

## ΕΡΓΟ

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ) ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ - ΘΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΝΕΣΤΟΥ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

#### ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΜΠΡΑΞΗ:



1. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΕΙΔΙΚΟΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΔΥΛΙΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ



2. ΣΠΥΡΙΔΗΣ Α. - ΚΟΥΤΑΛΟΥ Β. Ο.Ε. - "ΥΕΤΟΣ"
3. ΠΕΡΛΕΡΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, Γεωλόγος
4. ΛΙΟΝΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, Γεωλόγος
5. ΛΕΒΟΓΙΑΝΝΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, Γεωπόνος



### **3. Λεκάνη Νέστου**

#### **3.1 Γενικά**

Η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Νέστου αποτελείται από δύο βασικές μορφολογικές ενότητες,

- α. Την ορεινή ζώνη, που συμπίπτει με την ορεινή λεκάνη απορροής του ποταμού και η οποία δομείται σχεδόν αποκλειστικά από συμπαγείς σχηματισμούς και
- β. Την πεδινή ζώνη, που σχεδόν ταυτίζεται με το Δέλτα του ποταμού και η οποία δομείται σχεδόν στο σύνολό της από χαλαρούς σχηματισμούς.

Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Νέστου είναι  $5.761 \text{ km}^2$ , από τα οποία τα  $2.280 \text{ km}^2$  βρίσκονται στο ελληνικό έδαφος και τα  $540 \text{ km}^2$  καταλαμβάνονται από το Δέλτα.

Η πεδινή ζώνη, που ταυτίζεται σχεδόν με το Δέλτα του Νέστου, αποτελεί το προσχωματικό πεδίο του ποταμού, που ξεκινά από την έξοδο του ποταμού από την ορεινή μάζα (στο ύψος των Τοξοτών) και απλώνεται προς τα νότια, μέχρι τη θάλασσα, υπό μορφή τεράστιου ριπιδίου. Πρόκειται για την περιοχή που αναφέρεται και το αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

Ο ποταμός Νέστος έχει μήκος που φτάνει τα 234 km, από τα οποία τα 130 km διατρέχουν το ελληνικό έδαφος με κατεύθυνση από τα ΒΔ προς τα ΝΑ μεταξύ των βουνών Ροδόπης, Φαλακρού και Λεκάνης.

Ο ποταμός Νέστος, από το σημείο της γέφυρας Τοξοτών και μέχρι την εκβολή του (διευθετημένο τμήμα, μήκος περίπου 28 km) διέρχεται το πεδινό τμήμα και όπως είναι γνωστό το χωρίζει σε δυο σχεδόν ισοδύναμα από πλευράς έκτασης τμήματα, το ανατολικό που ανήκει στο Νομό Ξάνθης και το δυτικό που ανήκει στο Νομό Καβάλας. Στα βόρεια του δυτικού τμήματος εντοπίζεται ένα ημιορεινό, λοφώδες τμήμα, που αποτελεί συνέχεια του δυτικού πεδινού τμήματος του Δέλτα. Στο ανατολικό τμήμα, βόρεια και ανατολικά, αναπτύσσεται ένα λοφώδες τοπίο με ομαλή μορφολογία και γενικά χαμηλό ανάγλυφο, που καταλήγει μέχρι τη θάλασσα (περιοχή Αβδήρων). Το λοφώδες αυτό τμήμα διαχωρίζει το Δέλτα από τη λεκάνη της Βιστωνίδας.

Η συνολική έκταση του Δέλτα είναι 540.700 στρέμματα, από τα οποία τα καλλιεργήσιμα ανέρχονται στα 284.300 στρέμματα. Οι χέρσες εκτάσεις εκτείνονται στο

μεγαλύτερο ποσοστό κατά μήκος της παραλιακής ζώνης. Είναι αλατούχα μη καλλιεργήσιμα εδάφη και χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι. Η αρδευόμενη έκταση (από τα νερά του Νέστου και από γεωτρήσεις) ανέρχεται στις 237.753 στρέμματα.

### 3.2 Βασική βιβλιογραφία και στοιχεία

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της σύμβασης έγινε συλλογή και αξιολόγηση υφιστάμενων γεωλογικών, υδρογεωλογικών και υδρολογικών στοιχείων, με στόχο την ανάπτυξη γνώσης σχετικά με τη δομή, λειτουργία και εξέλιξη της υπόγειας υδροφορίας. Έχουν συλλεχθεί σημαντικές υδρογεωλογικές μελέτες και μελέτες ποιότητας υπογείων νερών μεταξύ των οποίων και αυτές του πίνακα 3.2.1.

#### Πίνακας 3.2.1.

Μελέτες, εργασίες, ερευνητικές εκθέσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για την απόκτηση γνώσης της περιοχής της λεκάνης Νέστου – Δέλτα Νέστου

Αριθμός	Χαρακτηριστικά μελέτης
1	ΒΕΡΓΗΣ Σ., "Υδρογεωλογικός και υδροχημικός χάρτης, κλίμακας 1:200.000. Υδατικό διαμέρισμα Θράκης - Όρη Λεκάνης - Λεκάνη ποταμού Μαρμαρά, επεξηγηματικό τεύχος – Προτάσεις", Έκθεση ΙΓΜΕ. Ξάνθη, 1990
2	ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι., Γεωλογικό - Γεωμορφολογικό περιβάλλον και Υδρογεωλογικές συνθήκες στο Δέλτα και την Ορεινή λεκάνη του ποταμού Νέστου. Πρακτικά Συνεδρίου "Ο Νέστος το φυσικό περιβάλλον και τα προβλήματά του". ΓΕΩΤΕΕ παράρτημα Αν. Μακεδονίας και Θράκης, σελ. 78-121, 1991
3	ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. ΠΕΤΑΛΑΣ, Χ. ΤΖΕΒΕΛΕΚΗΣ, Θ. ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ. και άλλοι, Διερεύνηση δυνατοτήτων ύδρευσης παράκτιων οικισμών της Θράκης από παράκτιους υδροφορείς. Έκθεση προς την Περιφέρεια Αν. Μακεδονίας και Θράκης, Τεύχη 4, σελίδες 393, 1994
4	ΣΑΚΚΑΣ, Ι., Ι. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, κ.ά., "Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού υδροφορέων Ξάνθης - Ροδόπης". Έκθεση προς το Υπουργείο Γεωργίας, τεύχη 5, σελ. 570, χάρτες 16, 1998
5	ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., ΠΕΤΑΛΑΣ, Χ., ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ., ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ. και άλλοι, Διερεύνηση των επιπτώσεων από την λειτουργία των φραγμάτων του Νέστου στο υπόγειο υδάτινο σύστημα και τους υγροτόπους της περιοχής κατάντη των φραγμάτων. Έκθεση προς την ΔΕΗ Τεύχη 4 σελίδες, 1999
6	ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ., ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Π. ΤΣΟΠΑΝΟΓΛΟΥ, Κ., Περιβαλλοντική μελέτη νομού Καβάλας – καθορισμός περιβαλλοντικών όρων από την εκμετάλλευση του υδατικού δυναμικού". Έκθεση προς το Νομαρχιακό Διαμέρισμα Καβάλας, Τεύχη 3, σελίδες, χάρτες 4, 2001
7	ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ, Υδρογεωλογική μελέτη προσχωματικού πεδίου εκβολών Νέστου. Υ.Δ.Ε. Αθήνα, 1978

Αριθμός	Χαρακτηριστικά μελέτης
8	Z&A Π.ΑΝΤΩΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Μ.Ε. • ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Ε.Ε. • ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΚΑΪΜΑΚΗ • “NERCO-N.ΧΛΥΚΑΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Α.Ε.Μ.” • ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΓΩΝΗΣ • ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΚΚΙΝΟΣ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ • ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΙΓΑΛΑΣ • ΩΡΙΩΝ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΑΒΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝ/ΤΕΣ ΕΕ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΤΘΑΙΟΥ • ΑΡΙΣΤΟΣ ΛΟΥΚΑΪΔΗΣ, “Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ’ εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007Ε”, 2011

### Πίνακας 3.2.2

Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν από τις μελέτες του πίνακα 3.2.1.

Αριθμός	Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν για τη περιοχή
1	Γεωλογία ευρύτερης περιοχής μελέτης
2	Γεωλογία Γεωμορφολογία
3	Υδρογεωλογία, Ποιότητα νερών, Σημεία νερού, Χρήσεις νερών
4	Υδρογεωλογία, Στάθμες νερού, Πιεζομετρία, Τεχνητός Εμπλουτισμός, υφαλμύριση
5	Υδρογεωλογία γεωμορφολογία, Στάθμες νερού, πιεζομετρία, ποιότητα νερών
6	Γεωμορφολογία, χρήση γης, ποιότητα νερών
7	Γεωλογική δομή, υδρογεωλογία πιεζομετρία,
8	Υπόγεια Υδατικά συστήματα, στοιχεία γεωτρήσεων, απογραφή σημείων

### 3.3 Γεωμορφολογία λεκάνης

Το ορεινό τμήμα της κοιλάδας του Νέστου από τους Τοξότες μέχρι τα σύνορα με τη Βουλγαρία, χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός ποικιλόμορφου ανάγλυφου το οποίο σχετίζεται κατά κύριο λόγο με το είδος και την κατάσταση των πετρωμάτων που δομούν την κοιλάδα. Πρόκειται γενικά για μια ευρεία κοιλάδα που διακόπτεται από χαρακτηριστικά στενώματα. Στη κοιλάδα, από τους Τοξότες μέχρι περίπου το ύψος της Σταυρούπολης, σημειώνονται οι χαρακτηριστικοί μαιανδρισμοί του Νέστου, η κοίτη του οποίου, έχει αρκετά μικρό εύρος με απότομα κατά θέσεις πρανή. Ενδιαφέρον από υδρογεωλογικής άποψης, για την παρούσα μελέτη, παρουσιάζει το τμήμα από τη Σταυρούπολη μέχρι το ύψος του οικισμού της Πασχαλιάς, το οποίο χαρακτηρίζεται γενικά από μεγάλο εύρος της «ευρείας» κοίτης του ποταμού με την παρεμβολή τοπικά πεδινών τμημάτων μικρής σχετικά έκτασης.

Ο ποταμός Νέστος έχει μήκος που φτάνει τα 234 km, από τα οποία τα 130 km διατρέχουν το ελληνικό έδαφος με κατεύθυνση από τα ΒΔ προς τα ΝΑ μεταξύ των βουνών Ροδόπης, Φαλακρού και Λεκάνης. Οι σημαντικότεροι κλάδοι του με την αντίστοιχη έκταση της λεκάνης απορροής τους φαίνονται στον πίνακα 3.3.1.

Το Δέλτα του Νέστου, αποτελεί το προσχωματικό πεδίο του ποταμού, το οποίο συνολικά ξεκινά από την έξοδό του από την ορεινή μάζα (στο ύψος των Τοξοτών) και απλώνεται προς τα νότια, μέχρι τη θάλασσα, υπό μορφή τεράστιου ριπιδίου. Χαρακτηριστικό του τμήματος είναι γενικά οι μικρές κλίσεις και η διαμόρφωση προς τα νότια και νοτιοανατολικά αβαθών τμημάτων, που δημιουργούν κατά καιρούς λιμνάζουσες επιφάνειες. Οι λιμνάζουσες αυτές επιφάνειες και γενικότερα τα έλη, ήταν πιο έντονα σε παλαιότερες εποχές και κατά κύριο λόγο οφείλονταν στις απολήξεις των παλιών δευτερευουσών κοιτών του Νέστου ή ρεμάτων της λοφώδους περιοχής.

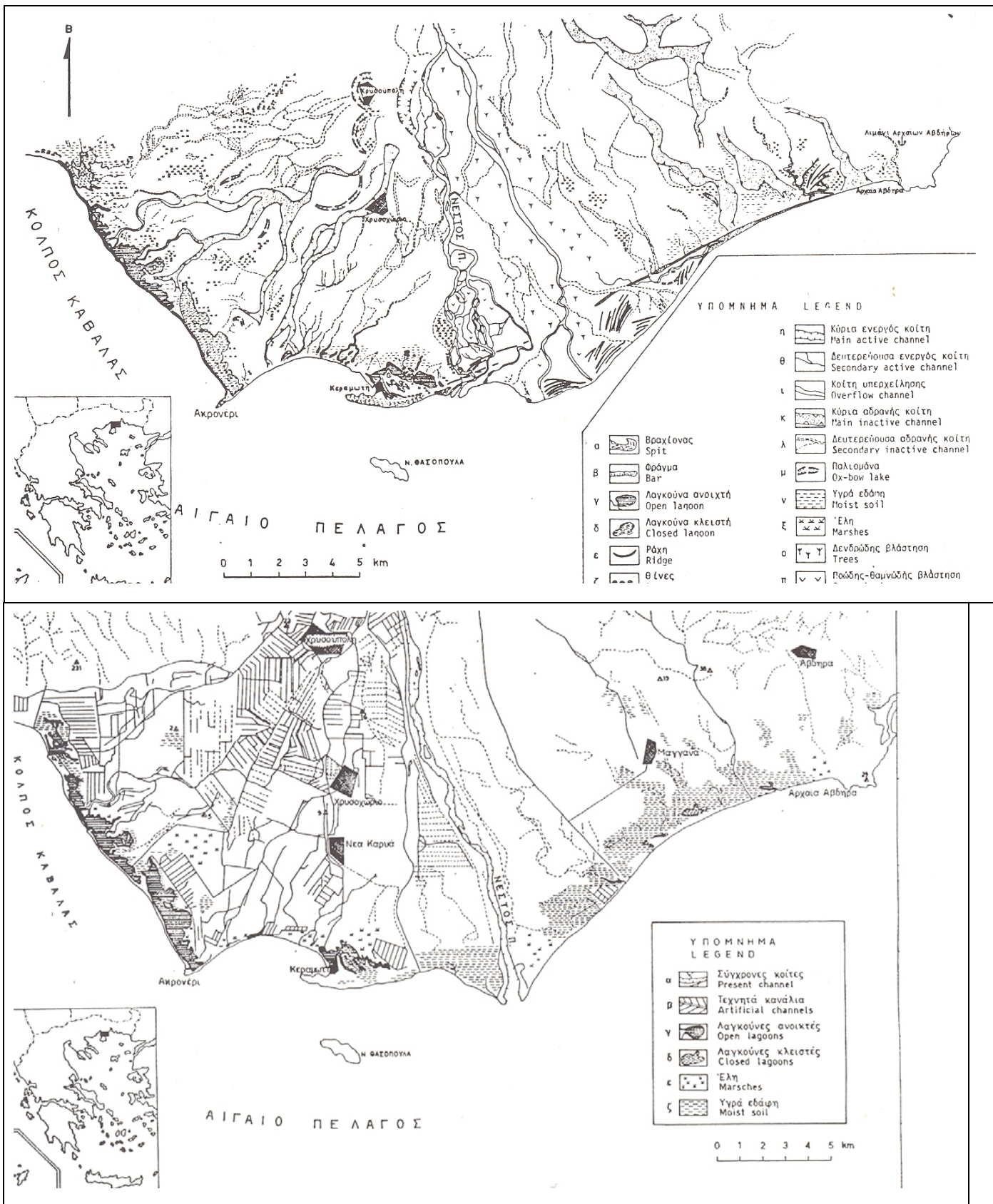
**Πίνακας 3.3.1.**

Οι σημαντικότεροι κλάδοι του Ποταμού Νέστου και η έκταση της λεκάνης απορροής τους (σε km<sup>2</sup>).

α/α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ	α/α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΕΜΒΑΔΟΝ
1	Δεσπότης	118,9*	10	Μαυρόρεμα	11,4
2	Ξεριάς	14,1	11	Αγ. Γεωργίου	10,7
3	Ψυχρόρεμα	28,4	12	Καστανιτούρεμα	60,9
4	Μουσδα ρέμα	203,0	13	Διχαλόρεμα	28,5
5	Καμπερογλουρέμα	11,9	14	Ρέμα	45,7
6	Διαβολόρεμα	356,4	15	Μεγαλόρεμα	10,8
7	Αρκουδόρεμα	283,3	16	Μαυροματίρεμα	46,8
8	Δροσόρεμα	11,2	17	Λεύκες ρέμα	9,5
9	Μελισσόρεμα	7,4	18	Μυλόρεμα	93,1

\* Η έκταση αυτή αφορά μόνο το τμήμα της λεκάνης του που βρίσκεται στο ελληνικό έδαφος.

Σήμερα οι λιμνάζουσες επιφάνειες έχουν σ' ένα μεγάλο βαθμό απαλειφθεί εξ αιτίας των αποστραγγιστικών δικτύων που έχουν κατασκευαστεί στην περιοχή. Εντοπίζονται μόνο λίγες στη νοτιοανατολική καθώς και στη νοτιοδυτική περιοχή και αποτελούν μέρος των φυσικών βιότοπων του Δέλτα.



**Εικ. 3.3.1.** Γεωμορφολογική εξέλιξη του Δέλτα Α. πριν τις παρεμβάσεις στο υδρογραφικό δίκτυο (αεροφωτογραφία 1945) και Β μετά τις παρεμβάσεις (τοπογραφικός χάρτης 1968 (Διαμαντής κ.ά., 1994, Ψιλοβίκος κ.ά., 1988).

### 3.4 Γεωλογία Περιοχής

Γεωλογικοί σχηματισμοί ορεινής ζώνης από Τοξότες έως Τέμενος (βλέπε χάρτη σχ.3.4.12).

Γεωλογικά η λεκάνη του Νέστου ανήκει στη γεωτεκτονική ζώνη της Ροδόπης (μάζα Ροδόπης). Αποτελείται από δύο συστήματα πετρωμάτων:

- το άνω ανθρακικό σύστημα (ενότητα των μαρμάρων) και
- το κάτω γνευσιο-αμφιβολιτικό σύστημα.

Η ενότητα των μαρμάρων καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής έρευνας και αποτελείται από συμπαγή λευκά μάρμαρα σε παχιές στρώσεις με φακούς δολομίτη. Τα μάρμαρα αυτά εμφανίζονται να είναι καρστικοποιημένα επιφανειακά σε πάρα πολλές θέσεις.

Το ορεινό τμήμα της λεκάνης του Νέστου από τους Τοξότες μέχρι το Τέμενος διακρίνεται από πετρογραφικής πλευράς σε δυο τμήματα. Το νότιο τμήμα, από τους Τοξότες μέχρι την Πασχαλιά και το βόρειο τμήμα από Πασχαλιά μέχρι το Τέμενος.

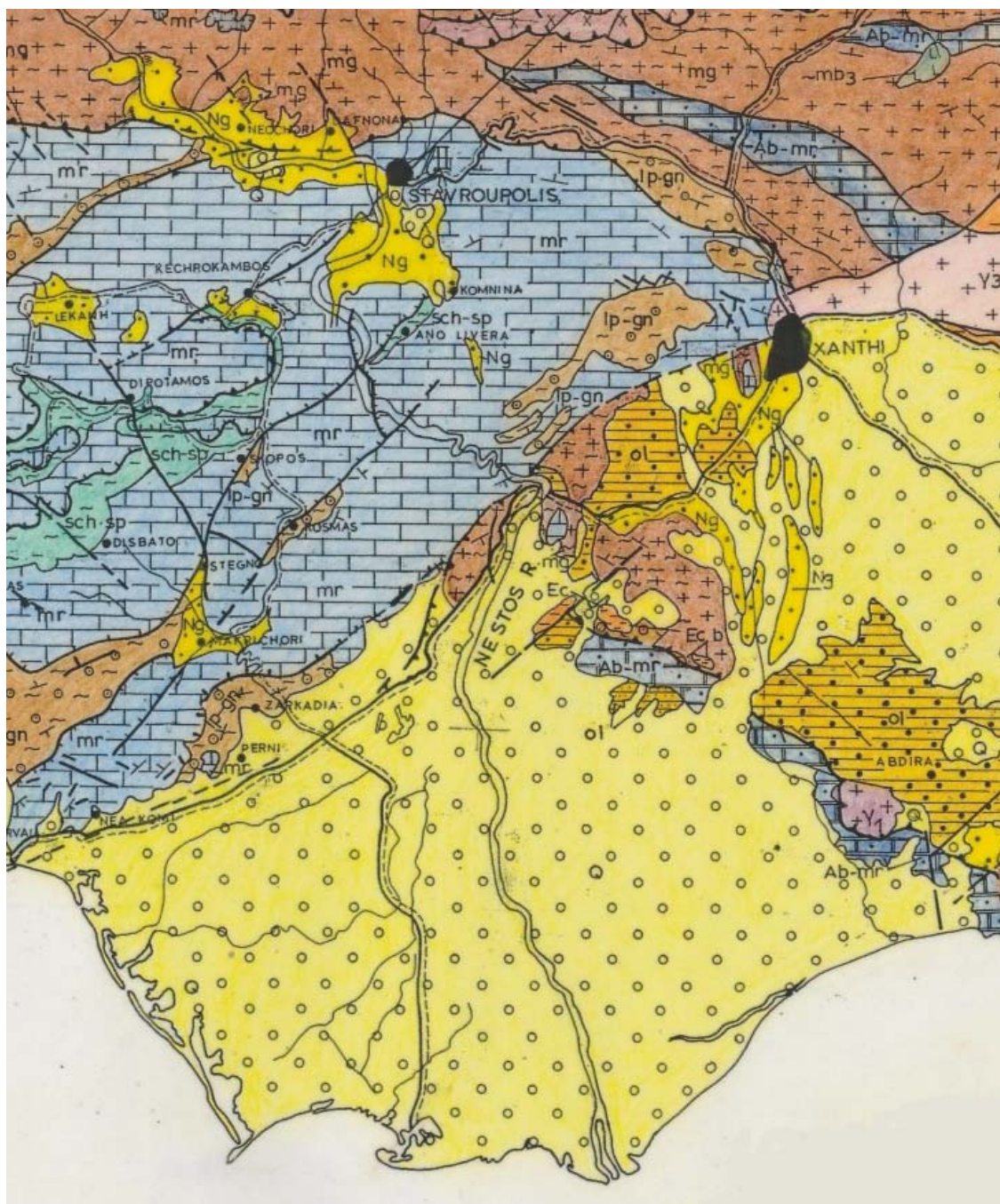
Στο νότιο τμήμα στα δυτικά του επικρατούν τα καρστικοποιημένα μάρμαρα. Τα μάρμαρα αυτά αποτελούν συνέχεια των μαρμάρων των ορέων της Λεκάνης, καταλαμβάνουν όλη την περιοχή και επεκτείνονται δυτικότερα μέχρι την πεδιάδα της Δράμας. Στα ανατολικά του νοτίου τμήματος, τα καρστικοποιημένα μάρμαρα αναπτύσσονται από τους Τοξότες μέχρι το Δαφνώνα και αποτελούν συνέχεια του όγκου των μαρμάρων που ξεκινούν από την Ξάνθη. (βλέπε χάρτη 3.4.1.).

Το βόρειο τμήμα, το οποίο οριοθετείται ανατολικά από το ύψος του Δαφνώνα και δυτικά από το ύψος της Πασχαλιάς και φτάνει μέχρι το Τέμενος, επικρατούν μεταμορφωμένα πετρώματα (γνεύσιοι, σχιστόλιθοι κ.λ.π.), τα οποία δεν παρουσιάζουν υδρογεωλογικό ενδιαφέρον.

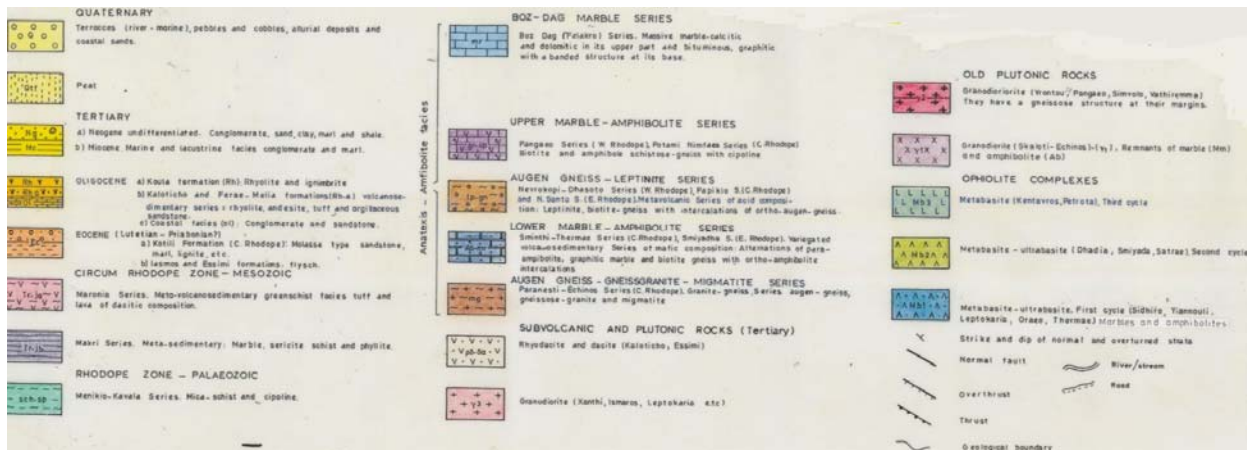
Γεωλογικοί σχηματισμοί κρασπέδων ορεινής ζώνης

Στην περιοχή των κρασπέδων εμφανίζονται στην επιφάνεια τα πλειο-πλειστοκαινικής ηλικίας υλικά που αποτελούνται από αργίλους, άμμους, χαλίκια, κροκάλες σε επάλληλες στρώσεις με επικράτηση κατά κύριο λόγο των αργιλικών υλικών. Οι αποθέσεις αυτές είναι μεγάλου πάχους, περίπου 200 m, και είναι τόσο ποταμοχειμάρριες, όσο και υλικά κορημάτων, που προήλθαν από τη διάβρωση των ορεινών όγκων που αποτελούν το ΒΔ όριο της περιοχής. Τα κορήματα, λιθολογικά, αποτελούνται από αργίλους κύρια ερυθροκίτρινες, άμμους, χάλικες, και κροκάλες από μάρμαρο ή γνεύσιους με έντονη ετερογένεια λόγω του τρόπου απόθεσης. Η απόθεση έγινε κατά ορίζοντες σε παλιές αναβαθμίδες του Νέστου ποταμού οι οποίες δηλώνουν την υψηλότερη στάθμη του ποταμού σε περασμένες γεωλογικές περιόδους και αποτελούνται από αργίλους, άμμους, χαλίκια, κροκάλες σε επάλληλες

στρώσεις.







**Εικ. 3.4.1.** Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη περιοχής Δέλτα Νέστου και μέρους της ορεινής ζώνης (πηγή ΙΓΜΕ Γεωλογικός χάρτης Αν. Μακεδονίας και Θράκης κλίμακας 1: 200.000), 1986

Οι πλειο-πλειστοκαινικοί σχηματισμοί εμφανίζονται χωρίς διαβάθμιση των υλικών τους με επικράτηση κυρίως της ερυθροκίτρινης αργίλου, η οποία περιορίζει βέβαια την περατότητα των σχηματισμών της περιοχής. Στο κυρίως πεδινό τμήμα, όπου εντοπίζονται κάτω από τις πρόσφατες αποθέσεις, αποτελούνται, στα ανώτερα μέρη, από εναλλαγές χαλαρών ψαμμιτών με αργίλους χερσαίας και δελταϊκής προέλευσης.

### Γεωλογία Δέλτα Νέστου

Γεωλογικά το Δέλτα αναπτύσσεται σ' ένα σύνολο πρόσφατων ιζημάτων δελταϊκού περιβάλλοντος πάχους λίγων δεκάδων μέτρων, που προέκυψαν κυρίως από τις αποθέσεις του Νέστου. Χαρακτηριστικό των ιζημάτων του Δέλτα, που αποτελούνται από εναλλαγές στρώσεων άμμου, αργίλων και ιλύος, αλληλοσυμπλεκόμενων προς όλες τις κατευθύνσεις, είναι η ετερογένεια των υλικών, αποτέλεσμα της δελταϊκής επίδρασης. Επίσης η παρουσία σε αρκετές θέσεις οργανικής αργίλου είναι χαρακτηριστική και οφείλεται στις λιμνάζουσες επιφάνειες (έλη) του Δέλτα. Οι αποθέσεις αυτές περιβάλλονται και αλληλοσυμπλέκονται στις υψηλές ζώνες με τα παλιότερα ιζήματα, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είτε με τα πετρώματα της ορεινής ζώνης (μάρμαρα - γνεύσιοι), κυρίως προς τα ΒΔ.

Η μορφή της δελταϊκής προεξοχής αντιστοιχεί σ' ένα τυπικό Δέλτα, του οποίου ο σχηματισμός επηρεάστηκε κυρίως από τη δράση του ποταμού και του κυματισμού της θάλασσας. Τα στόμια του Νέστου στη θάλασσα εμφανίζουν μια ξέχωρη κατανομή. Στο δυτικό τμήμα διακρίνεται ένα παλιό σύστημα στομίων και σε συνδυασμό με την παρουσία αδρανών κοιτών, που έχουν σήμερα αποκαλυφθεί και γεμίσει από χονδρόκοκκα υλικά

πιστοποιεί τη μετακίνηση των κλάδων του Νέστου από δυτικά προς ανατολικά (σημερινή θέση). Το δυτικό τμήμα έχει κυρίως διαμορφωθεί από την αλληλεπίδραση των διαφόρων παλιών κοιτών (ίχνη των οποίων υπάρχουν σήμερα). Στο ανατολικό τμήμα κυριαρχεί η παρουσία μεγάλου πάχους αργιλικών υλικών, που δεν ευνοούν την δημιουργία υδροφόρων οριζόντων. Σε αντίθεση το δυτικό, που έχει διαμορφωθεί από τις διάσπαρτες κοίτες του ποταμού με χονδρόκοκκα υλικά, υφίστανται πλούσιες υδροφορίες.

### **3.5 Υδρογεωλογικές Συνθήκες**

Με βάση την οριοθέτηση υπόγειων υδατικών συστημάτων στην ευρύτερη περιοχή, στο πλαίσιο της υπό εκπόνηση Διαχειριστικής μελέτης υδατικών πόρων Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης, το υπόγειο υδατικό σύστημα που περιλαμβάνεται στην ευρύτερη λεκάνη απορροής, και που συσχετίζεται με τα επιφανειακά ύδατα και τις σχέσεις τροφοδοσίας τους είναι το:

GR1200060 Σύστημα Δέλτα Νέστου

Τα στοιχεία λήφθηκαν από τις διαχειριστικές μελέτες η εκπόνηση των οποίων είναι σε εξέλιξη. Τα όρια των υπόγειων υδατικών συστημάτων αυτών έχουν συμπεριληφθεί στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) της παρούσας μελέτης και στους υδρολιθολογικούς χάρτες που αποτελούν ένα τμήμα παρουσίασης του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

Μέγιστο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν εκτός από τις αλλουβιακές αποθέσεις του Δέλτα, οι καρστικοί υδροφορείς των ορεινών σχηματισμών της υδρολογικής λεκάνης, βόρεια του Δέλτα.

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών που δομούν την περιοχή μελέτης, παρουσιάζεται στους χάρτες Υ.Δ. 10-11 και 12 στο παράρτημα Β της παρούσας έκθεσης.

#### Υδρογεωλογία μαρμάρων λεκάνης Νέστου

Η παρουσία σε μεγάλη έκταση των μαρμάρων βόρεια του Δέλτα μέχρι τη Πασχαλιά, ανατολικά μέχρι τη Ξάνθη και δυτικά μέχρι τη πεδιάδα της Δράμας, δημιουργεί όλες τις προϋποθέσεις ανάπτυξης αξιόλογων υδρογεωλογικών λεκανών. Σήμερα αποτελεί το Δέλτα το σημαντικότερο υδροφορέα της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης.

Μεγάλες επιμέρους καρστικές υδρογεωλογικές λεκάνες αναπτύσσονται στην ορεινή περιοχή, η οποία αποτελεί τη ζώνη κατείδωσης του επιφανειακού νερού (βροχής ή υδατορρευμάτων) προς την υπόγεια υδροφορία. Οι επωθήσεις, οι διαρρήξεις και οι πτυχώσεις των πετρωμάτων έχουν δημιουργήσει ένα σύνολο από ανεξάρτητους υδροφορείς.

Το σημαντικότερο τμήμα του καρστικού συστήματος εκφορτίζεται δια μέσου των μεγάλων πηγών που εντοπίζονται στα χαμηλότερα σημεία εμφάνισης του μαρμάρου. Πρόκειται για τις κύριες πηγές Παραδείσου – Τοξοτών (στην έξοδο του ποταμού προς την πεδινή ζώνη), Βοϊράνης (στα κράσπεδα των ορέων της Λεκάνης από τη πλευρά της Δράμας) και ενός μεγάλου αριθμού πηγών μικρότερου δυναμικού περιμετρικά των ορέων της Λεκάνης και σε διάφορα υψόμετρα. Το καρστικό σύστημα των ορέων της Λεκάνης, εντοπίζεται και στα δυο υδατικά διαμερίσματα της Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης, στο Υ.Δ. 12 (λεκάνη απορροής Νέστου) και στο Υ.Δ. 11 (λεκάνη απορροής Δράμας – Φιλίππων). Έχει έκταση (σύμφωνα με τα διαχειριστικά σχέδια του ΥΠΕΚΑ) 949,03 km<sup>2</sup>, μέγιστο μήκος 47 km, μέγιστο πλάτος 28 km.

- Οι πηγές Τοξοτών – Παραδείσου (του καρστικού συστήματος των ορέων της Λεκάνης, εκφορτίζονται προς τη λεκάνη του Νέστου) είναι πηγές υπερπλήρωσης. Σήμερα εξασφαλίζουν το νερό ύδρευσης στο Δήμο Ξάνθης και σε όλους τους οικισμούς του Δέλτα.
- Οι πηγές Βοϊράνης είναι μια ομάδα καρστικών πηγών, οι οποίες εκδηλώνονται στις δυτικές παρυφές των ορέων της Λεκάνης (στη λεκάνη της Δράμας – Φιλίππων) και δεν αφορά στην παρούσα μελέτη.

Τα μάρμαρα ανατολικά του Νέστου εμφανίζουν μια σημαντική εξάπλωση (131 km<sup>2</sup>). Η ανάπτυξή τους παρατηρείται δυτικά της πόλης της Ξάνθης και φτάνει μέχρι το Νέστο ποταμό (αποτελεί συνέχεια των μαρμάρων των ορέων της Λεκάνης). Η εκφόρτιση του καρστικού συστήματος των μαρμάρων γίνεται μέσω πλήθους πηγών στο τμήμα της κοίτης του ποταμού Νέστου, από τη Σταυρούπολη μέχρι και τους Τοξότες.

Από την αξιολόγηση των μετρήσεων της παροχής του Νέστου, σε διάφορες θέσεις, από τη Πασχαλιά μέχρι τους Τοξότες, καθώς και των παροχών των μεγάλων πηγών προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για την υδρολογική σχέση ποταμού και καρστικής υδροφορίας.

Από τις μετρήσεις στο τμήμα Πασχαλιάς – Σταυρούπολης, προέκυψε μείωση κατά μέσο όρο του όγκου του νερού που φτάνει στη Σταυρούπολη. Σε ετήσια βάση το ποσοστό μείωσης της παροχής του Νέστου στη Σταυρούπολη συγκριτικά με αυτό της Πασχαλιάς

κυμαίνεται γύρω στο 30%. Ποσοτικά σε ετήσια υδρολογική βάση προκύπτει ότι παρατηρούνται απώλειες κατά μέσο όρο  $150 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Τα παραπάνω βεβαιώνουν ότι στο τμήμα της κοίτης μεταξύ Πασχαλιάς και Σταυρούπολης, ένα μέρος της ροής τροφοδοτεί τους καρστικούς υδροφόρους που βρίσκονται κάτω από τις αποθέσεις της κοίτης μέσω έντονων διηθήσεων.

Από την αξιολόγηση των μετρήσεων στο τμήμα Σταυρούπολης – Τοξότες, προέκυψε ότι στο τμήμα Σταυρούπολης - Τοξοτών εκφορτίζονται σημαντικές ποσότητες του καρστικού υδροφορέα.

Με βάση τις ισοτοπικές αναλύσεις προέκυψε μια σχετική επιβεβαίωση της σχέσης μεταξύ καρστικών νερών και νερών του Ποταμού Νέστου. Στο τμήμα μεταξύ Σταυρούπολης και Πασχαλιάς παρατηρείται μια αμφίδρομη τροφοδοσία, ενώ στο τμήμα μεταξύ Σταυρούπολης - Τοξοτών παρατηρείται μόνο τροφοδοσία του ποταμού από τα καρστικά.

#### Υδρογεωλογικές συνθήκες αποθέσεων Δέλτα

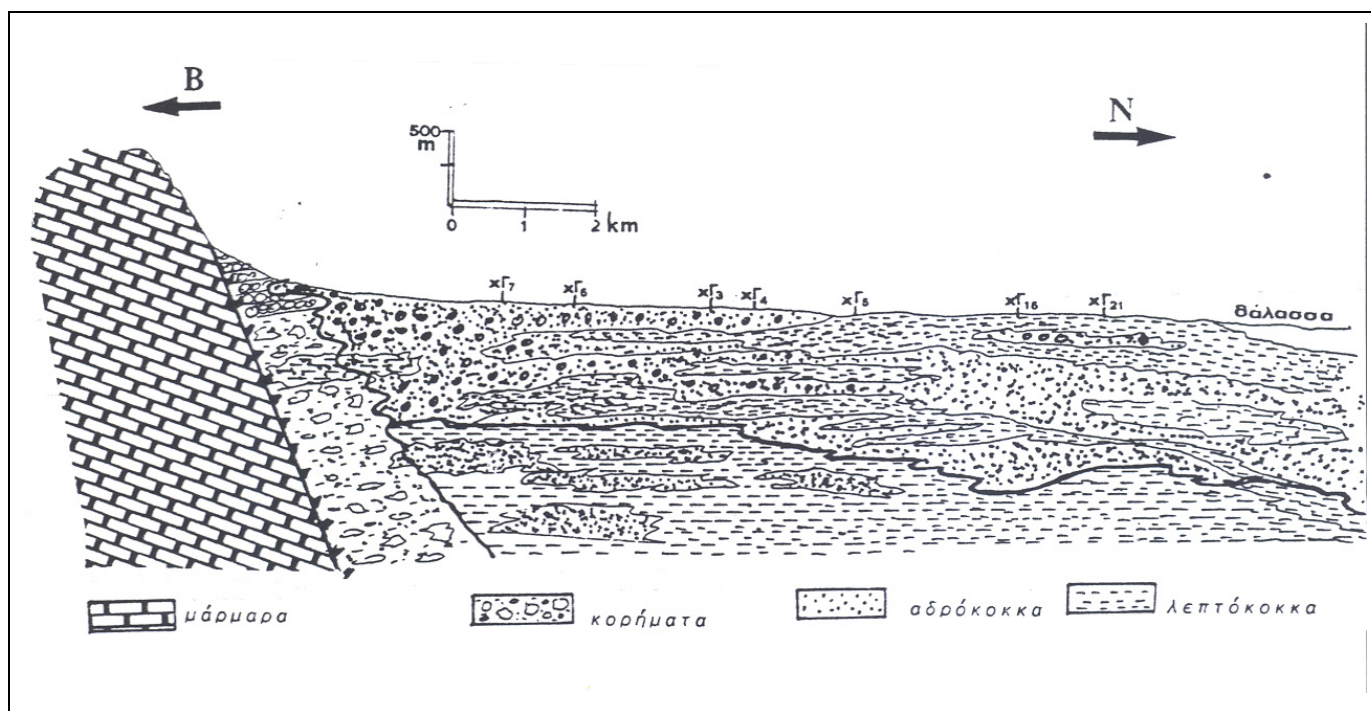
Το κύριο χαρακτηριστικό, το οποίο καθορίζει και την υδρογεωλογική συμπεριφορά των τεταρτογενών υλικών του Δέλτα, είναι η μεγάλη ετερογένεια των υλικών, που εμφανίζεται τόσο κατά την κατακόρυφη, όσο και κατά την οριζόντια έννοια, με μεγάλες διαφοροποιήσεις στα δύο τμήματα του Δέλτα λόγω της διαφορετικής μορφολογικής δομής τους. Η ετερογένεια αυτή είναι αποτέλεσμα των διαδοχικών σε εναλλαγή διαβρώσεων, αποθέσεων και μεταβολών της ευρύτερης κοίτης του ποταμού γεγονός που είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικό στο δυτικό τμήμα του Δέλτα.

Στο σύνολο η ετερογένεια αυτή αναπτύσσεται και σε βάθος μέσα στις υποκείμενες πλειστοκαινικές αποθέσεις καθώς και στη ζώνη των κρασπέδων της ορεινής μάζας (βλέπε εικ. 3.5.1).

Στην ευρύτερη περιοχή του Δέλτα, κατά το τέλος της δεκαετίας του '50, έγιναν ορισμένες επεμβάσεις στο υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Νέστου. Οι επεμβάσεις αυτές αφορούσαν στη διευθέτηση του Νέστου ποταμού σε μια κεντρική κοίτη. Με την παρέμβαση αυτή κατέστησαν ανενεργές διάσπαρτες κοίτες του ποταμού (βλέπε χάρτη εικ. 3.3.1). Αυτό έχει στερήσει κυρίως από το ανατολικό Δέλτα τη δυνατότητα τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων από τα επιφανειακά νερά, που γινόταν μέσα από τις διάφορες κοίτες του ποταμού που διέσχιζαν το τμήμα αυτό. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος, σε συνδυασμό με την υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων λόγω εντατικοποίησης των γεωργικών

καλλιεργειών και της ευνοϊκής γεωλογικής δομής, ήταν η διείσδυση της θάλασσας αρκετά χιλιόμετρα προς την ενδοχώρα με όλες τις αρνητικές συνέπειες που αυτό συνεπάγεται. Η επιβάρυνση των υδροφοριών δεν εντοπίζεται μόνο στις αβαθείς υδροφορίες αλλά και στους βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες.

Από πλευράς υπόγειων υδροφοριών η περιοχή του Δέλτα φιλοξενεί δύο κύριες υδροφορίες. Η πρώτη, αναπτύσσεται στις πρόσφατες τεταρτογενείς αποθέσεις με μορφή ελεύθερου φρεατίου ορίζοντα ή μερικώς υπό πίεση με πάχος 10-50 m και η δεύτερη στα παλαιότερα ιζήματα (πλειστόκαινο-πλειόκαινο) με μορφή επάλληλων υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων, που κοντά στην ακτή έχουν εντοπισθεί μέχρι το βάθος των 170 m. Οι ορίζοντες αυτοί παρουσιάζουν ενδιαφέρον σε εκλεκτικούς άξονες και έχουν άμεση σχέση με τη δράση των επιφανειακών αξόνων αποστράγγισης στις αντίστοιχες γεωλογικές εποχές.



**Εικ.3.5.1.** Σχηματική τομή προσφάτων αποθέσεων Δέλτα Νέστου δυτικού τμήματος διεύθυνσης B-N (Διαμαντής κ.ά., 1999).

Ο φρεάτιος ορίζοντας, ο οποίος αντλείται σήμερα από ένα μεγάλο αριθμό αβαθών γεωτρήσεων (βάθους μέχρι περίπου 20 m), που υπερβαίνει τις 2.000 (βλέπε χάρτη εικ 2.5.3), εξασφαλίζει την τροφοδοσία του από:

- την άμεση κατείδδυση της βροχής που πέφτει στο ανάπτυγμά του,

- την πλευρική επικοινωνία μέσω διηθήσεων με τις απορροές του Ποταμού Νέστου στα ανάντη κυρίως τμήματα του Δέλτα. Από μετρήσεις στάθμης που έγιναν κατά το παρελθόν σε διάφορες μελέτες και από τους συνταχθέντες ισοπιεζομετρικούς χάρτες φαίνεται ότι ο Νέστος τροφοδοτεί συνεχώς τον φρεάτιο ορίζοντα (βλέπε εικ. 3.8.1)
- τις διηθήσεις των μικρορεμάτων που διασχίζουν το πεδινό τμήμα (σήμερα είναι αρκετά περιορισμένες).

Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας στο ανατολικό Δέλτα έχει αρχίσει να εξασθενεί. Αυτό φαίνεται αφ' ενός από τον περιορισμό των ελωδών εκτάσεων (νότια περιοχή Μαγγάνων) και αφ' ετέρου από τη μεγάλη σχετικά πτώση στάθμης που παρατηρείται χρόνο με το χρόνο στις αβαθείς γεωτρήσεις. Τα διάφορα έργα, που έχουν κατασκευασθεί κατά το παρελθόν έχουν άμεση επίδραση στις συνθήκες τροφοδοσίας της φρεάτιας υδροφορίας με τελικό αποτέλεσμα τον περιορισμό των ποσοτήτων νερού που σήμερα είναι διαθέσιμες, για την τροφοδοσία της υπόγειας υδροφορίας ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες. Αυτά τα έργα είναι η κατασκευή του φράγματος εκτροπής των Τοξοτών, η παροχέτευση του νερού του ποταμού σε δύο κανάλια επενδυμένα αριστερά και δεξιά του ποταμού, καθώς και η ευθυγράμμιση σε πολλά σημεία της κοίτης του Νέστου που προκάλεσε ταχύτερη διέλευση του νερού. Η κατασκευή επίσης βαθιών αποστραγγιστικών καναλιών δημιουργεί μια συνεχή εκφόρτιση του φρεάτιου ορίζοντα, φαινόμενο που είναι πιο έντονο στο δυτικό τμήμα. Εκεί η φρεάτια, η μερικώς υπό πίεση, υδροφορία δημιουργούσε σε πολλές θέσεις στην κατάντη περιοχή (παράκτια ζώνη) αρτεσιανισμό ή και μικροπηγές. Αυτά σήμερα έχουν σχεδόν εξαφανισθεί όπως βέβαια και οι ελώδεις καταστάσεις που ήταν τις περισσότερες φορές συνέπεια της υψηλής στάθμης του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα.

Οι επάλληλοι υπό πίεση ορίζοντες, τόσο των πρόσφατων αποθέσεων όσο και των βαθύτερων πλειο-πλειστοκαινικών που σήμερα αντλούνται από ένα μεγάλο αριθμό βαθιών γεωτρήσεων εξασφαλίζουν την τροφοδοσία τους από τον υπερκείμενο φρεάτιο ορίζοντα στα ανάντη σημεία του Δέλτα. Εκεί έρχονται άμεσα ή έμμεσα σ' επαφή μ' αυτόν, ενώ τροφοδοτούνται και από υπόγειες πλευρικές μεταγγίσεις στη ζώνη των ορεινών κρασπέδων εξασφαλίζοντας ποσότητες καρστικού νερού. Η κύρια όμως τροφοδοσία εξασφαλίζεται από τις διηθήσεις της απορροής του ποταμού Νέστου μέσα από τις αδρανοποιημένες σήμερα κοίτες του. Οι ζώνες αυτές των παλιών κοιτών, που θεωρούνται ζώνες εκλεκτικής υπόγειας αποστράγγισης, προσφέρονται για εντατικότερη εκμετάλλευση, εφ' όσον βέβαια εξασφαλίζεται το απαραίτητο για τη διήθηση νερό του ποταμού Νέστου, που διασφαλίζει την τροφοδοσία των υπόγειων υδροφοριών.

Σήμερα την αλλαγή στο καθεστώς τροφοδοσίας, εξ αιτίας των έργων στο Νέστο, επιβεβαιώνει και η εξέλιξη των υδρομαστευτικών έργων ιδιαίτερα στο ανατολικό τμήμα. Οι αβαθείς υδροφορίες της περιοχής, κατά την προηγούμενη εικοσαετία, αντλούνταν από ένα μεγάλο αριθμό αβαθών γεωτρήσεων μικρής διαμέτρου, μέχρι βάθος 15 m. Ο ενεργός αριθμός αυτών των γεωτρήσεων υπολογίζονταν, για παράδειγμα για την περιοχή μεταξύ Δεκάρχου – Μαγγάνων, περίπου σε 1.000. Σήμερα, ελάχιστες από αυτές λειτουργούν και έχουν αντικατασταθεί στην περιοχή του Δεκάρχου (βορειότερο τμήμα του ανατολικού Δέλτα), με βαθύτερες μέχρι 50 m. Στην περιοχή Μαγγάνων (νοτιότερο τμήμα), ο περιορισμός της υδροφορίας, η κατασκευή των αποσταγιστικών και η ευνοϊκή γεωλογική δομή έχει προκαλέσει γενική υφαλμύριση της περιοχής.

Στο δεύτερο υδροφόρο σύστημα (βαθιά υδροφορία), με βάση τη γεωλογική δομή των αποθέσεων που περιγράφηκε, οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού κατευθύνονται προς το δυτικό Δέλτα (μεγαλύτερος αριθμός παλαιοκοιτών). Το τμήμα αυτό δεν μπορεί σήμερα να αξιολογηθεί σχετικά με την εξέλιξη της βαθιάς υδροφορίας, γιατί το 80% των αναγκών εξασφαλίζεται από τα νερά του Νέστου διαμέσου του εκτεταμένου αρδευτικού δικτύου. Έτσι, στο δυτικό τμήμα οι αβαθείς γεωτρήσεις είναι ελάχιστες και περιορίζονται σε ελάχιστες θέσεις κυρίως προς τη δυτική περιοχή, που δεν την καλύπτει το αρδευτικό σύστημα, ενώ οι βαθιές γεωτρήσεις σήμερα είναι ελάχιστες και εντοπίζονται στη νότια περιοχή (περιοχή Χρυσχωρίου Κεραμωτής) και εξυπηρετούν συνήθως υδρευτικές ανάγκες. Το ενδιαφέρον για την εξέλιξη της βαθιάς υδροφορίας εστιάζεται στο ανατολικό τμήμα, το οποίο τροφοδοτείται στο μεγαλύτερο ποσοστό από τις διηθήσεις του νερού του Νέστου μέσα από παλαιογεωγραφικούς άξονες υπόγειας απορροής (παλαιοκοίτες) και ένα μέρος από τις πλευρικές μεταγίσεις από τα υδροφόρα της λεκάνης Βιστωνίδας μέσα από το μορφολογικό διάυλο μεταξύ των οικισμών Κυψέλης – Μέλισσας, όπου τα δυο πεδία επικοινωνούν. Αυτό έχει ως συνέπεια μια σημαντική υστέρηση της τροφοδοσίας στα πλέον απομακρυσμένα σημεία (περιοχή Δεκάρχου, Μαγγάνων κ.λ.π.). Το βαθύτερο αυτό σύστημα στην περιοχή Δεκάρχου – Μαγγάνων, σήμερα, αντλείται από ένα αριθμό βαθιών γεωτρήσεων (περίπου 50), που το βάθος τους φτάνει τα 200 m.

Στην περιοχή του ανατολικού δέλτα παρατηρείται τα τελευταία χρόνια μια συστηματική ταπείνωση της υπόγειας στάθμης λόγω υπερεκμετάλλευσης των υπογείων υδροφοριών και της δυσκολίας επαναπλήρωσης των αντλούμενων ποσοτήτων. Ο συνεχής υποβιβασμός της υπόγειας στάθμης είναι ιδιαίτερα εμφανής στα τμήματα εκείνα που βρίσκονται μακριά από το Νέστο ποταμό, κατά τα τελευταία χρόνια. Οι μεταβολές της

στάθμης επιλεγμένων γεωτρήσεων παρακολογήθηκαν συστηματικά για μια δεκαετία στα πλαίσια της μελέτης “Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού υδροφορέων Ξάνθης - Ροδόπης” (Σακκάς κ.ά., 1998). Στο σχήμα 3.5.2 φαίνεται η θέση των γεωτρήσεων και στον πίνακα 3.5.1 έχουν καταγραφεί η εξέλιξη της στάθμης επιλεγμένων βαθιών γεωτρήσεων για τους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο και για τη χρονική περίοδο 1988-1998, επειδή η στάθμη κατά τους μήνες αυτούς, λόγω ελαχιστοποίησης των αντλήσεων δεν επηρεάζεται από αυτές. Το αποτέλεσμα φαίνεται και στα διαγράμματα του σχήματος 3.5.3. Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνονται τα εξής:

- Οι γεωτρήσεις που βρίσκονται σε απόσταση από τη θάλασσα (γεώτρηση 2 και 4 εικ. 3.5.2), δηλαδή αυτές που δεν έχουν υποστεί την υφαλμύριση, παρουσιάζουν σημαντική συνεχή πτώση στάθμης χρόνο με τον χρόνο.
- Οι γεωτρήσεις που βρίσκονται στο πεδίο επηρεασμού της υφαλμύρισης, (γεωτρήσεις 1 και 4 εικ.3.5.2) εμφανίζουν πτώση στάθμης συγκριτικά μικρότερη, η οποία χρόνο με το χρόνο μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην συμβολή του θαλασσινού νερού (αυτό αποδεικνύεται και από την αύξηση της ηλεκτραγωγιμότητας).

**Πίνακας 3.5.1.**

Εξέλιξη της στάθμης επιλεγμένων βαθιών γεωτρήσεων για τους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο και για τη χρονική περίοδο 1988-1998 (Σακκάς κ.ά., 1998).

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>Α Π Ρ Ι Λ Ι Ο Σ</b>											
1	2,86	3,31	3,45	3,8	4,19	5,15	5,76	5,53	5,4	4,21	6,85
2	6,48	7,48	7,7	7,9	10,2	18,4	18,05	16,6	15,53	16,57	17,2
3	3,52	3,57	2,9	2,66	3,18						
4		0	0,6	0,74	0,81	0,93	0,86	1,08	0,87	0,2	0
5		0	0,1	0,54	0,14	0,17	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
6	1,26	1,68	1,6	1,96	2,3	2,78	2,82	2,73	2,34	2,04	3,02
<b>Ο Κ Τ Ω Β Ρ Ι Ο Σ</b>											
1	4,02	5,28	4,96	5,5		6,9	7,62	7,23	7,95	8,1	
2	11,9	9,3	11	11,7		20,2	20	19,2	21,86	23,35	
3	4,96	4	5,47	4,12							



ΤΕΥΧΟΣ Α: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 20 (ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
4	1	1,1	1,82	1,42		2	2,27	1,71	2,09	0,75	
5	0,7	0,93	1,75	1,04		1,35	1,68	1,12	1,52	1,27	
6	2,44	2,42	3,8	4		6,9	5,09	4,06	4,95	4,18	

Πρόκειται για μια σαφέστατη εικόνα, που αφ' ενός δείχνει το αρνητικό ισοζύγιο των υπόγειων νερών και αφ' ετέρου ότι η διείδυση της θάλασσας αναπληρώνει σταδιακά την απώλεια του καλής ποιότητας νερού.

Στο ίδιο πρόγραμμα και για μικρότερο χρονικό διάστημα 1993-1996 και αποκλειστικά για το ανατολικό τμήμα, παρακολούθηθηκε η μεταβολή της στάθμης ενός αριθμού αβαθών γεωτρήσεων (βλέπε πίνακα 3.5.2 και χάρτη εικ. 3.5.4, με τις θέσεις των γεωτρήσεων). Γενικά, η πορεία της στάθμης σχεδόν για όλες τις γεωτρήσεις είναι η αναμενόμενη. Δηλαδή εμφανίζουν μια ανοδική πορεία κατά τους μήνες του χειμώνα και της άνοιξης και τις ελάχιστες τιμές τους κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες. Χαρακτηριστικό της όλης εικόνας είναι οι χαμηλές στάθμες του ανατολικού τμήματος που εμφανίζουν τιμές κάτω από το υψόμετρο της θάλασσας.

**Πίνακας 3.5.2.**

Μετρήσεις στάθμης επιλεγμένων γεωτρήσεων περιοχής έρευνας για την περίοδο 1993-96.

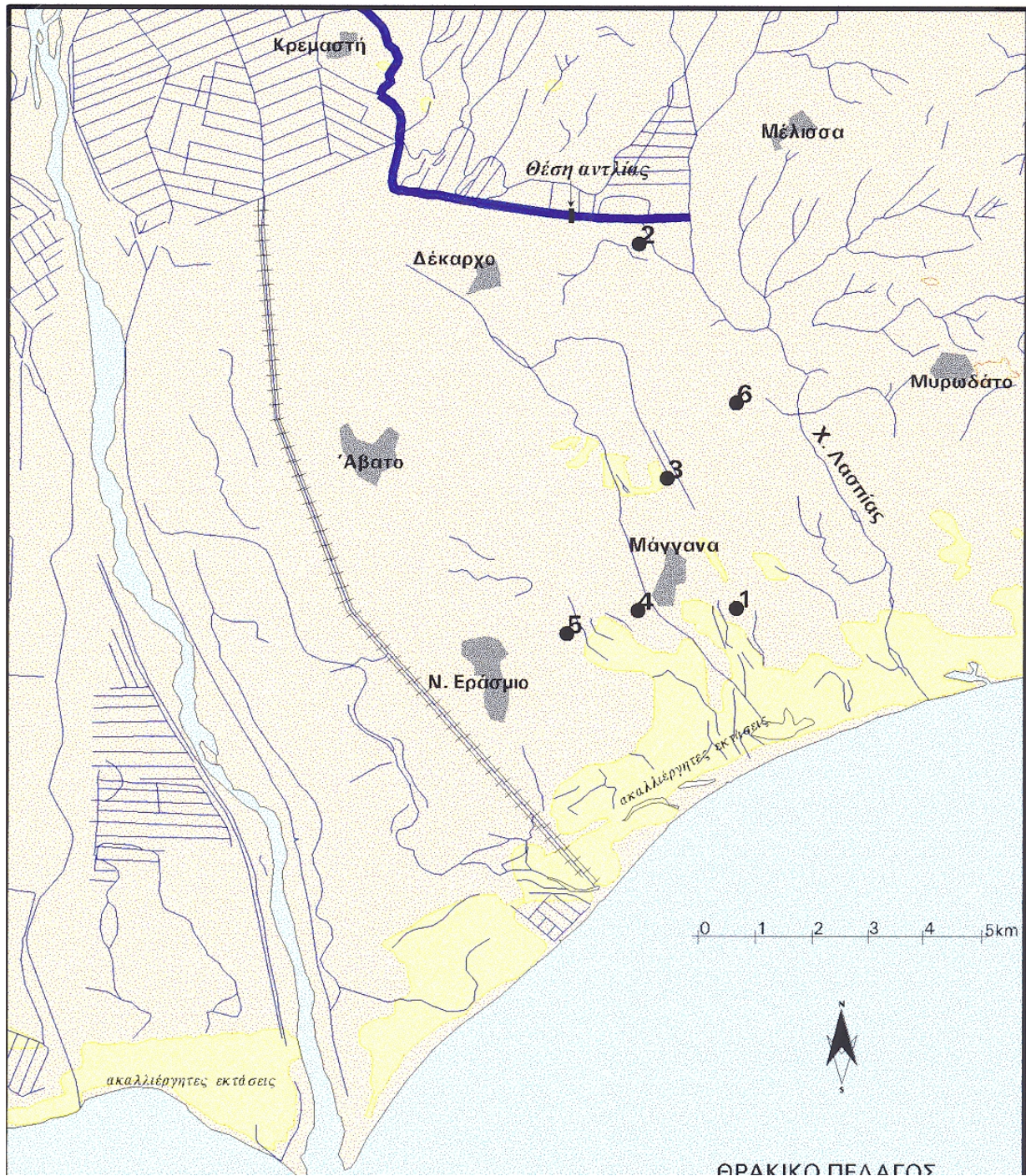
ΓΕΩΤΡΗ- ΣΗ	5/12/93	1/3/1994	20/4/94	30/9/94	6/12/94	27/1/95	13/3/95	25/4/95	29/11/95	27/2/96	11/4/96	24/5/96
1	4,99	5,23	5,37	4,09	4,67	4,72	5,23	5,43				
2				5,28	5,51	7,74	8,01	8,19	7,73	8,01	8,22	
3				3,39	4,41		4,49	4,03		4,64	4,94	0,47
4					-6,90	-3,55	-2,78	-2,46	-6,09	-2,64	-2,16	
5	0,60	1,35	1,24	-0,89	0,35	1,69	1,79	1,47	0,48	1,51	1,69	1,02
6				3,72	5,48	5,88	6,09	6,29	5,76	6,38	6,54	5,33
7	4,45			4,32	4,57	5,10	5,33	5,46	4,83	5,33	5,56	5,69
8	4,13	4,33	4,48	3,69	3,92	4,12	4,91	5,07	4,70	4,97	5,16	5,31
9	3,86	4,02	4,14	4,06	4,20	5,02	4,51	4,68				
10				-3,25	-0,14	0,68	1,25	1,80	0,35	1,64	2,34	-0,64
11	1,65	1,94	2,04	0,73	1,36	1,78	1,97	2,21	1,76	2,03	2,41	1,74
12		3,98	4,46	2,29	3,41	3,42	3,62	3,76	2,78	3,82	4,02	2,82

ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ) ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΩΝ  
ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

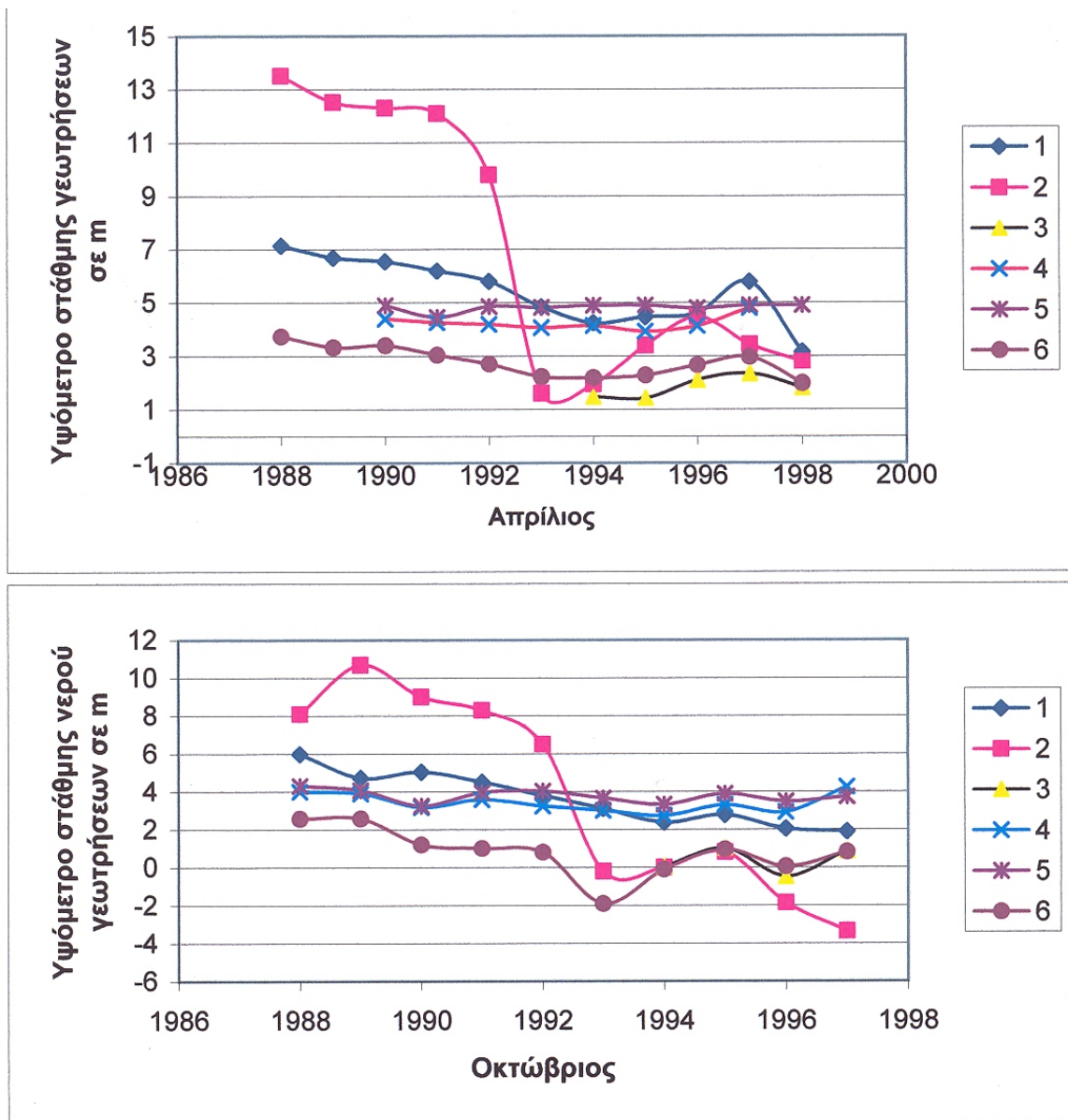
ΤΕΥΧΟΣ Α: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 20 (ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ)

ΓΕΩΤΡΗ- ΣΗ	5/12/93	1/3/1994	20/4/94	30/9/94	6/12/94	27/1/95	13/3/95	25/4/95	29/11/95	27/2/96	11/4/96	24/5/96
13	2,19	2,51	2,60	0,88	1,88	2,35	2,26	2,49	1,82	2,38	2,64	1,71
14	3,08	3,50	3,50	0,85	2,76	3,38	3,48	3,73	3,28	3,89	3,99	
15	2,44	3,02		1,39	3,30	3,92	4,19	4,40	3,99	4,62	4,74	
16	2,00	2,69	1,61	-0,18	1,44	2,20	2,66	2,93	1,50	2,74	2,10	1,42
17	5,57	5,80	5,98	5,03	4,96	5,20	5,46	5,67	5,14	5,46	5,69	5,86
18	-1,50	-1,23	-1,05	-2,34	-1,92	-1,45	-1,22	-1,03	-1,56	-1,11	-0,88	
19	-1,29	-1,14	-1,06	-1,64	-1,46	-1,08	-1,11	-1,05	-1,28	-1,04	-0,92	-0,88
20	1,73	1,02	3,05							0,52	0,53	-0,35
21	-0,87	-0,58	-0,43	-1,64	-1,29	-0,99	-0,71	-0,49	-0,88	-0,48	-0,25	-0,38

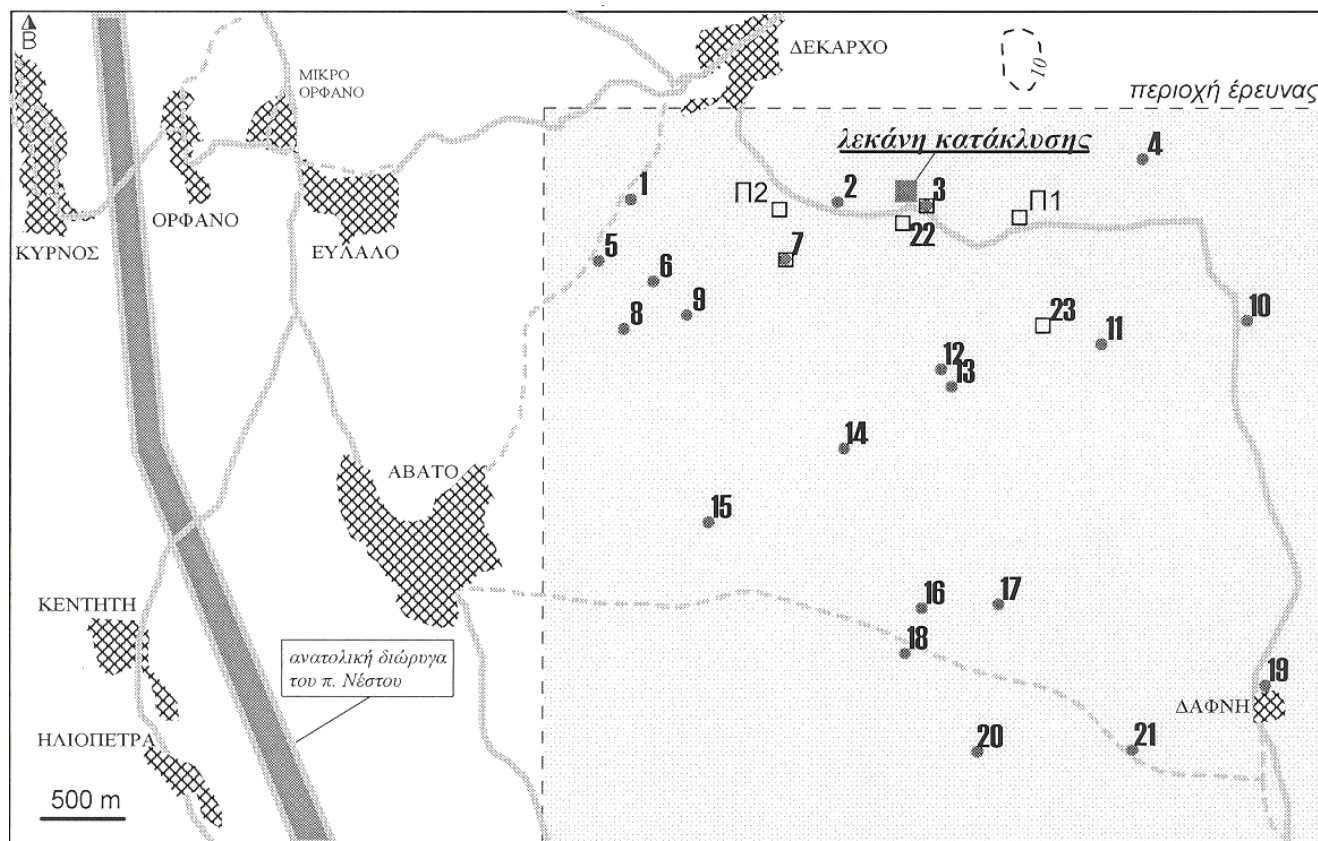
Όλες οι γεωτρήσεις εμφανίζουν αυξητική τάση στις μετρήσεις του 1996 συγκριτικά με τις μετρήσεις αντίστοιχων μηνών προηγούμενων ετών. Αυτό συμβαίνει επειδή η τροφοδοσία τους εξασφαλίζεται στο μεγαλύτερο ποσοστό από τις βροχοπτώσεις, οι οποίες ήταν, συγκριτικά με τα προηγούμενα χρόνια, αυξημένες. Επίσης οι γεωτρήσεις εμφανίζουν μια διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης στάθμης η οποία κυμαίνεται από 0,5 m έως και 3 m με εξαίρεση μια γεώτρηση (10) που φτάνει τα 5 m. Δεν είναι δυνατή μια ομαδοποίηση της κατανομής των γεωτρήσεων με βάση τη διαφορά που προαναφέρθηκε. Για παράδειγμα, γειτονικές γεωτρήσεις πολλές φορές διαφέρουν σημαντικά στη διακύμανση της στάθμης τους. Αυτό έχει πιθανώς σχέση με την ύπαρξη στη περιοχή ανόρυξης της γεώτρησης, παλιάς κοίτης ή όχι.



**Εικ. 3.5.2.** Θέσεις γεωτρήσεων, των οποίων μετρήθηκε η στάθμη για την περίοδο 1988-1998.  
(Διαμαντής κ.ά., 1999).



Εικ. 3.5.3. Ιστογράμματα μεταβολής στάθμης Απριλίου, Οκτωβρίου για τα έτη 1988-1998. (Διαμαντής κ.ά., 1999).



Εικ. 3.5.4. Θέσεις γεωτρήσεων πίνακα (Σακκάς κ.ά., 1998).

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνεται ότι οι υπόγειες υδροφορίες της περιοχής του Δέλτα, γενικά δεν παρουσιάζουν προβλήματα υπερεκμετάλλευσης. Όμως υφίστανται υπερεκμετάλλευσης σε κάποιες θέσεις, με αποτέλεσμα να έχουν αρχίσει να εμφανίζονται αρνητικά υψόμετρα στάθμης.

Ο υπολογισμός των υδραυλικών παραμέτρων των υδροφόρων στρωμάτων των αποθέσεων του πεδινού τμήματος του Δέλτα έχει γίνει από την επεξεργασία των στοιχείων από τις δοκιμαστικές αντλήσεις που έχουν κατά καιρούς πραγματοποιηθεί στις παραγωγικές γεωτρήσεις της περιοχής έρευνας (Διαμαντής, κ.ά., 1999, Σακκάς κ.ά., 1998), όπου φαίνονται στον πίνακα 3.5.3, και οι θέσεις των γεωτρήσεων φαίνονται στο χάρτη εικ. 3.5.5.

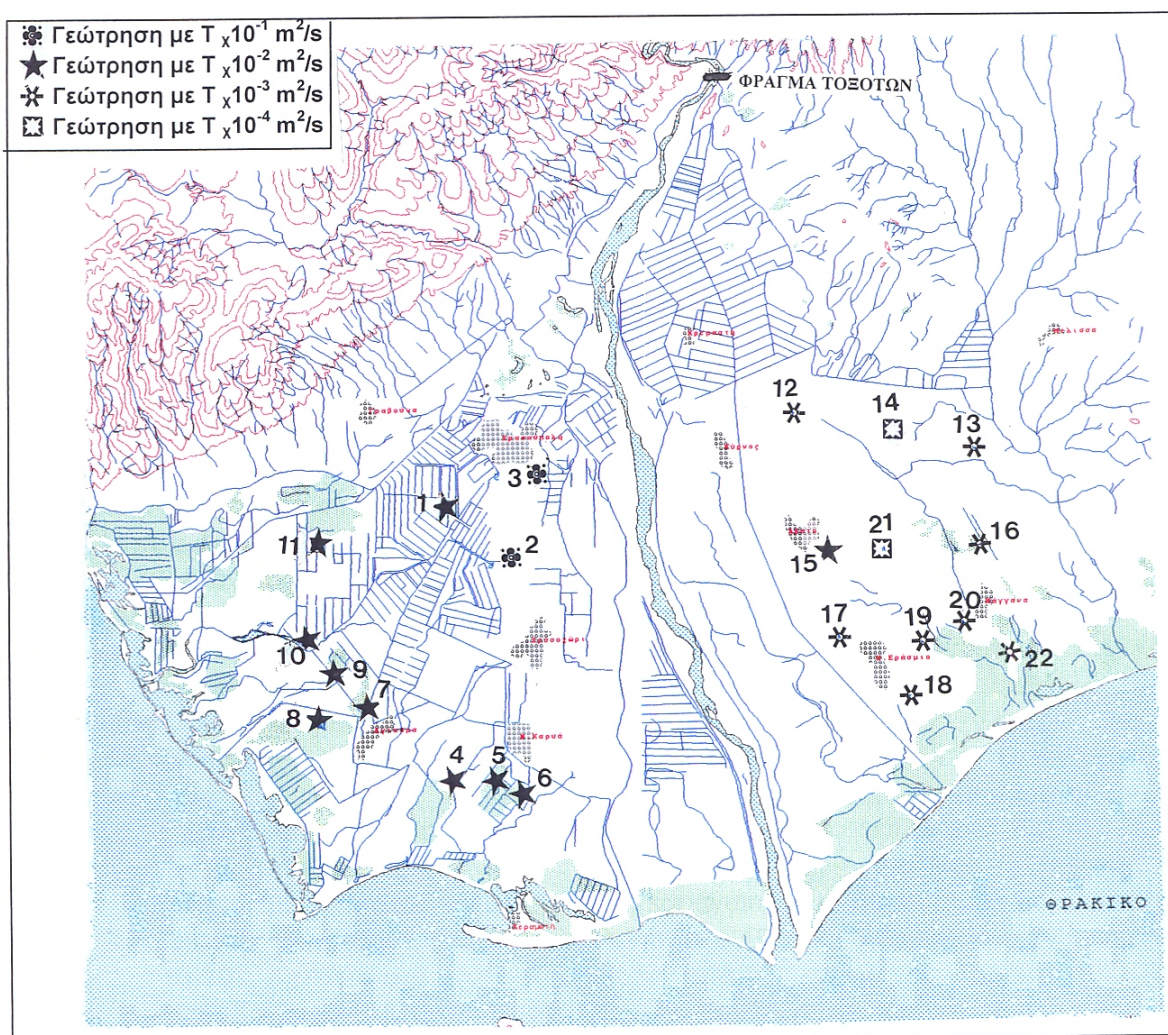
Η έντονη ετερογένεια των υλικών του Δέλτα και ιδιαίτερα του δυτικού τμήματος, όπως επανειλημμένα έχει αναφερθεί, δημιουργεί την εικόνα, κατά την ανόρυξη των υδρογεωτρήσεων, των επαλλήλων υδροφόρων στρωμάτων με εναλλαγές με αδιαπέρατα ή ημιδιαπερατά στρώματα. Τα υδροφόρα αυτά στρώματα, ακριβώς λόγω της ετερογένειας, είτε συνδέονται μεταξύ τους στον ευρύτερο χώρο της γεώτρησης, είτε η συνέχειά τους

διακόπτεται με την παρεμβολή αργιλικού υλικού. Συνεπώς οι τιμές των παραμέτρων που προκύπτουν από τα στοιχεία άντλησης απεικονίζουν τις μέσες τιμές όλων των αντλούμενων στρωμάτων και σχεδόν περιορίζονται στο να χαρακτηρίζουν μόνο το σχετικά ευρύτερο περιβάλλον της γεώτρησης.

### Πίνακας 3.5.3

Στοιχεία υδραυλικών παραμέτρων (T, S) αντιπροσωπευτικών γεωτρήσεων  
στο Δέλτα Νέστου (Διαμαντής, κ.ά.,1999).

A/A	T	S	A/A	T	S
1	$1.2 \cdot 10^{-1}$	$4.0 \cdot 10^{-2}$	12	$3.2 \cdot 10^{-3}$	$9.8 \cdot 10^{-3}$
2	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$5.7 \cdot 10^{-2}$	13	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$5.6 \cdot 10^{-3}$
3	$1.2 \cdot 10^{-1}$	$1.3 \cdot 10^{-2}$	14	$8.0 \cdot 10^{-4}$	$5.6 \cdot 10^{-3}$
4	$5.6 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$	15	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$7.8 \cdot 10^{-3}$
5	$3.5 \cdot 10^{-2}$	$1.6 \cdot 10^{-2}$	16	$7.3 \cdot 10^{-3}$	$4.1 \cdot 10^{-3}$
6	$4.6 \cdot 10^{-2}$	$2.8 \cdot 10^{-1}$	17	$3.0 \cdot 10^{-3}$	$1.4 \cdot 10^{-3}$
7	$2.7 \cdot 10^{-2}$	$2.0 \cdot 10^{-2}$	18	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$2.8 \cdot 10^{-2}$
8	$1.9 \cdot 10^{-2}$	$1.4 \cdot 10^{-2}$	19	$4.6 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$
9	$4.6 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$	20	$2.4 \cdot 10^{-3}$	$3.5 \cdot 10^{-3}$
10	$2.2 \cdot 10^{-2}$	$2.2 \cdot 10^{-2}$	21	$4.1 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$
11	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$3.7 \cdot 10^{-4}$	22	$6.8 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$



Εικ. 3.5.5. Χάρτης με τις θέσεις των γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν αντλητικές δοκιμασίες (Διαμαντής κ.ά.,1999)

Από τις τιμές του πίνακα 3.5.3 παρατηρείται ότι ο συντελεστής μεταβιβαστικότητας ( $T$ ) καταλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τιμών από  $4,0 \times 10^{-4}$  έως  $2,0 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$  με σαφή όμως διαχωρισμό μεταξύ δυτικού και ανατολικού τμήματος του δέλτα του Νέστου. Το δυναμικό του δυτικού τμήματος όπως και αναμενόταν παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές. Όλες οι τιμές μεταβιβαστικότητας κυμαίνονται στο  $10^{-2}$  με εξαίρεση μόνο ένα σημείο που φτάνει το  $10^{-3}$ . Αντίθετα στο ανατολικό ξεκινούν από  $10^{-3}$  και φτάνουν μέχρι το  $10^{-4}$ .

Οι τιμές του συντελεστή εναποθήκευσης ( $S$ ) κυμαίνονται σε αντίστοιχα επίπεδα από  $10^{-1}$  έως  $10^{-2}$  για το δυτικό τμήμα και στο  $10^{-3}$  στο ανατολικό τμήμα, που σημαίνει ότι, και στις δυο περιπτώσεις, η αποθηκευτικότητα είναι αρκετά μεγάλη. Η τιμές του συντελεστή εναποθήκευσης δείχνουν ότι για το δυτικό τμήμα τα υδροφόρα στρώματα εμφανίζονται

ελεύθερα και μερικώς υπό πίεση, με εξαίρεση την περιοχή γύρω από το Ερατεινό, όπου τα στρώματα εμφανίζονται υπό πίεση. Υδροφόρα στρώματα υπό πίεση εμφανίζονται επίσης και σε ολόκληρο σχεδόν το ανατολικό τμήμα, γεγονός που εξακριβώθηκε και από τις γεωτρητικές εργασίες του αντίστοιχου ερευνητικού προγράμματος (Διαμαντής κ.ά., 1999).

Συνολικά από τα προσχωματικά του συστήματος υπόγειων υδροφοριών Δέλτα Νέστου (GR1200060) διακινούνται υπόγεια ποσότητες νερού της τάξης των  $96 \times 10^6 \text{ m}^3$  σε ετήσια βάση.

### **3.6 Δίκτυο γεωτρήσεων - Μετρήσεις στάθμης**

Οι σταθερές θέσεις δειγματοληψίας (ΣΘΔ) στη λεκάνη του Νέστου επιλέχθηκαν με βάση τη γεωμορφολογική εξέλιξη του πεδίου, τη γειτνίαση με τη θάλασσα και το γεωθερμικό πεδίο. Το πεδινό τμήμα της λεκάνης του Νέστου αποτελεί Δελταϊκό πεδίο με χαρακτηριστικά την ετερογένεια όλων των υλικών που δομούν το πεδίο και κατά συνέπεια και των υδροφορέων. Οι αλλαγές της κοίτης του ποταμού μέσα τον γεωλογικό χρόνο, έχει δημιουργήσει άξονες αυξημένης περατότητας, που συνδέονται υπογείως με το σημερινό άξονα ροής του ποταμού. Ολόκληρο το πεδίο τροφοδοτείται σε ποικίλο βαθμό από τα νερά του ποταμού. Οι ποσότητες τροφοδοσίας διαφοροποιούνται με βάση τους περατούς άξονες υπόγειας ροής. Η γειτονία του νότιου τμήματος της λεκάνης με τη θάλασσα έχει επηρεάσει την ποιότητα των υπόγειων νερών των υδροφοριών που είναι πλησίον της θάλασσας. Τέλος τα δύο γεωθερμικά πεδία (ανατολικού και δυτικού δέλτα) επηρεάζουν ποιοτικά τα υπόγεια γλυκά νερά που εντοπίζονται εντός των γεωθερμικών πεδίων. Επομένως η επιλογή των θέσεων, για τη μέτρηση στάθμης, έγινε με βάση τους υπόγειους περατούς άξονες και την παρακολούθηση της ποιότητας, τη θάλασσα και τα γεωθερμικά πεδία.

Εντοπίστηκαν 22 θέσεις (15 στο ανατολικό τμήμα, 6 στο δυτικό και 1 στους καρστικούς σχηματισμούς -α/α 63- στην έξοδο του ποταμού από την ορεινή ζώνη), κατάλληλες για τη σύνθεση του δικτύου παρακολούθησης της κύμανσης της υπόγειας στάθμης, η χωρική κατανομή των οποίων είναι επαρκής για την ομοιόμορφη κατά το δυνατόν κάλυψη της λεκάνης.

Με βάση τις μετρήσεις για την παρούσα μελέτη (βλέπε πίνακα 3.6.1 χάρτης 3.6.1), προκύπτουν τα σχόλια που ακολουθούν.



Διακρίνονται γεωτρήσεις που εντοπίζονται δίπλα σε αποστραγγιστικά κανάλια (γεωτρήσεις 69, 48, 49, 50, 51, 52) σε στραγγιστικά ή παλιές κοίτες (γεωτρήσεις 54, 60, 56, 61, 57), όπου η διαφορά στάθμης κυμαίνεται περίπου στα 50 cm, γεγονός που δείχνει την άμεση τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων από τους παραπάνω επιφανειακούς άξονες.

**Πίνακας 3.6.1**

Μετρήσεις στάθμης νερού επιλεγμένων γεωτρήσεων, για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης στο Δέλτα Νέστου (Ανατολικό 48-62, καρστικά 63, και δυτικό 64-69) (θέση γεωτρήσεων: βλέπε χάρτη σχ.3.6.1)

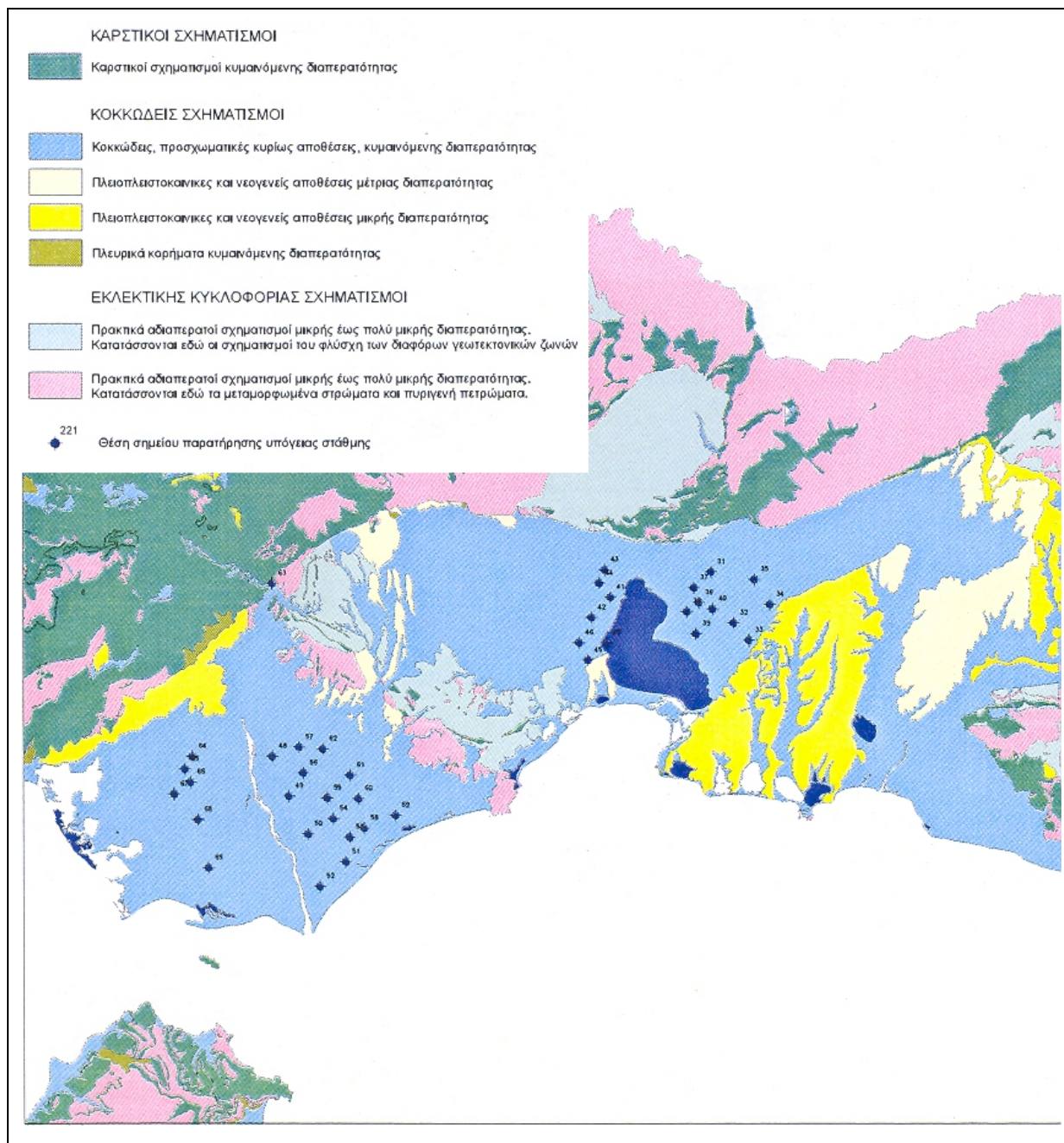
Α/Μ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ (m)			
		10 <sup>ος</sup> 2010	5 <sup>ος</sup> 2011	9 <sup>ος</sup> - 10 <sup>ος</sup> 2011	5 <sup>ος</sup> 2012
48	16,7	1,44	1,01	1,31	0,95
49	12,1	1,55	1,32	1,47	1,16
50	7,1	1,89	1,02	1,73	1,12
51	2,5	2,05	1,73	1,89	1,32
52	4,0	0,12	0,26	0,17	0,13
53	5,0	2,15	1,53	1,73	1,42
54	7,3	2,52	1,65	1,98	1,56
55	9,1	6,63	2,95	5,32	2,61
56	18,9	2,77	2,07	2,61	1,98
57	18,2	2,54	1,71	2,40	1,62
58	6,0	1,73	1,47	1,52	1,38
59	4,9	1,56	1,08	1,39	0,86
60	9,0	2,67	1,71	2,11	1,53
61	8,0	4,58	3,83	4,15	3,72
62	15,0	3,60	2,29	3,32	2,25
63	58,5	6,11	6,05	6,07	5,96
64	21,0	3,81	11,45	7,12	4,83
65	21,0	10,62	10,55	10,59	3,21
66	16,0	9,60	8,79	9,33	9,28
67	17,0	8,17	3,36	7,16	7,62
68	14,0	2,75	1,63	2,13	1,48
69	9,0	1,11	1,60	1,32	1,56

Η διαφοροποίηση που εμφανίζουν (υψηλότερη στάθμη την χαμηλή υδρολογικά περίοδο) ορισμένες από τις γεωτρήσεις (γεώτρηση 69, 52) οφείλεται στην αλλαγή ροής των αποστραγγιστικών κατά την αρδευτική περίοδο, που ξεκινάει το Μάιο (διακοπή ροής), ως εκ τούτου παρατηρείται πτώση της στάθμης στις γεωτρήσεις που επηρεάζονται από το κανάλι και αντίστροφα μετά το πέρας της αρδευτικής περιόδου, έχουμε ενισχυμένη εκροή, άρα και άνοδο της στάθμης.

Οι γεωτρήσεις στην επιβαρυσμένη ζώνη, από τη θαλάσσια διείσδυση, παρουσιάζουν μια ελάχιστη, όπως και αναμένεται, διαφορά στάθμης, μικρότερη των 20 cm (γεωτρήσεις 53, 58, 59). Γεωτρήσεις σε απόσταση από τους προηγούμενους άξονες (γεωτρήσεις 64, 65, 67) εμφανίζουν διαφορά στάθμης μέχρι 7,5 m, είτε θετική, είτε αρνητική. Αυτό οφείλεται στην έναρξη της αρδευτικής περιόδου πριν την έναρξη εκτέλεσης των μετρήσεων, οπότε και η στάθμη Μαΐου είναι χαμηλότερη από εκείνη του Οκτωβρίου.

Τέλος, η στάθμη στα καρστικά παρουσιάζει την εικόνα των καρστικών της περιοχής σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που επεξεργάστηκαν (ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. ΤΖΕΒΕΛΕΚΗΣ, Θ. και άλλοι, 1996, κ.λ.π.). Οι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες της περιοχής παρουσιάζουν μια μέγιστη πτώση στάθμης μικρότερη των 3m, και το εύρος της οποίας (διαφοράς στάθμης) εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις. Οι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες της περιοχής επηρεάζονται εντός μιας ή δυο ημερών από την βροχόπτωση (άμεση ανταπόκριση). Το σημείο μέτρησης α/α 63 που είναι πολύ κοντά στην κοίτη του ποταμού, παρουσιάζει στάθμη αντίστοιχη με του ποταμού.

Συμπερασματικά, οι μεταβολές της στάθμης των γεωτρήσεων που παρακολουθήθηκαν, ακολουθούν την πορεία της υπόγειας στάθμης, που περιγράφηκε σε προηγούμενα κεφάλαια.



**Εικ. 3.6.1.** Απόσπασμα υδρολιθολογικού χάρτη Υδατικού Διαμερίσματος 12 –Λεκάνη Βιστωνίδα και Δέλτα Νέστου με τα σημεία μέτρησης της στάθμης (από στοιχεία της παρούσας μελέτης σε συνδυασμό με στοιχεία από τις Διαχειριστικές Μελέτες ΥΠΑΑΝ - ΥΠΕΚΑ).

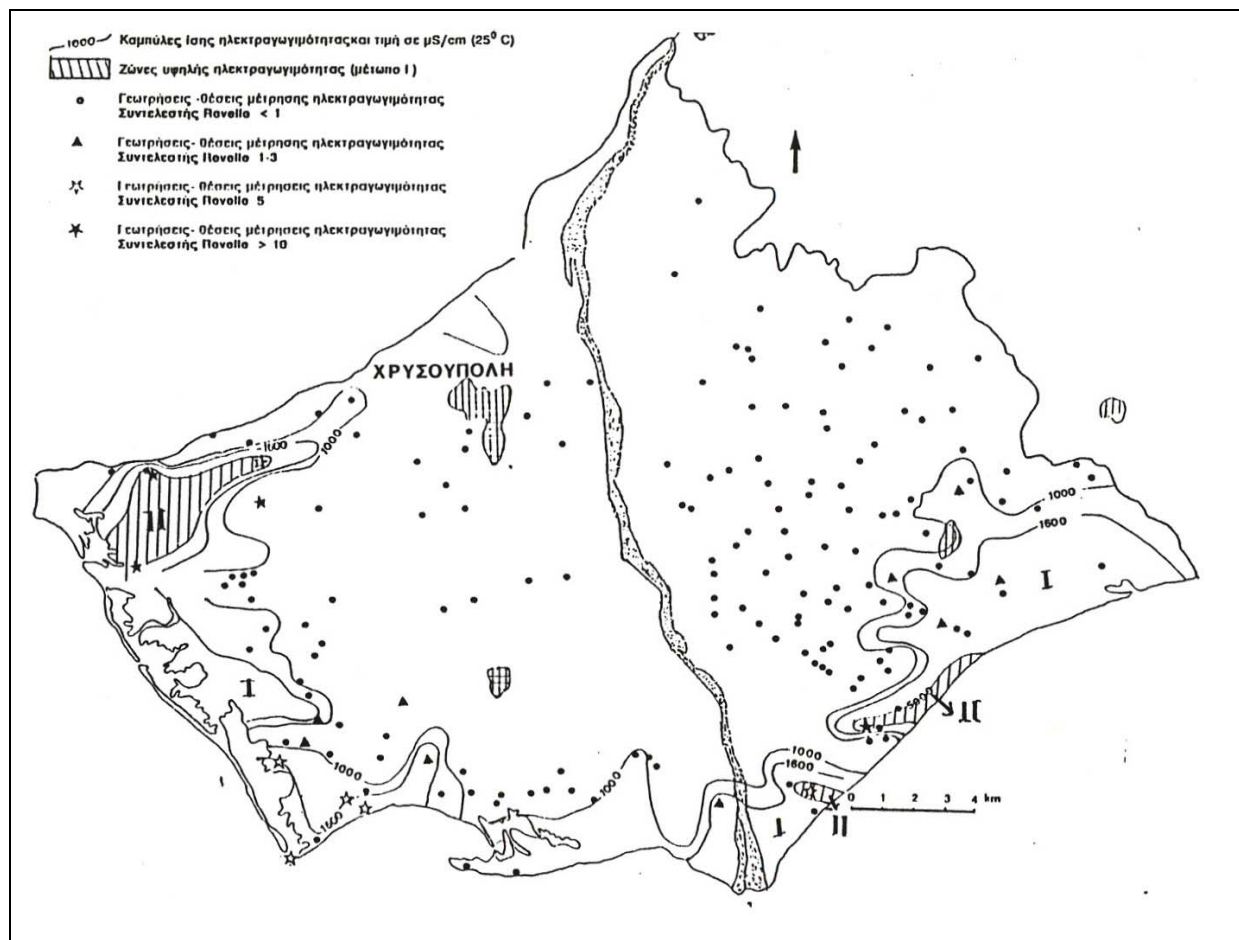
### 3.7 Ποιότητα νερών - Χημικές Αναλύσεις

#### Αξιολόγηση στοιχείων υπαρχόντων πριν την εκπόνηση της παρούσας Μελέτης

Οι πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών της περιοχής του Δέλτα είναι κυρίως οι αγροτικές δραστηριότητες (επιστροφές νερού άρδευσης, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, κ.ά.), οι βιομηχανικές δραστηριότητες (έλλειψη ή υπολειτουργία συστημάτων επεξεργασίας απόβλητων στις υπάρχουσες βιομηχανικές μονάδες) και τα αστικά λύματα, τα οποία χωρίς καμία στοιχειώδη επεξεργασία οδηγούνται δια μέσου της ροής των επιφανειακών νερών στους υπόγειους ορίζοντες με τα γνωστά αποτελέσματα. Εδώ έχουμε επίσης δύο πρόσθετες σημαντικές φυσικές πηγές ρύπανσης, τη διείσδυση της θάλασσας στους παράκτιους υπόγειους υδροφορείς λόγω κυρίως υπεράντλησης και περιορισμένης τροφοδοσίας τους και τα γεωθερμικά πεδία της περιοχής, που φιλοξενούν έντονα επιβαρυνμένα νερά και μέσα από τη διάχυσή τους προς τα άνω ρυπαίνουν τοπικά τα υπόγεια νερά.

Χαρακτηριστικό του Δέλτα Νέστου είναι ότι οι υδροφόροι ορίζοντες δέχονται τροφοδοσίες της ίδιας ποιότητας νερού (Ποταμός Νέστος, βροχοπτώσεις). Αυτό σημαίνει πως οποιαδήποτε διαφοροποίηση στην ποιότητα των υδροφόρων οφείλεται στην παρουσία κάποιας πηγής επιβάρυνσης, όπως θάλασσας, γεωθερμίας, παγιδευμένες παλιές αλμύρες, θαμμένα έλη, κ.ά.

Από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε μεγάλο βάθος χρόνου (Διαμαντής κ.ά., 1994, 1999, 2001, Σακάς κ.ά., 1998, κ.λ.π.) για την αβαθή υδροφορία, η κατανομή της ηλεκτραγωγιμότητας δίνει την εικόνα του χάρτη εικ.3.7.1. Δηλαδή παρατηρείται ένα μέτωπο γλυκού νερού (<1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), που απλώνεται από την έξοδο του ποταμού προς όλες τις πιθανές κατευθύνσεις ροής του υπόγειου νερού. Το μέτωπο αυτό ανακόπτεται κατά θέσεις, πλησιάζοντας τη θάλασσα, με νερό που εμφανίζει τιμές από 1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  έως 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Πλησιάζοντας περισσότερο προς την θάλασσα, το μέτωπο επιβαρύνεται ακόμη περισσότερο και μεταπίπτει σε νερό ηλεκτραγωγιμότητας > 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (περιοχή II). Για το δυτικό τμήμα η εικόνα παρουσιάζεται ως εξής: κατά τις μετρήσεις του 1993 (εικ. 3.7.1), παρατηρείται ένα μέτωπο γλυκού νερού που ξεκινά από την είσοδο του ποταμού στον κάμπο και επεκτείνεται προς τα νότια. Το μέτωπο αυτό ανακόπτεται πλησιάζοντας τη θάλασσα και ιδιαίτερα προς τα δυτικά, πιθανώς, λόγω γεινίασης με τη θάλασσα αλλά και περιορισμό των τροφοδοσιών πέραν αυτής της κατεύθυνσης.



**Εικ. 3.7.1** Χάρτης κατανομής της ηλεκτραγωγιμότητας του φρεατίου ορίζοντα στην ευρύτερη περιοχή Δέλτα Νέστου (Διαμαντής κ.ά., 1999).

Παρατηρείται όμως προς τα δυτικά στην ευρύτερη περιοχή του Ερατεινού μια ζώνη με μέγιστες τιμές. Η περίπτωση αυτή πιθανώς έχει σχέση με τη γεωθερμία. Από τις μετρήσεις διαφόρων ετών και εποχών για τις ίδιες γεωτρήσεις, φαίνεται πως δεν υπάρχει τόσο μεγάλη διαφοροποίηση στις τιμές. Σε ορισμένες γεωτρήσεις, οι τιμές αυξάνουν τον Σεπτέμβριο και σε άλλες το αντίθετο. Αυτό βέβαια μπορεί να ερμηνευθεί με το γεγονός ότι ίσως τα αίτια να μην οφείλονται στη θάλασσα αλλά σε γηγενείς πηγές που η υδροφορία, μετά από τις αντλήσεις αυτοκαθαρίζεται.

Όσον αφορά στη νιτρορρύπανση, αυτή από τις εκτεταμένες μετρήσεις φαίνεται ότι τα  $\text{NO}_3$  είναι πολύ κάτω του ορίου, με εξαίρεση τα  $\text{NO}_2$  και την  $\text{NH}_4$ , όπου οι τιμές τους υπερβαίνουν το όριο σε μια ζώνη στα ανατολικά σύνορα του Δέλτα εξ αιτίας της παρουσίας του ρυπασμένου νερού του χειμάρρου Λασπία (δεχόταν τα λύματα από μεγάλες βιομηχανίες της περιοχής, οι οποίες σήμερα δεν λειτουργούν).

### Αξιολόγηση Χημικών Αναλύσεων παρούσης Μελέτης

Με βάση τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας σύμβασης, τα αποτελέσματα των οποίων περιγράφονται αναλυτικά στο Τεύχος Β', αναφορικά με τη σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών, προκύπτουν τα ακόλουθα.

Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών TDS, αγωγιμότητα και αλατότητα των νερών των αποστραγγιστικών δικτύων, έδειξαν ότι οι τιμές αυτών διπλασιάζονται και τριπλασιάζονται σε ορισμένες περιπτώσεις συγκριτικά με αυτές του ποταμού Νέστου. Επίσης οι συγκεντρώσεις TDS, αγωγιμότητα και αλατότητα στα αποστραγγιστικά κανάλια είναι παραπλήσιες με εκείνες των κοντινών γεωτρήσεων, γεγονός που επιβεβαιώνει την αλληλουχία τροφοδοσίας των στραγγιστικών από το φρεάτιο ορίζοντα. Από την συσχέτιση των συγκεντρώσεων μεταξύ αποστραγγιστικών και Νέστου προκύπτει ότι:

- Οι συγκεντρώσεις Αγωγιμότητας και TDS στα αποστραγγιστικά κανάλια που είναι σε μεγαλύτερη απόσταση από το Νέστο, παρουσιάζονται αυξημένες σε σχέση με εκείνες του ποταμού και αυτό οφείλεται στο ότι τα υπόγεια νερά είναι περισσότερο επιβαρυνμένα σε σχέση με τον ποταμό
- Οι ίδιες συγκεντρώσεις Αγωγιμότητας και TDS στα αποστραγγιστικά κανάλια που είναι κοντύτερα στην θάλασσα, παρουσιάζονται κατά πολύ αυξημένες σε σχέση με εκείνες του ποταμού, γεγονός που οφείλεται στην υφαλμύριση και στην επικοινωνία υπόγειων νερών και νερών αποστραγγιστικών καναλιών

Από την συσχέτιση των παραπάνω αναφερόμενων συγκεντρώσεων μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων νερών προκύπτει ότι στο 70% περίπου των δειγμάτων των υπόγειων νερών οι συγκεντρώσεις είναι παραπλήσιες και μικρότερες εκείνων των επιφανειακών. Αυτό επιβεβαιώνει την άμεση και αβίαστη τροφοδοσία των βαθιών υδροφοριών απ' ευθείας από το ποτάμι μέσα από εκλεκτικούς άξονες ροής, αποτελούμενοι από χονδρόκοκκα υλικά. Οι γεωτρήσεις με αυξημένες τιμές, Αγωγιμότητα  $>1000\mu\text{S}/\text{cm}$  και TDS  $>600\text{mg}/\text{l}$ , σε σχέση με τα επιφανειακά επιβεβαιώνουν το φαινόμενο της υφαλμύρισης στις νότιες περιοχές του δέλτα.

Η παρουσία μαγγανίου στα επιφανειακά νερά του Νέστου οφείλεται αποκλειστικά σε γεωλογικά αίτια ( το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης απορροής δομείται από μεταμορφωμένα πετρώματα, πλούσια σε μαγγανιούχα ορυκτά). Οι διαφορετικές τιμές συγκέντρωσης μαγγανίου στα υπόγεια νερά επιβεβαιώνουν και προσδιορίζουν την ύπαρξη υπόγειων κύριων αξόνων τροφοδοσίας.

Η παρουσία καφεΐνης (δείκτης ρύπανσης από αστικά απόβλητα) σε όλες τις θέσεις του ποταμού, αλλά σε περιορισμένο αριθμό γεωτρήσεων, επιβεβαιώνει το προηγούμενο συμπέρασμα περί κύριων αξόνων τροφοδοσίας.

Η παρουσία υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων σε αρκετές γεωτρήσεις επιβεβαιώνει την αναμενόμενη διαφοροποίηση των συνθηκών στράγγισης των εδαφών (λόγω της ετερογένειας του υλικού του φρεάτιου ορίζοντα) και τη δυνατότητα πραγματοποίησης «συμπωματικού εμπλουτισμού» από τα νερά της άρδευσης με όλες τις επακόλουθες συνέπειες (παρουσία μεγάλων ποσοτήτων υπολειμματικών γεωργικών φαρμάκων στα υπόγεια νερά).

### **3.8 Σχέσεις υπόγειων νερών με επιφανειακούς άξονες ροής - Συμπεράσματα**

Όπως προαναφέρθηκε, στην ευρύτερη περιοχή του Δέλτα, κατά το τέλος της δεκαετίας του '50, έγιναν επεμβάσεις στο υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Νέστου και αφορούσαν στη διευθέτηση του Νέστου ποταμού σε μια κεντρική κοίτη. Οι παρεμβάσεις αυτές κατέστησαν ανενεργές διάσπαρτες κοίτες του ποταμού, με αποτέλεσμα να μην τροφοδοτούνται οι υπόγειοι υδροφορείς κυρίως από το ανατολικό Δέλτα. Αυτό το γεγονός, σε συνδυασμό με την υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων και της ευνοϊκής γεωλογικής δομής, ήταν η διεΐσδυση της θάλασσας αρκετά χιλιόμετρα προς την ενδοχώρα με όλες τις αρνητικές συνέπειες που αυτό συνεπάγεται. Η κατάσταση αυτή των υδροφοριών δεν εντοπίζεται μόνο στις αβαθείς υδροφορίες αλλά και στους βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες.

Στην περιοχή της λεκάνης του Νέστου, ενδιαφέρον από υδρογεωλογικής άποψης εμφανίζουν τόσο η καρστική υδροφορία, που εντοπίζεται βόρεια του δέλτα του Νέστου στα μάρμαρα, όσο και οι υπόγειες υδροφορίες των κοκκωδών αποθέσεων του Δέλτα.

Η καρστική υδροφορία εκφορτίζεται μέσα από σημαντικές πηγές που εντοπίζονται περιμετρικά των ορέων της λεκάνης και στο μεγαλύτερο ποσοστό τα νερά τους χρησιμοποιούνται για την ικανοποίηση υδρευτικών αναγκών των μεγάλων πόλεων (Καβάλας και Ξάνθης) και ενός μεγάλου αριθμού οικισμών. Ένα μέρος του καρστικού νερού εκφορτίζεται συνεχώς στην κοίτη του Νέστου.

Από πλευράς υπόγειων υδροφοριών η περιοχή του Δέλτα φιλοξενεί δύο κύριες υδροφορίες. Η πρώτη, αναπτύσσεται στις πρόσφατες τεταρτογενείς αποθέσεις με μορφή

ελεύθερου φρεατίου ορίζοντα ή μερικώς υπό πίεση με πάχος 10-50 m και η δεύτερη στα παλαιότερα ιζήματα (πλειστόκαινο-πλειόκαινο) με μορφή επάλληλων υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων, που κοντά στην ακτή έχουν εντοπισθεί μέχρι το βάθος των 170 m. Οι ορίζοντες αυτοί παρουσιάζουν ενδιαφέρον σε εκλεκτικούς άξονες και έχουν άμεση σχέση με τη δράση των επιφανειακών αξόνων αποστράγγισης στις αντίστοιχες γεωλογικές εποχές.

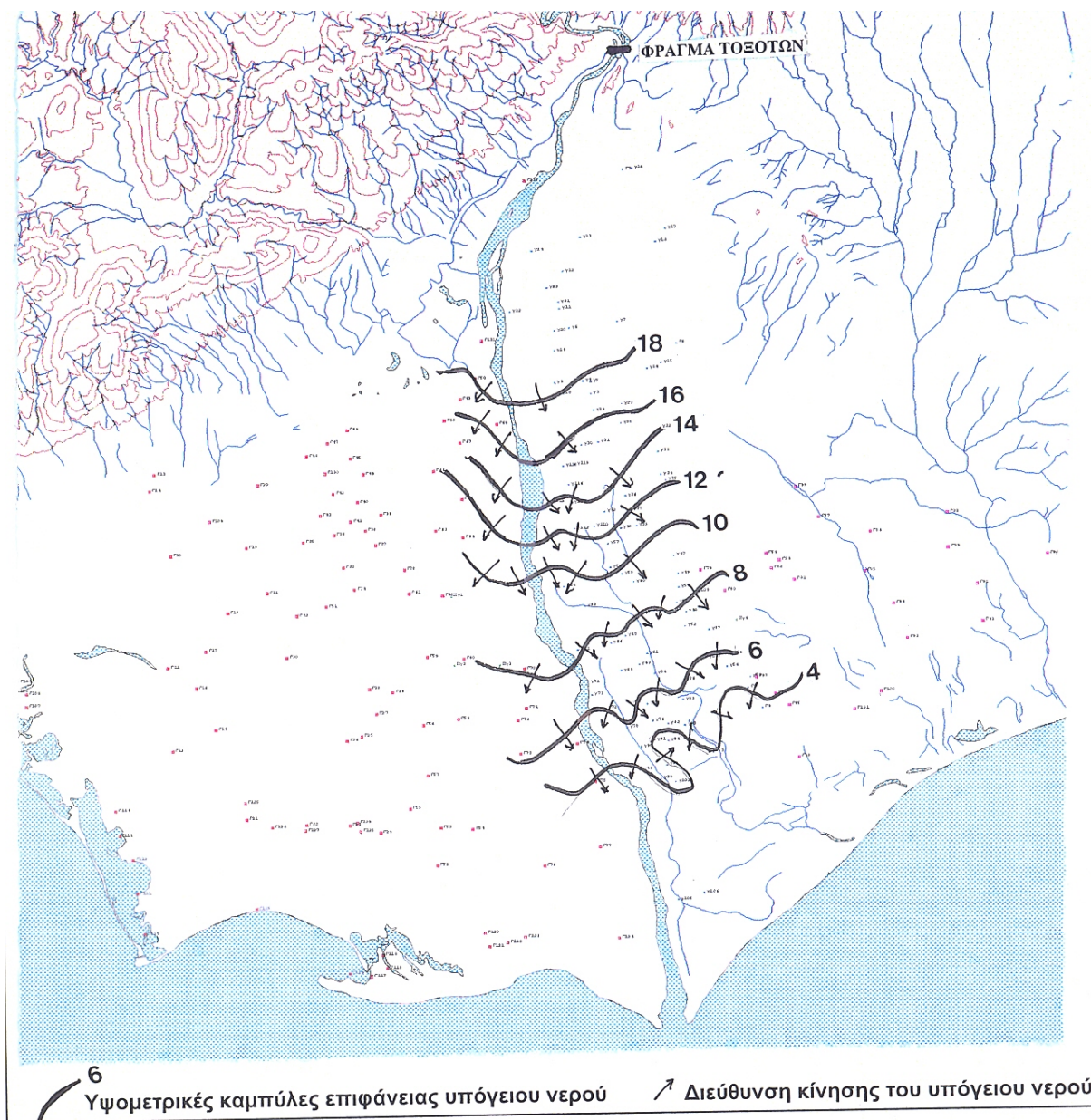
Όσον αφορά στη σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών παρατηρούνται τα εξής:

- Το τμήμα του Νέστου από την Πασχαλιά μέχρι τη Σταυρούπολη κατά μέσο όρο τροφοδοτεί τους κατάντη καρστικούς υδροφορείς.
- Αντίθετα, το νότιο τμήμα του ποταμού, από τη Σταυρούπολη μέχρι τους Τοξότες, δέχεται καθόλη τη διάρκεια του έτους τροφοδοσία από τους καρστικούς υδροφορείς που βρίσκονται ανατολικά του Νέστου.
- Το τμήμα του ποταμού από τους Τοξότες μέχρι τις εκβολές, τροφοδοτεί συνεχώς μέσω διηθήσεων τους υποπίεση υδροφόρους και το φρεάτιο μέχρι λίγο πριν τις εκβολές (περίπου 3 km). Στο κάτω μέρος του ποταμού (πλησίον των εκβολών), λόγω της υψηλής στάθμης του φρεατίου ορίζοντα, παρατηρείται τις περισσότερες φορές μια ισορροπία μεταξύ των δυο συστημάτων, με εξαίρεση τις εποχές, την περίοδο πριν την λειτουργία του φράγματος, κατά τις οποίες μειώνονταν αισθητά η παροχή του Νέστου, οπότε και παρατηρείτο, για το τμήμα αυτό, τροφοδοσία του ποταμού και από τα νερά της φρεάτιας υδροφορίας. Το φαινόμενο αυτό μετά τη λειτουργία του φράγματος έπαυε να υφίσταται, αφού εξασφαλίζεται, λόγω αναρύθμισης, πάντα σημαντική ροή στο ποτάμι, όλες τις εποχές.
- Ο μεγάλος αριθμός αποστραγγιστικών που διασχίζουν τα πεδία του Δέλτα, συνήθως τροφοδοτούνται από το φρεάτιο ορίζοντα. Τις εποχές που ενισχύονται και από τα νερά του Νέστου (με το τέλος της αρδευτικής περιόδου), τότε για ορισμένο χρονικό διάστημα, μέχρι επίτευξης ισορροπίας, τροφοδοτούν το φρεάτιο ορίζοντα.
- Τέλος, σημαντικό θεωρείται ότι η κύρια τροφοδοσία των βαθιών υδροφορέων πραγματοποιείται από τις θαμμένες σήμερα παλαιογεωγραφικές κοίτες του Νέστου, οι οποίες ξεκινούν περίπου 4 km από την έξοδο του ποταμού από τη ορεινή ζώνη.

Προς επιβεβαίωση των παραπάνω στο πλαίσιο του προγράμματος των Διαμαντή κ.ά. (1999), έχει συνταχθεί πιεζομετρικός χάρτης (εικ. 3.8.1), ο οποίος έχει εστιάσει σχεδόν αποκλειστικά στη σχέση των νερών ποταμού και των υπόγειων υδροφορέων. Από το χάρτη φαίνεται ότι στην ανάντη περιοχή ο ποταμός σχεδόν συνεχώς τροφοδοτεί τα υπόγεια υδροφόρα (οι περισσότερες γεωτρήσεις εμφανίζουν υψόμετρο στάθμης χαμηλότερο αυτό του



ποταμού στην πιο σύντομη κατεύθυνση). Αντίθετα, στο κατάντη τμήμα ο ποταμός τροφοδοτείται από τον φρεάτιο ορίζοντα. Το ίδιο συμβαίνει και στις διάφορες δευτερεύουσες κοίτες και τα αποστραγγιστικά. Οι ενεργές δευτερεύουσες κοίτες τροφοδοτούν τα υπόγεια, ενώ οι μη ενεργές (αποκομμένες παλιές κοίτες) τροφοδοτούνται και αποστραγγίζουν, τον υπόγειο υδροφόρα.



**Εικ. 3.8.1.** Πιεζομετρικός χάρτης, που δείχνει τις σχέσεις νερού ποταμού και δευτερευουσών κοιτών και του φρεάτιου ορίζοντα (Διαμαντής κ.ά., 1999).

### 3.9 Βιβλιογραφία

- ΒΕΡΓΗΣ Σ. (1985). " Απογραφή Καρστικών Πηγών Ελλάδας. Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης" Έκθεση ΙΓΜΕ Αρ. 28/VII, Αθήνα.
- ΒΕΡΓΗΣ Σ. (1990). " Υδρογεωλογικός και υδροχημικός χάρτης, κλίμακας 1:200.000. Υδατικό διαμέρισμα Θράκης - Όρη Λεκάνης - Λεκάνη ποταμού Μαρμαρά, επεξηγηματικό τεύχος – Προτάσεις", Έκθεση ΙΓΜΕ. Ξάνθη.
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι.Β. (1985) "Υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης λίμνης Βιστωνίδα-Μελέτη υδροφόρου ορίζοντα μέσα σε ένα ευρύ ετερογενές πεδίο." Διδακτορική διατριβή
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι., (1991). Γεωλογικό - Γεωμορφολογικό περιβάλλον και Υδρογεωλογικές συνθήκες στο Δέλτα και την Ορεινή λεκάνη του ποταμού Νέστου. Πρακτικά Συνεδρίου " Ο Νέστος το φυσικό περιβάλλον και τα προβλήματά του". ΓΕΩΤΕΕ παράρτημα Αν. Μακεδονίας και Θράκης, σελ. 78-121.
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. και ΜΠΕΛΛΟΣ, Κ. (1993). Υδρολογικά στοιχεία λεκάνης ποταμού Νέστου. Διαθέσιμες ποσότητες από τα φράγματα. Πρακτικά ημερίδας ΤΕΕ και ΓΕΩΤΕΕ «διαχείριση - αξιοποίηση υδατικών πόρων Ν. Δράμας σελ. 90-108.
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι.Β., ΜΠΕΛΛΟΣ Κ. (1993). "Υδρολογικά στοιχεία λεκάνης ποταμού Νέστου- Διαθέσιμες ποσότητες.(Ημερίδα για το Υδάτινο δυναμικό του Ν.Δράμας)"
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. ΠΕΤΑΛΑΣ, Χ. ΤΖΕΒΕΛΕΚΗΣ, Θ. ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ. και άλλοι (1994). Διερεύνηση δυνατοτήτων ύδρευσης παράκτιων οικισμών της Θράκης από παράκτιους υδροφορείς. Έκθεση προς την Περιφέρεια Αν. Μακεδονίας και Θράκης, Τεύχη 4, σελίδες 393.
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. ΤΖΕΒΕΛΕΚΗΣ, Θ. και άλλοι (1996). Διερεύνηση συνθηκών ύδρευσης κοινοτήτων Συνδέσμου Ορεινών κοινοτήτων Ν. Καβάλας (από πλευράς επάρκειας, ποσότητας, κατάσταση δικτύου και προστασίας σημείων υδροληψίας) - Προοπτικές. Έκθεση προς τον Αναπτυξιακό Σύνδεσμο Ορεινών Κοινοτήτων Ν. Καβάλας, σελίδες 93.
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. (1996). Επηρεασμός αναπτυξιακών δραστηριοτήτων και επιπτώσεις στο περιβάλλον από την άναρχη εκμετάλλευση διασυννοριακών ποταμών. Περίπτωση. Διακρατικών ποταμών στην Ελλάδα (Νέστος και Έβρος). Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου ΤΕΕ σελ. 127-133
- ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. και ΠΕΤΑΛΑΣ, Χ. (1998). Υδρολογική διαχειριστική μελέτη ευρύτερης περιοχής ποταμού Νέστου. Έκθεση προς το Σύνδεσμο δήμου Χρυσούπολης και κοινοτήτων Νέστου. Σελίδες 26.
- Z&A Π.ΑΝΤΩΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Α.Μ.Ε. • ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Ε.Ε. • ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΚΑΪΜΑΚΗ • "NERCO-N.ΧΛΥΚΑΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Α.Ε.Μ." • ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΓΩΝΗΣ • ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΚΚΙΝΟΣ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ • ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΙΓΑΛΑΣ • ΩΡΙΩΝ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΑΒΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝ/ΤΕΣ ΕΕ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΤΘΑΙΟΥ • ΑΡΙΣΤΟΣ ΛΟΥΚΑΪΔΗΣ (2011). Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007Ε.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (2001). Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Γ. Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα.

ΣΑΚΚΑΣ, Ι., Ι. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, κ.α., (1998). “Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού υδροφορέων Ξάνθης - Ροδόπης”. Έκθεση προς το Υπουργείο Γεωργίας, τεύχη 5, σελ. 570, χάρτες 16.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., ΠΕΤΑΛΑΣ, Χ., ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ., ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ. και άλλοι (1999). Διερεύνηση των επιπτώσεων από την λειτουργία των φραγμάτων του Νέστου στο υπόγειο υδάτινο σύστημα και τους υδροτόπους της περιοχής κατάντη των φραγμάτων. Έκθεση προς την ΔΕΗ Τεύχη 4 σελίδες.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ., ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Π. ΤΣΟΠΑΝΟΓΛΟΥ, Κ. (2001) Περιβαλλοντική μελέτη νομού Καβάλας – καθορισμός περιβαλλοντικών όρων από την εκμετάλλευση του υδατικού δυναμικού”. Έκθεση προς το Νομαρχιακό Διαμέρισμα Καβάλας,. Τεύχη 3, σελίδες, χάρτες 4

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, Χ. ΠΕΤΑΛΑΣ, και Α. ΚΑΛΛΙΩΡΑΣ, (2005). “Έρευνες για τη σχέση του ποταμού Νέστου και του καρστικού συστήματος της λεκάνης του”. Παρουσιάστηκε στις εργασίες της “Ελληνοβουλγαρικής Συνάντησης για την Προστασία του Ποταμού Νέστου“, που έγινε στις 19/3/2005, στη Δράμα

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., και Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, (2005). «Νερό και περιβάλλον ή νερό και ανάπτυξη – δίλημμα ή ψευδοδίλημμα; Παράδειγμα η λεκάνη του ποταμού Νέστου». Παρουσιάστηκε στην Προσυνεδριακή Ημερίδα στα πλαίσια του Συνεδρίου του Τ.Ε.Ε. HELECO 2005, που διοργανώθηκε από το ΤΕΕ-Τμήμα Ανατολικής Μακεδονίας με θέμα: Περιβάλλον – Διαχείριση Υδατικών Πόρων, στην Καβάλα.

ΚΙΖΗΛΟΥ, Β.κ.α.(1989).Ειδική χωροταξική μελέτη ανάπτυξης ευρύτερης περιοχής Νέστου, λίμνης Μητρικού και Βιστονίδας και προτάσεις ζωνών χρήσιμων Α και Β φάσης. ΥΠΕΧΩΔΕ Αθήνα.

LALACHOS, N., SAVOYAT, ED.(1977).La sedimentation Neogene dans le fosse Nord Egeen. VI Collog. on the Geology of the Aegean Region.Athens.

ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ., ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Π., ΚΑΚΑΡΕΛΗΣ, Δ. (2001). “Διερεύνηση συνθηκών ύδρευσης Δήμων Νομού Καβάλας (από πλευράς επάρκειας ποιότητας νερού, κατάστασης δικτύου και προστασίας σημείων υδροληψίας) - Προοπτικές”. Έκθεση προς την ΤΕΔΚ Καβάλας,. Σελίδες

ΠΕΤΑΛΑΣ Χ., Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, και Ι. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, (2002). “Η αντιμετώπιση της θαλάσσιας διείσδυσης σε παράκτια υπόγεια υδροφόρα συστήματα στο διεθνή χώρο και στην Ελλάδα“. ΥΔΡΟΤΕΧΝΙΚΑ, Επιστημονικό περιοδικό της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (Ε.Υ.Ε.). Τόμος 12, Δεκέμβριος 2002, σελ. 65-81

ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ, Θ., (Συνεργάτης Υ.Η.Ε.) (1979). Θησαυρού Νέστου. Ειδική μελέτη επιπτώσεων και επανορθωτικών μέτρων για την περιοχή της άμεσης επιρροής της λίμνης του Υ.Η.Ε. Θησαυρού. ΔΕΗ Αθήνα.

STOURNARAS,G.(1984).Evolution et Comportement d'un Systeme aquifere heterogene Geologie et hydrogeologie du delta su Nestos(Grece) et de ses bordures. Docteur de specialite Universite de Grenoble.

ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΣ, Γ.,(1985).Πρόβλεψη υδροδυναμικού καθεστώτος υδροφορέων, από την γεωμορφολογική ανάλυση σε ιζηματογενείς λεκάνες με δεδομένους παράγοντες διαμόρφωσης του Δέλτα του Νέστου. Ανακοίνωση στο 2ο Συνέδριο ΕΥΕ Ξάνθη.

ΥΔΡΟΠΡΕΥΝΑ (1978).Υδρογεωλογική μελέτη προσχωματικού πεδίου εκβολών Νέστου. Υ.Δ.Ε. Αθήνα.

ΥΔΡΟΔΟΜΙΚΗ (1985).Μελέτη οικονομικής σκοπιμότητας άρδευσης εκτάσεων νομών Ροδόπης-Ξάνθης-Καβάλας και Δράμας από τα νερά των φραγμάτων Θησαυρού-Τεμένουσ ποταμού Νέστου. Υπουργείο Γεωργίας Αθήνα.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ και άλλοι.(1990). Πρόγραμμα οικοανάπτυξης Ροδόπης - Νέστου.