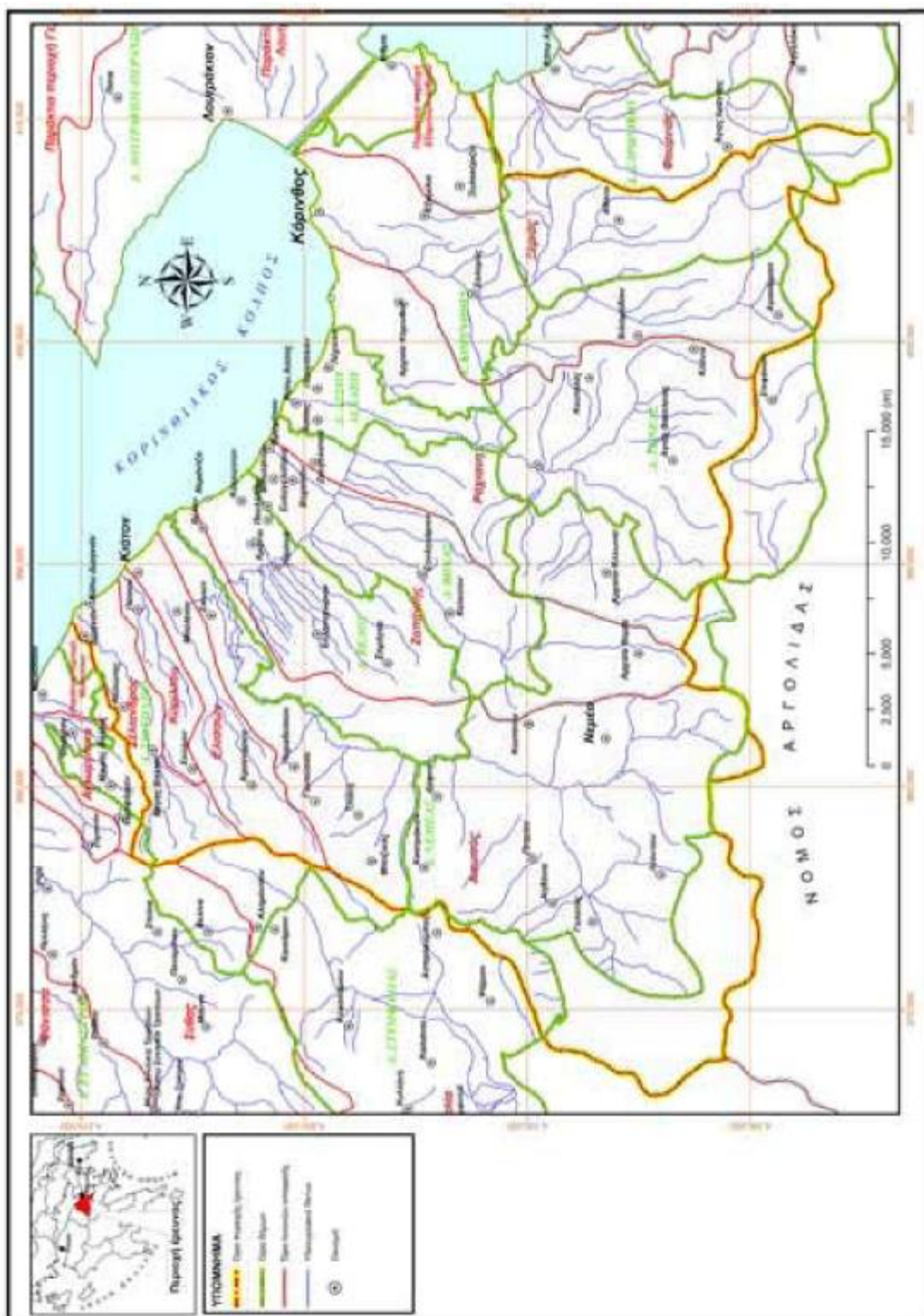
Κεφάλαιο 1^ο
Αναλυτική Περιγραφή τελεσθέντων φάσεων και ερευνητικών διαδικασιών

1 Φάση προσδιορισμού και συλλογής βιβλιογραφικών στοιχείων

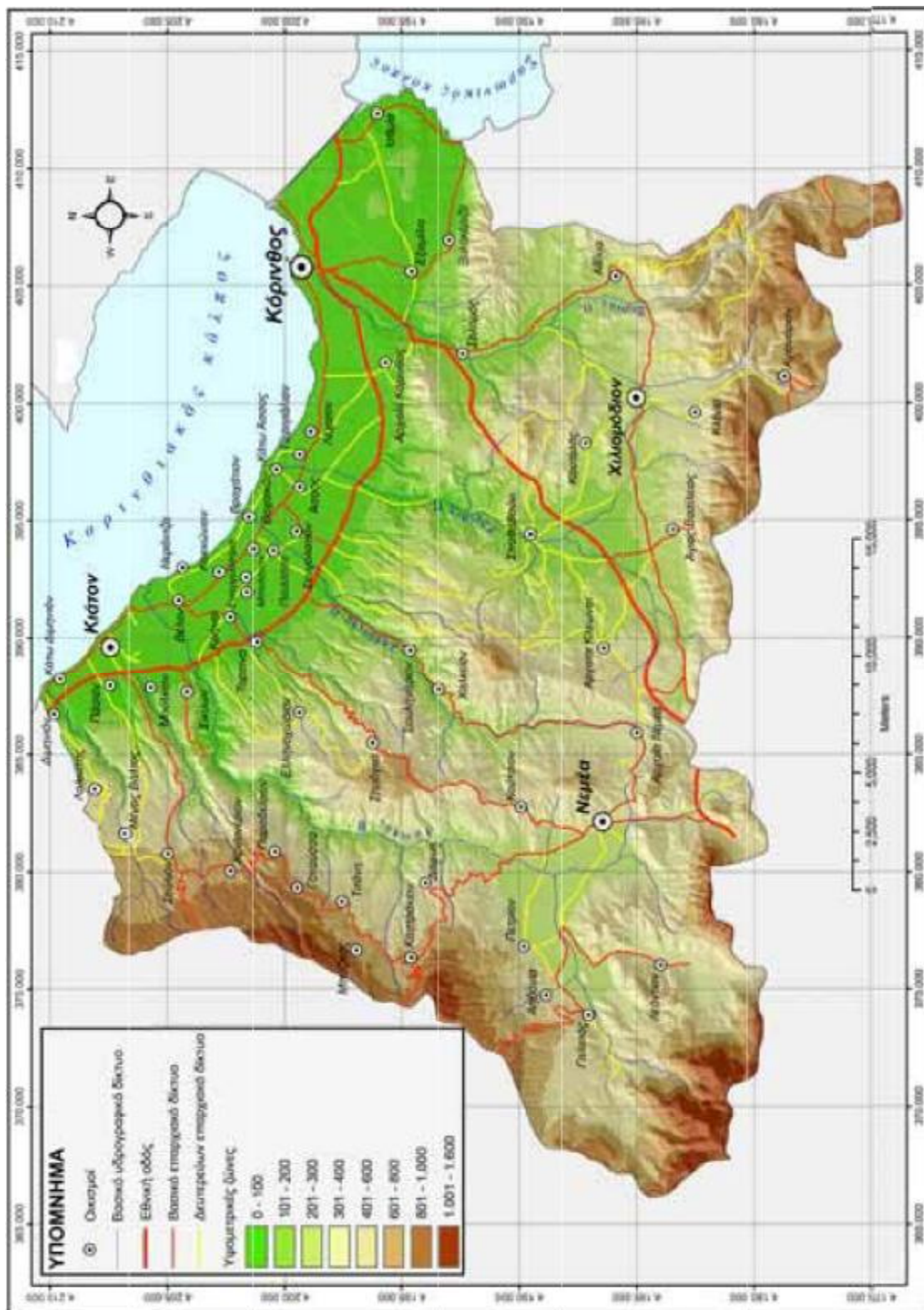
1.1 Ακριβής γεωγραφική οριοθέτηση της περιοχής έρευνας

Η γεωγραφική οριοθέτηση της περιοχής έρευνας έγινε κυρίως με γεωλογικά- υδρογεωλογικά κριτήρια φροντίζοντας παράλληλα να ακολουθούνται και διοικητικά όρια όπου αυτό ήταν εφικτό. Η περιοχή έρευνας όπως τελικά διαμορφώθηκε περιλαμβάνει οκτώ υδρολογικές λεκάνες και συμπίπτει περίπου με τα διοικητικά όρια επτά δήμων (Κορίνθου, Άσσου-Λέχαιου, Βόχας, Βέλου, Σικυωνίων, Τενέας και Νεμέας) του νομού Κορινθίας. (Εικόνα 1).

Το ανάγλυφο της περιοχής έρευνας χαρακτηρίζεται από τρεις μεγάλες πεδινές ενότητες, την παράκτια περιοχή μεταξύ Κορίνθου και Κιάτου, την περιοχή Αγίου Βασιλείου – Σπαθοβουνίου και την πεδινή περιοχή Νεμέας (Εικόνα 2). Το υπόλοιπο της περιοχής έρευνας μπορεί να χαρακτηριστεί ως λοφώδες-ημιορεινό με μέτριες κλίσεις πρανών και ομαλές απολήξεις κορυφογραμμών.



Εικόνα 1. Χάρτης οριοθέτησης της περιοχής έρευνας στον οποίο παρουσιάζονται τα όρια των δήμων και των υδρολογικών λεκανών.



Εικόνα2. Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου της περιοχής έρευνας.

1.2 Συλλογή, μελέτη και αξιολόγηση προγενέστερων μελετών από την περιοχή έρευνας

Οι μελέτες που συλέχθηκαν αφορούσαν την γεωλογική δομή, την υφιστάμενη ποσοτική και ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων, τις υδρογεωλογικές και υδροχημικές συνθήκες, τις πηγές και την διάχυση των ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά και τέλος τις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της υφιστάμενης κατάστασης των υδατικών πόρων στην περιοχή έρευνας. Οι σημαντικότερες από τις μελέτες αυτές παρατίθενται στο προσάρτημα II.

Πέρα των συμπερασμάτων των παραπάνω μελετών τα οποία ελήφθησαν υπ' όψη και αξιολογήθηκαν τα πρωτογενή στοιχεία τεσσάρων από τις μελέτες αυτές χρησιμοποιήθηκαν για αντιπαραβολή και συμπλήρωση των στοιχείων της βάσης δεδομένων του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα υδροχημικών αναλύσεων από τις μελέτες “Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού υδροφορέων παραλιακής και λοφώδους βόρειας Κορινθίας” (Κουμαντάκης, 1999), “ Έρευνα – αξιοποίηση υδατικών πόρων νομού Κορινθίας” (Καμάς, 2003) , “Marine and human activity influences on the groundwater quality of southern Korinthos area” (Stamatis and Voudouris, 2003) καθώς και τα αποτελέσματα εδαφολογικών αναλύσεων από την “Εδαφολογική μελέτη ζώνης Οίνου VQPRD Νεμέας” (Ευαγγελίου κ. α.,1986).

1.3 Αρχική γεωλογική και υδρογεωλογική αναγνώριση της περιοχής έρευνας.

Στα πλαίσια της φάσης αυτής πραγματοποιήθηκε γεωγραφική και στρωματογραφική διάκριση των γεωλογικών σχηματισμών καθώς και την οριοθέτηση των κύριων υδρολογικών και υδρογεωλογικών ενοτήτων.

1.3.1 Αποτελέσματα γεωλογικής επισκόπησης

Ο Κορινθιακός κόλπος γεωλογικά όπως γνωρίζουμε αποτελεί ένα ευρύ τεκτονικό βύθισμα με υψηλούς ρυθμούς απομάκρυνσης, μεταξύ των δυο τεμαχών, της Πελοποννήσου και της στερεάς Ελλάδας. Το μήκος του είναι περίπου 100 Km και το μέγιστο πλάτος 40 Km, χωρίζοντας την ηπειρωτική Ελλάδα από την Πελοπόννησο (Doutsos, 1990).

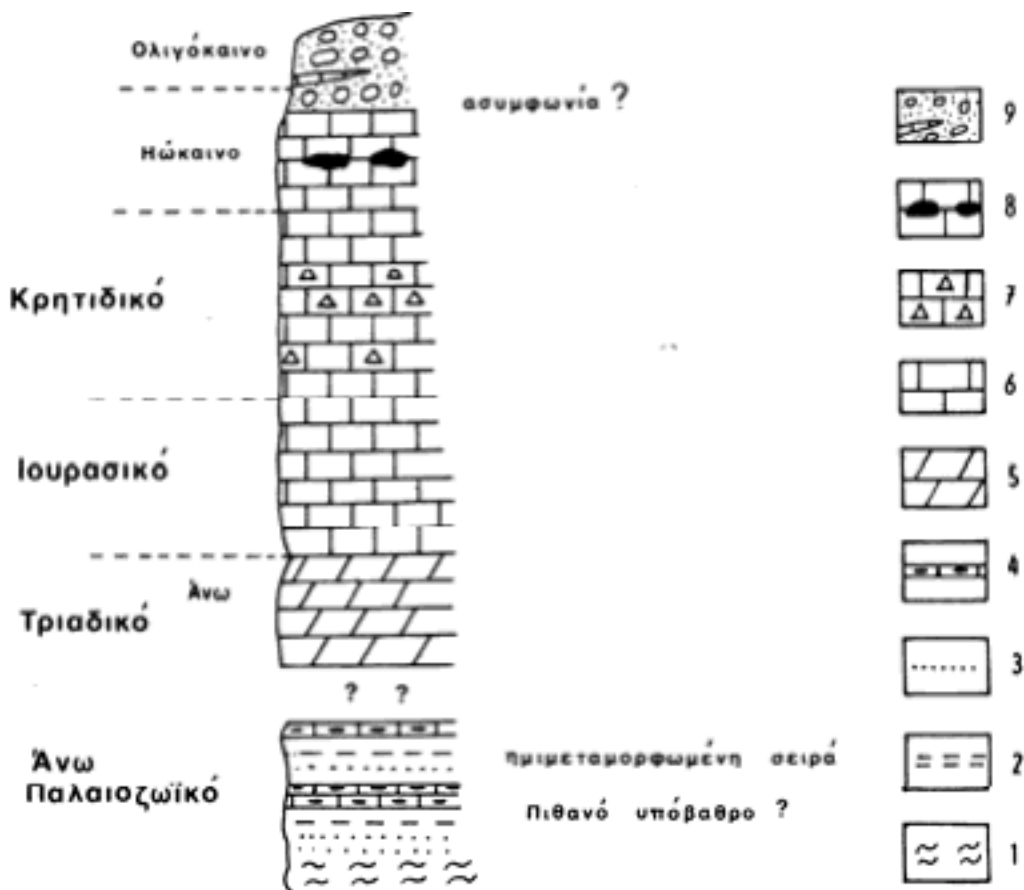
Στο ανατολικό τμήμα του Κόλπου τα Καινοζωικά ιζήματα επικάθονται πάνω στο Προνεογενές υπόβαθρο της Πελοποννήσου (Roulimenos, 1993). Αυτό αποτελείται από τις γεωλογικές ζώνες της Τρίπολης, της Πίνδου και της Υποπελαγονικής.

1.3.1.1 Γεωλογικοί σχηματισμοί του προνεογενούς υποβάθρου.

Η ζώνη της Τρίπολης αποτελεί την αυτόχθονη ενότητα στο δυτικό τμήμα της περιοχής πάνω στις οποία επωθήθηκε η ζώνη της Πίνδου ως αλλόχθονη ενότητα. Στο ανατολικό τμήμα της περιοχής έρευνας επί του παλαιοζωϊκού υποβάθρου αναπτύσσονται τεμάχη της Πελαγονικής ζώνης ή σύμφωνα με άλλους ερευνητές (Ξυπολιάς, 2000) τεμάχη μίας αλλόχθονης σειράς μεταβατικού χαρακτήρα, μεταξύ της ζώνης Πίνδου

και της Πελαγονικής και ενδεχομένως της Νότιας απολήξεως Παρνασσού.

Η ζώνη της Τρίπολης έχει καθοριστεί σαν ύβωμα που είχε συνεχή νηριτική ιζηματογένεση κατά τους αλπικούς χρόνους και έδωσε μια σειρά ανθρακικών πετρωμάτων συνολικού πάχους μεγαλύτερου από 2.000 m. Αυτά αποτελούνται από Άνω Τριαδικούς δολομίτες και μεσοζωικούς ασβεστόλιθους που επικαλύπτονται από ένα φλύσχη κυρίως ψαμμιτομαργαϊκό. Η επιφανειακή εμφάνιση της ζώνης στην περιοχή έρευνας περιορίζεται στο νοτιοδυτικό άκρο νοτίως του Γαλατά και δυτικά του Λεοντίου (Εικόνα 5).



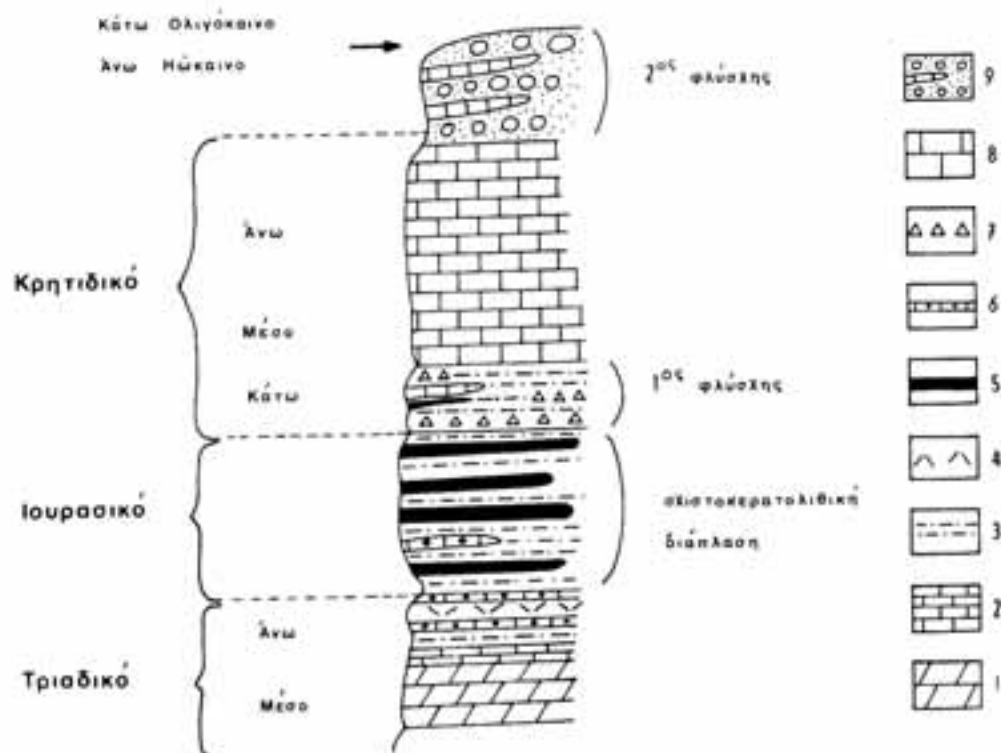
Εικόνα 3. Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη της ζώνης Γαβρόβου - Τρίπολης. 1: μαρμαρυγαίοι σχιστόλιθοι, 2: φυλλίτες, 3: χαλαζίτες, 4: ασβεστολιθικές ενστρώσεις, 5: δολομίτες, 6: μαύροιασβεστόλιθοι, 7: λατυπόπαγεις ασβεστόλιθοι, 8: βωσιτική εμφάνιση, 9: φλύσχη. (Μουντράκης, 1986).

Η Υποπελαγονική ζώνη ή ζώνη ανατολικής Ελλάδας στην περιοχή έρευνας αντιπροσωπεύεται από μια σειρά ασβεστολίθων Κάτω-Τριαδικής έως Κάτω-Ιουρασικής ηλικίας και μια σειρά ασβεστολίθων Μέσο-Ιουρασικής ηλικίας εντός των οποίων παρεμβάλλονται μια σχιστοκερατολιθική ενότητα και σώματα οφιολίθων.

Στην περιοχή μελέτης η ζώνη αυτή εμφανίζεται επιφανειακά σε διάσπαρτα τεμάχια που αποτελούν κατά κανόνα τεκτονικά κέρατα (Ακροκόρινθος, Ξυλοκέριζα, Αθίκια, Κουταλάς) καθώς και σε ένα εκτενές τμήμα στο ΝΑ άκρο της περιοχής έρευνας νοτίως του Αγίου Βασιλείου και της Κλένιας.

Η ζώνη της Πίνδου αποτελείται από ασβεστόλιθους και Δολομίτες του Τριαδικού, την σχιστοκερατολιθική διάπλαση του Ιουρασικού, τον Κάτω Τριαδικό φλύσχη, τους Άνω-Κρητιδικούς πελαγικούς ασβεστόλιθους και τέλος από τον Ηωκαινικό φλύσχη. Από τους σχηματισμούς αυτούς στην περιοχή έρευνας παρουσιάζουν επιφανειακή εμφάνιση οι Άνω-Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και ο Ηωκαινικός φλύσχος σε μικρή περιοχή στο ΝΔ άκρο της περιοχής πέριξ και νοτιοανατολικά του Λεοντίου (Εικόνα 5).

Το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου χαρακτηρίζεται γενικά από ασύμμετρες τεκτονικές δομές, επωθήσεις και πτυχές με ροπή προς τα δυτικά. Έτσι λόγω της προέλασης προς τα δυτικά το κάλυμμα της Πίνδου παρουσιάζεται έντονα τεκτονικά παραμορφωμένο. Αντίθετα η ζώνη της Τρίπολης αποτελεί μία μεγάλου πάχους και μηχανικά δύσκαμπτη ανθρακική πλατφόρμα που σε μεγασκοπικό πεδίο χαρακτηρίζεται από μεγάλα ανοικτά αντίκλινα και σύγκλινα.



Εικόνα 4. Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη, αντιπροσωπευτική της ζώνης Ωλονού-Πίνδου, 1: δολομίτες, 2: πλακάδες ασβεστόλιθοι, 3: αργιλοσαμμίτες, 4: ηφαιστειοϊζηματογενή υλικά, 5: κερατόλιθοι, 6: ασβεστόλιθοι με πυριτικές ενστρώσεις, 7: λατυποπαγή, 8: ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι, 9: σχηματισμός φλύσης. (Μουντράκης, 1986).

Η αναλυτική στρωματογραφία των προνεωγενών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης αναπτύσσεται παρακάτω.

A. Ζώνη Τριπόλεως

α) Ανώτερο Τριαδικό - Κατώτερο Κρητιδικό

Δολομίτες, που μεταπίπτουν σε δολομίτες υφαλώδους τύπου με φύκη και στη συνέχεια σε εναλλαγές λευκών και μαύρων δολομιτών και νηριτικών ασβεστολίθων.

β) Κρητιδικό αδιαίρετο

Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι και λεπτοστρωματώδεις δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι

δ) Παλαιόκαινο - Ανώτερο Ηώκαινο.

Ασβεστόλιθοι νηριτικοί, συχνά ωλιθικοί, με ορίζοντες δολομιτών, οι οποίοι προς τα πάνω μεταπίπτουν σε ασβεστόλιθους με κροκαλοπαγή και ασβεστομαργαϊκά υλικά, που αποτελούν τη ζώνη μετάβασης στο φλύσχη.

ε) Ανώτερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο.

Στρώματα μεταβάσεως σε φλύσχη και Φλύσχης αποτελούμενος από ίλυολίθους και πηλίτες με λεπτές ενστρώσεις ιλυούχων ψαμμιτών και κροκαλοπαγών καθώς και βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους και κροκαλοπαγή.

B. Ζώνη Υποπελαγονική ή ανατολικής Ελλάδας

α) Μέσο Τριαδικό – Κάτω Ιουρασικό

Ασβεστόλιθοι λευκοί έως λευκότεφροι παχυστρωματώδεις ωλιθικοί και ενίοτε κρυσταλλικοί.

β) Μέσο Ιουρασικό

Ασβεστόλιθοι υπολιθογραφικοί παχυστρωματώδεις έως λεπτοστρωματώδεις κατά θέσεις δολομιτοποιημένοι με ενστρώσεις και βολβούς πυριτολίθων

γ) Μέσο Ιουρασικό

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Ψαμμίτες, άργιλοι και φαιές έως πράσινες μάργες με διαστρώσεις κερατολίθων εντός των οποίων φιλοξενούνται οφιολιθικά σώματα.

Γ. Ζώνη Ωλονού-
Πίνδου

α) ΑνώτεροΚρητιδικό

Πλακώδεις ασβεστόλιθοι. Στη βάση τους επικρατούν ενστρώσεις αργιλικών ιάσπιδων. Στην όλη την ενότητα συμμετέχουν λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με θραύσματα ρουδιστών, ενώ οι ιλυολιθικές ενστρώσεις είναι σπάνιες.

β) Μαιστρίχτιο - Παλαιόκαινο.

Στρώματα μεταβατικά προς φλύσχη Εναλλαγέςπλακωδών ασβεστόλιθων, ασβεστομαργαϊκών υλικών, ψαμμιτών και λατυποπαγών ασβεστόλιθων, με ορίζοντα μαύρων πυριτόλιθων πάχους 10-12μ., καθοδηγητικό του Άνω Μαιστρίχτιου.

γ) Ηώκαινο.

Φλύσξης. Εναλλαγές παχέων στρωμάτων ψαμμιτών και ψαμμιτικών ιλυολίθων. Στη βάση της σειράς απαντούν μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι πάχους 50 μ. περίπου.

1.3.1.2 Μετα-Αλπικά ιζήματα και η γεωτεκτονική τους εξέλιξη

Οι σχηματισμοί με την μεγαλύτερη εξάπλωση στην περιοχή είναι αυτοί του Πλειστοκαίνου, γι' αυτό παρακάτω, αναφέρεται συνοπτικά η τεκτονικό-γεωλογική τους εξέλιξη.

Η λεκάνη του Κορινθιακού κατά τη διάρκεια του Κάτω Πλειόκαινου στο σύνολο της χαρακτηρίζεται από λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις. Μέχρι και το Άνω Πλειόκαινο η Κορινθιακή τάφρος ήταν μία ομοιόμορφη λεκάνη σε πλάτος και σε βάθος, στην οποία αναπτύχθηκαν λιμνοθαλάσσια περιβάλλοντα ιζηματογένεσης. Η λεκάνη αυτή ελεγχόταν από ΑΒΑ διεύθυνσης κανονικά ρήγματα και από ρήγματα μετασχηματισμού (transfer faults) με διεύθυνση ΒΒΔ.

Στο Κατώτερο Πλειστόκαινο έχουμε αλλαγή της γεωμετρίας της λεκάνης. Τα κύρια ρήγματα που ελέγχουν τότε την λεκάνη είναι κανονικά, λιστρικά με ΔΒΔ διεύθυνση ενώ τα μετασχηματισμού που την τροποποιούν έχουν διεύθυνση ΒΒΑ. Επιπλέον σύγχρονα με τα παραπάνω υπάρχει και μία ζώνη μετασχηματισμού με κανονικά ρήγματα ΒΑ διεύθυνσης.

Η δράση της ζώνης μετασχηματισμού είχε σαν αποτέλεσμα την υποδιαίρεση της κύριας αυτής Κορινθιακής λεκάνης σε τρεις υπολεκάνες: στην κύρια υπολεκάνη της Κορίνθου η οποία είχε μεγάλο βάθος και πλάτος, στη δευτερεύουσα υπολεκάνη της Πάτρας με μικρό βάθος και πλάτος και στην υπολεκάνη του Ρίου η οποία ήταν στενή και ρηχή.

Κατά μήκος της υπολεκάνης της Κορίνθου στη διάρκεια του Πλειστόκαινου παρατηρείται ασύμμετρη τεκτονική βύθιση με μέγιστη τιμή στα ανατολικά. Έτσι αναπτύσσονται τρία διαφορετικά περιβάλλοντα ιζηματογένεσης, το ένα δυτικά, στο Αίγιο, το δεύτερο πιο

κεντρικά στην περιοχή της Εβροστίνης και το τρίτο Ανατολικά, στην Κόρινθο. Το τεκτονικό καθεστώς που επικρατούσε στην υπολεκάνη της Κορίνθου είναι πιο ασθενές σε σχέση με τις υπολεκάνες του Αιγίου και της Εβροστίνης.

Στο Κατώτερο Πλειστόκαινο οι συνθήκες ήταν παρόμοιες με αυτές του Άνω Πλειόκαινου, οπότε είχαμε την απόθεση λιμνοθαλάσσιων μαργών. Κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο όμως οι συνθήκες ιζηματογένεσης άλλαξαν και έτσι πάνω από τις μάργες αποτέθηκαν κροκαλοπαγή Καλάβριας ηλικίας (Dercourt, 1964), τα οποία στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας αποτέθηκαν με την μορφή χερσαίων αλουβιακών ριπιδίων ενώ στο βόρειο τμήμα με την μορφή δελταϊκών ριπιδίων τύπου Gilbert σε εναλλαγές με λεπτομερής φάσεις. Την απόθεση των κροκαλοπαγών ακολούθησε η απόθεση θαλάσσιων αναβαθμίδων (terraces) του Τυρρήνιας ηλικίας. Οι θαλάσσιες αυτές αναβαθμίδες παρουσιάζουν επιφανειακή εμφάνιση κυρίως νοτίως και παραπλεύρως της εθνικής οδού Κορίνθου-Πατρών και διακρίνονται σε πέντε διαφορετικές φάσεις:

- α) Συμπαγή κροκαλοπαγή
- β) Πηλός με ελασματώσεις και βιοαναμοχλεύσεις
- γ) Ωολιθικοί ψαμμίτες
- δ) Εγκάρσιοι αμμόλοφοι
- ε) Λιμνοθαλάσσιες μάργες

Η αναλυτική στρωματογραφία των μεταλλικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης αναπτύσσεται παρακάτω.

α) Σειρά μαργών

Πρόκειται για αποθέσεις υφάλμυρης έως λιμναίας φάσης πλειοπλειστοκαινικής ηλικίας με επικράτηση της λιμναίας φάσης στα ανώτερα τμήματα της σειράς (Zelilidis, 2000).

Σύμφωνα με τις γεωλογικές τομές των γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή κατά το παρελθόν ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από υποκίτρινες έως λευκές, ενίοτε ανοικτότεφρες ή κυανίζουσες μάργες με παρεμβολές κατά περιοχές ψαμμιτών, ψηφιτοπαγών, κροκαλοπαγών και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Απαντώνται σε ολόκληρη τη λοφώδη περιοχή και επεκτείνονται και προς τα βόρεια αποτελώντας το υπόβαθρο των προσχωματικών και νεότερων αποθέσεων της παραλιακής πεδινής ζώνης μεταξύ Κορίνθου και Κιάτου.

β) Καλάβρια κροκαλοπαγή αλουβιακών ριπιδίων.

Πρόκειται για συνεκτικά κροκαλοπαγή με ευρύ κοκκομετρικό φάσμα και πτωχή διαβάθμιση αποτελούμενα κυρίως από ασβεστολιθικές κροκάλες αλλά και γωνιώδη τεμάχια διαφόρων μεγεθών. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά τους φανερώνουν ότι αποτέθηκαν σε αλουβιακό περιβάλλον υψηλής ενέργειας.

γ) Καλάβρια κροκαλοπαγή δελταϊκών ριπιδίων.

Συνακτικά κροκαλοπαγή με απόστρογγυλωμένες κροκάλες μεγέθους μέχρι 4 εκατοστά με χαρακτηριστική διασταυρούμενη στρώση και

ενστρώσεις άμμων και αργίλων. Από τα παραπάνω συνάγεται ότι αποτέθηκαν σε δελταϊκό περιβάλλον με χαρακτηριστικά δελταϊκών ριπιδίων τύπου Gilbert.

δ) Τυρρήνιες αναβαθμίδες

Αποτελούνται από συνεκτικές αποθέσεις, κυρίως θαλάσσιες και παράκτιες, δηλαδή από κροκαλοπαγή, κροκάλες, λατύπες, άμμους και ψηφίδες, με κατά τόπους ενδιαστρώσεις μαργών. Το πάχος τους κυμαίνεται από 5 έως 20 μ., τα υλικά είναι τοποθετημένα σε οριζόντια στρώματα και εμφανίζονται επιφανειακά κατά μήκος ζωνών με διεύθυνση Α-Δ, αμέσως νότια της εθνικής οδού Κορίνθου-Πατρών. Αυτοί οι σχηματισμοί υπέρκεινται των πλειστοκαινικών μαργών. Η σημερινή μορφολογία τους και η τοποθέτησή τους στο χώρο αποδίδεται σε σύστημα κλιμακωτών ρηγμάτων με γενική διεύθυνση Α-Δ η οποία προς τα ανατολικά σταδιακά μεταπίπτει σε ΒΔ- ΝΑ. Έτσι εμφανίζονται βόρεια εκατέρωθεν των ρηγμάτων ενώ στις περιοχές νότια των ρηγμάτων δεν εμφανίζονται αφού αυτά έχουν διαβρωθεί. Οι τυρρήνιες αναβαθμίδες κατά περιοχές καλύπτονται από κολουβιακές αποθέσεις και από προσχώσεις σημαντικού πάχους στην παραλιακή πεδινή ζώνη.

Οι κολουβιακοί σχηματισμοί που αποτελούνται από κοκκινοχώματα, αργιλούχα υλικά, πηλούς και ιλυοαμμούχους πηλούς που προέρχονται από την εξαλλοίωση των σχηματισμών του Τυρρήνιου και του Πλειόκαινου. Εμφανίζονται κατά μήκος της γραμμής που ορίζει η επιφανειακή ανάπτυξη των Τυρρήνιων αναβαθμίδων και των Πλειοκαινικών σχηματισμών καλύπτοντας τις επιφάνειες επιπέδωσης που δημιουργούνται στη ζώνη νότια των αναβαθμίδων.

ε) Ερυθρά αργιλομιγής άμμος

Υλικό που υπέρκειται των τυρρήνιων σχηματισμών και πιθανά πρόκειται για παλαιές παράκτιες αποθέσεις διότι περιέχει μικρά θαλάσσια απολιθώματα. Έχει πάχος 5-10 μ. και αναπτύσσεται νότια και ανατολικά της Κορίνθου και βόρεια του Λεχαιού όπου παρουσιάζεται επιφανειακά αποσαθρωμένο σχηματίζοντας ελεύθερη άμμο.

ζ) Σύγχρονες αλουβιακές αποθέσεις πεδινών περιοχών.

Υλικά αποσάθρωσης και εξαλλοίωσης παλαιότερων σχηματισμών που έχουν μεταφερθεί από μικρή σχετικά απόσταση. Πρόκειται για χαλαρά έως ελαφρά συνδεδεμένα υλικά αποτελούμενα συνήθως από άμμους, αργίλους, πηλούς και κροκάλες σε μίγματα επί το πλείστον ποικίλων αναλογιών. Καλύπτουν σχεδόν όλη την πεδινή περιοχή από το Λέχαιο έως το Κιάτο σε ζώνη που εκτείνεται από την παραλία έως περίπου τον άξονα της εθνικής οδού Κορίνθου-Πατρών αλλά και όλη την έκταση των πεδινών περιοχών Νεμέας και Αγίου Βασιλείου-Σπαθοβουνίου.

η) Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα

Συντίθενται από χαλαρές έως συνεκτικές και καλά συγκολλημένες αποθέσεις, αποτελούμενες κυρίως από άμμους, χάλικες, κροκάλες και λατύπες.

θ) Σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί

Αποτελούνται από χαλαρούς και ασύνδετους άμμους και κροκάλες

ενώ κατά θέσεις τα υλικά αυτά είναι καλά συγκολλημένα. Εμφανίζονται σε όλη την παραλιακή έκταση από το Λέχαιο έως τις εκβολές του Ασωπού σε ζώνη πλάτους 5-10μ.

ι) Σύγχρονες αποθέσεις κοίτης

Πρόκειται για αποθέσεις χειμάρρων που αποτελούνται από πολύμικτα αδρομερή υλικά κυρίως άμμους, κροκάλες και λατύπες. Τα υλικά αυτά είναι συνήθως χαλαρά έως ελαφρά συνδεδεμένα και αναπτύσσονται εντός και εκτός της κοίτης των κυριοτέρων χειμάρρων της περιοχής, σχηματίζοντας σε ορισμένες περιπτώσεις αναβαθμίδες μικρού πάχους.

Η γεωγραφική οριοθέτηση των γεωλογικών σχηματισμών καθώς και μια χαρακτηριστική γεωλογική τομή εγκάρσια στην περιοχή έρευνας παρουσιάζονται στην εικόνα 5.

1.3.2 Αποτελέσματα υδρογεωλογικής επισκόπησης

Στα πλαίσια της υδρογεωλογικής επισκόπησης χαρτογραφήθηκαν και οριοθετήθηκαν οι υδρολογικές λεκάνες και οι διάφοροι τύποι υδροφόρων της περιοχής έρευνας και συλλέχθηκαν στοιχεία από τομές γεωτρήσεων και αντλητικές δοκιμασίες τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της γεωλογικής επισκόπησης για την λεπτομερή υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής έρευνας η οποία πραγματοποιήθηκε σε επόμενη φάση.

Πιο συγκεκριμένα η περιοχή έρευνας διαχωρίστηκε σε οκτώ υδρολογικές λεκάνες Ξεριά, Ράχιανης, Ζαπάντη, Ασωπού, Ελισσώνα, Κυρίλλου, Σέλιανδρου και την παράκτια περιοχή Εξαμιλίων-Κορίνθου. ενώ οι τρεις κυριότεροι τύποι υδροφόρων είναι οι προσχωματικοί υδροφόροι του Ολοκαίνου, οι υδροφόροι των θαλάσσιων και ποτάμιων αναβαθμίδων του Πλειστοκαίνου και οι υδροφόροι των κροκαλοπαγών του Πλειο-Πλειστοκαίνου.

1.4 Συλλογή ταξινόμηση και αρχική αξιολόγηση όλης της πρόσφατης διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορά στο ευρύτερο ερευνητικό πεδίο του έργου.

Από την βιβλιογραφική έρευνα γύρω από τα ερευνητικά αντικείμενα του προγράμματος συγκεντρώθηκε ένα πλήθος βιβλιογραφικών αναφορών της τελευταίας κυρίως δεκαετίας οι οποίες αφού κατατάχθηκαν στα επιμέρους ερευνητικά αντικείμενα μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν έτσι

ώστε να διαμορφωθεί μια τελική στρατηγική για την επίτευξη των ερευνητικών στόχων του προγράμματος. Οι σημαντικότερες από τις αναφορές αυτές παρατίθενται στο κεφάλαιο 3.

1.5 Συμπεράσματα 1^{ου} Κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε η ακριβής οριοθέτηση της περιοχής έρευνας με γεωλογικά – υδρογεωλογικά κριτήρια εντός διοικητικών ορίων(Κιάτο , Κόρινθος) .Η περιοχή περιλαμβάνει οκτώ υδρογεωλογικές λεκάνες, πεδιάδες, κοιλάδες ή και παράκτιες περιοχές , στις οποίες συλλέγεται το νερό που απορρέει από θέσεις με μεγαλύτερο υψόμετρο.

Αυτό πραγματοποιήθηκε με τη συλλογή , τη μελέτη και αξιολόγηση προγενέστερων ερευνών .

Οι έρευνες αυτές αφορούν την γεωλογική δομή , την υφιστάμενη ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδάτινων πόρων , τις υδρογεωλογικές και υδροχημικές συνθήκες ,τις πηγές και την διάχυση των ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά και τέλος τις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της υφιστάμενης κατάστασης των υδάτινων πόρων στην περιοχή έρευνας.

Γίνεται αναφορά στη πλήρη εδαφολογική σύσταση και γεωλογική μετάλλαξη της περιοχής μελέτης με σκοπό να γίνει γνωστή η δημιουργία του παρόντος ανάγλυφου του Νομού Κορινθίας. Το πώς δηλαδή με την πάροδο των χρόνων σχηματίστηκαν οι υδρογεωλογικές λεκάνες , οι κοιλάδες και οι ορεινοί όγκοι , ως αποτέλεσμα τεκτονικών μετακινήσεων.

Επιπλέον σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται η διάκριση του γεωλογικού υπόβαθρου στα διάφορα ορυκτά .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

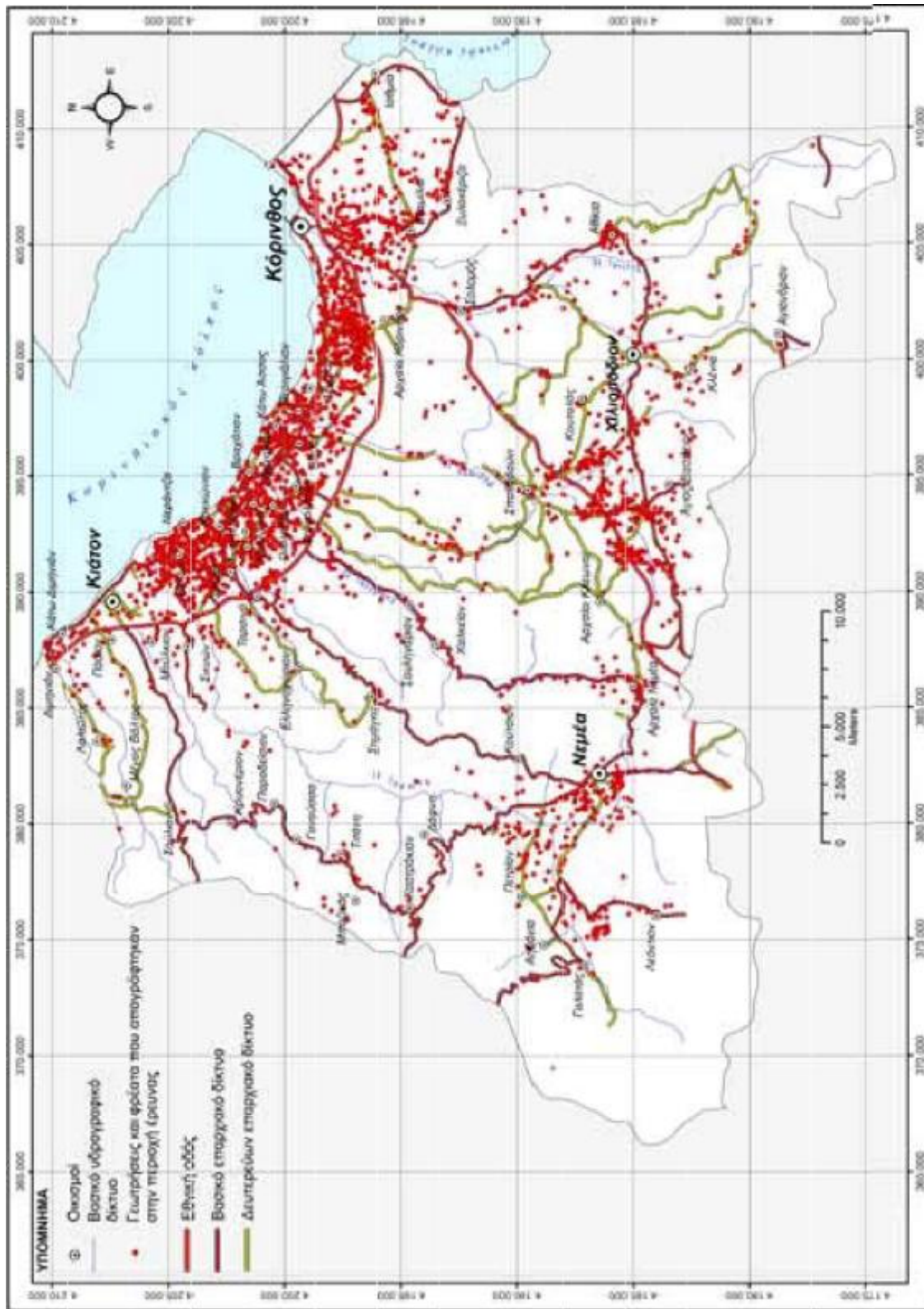
**Φάση επιλογής μεθοδολογιών και θέσεων μετρήσεων και δειγματοληψιών-
βασική υδρογεωλογική έρευνα .**

2.1 Απογραφή των σημείων ύδατος της περιοχής έρευνας (Γεωτρήσεις, φρέατα, πηγές) και δημιουργία του αντίστοιχου μητρώου σημείων αντλήσεως υπόγειου νερού

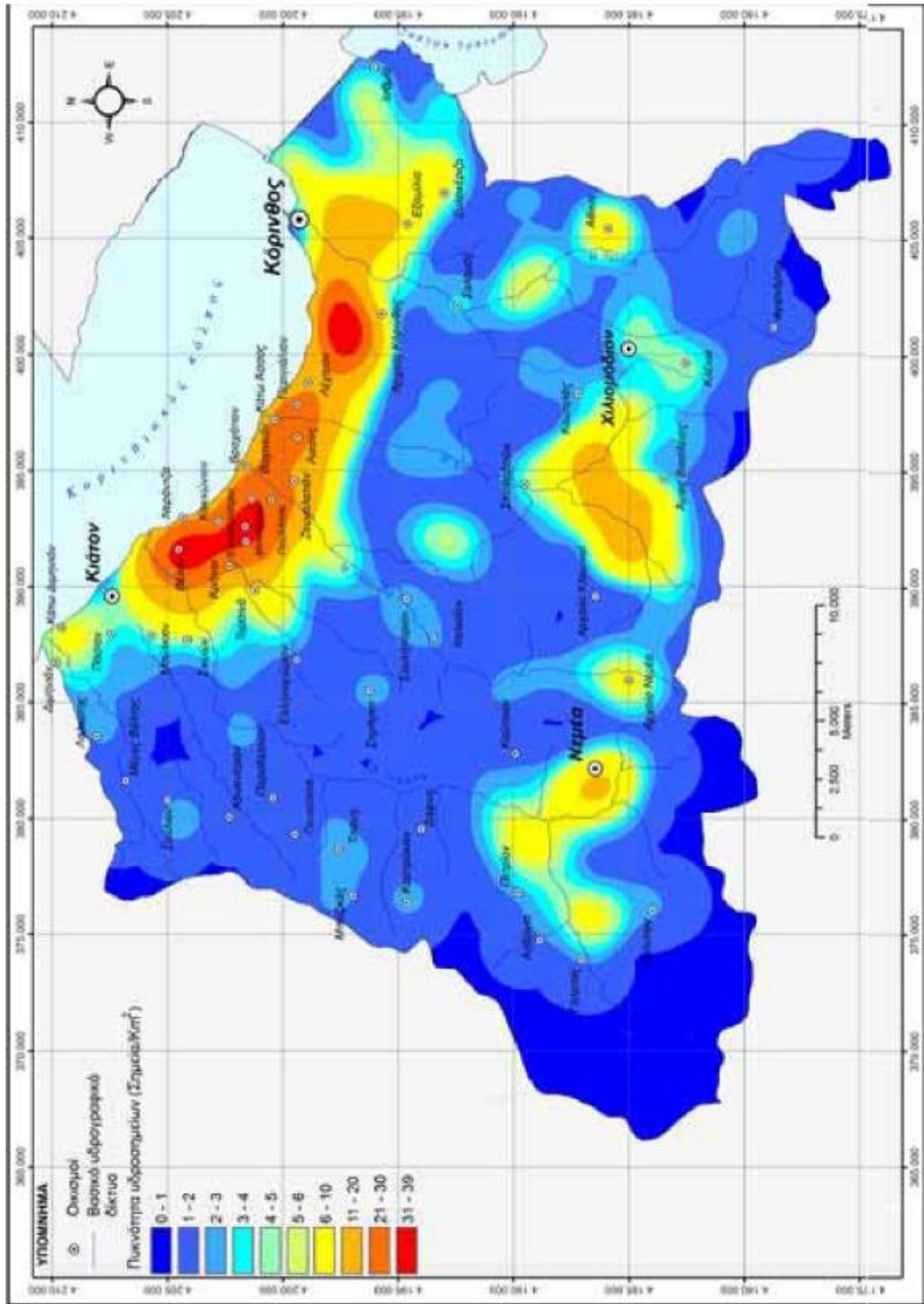
Στα πλαίσια της φάσης αυτής πραγματοποιήθηκε απογραφή των κυριότερων από πλευράς δυναμικότητας και χρήσης σημείων ύδατος της περιοχής έρευνας και συλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με το καθεστώς εκμετάλλευσης των σημείων αυτών. Πρόκειται για γεωτρήσεις και πηγές η εκμετάλλευση των οποίων ανήκει κυρίως σε δήμους και αρδευτικούς συνδέσμους αλλά και ιδιώτες. Συνολικά απογράφηκαν 2926 γεωτρήσεις και φρέατα και 318 πηγές. Στον χάρτη της εικόνας 6 παρουσιάζονται οι θέσεις των γεωτρήσεων και φρεάτων ενώ οι πηγές παρουσιάζονται στον υδρολιθολογικό χάρτη της εικόνας 8. Όπως παρατηρούμε οι πηγαίες εκφορτίσεις συγκεντρώνονται κυρίως στα όρια των κροκαλοπαγών του Πλειστοκαίνου όπου δηλαδή οι υψηλής δυναμικότητας υδροφόροι των κροκαλοπαγών έρχονται σε επαφή με τις υποκείμενες Μάργες του Πλειοκαινού που όπως προαναφέρθηκε μπορεί να θεωρηθούν πρακτικά αδιαπέρατος σχηματισμός.

Εντός του σχηματισμού αυτού βέβαια παρατηρούνται αρκετές πηγές μικρής δυναμικότητας και κατά κανόνα διαλείπουσες, γεγονός που φανερώνει τη ύπαρξη περιορισμένης υδροφορίας εντός φακών και στρώσεων αδρομερών υλικών.

Στον χάρτη της εικόνας 7 παρουσιάζεται η πυκνότητα των γεωτρήσεων-φρεάτων στην περιοχή έρευνας. Όπως φαίνεται από τον χάρτη αυτό η μεγαλύτερη πυκνότητα υδροσημείων παρατηρείται κυρίως στον παράκτιο προσχωματικό υδροφόρο (10-40 σημεία/Km²) αλλά και στους προσχωματικούς υδροφόρους Νεμέας και Αγίου Βασιλείου-Σπαθοβουνίου (520σημεία/Km²). Η πυκνότητα αυτή αντικατοπτρίζει τις ισχυρές πιέσεις που δέχονται οι υδροφόροι αυτοί, οι οποίοι παρά την υψηλή τους δυναμικότητα και την καλή τους τροφοδοσία βρίσκονται σε οριακές συνθήκες λόγω της υπεράντλησης.



Εικόνα6. Χάρτης απογεγραμμένων υδροσχημάτων(γεωτρήσεις και φρέατα) της περιοχής έρευνας.



Εικόνα 7. Χάρτης κατανομής της πυκνότητας των απογεγραμμένων υδροσχημίων (γεωτρήσεις και φρέατα) στην περιοχή έρευνας.

2.2 Λεπτομερής υδρογεωλογική έρευνα

Στα πλαίσια της λεπτομερούς υδρογεωλογικής έρευνας πραγματοποιήθηκε σύνθεση όλων των στοιχείων που συλλέχθηκαν στην φάση 1 και με βάση αυτά έγινε η υδρολιθολογική και υδραυλική κατάταξη των σχηματισμών και η γεωγραφική οριοθέτηση των υδροφόρων. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται αναλυτικά

τα

υδρολιθολογικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά των διαφόρων σχηματισμών ενώ στον χάρτη της εικόνα 8 παρουσιάζεται η γεωγραφική οριοθέτηση των υδρολιθολογικών ενοτήτων. Πιο συγκεκριμένα και βάση της κατάταξης που προτείνει η Διεθνής Ένωση Υδρογεωλόγων διακρίθηκαν οι παρακάτω υδρολιθολογικές ενότητες

1. Πορώδη (κυρίως μη συνεκτικά) πετρώματα

1α. Εκτεταμένοι και με υψηλή απόδοση υδροφόροι

Σύγχρονες αλουβιακές αποθέσεις πεδινών περιοχών.

Τα σύγχρονα προσχωματικά υλικά που συναντάμε στην πεδινή ζώνη έχουν πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 30 έως 60 m και μεταβάλλεται σημαντικά στο χώρο. Αποτελούνται από άμμους, κροκάλες, λατύπες καθώς επίσης και από λεπτομερή αργιλοαμμώδη και πηλοαμμώδη υλικά.

Με βάση την μελέτη υπαρχουσών λιθολογικών τομών από γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στην περιοχή, παρατηρείται ότι παρουσιάζουν έντονη ανομοιογένεια και ανισοτροπία με πλευρικές λιθολογικές μεταβάσεις που άλλοτε είναι προοδευτικές κι άλλοτε απότομες.

Είναι όμως δυνατόν να αναγνωριστεί κάποια γενική λιθολογική ομοιομορφία προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Από αδρομερή συστατικά στη νότια περιοχή προς λεπτομερή στη βόρεια. Πιο απότομη μετάβαση προς λεπτομερή υλικά παρατηρείται όταν απομακρυνόμαστε από τις σύγχρονες κοίτες των ποταμών προς τις περιοχές που βρίσκονται μεταξύ τους.

Πρόκειται για υδροπερατές αποθέσεις μέσα στις οποίες εμφανίζεται η κύρια υδροφορία της πεδινής ζώνης με φρεάτιο χαρακτήρα και τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας που κυμαίνονται από 8,64 έως 69,12 m/day. Παρά το γεγονός της ανομοιογένειας στα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά κρίθηκε σκόπιμο η πεδινή παράκτια περιοχή να θεωρηθεί ως μία ενιαία υδρογεωλογική μονάδα.

Σύγχρονες αποθέσεις κοίτης

Οι σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων λόγω του ότι αποτελούνται από αδρομερή υλικά κυρίως λατύπες και κροκάλες οι οποίες κατά θέσεις σχηματίζουν αναβαθμίδες μικρού πάχους είναι υδροπερατές και χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικές υδραυλικές παραμέτρους ανάλογες η και μεγαλύτερες εκείνων των αλουβιακών αποθέσεων με συνέπεια εντός αυτών να αναπτύσσονται συχνά φρεάτιοι ορίζοντες (Κουμαντάκης, 1999). Ο ρόλος των αποθέσεων αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντικός στη λειτουργία και εξέλιξη του υδροφόρου συστήματος της πεδινής ζώνης αφού μέσω

αυτών διακινούνται σημαντικές ποσότητες νερού οι οποίες το τροφοδοτούν με υπόγειες πλευρικές μεταγίσεις.

1β. Τοπικοί ή μικρού πάχους υδροφόροι με υψηλή απόδοση ή εκτεταμένοι αλλά μέτριας απόδοσης υδροφόροι.

Τυρρήνιες αναβαθμίδες

Οι αποθέσεις αυτές συμπεριλαμβάνονται στις υδροπερατές αποθέσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί εξαπλώνονται νότια της εθνικής οδού και έχουν πολύ μεγάλη σημασία για την τροφοδοσία της πεδινής ζώνης αφού βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία μ' αυτή. Οι Τυρρήνιες αναβαθμίδες όπως αναφέρθηκε έχουν μικρό πάχος και υπέρκεινται των Πλειστοκαινικών μαργών. Εκεί όπου οι Τυρρήνιες αποθέσεις έχουν σημαντική εξάπλωση στην επαφή τους με τις μάργες εμφανίζονται περιοδικές μικροαναβλύσεις. Τμήματα των Τυρρήνιων σχηματισμών διατρήθηκαν από γεωτρήσεις στην πεδινή ζώνη λόγω όμως διαβρωτικών διεργασιών οι τυρρήνιοι σχηματισμοί δεν εμφανίζονται να υπέρκεινται των πλειστοκαινικών μαργών σε όλες της λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων της πεδινής ζώνης.

Ο σχηματισμός αυτός μαζί με τις επικαλύψεις του μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία αυτόνομη υδρογεωλογική ενότητα αφού τόσο οι λιθολογικοί χαρακτήρες όσο και η γενικότερη υδρογεωλογική συμπεριφορά που εμφανίζει τον διαφοροποιεί σημαντικά από τις άλλες ενότητες, ειδικά αυτής των πεδινών προσχώσεων. Παρουσιάζει μέτρια υδραυλικά χαρακτηριστικά με τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας γύρω στα 2 m/day.

Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων

Πρόκειται για υδροπερατές αποθέσεις, με πάχος των οποίων εκτιμάται ότι είναι περιορισμένο και στις οποίες αναπτύσσεται περιορισμένη φρεατία υδροφορία με τοπικό μόνο ενδιαφέρον. Ο ρόλος τους είναι σημαντικός διότι αποτελούν ζώνη τροφοδοσίας με πλευρική

μετάγγιση για τους υποκείμενους σχηματισμούς της πεδινής ζώνης. Στην πεδινή ζώνη μαζί με τις σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων και τα αλουβιακά υλικά της πεδινής ζώνης αναπτύσσουν ενιαία υδροφορία.

2. Συνεκτικά πετρώματα με δευτερογενή περατότητα – κυρίως ανθρακικά.

2α. Εκτεταμένοι και με υψηλή απόδοση υδροφόροι.

Ασβεστόλιθοι των ζωνών Υποπελαγονικής, Γαβρόβου-Τριπόλεως και Ωλονού-Πίνδου

Πρόκειται για ολοκαρστικούς σχηματισμούς στην περίπτωση της Υποπελαγονικής και της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως και για μερικώς καρστικούς σχηματισμούς στην ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Εντός των σχηματισμών αυτών αναπτύσσεται μεγάλης δυναμικότητας υδροφορία με δευτερογενή περατότητα που κυμαίνεται από 0,34-775,6 m/day και πάχος που μπορεί να ξεπεράσει τα 400 μέτρα.

Οι σχηματισμοί των ζωνών Γαβρόβου-Τριπόλεως και Ωλονού-Πίνδου καταλαμβάνουν μικρό τμήμα στο νοτιοδυτικό άκρο

της περιοχής έρευνας σε ορεινή και αραιοκατοικημένη περιοχή ως εκ τούτου η πρακτική σημασία τους περιορίζεται στην πλευρική τροφοδοσία που παρέχουν στους παρακείμενους σχηματισμούς των κροκαλοπαγών.

Οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής καταλαμβάνουν επίσης μικρό τμήμα στο νοτιοανατολικό άκρο της περιοχής έρευνας και παρουσιάζουν εκτενή φαινόμενα υφαλμίρυνσης λόγω της ανοιχτής επικοινωνίας του σχηματισμού με τον Σαρωνικό κόλπο στα ανατολικά.

Ο Φλύσχος των ζωνών Γαβρόβου-Τριπόλεως και Ωλονού-Πίνδου

Μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά στεγανός σχηματισμός αν και σε ορισμένες περιπτώσεις εντός της ψαμμιτικής φάσης ή εντός κερματισμένων ζωνών μπορεί να φιλοξενεί υδροφορία ελάσσονος σημασίας.

3. Συνεκτικά και πορώδη πετρώματα με περιορισμένη ή μη, συγκέντρωση υπόγειων υδάτων – γενικά άνευ πρακτικής σημασίας.

3α. Τοπικής σημασίας υπόγεια νερά κυρίως σε ζώνες διάρρηξης και αποσάθρωσης συνεκτικών πετρωμάτων. Βαθύτεροι υδροφόροι με μέτρια ή υψηλή απόδοση δεν αποκλείονται

3β. Υδροφόροι χωρίς πρακτική σημασία ή μη υδροφόροι σχηματισμοί

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση

Πρόκειται για υδατοστεγανούς σχηματισμούς εντός των οποίων αναπτύσσονται φτωχές υδροφορίες στις περιοχές ανάπτυξης των ψαμμιτών, κερατολίθων, θρυμματισμένων οφιολίθων και στις ζώνες εξαλλοίωσης.

Μαργες

Η σειρά των μαργών είναι πρακτικά υδατοστεγανή με εξαίρεση τοπικού χαρακτήρα περιορισμένη υδροφορία που εμφανίζεται εντός των κοκκωδών ενστρώσεων δηλαδή των ψαμμιτών, των ψηφίτοπαγών και κροκαλοπαγών. Σε τμήματα του μέσου ρου του Ασωπού οι στρώσεις των κροκαλοπαγών, άμμων και ψαμμιτών έχουν ικανό πάχος επιτρέποντας έτσι την ανάπτυξη τοπικής υδροφορίας, η οποία αξιοποιείται από μικρό αριθμό γεωτρήσεων. Στην πεδινή ζώνη αποτελεί το αδιαπέραστο υπόβαθρο του ελεύθερου προσχωματικού υδροφόρου Το βάθος που απαντάται στην πεδινή ζώνη κυμαίνεται από 20m έως 60m. Κάτω από την σειρά των μαργών πιθανόν να αναπτύσσεται κάποια υπό πίεση υδροφορία αλλά οι υφιστάμενες γεωτρήσεις στην περιοχή δεν έχουν διατρέξει όλο το πάχος των μαργών το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνά τα 200 μέτρα.

2.3 Καταγραφή όλων των κλιματολογικών και υδρολογικών παραμέτρων της περιοχής έρευνας

Στα πλαίσια της μελέτης των υδρομετεωρολογικών δεδομένων συλλέχθηκαν στοιχεία σχετικά με βροχοπτώσεις, θερμοκρασία, υγρασία, ηλιοφάνεια, και ανέμους από έξι μετεωρολογικούς σταθμούς (Χαλκί, Σπαθοβούνι, Πετρίο, Αγ. Βασίλειος, Λεόντιο, Βέλο) για την περίοδο 1975-2004. Οι θέσεις και τα χαρακτηριστικά των σταθμών αυτών δίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Θέσεις και χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής έρευνας.

Όνομα σταθμού	Φορέας	Περίοδος λειτουργίας	Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ 87)		Υψόμετρο
Βέλο	ΕΜΥ	1975 - 2004	391621	4204518	20
Χαλκείο	Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ	1975 - 2003	387822	4193458	208
Πετρίο	Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ	1975 - 2003	376828	4189795	328
Λεόντιο	Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ	1975 - 2002	376038	4184002	340
Σπαθοβούνι	Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ	1975 - 2003	394417	4189507	126
Αγ. Βασίλειος	Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ	1975 - 2003	394643	4183477	315

2.3.1 Ομογενοποίηση βροχομετρικών δεδομένων

Οι μεταβολές κάποιων τεχνικών-γεωμετρικών χαρακτηριστικών των βροχομετρικών σταθμών μπορούν να προκαλέσουν μια συστηματική μεταβολή στις παρατηρήσεις οι οποίες πλέον μετατρέπονται σε ακατάλληλες για επεξεργασία. Για να εξασφαλιστεί λοιπόν η ομοιογένεια των δεδομένων όλων των σταθμών της περιοχής έρευνας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καμπύλης διπλής μάζας, κατά την οποία οι αθροιστικές ετήσιες τιμές βροχόπτωσης ενός σταθμού συγκρίνονται με τη μέση αθροιστική βροχόπτωση μιας ομάδας γειτονικών σταθμών, οι οποίοι είναι μεταξύ

τους ομοιογενείς. Εφόσον δεν υπάρχει άλλη επίδραση εκτός αυτής των κλιματολογικών μεταβολών η καμπύλη είναι ευθεία.

Η εφαρμογή της ανάλυσης της διπλής μάζας στους βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας έδειξε ότι όλοι οι σταθμοί είναι ομοιογενείς, αφού τα σημεία όλων των γραφημάτων προσομοιώνονται από μία ευθεία γραμμή.

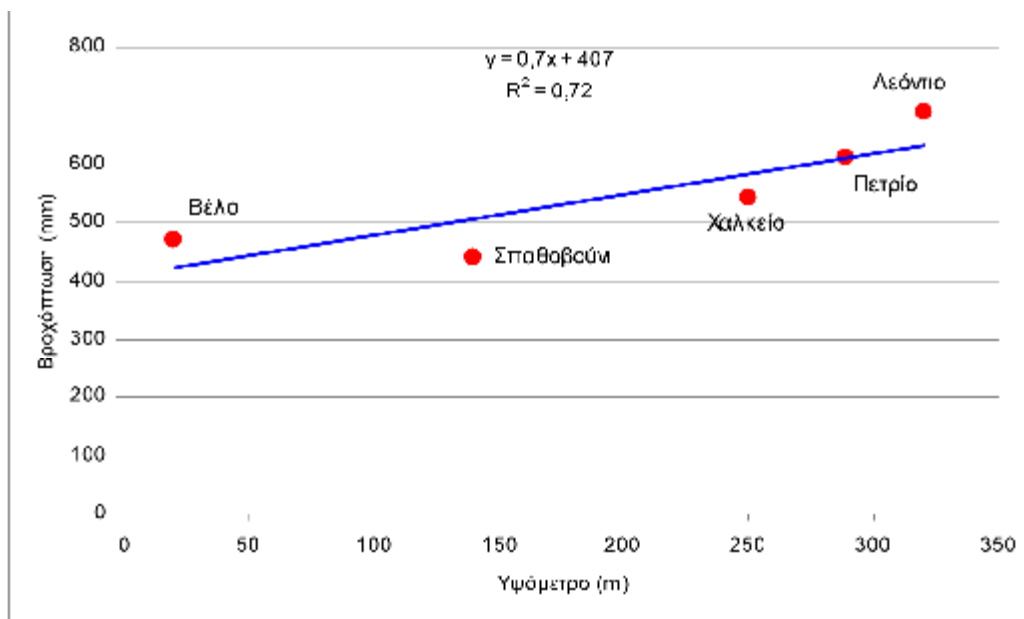
Ο βασικότερος παράγοντας που επηρεάζει το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης μιας περιοχής είναι το υψόμετρο της επιφάνειας του εδάφους. Άλλοι παράγοντες μικρότερης όμως σημασίας θεωρούνται η έκθεση του σταθμού στις αέριες μάζες, ο προσανατολισμός και η υψομετρική διαφορά μεταξύ σταθμού και υψηλότερου σημείου από το σταθμό σε ακτίνα 5 μιλίων κ.ά. Εντούτοις, θεωρήθηκε ότι οι παράγοντες αυτοί δεν επιδρούν στη διαμόρφωση του ετησίου ύψους βροχόπτωσης και μοναδικό παράγοντα αποτελεί το υψόμετρο.

Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη είναι μία εξίσωση πρώτου βαθμού, της μορφής $y = ax + b$, με ανεξάρτητη μεταβλητή το απόλυτο υψόμετρο των σταθμών και εξαρτημένη μεταβλητή το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης. Η σχέση αυτή ονομάζεται εξίσωση της βροχοβαθμίδας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του βροχομετρικού χάρτη μιας περιοχής. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας της σχέσης αυτής γίνεται με τον υπολογισμό του συντελεστή προσαρμογής R των δύο μεγεθών, εφαρμόζοντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Η σχέση αυτή θεωρείται ικανοποιητική εφόσον ο συντελεστής προσαρμογής (R^2) είναι μεγαλύτερος από 0.7.

Από την εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή έρευνας προέκυψε ότι η βροχοβαθμίδα της περιοχής έρευνας (Εικόνα 9) είναι μία εξίσωση της μορφής:

$$y = 0.7 * x + 407 \quad (2.1)$$

όπου x είναι το υψόμετρο (m) και y μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης (mm). Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι το ύψος βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 70 mm ανά 100m υψομετρικής διαφοράς και το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο επίπεδο της θάλασσας είναι 407 mm.



Εικόνα9. Διάγραμμα συσχέτισης υψομέτρων και ύψους βροχής για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας

Ο συντελεστής προσαρμογής της παραπάνω εξίσωσης ανέρχεται σε 0.72 γεγονός που σημαίνει ότι το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες εκτός του υψομέτρου της περιοχής.

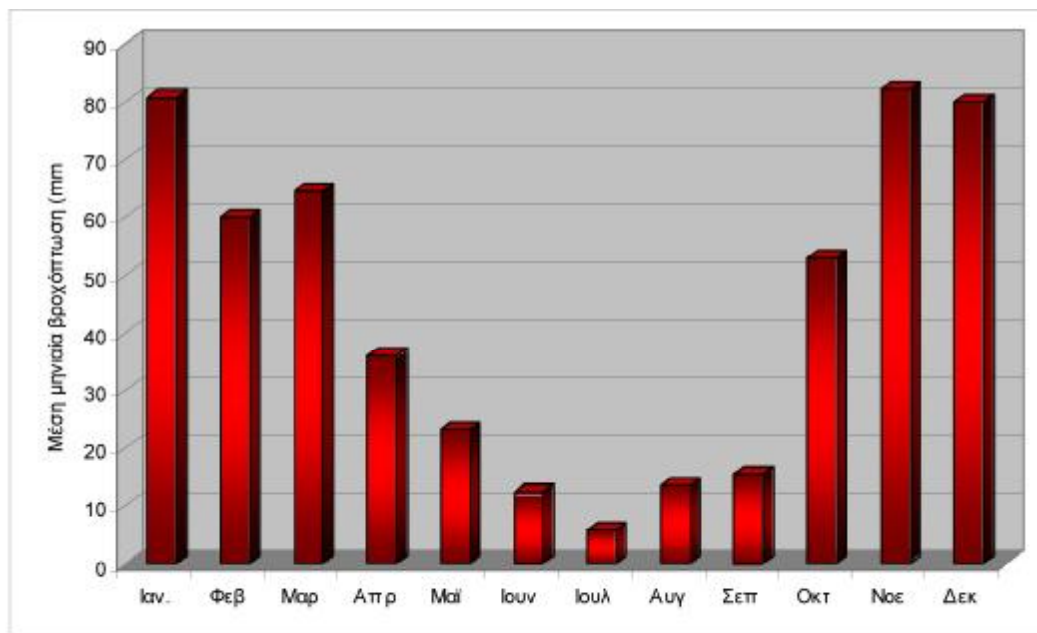
2.3.2 Μηνιαία πορεία των βροχοπτώσεων

Τα μέσα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης των σταθμών της περιοχής παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 2 και γραφικά στο διάγραμμα της εικόνας 10. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα ο πλέον υγρός μήνας του έτους είναι ο Νοέμβριος και ακολουθεί ο Δεκέμβριος και ο Ιανουάριος.

Πίνακας 2. Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης των μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής έρευνας.

Σταθμός	Ιαν.	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μια	Ιουν	Ιουλ.	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μέση Ετήσια
Πετρο	102,3	72,8	78,6	41,9	27,9	14,8	7,6	16,9	14,6	54,8	93,2	85,2	612
Αρόντιο	97,0	80,1	75,6	50,8	31,5	13,5	8,9	7,8	16,4	69,0	113,1	109,2	688
Χαλκείο	85,7	65,8	71,5	36,2	24,1	9,2	5,3	10,9	14,0	54,0	83,3	92,9	541
Βέλο	77,1	48,3	57,5	26,2	27,0	4,8	4,9	15,3	21,5	37,2	87,1	64,5	470
Σπαθιβούλα	51,0	47,8	48,3	30,2	16,2	14,5	5,7	10,9	16,5	56,1	58,4	64,1	440
Αγ. Βασίλειος	71,8	46,0	55,4	30,7	11,8	18,1	2,2	9,2	9,9	47,5	48,0	63,9	388
Μέσος	80,75	60,13	64,48	36,00	23,08	12,00	5,80	14,00	15,48	53,10	82,20	80,00	523

Αντίστοιχα, ο μήνας με τις λιγότερες βροχοπτώσεις, δηλαδή ο ξηρότερος μήνας, είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.



Εικόνα10. Διάγραμμα κατανομής των μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης για την περιοχή

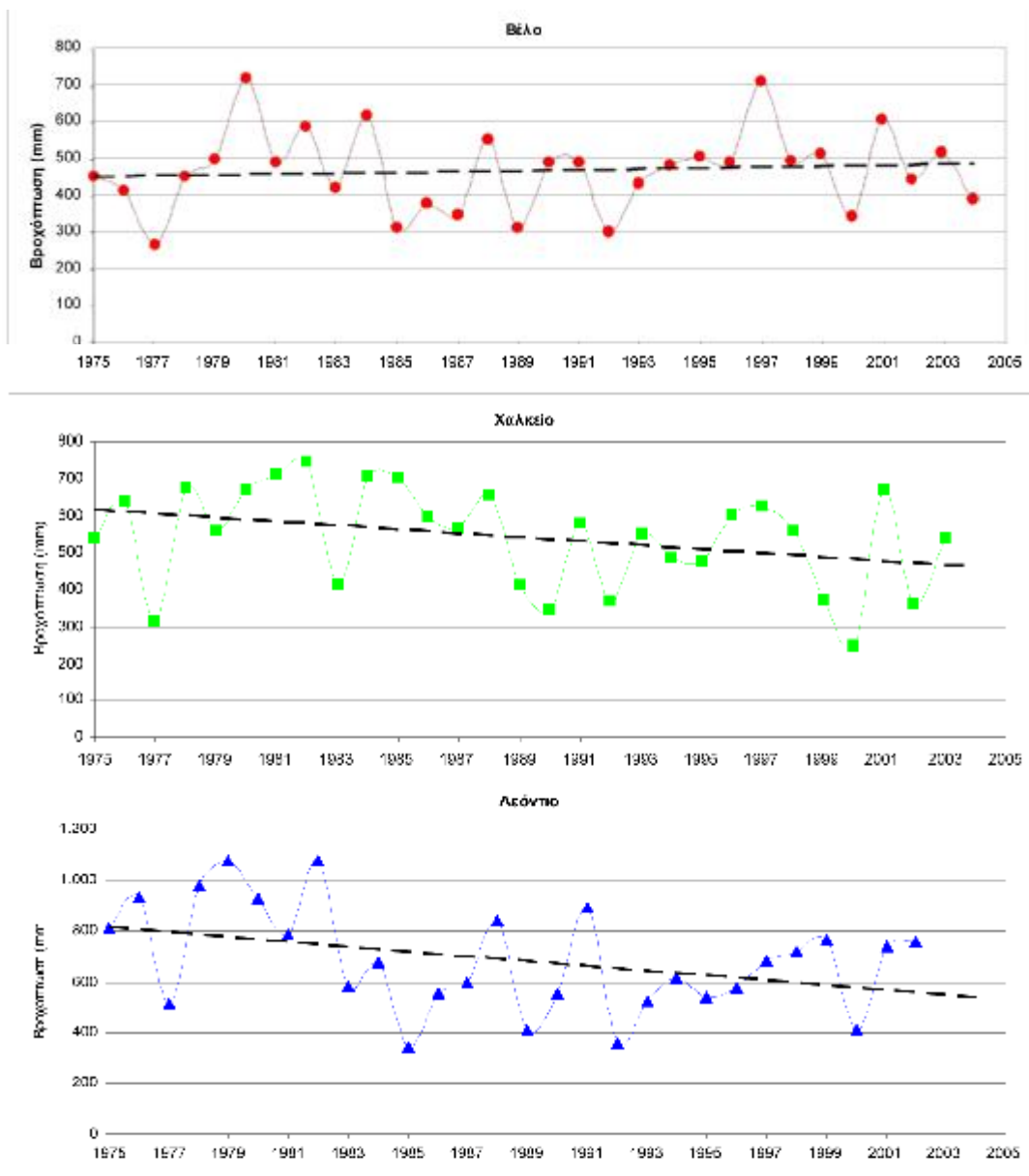
Όσον αφορά την εποχιακή κατανομή των βροχοπτώσεων το 55% του ετησίου ύψους συγκεντρώνεται στη χειμερινή περίοδο, το 13% στη φθινοπωρινή, το 22% στην εαρινή και μόλις το 10 % στη θερινή περίοδο.

2.3.4 Ετήσια πορεία των βροχοπτώσεων

Για την διερεύνηση της ετήσιας πορείας των βροχοπτώσεων στην περιοχή έρευνας εξετάστηκαν οι τάσεις που παρατηρούνται κατά την τελευταία εικοσαετία (1984 – 2004). Η ευθεία της τάσεως της χρονοσειράς προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Από τα διάγραμμα παρατηρείται ότι το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης του σταθμού του Βέλου αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο και ο ρυθμός αύξησης ανέρχεται σε 1,65 mm ανά έτος.

Η τάση είναι αντίστροφη για την ημιορεινή και ορεινή ζώνη της περιοχής έρευνας όπως προκύπτει από τα αντίστοιχα διαγράμματα των

σταθμών Χαλκείο και Λεόντιο και μάλιστα με τιμές 5,3 και 9,3 mm ανά έτος αντίστοιχα.



Εικόνα 11. Διαγράμματα ετήσιων τιμών βροχοπτώσεων και των αντίστοιχων τάσεων για τρεις σταθμούς της περιοχής έρευνας

2.3.5 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα θεωρείται ένα από τα κυριότερα κλιματολογικά στοιχεία, δεδομένου ότι αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες, που επηρεάζουν την τιμή της εξατμισοδιαπνοής. Η ημερησία μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ακολουθεί, με κάποια καθυστέρηση, την αντίστοιχη μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας καταγράφονται τις πρώτες απογευματινές ώρες και οι ελάχιστες τις πρώτες πρωινές πριν την ανατολή του ήλιου. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

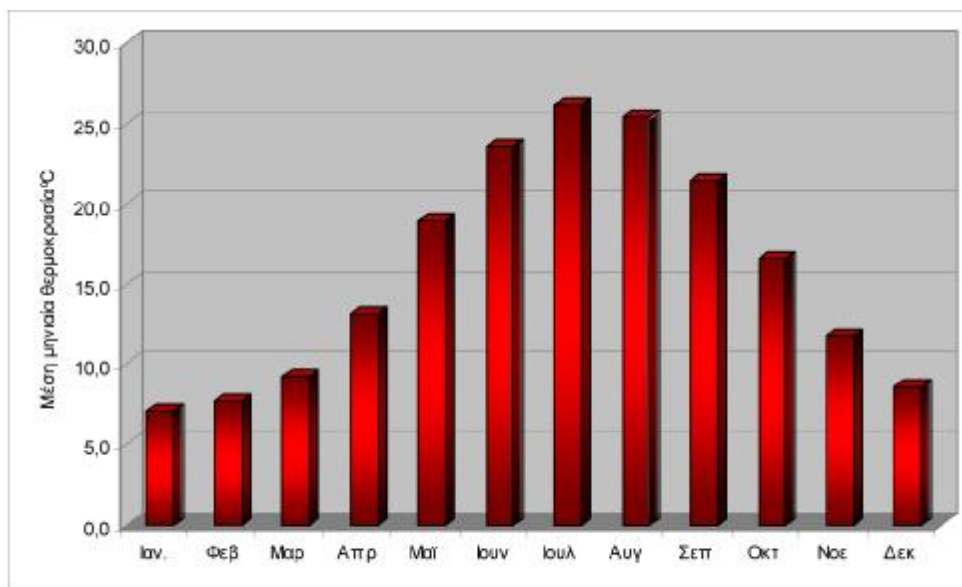
$$T_{\mu}=1/4 *(T_8+T_{14}+2*T_{20}) \quad (2.2)$$

όπου T_8 , T_{14} , T_{20} είναι οι αντίστοιχες τιμές της θερμοκρασίας τις ώρες που δείχνει ο δείκτης.

Η μικρότερη ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας στο σταθμό του Βέλου που παρατηρήθηκε το 1992 και ήταν -3.6 °C, στις 24 Ιανουαρίου 2004 ενώ η αντίστοιχη μέγιστη ημερήσια ήταν 42 °C στις 23 Ιουλίου 2002.

Η μέση μέγιστη και η μέση ελάχιστη ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας στο σταθμό του Βέλου για την περίοδο 1992 – 2005 ήταν $22,4$ °C και 11.76 °C αντίστοιχα.

Από τον πίνακα με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες φαίνεται ότι ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ υπάρχουν έτη κατά τα οποία ψυχρότερος μήνας είναι ο Φεβρουάριος. Ο θερμότερος μήνας για όλους τους σταθμούς είναι ο Ιούλιος ενώ ακολουθεί ο Αύγουστος.

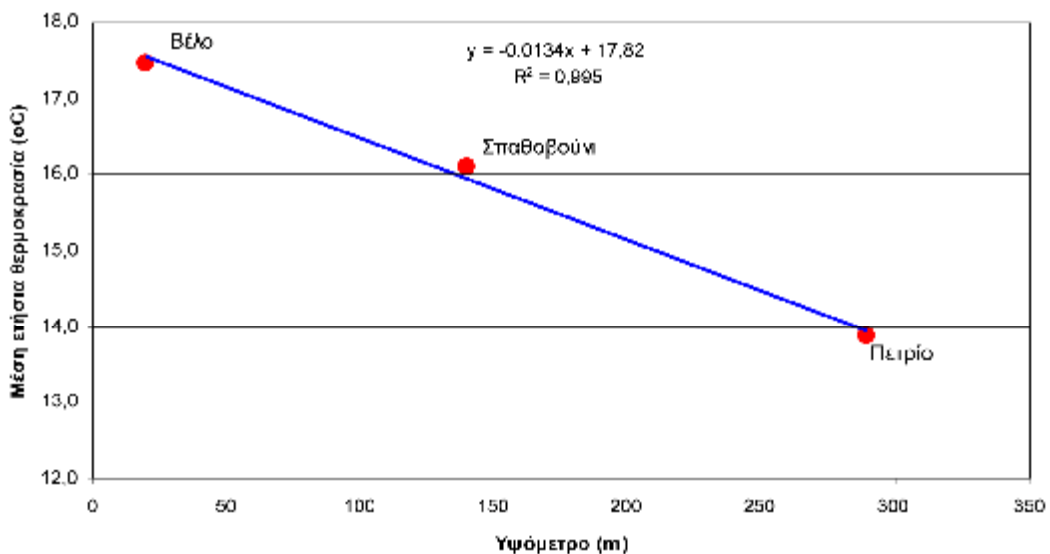


Εικόνα12. Διάγραμμα κατανομής τωνμέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας για την περιοχή έρευνας

Πίνακας 3. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας των μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής έρευνας.

ΣΤΑΘΜΟΣ	Ιαν.	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μέση Γ.τήσια
Βέλο	8,8	9,1	11,2	15,0	20,3	25,3	27,0	27,2	23,2	18,3	13,1	10,0	17,5
Σπαθοβούνι	7,4	8,4	10,3	13,7	18,8	23,2	26,2	25,3	21,9	17,0	12,1	8,8	16,1
Πετρίο	5,1	5,6	6,2	10,8	17,7	22,3	24,4	23,7	19,2	14,4	10,2	7,0	13,9
Μέσος	7,1	7,7	9,2	13,2	18,9	23,6	26,2	25,4	21,4	16,6	11,8	8,6	15,8

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα γενικά ελαττώνεται με το υψόμετρο. Ο ρυθμός της μεταβολής αυτής αποτελεί την «θερμοβαθμίδα». Για τον υπολογισμό της στον νομό Κορινθίας έγινε προσαρμογή στα δεδομένα της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας των σταθμών Βέλου, Σπαθοβουνίου και Πετρίου. Έτσι προκύπτει ότι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια την θάλασσας είναι 17,82 °C και η ελάττωση της είναι 1,34 °C ανά 100 m. Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας σε διάφορα υψόμετρα στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 13. Διάγραμμα συσχέτισης υψόμετρου και θερμοκρασίας για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής έρευνας

2.3.6 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην γη είναι σημαντική γιατί συντελεί στις μεταβολές της θερμοκρασίας και του αέρα και του εδάφους και επομένως επιδρά και στην εξάτμιση. Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει απευθείας στην επιφάνεια της γης όταν δεν παρεμβάλλεται κάποια νέφωση αποτελεί την άμεση ακτινοβολία, ενώ το μέρος εκείνο που διαχέεται στην ατμόσφαιρα και εν συνεχεία προσπίπτει στην επιφάνεια, αποτελεί την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία. Το άθροισμα της άμεσης με την διάχυτης αποτελεί την ολική ακτινοβολία. Όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος η ολική ακτινοβολία που φθάνει στην γη είναι η διάχυτη.

Μετρήσεις της ηλιακής ακτινοβολίας διατίθενται μόνο από το μετεωρολογικό σταθμό του Βέλου, οι μέσες μηνιαίες τιμές των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4. Μέση ημερήσια ανά μήνα ολική ηλιακή ακτινοβολία [cal/(cm² · day)] στο σταθμό Βέλου (περίοδος 1987 – 2004).

ΣΤΑΘΜΟΣ	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιο	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ.	Δεκ.
Βέλο	197,4	260,6	336,6	453,7	513,7	563,1	561	524,5	431,1	290,1	198,9	152,9

2.3.7 Ηλιοφάνεια

Η διάρκεια της ηλιοφάνειας για μια περιοχή είναι επίσης ένας παράγοντας που επηρεάζει την εξατμισοδιαπνοή, δεδομένου ότι η εξατμηση ευνοείται κάτω από συνθήκες ηλιοφάνειας, διότι τότε φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στοιχεία για την διάρκεια της ηλιοφάνειας έχουμε από το σταθμό του Βέλου για την περίοδο 1977-2004. Στον πίνακα 5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές διάρκειας ηλιοφάνειας ανά μήνα για τους σταθμούς της περιοχής έρευνας.

Όπως παρατηρούμε και η ηλιοφάνεια ακολουθεί την ίδια κατανομή με την θερμοκρασία παρουσιάζοντας μέγιστα τον μήνα Ιούλιο και ελάχιστα τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Το εύρος κύμανσης της παραμέτρου κυμαίνεται από 350 h 151 h για τον σταθμό Βέλου.

Πίνακας 5. Κατανομή της διάρκειας ηλιοφάνειας ανά μήνα για τον σταθμό της περιοχής έρευνας.

ΣΤΑΘΜΟΣ	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάιο	Ιουν.	Ιουλ.	Α.γ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.
Βέλο	157,6	144,1	184,9	223,9	271,4	315	337,4	340,4	273,2	195,7	151,1	120,8

2.3.8 Άνεμοι

Ο άνεμος, η οριζόντια δηλαδή κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα, λόγω διαφοράς στην ατμοσφαιρική πίεση μεταξύ δύο περιοχών, είναι μια ακόμα σημαντική παράμετρος για το υδρολογικό ισοζύγιο μιας περιοχής, αφού επηρεάζει άμεσα την εξατμισοδιαπνοή, αλλά και την ξηρότητα της ατμόσφαιρας. Για την περιοχή έρευνας συλλέχθηκαν στοιχεία για την ένταση και τη κατεύθυνση των ανέμων για τον σταθμό Βέλου, με την μορφή επί της εκατό συχνότητας εμφάνισης.

Στους πίνακες 6 και 7 παρουσιάζονται οι κατανομές κατευθύνσεων και ταχυτήτων ανέμων για τον σταθμό της περιοχής.

Πίνακας 6. Συχνότητα εμφάνισης % για την κατεύθυνση ανέμων του σταθμού της περιοχής έρευνας.

	Βόρειος	Β.Ανατολικός	Ανατολικός	Ν.Ανατολικός	Νότιος	Ν.Αρτικός	Αρτικός	Β.Αρτικός	Νηνεμία
Βέλο	5,861	14,379	9,78	3,974	7,926	3,711	2,492	5,346	46,521

Πίνακας 7. Συχνότητα εμφάνισης % για την ταχύτητα ανέμων σε κλίμακα Beaufort.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Βέλο	46,52	3,43	19,62	13,13	11,14	3,99	1,74	0,39	0	0	0	0

Όπως παρατηρούμε η περιοχή δεν χαρακτηρίζεται γενικά από ισχυρούς ανέμους, με τιμές ταχύτητας οι οποίες φθάνουν μέχρι τα 7 Beaufort, ενώ οι επικρατούσες διευθύνσεις τον σταθμό του Βέλου, όπου επικρατούν οι ΒΑ/κοι και οι ανατολικοί άνεμοι.

2.3.9 Ατμοσφαιρική υγρασία

Η ατμοσφαιρική υγρασία είναι η ποσότητα των υδρατμών που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Προέρχεται από τις διαδικασίες της εξάτμισης και της διαπνοής, αλλά η κύρια πηγή προέλευσης είναι η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια της θάλασσας. Αποτελεί ένα σημαντικό κλιματικό παράγοντα, διότι, εκτός του ότι επηρεάζει την εξάτμιση και τη διαπνοή των φυτών, αποτελεί την πηγή όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Οι παρατηρήσεις της ατμοσφαιρικής υγρασίας αναφέρονται στην σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Ως σχετική υγρασία (hr) ορίζεται η εκατοστιαία αναλογία της ποσότητας των υδρατμών που υπάρχουν σε κάποιο χώρο, προς την ποσότητα που θα μπορούσε ο χώρος αυτός να συγκρατήσει υπό κορεσμένες συνθήκες στην ίδια θερμοκρασία (Σακκάς, 1992).

Από τον πίνακα 8 φαίνεται ότι ο υγρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος και ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος.

Η μηνιαία κατανομή της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας του αέρα εμφανίζουν αντίθετη πορεία, δηλαδή οι μήνες με τη μέγιστη θερμοκρασία χαρακτηρίζονται από την ελάχιστη σχετική υγρασία και το αντίθετο.

Πίνακας 8 Μέση μηνιαία σχετική υγρασία (%) στον σταθμό Βέλο (περίοδος 1988 – 2004).

Σταθμός	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ετήσια
Βέλο (1988- 1997)	73.9	70.6	71.0	66.5	60.4	53.8	51.7	54.1	61.5	68.8	75.6	75.9	65.3

2.4 Επιλογή δικτύου δειγματοληψίας επιφανειακού και υπόγειου νερού για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών.

Πραγματοποιήθηκε απογραφή 123 σημείων ύδατος τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για λήψη δειγμάτων υπόγειου νερού (Εικόνα 14). Στα πλαίσια της απογράφης συλλέγονταν στοιχεία για το ιδιοκτησιακό καθεστώς, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και το καθεστώς εκμετάλλευσης των υδροσημείων αυτών. Επίσης πραγματοποιήθηκε απογραφή 165 σημείων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση της στάθμης του υπόγειου νερού (Εικόνα 15).

2.5 Καταγραφή όλων των υπαρχόντων και δυνητικών πηγών μόλυνσης σημειακής, γραμμικής και διάχυτης μορφής και κατάρτιση του χάρτη χρήσεων γης

Στα πλαίσια της φάσης αυτής καταρτίστηκε ο χάρτης χρήσεων γης της περιοχής αφού αξιοποιήθηκε παλαιότερη χαρτογράφηση χρήσεων γης η οποία είχε πραγματοποιηθεί στα πλαίσια προγράμματος του Ο.Κ.Χ.Ε. (1996) “Βιοφυσική κάλυψη γης (Corine Land Cover), κλίμακας 1:100.000”, η οποία τροποποιήθηκε με την χρήση πρόσφατων αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων αλλά και επί τόπου παρατηρήσεων (Εικόνα 16). Όσον αφορά τις σημειακές πηγές μόλυνσης έγινε απογραφή των κυριότερων ρυπογόνων εστιών όπως χώροι ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων, ελαιοτριβεία, βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες (κυρίως μονάδες παραγωγής τροφίμων και ζωοτροφών) (Εικόνα 17).

2.6 Υπολογισμός των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών της περιοχής έρευνας

Ο υπολογισμός των υδρευτικών αναγκών των επτά δήμων της περιοχής έρευνας έγινε με βάση την απογραφή πληθυσμού του 2001 ανά δημοτικό διαμέρισμα, λαμβάνοντας υπ’ όψιν τα πληθυσμιακά στοιχεία των περασμένων δεκαετιών καθώς και τις αυξομειώσεις του πληθυσμού λόγω τουριστικής κίνησης. Οι αρδευτικές ανάγκες υπολογίστηκαν με βάση τον χάρτη χρήσεων γης και την μέθοδο Blanney-Griddle (1950).

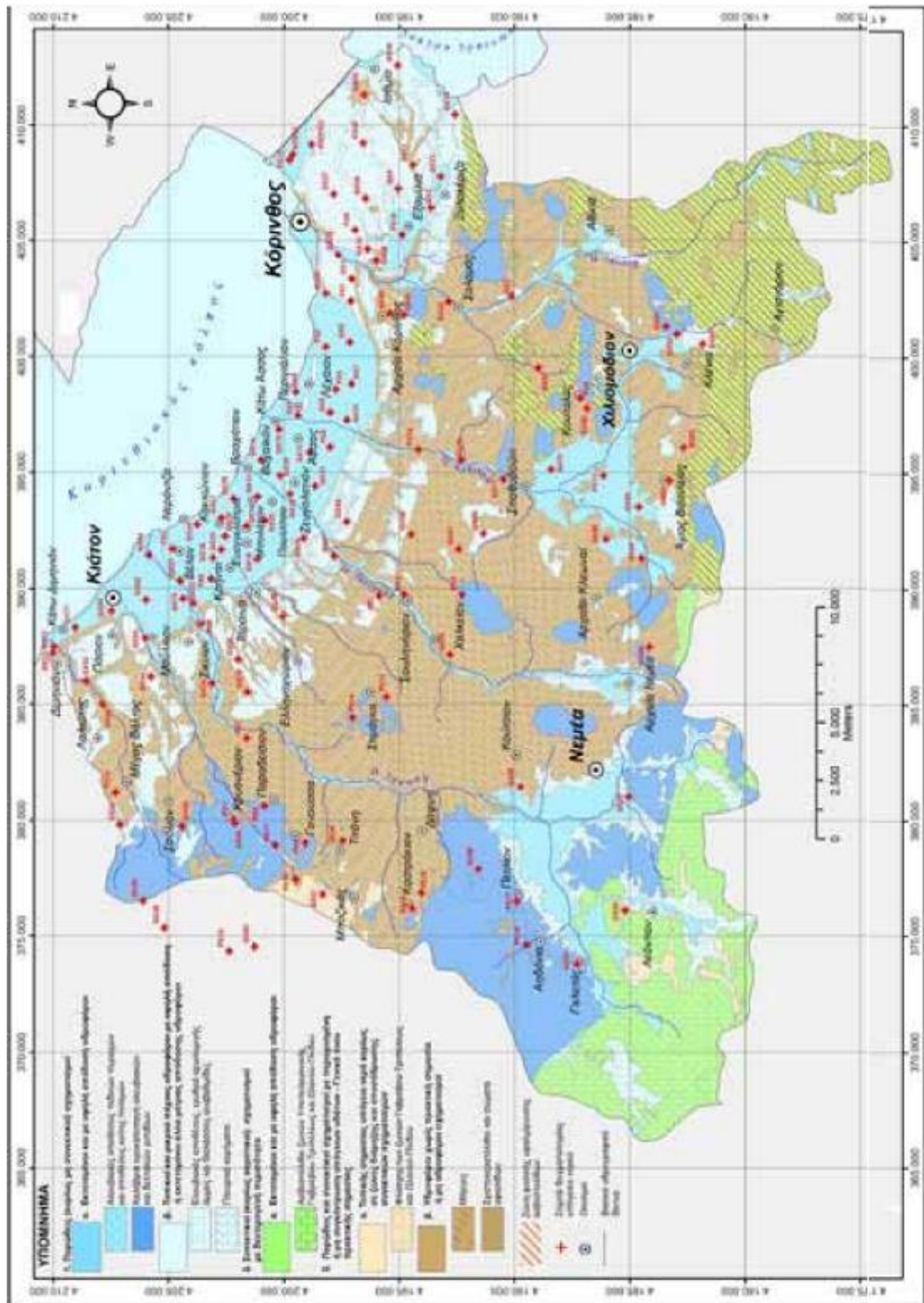
Στον χάρτη της εικόνας 18 παρουσιάζονται τα δημοτικά διαμερίσματα της περιοχής έρευνας με βάση τις υδρευτικές τους ανάγκες ομαλοποιημένες ως προς την έκτασή τους. Όπως φαίνεται καθαρά τις

μεγαλύτερες ανάγκες σε αναλογία με την έκτασή τους παρουσιάζουν τα δημοτικά διαμερίσματα της πεδινής παράκτιας περιοχής.

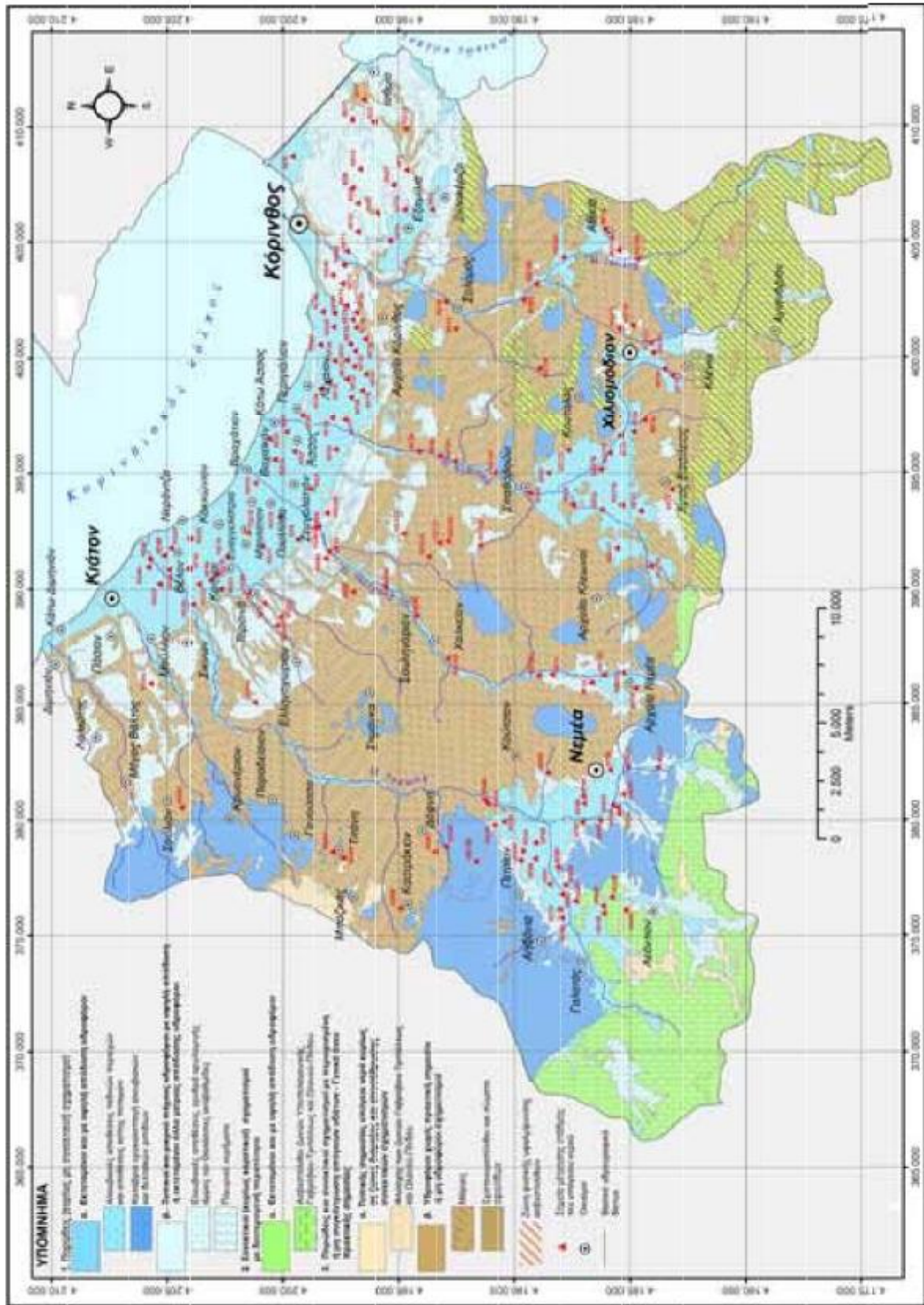
Αναλυτικά οι υδρευτικές ανάγκες ανά δημοτικό διαμέρισμα παρουσιάζονται στον πίνακα 9. Όπως φαίνεται στον πίνακα αυτό οι συνολικές υδρευτικές ανάγκες για την περιοχή έρευνας ανέρχονται σε 11.929.475 m³/έτος, ενώ μεγαλύτεροι καταναλωτές είναι η πόλη της Κορίνθου με περίπου $3,5 * 10^6$ κυβικά μέτρα ετησίως και η πόλη του Κιάτου με $1,1 * 10^6$ κυβικά μέτρα ετησίως.

Πίνακας 9 Υδροτικές ανάγκες ανά δημοτικό διαμέρισμα για την περιογή έρευνας.

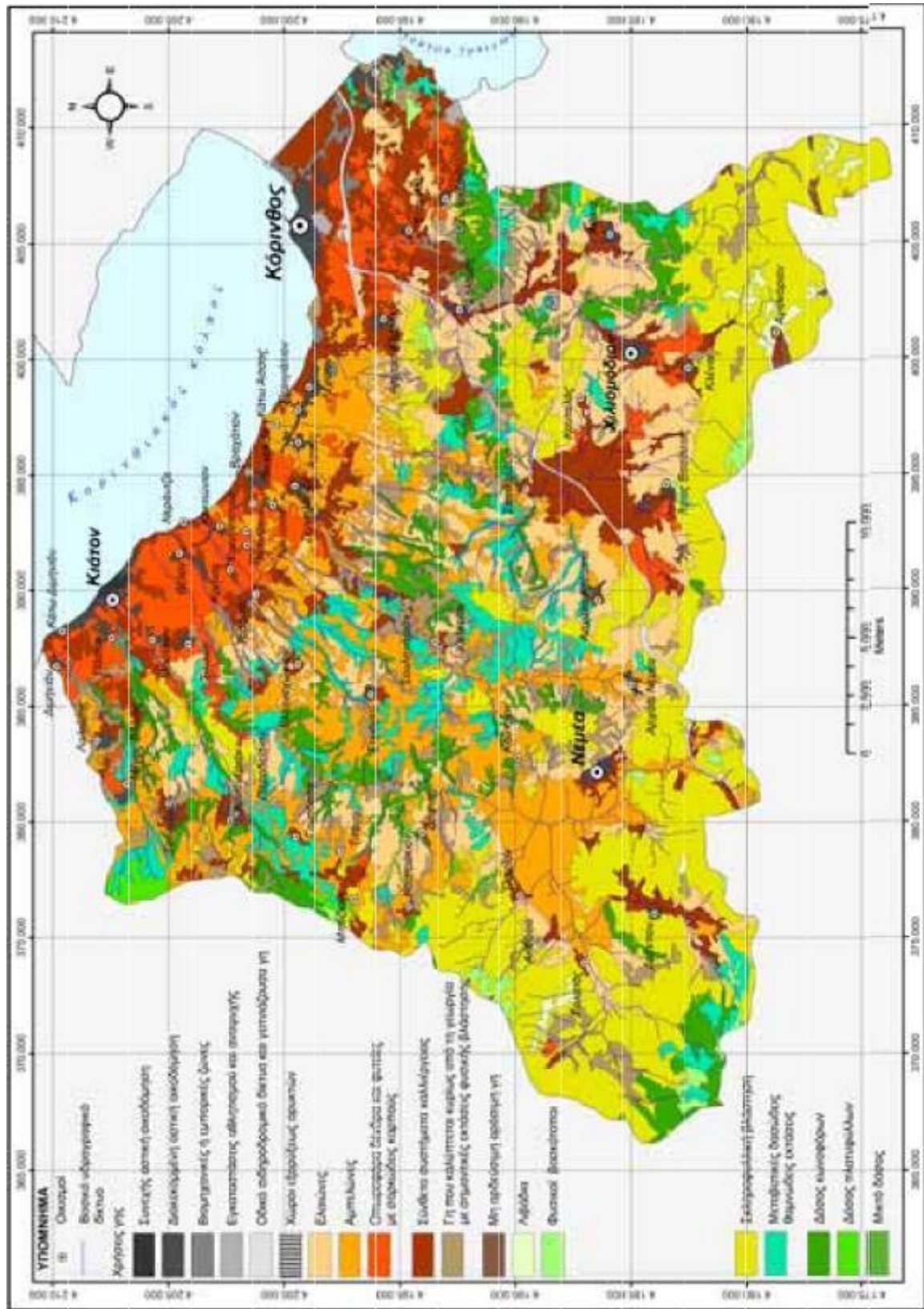
Δήμος	Δημοτικό Διαμέρισμα	Έκταση (Km ²)	Πληθυσμός 2001	Πυκνότητα πληθυσμού	Υδροτικός ανάγκες (m ³ /έτος)
ΑΣΣΟΥ-ΛΕΧΑΙΟΥ	ΑΣΣΟΥ	13,725	2592	188,86	298015
ΑΣΣΟΥ-ΛΕΧΑΙΟΥ	ΚΑΤΩ ΑΣΣΟΥ	1,422	1153	810,88	132564
ΑΣΣΟΥ-ΛΕΧΑΙΟΥ	ΛΕΧΑΙΟΥ	4,308	3726	864,64	428397
ΑΣΣΟΥ-ΛΕΧΑΙΟΥ	ΠΕΡΙΠΑΛΙΟΥ	4,951	1691	341,53	194421
ΒΕΛΟΥ	ΒΕΛΟΥ ΝΕΡΑΝΤΖΗΣ	1,549	515	332,41	59210
ΒΕΛΟΥ	ΒΕΛΟΥ ΝΕΡΑΝΤΖΗΣ	9,066	3129	345,12	359755
ΒΕΛΟΥ	ΓΑΔΙΝΟΧΩΡΙΟΥ	10,257	325	31,69	37369
ΒΕΛΟΥ	ΚΟΚΚΙΝΙΟΥ	3,699	1003	271,19	115318
ΒΕΛΟΥ	ΚΡΗΝΩΝ	7,492	618	82,49	71055
ΒΕΛΟΥ	ΠΟΥΛΛΙΣΗΣ	5,147	682	132,5	78413
ΒΕΛΟΥ	ΣΤΙΜΑΓΚΑΣ	35,854	1031	28,76	118537
ΒΕΛΟΥ	ΤΑΡΣΙΝΩΝ	4,191	402	95,92	16220
ΒΟΧΑΣ	ΒΟΧΑΪΚΟΥ	5,420	935	172,5	107500
ΒΟΧΑΣ	ΒΡΑΧΑΪΟΥ	3,011	2656	882,22	305374
ΒΟΧΑΣ	ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΤΡΙΑΣ	3,319	231	69,59	26561
ΒΟΧΑΣ	ΖΕΥΓΟΔΑΤΕΙΟΥ	41,808	4536	108,5	521527
ΒΟΧΑΣ	ΜΠΟΛΑΤΙΟΥ	5,455	656	120,26	75424
ΒΟΧΑΣ	ΣΟΥΛΗΝΑΡΙΟΥ	8,407	238	28,31	27364
ΒΟΧΑΣ	ΧΑΛΚΕΙΟΥ	20,745	294	14,17	33803
Κ. ΛΑΦΑΣ	ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	54,591	122	2,23	14027
ΚΟΡΙΝΘΩΝ	ΑΡΧΑΙΑΣ ΚΟΡΙΝΘΟΥ	28,940	2503	86,49	287784
ΚΟΡΙΝΘΩΝ	ΓΕΑΜΛΙΩΝ	18,886	2185	115,69	251219
ΚΟΡΙΝΘΩΝ	ΚΟΡΙΝΘΟΥ	17,312	30434	1758	3499149
ΚΟΡΙΝΘΩΝ	ΕΥΛΟΚΕΡΙΖΗΣ	19,297	1118	57,94	128542
ΚΟΡΙΝΘΩΝ	ΣΟΛΟΜΟΥ	17,591	751	42,69	86348
ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙΟΥ	ΜΑΔΑΝΤΡΕΝΙΟΥ	45,135	525	11,63	60364
ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ-ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ	ΙΘΩΜΙΑΣ	10,579	2421	228,85	278356
ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ-ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ	ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ	3,357	2360	703,02	271341
ΛΥΚΕΙΑΣ	ΓΥΜΝΟΥ	49,928	507	10,15	58294
ΜΥΚΙΝΑΙΩΝ	ΑΙΜΝΩΝ	53,117	898	16,91	103248
ΝΕΜΕΑΣ	ΑΙΠΟΝΙΩΝ	9,104	790	86,15	33343
ΝΕΜΕΑΣ	ΑΡΧΑΙΑΣ ΝΕΜΕΑΣ	32,597	626	19,2	71974
ΝΗΜΦΑΣ	ΑΡΧΑΙΩΝ ΚΑΡΕΩΝΩΝ	23,978	757	31,57	87038
ΝΗΜΦΑΣ	ΓΑΛΑΤΑ	2,161	79	36,5	9085
ΝΕΜΕΑΣ	ΔΑΦΝΙΣ	7,004	332	47,4	38172
ΝΕΜΕΑΣ	ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ	7,819	776	16,41	31733
ΝΗΜΦΑΣ	ΑΙΟΝΤΙΟΥ	23,468	330	14,06	37942
ΝΗΜΦΑΣ	ΚΟΥΤΣΙΟΥ	12,249	158	12,9	18166
ΝΕΜΕΑΣ	ΝΕΜΕΑΣ	56,261	4078	72,48	468868
ΝΕΜΕΑΣ	ΠΕΤΡΙΟΥ	12,507	360	28,78	41391
ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	ΑΓΙΟΥ ΜΑΝΝΟΥ	39,084	358	9,16	41161
ΣΑΡΩΝΙΚΟΥ	ΑΘΙΚΙΩΝ	49,982	2077	41,55	238805
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΓΟΝΟΥΣΣΗΣ	10,265	254	24,74	29204
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΑΙΜΗΝΙΟΥ	5,264	633	120,24	72781
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΚΑΤΩ ΔΙΜΕΛΙΝΙΟΥ	1,902	953	501,08	109569
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΚΡΥΟΝΕΡΙΟΥ	23,983	938	39,11	107847
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΛΑΛΙΩΤΟΥ	7,357	400	54,37	45990
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΜΕΓΑΛΟΥ ΒΑΛΤΟΥ	14,500	491	33,86	56451
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΜΟΥΑΚΙΟΥ	7,486	1347	179,92	154873
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΜΠΟΖΙΚΑ	17,896	293	16,37	33690
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΠΑΡΑΔΕΣΙΟΥ	3,459	134	38,74	15407
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΠΑΣΙΟΥ	1,730	1069	617,96	122910
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΣΙΚΥΩΝΟΣ	11,175	954	85,37	109686
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΚΙΑΤΟΥ	6,118	9655	1578,16	1110082
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΣΟΥΔΙΟΥ	18,662	434	23,26	45895
ΣΙΚΥΩΝΙΩΝ	ΠΙΛΑΝΙΣ	8,020	250	31,17	28744
ΣΟΥΤΙΔΙΑΣ	ΑΓΓΕΛΟΚΑΣΤΡΟΥ	56,433	491	8,7	56451
ΣΤΥΜΦΑΔΙΑΣ	ΦΑΡΙΟΥ	21,524	367	17,05	42198
ΤΕΝΕΑΣ	ΑΓΙΟΝΟΡΙΟΥ	14,725	256	17,39	29434
ΤΕΝΕΑΣ	ΑΓΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΟΥ	34,591	1342	38,8	154296
ΤΕΝΕΑΣ	ΚΑΕΝΙΑΣ	19,376	766	39,55	88071
ΤΕΝΕΑΣ	ΚΟΥΓΑΛΑ	31,553	725	22,98	83359
ΤΕΝΕΑΣ	ΣΤΕΦΑΝΙΟΥ	40,754	395	9,69	45417
ΤΕΝΕΑΣ	ΧΙΔΙΟΜΟΘΑΙΟΥ	26,825	1652	61,58	189939
ΣΥΝΟΛΟ		1.187	103757	185,11	11.929.475



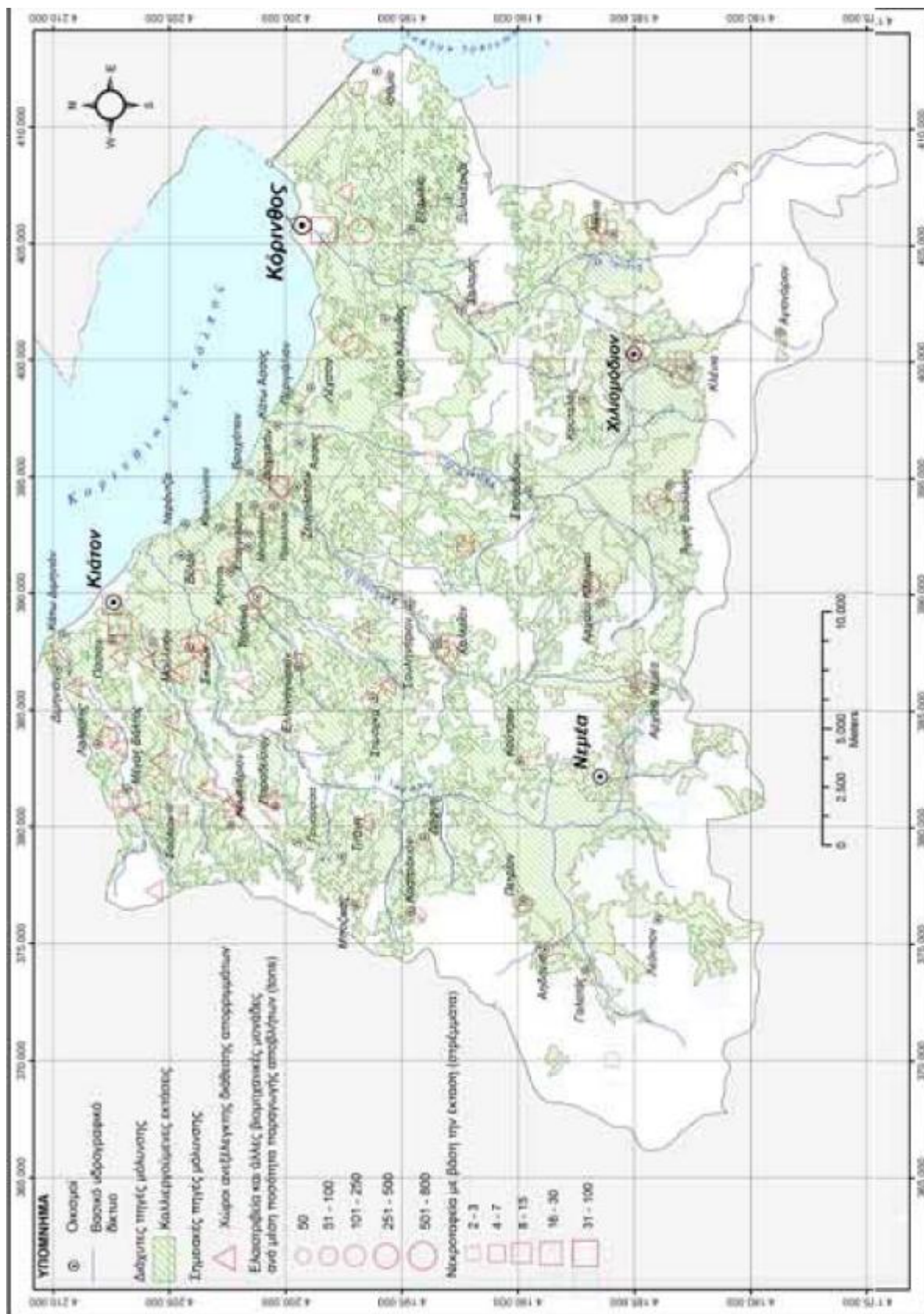
Εικόνα 14. Χάρτης των σημείων δειγματοληψίας υπόγειου νερού με υπόβαθρο τον υδρολογικό χάρτη της περιοχής έρευνας.



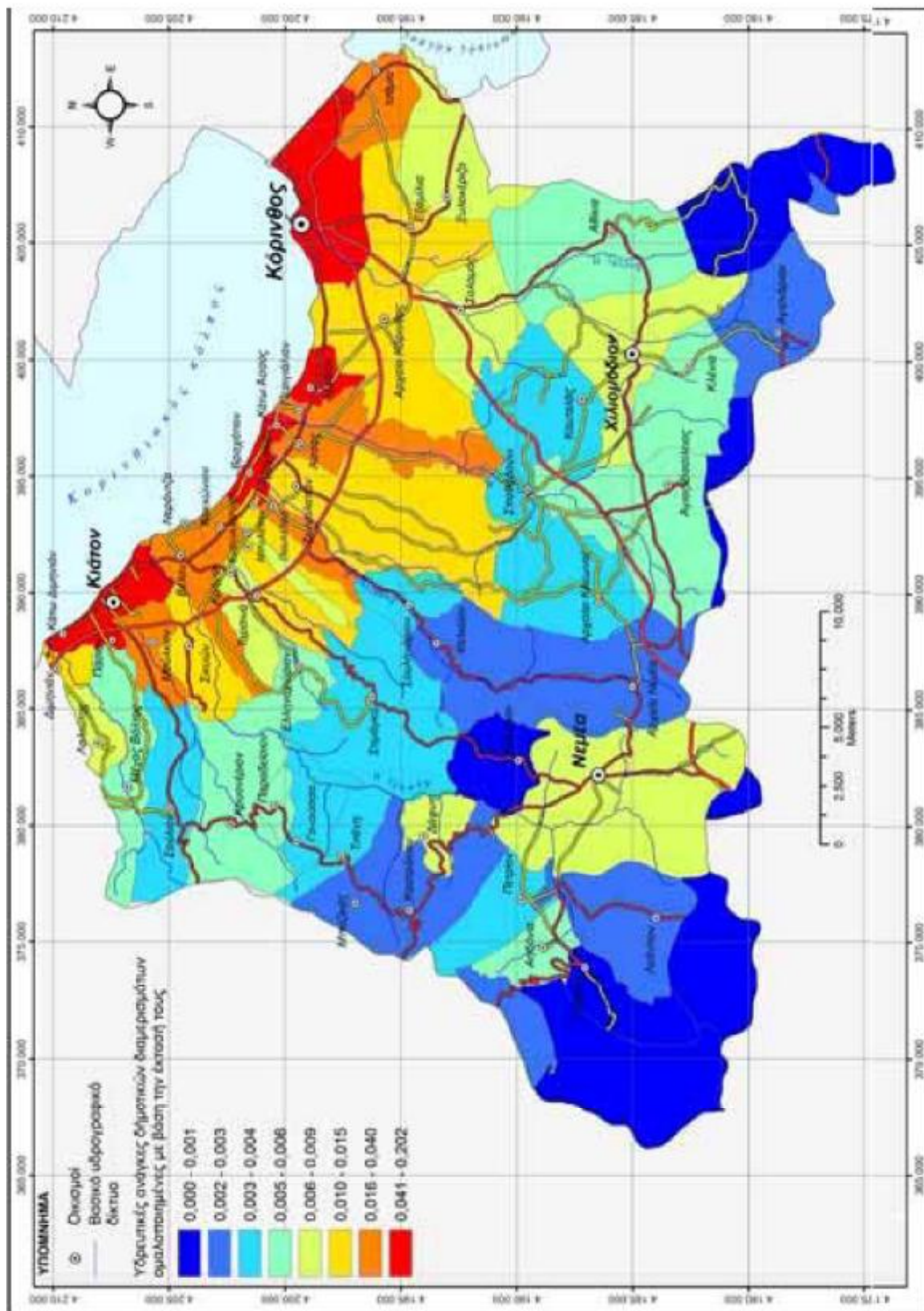
Εικόνα 15. Χάρτης των σημείων μετρησης της στάθμης του υπόγειου νερού με υπόβαθρο τον υδρολογικό χάρτη της περιοχής έρευνας.



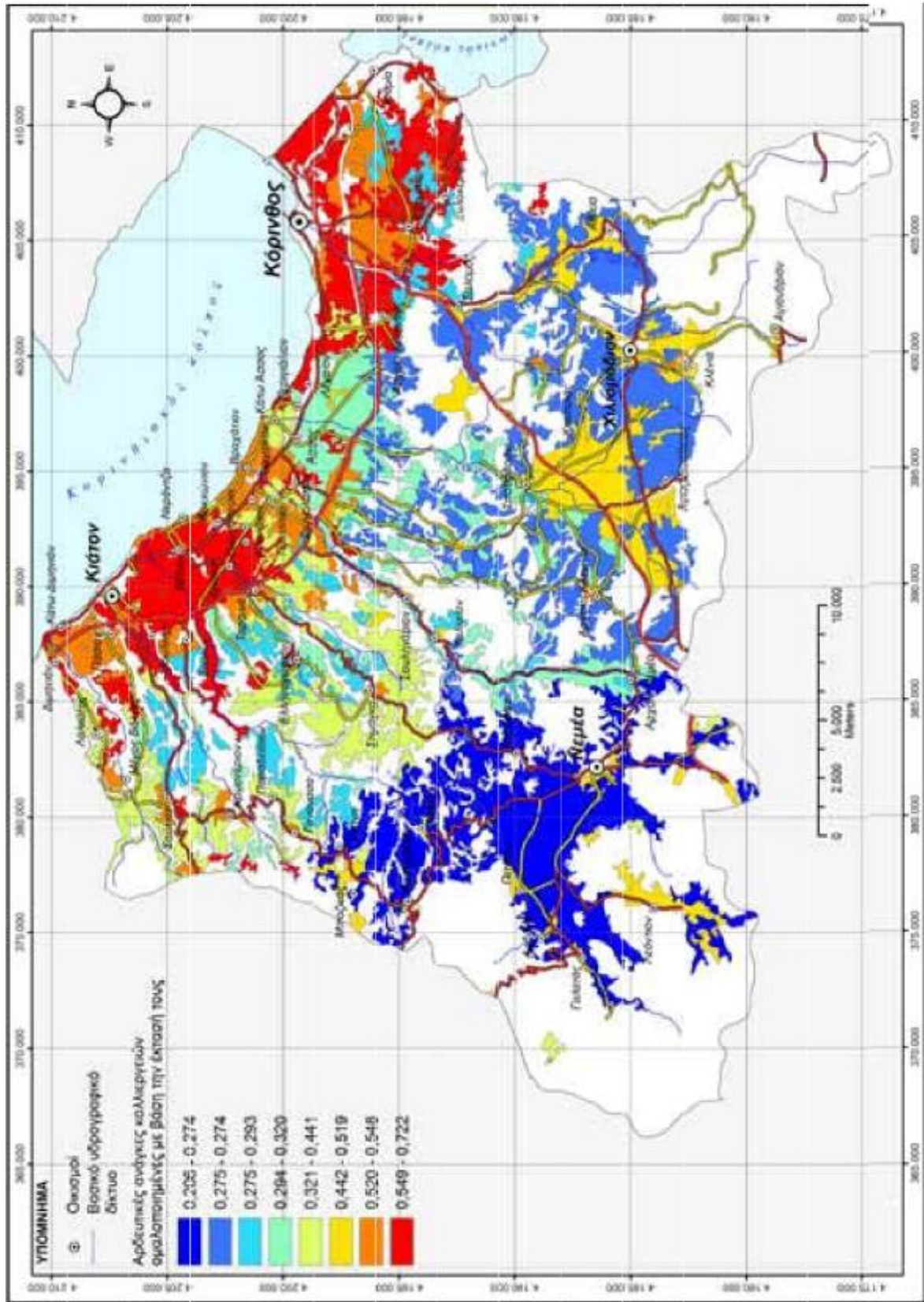
Εικόνα 16 .Χάρτης χρήσεων γης της περιοχής έρευνας.



Εικόνα 17. Χάρτης κυριότερων σημειακών και διάχυτων πηγών μόλυνσης της περιοχής έρευνας.



Εικόνα 18. Χάρτης υδρευτικών αναγκών της περιοχής έρευνας ανά δημοτικό διαμέρισμα ομαλοποιημένες με βάση την έκταση.



Εικόνα 19. Χάρτης αρδευτικών αναγκών της περιοχής έρευνας ανά είδος καλλιέργειας ομαλοποιημένες με βάση την έκταση.

Η αρδευτικές ανάγκες της περιοχής έρευνας υπολογίστηκαν με βάση την έκταση και το είδος των καλλιεργειών κατά την μέθοδο Blanney-Griddle (1950). Στον χάρτη της εικόνας 19 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των αρδευτικών αναγκών ανά καλλιέργεια ομαλοποιημένη σε σχέση με την έκταση που καταλαμβάνει κάθε τμήμα ομογενούς καλλιέργειας. Όπως φαίνεται από τον χάρτη αυτό οι μεγαλύτερες αρδευτικές ανάγκες παρουσιάζονται στην παράκτια περιοχή και συγκεκριμένα στις περιοχές Κορίνθου - Εξαμιλίων και Κιάτου – Βέλου. Το σύνολο των αρδευτικών αναγκών για την περιοχή έρευνας ανέρχεται σε 164.721.638 m³/έτος, ποσότητα πολλαπλάσια των υδρευτικών αναγκών, γεγονός που αποδεικνύει ότι ο μεγαλύτερος με διαφορά καταναλωτής στην περιοχή έρευνας είναι η άρδευση.

Παρατηρούμε ότι η παράκτια περιοχή σχεδόν στο σύνολό της παρουσιάζει αυξημένες καταναλωτικές ανάγκες στις οποίες θα πρέπει να προστεθούν τόσο οι ανάγκες για βιομηχανική χρήση που δεν υπάρχουν στοιχεία για να υπολογιστούν ακριβών όσο και οι ανάγκες που προκύπτουν από την αύξηση του πληθυσμού λόγω τουριστικής κίνησης κυρίως τους θερινούς μήνες.

2.7 Συμπεράσματα 2^ο Κεφαλαίου

Το 2^ο κεφάλαιο αποτελεί την φάση επιλογής των μεθοδολογιών και των θέσεων μετρήσεων – δειγματοληψιών ,την βασική υδρογεωλογική έρευνα .

Αρχικά έγινε η απογραφή των σημείων ύδατος της περιοχής έρευνας δηλαδή γεωτρήσεις φρεάτια , πηγές και δημιουργήθηκε αντίστοιχο σημείο αντλήσεως υπόγειου νερού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή των σημείων αυτών έγινε με βάση τα κυριότερα υδρολογικά σημεία από πλευράς δυναμικότητας χρήσης του νερού. Ακόμη έγινε κατανομή των σημείων ύδατος με βάση το καθεστώς εκμετάλλευσης του.

Όλα αυτά τα στοιχεία αποτέλεσαν τη βάση για την υδραυλική και υδρολιθολογική κατάταξη των σχηματισμών και γεωγραφική οριοθέτηση των υδροφόρων .

Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από μετεωρολογικούς σταθμούς σχετικά με τις βροχοπτώσεις , τη θερμοκρασία ,την υγρασία και την ηλιοφάνεια, με σκοπό να δειχθεί πώς μπορούν να επηρεαστούν οι υδρογεωλογικές λεκάνες και κατά συνέπεια το νερό που φέρουν αυτές, από τα κλιματολογικά φαινόμενα .Επιπλέον έγινε ομογενοποίηση των βροχομετρικών δεδομένων με τη βοήθεια της καμπύλης διπλής μάζας .

Στο 2^ο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε επίσης η δειγματοληψία επιφανειακού και υπόγειου νερού με τη βοήθεια συσκευών GPS (γεωγραφικού προσδιορισμού με σύστημα συντεταγμένων X,Ψ,Z).

Συνολικά έγινε η απογραφή 123 σημείων ύδατος για λήψη δειγμάτων υπόγειου νερού και 165,συμπεριλαμβανομένου και αυτών , για τη μέτρηση της στάθμης αυτού.

Έπειτα καταγράφηκαν οι δυνητικές πηγές μόλυνσης σημειακής γραμμικής και διάχυτης μορφής .

Για την πραγματοποίηση του ελέγχου και της προσέγγισης της μόλυνσης των υδάτων χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες παλαιότερων ετών π.χ.1975 οι οποίες χορηγήθηκαν από την Γ.Υ.Σ. (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού) και απεικονίζουν την περιοχή μελέτης σε διάφορες φάσεις κατά την πάροδο των χρόνων . Με βάση τις φωτογραφίες αλλά και εικόνες από δορυφόρο με τη βοήθεια του προγράμματος Google Earth,έγιναν γνωστές οι ρυπογόνες εστίες (ελαιοτριβεία , βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες) που επιρρέασαν και επιρρεάζουν την περιοχή μελέτης.

Τέλος σε αυτό το κεφάλαιο έγινε ο υπολογισμός των αναγκών για ύδρευση σύμφωνα με την απογραφή του 2001 αλλά και των αρδευτικών αναγκών με τη μέθοδο Blaney-Griddle

Κεφάλαιο 3^ο

Φάση κατάρτισης βάσης δεδομένων Γ.Σ.Π (Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών)

3.1 Καθορισμός των διαφόρων επιπέδων πληροφορίας που θα ενταχθούν στην βάση δεδομένων και επιλογή του γεωγραφικού συστήματος αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί.

Στην φάση αυτή καθορίστηκε ότι το λογισμικό Γ.Σ.Π που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι το ArcGIS.8x ενώ το προβολικό σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι του ΕΓΣΑ 87 (GGRS 87). Τέλος προσδιορίστηκαν όλα τα επίπεδα γεωγραφικής πληροφορίας που θα ψηφιοποιηθούν στα πλαίσια του προγράμματος.

3.2 Σύνταξη και ψηφιοποίηση χαρτών και κατάρτιση βάσης δεδομένων σε περιβάλλον Γ.Σ.Π

Σε πρώτη φάση ψηφιοποιήθηκαν τα όρια των γεωλογικών και υδρογεωλογικών ενοτήτων, τα υδροσημεία στα οποία πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία και κάποια στοιχεία γεωγραφικής οριοθέτησης όπως οδικό και υδρογραφικό δίκτυο, οικισμοί, διοικητικά όρια δήμων κ.α. Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιήθηκε σύνταξη και ψηφιοποίηση του εδαφολογικού χάρτη και του χάρτη χρήσεων γης καθώς και δημιουργία χαρτών κατανομών όλων των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν από την υδροχημική έρευνα.

3.3 Περίληψη - Συμπεράσματα 3^ο Κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται γνωστή η αξία της χρησιμοποίησης των Χαρτών σε περιβάλλον GIS (Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών). Το σύνολο δηλαδή των εργαλείων συλλογής , αποθήκευσης , ανάλυσης και εμφάνισης χωρικών δεδομένων.

Με απλούστερα λόγια το GIS είναι η σύζευξη ενός γεωγραφικού αρχείου μιας περιοχής με βάσεις πληροφοριών , ποιοτικών και ποσοτικών, για την ίδια περιοχή .

Οι χάρτες χορηγήθηκαν και αυτοί από την Γ.Υ.Σ. με κλίμακα 1:50000 και σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ '87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987). Η συνέχεια ήταν να γίνει η ψηφιοποίηση τους με τη βοήθεια ενός plotter και η σχεδίαση σε περιβάλλον GIS με τη βοήθεια του προγράμματος ArcGis 8x.

Κεφάλαιο 4^ο

Φάση λήψεως μετρήσεων και δειγμάτων υπόγειου νερού και επεξεργασίας αποτελεσμάτων.

4.1 Λήψη μετρήσεων και δειγμάτων υπόγειου νερού.

Στα πλαίσια της φάσης αυτής πραγματοποιήθηκαν επιτόπου μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων, θερμοκρασία, pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh), ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και αλκαλικότητα του υπόγειου νερού, σε 124 υδροσημεία (Γεωτρήσεις, φρέατα και πηγές). Επίσης πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακοί προσδιορισμοί των κύριων χημικών στοιχείων του υπόγειου νερού καθώς επίσης και 21 ιχνοστοιχείων και 16 σπάνιων γαιών. Τα αποτελέσματα όλων των χημικών προσδιορισμών παρουσιάζονται στους πίνακες του προσαρτήματος V.

Επί τόπου μετρήσεις στάθμης του υπόγειου πραγματοποιήθηκαν σε 165 σημεία ύδατος (Γεωτρήσεις και φρέατα) σε έναν κατά το δυνατό ομογενή κάλυψη ο οποίος κάλυπτε το σύνολο της περιοχής έρευνας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών παρουσιάζονται στον σχετικό πίνακα του προσαρτήματος V.

Συγκεντρώθηκαν μετρήσεις επιφανειακής απορροής του ποταμού Ασωπού που έχουν πραγματοποιηθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ σε τρία διαφορετικά σημεία του ποταμού για την χρονική περίοδο από 1951 έως 2004.

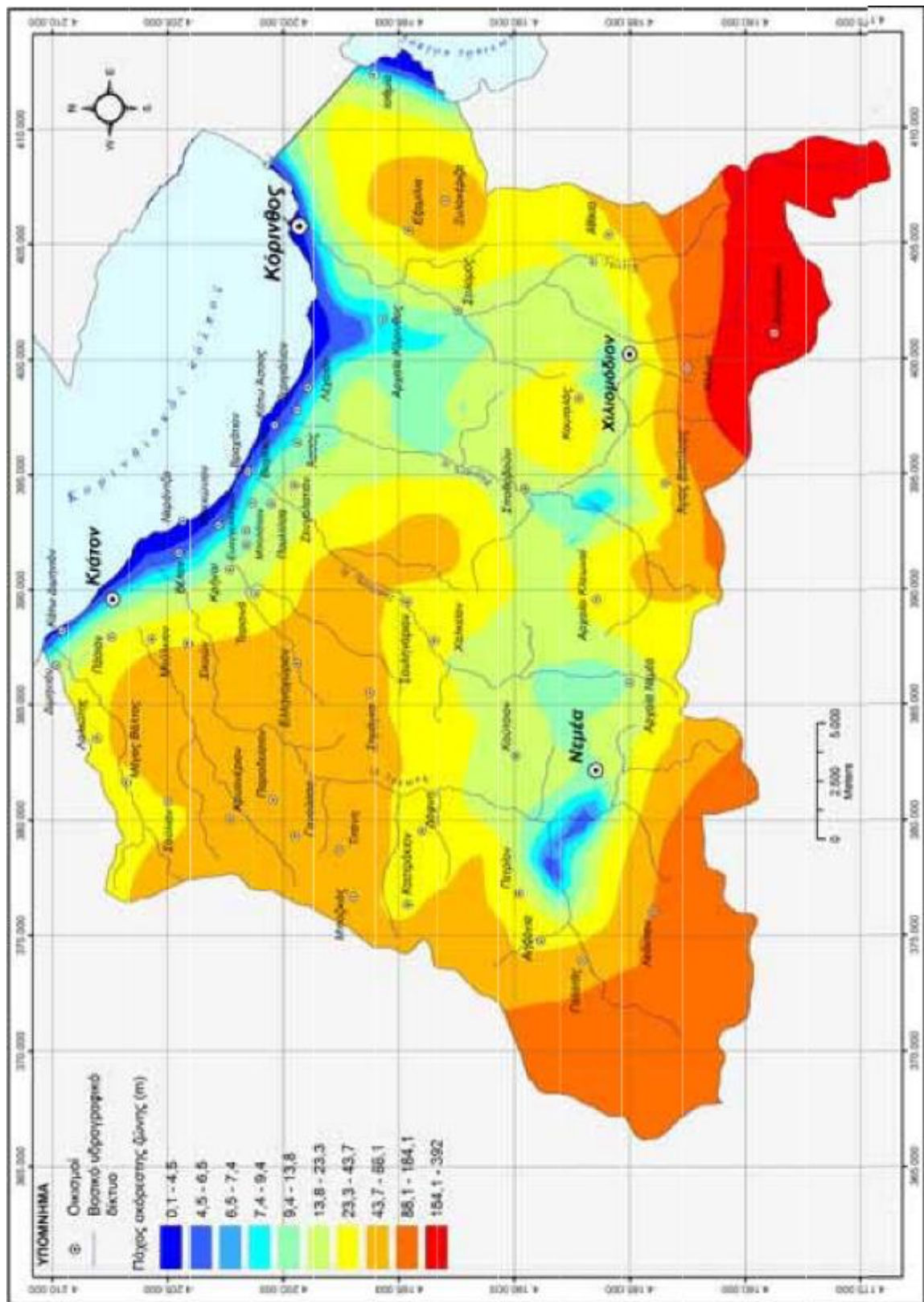
Δειγματοληψίες ιζημάτων της ακόρεστης ζώνης δεν πραγματοποιήθηκαν δεδομένου ότι αξιοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των εδαφολογικών παραμέτρων 226 εδαφοτομές και εδαφολογικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από το Ινστιτούτο Εδαφολογίας και το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών του Εθνικού Ιδρύματος

Αγροτικής Έρευνας του Υπουργείου Γεωργίας. Βάση των εδαφοτομών

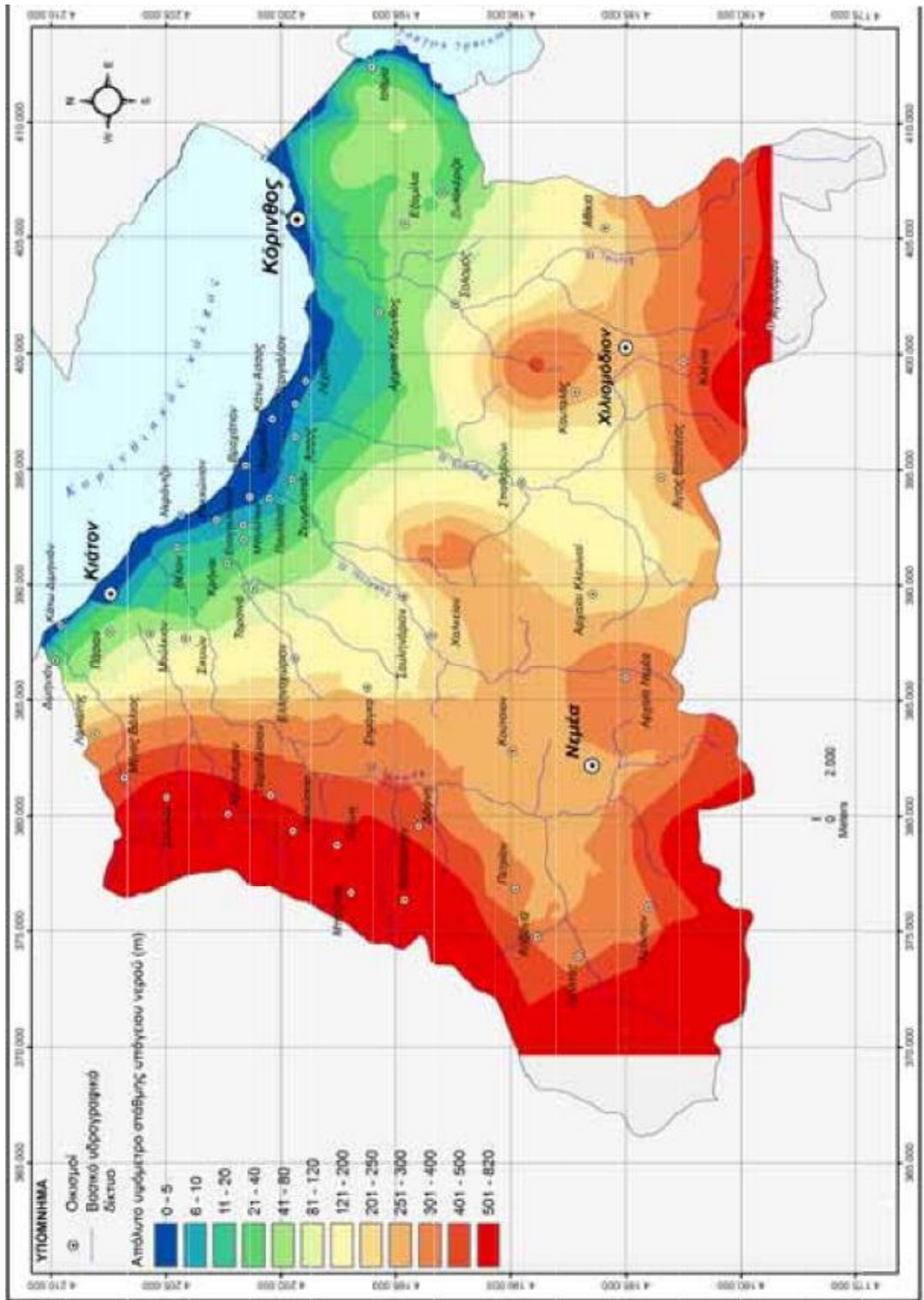
αυτών καθώς και των χαρτών γαιών του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών συντάχθηκε και ο εδαφολογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Εικόνα 59). Λεπτομέρειες για τα χαρακτηριστικά των εδαφολογικών τύπων του χάρτη αυτού παρέχονται στις παραγράφους 5.1.4 και 5.3.2.

4.2 Ερμηνεία μετρήσεων στάθμης υπόγειου νερού – κατασκευή πιεζομετρικού χάρτη.

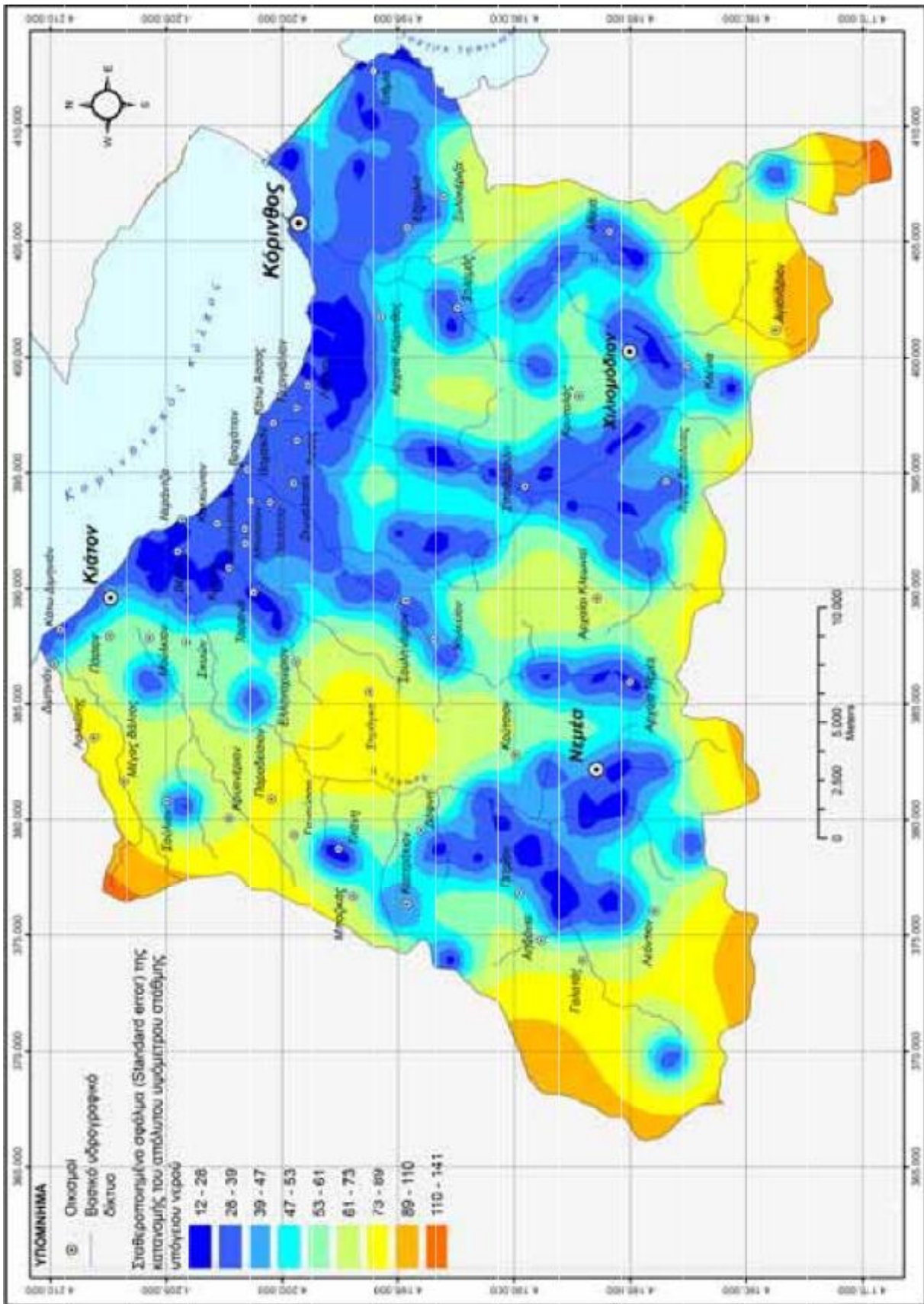
Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις του βάθους της στάθμης του υπόγειου νερού στα 165 σημεία μετρήσεων κατασκευάστηκε ο χάρτης κατανομής του πάχους της ακόρεστης ζώνης, (Εικόνα 20) δεδομένου ότι οι κυριότεροι υδροφόροι της περιοχής έρευνας παρουσιάζουν υδροφορία ελεύθερου χαρακτήρα και επομένως το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού συμπίπτει με το πάχος της ακόρεστης ζώνης.



Εικόνα 20. Χάρτης κατανομής του πάχους της ακόρεστης ζώνης



Εικόνα 22. Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής έρευνας με την μορφή κατανομής



Εικόνα 2.3. Χάρτης κατανομής του σταθεροποιημένου σφάλματος (standard error) της κατανομής της απόλυτης σταθμής του βιογείου νερού

Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις του βάθους της στάθμης σε συνδυασμό με το απόλυτο υψόμετρο κάθε σημείου μέτρησης το οποίο προήλθε από τους χάρτες 1:5.000 της ΓΥΣ αφού προηγήθηκε χωροστάθμιση ως προς τις συντεταγμένες με συσκευή δορυφορικού προσδιορισμού (GPS), προέκυψε το απόλυτο υψόμετρο στάθμης κάθε σημείου μέτρησης. Επειδή ως γνωστό η στάθμη του υπόγειου νερού επηρεάζεται ως ένα βαθμό από την τοπογραφία και από τα επιφανειακά στρώματα νερού (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα) για την κατασκευή του πιεζομετρικού χάρτη χρησιμοποιήθηκε η γεωστατιστική μέθοδος χωρικής παρεμβολής cokriging η οποία εκτός από την διακύμανση της παραμέτρου της στάθμης λαμβάνει υπό όψη και την διακύμανση μιάς ακόμα παραμέτρου, στην προκειμένη περίπτωση του αναγλύφου. Ο πιεζομετρικός χάρτης που προέκυψε παρουσιάζεται με την μορφή καμπυλών στην εικόνα 21 και με την μορφή κατανομής στην εικόνα 22. Στον χάρτη της εικόνας 23 παρουσιάζεται η κατανομή του σταθεροποιημένου σφάλματος (standard error) της κατανομής όπου φαίνεται ότι σε μεγάλο τμήμα της περιοχής έρευνας επιτυγχάνεται μια αρκετά καλή προσέγγιση της κατανομής της στάθμης του υπόγειου νερού.

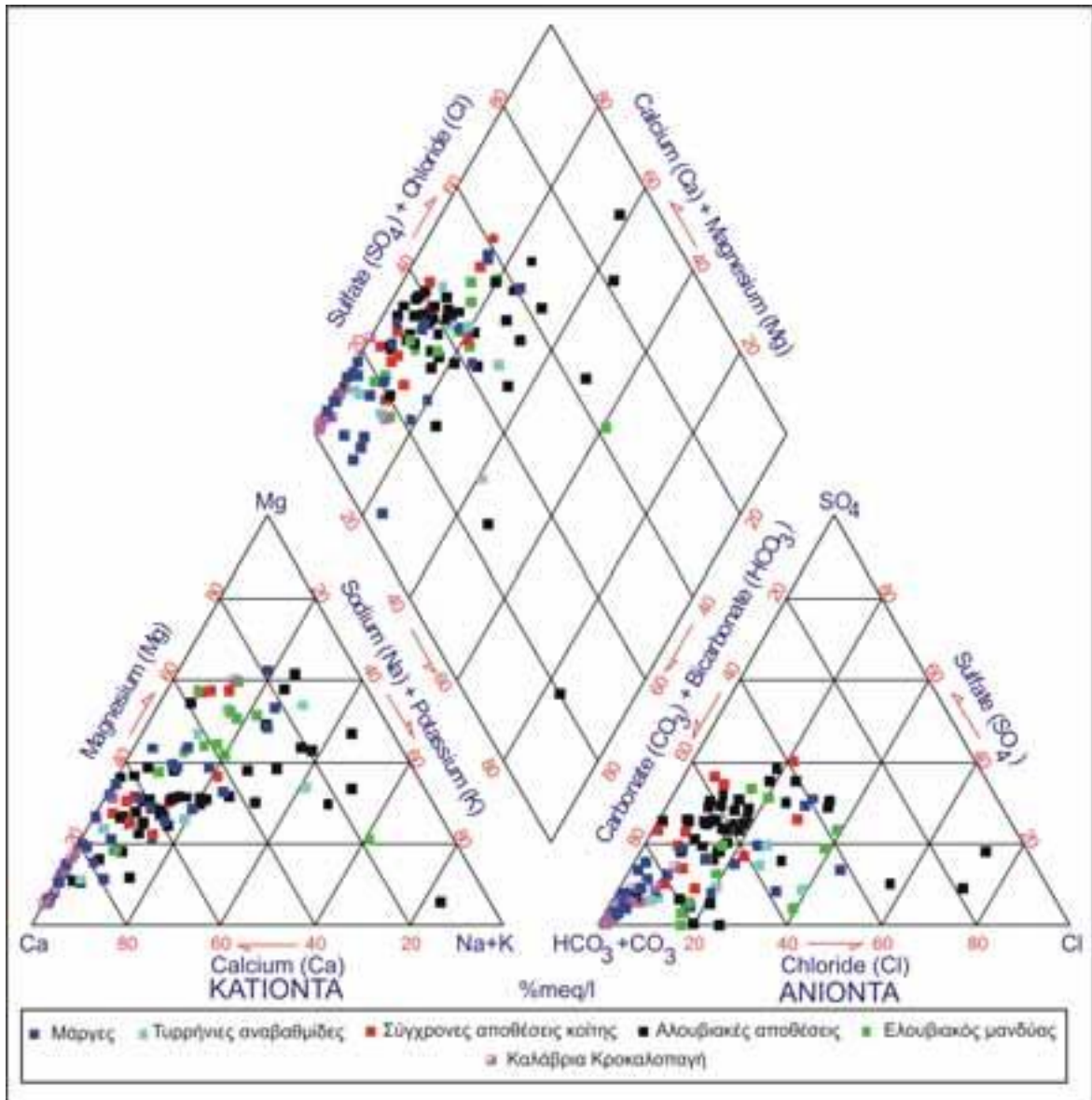
4.3 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Στα πλαίσια ερμηνείας των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων υπόγειου νερού κατασκευάστηκαν το διάγραμμα Piper, οι χάρτες κατανομών των κυριότερων παραμέτρων που αφορούν την ποιοτική υποβάθμιση του υπόγειου νερού (Αγωγιμότητα, χλωριόντα, ενώσεις του αζώτου, βαρέα μέταλλα) και χάρτες κατανομών των παραμέτρων που αντανakλούν την φυσικοχημική ταυτότητα των υδροφόρων συστημάτων (pH, Eh, ιχνοστοιχεία και σπάνιες

γαίες).

Από την μελέτη όλων των παραπάνω στοιχείων προέκυψε ότι οι κυριότεροι παράγοντες ποιοτικής υποβάθμισης του υπόγειου νερού στην περιοχή έρευνας είναι οι ενώσεις του αζώτου, με κυριότερη τα νιτρικά, που προέρχονται κυρίως από τις εντατικές και εκτεταμένες καλλιέργειες της περιοχής έρευνας και η υφαλμίρυνση των παράκτιων υδροφόρων λόγω διείσδυσης του θαλασσινού νερού όπως εκφράζεται από την συγκέντρωση των χλωριώντων αλλά και την συνολική αλατότητα του υπόγειου νερού.

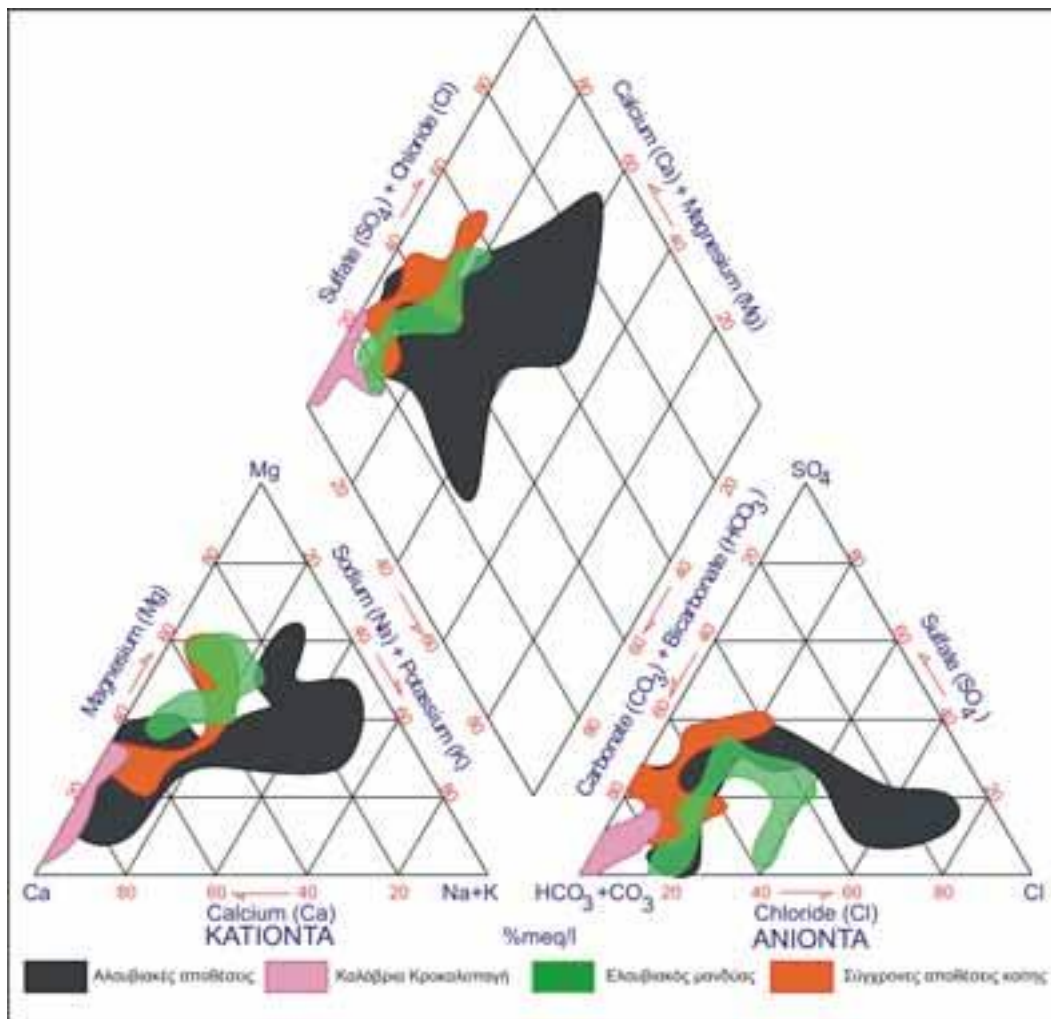
Στις εικόνες 24 και 25 παρουσιάζεται το διάγραμμα Piper από τα δείγματα της περιοχής έρευνας με την μορφή σημείων και περιοχών ανά υδροφόρο. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα οι διάφοροι τύποι υδροφόρων παρουσιάζουν μια εκλεκτική κατανομή στο διάγραμμα κυρίως για τους υδροφόρους των κροκαλοπαγών, των σύγχρονων αποθέσεων κοίτης και του ελουβιακού μανδύα που κατά περίπτωση δημιουργεί ενιαία υδροφορία με τις Τυρρήνιες αναβαθμίδες. Μεγαλύτερη εξάπλωση παρουσιάζουν τα δείγματα των αλουβιακών αποθέσεων λόγω κυρίως της έντονης ανθρωπογενούς παρέμβασης και της υφαλμίρυνσης στις παράκτιες περιοχές. Τα δείγματα που προέρχονται από τον υδροφόρο των μαργών παρουσιάζουν μια ευρεία κατανομή χωρίς όμως τις υπόλοιπες ενδείξεις των δειγμάτων των αλουβιακών αποθέσεων.



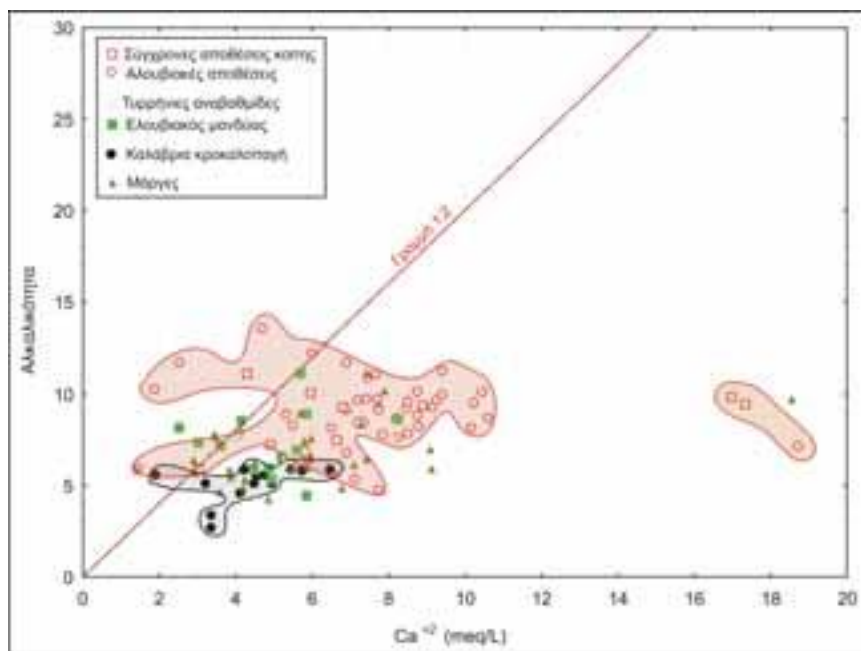
Εικόνα 24. Διάγραμμα Piper με την μορφή σημειακής απεικόνισης για τα δείγματα υπόγειου νερού από τους διάφορους τύπους υδροφόρων της περιοχής έρευνας.

Η υδροχημική διαφοροποίηση μεταξύ των δειγμάτων των διαφόρων υδροφόρων εντοπίζεται και από τα διαγράμματα αλκαλικότητας - ασβεστίου και θεικών - ασβεστίου που παρουσιάζονται στις εικόνες 26 και 27, κυρίως μεταξύ του υδροφόρου των κροκαλοπαγών και του υδροφόρου των αλυβιακών αποθέσεων, αλλά και στο θηκόγραμμα της συγκέντρωσης των όξινων ανθρακικών ιόντων της εικόνας 28.

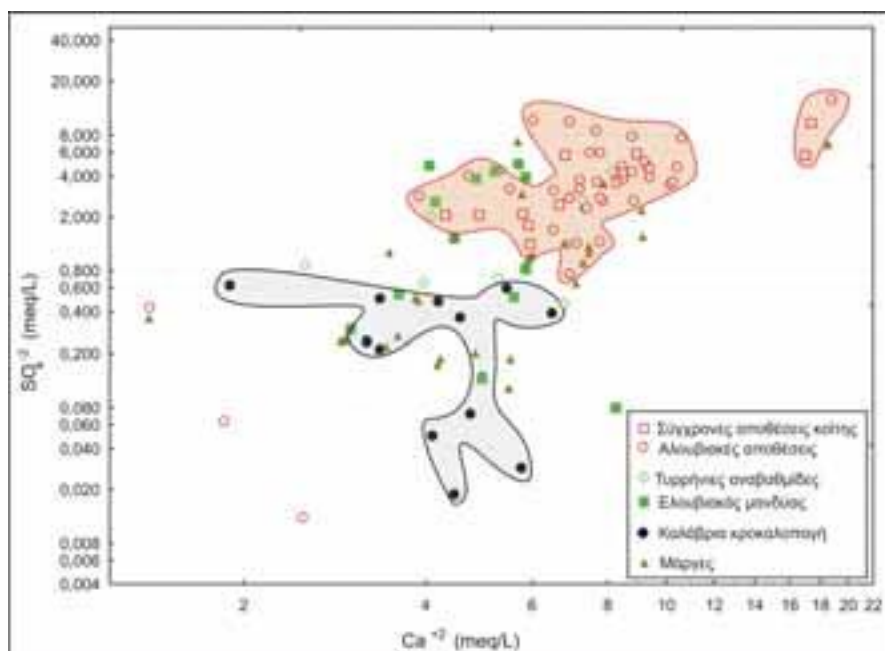
Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται στην διαφορετική σύσταση του σκελετού των υδροφόρων, στην διαφορά του χρόνου παραμονής του υπόγειου νερού εντός των υδροφόρων, των οξειδοαναγωγικών συνθηκών και άλλων παραγόντων και διατηρούνται λόγω έλλειψης υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ των υδροφόρων με εξαίρεση τους υδροφόρους του ελουβιακού μανδύα και των Τυρρήνιων αναβαθμίδων που επικοινωνούν κατακόρυφα και πλευρικά.



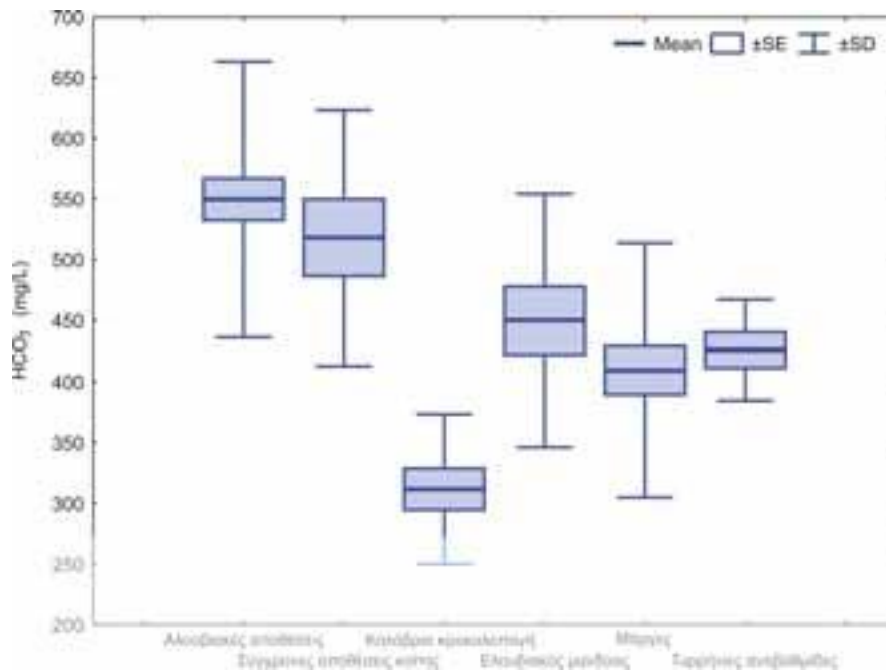
Εικόνα 25. Διάγραμμα Piper με την μορφή περιοχών διασποράς για τα δείγματα υπόγειου νερού από τους διάφορους τύπους υδροφόρων της περιοχής έρευνας.



Εικόνα 26. Διάγραμμα συσχέτισης αλκαλικότητας και συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου για τα δείγματα υπόγειου νερού από τους διάφορους τύπους υδροφόρων της περιοχής έρευνας.



Εικόνα 27. Διάγραμμα συσχέτισης της συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου και θειικών ιόντων για τα δείγματα υπόγειου νερού από τους διάφορους τύπους υδροφόρων της περιοχής έρευνας.



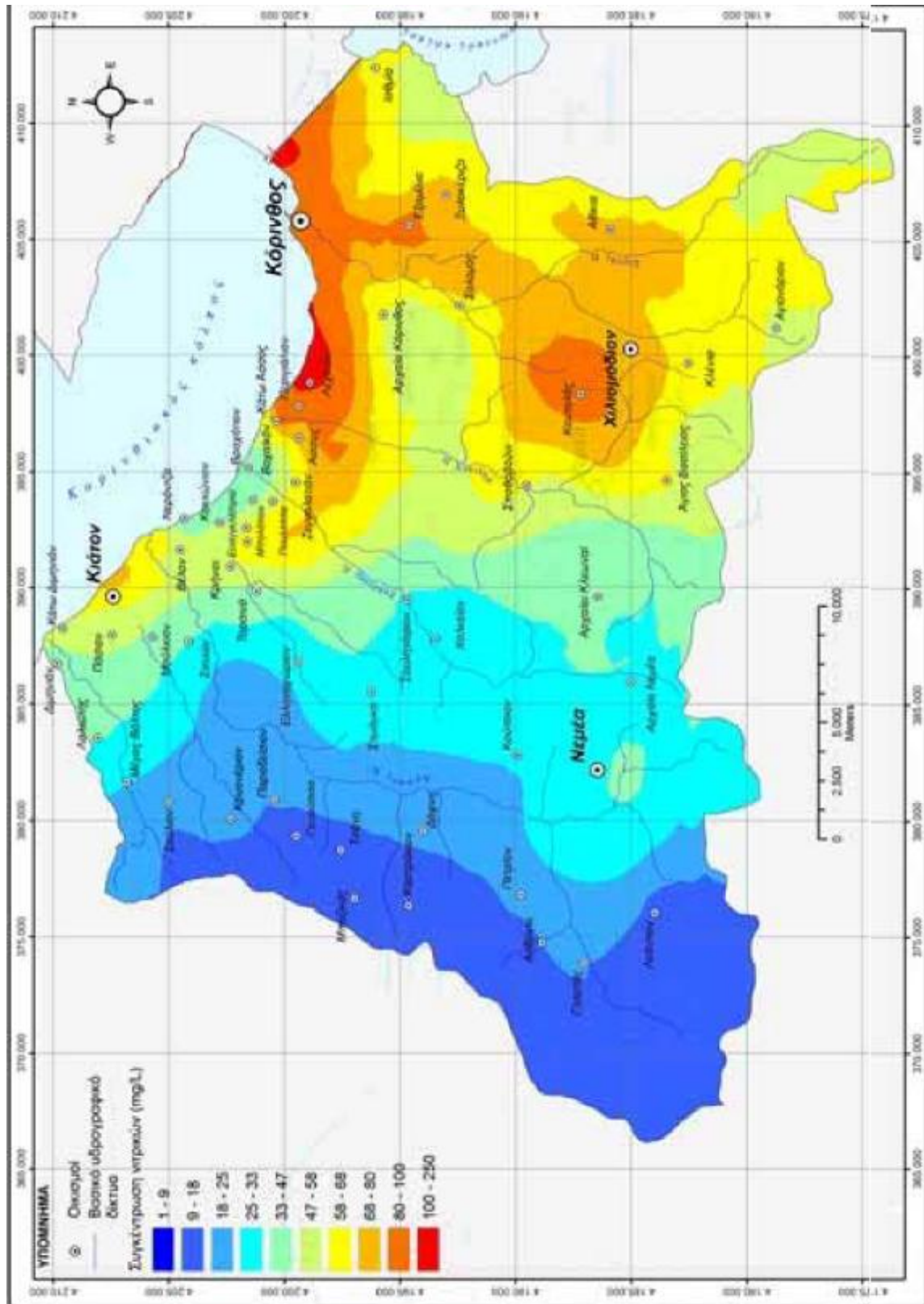
Εικόνα 28. Θηκόγραμμα κατανομής της συγκέντρωσης όξεινων ανθρακικών ιόντων για τα δείγματα υπόγειου νερού από τους διάφορους τύπους υδροφόρων της περιοχής έρευνας.

4.3.1 Ερμηνεία της κατανομής των ενώσεων αζώτου στην περιοχή έρευνας.

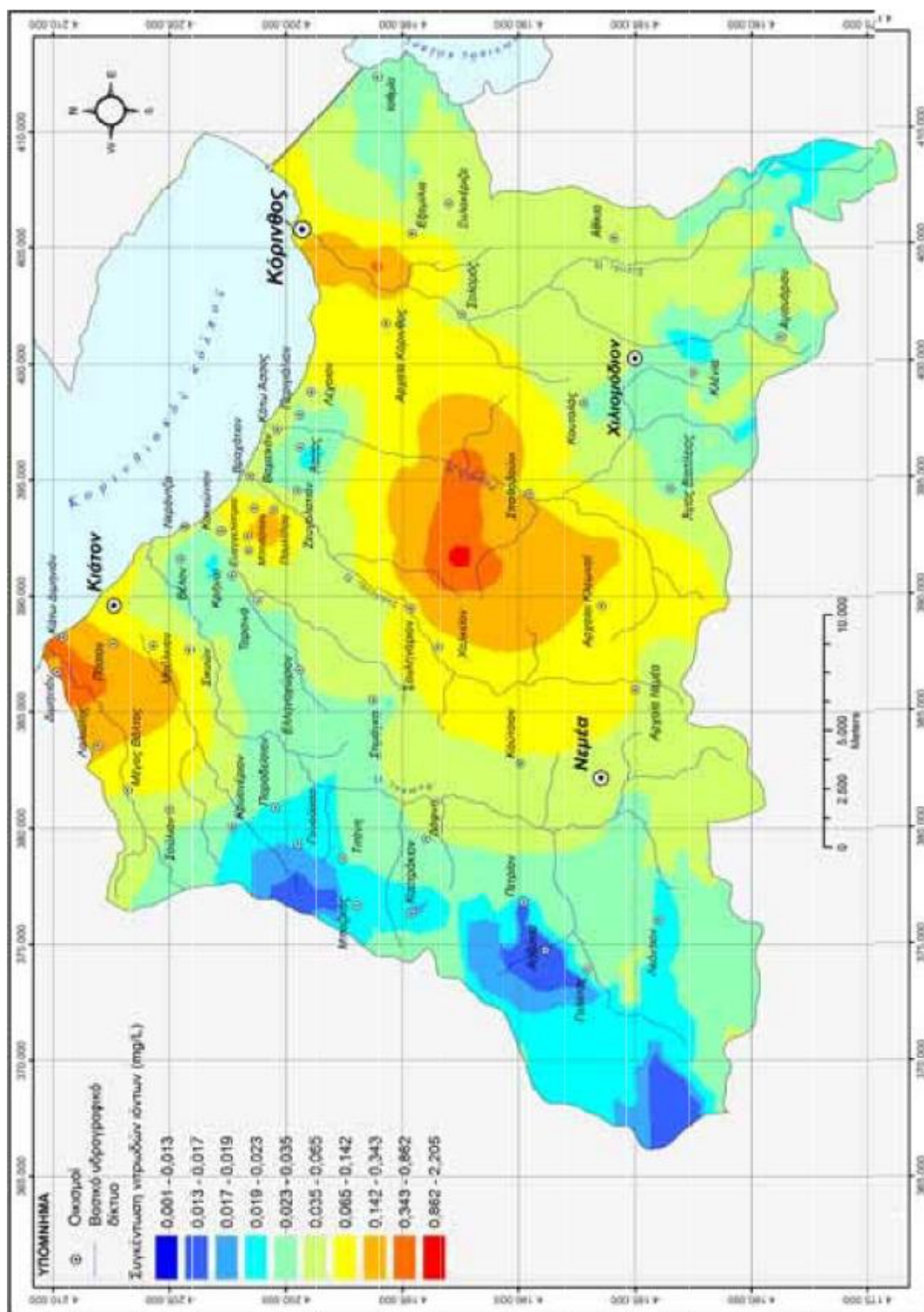
Στις εικόνες 29-32 παρουσιάζονται οι κατανομές νιτρικών νιτροδών και αμμωνιακών ιόντων καθώς και η κατανομή δυναμικού οξειδοαναγωγής. Από την μελέτη των κατανομών αυτών διαπιστώνεται καταρχήν μια ευρεία ρύπανση του υπόγειου νερού κυρίως του παράκτιου προσχωματικού υδροφόρου και σε μικρότερο βαθμό των προσχωματικών υδροφόρων Νεμέας και Σπαθοβουνίου-Αγίου Βασιλείου με τιμές που ξεπερνούν το όριο ποσιμότητας των 50 mg/L σχεδόν στο σύνολο της έκτασης των παραπάνω υδροφόρων. Όπως προαναφέρθηκε η ρύπανση αυτή αποδίδεται κυρίως στις εντατικές καλλιέργειες που αναπτύσσονται στις αντίστοιχες περιοχές αλλά και στην έντονη οικιστική ανάπτυξη αφού στις περισσότερες περιπτώσεις η απουσία κεντρικού

αποχευτικού δικτύου και η χρήση απορροφητικών βόθρων επιβαρύνουν σημαντικά τους υδροφόρους. Τέλος στην διαμόρφωση της κατάστασης αυτής συνεισφέρουν και οι διάσπαρτες στην περιοχή έρευνας σημειακές πηγές μόλυνσης (ΧΑΔΑ, ελαιοτριβεία, νεκροταφεία, βιομηχανικές μονάδες).

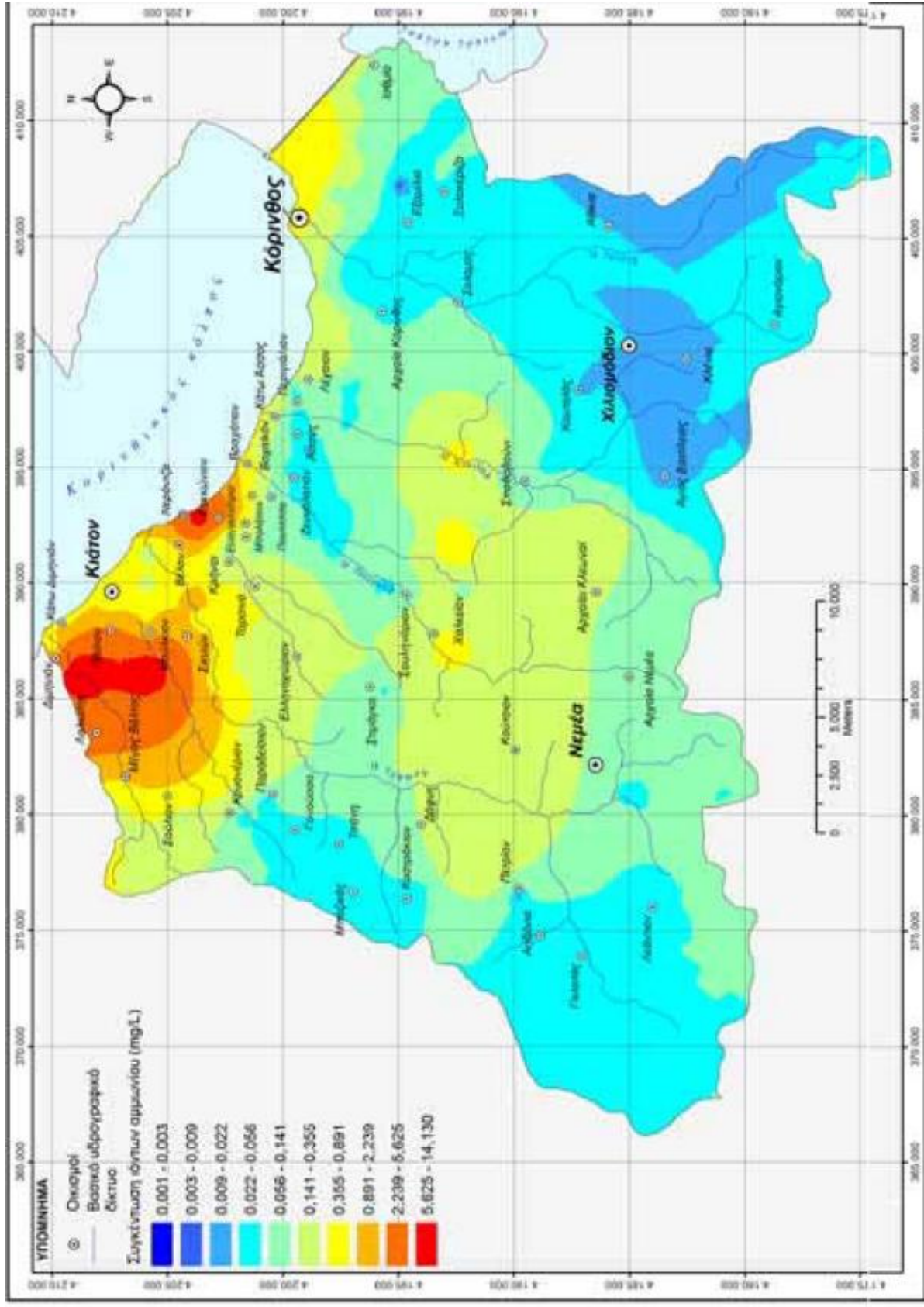
Διαπιστώνεται επίσης ότι αυξημένες τιμές σε νιτρώδη και αμμωνιακά ιόντα παρουσιάζονται στις περιοχές Πάσιου-Λαλιώτη, Κοκκωνίου και Χαλκείου-Σπαθοβουνίου. Οι αυξημένες αυτές τιμές φαίνεται να ταυτίζονται με την εμφάνιση αρνητικών ή οριακά θετικών τιμών δυναμικού οξειδοαναγωγής συνθήκη που ευνοεί την επικράτηση αυτών των μορφών αζώτου. Η επικράτηση αναγωγικών συνθηκών στις περιοχές αυτές μπορεί να αποδοθεί στην δημιουργία αναερόβιων συνθηκών λόγω μεσολάβησης στρωμάτων λεπτομερούς υλικού αλλά και στον επηρεασμό από υδροθερμικά ρευστά τα οποία ενδεχομένως αναδύονται μέσα από εκλεκτικές οδούς (ρήγματα, ασυνέχειες) προς τους ελεύθερους αβαθείς υδροφόρους. Η τελευταία υπόθεση ενισχύεται και από την παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων σπάνιων γαιών στις περιοχές αυτές (εικόνα 33) αλλά και από την κατανομή της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού (εικόνα 34) η οποία φαίνεται να είναι σχετικά αυξημένη σε περιοχές με χαμηλό δυναμικό οξειδοαναγωγής και υψηλές συγκεντρώσεις σπάνιων γαιών.



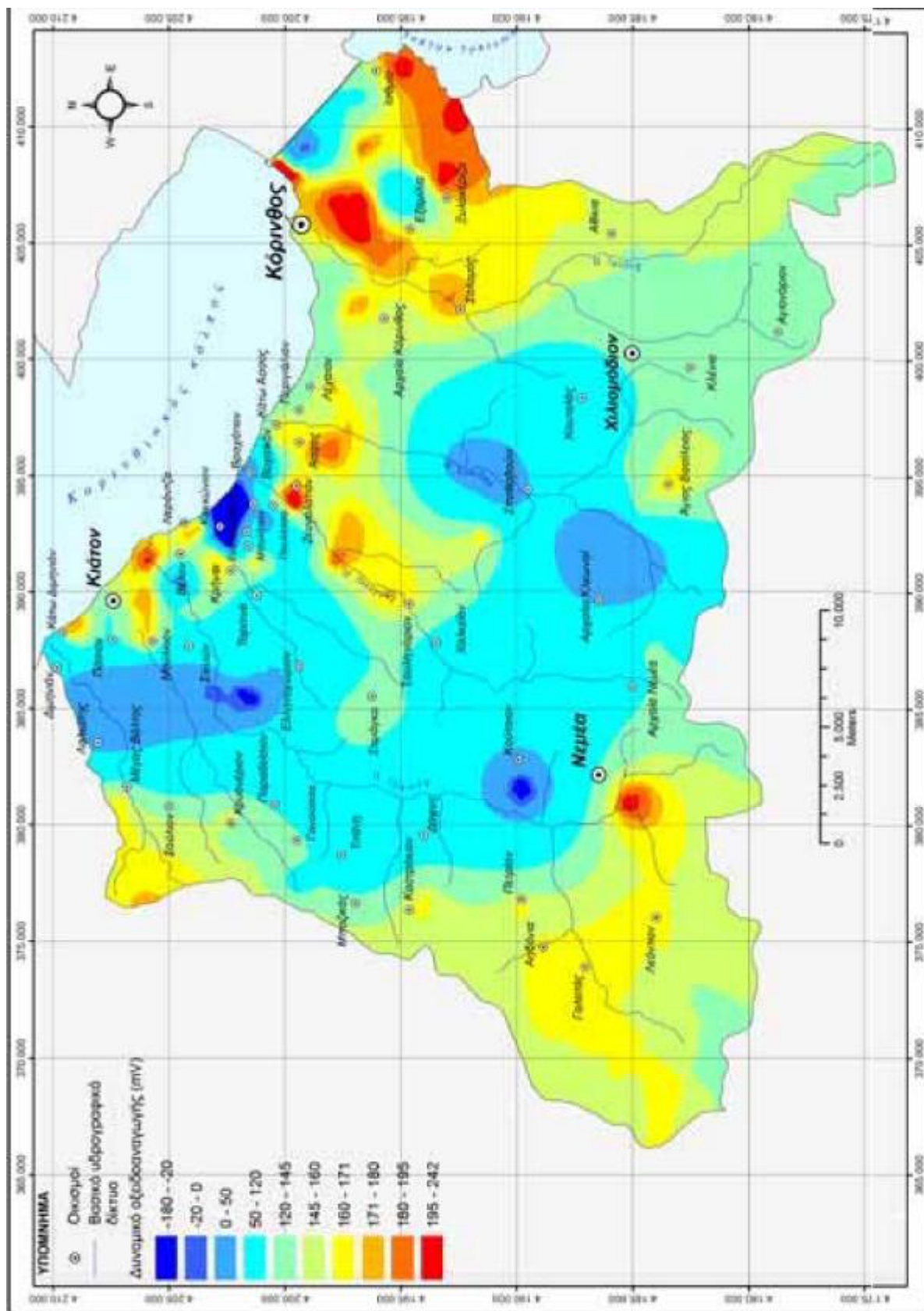
Εικόνα 29. Χάρτης κατανομής της συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων (NO₃⁻) για την περιοχή έρευνας



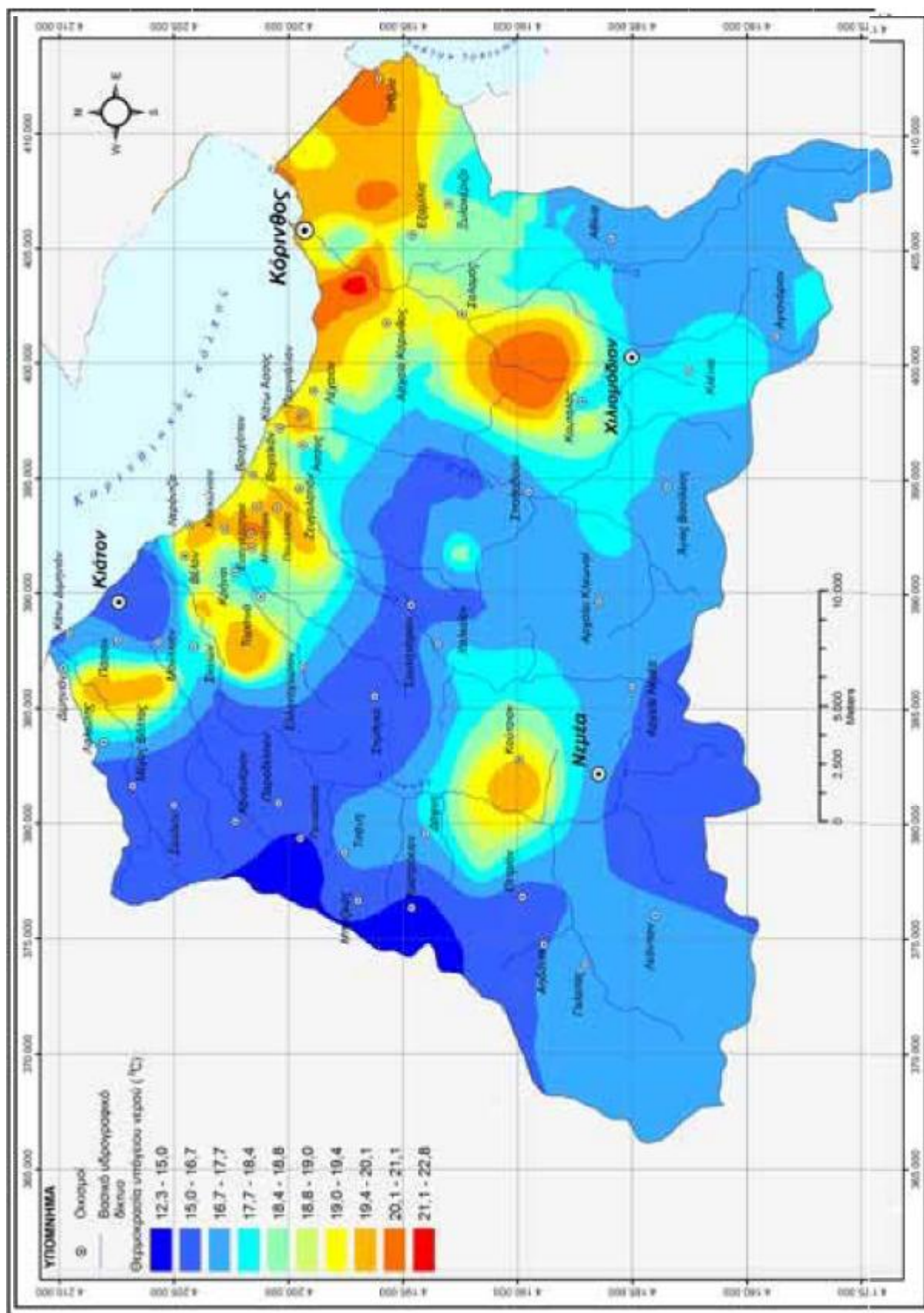
Εικόνα 30. Χάρτης κατανομής της συγκέντρωσης νιτροδίων ιόντων (NO₂⁻) για την περιοχή έρευνας



Εικόνα 31. Χάρτης κατανομής της συγκέντρωσης αμμωνιακών ιόντων (NH₄⁺) για την περιοχή έρευνας



Εικόνα32 .Χάρτης κατανομής του δυναμικού οξειδοαναγωγής (Eh) για την περιοχή έρευνας



Εικόνα 34. Χάρτης κατανομής της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού για την περιοχή έρευνας

4.3.2 Διερεύνηση του φαινομένου της υφαλμίρυνσης στους παράκτιους υδροφόρους της περιοχής έρευνας.

Όπως επισημάνθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, οι συγκεντρώσεις χλωριόντων στα δείγματα υπόγειου νερού των παράκτιων πεδινών περιοχών, είναι σχετικά υψηλές και σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνουν το όριο ποσιμότητας. Οι κυριότερες πηγές χλωριόντων στο υπόγειο νερό είναι το θαλασσίνο νερό στις περιπτώσεις υφαλμίρυνσης των υδροφόρων λόγω διείσδυσης της θάλασσας, η παρουσία εβαποριτών, ο εγκλωβισμός αλάτων στο σκελετό του υδροφόρου, κατά την ιζηματογένεση, όταν αυτή γίνεται σε θαλάσσιο περιβάλλον, και τέλος, τα οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις περιέχουν ενώσεις και σύμπλοκα του χλωρίου (Cl^-).

Για την διερεύνηση της προέλευσης των χλωριόντων, έχουν δημιουργηθεί από διάφορους ερευνητές δείκτες, οι οποίοι προσδιορίζουν τη συνεισφορά της διείσδυσης της θάλασσας στην αύξηση της συγκέντρωσης χλωριόντων στο υπόγειο νερό (Λαμπράκης, κ. ά., 1994). Ένας από τους πιο χαρακτηριστικούς είναι ο δείκτης Revelle (i) που εκφράζεται από τη σχέση:

$$i = \frac{Cl^-}{CO_3^{2-} + HCO_3^-} \quad (4.1)$$

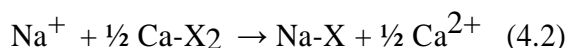
Όταν αυτός ο δείκτης παίρνει τιμές μεγαλύτερες του 1 σημαίνει ότι έχουμε ρύπανση του υπόγειου νερού από διείσδυση της θάλασσας. Όπως φαίνεται από την κατανομή του δείκτη Revelle στην περιοχή έρευνας (Εικόνα 37), αλλά και από την κατανομή των χλωριόντων (Εικόνα 35) και του νατρίου (εικόνα 36), το φαινόμενο είναι αρκετά εκτεταμένο με ένα κύριο (Λέχαιο- Σπαθοβούνι) και δύο δευτερεύοντα (Περιοχή Ισθμού και Βραχάτη-Σουληνάριο) μέτωπα υφαλμύρισης

Όταν το θαλασσινό νερό διεισδύει προς την ενδοχώρα λαμβάνουν χώρα διαδικασίες μίξης του γλυκού και αλμυρού νερού και φαινόμενα ανταλλαγής ιόντων μεταξύ του νερού και των υλικών του υδροφορέα.

Στην περίπτωση που η απλή συντηρητική (conservative) μίξη είναι η μοναδική υδροχημική διαδικασία που λαμβάνει χώρα, ο υδροχημικός χαρακτήρας του νερού μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα της μίξης δύο ακραίων μελών, δηλαδή του θαλασσινού και του γλυκού νερού του υδροφόρου, το οποίο δεν έχει επηρεαστεί καθόλου από το θαλασσινό νερό. Έτσι, η συγκέντρωση όλων των ιόντων, που προέρχονται από το θαλασσινό νερό, θα αυξάνεται σταδιακά από την τιμή που αντιστοιχεί στο μη ρυπασμένο νερό προς τη μέγιστη συγκέντρωση που παρατηρείται στο περισσότερο υφάλμυρο νερό. Για παράδειγμα, εάν προβληθούν σε ένα διάγραμμα οι συγκεντρώσεις των ιόντων Na^+ και Cl^- τότε η διάταξη των σημείων θα ακολουθεί μία ευθεία γραμμή, την καλούμενη γραμμή συντηρητικής μίξης (conservative mixing line), η οποία ενώνει το γλυκό με το θαλασσινό νερό. Αποκλίσεις των ιόντων, δηλαδή διάταξη των σημείων εκτός της γραμμής μίξης, υποδηλώνει την παρουσία φαινομένων ιοντοανταλλαγής (cation exchange phenomena) μεταξύ του νερού και των υλικών του υδροφορέα.

Πιο συγκεκριμένα:

Το γλυκό νερό των παράκτιων υδροφόρων της περιοχής έρευνας χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία των ιόντων Ca^{2+} και HCO_3^- , τα οποία προέρχονται κυρίως από τη διάλυση του ασβεστίτη (CaCO_3). Έτσι, οι ανταλλάκτες κατιόντων (cation exchangers) έχουν προσροφήσει στην επιφάνειά τους κυρίως ιόντα Ca^{2+} . Στο θαλασσινό νερό τα κυρίαρχα ιόντα είναι το Na^+ και το Cl^- , οπότε τα ιζήματα που βρίσκονται σε επαφή με το θαλασσινό νερό έχουν προσροφήσει, κατά μεγάλο μέρος, ιόντα Na^+ . Κατά τη διείσδυση του θαλασσινού νερού στον παράκτιο καρστικό υδροφόρο θα λάβει χώρα η εξής ανταλλαγή κατιόντων (Appelo and Postma 1994):

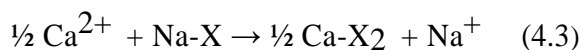


όπου X δείχνει τον εδαφικό ανταλλάκτη.

Η αντίδραση αυτή δείχνει ότι το Na^+ λαμβάνεται από τον ανταλλάκτη, ο οποίος και απελευθερώνει κατιόντα Ca^{2+} . Κατά συνέπεια, η ποιότητα του υφάλμυρου νερού μεταβάλλεται από NaCl σε CaCl_2 τύπο νερού.

Αντίστοιχες αντιδράσεις μπορούν να γραφούν και για τα κατιόντα Mg^{2+} και K^+ , τα οποία βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο θαλασσινό νερό.

Η αντίθετη ακριβώς διαδικασία λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της απορρύπανσης του υδροφόρου, όταν δηλαδή, λόγω φυσικού ή τεχνητού εμπλουτισμού, ο υφάλμυρος υδροφόρος εκπλένεται από γλυκό νερό (Appelo and Postma 1994):



δηλαδή το Ca^{2+} λαμβάνεται από τον υδροφόρο, ο οποίος τότε απελευθερώνει ιόντα Na^+ και προκύπτει ένας τύπος νερού της μορφής NaHCO_3 .

Αυτές οι χημικές αντιδράσεις κατά τη διάρκεια των αντικαταστάσεων γλυκού – θαλασσινού νερού μπορούν να προσδιοριστούν και ποσοτικά. Σύμφωνα με τους Appelo-Postma (1993), όταν στους παράκτιους υδροφόρους υπάρχει μείξη γλυκού και θαλασσινού νερού, η συγκέντρωση του στοιχείου i προσδιορίζεται ως κλάσμα συμμετοχής των δύο ακραίων μελών, που είναι το θαλασσινό και το γλυκό νερό, με μέσες συστάσεις αυτές που φαίνονται στον πίνακα 10 και βάσει της εξίσωσης:

$$m_{i,mix} = f_{sea} \cdot m_{i,sea} + (1 - f_{sea}) \cdot m_{i,fresh} \quad (4.4)$$

όπου m_i = συγκέντρωση στοιχείου i

f_{sea} = κλάσμα του θαλασσινού νερού που συμμετέχει στο δείγμα

$m_{i,sea}$ = συγκέντρωση του στοιχείου i στο θαλασσινό νερό

$m_{i,fresh}$ = συγκέντρωση του στοιχείου i στο γλυκό νερό

Έτσι κάθε μεταβολή στη χημική σύσταση του υπόγειου νερού, που δεν οφείλεται στη διαδικασία της μείξης, μπορεί να προσδιοριστεί από την εξίσωση:

$$m_{i,react} = m_{i,sample} - m_{i,mix} \quad (4.5)$$

όπου $m_{i,react}$ = συγκέντρωση του στοιχείου i που μεταβάλλεται λόγω διαδικασιών πλην της μάζας

$m_{i,sample}$ = συγκέντρωση του στοιχείου i που μετρήθηκε στο δείγμα υπόγειου νερού

Πίνακας 10. Τοπικές συστάσεις των ακραίων μελών γλυκού και θαλασσινού νερού που λαμβάνουν μέρος στην διαδικασία της μείξης

	Τοπική σύσταση θαλασσινού νερού (meq/L)	Τοπική σύσταση θαλασσινού νερού (mg/L)	Τοπική σύσταση γλυκού νερού πριν την δράση υδροχημικών διεργασιών (meq/L)	Τοπική σύσταση γλυκού νερού πριν την δράση υδροχημικών διεργασιών (mg/L)
Na ⁺	485,00	18.967,54	0,00	0,00
K ⁺	10,60	414,55	0,00	0,00
Mg ²⁺	55,10	669,83	0,00	0,00
Ca ²⁺	10,70	314,43	3,00	60,12
Cl ⁻	566,00	20.063,81	0,00	0,00
HCO ₃ ⁻	2,40	146,43	6,00	366,08
SO ₄ ²⁻	29,30	1.407,30	0,00	0,00

Δεδομένου ότι η συγκέντρωση Cl^- στο γλυκό νερό θεωρείται 0 meq/L, ενώ στο θαλασσινό 566 meq/L, όπως φαίνεται στον πίνακα 10, η εξίσωση παίρνει την απλοποιημένη μορφή

$$f_{sea} = \frac{m}{\text{Cl}_{sample} + 566} \quad (4.6)$$

Με βάση τις εξισώσεις 4.4, 4.5, 4.6 έγινε ο υπολογισμός των ποσοτήτων $m_{i,mix}$ και $m_{i,react}$ για όλα τα βασικά ανιόντα και κατιόντα των δειγμάτων υπόγειου νερού της περιοχής έρευνας και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 11.

Πίνακας 11. Ποσότητες m_i sample, m_i mix και m_i react για τα βασικά ανιόντα και κατιόντα των δειγμάτων υδρογείου νερού της περιοχής έρευνας.

i(SLA %)	Ca		Mg		Na		K		HCO ₃		Cl ⁻		SO ₄			
	mix	react	mix	react	mix	react	mix	react	mix	react	mix	react	mix	react		
FX10	0,47	98	60,85	37,1	102	98,8	28	52,79	-24,8	4	1,96	2,0	95,0	99,5	SO ₄ mix 6,66	SO ₄ react 92,8
FX11	0,31	50	60,60	-10,6	69	66,9	26	34,45	-8,5	7	1,28	5,7	62,0	0,0	4,35	-4,5
FX12	0,46	375	76,26	298,7	499	428,9	810	1166,41	356,4	45	43,37	1,6	2099,0	715,0	147,33	567,8
FX13	0,20	155	60,44	94,6	12	1,37	6	22,78	-16,8	1	0,85	0,2	41,0	63,6	2,88	60,7
FX14	0,92	347	61,54	285,5	113	6,14	95	102,25	-7,2	7	3,80	3,2	18,0	477,0	12,91	464,1
FX2	0,30	136	69,85	36,2	350	42,23	529	702,96	174,0	164	26,14	137,9	1265,0	215,0	88,73	126,3
FX3	0,73	175	61,25	113,7	114	4,91	148	81,69	66,3	6	3,04	3,0	147,0	379,0	10,31	388,7
FX4	0,13	133	60,32	72,7	38	0,87	37,1	14,45	-4,4	3	0,54	2,5	26,0	119,0	1,82	117,2
FX5	0,29	164	60,57	103,4	40	1,94	38,1	32,23	-18,2	5	1,20	3,8	58,0	208,0	4,07	203,9
FX6	0,15	154	60,36	93,6	57	1,03	56,0	17,23	-10,2	4	0,64	3,4	31,0	177,5	2,17	175,3
FX7	1,43	117	62,33	54,7	77	9,58	67	159,49	-92,5	4	5,93	-1,9	287,0	192,0	20,13	171,9
FX8	0,30	175	60,38	114,4	55	2,00	29	33,34	-4,3	6	1,24	4,8	60,0	211,0	4,21	206,8
FX9	0,36	194	60,67	43,3	72	2,40	69,6	49	40,0	9,0	1,49	4,5	72,0	209,0	5,05	203,9
GX1	1,44	81	62,34	18,7	58	9,61	48,4	160,04	140,0	26	5,95	20,0	288,0	234,5	20,20	214,3
GX10	0,53	159	60,94	108,1	67	3,54	63,5	82	58,90	23,1	10	7,8	106,0	235,0	7,43	227,6
GX11	0,45	185	60,81	124,2	65	3,00	62,0	50,0	4,0	4	1,86	2,1	90,0	230,5	6,31	224,2
GX12	0,39	176	60,73	115,3	41	2,64	58,4	32	43,90	-11,9	3	1,63	79,0	130,0	5,54	124,5
GX13	0,37	147	60,70	86,3	41	2,50	38,5	39	41,68	2,7	1	1,55	75,0	113,0	5,26	107,7
GX14	0,40	203	60,74	142,3	20	2,70	17,3	45	45,0	-0,0	4	1,67	81,0	168,5	5,68	162,8
GX15	0,21	138	60,45	77,5	42	1,44	40,6	20	23,90	-3,9	3	0,69	43,0	136,4	3,02	133,4
GX16	0,39	188	60,73	127,3	68	2,64	65,4	83	43,90	39,1	13	1,63	79,0	223,0	5,54	217,5
GX17	0,34	149	60,65	88,3	68	2,30	65,7	99	38,34	60,7	11	1,43	69,0	291,0	4,84	286,2
GX18	0,13	144	60,32	83,7	38	0,87	37,1	18	14,45	3,6	4	0,54	26,0	186,0	1,82	194,2
GX19	0,59	209	61,03	148,0	43	3,94	39,1	37	65,57	-28,6	7	2,44	118,0	230,0	8,28	221,7
GX2	0,63	82	61,09	20,9	83	4,21	78,8	43	70,02	-27,0	2	2,80	126,0	94,5	8,84	85,7
GX20	0,41	148	60,76	87,2	37	2,77	34,2	45	46,12	-1,1	4	1,71	83,0	113,5	5,82	107,7
GX21	0,19	178	60,41	117,6	55	1,27	53,7	10	21,12	-11,1	16	0,79	38,0	287,0	2,67	284,3
GX22	0,19	119	60,42	58,6	34	1,30	32,7	22	21,67	0,3	5	0,81	39,0	61,2	2,74	58,5
GX23	0,23	155	60,47	94,5	35	1,54	33,5	19	25,56	-6,6	5	0,95	46,0	136,0	3,23	132,8
GX24	0,71	50	61,22	-11,2	40	4,77	35,2	107	79,46	27,5	26	2,95	143,0	0,6	10,03	-9,4
GX25	0,39	144	60,73	83,3	49	2,64	46,4	36	43,90	-7,9	10	1,63	79,0	180,0	5,54	174,5
GX26	1,25	138	61,04	76,0	160	8,35	151,7	149	138,92	10,1	5	5,17	250,0	495,0	17,54	477,5
GX27	0,24	130	60,49	69,5	48	1,60	46,4	46	26,67	19,5	5	0,99	48,0	151,0	3,37	147,6
GX28	0,43	205	60,78	144,2	49	2,87	46,1	38	47,79	-9,8	4	1,78	86,0	175,5	6,03	169,5

Πίνακας 11 (Συνέχεια). Παράσιπτος, mi, sample, mi, mix και mi, react για τα βασικά ανιόντα και κατιόντα των διαγμάτων υπέρλευ νερού της παραγωγής άρρωσας.

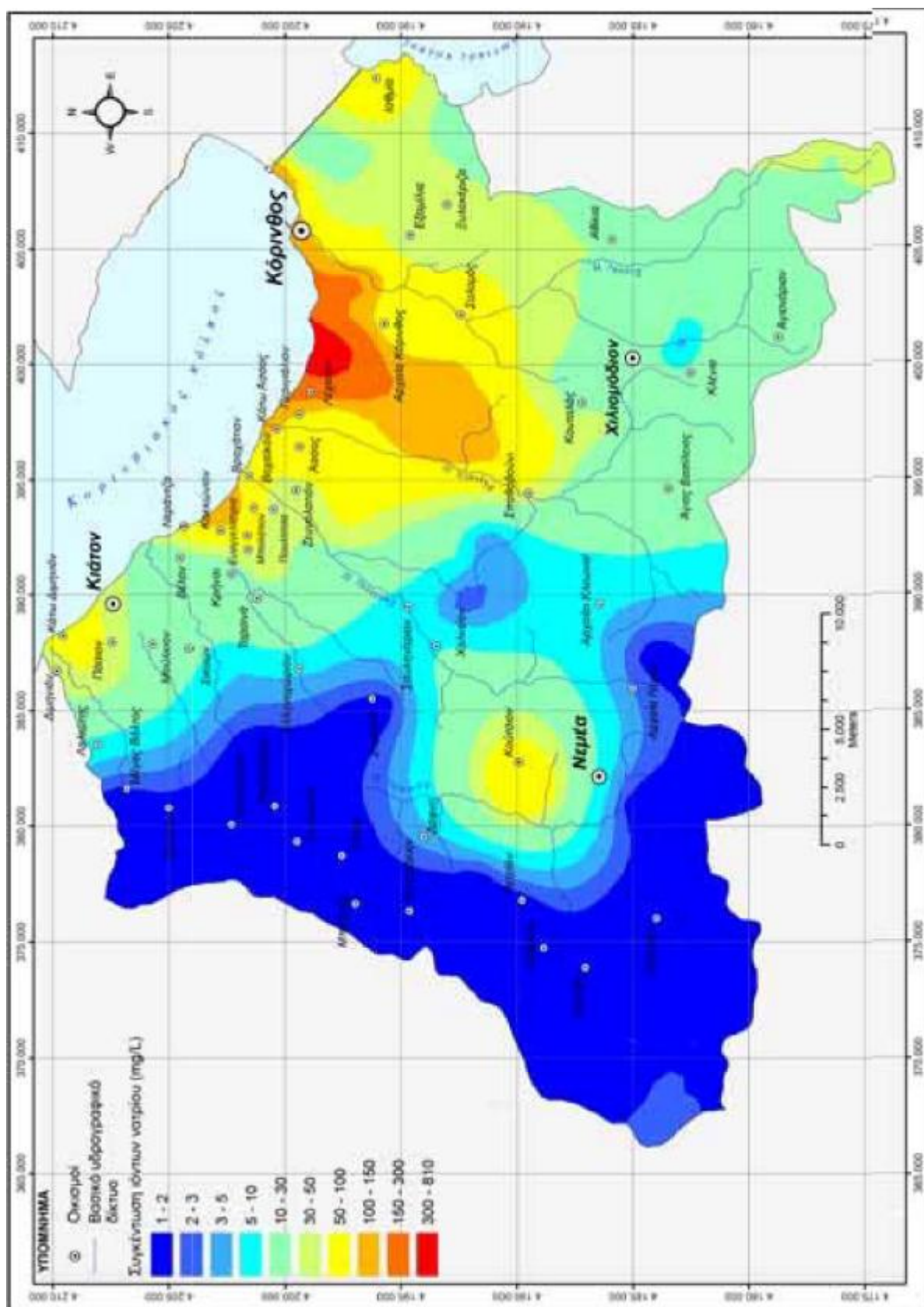
	FSE.A (%)		Ca ²⁺	Ca mix	Ca react	Mg ²⁺	Mg mix	Mg react	Na	Na mix	Na react	K ⁺	K mix	K react	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻ mix	HCO ₃ ⁻ react	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ max	SO ₄ ²⁻ react	
	0.61	0.54																			
GX59	0.61	0.54	146	61,07	84,9	42	4,11	37,9	58	68,35	-10,4	3	2,54	0,5	448,0	364,73	83,3	123,0	26,4	8,63	117,8
GX6	0.54	0.54	170	60,96	109,0	50	3,64	46,4	42	60,37	-18,6	2	2,25	-0,3	588,0	364,88	225,1	109,0	203,5	7,65	193,9
GX60	0.18	0.18	130	60,40	69,6	20	1,34	18,8	19	30,56	-1,6	3	0,76	2,2	351,0	365,67	-14,7	37,0	78,9	2,60	76,3
GX61	0.08	0.08	38	60,25	-22,5	51	0,57	50,4	19	9,45	9,6	3	0,35	2,6	343,0	365,89	-22,9	17,0	30,5	1,19	29,3
GX62	0.05	0.05	106	60,20	45,8	37	0,37	36,5	0	6,1	-8,1	2	0,23	1,8	358,0	365,96	-8,0	11,0	22,5	0,77	21,7
GX63	0.04	0.04	59	60,18	1,2	28	0,27	27,7	15	4,45	10,6	1	0,17	0,8	347,0	365,99	19,0	8,0	2,1	0,56	11,5
GX64	0.13	0.13	139	60,33	78,7	12	0,90	11,1	18	15,00	3,0	4	0,56	3,4	341,0	365,78	-24,8	27,0	61,0	1,89	50,1
GX65	0.01	0.01	157	60,14	96,9	12	0,10	11,9	10	1,67	8,5	1	0,36	0,9	475,0	366,04	109,0	3,0	29,5	0,21	129,5
GX66	0.40	0.40	146	60,74	85,3	49	2,70	46,3	63	45,01	18,0	2	1,57	0,3	508,0	365,19	142,8	81,0	44,2	5,68	38,5
GX67	0.35	0.35	183	60,66	122,3	15	2,34	13,7	25	38,90	-13,9	1	1,45	-0,4	363,0	365,31	-2,3	70,0	68,5	4,91	63,0
GX68	0.11	0.11	142	60,29	81,7	18	0,73	17,3	12	12,23	-0,2	1	0,45	0,5	326,0	365,84	-39,8	22,0	63,0	1,54	61,5
GX69	0.02	0.02	85	60,16	24,8	15	0,17	14,8	8	2,78	5,2	1	0,10	0,9	325,0	366,02	-41,0	5,0	8,8	0,55	8,4
GX7	1.84	1.84	153	62,97	90,0	124	12,35	111,6	194	205,61	-11,6	9	7,54	1,4	683,0	362,03	321,0	370,0	427,0	25,95	401,0
GX70	0.30	0.30	28	60,58	-52,6	55	2,00	54,0	43	33,94	9,7	4	1,24	2,8	365,0	365,42	-0,4	60,0	21,1	4,21	16,9
GX71	0.67	0.67	212	61,15	150,8	83	4,47	78,5	95	74,46	20,5	7	2,77	4,2	534,0	364,61	169,4	134,0	372,5	9,40	363,1
GX72	0.27	0.27	136	60,54	75,5	71	1,80	69,2	73	30,01	43,0	8	1,12	6,9	569,0	365,49	203,5	54,0	275,0	3,79	271,2
GX73	0.19	0.19	116	60,42	55,6	55	1,30	53,7	17	21,67	-4,7	16	0,8	15,2	456,0	365,65	90,4	39,0	42,0	2,74	139,3
GX74	0.01	0.01	116	60,14	55,9	28	0,10	27,9	5	1,67	3,5	2	0,06	1,9	422,0	366,04	56,0	3,0	0,25	0,21	102,3
GX75	0.19	0.19	165	60,42	104,6	69	1,30	67,7	15	21,67	-6,7	4	0,8	3,2	467,0	365,65	101,4	39,0	71,0	2,74	168,5
GX76	1.20	1.20	372	61,97	310,0	75	8,05	67,0	92	133,92	-41,9	11	4,98	6,0	595,0	363,44	228,6	241,0	332,5	16,90	315,6
GX77	1.14	1.14	340	61,87	278,1	72	7,61	64,4	85	126,70	-41,7	7	4,7	2,3	602,0	363,58	238,4	228,0	276,5	15,99	260,5
GX78	0.34	0.34	163	60,64	102,4	37	2,37	34,7	24	57,79	-13,8	3	1,40	1,6	464,0	365,33	98,7	68,0	206,0	4,77	201,2
GX79	0.07	0.07	120	60,24	59,8	18	0,50	17,5	3	8,34	-5,3	1	0,3	0,7	463,0	365,91	97,1	15,0	49,5	1,05	48,4
GX8	0.43	0.43	183	60,78	122,2	65	2,87	63,1	59	47,79	11,2	4	1,78	2,2	569,0	365,14	203,9	86,0	251,5	6,03	243,5
GX80	0.05	0.05	106	60,20	45,8	21	0,37	20,5	4	6,1	-2,1	2	0,23	1,8	389,0	365,96	23,0	11,0	33,3	0,77	32,5
GX81	0.19	0.19	170	60,41	109,6	40	1,27	38,7	13	21,12	-8,1	4	0,79	3,2	480,0	365,66	114,3	38,0	188,5	2,67	185,8
GX82	0.23	0.23	110	60,47	49,5	93	1,54	91,5	20	25,56	-5,6	2	0,95	1,0	511,0	365,57	145,4	46,0	157,0	3,23	153,8
GX83	0.01	0.01	141	60,14	80,9	14	0,10	13,9	0	1,67	-1,7	0	0,06	-0,1	401,0	366,04	35,0	3,0	33,6	0,21	53,4
GX84	0.11	0.11	118	60,29	57,7	27	0,73	26,3	15	12,23	2,8	2	0,45	1,5	393,0	365,84	27,2	22,0	83,6	1,54	82,1
GX85	0.07	0.07	129	60,23	68,8	7	0,47	6,5	0	7,78	-7,8	2	0,29	1,7	360,0	365,92	-2,9	14,0	9,1	0,98	18,1
GX86	0.01	0.01	122	60,14	61,9	12	0,10	11,9	0	1,67	-1,7	2	0,06	1,9	388,0	366,04	22,0	3,0	38,2	0,21	18,0
GX87	0.01	0.01	115	60,14	54,9	4	0,07	3,9	0	1,1	-1,1	1	0,04	1,0	358,0	366,05	-8,1	2,0	1,4	0,14	1,3
GX88	0.01	0.01	64	60,14	3,9	18	0,07	17,9	1	1,1	-0,1	1	0,04	1,0	315,0	366,05	-51,1	2,0	1,8	0,14	11,7
GX89	0.45	0.45	37	60,82	-23,8	12	3,04	9,0	331	50,57	280,4	4	1,88	2,1	629,0	365,08	263,9	91,0	3,1	6,38	-3,5
GX9	0.88	0.88	155	61,48	93,5	75	5,91	70,1	146	98,36	47,6	12	3,56	8,3	559,0	364,14	194,9	177,0	293,5	12,42	281,1
GX90	0.02	0.02	111	60,15	50,8	5	0,13	4,9	0	2,22	-2,2	1	0,08	0,9	366,0	366,03	-0,0	4,0	8,8	0,28	8,5
GX92	2.83	2.83	78	6,-48	13,5	213	18,93	194,1	6	315,08	-309,1	267	11,72	255,3	571,0	359,87	211,1	567,0	38,0	39,77	98,2
GX402	0.83	0.83	31	61,40	-30,-4	65	5,58	59,4	9	92,80	-83,8	103	3,45	99,5	391,0	364,25	26,8	167,0	50,4	11,71	38,7

Πίνακας 11 (Συνέχεια). Ποσότητες *mg*, *μg*, *μg* και *μg*, *μg* και *μg*, *μg* για τα βασικά ανιόντα και κατιόντα των διαγμάτων υπόγειου νερού της περιφέρειας έρευνας.

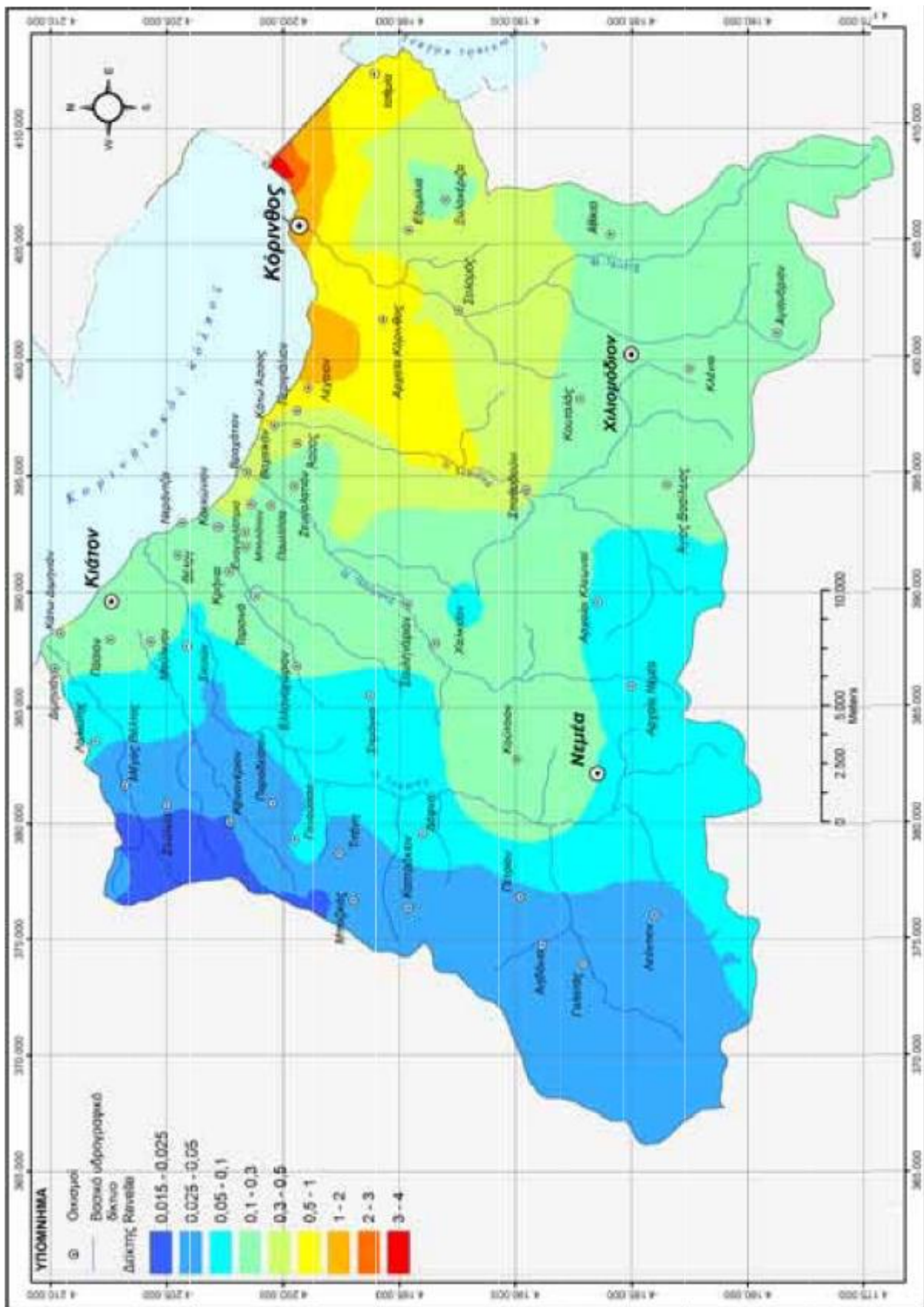
	FSLA (%)	Ca ²⁺	Cu mix	Ca react	Mg ⁺⁺	Mg mix	Vg react	Na ⁺	Na mix	Na react	K	Σ	K react	HCO ₃ ⁻ mix	HCO ₃ ⁻ react	Cl ⁻	SO ₄ ⁻² mix	SO ₄ ⁻² react	
GX29	0.61	114	61.06	52.0	113	1.07	108.9	77	67.80	6.2	4	2.52	1.5	679.0	361.71	122.0	237.5	8.56	228.9
GX3	0.22	60	60.46	-0.5	59	1.47	57.5	14	24.45	-10.5	1	0.91	0.1	361.0	365.00	44.0	34.0	2.09	32.9
GX30	1.38	94	62.35	3.7	117	9.25	107.8	175	151.93	31.1	5	5.72	-0.7	876.0	361.04	777.0	194.0	19.43	174.6
GX31	0.55	188	60.97	125.0	52	3.71	45.5	-8	61.68	-13.7	-	2.29	1.7	612.0	361.56	111.0	192.5	7.99	161.7
GX32	0.39	83	60.72	22.5	82	2.60	76.4	45	42.54	1.7	4	1.61	2.4	522.0	365.22	78.0	126.0	5.47	120.5
GX33	0.28	86	60.55	25.4	102	1.87	106.1	42	31.12	10.9	2	1.16	0.8	680.0	365.48	55.0	100.5	2.93	95.6
GX34	0.25	60	60.51	-0.5	58	1.70	56.5	11	28.34	-17.3	2	1.05	0.9	449.0	365.52	51.0	14.3	3.58	13.7
GX35	0.77	70	61.31	8.7	104	5.17	98.8	87	86.13	0.9	5	3.20	3.5	466.0	364.38	155.0	53.0	10.87	43.1
GX36	0.44	97	60.80	36.2	62	2.97	56.0	37	49.46	-12.5	3	1.84	1.2	267.0	365.10	89.0	187.0	6.24	182.8
GX37	0.22	89	60.47	28.5	49	1.50	47.5	23	25.01	-2.0	2	0.93	1.1	350.0	365.58	45.0	68.1	2.16	64.9
GX38	0.88	72	61.48	10.5	84	5.91	78.1	67	98.56	-31.4	2	3.66	-1.7	441.0	364.24	175.0	25.9	12.42	13.5
GX39	1.72	114	62.00	52.0	129	8.18	120.8	125	126.15	-11.7	5	5.06	0.9	548.0	361.39	245.0	344.0	17.18	326.8
GX1	0.53	51	60.63	-9.6	42	2.20	38.8	97	36.68	57.3	3	1.56	1.6	396.0	365.35	66.0	42.5	4.63	37.9
GX40	1.29	182	62.11	1.9,9	48	8.65	26.4	46	142.92	-97.9	14	5.55	8.6	434.0	363.24	239.0	108.2	18.17	95.0
GX41	0.22	28	60.47	-32.5	56	1.50	54.5	31	25.01	6.0	1	0.93	0.1	355.0	365.58	45.0	17.0	3.16	13.8
GX42	0.25	112	60.51	57.5	47	1.70	45.3	18	28.34	-10.3	1	1.05	-0.1	425.0	365.52	59.5	24.7	3.58	21.1
GX43	0.76	158	61.30	96.7	86	5.11	80.9	77	85.02	11.0	3	3.16	0.2	620.0	361.40	153.0	169.5	10.73	158.5
GX44	0.15	80	60.55	19.6	55	1.60	54.0	20	16.67	3.3	0	0.62	0.4	467.0	365.75	30.0	30.9	2.10	28.8
GX45	0.03	109	60.17	48.8	24	0.20	23.8	0	3.55	-3.3	1	0.12	0.9	359.0	366.01	6.0	29.0	0.42	28.6
GX46	0.02	118	60.15	57.8	18	0.13	17.9	0	2.22	-2.2	2	0.08	1.9	363.0	368.03	-0.0	46.8	0.28	46.3
GX47	0.01	156	60.14	95.9	6	0.10	5.9	0	1.67	-1.7	0	0.06	-0.1	443.0	366.04	77.5	6.8	0.21	6.6
GX48	0.01	77	60.11	16.9	28	0.10	27.9	0	1.67	-1.7	1	0.06	0.9	361.0	366.04	3.0	1.2	0.21	1.0
GX49	0.01	79	60.14	18.9	17	0.10	16.9	0	1.67	-1.7	1	0.06	0.9	336.0	366.04	3.0	2.2	0.21	2.0
GX5	2.04	120	63.27	56.7	157	13.69	143.3	322	227.84	94.2	215	8.47	206.5	748.0	361.59	412.0	499.0	28.76	472.2
GX30	0.01	84	60.14	23.9	24	0.07	21.9	0	1.11	-1.1	1	0.04	1.0	360.0	366.05	-6.1	23.4	0.14	21.5
GX31	0.01	165	60.14	104.9	16	0.07	15.9	0	1.11	1.1	1	0.04	1.0	525.0	366.05	161.9	3.9	0.11	3.8
GX32	0.01	58	60.14	-2.1	54	0.10	33.9	15	1.67	13.3	3	0.06	2.9	388.0	366.04	22.0	11.8	0.21	11.6
GX33	0.02	69	60.16	8.8	32	0.17	21.8	42	2.78	39.2	4	0.10	3.9	476.0	368.02	110.0	10.6	0.35	10.2
GX34	0.28	138	60.33	77.4	62	1.87	60.1	32	31.12	0.9	4	1.16	2.8	361.0	365.46	195.5	37.1	3.93	33.2
GX35	0.19	149	60.41	88.6	46	1.27	44.7	18	21.12	-3.1	3	0.79	1.2	683.0	365.66	317.3	37.9	2.67	50.2
GX36	0.02	90	60.16	38.8	4	0.17	3.8	0	2.78	-2.8	0	0.10	-0.1	329.0	366.02	-97.0	6.4	0.55	6.0
GX37	0.12	119	60.30	58.7	18	0.80	17.2	14	13.54	0.7	2	0.50	1.5	297.0	365.81	51.2	24.0	1.68	47.2
GX38	0.02	78	60.15	17.8	23	0.12	22.9	15	2.22	12.8	2	0.08	1.9	322.0	366.03	-0.0	23.0	0.28	22.7

Πίνακας 11 (Συνέχεια). Ποσότητες $m_{i,sample}$, $m_{i,mix}$ και $m_{i,react}$ για τα βασικά ανιόντα και κατιόντα των δερμάτων υπόλευκου νερού της περιοχής έρευνας.

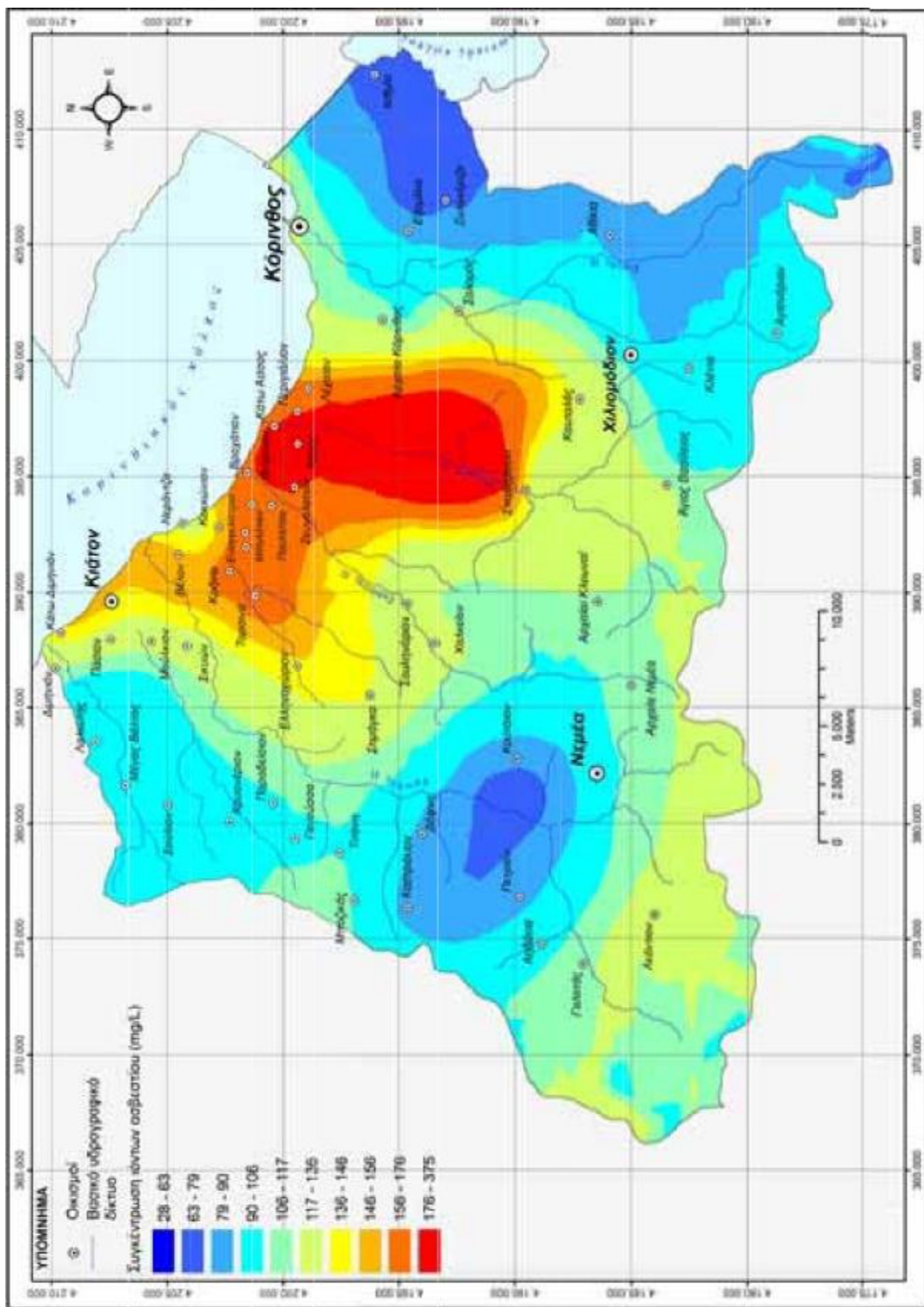
	FSLA (%)	Ca ²⁺	Ca _{mix}	Ca _{react}	Mg ²⁺	Mg _{mix}	Mg _{react}	Na	Na _{mix}	Na _{react}	K	K _{mix}	K _{react}	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ _{mix}	HCO ₃ _{react}	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	SO ₄ _{mix}	SO ₄ _{react}
PX1	0,01	91	60,14	30,9	12	0,10	11,9	0	1,67	-1,7	0	0,06	-0,1	336,0	366,04	-20,0	3,0	17,7	0,21	17,5
PX10	0,02	110	60,15	49,8	10	0,13	9,9	0	2,22	-2,2	0	0,08	-0,1	323,0	366,03	-13,0	4,0	5,4	0,28	5,1
PX11	0,01	99	60,14	38,9	10	0,07	9,9	0	1,11	-1,1	0	0,04	-0,0	315,0	366,05	-51,1	2,0	6,5	0,14	6,4
PX12	0,02	77	60,16	16,8	25	0,17	24,8	0	2,78	-2,8	1	0,10	0,9	356,0	366,02	-10,0	5,0	24,4	0,35	24,0
PX13	0,05	142	60,20	81,8	6	0,37	5,6	0	6,11	-6,1	0	0,23	-0,2	373,0	365,96	7,0	11,0	31,0	0,77	30,2
PX14	0,03	149	60,17	88,8	6	0,20	5,8	0	3,33	-3,3	1	0,12	0,9	394,0	366,01	28,9	6,0	58,7	0,42	58,3
PX15	0,01	63	60,14	2,9	20	0,07	19,9	0	1,11	-1,1	0	0,04	-0,0	291,0	366,05	-75,1	2,0	7,5	0,14	7,4
PX16	0,01	95	60,14	34,9	4	0,10	3,9	0	1,67	-1,7	0	0,06	-0,1	342,0	366,04	-24,0	3,0	3,5	0,21	3,3
PX17	0,01	82	60,14	21,9	7	0,07	6,9	0	1,11	-1,1	0	0,04	-0,0	281,0	366,05	-85,1	2,0	2,4	0,14	2,3
PX18	0,02	72	60,16	11,8	16	0,17	15,8	0	2,78	-2,8	0	0,10	-0,1	280,0	366,02	-86,0	5,0	12,8	0,35	12,4
PX19	0,02	67	60,16	6,8	5	0,17	4,8	0	2,78	-2,8	0	0,10	-0,1	206,0	366,02	-160,0	5,0	10,4	0,35	10,0
PX2	0,10	136	60,27	75,7	11	0,67	10,3	8	11,11	-3,1	1	0,41	0,6	377,0	365,86	11,4	20,0	21,6	1,40	20,2
PX3	0,23	90	60,47	29,5	45	1,54	43,5	7	25,56	-18,6	1	0,95	0,0	377,0	365,57	11,4	46,0	69,4	3,23	66,2
PX4	0,01	89	60,14	28,9	3	0,10	2,9	0	1,67	-1,7	0	0,06	-0,1	313,0	366,04	-53,0	3,0	0,9	0,21	0,7
PX5	0,21	117	60,45	56,5	18	1,44	16,6	14	23,90	-9,9	3	0,89	2,1	273,0	365,61	-92,6	43,0	39,8	3,02	36,8
PX6	0,10	136	60,27	75,7	16	0,67	15,3	10	11,11	-1,1	1	0,41	0,6	298,0	365,86	-67,9	20,0	60,9	1,40	59,5
PX7	0,03	97	60,17	36,8	7	0,20	6,8	0	3,33	-3,3	1	0,12	0,9	257,0	366,01	-109,0	6,0	9,8	0,42	9,4
PX8	0,02	84	60,15	23,8	9	0,13	8,9	0	2,22	-2,2	0	0,08	-0,1	297,0	366,03	-69,0	4,0	7,9	0,28	7,6
PX9	0,05	67	60,20	6,8	8	0,37	7,6	0	6,11	-6,1	0	0,23	-0,2	163,0	365,96	-203,0	11,0	24,2	0,77	23,4



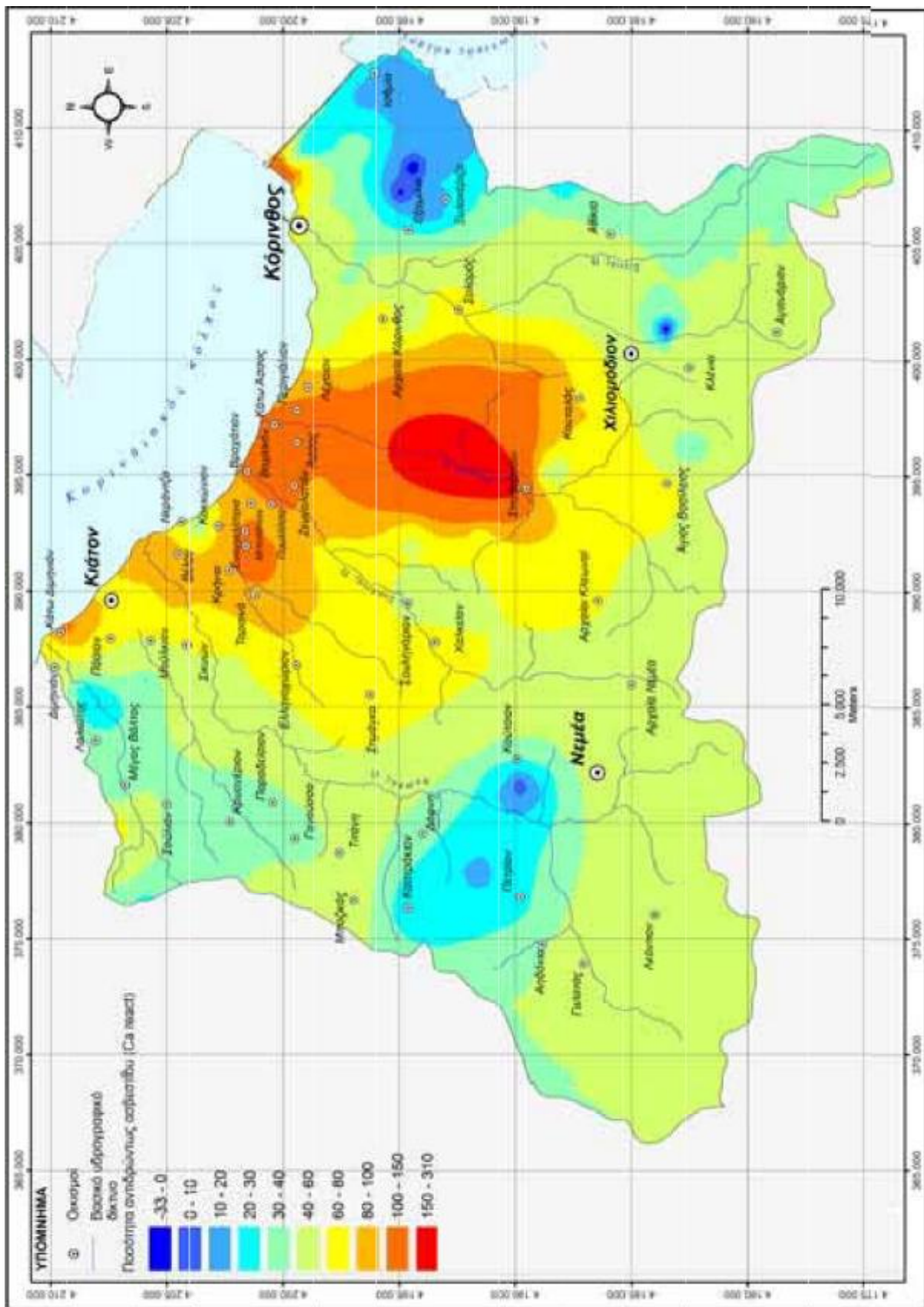
Εικόνα 36. Χάρτης κατανομής της συγκέντρωσης νατρίου στο υπόγειο νερό της περιοχής έρευνας



Εικόνα 37. Χάρτης κατανομής του δείκτη Revelle στο υπόγειο νερό της περιοχής έρευνας



Εικόνα 38. Χάρτης κατανομής της συγκέντρωσης ασβεστίου στο υπόγειο νερό της περιοχής έρευνας

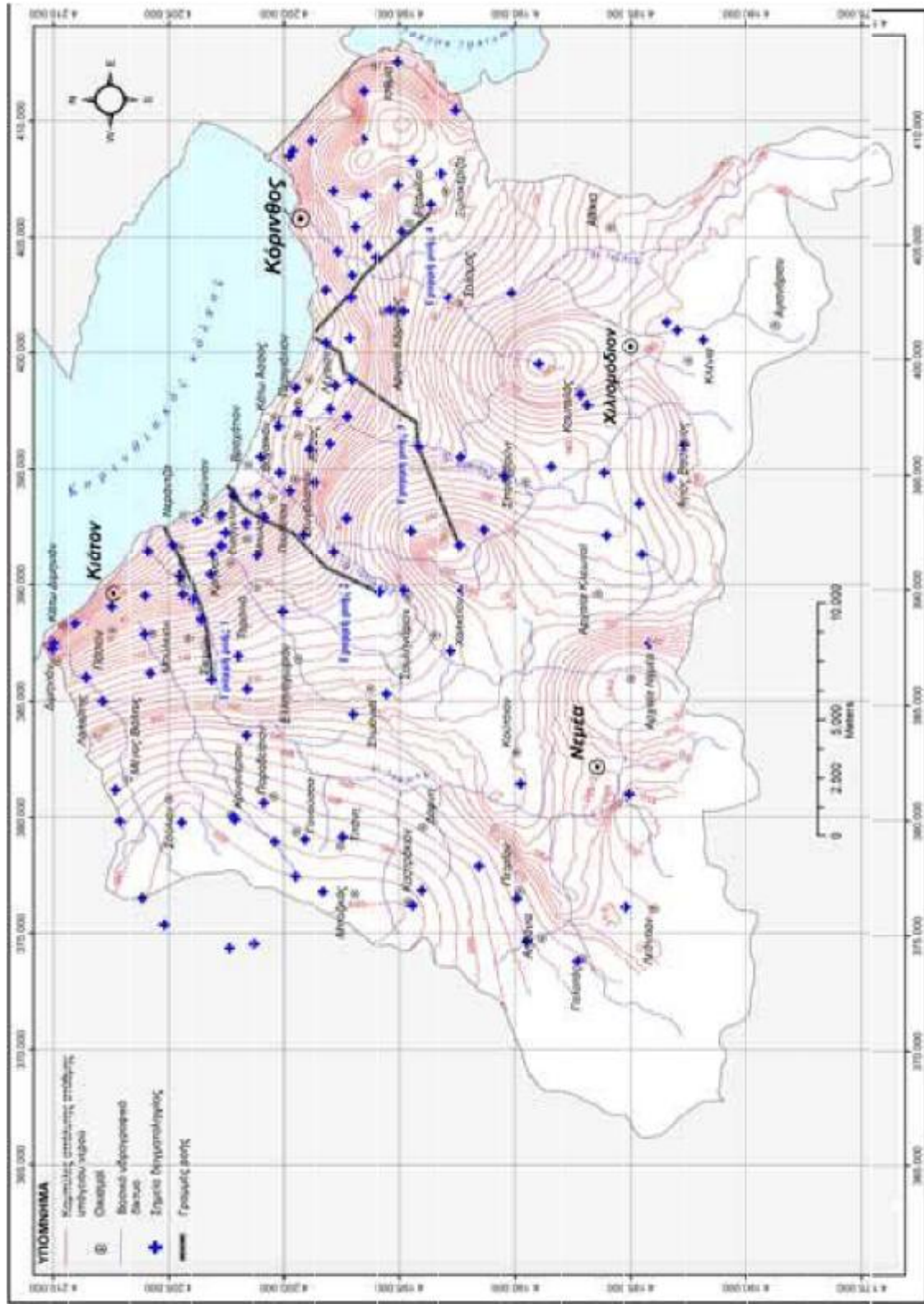


Εικόνα 39. Χάρτης κατανομής του αντιδρώντος ασβεστίου Ca react στο υπόγειο νερό της περιοχής έρευνας

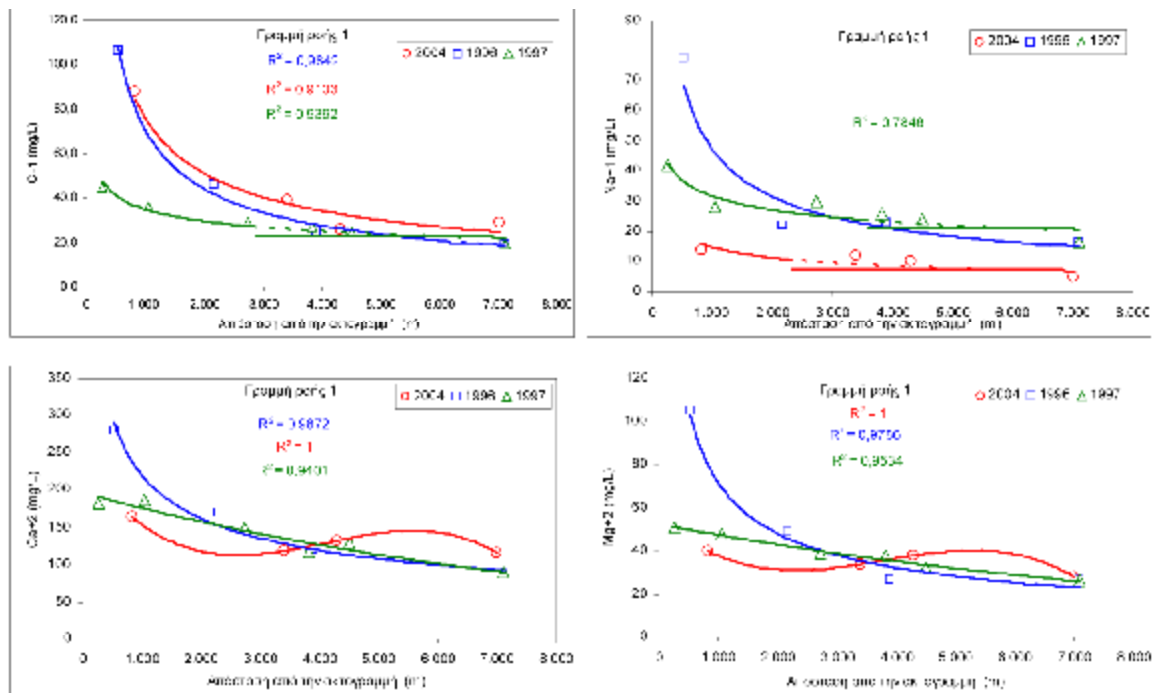
Θετικές τιμές στην ποσότητα C_{react} και αντίστοιχα αρνητικές τιμές στην ποσότητα N_{react} φανερώνουν επικράτηση του τύπου νερού σύστασης CaCl_2 που φανερώνει προχώρηση του μετώπου υφαλμύρινσης, ενώ η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή η υποχώρηση του μετώπου υφαλμύρινσης, φανερώνεται όταν έχουμε επικράτηση του υδροχημικού τύπου NaHCO_3 έχουμε δηλαδή θετικό N_{react} και αρνητικό C_{react}

Όπως φαίνεται από την κατανομή της ποσότητας C_{react} που παρουσιάζεται στο χάρτη της Εικόνας 38 προχώρηση του μετώπου υφαλμύρινσης φαίνεται να έχουμε στις περιοχές Ισθμού, Σπαθοβουνίου, Μπολατίου, Κάτω Διμηνιού αλλά και σε μικρότερο βαθμό στο σύνολο της παράκτιας περιοχής.

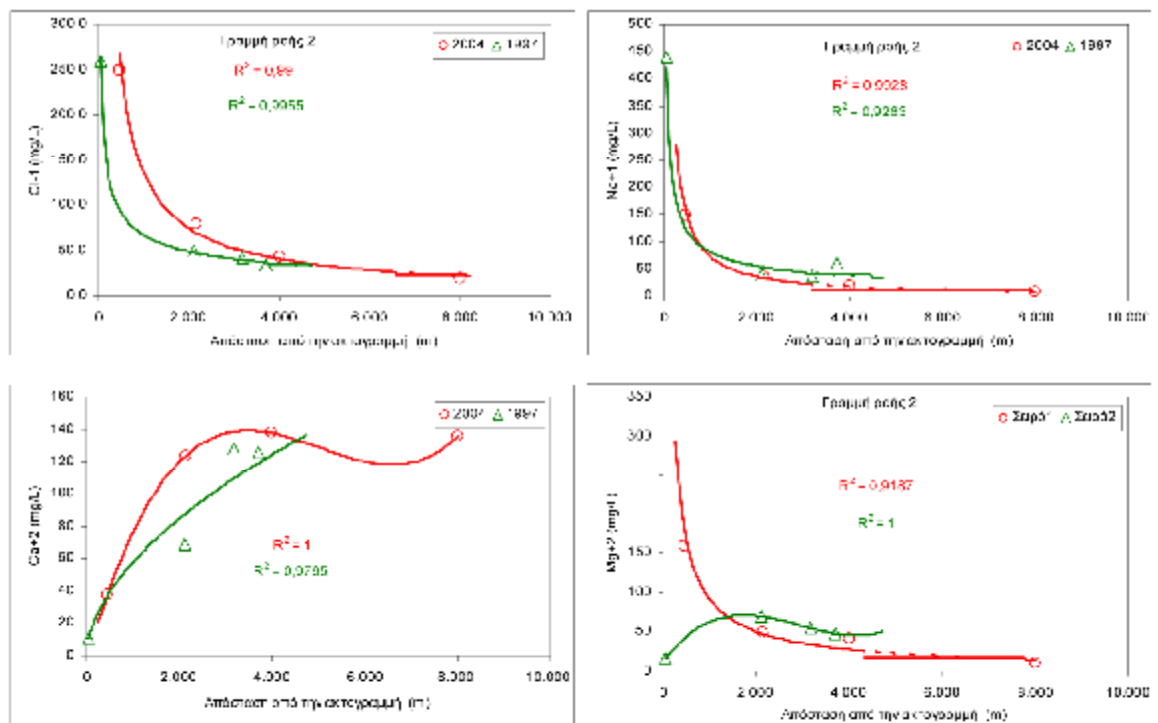
Για την περαιτέρω διερεύνηση του φαινομένου της κατιοανταλλαγής αλλά και για την μελέτη της χωροχρονικής εξέλιξης του μετώπου υφαλμύρινσης στην περιοχή έρευνας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από δύο προηγούμενες μελέτες και πιο συγκεκριμένα από την “Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού υδροφορέων παραλιακής και λοφώδους βόρειας Κορινθίας” (Κουμαντάκης, 1999) και από την “ Έρευνα – αξιοποίηση υδατικών πόρων νομού Κορινθίας” (Καμάς, 2003). Με βάση τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα και στις δύο αυτές μελέτες κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα των εικόνων 41-44 που παρουσιάζουν την εξέλιξη της χημικής σύστασης του υπόγειου νερού σε τέσσερις γραμμές ροής της παράκτιας πεδινής περιοχής για τρεις χρονικές περιόδους (10/1996, 10/1997 και 10/2004).



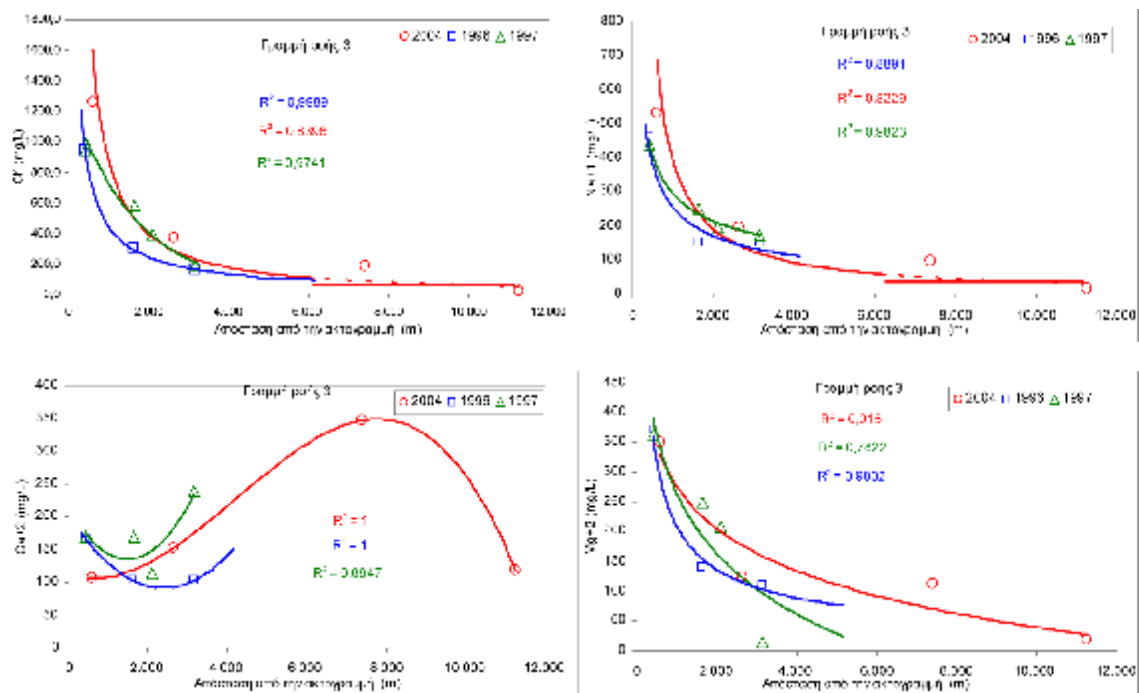
Εικόνα 40. Χάρτης στον οποίο παραμφιάζονται οι γραμμές ροής κατά μήκος των οποίων εξετάστηκαν οι μεταβολές των συγκεντρώσεων των στοιχείων που συνδέονται με το φαινόμενο της κατοικιστοαλλαγής



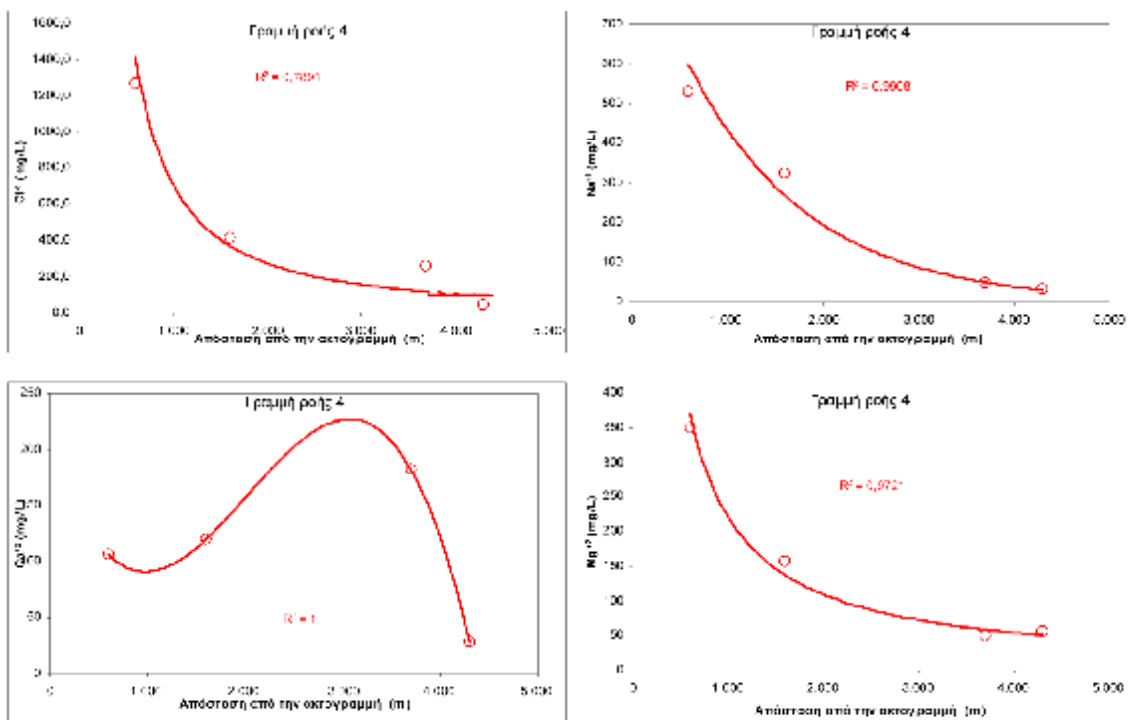
Εικόνα41. Υδροχημικές τομές για ταστοχείαCl⁻, Na⁺, Ca⁺² και Mg⁺² κατά μήκος της γραμμής ροής 1 (Νεράτζια-Σικλών).



Εικόνα42. Υδροχημικές τομές για ταστοχείαCl⁻, Na⁺, Ca⁺² και Mg⁺² κατά μήκος της γραμμής ροής 2 (Βραζάτι-Σουλινάριο).



Εικόνα43. Υδροχημικές τομές για ταστοιχεία Cl^- , Na^+ , Ca^{+2} και Mg^{+2} κατά μήκος της γραμμής ροής 3 (Λέχαιο-Σπαθοβούνι).



Εικόνα44. Υδροχημικές τομές για ταστοιχεία Cl^- , Na^+ , Ca^{+2} και Mg^{+2} κατά μήκος της γραμμής ροής 4 (Λέχαιο-Εξαμίλια).

Όπως παρατηρούμε στην γραμμή ροής 1 (Νεράτζα-Σικυών) έχουμε μια ελαφρά προχώρηση του μετώπου υφαλμίρυνσης (έως και 1000 m) όπως καταδεικνύει η μετατόπιση της καμπύλης χλωρίου προς την ενδοχώρα με τιμές χλωρίου που δεν ξεπερνούν πάντως τα 100 mg/L και περιορισμένα φαινόμενα κατιοανταλλαγής μόνο κατά την περίοδο 10/2004, σε απόσταση 4 Km από την ακτογραμμή όπως καταδεικνύει η αύξηση των συγκεντρώσεων ασβεστίου και μαγνησίου.

Στην γραμμή ροής 2 (Βραχάτη-Σουληνάριο) έχουμε επίσης μια ελαφρά προχώρηση του μετώπου υφαλμίρυνσης (έως και 1500 m) όπως καταδεικνύει η μετατόπιση της καμπύλης χλωρίου προς την ενδοχώρα με τιμές χλωρίου που φτάνουν τα 250 mg/L και περιορισμένα φαινόμενα κατιοανταλλαγής και για τις δυο περιόδους, σε απόσταση 4 Km από την ακτογραμμή όπως καταδεικνύει η αύξηση των συγκεντρώσεων ασβεστίου και μαγνησίου.

Στην γραμμή ροής 3 (Λέχαιο-Σπαθοβούνι) όπου εντοπίζεται με βάση όλες τις ενδείξεις το κυριότερο μέτωπο υφαλμίρυνσης στην περιοχή έρευνας έχουμε μια ελαφρά προχώρηση του μετώπου υφαλμίρυνσης (έως και 1000 m) όπως καταδεικνύει η μετατόπιση της καμπύλης χλωρίου προς την ενδοχώρα με τιμές χλωρίου που φτάνουν τα 1200 mg/L και φαινόμενα κατιοανταλλαγής που για τις περιόδους, 10/1996 και 10/1997 εντοπίζονται σε απόσταση 4 Km από την ακτογραμμή ενώ για την περίοδο 10/2004 εντοπίζεται σε απόσταση 8 Km από την ακτογραμμή όπως καταδεικνύει η αύξηση των συγκεντρώσεων ασβεστίου και μαγνησίου.

Στην γραμμή ροής 4 (Λέχαιο-Εξαμίλια) όπου υπάρχουν στοιχεία μόνο για την περίοδο 10/2004 έχουμε τιμές χλωρίου που φτάνουν τα 1200 mg/L και φαινόμενα κατιοανταλλαγής που εντοπίζονται σε απόσταση 3-4 Km από την ακτογραμμή όπως καταδεικνύει η αύξηση των συγκεντρώσεων ασβεστίου.

Όπως φαίνεται από την ερμηνεία των παραπάνω διαγραμμάτων αλλά και των υπολοίπων στοιχείων που αφορούν την υφαλμύριση, στην περιοχή έρευνας εντοπίζονται ένα κύριο (Λέχαιο-Σπαθοβούνι) και δύο δευτερεύοντα (Περιοχή Ισθμού και Βραχάτη-Σουληνάριο) μέτωπα υφαλμύρισης. Σε όλη την παράκτια περιοχή παρατηρείται προχώρηση του μετώπου υφαλμύρισης και φαινόμενα κατιοανταλλαγής τα οποία είναι πιο έντονα στον άξονα Λεχάιου-Σπαθοβουνίου.

Η υφαλμύριση στην περιοχή έρευνας φαίνεται να οφείλεται στις υπεραντλήσεις στην παράκτια ζώνη αλλά και ανάντη αυτής αφού στην περιοχή Σπαθοβουνίου εντοπίστηκε μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων μεγάλου βάθους οι οποίες υδρομαστεύουν ακόμα και βαθιούς υπό πίεση υδροφόρους που αναπτύσσονται στα αδρομερή στρώματα των Πλειοκαινικών μαργών. Ο μόνος τρόπος για τον περιορισμό του φαινομένου είναι ο περιορισμός των αντλήσεων κάτω από μια ορθολογική διαχειριστική πολιτική των υδατικών πόρων και όπου αυτό είναι οικονομικά εφικτό και ενδείκνυται από τις υδρογεωλογικές συνθήκες, με τη εφαρμογή μεθόδων τεχνητού εμπλουτισμού.

4.4 Συμπεράσματα Περίληψη 4^ο Κεφαλαίου

Σε αυτό το Κεφάλαιο η διάκριση του νερού της περιοχής μελέτης στα χημικά συστατικά του και έγινε παρουσίαση αυτών σε περιβάλλον GIS

Πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού της περιοχής μελέτης ,ο οποίος βρίσκεται στην περιοχή μελέτης , όπως η θερμοκρασία , το Ph , το Eh δηλαδή δυναμικό οξειδοαναγωγής που δείχνει το πόσο εύκολα παραλαμβάνει και απομακρύνει ηλεκτρόνια κατά συνέπεια πόσο αντιδραστικό είναι και ηλεκτρική αγωγιμότητα αυτού. Έγινε επίσης έλεγχος για την περιεκτικότητα του νερού σε αλκάλια και βρέθηκαν αλκαλικές γαίες (Βυρήλλιο Be, Μαγνήσιο Mg) .

Επιπλέον συντάχθηκε πάντα σε περιβάλλον GIS ο χάρτης της ακόρεστης ζώνης , της ζώνης δηλαδή που δημιουργείται αφού γίνει η διήθηση του νερού στο έδαφος. Λέγεται δε ακόρεστη επειδή ο όγκος των κενών δεν είναι πληρωμένος δηλαδή υπάρχει αέρας στους πόρους του εδάφους. Κάτω από αυτή τη ζώνη βρίσκεται η κορεσμένη ζώνη όπου ο όγκος των κενών είναι πληρωμένος .

Σχεδιάστηκαν διαγράμματα Piper που δείχνουν τη σχέση που έχει το νερό με άλλα δείγματα όπως το Αμμώνιο NH_4 , το υδροχλώριο HCl . Τα διαγράμματα αυτά έδειξαν ότι οι κυριότεροι παράγοντες υποβάθμισης του υπόγειου νερού είναι ενώσεις αζώτου ,και διάφορα νιτρικά που προέρχονται από την εκτεταμένη χρήση φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες . Ακόμη έχουμε νιτρικά , νιτρώδη και αμμωνιακά ιόντα στην περιεκτικότητα του νερού λόγω της έντονης οικιστικής ανάπτυξης και της μη ύπαρξης ενός ενιαίου αποχετευτικού δικτύου ,λόγω της χρήσης βόθρων .

Στην περιοχή μελέτης παρατηρείται υφαλίριση των παράκτιων υδροφόρων έως και σε απόσταση 4 χιλιομέτρων από τη θάλασσα λόγω της

διείσδυσης θαλασσινού νερού σε αυτούς . Στις περιπτώσεις αυτές μεγάλο ρόλο παίζει η ύπαρξη των εβαποριτών .

Οι εβαπορίτες είναι κοιτάσματα οποία σχηματίστηκαν σε κλειστές θαλάσσιες δεξαμενές ,όπου δεν υπήρχε η ελεύθερη επιφάνεια του αέρα, με εξάτμιση η οποία κάλυψε μακρόχρονη περίοδο ξερού και ζεστού καιρού και είχε σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό χημικών ιζημάτων με μορφή γύψου , ανυδρίτη , ή ακόμη και ορυκτού αλατιού .

Τα κοιτάσματα αυτά έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε υδροχλώριο , γεγονός που μας δείχνει ο δείκτης Ravelle , ο οποίος παίρνοντας τιμές μεγαλύτερες του 1 αποδεικνύει την υφαλμυρινση των παράκτιων υδροφορέων από τη διείσδυση θαλασσινού νερού .

Κατά τη διείσδυση του θαλασσινού νερού έχουμε ανταλλαγή ιόντων των συστατικών που περιέχει το θαλασσινό νερό και των συστατικών που περιέχει το γλυκό νερό του υπογείου νερού . Αξίζει να σημειωθεί ότι βασικό ρόλο στις αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων παίζει το έδαφος ως ανταλλάκτης . Επιπλέον οι αντιδράσεις αυτές μπορούν να προσδιοριστούν και ποσοτικά με τους τύπους των Apello-Potsman , που δείχνουν την περιεκτικότητα των ιόντων σε αναλογία θαλασσινού και γλυκού νερού .

Ακόμη σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται σε διαγράμματα οι γραμμές ροής του νερού στις παράκτιες περιοχές . Οι γραμμές αυτές αποτελούν την διαδρομή την οποία ακολουθεί το νερό κατά τη ροή του μέσα στη μάζα των πετρωμάτων, είναι πάντα περισσότερες από μια ενώ παρουσιάζονται κατά αύξοντα αριθμό ανάλογα με το βάθος τους . Έτσι γίνεται η παρουσίαση της περιεκτικότητας ιόντων σε καθεμία από αυτές και το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι πραγματοποιούνται υπεραντλήσεις και γεωτρήσεις μεγάλου βάθους στις παράκτιες αλλά και πιο χερσαίες ζώνες .

Κλείνοντας πρέπει να αναφερθεί και σε αυτό το κεφάλαιο η σημασία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών GIS , μιας και όλη η δουλειά που έγινε απεικονίστηκε αναλυτικά σε αυτό το περιβάλλον .

Κεφάλαιο 5^ο

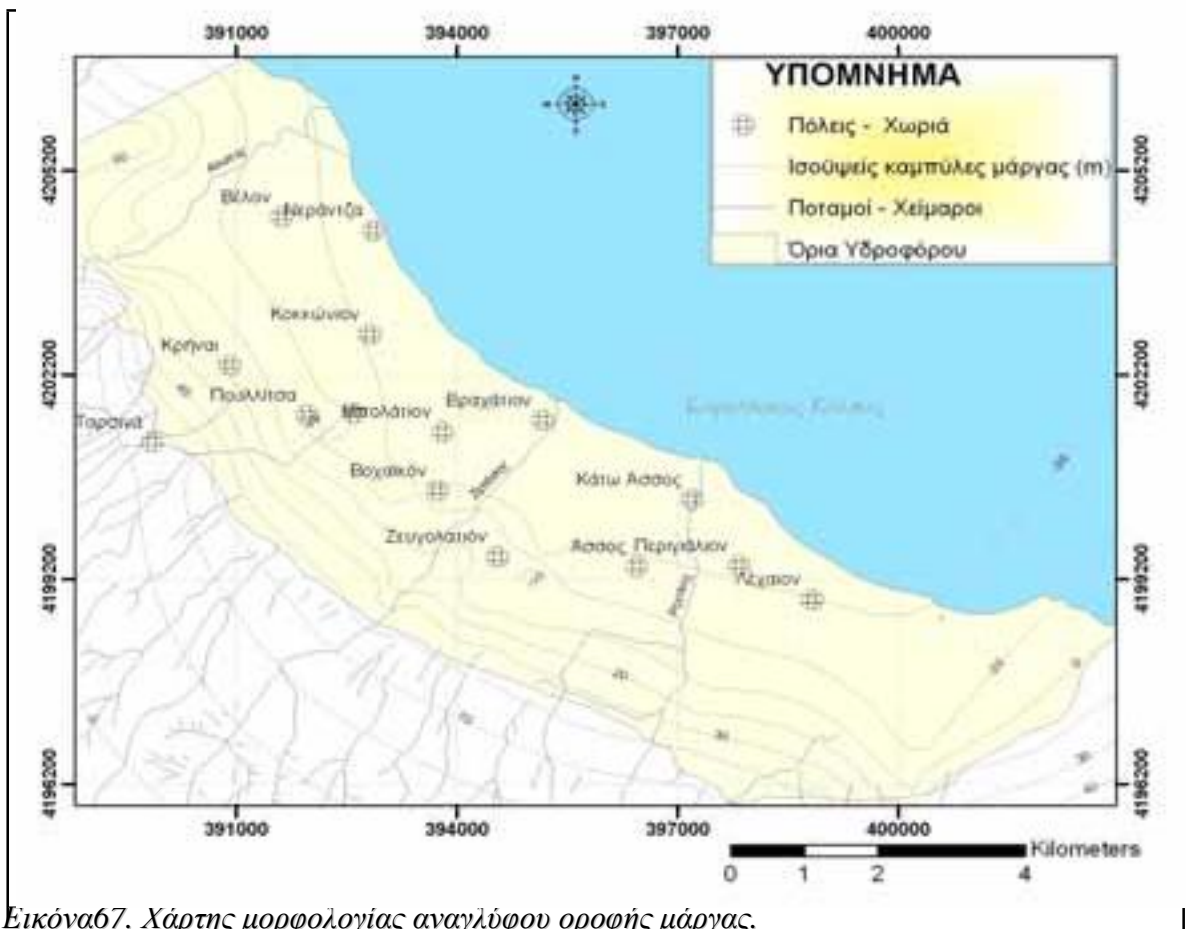
Μοντέλο προσομοίωσης της υπόγειας ροής του παράκτιου προσχωματικού υδροφόρου Κιάτου-Κορίνθo

5.1 Μοντέλο και Γεωμετρία του προσχωματικού υδροφόρου

Το προσχωματικό υδροφόρο σύστημα οριοθετείται βόρεια από τον Κορινθιακό Κόλπο, ανατολικά από την επέκταση των Τυρρήνιων αναβαθμίδων έως τη θάλασσα (περίπου 2 Km δυτικά της πόλης της Κορίνθου), νότια από τη ρηξιγενή ζώνη που αναπτύσσεται κατά μήκος του άξονα της Νέας Εθνικής Οδού ενώ δυτικά εκτείνεται πέρα της πόλης του Κιάτου που αποτελεί και υδρογεωλογικό όριο λόγω επιφανειακής ανάπτυξης των Πλειοκαινικών μαργών. Με βάση τα δεδομένα από τομές γεωτρήσεων της περιοχής (κυρίως των γεωτεχνικών γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή από την ΕΡΓΟΣΕ), συντάχθηκε ο χάρτης ισοϋψών καμπυλών της οροφής της μάργας στην πεδινή ζώνη (εικόνα 67).

Η χωρική κατανομή της οροφής της μάργας (εικόνα 67) παίζει μεγάλο ρόλο στη μελέτη και στην κατανόηση του υδροφόρου συστήματος αφού αποτελεί το αδιαπέρατο υπόβαθρο για το υδροφόρο σύστημα δηλαδή καθορίζει το πάχος των υδροπερατών ιζημάτων και του υδροφόρου που μας ενδιαφέρει.

Από τη μελέτη της κατανομής του ύψους της οροφής της μάργας προκύπτει επίσης ότι αυτή κλίνει προς το Βορρά (στα ανάντι έχει υψηλές τιμές ενώ μειώνονται προς τα κατόντη, όπως φαίνεται στην εικόνα 67). Εκτιμάται ότι αυτό είναι αποτέλεσμα των παλαιών διαβρωτικών διεργασιών και της ρηγματογόνου τεκτονικής που έχει επηρεάσει την περιοχή. Κατά μήκος του χείμαρρου Ζαπάντη η οροφή της μάργας παρουσιάζει αναθόλωση, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στην περιοχή του Ασωπού. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο και οφείλεται στις εντονότερες διεργασίες του παλαιού Ασωπού (Zelilidis, 2000) και στην μετέπειτα απόθεση μεγάλου πάχους υλικών ποταμοχειμάρριας προέλευσης.



Εικόνα67. Χάρτης μορφολογίας αναγλύφου οροφής μάργας.

5.2 Υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου

Στην περιοχή μελέτης δηλαδή στον ελεύθερο προσχωματικό υδροφόρο πραγματοποιήθηκαν κατά το παρελθόν αλλά και κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας δοκιμαστικές αντλήσεις για τον προσδιορισμό των υδρολογικών χαρακτηριστικών. Οι γεωτρήσεις στις οποίες έγιναν οι δοκιμαστικές αντλήσεις είναι διάσπαρτες στην περιοχή του προσχωματικού υδροφόρου. Μπορούμε έτσι, να γνωρίζουμε πως μεταβάλλονται οι υδραυλικές παράμετροι στο σύνολο της περιοχής.

Συμπερασματικά στην περιοχή που επικρατούν τα λεπτομερή υλικά η υδραυλική αγωγιμότητα κυμαίνεται μεταξύ 8 και 40 m/day ενώ στις περιοχές επικράτησης των αδρομερών υλικών κυμαίνεται μεταξύ 20 έως 80 m/day.

Κυρίως στις ζώνες ποταμοχειμάρων αποθέσεων αλλά και στην περιοχή της Αρχαίας Κορίνθου όπου η υδροφορία αναπτύσσεται σε αρκετά σημαντικό πάχος ενδιαστρώσεις άμμου οι τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας όπως είναι φυσικό εμφανίζονται αυξημένες κατά μία τάξη μεγέθους. Οι τιμές της υδροχωρητικότητας εμφανίζουν πολύ εντονότερη διαφοροποίηση μεταξύ των ζωνών λεπτομερών – αδρομερών υλικών συγκριτικά με τις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας. Έτσι στις ζώνες αδρομερών υλικών κυμαίνονται μεταξύ 2×10^{-1} και 5×10^{-2} ενώ στις ζώνες λεπτομερών υλικών λαμβάνονται τιμές μεταξύ 1×10^{-1} και 5×10^{-5} (Κουμαντάκης et al., 1999).

Οι τιμές των ζωνών αδρομερούς υλικού είναι ιδιαίτερα υψηλές και προφανώς δείχνουν συνθήκες ελεύθερης υδροφορίας. Ο υδροφόρος όπως φαίνεται από τις παραπάνω τιμές παρουσιάζει σημαντικά διαφοροποιημένα υδραυλικά χαρακτηριστικά που εξαρτώνται άμεσα από την κοκκομετρία και τη σύσταση των αποθέσεων. Λόγω των χαμηλών τιμών των υδραυλικών παραμέτρων η κίνηση του νερού πραγματοποιείται με χαμηλές ταχύτητες. Επίσης, οι μικρές τιμές που εμφανίζει η υδροχωρητικότητα δείχνει ότι το σύστημα έχει περιορισμένες δυνατότητες αποθηκευτικής ικανότητας του υπογείου νερού. Από τα παραπάνω πρέπει να εξαιρεθούν οι περιοχές όπου έχουμε τις αδρομερείς αποθέσεις (περιοχή Αρχαίας Κορίνθου) όπου οι υδραυλικές παράμετροι εμφανίζουν ικανοποιητικές τιμές για την μεταβιβαστικότητα T και τον συντελεστή εναποθήκευσης S .

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι τιμές των T και S βασίζονται σε περιορισμένο σχετικά πλήθος δοκιμαστικών αντλήσεων που έχουν γίνει στην περιοχή. Γι' αυτό επιβάλλεται να διατυπωθεί κάποια επιφύλαξη για την κατανομή των τιμών στην περιοχή όσο και για το εύρος τους.

5.3 Συνθήκες τροφοδοσίας

Η τροφοδοσία ενός υδροφόρου μπορεί να πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους. Για το συγκεκριμένο υδροφόρο σημαντική τροφοδοσία πραγματοποιείται από την απευθείας κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Ο συντελεστής κατείσδυσης υπολογίσθηκε σε 20,5 % των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων τα οποία ανέρχονται σε 448,5 mm., δηλαδή αντιστοιχεί σε 91,94 mm. Η κατείσδυση παίρνει τις μέγιστες τιμές κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο, παρά την ύπαρξη σποραδικών επεισοδίων βροχόπτωσης κατά τη θερινή περίοδο, για τα οποία εκτιμάται ότι δεν συνεισφέρουν στην τροφοδοσία του υδροφόρου συστήματος. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλές τιμές που έχει εκείνη την περίοδο η δυνητική εξάτμιση – διαπνοή και το χαμηλό ποσοστό της υδατικής υγρασίας, που έχουν σαν αποτέλεσμα την κατανάλωση ολόκληρης της ποσότητας της βροχής της περιόδου αυτής για την μερική κάλυψη αυτών.

Ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας τροφοδοσίας του συστήματος είναι η διήθηση των επιφανειακών απορροών από τις κοίτες κυρίως του ποταμού Ασωπού και των άλλων χειμάρρων πλημμυρικής απορροής που διαρρέουν την περιοχή συνεισφέροντας $3,6 \times 10^6 \text{m}^3$ νερού.

Ο παράγοντας αυτός είναι ιδιαίτερης σημασίας κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο ενώ εκτιμάται ότι συνεισφέρει στην επαναφόρτισή του και κατά τη θερινή περίοδο, όταν παρατηρείται στις κοίτες απορροή από βροχοπτώσεις. Από την μελέτη της πιεζομετρίας δεν προκύπτει το ενδεχόμενο να έχουμε εκφόρτιση του συστήματος προς τις κοίτες των χειμάρρων.

Ο κυριότερος παράγοντας τροφοδοσίας είναι οι πλευρικές μεταγγίσεις από τα ανάντη του συστήματος συνεισφέροντας $21,06 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Αυτός εστιάζεται κυρίως στις περιοχές των ποταμοχειμάρριων αποθέσεων, οι οποίες φαίνεται να παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στην τροφοδοσία του συστήματος. Στην τροφοδοσία του συστήματος συμμετέχουν επίσης με πλευρικές μεταγγίσεις τα στρώματα των Τυρρήνιων αποθέσεων και οι επικαλύψεις τους που όπως αναφέρθηκε πιο πάνω έχουν υψηλές τιμές υδραυλικών παραμέτρων. Οι Τυρρήνιες αναβαθμίδες βρίσκονται Νότια, ανάντη του συστήματος και έρχονται σε επαφή με το όριο του προσχωματικού υδροφόρου του οποίου οι αποθέσεις όπως αναφέρθηκε εκτενώς παραπάνω παρουσιάζουν ικανοποιητικές υδραυλικές παραμέτρους. Επίσης η υπάρχουσα ρηξιγενής δομή στην περιοχή αυτή δεν πρέπει να αποκόπτει πλήρως την υδραυλική επικοινωνία μεταξύ τους. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγουμε με την μελέτη της πιεζομετρίας που έγινε στην περιοχή η οποία δείχνει ότι υπάρχει υδραυλική επικοινωνία και τροφοδοσία από τα ανάντη του Νοτίου εξωτερικού ορίου του υδροφόρου συστήματος.

Στην τροφοδοσία του συστήματος συμμετέχουν επίσης και οι διηθήσεις από τις αρδεύσεις των αγρών (percolation) κυρίως αυτές που πραγματοποιούνται κατά την χειμερινή περίοδο, συνεισφέροντας $2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Αυτές συνεισφέρουν ιδιαίτερα όταν γίνονται με τη μέθοδο της κατάκλισης των αγρών αφού το μεγάλο ποσοστό του νερού πηγαίνει τελικά στην κορεσμένη ζώνη εξαιτίας της μικρής δυνητικής εξάτμισης της εποχής και της αυξημένης εδαφικής υγρασίας. Βέβαια οι χειμερινές αρδεύσεις γίνονται όταν η βροχόπτωση είναι ανεπαρκής και δεν πραγματοποιούνται για όλο το χειμώνα.

Τέλος στην τροφοδοσία συμμετέχουν και οι εισροές από την είσοδο του θαλασσινού νερού κατά τους θερινούς μήνες όταν παρατηρείται ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας και αντιστροφή της υδραυλικής βαθμίδας με αποτέλεσμα να έχουμε διείσδυση της θάλασσας. Στο

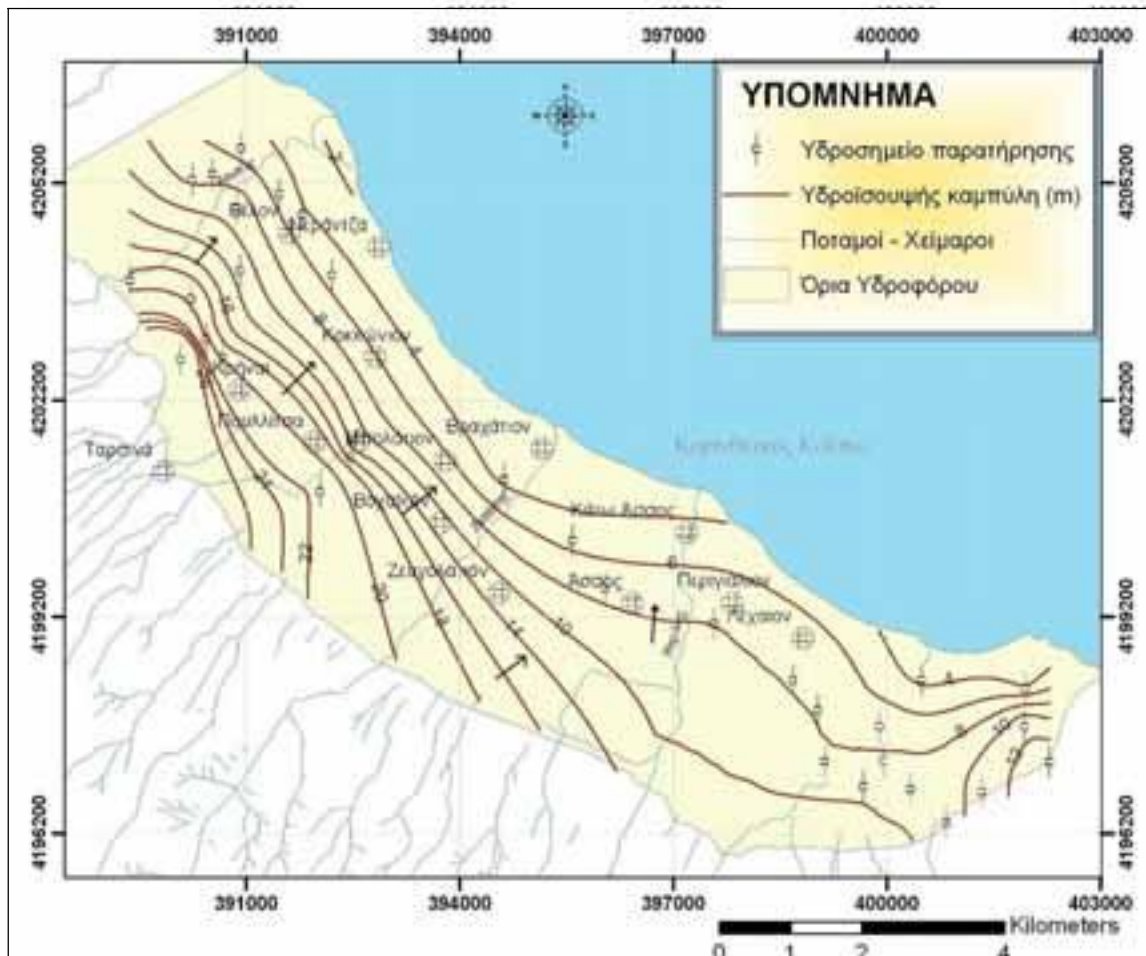
φαινόμενο συνεισφέρουν επιβαρύνοντας την κατάσταση οι γεωτρήσεις που το βάθος τους είναι μεγαλύτερο από την διεπιφάνεια του γλυκού και θαλασσινού νερού και αυτές που δεν έχουν απόσταση ασφαλείας απ' την ακτή. Το φαινόμενο παρατηρείται κυρίως στην περιοχή του Λεχαίου.

Η εκφόρτιση του υπό μελέτη υδροφόρου γίνεται με δύο τρόπους:

1. με την εκφόρτιση προς τη θάλασσα.
2. από τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια που έχουν κατασκευαστεί.

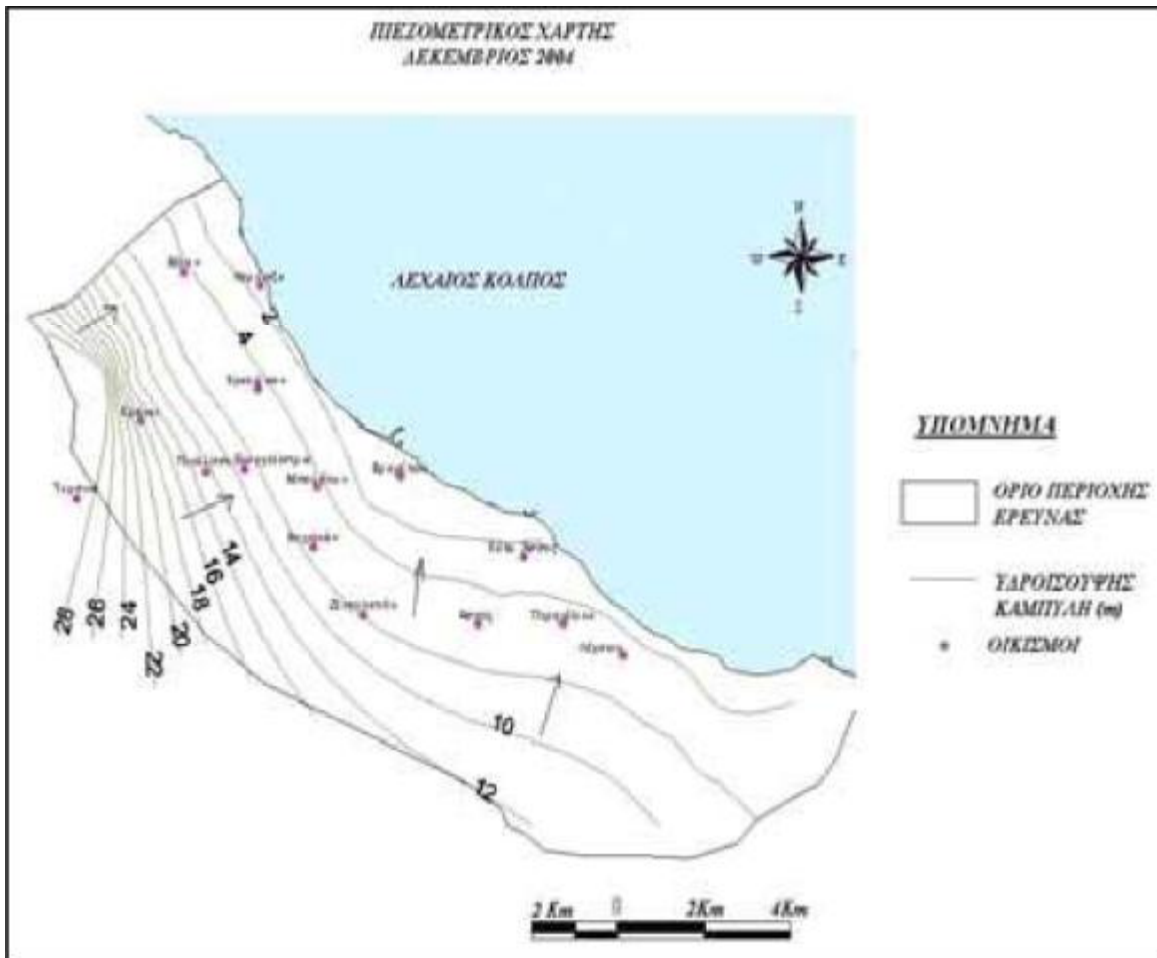
Οι αντλήσεις για την άρδευση των καλλιεργειών πραγματοποιούνται κυρίως από τον Μάιο και ολοκληρώνονται συνήθως τον Οκτώβριο. Το μέγιστο των αντλήσεων πραγματοποιείται κυρίως κατά τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Σεπτέμβριο. Σημαντικός αριθμός γεωτρήσεων λειτουργεί για όλο το έτος για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών της περιοχής που τους καλοκαιρινούς μήνες αυξάνεται σημαντικά αφού αυξάνεται ο πληθυσμός της περιοχής. Οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται για την ύδρευση είναι πολύ μικρότερες από εκείνες που χρησιμοποιούνται για άρδευση. Οι γεωτρήσεις και οι ποσότητες που καταναλώνονται για βιομηχανικές ανάγκες είναι αμελητέες.

Κατά την υγρή περίοδο όπως προκύπτει από τους πιεζομετρικούς χάρτες (πιεζομετρία Μαρτίου 2005. Εικόνα 68) το υδροφόρο σύστημα εκφορτίζεται προς τη θάλασσα. Οι ποσότητες που εκφορτίζονται προς τη θάλασσα υπολογίστηκαν σε $1,87 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ νερού δεν είναι υψηλές αφού κατά μήκος της παραλιακής ζώνης επικρατούν λεπτόκοκκα υλικά που δυσχεραίνουν την εκφόρτιση προς τη θάλασσα αλλά και το αντίθετο.



Εικόνα68.Χάρτης υδροϊσοψών καμπυλών του προσχωματικού υδροφόρου ορίζοντα.Περίοδος Μάρτιος 2005.

Κατά τους χειμερινούς μήνες των ιδιαίτερα υγρών ετών καθώς και μετά από έντονες βροχοπτώσεις παρουσιάζονται λιμνάζοντα ύδατα και σχηματισμός ελών κοντά στις παραλιακές περιοχές και ειδικότερα στη ευρύτερη περιοχή Λεχαίου - Α. Κορίνθου. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της φτωχής αποστράγγισης των εδαφών και της τοπικής ανύψωσης της πιεζομετρικής επιφάνειας. Έτσι, μέχρι το τέλος της άνοιξης παρατηρούνταν στις παραλιακές περιοχές τοπικά επιφανειακές εκφορτίσεις υπογείου νερού (Μάρτιος – Μάιος). Τα τελευταία χρόνια όμως λόγω της έντονης εκμετάλλευσης του υδροφόρου το παραλιακό τμήμα εμφανίζεται απαλλαγμένο από τέτοια φαινόμενα εκτός από την περιοχή Λεχαίου - Α. Κορίνθου που ακόμη και σήμερα εμφανίζονται κάποιες μικροαναβλύσεις λόγω του ότι η πιεζομετρική επιφάνεια βρίσκεται σε μικρά βάθη.



Εικόνα 69. Χάρτης υδροϊσουψών καμπυλών του προσχωματικού υδροφόρου ορίζοντα. Περίοδος Δεκέμβριος 2004.

5.4 Περίληψη – Συμπεράσματα 5^{ου} Κεφαλαίου

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στους προσχωματικούς υδροφόρους που βρίσκονται στη περιοχή μελέτης , σε αυτούς δηλαδή οι οποίοι έχουν δημιουργηθεί κατόπιν παρέμβασης του ανθρώπου με εδαφικές προσχώσεις λόγω διάφορων έργων υποδομής όπως για παράδειγμα το λιμάνι του Κιάτου . Ακόμη χαρακτηριστικό παράδειγμα , είναι η επέκταση των αναβαθμίδων , ενός τρόπου με τον οποίο γίνονται οι καλλιέργειες (σκαλοπάτια) . Οι προσχώσεις αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων υδροφόρων και μεταβολή παλαιότερων .

Επιπλέον γίνεται η σύνταξη του πίνακα οροφής της μάργας στην πεδινή ζώνη. Από το χάρτη της εικόνας 67 φαίνεται ότι η κατανομή της οροφής της μάργας (το πάχος της)παίζει μεγάλο ρόλο στην μελέτη και τη κατανόηση του υδροφόρου συστήματος της περιοχής .Αυτό γιατί αποτελεί αδιαπέρατο υλικό για το νερό μιας και η μάργα αποτελείται από μίγμα αργίλων με ανθρακικό ασβέστιο . Συνεπώς κατανέμοντας την μάργα στην περιοχή μελέτης μπορεί να καθοριστεί και το πάχος των άλλων υδατοπερατών ιζημάτων .

Επόμενο βήμα της μελέτης είναι να προσδιορισθούν τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του προσχωματικού υδροφόρου . Για τον λόγο αυτό πραγματοποιούνται δοκιμαστικές αντλήσεις και γεωτρήσεις που έχουν σαν σκοπό την εύρεση των υδρολογικών χαρακτηριστικών . Λόγου του εύρους της περιοχής στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι αντλήσεις παρατηρήθηκε μεγάλη μεταβολή στην υδραυλική αγωγιμότητα . Πιο συγκεκριμένα στις περιοχές όπου επικρατούν τα λεπτομερή πετρώματα όπως μάργες η υδραυλική αγωγιμότητα παίρνει μικρές τιμές , ενώ αντίθετα στις περιοχές που επικρατούν αδρομερή πετρώματα όπως κροκαλοπαγή, φλύσχης η τιμή της αυξάνεται .

Η υδροχωριτικότητα , δηλαδή η ποσότητα νερού που μπορεί να αποθηκευθεί στη μάζα του εδάφους , παρουσιάζει μικρές τιμές και αυτό οφείλεται στην πληθώρα των λεπτομερών – λεπτόκοκκων υλικών(αργιλικά εδάφη) σε πολλά σημεία της περιοχής μελέτης . Αυτό έχει σαν συνέπεια την άνοδο του υδροφόρου ορίζοντα και κατά συνέπεια τη μη αποθηκευτικότητα του εδάφους . Εξαιρούνται βέβαια θέσεις της περιοχής μελέτης όπως η Αρχαία Κόρινθος (γεωγραφικό μήκος $22^{\circ}52'42.26''E$, γεωγραφικό πλάτος $37^{\circ}54'21.95''N$) όπου επικρατούν τα αδρομερή – χονδρόκοκκα πετρώματα (άμμος , χαλίκι) .

Τέλος στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στους τρόπους με τους οποίους γίνεται η τροφοδοσία ενός προσχωματικού υδροφόρου.

Ένας από τους τρόπους αυτούς είναι η κατείσδυση νερού , δηλαδή το ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (νερό που φτάνει από την ατμόσφαιρα στο έδαφος π.χ. βροχή , υδρατμοί) που διαπερνάει την επιφάνεια της γής φτάνοντας στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα . Ο ρυθμός κατείσδυσης των υπόγειων αποθεμάτων νερού αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο του υδρολογικού κύκλου και καθορίζεται από τη διαπερατότητα του εδάφους και του υπεδάφους , τη λιθολογική τους σύσταση όπως επίσης και από την κλίση του εδάφους (πρηνή) , τη βλάστηση , το υψόμετρο και τη θερμοκρασία .

Άλλος παράγοντας που συμβάλλει στη τροφοδοσία του προσχωματικού υδροφόρου είναι η διήθηση ,η εισχώρηση , των επιφανειακών υδάτων που απορρέουν από τον Ασωπό ποταμό και διάφορους χειμάρους .

Ένας ακόμη παράγοντας της τροφοδοσίας οφείλεται και στην ίδια τη παρέμβαση του ανθρώπου με τις αναβαθμίδες , οι οποίες αποτελούν έγγειες βελτιώσεις και τις συνεχείς αρδεύσεις για το πότισμα των αγρών .

Κατά τους χειμερινούς μήνες οι αγρότες του Νομού Κορινθίας αρδεύουν το νερό με τη μέθοδο της κατάκλυσης, τη δημιουργία λεκανών συνήθως τετράγωνου σχήματος οι οποίες περιβάλλονται με αναχώματα . Το

νερό παραμένει προσωρινά αποθηκευμένο μέσα σε αυτές τις λεκάνες μέχρι να απορροφηθεί το απαιτούμενο ύψος για άρδευση αυτού .Αν συνυπολογιστεί και η χρήση της μεθόδου αυτής κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου ανεβαίνει ο υδροφόρος το νερό διηθείται απευθείας στην κορεσμένη ζώνη .

Ακόμη ένας παράγοντας τροφοδοσίας είναι το θαλασσινό νερό που εισχωρεί στο έδαφος τους θερινούς μήνες .

Κατά τους μήνες αυτούς όπου επικρατεί ξηρασία κατά ένα υδρολογικό έτος , παρατηρείται πτώση της πιεζομετρικής επιφάνειας ή γραμμής ,δηλαδή πτώση πίεσης του νερού άρα και πτώση της ταχύτητας με την οποία κινείται αυτό στη μάζα του εδάφους . Αυτό οφείλεται σε απώλειες γραμμικές λόγω τριβής , λόγω ξηρασίας η αντίσταση που συναντάει το νερό κατά την κίνηση του είναι αυξημένη και τοπικές λόγω στρωματογραφικού-γεωλογικού ανάγλυφου .

Αν αυτό συνδυασθεί με τις παράκτιες αντλήσεις ,μεταβολή του υδροφορέα , το θαλασσινό νερό εισχωρεί στο έδαφος ψάχνοντας έναν τρόπο να αποθηκευθεί . Έτσι έχουμε αναστροφή της υδραυλικής βαθμίδας , δηλαδή άνοδο του υδροφόρου και πλήρωση αυτού με θαλασσινό – υφάλμυρο νερό.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πλήρωση τόγκου των κενών της ακόρεστης ζώνης και έτσι πραγματοποιείται εκφόρτιση των νερών των υδροφόρων.

Η εκφόρτιση γίνεται είτε προς τη θάλασσα είτε από τις ίδιες τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια που έχουν κατασκευασθεί .

Συνέπεια αυτού ,σε συνδυασμό με την υψηλή ανάγκη νερού για άρδευση ,είναι ο σχηματισμός ελών και λιμνάζοντων επιφανειακών υδάτων φαινόμενο που γίνεται αντιληπτό κυρίως τους χειμερινούς μήνες.

Κεφάλαιο 6^ο

Επίλογος

6.1 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Η πραγματοποίηση αυτής της μελέτης έχει σαν σκοπό την ανάδειξη των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του νερού του Νομού Κορινθίας .

Όπως αποδείχθηκε οι ανάγκες του Νομού για άρδευση είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές για ύδρευση , ενώ οι ποσότητες που καταλήγουν σε ιομηχανικές μονάδες είναι από ελάχιστες έως αμελητέες .

Το έδαφος της περιοχής μελέτης αλλά και της ευρύτερης Κορινθιακής γής είναι πλούσιο σε καλλιέργειες οπωροφόρων , ελαιόδενδρων αλλά και κλημάτων , και όπως αντιλαμβάνεται κανείς υπάρχει ανάγκη για πότισμα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους .

Όμως από την άλλη πλευρά οι γεωργοί πραγματοποιούν αλόγιστες αρδεύσεις με τον αρχαίο τρόπο της κατάκλυσης ,που είναι και ο πιο οικονομικός , χωρίς να υπολογίσουν το περιβαλλοντικό κόστος για το οικοσύστημα της περιοχής .Αυτό έχει σαν συνέπεια είναι η μεταβολή του υδροφόρου καθώς ανυψώνεται και η ένωση του υπόγειου νερού με το τριχοειδές νερό της βροχής με αποτέλεσμα να δημιουργούνται λιμνάζοντα ύδατα και έλη και το νερό τελικά να μην απορροφάται από τις ρίζες των φυτών.

Δεύτερον η συνεχής χρήση φυτοφαρμάκων με περιεκτικότητες υδροχλωρίου HCl , αμμώνιου NH₄ , ρυπαίνουν το νερό καθώς αυτά διηθούνται μαζί με το νερό της βροχής ή του ποτίσματος και φτάνουν τον υδροφόρο ορίζοντα .

Σε αυτό πρέπει να συνυπολογιστεί και η διάχυση αποβλήτων σε χειμάρους από τα ελαιοτριβεία καθώς δεν υπάρχει εγκατάσταση επεξεργασίας αυτών.

Έτσι λοιπόν η ποσιμότητα του νερού για ύδρευση εξαιρείται των αρδεύσεων και των ποτάμιων χειμάρρων .

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι σε περιπτώσεις υπόγειου νερού που δεν έχει επεξεργασθεί χημικά με τη διαδικασία της χλωρίωσης , θα θεωρείται καθαρό αυτό στο οποίο ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε θέσεις υψηλότερες γεωγραφικά (ορεινές) .

6.2 Συμβολή στον Μηχανικό

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να γίνει αναφορά για την χρησιμότητα αυτής της μελέτης στον Πολιτικό Μηχανικό .

Πρώτα απ' όλα σε αυτή τη μελέτη γίνεται πλήρη καταγραφή της περιοχής από γεωλογικής και εδαφολογικής πλευράς , για το πώς σχηματίστηκε ο Κορινθιακός Κόλπος αλλά και οι υδρολογικές λεκάνες που απορρέουν σε αυτόν .

Εν συνεχεία γίνεται αναφορά για ένα προς ένα πέτρωμα του υπεδάφους , γνώσεις που μπορούν να αξιοποιηθούν μηχανικά .

Όλο το κείμενο περιβάλλεται από χάρτες της ΓΥΣ ψηφιοποιημένους σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Συμπεραίνεται ότι η γνώση GIS είναι βασικό εργαλείο για το Μηχανικό καθώς καθιστά την παρουσίαση εύκολη , δημιουργική και κυρίως παραστατική. Με αυτόν τον τρόπο ο Μηχανικός είναι σε θέση να γνωρίζει τα στοιχεία της περιοχής που τον ενδιαφέρει .

Ακόμη πρέπει να ειπωθεί η χρήση των πιεζομετρικών χαρτών , οι οποίοι βοηθούν να γίνει η κατανόηση του βάθους της στάθμης των υπόγειων νερών και από εκεί να εξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με τις γραμμές υπόγειας ροής να υπολογιστεί η υδραυλική κλίση κ.α.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι πρόκειται για μια πλέον ολοκληρωμένη μελέτη της περιοχής από πλευράς νερού, γεγονός που ωθεί τον Πολιτικό Μηχανικό να αξιοποιήσει τα στοιχεία που αντλούνται από αυτήν σε μελλοντικές μελέτες ύδρευσης .

Βιβλιογραφία

- Υδρογεωλογική μελέτη τεχνικού εμπλουτισμού υδροφορέων παραλιακής και λοφοδους Βόρειας Κορινθίας –Κουμαντάκης 1999.....
- Έρευνα αξιοποίηση υδατικών πόρων Νομού Κορινθίας – Καμάς 2003.....
- Marine And Human Activity Influences On the Groundwater Quality Of Southern Korinthos – Stamatis Voudouris 2003.....
- Εδαφολογική Μελέτη Ζώνης Οίνου VQPRD Νεμέας –Ευαγγελίου κ.α. 1986.....
- Σημειώσεις GIS - Σταύρος Χαραλαμπόπουλος Πάτρα 2006.....
- The Design And Implemetation Of Geographic Information Systems – John E.Harmon ,Steven J.Anderson - Εκδ. Wiley 2003.....
- Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων – Ιωάννου Σακκά Θεσσαλονίκη 2004 Εκδ. Αιβάζη.....
- Έργα Αρδεύσεων Στραγγίσεων –Κώστας Γ. Πάσχος Πάτρα 1995.....
- Εδαφομηχανική –Δημήτριος Βαλάλας Θεσσαλονίκη 1981 Εκδ. Κυριακίδη...
- Εφαρμογές Η/Υ στην Γεωλογία (Σημειώσεις)-Ι.Κυρούσης Αθήνα 2009....
- Ιζηματογένεση – Δρ. Ε. Λυκούδη Αθήνα 2005.....
- Υδρολογικός Κυκλος – Ερευνητική Ομάδα ΙΤΙΑ τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ Αθήνα 2005.....
- Handbook of Residue Analytical Methods for Agrochemicals - Dr Philip W Lee εκδ. Wiley 2003.....