

<i>Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας</i>	<i>Τόμ. XXVII</i>	<i>σελ. 37-46</i>	<i>Αθήνα 1991</i>
<i>Bulletin of the Geological Society of Greece</i>	<i>Vol.</i>	<i>pag.</i>	<i>Athens</i>

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ
ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ
ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΤΗΣ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ
Σ' ΕΝΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΟ ΠΕΔΙΟ**

Ι. Διαμαντής ¹ & Θ. Τζεβελέκης ²

RESUME

L' exploitation de variation dans l' espace et le temps des nappes alluvionaires, pres de la mer, se fait par la systematique poursuit de concentration des sels des differentes epoques pour les nappes de differentes profondeurs surtout par les mesures frequents de la conductivite electrique des eaux et de depouillement de document des analyses chimiques.

Sur cette travaille resulte que les nappes (pheatiques, peu artesiennes ou artesiennes) se reagit par de differentes sources.

Les aquiferes profondes par des eaux des failles existantes aux socle (eaux thermominerales), ici la variation qualitative est indepentant du temps. Les napper peu profonds se reagit par la mer et la variation qualitative depende du temps et les donnees, hydrologiques et les quantite d' eau pompee par les nappes pendant la periode d' irrigation.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διερεύνηση των χωροχρονικών μεταβολών σ' ένα περιορισμένο, σε έκταση και βάθος παράκτιο αλλουβιακό πεδίο, επιτυγχάνεται με τη συστηματική παρακολούθηση της συγκέντρωσης αλάτων σε διάφορες εποχές και για τα διαφορετικά βάθη των υδροφοριών, κυρίως με συχνές μετρήσεις της ηλεκτραγωγιμότητας των νερών και με την επεξεργασία των στοιχείων των χημικών αναλύσεων.

Στην παρούσα εργασία προέκυψε ότι οι διαφορετικοί υδροφόροι (φρεάτιος ή μερικώς υπό πίεση και υπό πίεση), επηρεάζονται από διαφορετικές πηγές. Η βαθιά (υπό πίεση) επηρεάζεται από την υδροφορία των υπαρχόντων ρηγμάτων στο υπόβαθρο (θερμομεταλλικά νερά), όπου η ποιοτική μεταβολή είναι ανεξάρτητη του χρόνου. Η σχετική αβαθής επηρεάζεται από τη θάλασσα και η ποιοτική μεταβολή είναι συνάρτηση του χρόνου, των υδρολογικών δεδομένων και των αντλουμένων ποσοτήτων νερού κατά την αρδευτική περίοδο.

¹ Επ. Καθηγητής Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης - Assoc. Professor of Dept. of Geotechnical Engineering of Demokritian University of Thrace.

² Γεωλόγος - Geologist

Ανακοινώθηκε κατά την επιστημονική συνεδρία της Ξάνθης, την 9/5/1991.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαχείριση των υπόγειων και επιφανειακών νερών, σε παράκτιες κυρίως περιοχές, για την καλύτερη δυνατή χρησιμοποίησή τους, ελέγχεται εκτός από τα υδρολογικά στοιχεία της περιοχής και από το βαθμό επηρεασμού των υπόγειων νερών, από τη θάλασσα ή από άλλες πηγές επιβάρυνσης. Ο επηρεασμός αυτός εξαρτάται πολλές φορές όχι μόνο από τις εκμεταλλεύσιμες ποσότητες ή τον τρόπο ανανέωσης του υπόγειου νερού, αλλά κυρίως από τον τρόπο κίνησής του στον υδροφορέα και κατά συνέπεια από τη δομή του υδροφορέα και γενικά τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του.

Ο μηχανισμός και ο ρυθμός επιβάρυνσης είναι διαφορετικός σ' ένα ευρύ ανοικτό παράκτιο πεδίο, για τη διαμόρφωση του οποίου έχουν συμβάλει αρκετοί παράγοντες και διαφορετικός σ' ένα περιορισμένης έκτασης αλλουβιακό πεδίο, σχετικά κλειστό, που η διαμόρφωσή του, στο μεγαλύτερο βαθμό οφείλεται στη δράση ενός σημαντικού χειμάρρου.

Γενικά ο κημισμός του υπόγειου νερού και οι κωροχρονικές αλλαγές στην ποιότητα και στην ποσότητα των περιεχομένων αλάτων, έχει άμεση σχέση με τις υδρογεωλογικές συνθήκες εκτός αν υπάρχει στο περιβάλλον των υπόγειων υδροφοριών κάποια σημαντική πηγή επιβάρυνσης (θάλασσα, γεωθερμία κ.ά).

Η περίπτωση επικοινωνίας με τη θάλασσα, αποτελεί μια ιδιομορφία, που ο μηχανισμός εξάπλωσης της επιβαρυνμένης ζώνης είναι διαφορετικός για τις διαφορετικές δομές των υδροφορέων, ανεξάρτητα πολλές φορές από τις αντλούμενες ποσότητες του γλυκού νερού.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια να φανεί ο ρυθμός εξάπλωσης της υφάλμυρης ζώνης, στο περιορισμένο αλλουβιακό παράκτιο πεδίο της Νέας Περάμου, συγκριτικά με το γειτονικό ανατολικό πεδίο της περιοχής Κάριανης Καβάλας, που αποτελεί ένα παράκτιο πεδίο με εντελώς διαφορετική δομή. Ο έλεγχος βασίσθηκε σε μετρήσεις της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα αριθμό επιλεγμένων σημείων νερού για μια σειρά ετών.

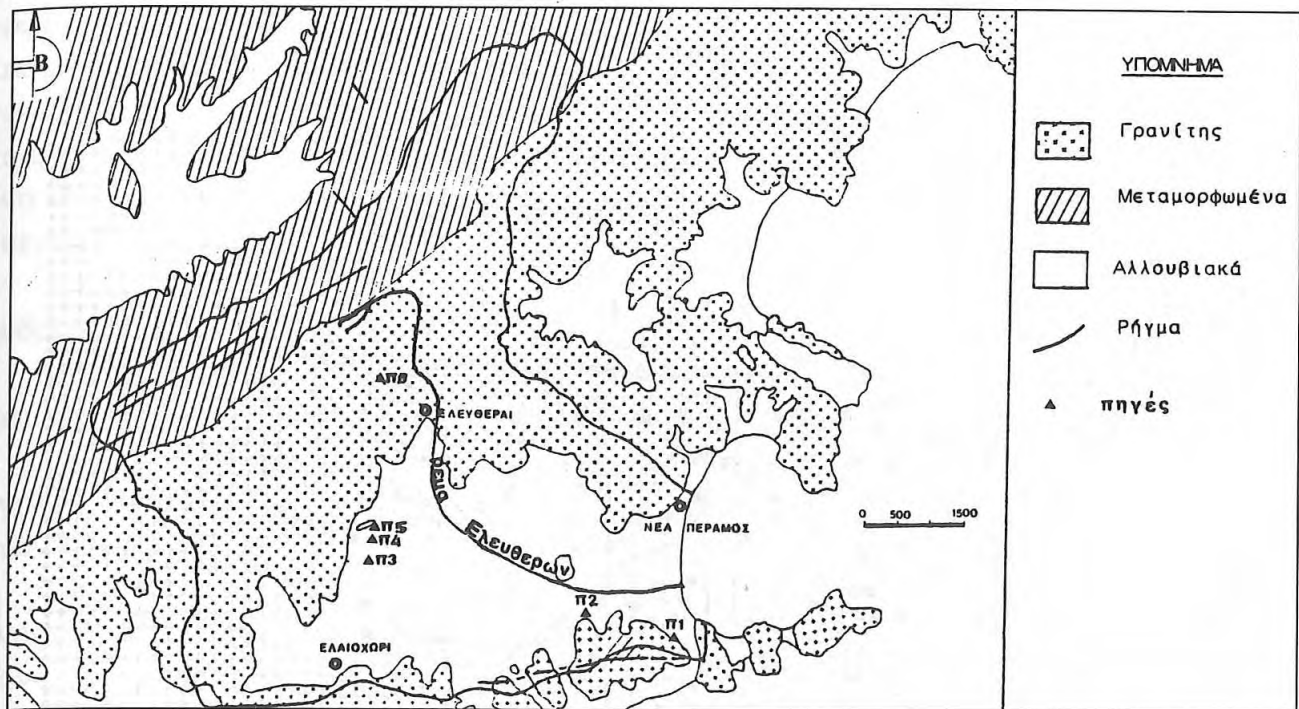
Επίσης σχολιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων με στόχο την εξακρίβωση της προέλευσης της επιβάρυνσης.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η ευρύτερη περιοχή Περάμου-Ελαιοχωρίου χαρακτηρίζεται μορφολογικά ως ένα πεδινό τμήμα, που περιβάλλεται από ένα λοφώδες ως ημιλοφώδες ανάγλυφο και από ένα ορεινό προς τα ΒΑ (Σύμβολο Ορος), παραμένει δε ένα μικρό άνοιγμα προς τη θάλασσα στα ανατολικά. Το ορεινό και λοφώδες τμήμα σήμερα συμπίπτει με τα γρανιτικά υλικά ενώ το πεδινό με τις αλλουβιακές αποθέσεις (Εικ. 1).

Το ορεινό τμήμα φιλοξενεί τις λεκάνες απορροής των χειμάρρων και ρεμμάτων που εκβάλουν μέσα από το πεδινό στη θάλασσα. Το μεγαλύτερο μέρος καταλαμβάνει η λεκάνη του χειμάρρου Ελευθερών, ο οποίος αποτελεί και το σημαντικότερο παράγοντα διαμόρφωσης του πεδινού τμήματος.

Η έναρξη της γεωμορφολογικής διαφοροποίησης του πεδινού τμήματος είχε σαν αρχική αιτία τεκτονικά γεγονότα, αλλά όμως στη συνέχεια τον κύριο ρόλο έπαιξαν τα ρέοντα επιφανειακά νερά με τη μεταφορική και διαβρωτική τους ικανότητα. Η μικρή απόσταση από το σημείο εξόδου των χειμάρρων από την ορεινή ζώνη μέχρι τη θάλασσα και τα αποσαθρωμένα και κερματισμένα γρανιτικά υλικά στην ορεινή ζώνη συνετέλεσαν στην έντονη παρουσία



Εικ. 1: Γεωλογικός χάρτης με τα όρια των λεκανών απορροής του πεδινού τμήματος Περάμου - Ελεύθερων - Ελαιοχωρίου. (πηγή χάρτη 1:50.000 ΙΓΜΕ με συμπληρώσεις).

χονδροκόκκων υλικών στη μεγαλύτερη έκταση και σχεδόν σ' όλο το βάθος του πεδινού τμήματος.

Γεωλογικά η περιοχή εντοπίζεται στη γεωτεκτονική μάζα της Ροδόπης. Ως υπόβαθρο της περιοχής θεωρείται ο γρανίτης του Συμβόλου Όρους, ο οποίος εμφανίζεται αρκετά ρωγματωμένος για ένα σημαντικό βάθος εξαιτίας των τεκτονικών γεγονότων της περιοχής. Το γρανιτικό αυτό υπόβαθρο βυθίζεται προς τα βόρεια και σ' ένα μεγάλο τμήμα του φιλοξενεί τις αλλουβιακές αποθέσεις.

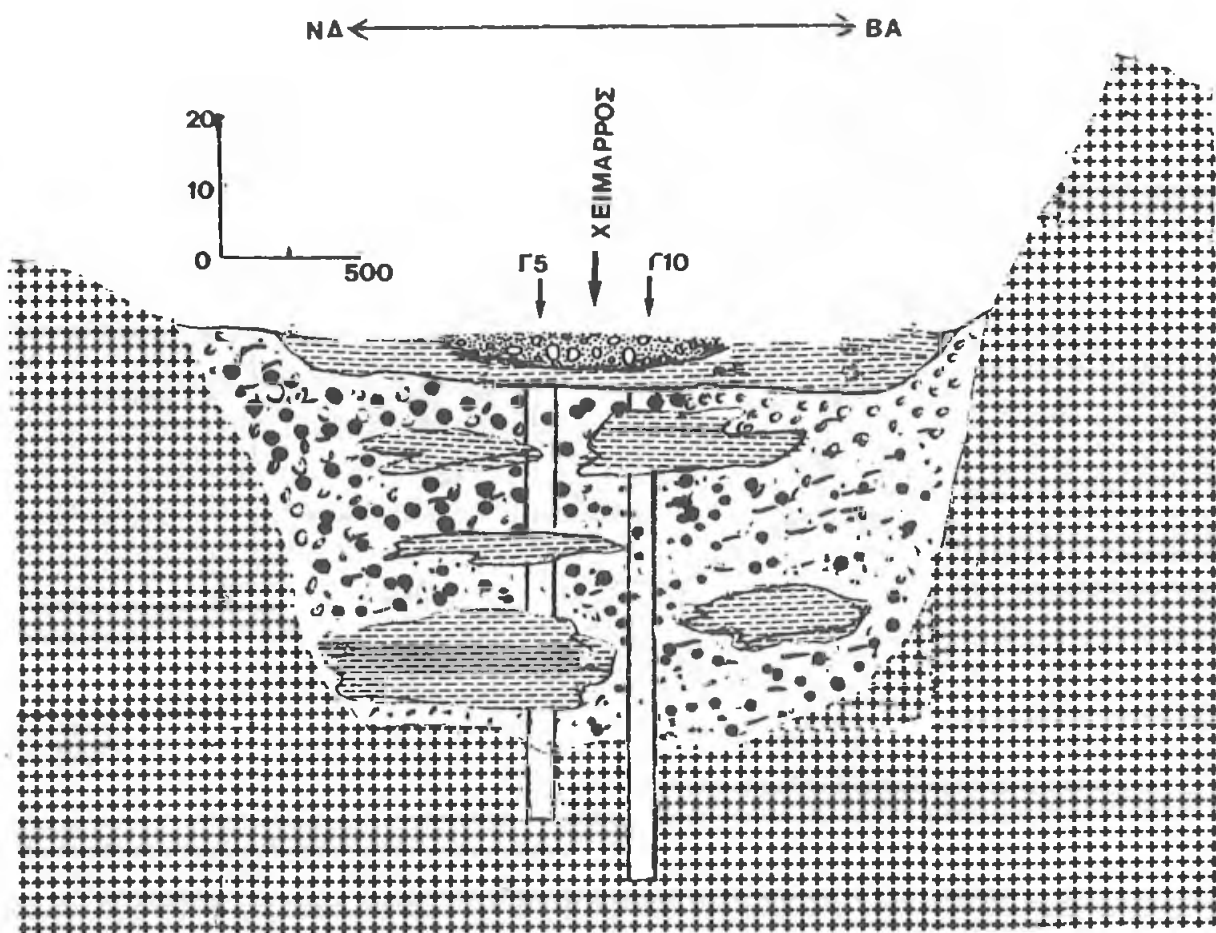
Οι αποθέσεις αυτές αποτελούνται από εναλλαγές σχετικά μεγάλου πάχους άμμου (γρανιτικής προέλευσης) διαφόρων μεγεθών κόκκων, με μικρές παρεμβολές στρώσεων αργιλικών υλικών. Η διάταξη των υλικών αυτών χαρακτηρίζεται από μια μικρή αταξία (Εικ. 2) εξ αιτίας των διαδοχικών αποθέσεων και διαβρώσεων των νερών των χειμάρρων της ορεινής ζώνης που κατέληγαν στον κάμπο.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Γρανίτης

Οι ρωγμές που διέπουν τον γρανίτη έχουν συμβάλει αφ' ενός στην παρουσία ενός αποσαθρωμένου επιφανειακού καλύμματος και αφ' ετέρου στη δημιουργία υδροφόρων οριζόντων που εκδηλώνεται στα κράσπεδα υπό μορφή πηγών (Εικ. 1).

Ο γρανίτης αντίθετα κάτω από τις αλλουβιακές αποθέσεις δεν φαίνεται να παρουσιάζει αξιόλογη υδροφορία εκτός ορισμένων θέσεων όπου διασχίζονται από βαθιά ρήγματα που έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μιας θερμομεταλλικής υδροφορίας, που εκδηλώνεται και αυτή υπό μορφή πηγών στα κράσπεδα των ΝΑ λόφων (Εικ. 1).



Εικ. 2: Σχηματική τομή μεταβολής του υλικού των προσχώσεων κατά μήκος της ζώνης της κοίτης του χειμάρρου Ελευθερών.

Αλλουβιακές αποθέσεις

Οι αλλουβιακές αποθέσεις που καταλαμβάνουν τα χαμηλά σημεία της περιοχής εμφανίζονται με ένα μέγιστο πάχος 60m περίπου στο ύψος της κοίτης του χειμάρρου. Φιλοξενούν ένα μέσου δυναμικού φρεάτιο που εντοπίζεται κυρίως στην ευρύτερη περιοχή της κοίτης του χειμάρρου καθώς και τους υπό πίεση επάλληλους οριζόντες Εικ. 2. Το δυναμικό αυτό αντλείται σήμερα από έναν αριθμό πηγαδιών και γεωτρήσεων.

Η τροφοδοσία του γίνεται εν μέρει από την κατείδυση του νερού της βροχής που πέφτει στο ανάπτυγμά τους αλλά κυρίως όμως από τη διήθηση των νερών των χειμάρρων κατά την έξοδό τους από την ορεινή ζώνη στον κάμπο, καθώς επίσης και από πλευρικές διηθήσεις από την υδροφορία του ρωγματωμένου γρανίτη.

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ

Όπως προέκυψε από τα προηγούμενα, οι υπόγειοι αλλουβιακοί υδροφορείς δέχονται τροφοδοσίες από νερά στα οποία κύρια έχει επίδραση η παρουσία του γρανίτη. Αυτό σημαίνει πως δέχονται τροφοδοσία ίδιας ποιότητας νερού.

Επομένως η διαφοροποίηση που παρατηρείται στο ανάπτυγμα του πεδινού τμήματος,

οφείλεται ή σε υδρογεωλογικές συνθήκες ή σε κάποια ενδογενή ή εξωγενή πηγή επιβάρυνσης, που συναντιέται κατά τη διαδρομή του υπόγειου νερού. Όπως αναφέρθηκε όμως, όλο το ανάπτυγμα του κάμπου χαρακτηρίζεται από την παρουσία χονδρόκοκκων υλικών με μικρές παρεμβολές αργιλικών. Οι υδρογεωλογικές όμως συνθήκες στο σύνολο του πεδίου, μπορεί να θεωρηθούν ίδιες. Επομένως η επιβάρυνση οφείλεται αποκλειστικά στην παρουσία στο περιβάλλον των υδροφοριών κάποιας πηγής.

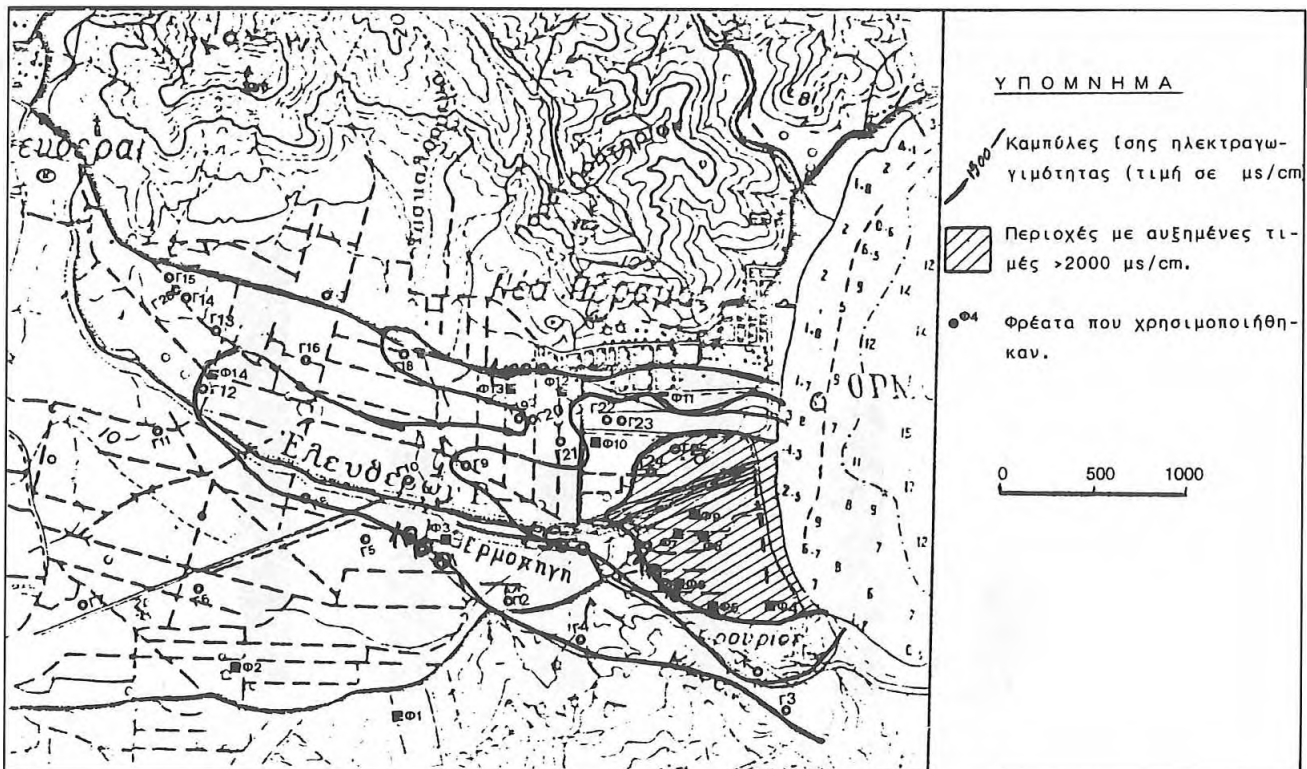
Σαν κύρια πηγή για εδώ θεωρείται η θάλασσα, που σε συνδυασμό με τη δομή των υδροφορέων διευκολύνεται μια πλευρική υδραυλική επαφή με το υπόγειο νερό της περιοχής.

Επίσης η παρουσία των θερμομεταλλικών πηγών μπορεί ν' αποτελέσει παράγοντα μιας επιπλέον πηγής επιβάρυνσης.

Για τον προσδιορισμό των περιοχών των υπόγειων νερών με διαφορετική επιβάρυνση ή γενικά για τη χωροχρονική μεταβολή της ποιότητας ένα σύνθητες μέσον, αποτελούν οι μετρήσεις των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Από τέτοιες μετρήσεις στην περιοχή Περάμου (σε 40 περίπου αβαθείς και 12 βαθιές γεωτρήσεις) συντάχθηκε ο χάρτης της Εικόνας 3. Φαίνεται λοιπόν από τη διανομή των αγωγιμοτήτων στο χώρο ένα μέτωπο φυσιολογικού νερού που ξεκινά από τα δυτικά και κατευθύνεται προς τη θάλασσα. Στο μέσο περίπου του κάμπου ανακόπτεται από δύο σφήνες νερού υψηλότερων τιμών οι οποίες πλησιάζοντας προς τη θάλασσα αυξάνουν το βαθμό επιβάρυνσης αλλά και διευρύνουν το μέτωπό τους.

Η εξήγηση του φαινομένου θεωρείται γενικά απλή και οφείλεται κύρια στη δομή των υδροφορέων. Στην ευρύτερη κοίτη του ποταμού εντοπίζονται τα μεγαλύτερης διαμέτρου υλικά. Αυτό σε συνδυασμό με τον περιορισμό κάποιους μήνες της επιφανειακής ροής και γενικά της τροφοδοσίας των υδροφορέων από τα νερά του χειμάρρου δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες διείσδυσης της θάλασσας. Στη συνέχεια δε η υπερεκμετάλλευση των γεωτρήσεων της περιοχής



Εικ. 3: Χάρτης διανομής ηλεκτραγωγιμότητας στους αβαθείς οριζόντες της περιοχής Περάμου-Ελαιοχωρίου.

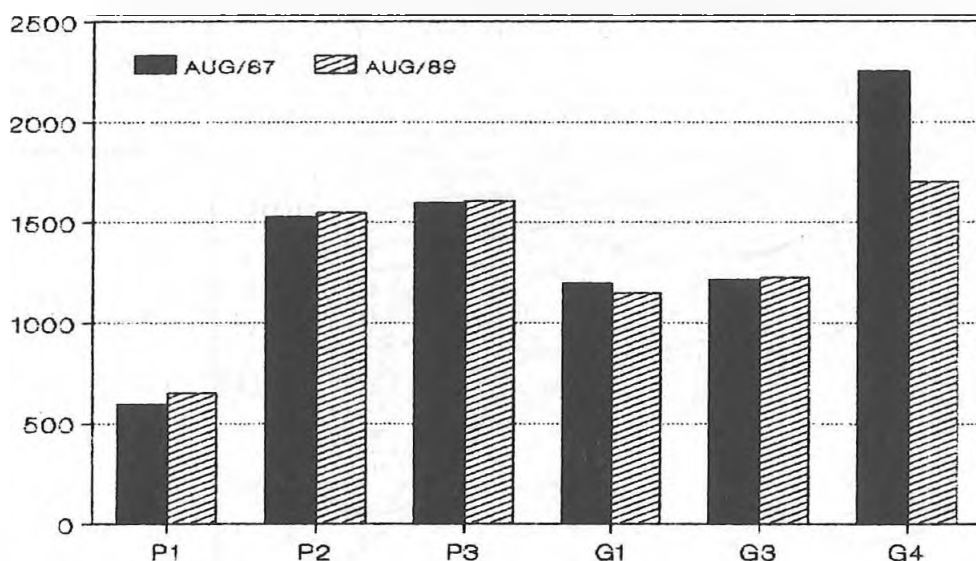
προκαλεί μια αύξηση του ρυθμού διείσδυσης. Γι' αυτό παρατηρείται ένα διευρυμένο μέτωπο κοντά στη θάλασσα και μια προεξοχή προς την ενδοχώρα σχεδόν κατά μήκος του χειμάρρου.

Η διάκριση αυτή δε, μπορεί να γίνει για τους βαθείς ή αβαθείς υδροφόρους ορίζοντες μια και ο μηχανισμός τροφοδοσίας είναι βασικά ο ίδιος.

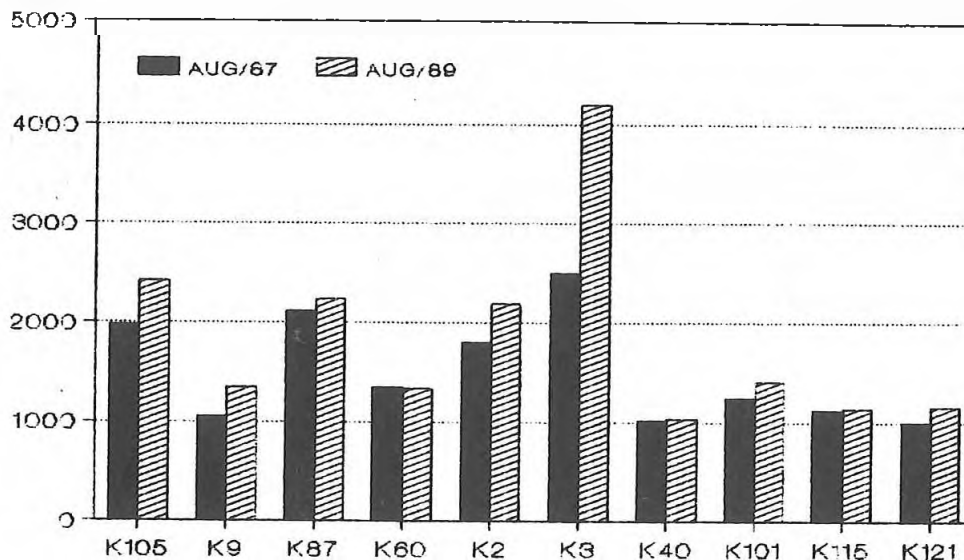
Όσον αφορά τα νερά των πηγών που εντοπίζονται στα δυτικά κράσπεδα έχουν πολύ χαμηλές τιμές ενώ εκείνες στα νότια (ρηγματογενείς) όπως και αναμένεται παρουσιάζουν σχετικά υψηλότερες τιμές. Η αύξηση αυτή έχει σχέση με το γεωθερμικό καθεστώς των πηγών μια και η σημαντική υδροφορία που παρουσιάζουν εντοπίζεται σε ρήγματα και οι ποσότητές τους δεν δικαιολογούνται μόνο από τις πλευρικές διηθήσεις των γειτονικών υδροφόρων.

ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Ένα σημαντικό στοιχείο είναι το πως μεταβάλλεται σ' ένα πεδίο με τέτοια δομή η ηλεκτραγωγιμότητα του νερού με το χρόνο. Η εικόνα που προέκυψε εδώ είναι ότι η μεταβολή αυτή είναι περιορισμένη. Στην Εικόνα 4 φαίνεται για ορισμένες πηγές και ορισμένες γεωτρήσεις η μεταβολή αυτή. Για μεν τις πηγές και στα δύο μέτωπα (δυτικό και νότιο) παρατηρείται μια σχετική ισορροπία. Για τις γεωτρήσεις επίσης φαίνεται πως και αυτές εξελίσσονται σχετικά ομαλά. Αυτό οφείλεται στην καλή περατότητα του υδροφορέα στην ευρύτερη περιοχή της κοίτης και της άμεσης ανταπόκρισης των χειμερινών απορροών. Δηλαδή το χειμώνα που οι απορροές του χειμάρρου είναι μεγάλες περιορίζεται αρνητικά το μέτωπο της υφαλμύρωσης. Αυτό σημαίνει πως η πορεία του μετώπου είναι συνυφασμένη αποκλειστικά με τις ετήσιες απορροές. Αντίθετα η εικόνα που παρουσιάζει η χρονική μεταβολή στο ευρύ γειτονικό παράκτιο πεδίο της Κάριανης είναι διαφορετική. Παρατηρείται εκεί μια σχετική μεταβολή με το χρόνο (Εικ. 5). Αυτό έχει σχέση κυρίως με τη δομή και ιδιαίτερα με τη μικρή περατότητα των υδροφορέων από την μια και τις σχετικά περιορισμένες αφίξεις γλυκού νερού, όπου αυτό δεν μπορεί ν' απωθήσει το μέτωπο της υφαλμύρωσης, με την ίδια ευκολία με το προηγούμενο πεδίο. Επιπλέον αυτό σημαίνει πως σε τέτοια αντίστοιχα πεδία, κυρίαρχο πλέον ρόλο παίζει, στην εξάπλωση του μετώπου, η υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφοριών.



Εικ 4: Ιστόγραμμα μεταβολής της ηλεκτραγωγιμότητας πηγών (P) και γεωτρήσεων (G) του ίδιου μήνα (ΑΥΓ) σε διαφορετικά έτη (1987, 1989).



Εικ. 5: Ιστόγραμμα μεταβολής της ηλεκτραγωγιμότητας γεωτρήσεων του πεδίου της Κάριανης για τον ίδιο μήνα (ΑΥΓ) αλλά σε διαφορετικά έτη (1987, 1989).

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στις ήδη προσδιορισμένες περιοχές με διαφορετικό βαθμό επιβάρυνσης έγινε μια επιλογή γεωτρήσεων στις οποίες πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση στα νερά τους.

Ο χημισμός του υπόγειου νερού μαρτυρά πολλές φορές την πηγή προέλευσης. Είναι δηλαδή δυνατόν να προσδιορίσουμε επιβαρυμένα νερά λόγω διείσδυσης της θάλασσας ή από κάποια άλλη διαφορετική αιτία.

Στο περιορισμένο πεδίο της Περάμου έχοντας γνώση πλέον τόσο των περιοχών με διαφορετική επιβάρυνση, όσο και των αιτιών που τις προκάλεσαν, έγινε μια προσπάθεια ερμηνείας αυτών με βάση ορισμένους δείκτες ή σχέσεις με βάση τις χημικές αναλύσεις.

Δείκτης Revelle ($Cl / HCO_3 + CO_3$)

Το Cl^- , που είναι το επικρατούν ανιόν στο θαλασσινό νερό δεν μεταβάλλεται σε καμία από τις διαδικασίες μεταβολής του χημισμού του θαλάσσιου νερού και απαντά συνήθως σε μικρές συγκεντρώσεις στο υπόγειο νερό. Αντίθετα η HCO_3^- είναι κατά κανόνα το επικρατούν ανιόν στο υπόγειο νερό και απαντά σε μικρές συγκεντρώσεις στο θαλασσινό. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω ο συντελεστής Revelle (R) μαζί με την τροποποίησή του από τον SIMPSON (1946) και τον ΚΑΛΛΕΡΓΗ (1986), μπορεί να χαρακτηρίσει το βαθμό ρύπανσης του νερού από τη διείσδυση της θάλασσας. Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι τιμές του R που προέκυψαν από τα χημικά στοιχεία των νερών των γεωτρήσεων των πηγών. Διακρίνεται λοιπόν, όπως και αναμένετο ότι τα νερά των δυτικών πηγών δεν παρουσιάζουν καμιά απολύτως ρύπανση ($R < 1$). Ενώ τα νερά των νότιων πηγών εμφανίζονται ελαφρά ρυπασμένα ($R = 1-2$) και αυτό μπορεί βέβαια να επιβεβαιώσει, ότι ο συντελεστής Revelle δεν μπορεί να διακρίνει τη ρύπανση από τη θάλασσα από αυτή των θερμομεταλλικών πηγών (ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1986).

Τα νερά των γεωτρήσεων αυτών που εντοπίζονται στη ζώνη με τις σχετικά μεγαλύτερες τιμές ηλεκτραγωγιμότητας (χάρτης σχ. 3) είναι από μέτρια ως ελαφρά ρυπασμένα ($R = 1-3$).

Πίνακας 1

Με τις τιμές του δείκτη Revelle (R) και τις σχέσεις Na/Cl των υπόγειων νερών της περιοχής Περάμου όπως προέκυψαν από τις χημικές αναλύσεις. (Π) πηγές και (Γ) γεωτρήσεις.

Α. Σημ.	R	Na/Cl	Α. Σημ.	R	Na/Cl
Π1	1.91	1.05	Γ5	1.80	0.73
Π2	1.20	1.09	Γ8	1.26	0.81
Π3	0.23	1.27	Γ10	1.00	0.89
Π6	0.09	1.54	Γ22	2.52	0.54
			Γ27	1.15	1.11

Σχέση Na /Cl

Στον Πίνακα 1 φαίνεται η σχέση Na/Cl όπως προέκυψε από τις χημικές αναλύσεις. Κανονικά νερά θεωρούνται αυτά που η σχέση είναι $= 0,876 \pm 10\%$. Αυτά με μικρότερη τιμή, που σημαίνει περίσσεια Cl, μαρτυρούν κάποιο βαθμό ρύπανσης από τη θάλασσα, ενώ αυτά με μεγαλύτερες τιμές και ιδιαίτερα πάνω από τη μονάδα, συνήθως δείχνουν ότι προέρχονται από μαγματικούς υδροφορείς.

Από τις σχέσεις Na/Cl στα εδώ νερά φαίνεται κατ' αρχάς σαφέστατα, ότι οι δυτικές πηγές προέρχονται από μαγματικούς υδροφορείς κάτι που συμβαίνει στην πραγματικότητα.

Επίσης οι νότιες πηγές, παρ' όλο που έχουν μια σχετικά μικρή επιβάρυνση, όπως έδειξαν τα προηγούμενα στοιχεία, η σχέση Na/Cl δείχνει προέλευση του νερού από μαγματικούς υδροφορείς ($Na/Cl > 1$). Αυτό είναι αληθές μια και η κύρια τροφοδοσία τους, γίνεται μέσα από τα ρήγματα που εντοπίζονται στο γρανιτικό υπόβαθρο.

Τέλος, ορισμένες γεωτρήσεις που είναι πιο κοντά στη θάλασσα δείχνουν μια μικρή ρύπανση ενώ για τις υπόλοιπες το νερό θεωρείται κανονικό.

Η σχέση λοιπόν Na/Cl για την εδώ περιοχή απεικονίζει σχεδόν την πραγματικότητα. Δείχνει ένα κεντρικό πεδίο που έχει αρχίσει να επηρεάζεται από το θαλασσινό νερό καθώς επίσης και ότι η υπόλοιπη περιοχή φιλοξενεί κανονικό νερό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παραπάνω επεξεργασία των στοιχείων προκύπτει πως ο μηχανισμός διεύθυνσης της θάλασσας στους υπόγειους παράκτιους υδροφορείς, εξαρτάται κυρίως από τη δομή των υδροφορέων, που είναι συνέπεια ποιοι παράγοντες έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση του πεδίου.

Στα περιορισμένης έκτασης αλλουβιακά πεδία, όπου η διαμόρφωση οφείλεται αποκλειστικά σχεδόν στη δράση χειμάρρων, η επιβάρυνση των υπόγειων νερών εξαρτάται στο μεγαλύτερο βαθμό από τις αφίξεις επιφανειακών νερών και κατά δεύτερο λόγο από τις υπεραντλήσεις. Αντίθετα στα ευρεία πεδία, τα οποία οφείλουν τη διαμόρφωσή τους σε διάφορους άλλους παράγοντες, η επιβάρυνση οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων νερών της περιοχής.

Οι διαφορές εντοπίζονται τόσο στον τρόπο εξάπλωσης όσο και στη χρονική μεταβολή του μετώπου επιβάρυνσης. Αποτελούν δε ένα ουσιαστικό στοιχείο για τη σωστή και αποτελεσματική εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφοριών στα διάφορα παράκτια πεδία.

Ο βαθμός ρύπανσης του υπόγειου νερού κυρίως από τη θάλασσα μπορεί να διακριθεί από το συντελεστή Revelle, όπως αυτός προκύπτει από τις χημικές αναλύσεις των νερών. Επίσης μια επί μέρους διάκριση των πηγών τροφοδοσίας και επιβάρυνσης μπορεί να γίνει μέσα από τη σχέση Na/Cl .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

DIAMANTIS, I. & PETALAS, C., 1986. Seawater intrusion into coastal aquifers of Thrace and its impact on the environment. 4th International Symposium MESAEP.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι. & ΔΕΛΗΜΑΝΗ Π., 1989. Μέθοδος εντοπισμού των διαφορετικών υδροφόρων στρωμάτων σ' ένα ετερογενές ιζηματογενές πεδίο. Περίπτωση παράκτιας περιοχής Κάριανης Ν. Καβάλας. Υδροτεχνικά Τόμος 4. Ηράκλειο Κρήτης.

ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., 1978. Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης μεταξύ των ορέων Παγγαίου-Συμβόλου (Πιέρια Λεκάνη). Διδακτορική Διατριβή. Θεσσαλονίκη.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ Δ.Π.Θ., 1990. Αναγνώριση εναλλακτικών λύσεων για τις ανάγκες για άρδευση των ευρύτερων περιοχών λεκάνης ΚΑΡΙΑΝΗΣ-ΟΡΦΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΠΑΛΟΧΩΡΙΩΝ. Ερευνητικό πρόγραμμα. Ξάνθη.

ΚΑΛΕΡΓΗΣ, Γ., 1986. Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία, Τόμος 1ος, Εκδόσεις ΤΕΕ.

