

ΕΡΓΟ

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

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΔΟΪΡΑΝΗΣ 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



8. Λεκάνη λίμνης Δοϊράνης

8.1 Γενικά

Η συνολική λεκάνη απορροής της λίμνης Δοϊράνης -270 km²- αποτελεί μια διακρατική λεκάνη, που ανήκει στην Ελλάδα και στη ΠΓΔΜ. Το τμήμα που ανήκει στη ΠΓΔΜ έχει έκταση 80 km², ήτοι το 29% της συνολικής επιφάνειάς της, ενώ αυτό που ανήκει στην Ελλάδα (Ν. Κιλκίς) έχει έκταση 190 km² ήτοι το 70,4%.

Χαρακτηριστικό της υδρολογικής λεκάνης Δοϊράνης, αποτελεί η παρουσία της λίμνης. Η λίμνη Δοϊράνης είναι μια διακρατική λίμνη, τμήμα της οποίας ανήκει στη χώρα μας και το υπόλοιπο στη ΠΓΔΜ.

Από στοιχεία του Υπουργείου Δημόσιων Εργων - Υπηρεσία Υδραυλικών έργων - Δ/ση μελετών (πληροφορίες περί της λίμνης Δοϊράνης Αθήνα, Μάιος 1966) αναφέρεται ότι: « Εκ της επιφανείας της λίμνης ανήκουν εις την Ελλάδα 15,4 km² (37%) και εις την Γιουγκοσλαβία (σήμερα στην Π.Γ.Δ.Μ.) 24,7km² (63%). Κατόπιν συμφωνίας συναφθείσης το Μάρτιο 1956 η στάθμη της λίμνης Δοϊράνης θα τηρείται μεταξύ 144,80 και 146,00 m». Για την εφαρμογή της συμφωνίας αυτής κατασκευάσθηκε στο ελληνικό έδαφος τεχνικό ρυθμιστικό έργο (τάφος εκροής και συνδυασμένο με οδογέφυρα ρυθμιστικό φράγμα με δύο ανοίγματα πλάτους 4 m), προκειμένου να είναι δυνατή η διοχέτευση των νερών της λίμνης προς τα κατάντη, μέσω του ρέματος Αγιάκ. Από διάφορα στοιχεία (Δημόπουλος κ.α.2004), προκύπτει το συμπέρασμα ότι η λίμνη Δοϊράνη είναι μικρού βάθους ~8m.

8.2 Βασική βιβλιογραφία και στοιχεία

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της σύμβασης έγινε συλλογή και αξιολόγηση υφιστάμενων γεωλογικών, υδρογεωλογικών και υδρολογικών πρωτογενών στοιχείων με στόχο την ανάπτυξη γνώσης σχετικά με τη δομή, λειτουργία και εξέλιξη της υπόγειας υδροφορίας

Έχουν συλλεχθεί σχετικές υδρογεωλογικές μελέτες και μελέτες ποιότητας υπογείων νερών μεταξύ των οποίων και αυτές του πίνακα 8.2.1.

Πίνακας 8.2.1.

Μελέτες, εργασίες, ερευνητικές εκθέσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για την απόκτηση γνώσης της περιοχής
λεκάνης λίμνης Δοϊράνης

Αριθμός	Χαρακτηριστικά μελέτης
1	ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΜΠΑΡΟΥΤΗ Β., (2004). Υδρογεωλογικές συνθήκες στη λεκάνη Δοϊράνης. Φυσικές διεργασίες-παρεμβάσεις και αποτελέσματα. Πρακτικά 10 ^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, σελ. 1982-1991.
2	ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (1999). Ευπρόσβλητες ζώνες της Ελλάδος από Νιτρορύπανση, γεωργικής προέλευσης. (Οδηγία 96/676/ΕΟΚ). Τελική έκθεση για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ. Πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Πατρών. Τμήμα γεωλογίας. Πάτρα.
3	ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε., (1994). Υδρογεωλογική μελέτη Νομού Κιλκίς., Έκθεση ΙΓΜΕ, Θεσ/νίκη
4	ΚΑΛΟΥΣΗ Ε., (2001). Μελέτη ποιοτικής κατάστασης υδατικών πόρων Ν. Κιλκίς. ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη.
5	ΜΠΑΡΟΥΤΗ, Β., (2000). Υδρογεωλογικές συνθήκες στη λεκάνη της λίμνης Δοϊράνης. Φυσικές διεργασίες, παρεμβάσεις και αποτελέσματα. Μεταπτυχιακή Διατριβή Του Μεταπτυχιακού Τμήματος «Ειδίκευση Περιβαλλοντικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας» του ΑΠΘ.
6	ΒΕΡΑΝΗΣ Ν., (2008). Υδατικό ισοζύγιο λεκανών παρακολούθησης ποιότητας και μέτρα προστασίας νερού Κεντρικής Μακεδονίας. ΙΓΜΕ.
7	ΥΠΑΝ, (2008). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας. Με τη συνεργασία ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, ΚΕΠΕ. Αθήνα
8	ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ - ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Γεωλόγοι Εταιρεία Περιορισμένης Ευθύνης ΕΠΕ - ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ - ΗΛΙΑΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ – ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων ΑΕ - ΔΙΚΤΥΟ-Ανώνυμη Εταιρία Τεχνικών Μελετών ΑΕ - ΒΑΒΙΖΟΣ-ΖΑΝΝΑΚΗ Μελέτες Έρευνες ΑΕ - ΦΩΤΕΙΝΗ ΜΠΑΛΤΟΓΙΑΝΝΗ (2012). Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007»

Πίνακας 8.2.2.

Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν από τις μελέτες του πίνακα 8.2.1.

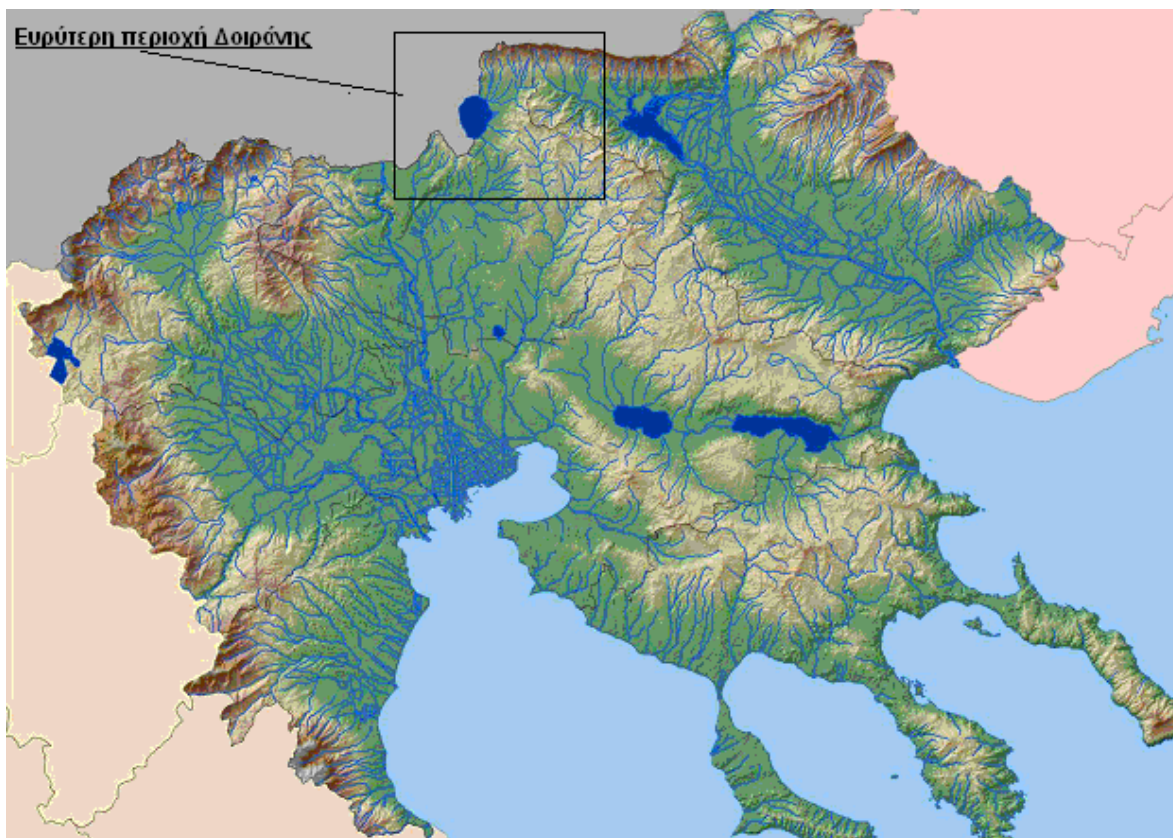
Αριθμός	Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν για τη περιοχή
1	Γεωλογία Υδρογεωλογία, πιεζομετρία
2	Νιτρορρύπανση
3	Γεωλογία, Υδρογεωλογία, Υδροχημεία
5	Γεωλογία Υδρογεωλογία, πιεζομετρία
6	Γεωμορφολογία, Υδροχημεία
7	Υπόγεια Υδατικά συστήματα, στοιχεία γεωτρήσεων, απογραφή σημείων,

8.3 Γεωμορφολογία λεκάνης

Η λεκάνη της λίμνης Δοϊράνης, έχει σχήμα ωοειδές με μέγιστο μήκος 19,5 km και μέγιστο πλάτος 32 km. Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο χαρακτηρίζεται γενικά ως ήπιο, με εξαίρεση το Β-ΒΑ τμήμα της - όρος Μπέλλες - (χάρτης εικ.8.3.1). Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης είναι 1874 m και βρίσκεται στην Ελλάδα και το ελάχιστο είναι 138 m που αντιστοιχεί στην επιφάνεια της λίμνης. Από πλευράς μορφολογικού ανάγλυφου, χαρακτηρίζεται από τρεις ευδιάκριτες ενότητες:

- Την πεδινή: 107 km² ήτοι 39,63% (συμπεριλαμβανομένης και της υγρής επιφάνειας της λίμνης)
- Τη λοφώδη: 97 km² ήτοι 35,93%
- Την ορεινή: 66 km² ήτοι 24,44%.

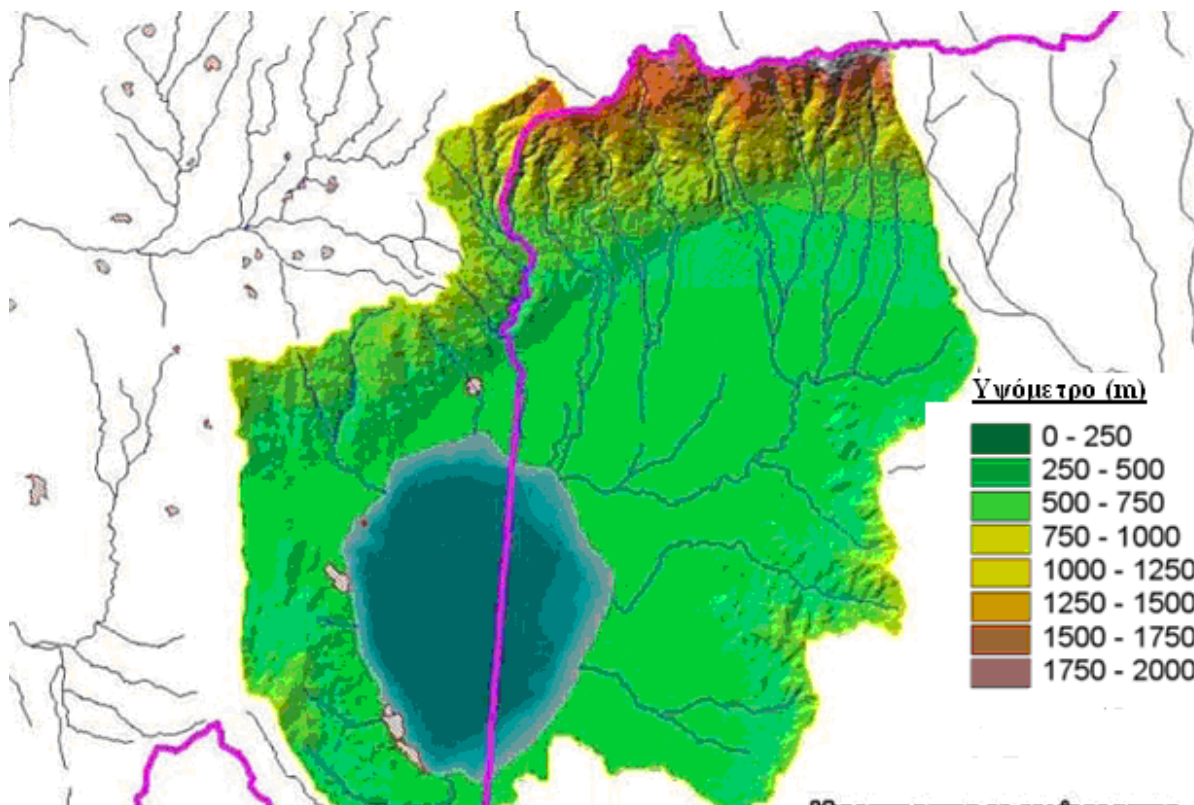
Το ελληνικό τμήμα της λεκάνης της Δοϊράνης εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα του Νομού Κιλκίς. Έχει ως φυσικό υδροκρίτη προς βορρά την ορογραμμή του όρους Μπέλλες με υψόμετρα κορυφών που κυμαίνονται από 412 m (πρόχωμα) – 1874 m (Κωνική κορυφή). Προς ανατολάς ο υδροκρίτης συμπίπτει με τα γεωγραφικά όρια του Νομού Σερρών και συγκεκριμένα εντοπίζεται στις ΒΑ κορυφές του Μπέλλες και τις ανατολικές του Δύσωρου όρους, τα υψόμετρα των οποίων κυμαίνονται από 1875 m (Κωνική κορυφή) – 300 m (Καστανούσα). Προς νότο, ο υδροκρίτης συμπίπτει με αυτόν της λεκάνης Αξιού και προς τα δυτικά η λεκάνη συνεχίζεται στη γειτονική χώρα και γι' αυτό ως όριο λαμβάνονται τα σύνορα της Ελλάδας με τη ΠΓΔΜ.



Εικ.8.3.1. Γεωμορφολογικός χάρτης Κεντρικής Μακεδονίας – Η θέση της λίμνης Δοϊράνης (Βεράνης, 2008).

Το ελληνικό τμήμα της λεκάνης απορροής της Δοϊράνης, έκτασης 190 km^2 , εμφανίζει περίπου και αυτό, όπως η συνολική λεκάνη, σχήμα ωοειδές με διεύθυνση Β-Ν. Το μήκος της περιμέτρου της ανέρχεται περίπου σε 76 km , το μέγιστο μήκος της σε $22,2 \text{ km}$ και το μέγιστο πλάτος της σε $11,1 \text{ km}$. Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται σε 1874 m και το ελάχιστο σε 138 m (απόλυτο υψόμετρο της στάθμης της λίμνης).

Η συνολική επιφάνεια του ελληνικού τμήματος χαρακτηρίζεται από ένα ορεινό, ένα λοφώδες και ένα πεδινό ανάγλυφο (χάρτης εικ.8.3.2).



Εικ.8.3.2. Λεκάνη απορροής λίμνης Δοϊράνης – Γεωμορφολογικό ανάγλυφο (Popovsta and Bonacci, 2004).

Η κατανομή του αναγλύφου έχει ως εξής: α) πεδινή περιοχή: 57,3 km² ήτοι 30,17%, β) λοφώδης περιοχή: 72,2 km² ήτοι 37,97% και γ) ορεινή περιοχή: 60,5 km² ήτοι 31,84%. Γενικά το μορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται στο βόρειο τμήμα (ορεινό συγκρότημα Μπέλλες) ως έντονο πολυσχιδές, ενώ στο ανατολικό και νότιο (λοφώδες πεδινό) ως ήπιο.

Υδρογραφικό δίκτυο

Το βόρειο τμήμα της λεκάνης (ορεινό ανάγλυφο) φιλοξενεί ένα πυκνό υδρογραφικό δίκτυο (χάρτες εικ.8.3.1 & 8.3.2), που είναι χαρακτηριστικό των πετρωμάτων που δομούν την περιοχή, καθώς και της μηχανικής διάβρωσής τους. Ο τεκτονισμός στην περιοχή είναι σημαντικός. Ένας μεγάλος αριθμός διακλάσεων, ρωγματώσεων και άλλων ασυνεχειών διασχίζουν τη μάζα των πετρωμάτων και βοηθούν την αποσάθρωσή τους και επομένως τη δημιουργία ενός επικαλύμματος αποσαθρωμένου μανδύα. Το πάχος του μανδύα είναι μικρό, λόγω των μεγάλων κλίσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα προϊόντα της αποσάθρωσης να μεταφέρονται χαμηλότερα.

Το πυκνό αυτό υδρογραφικό δίκτυο παράλληλης μορφής, συγκεντρώνει τα επιφανειακά νερά του ορεινού συγκροτήματος Μπέλλες και διαμέσου του ρέματος Χίλια Δένδρα μεταφέρονται στο τελικό αποδέκτη, που είναι η λίμνη Δοϊράνη.

Στο υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης (ανατολικό και το νότιο) αναπτύσσεται ένα αραιό υδρογραφικό δίκτυο, ακτινωτό στην περίμετρο της λίμνης. Τα σημαντικότερα ρέματα είναι του Μυριόφυτου και του Δροσάτου. Αυτά συγκεντρώνουν τα επιφανειακά νερά των δυτικών κλιτύων του Δύσσωρου όρους. Το αραιό υδρογραφικό δίκτυο στην περιοχή αυτή οφείλεται στο είδος των πετρωμάτων που τη δομούν, καθώς και στο περιορισμένο ανάπτυγμα των λόφων. Τελικός αποδέκτης και αυτών των επιφανειακών νερών είναι η λίμνη Δοϊράνη.

Λίμνη Δοϊράνης

Η λίμνη είναι αποτέλεσμα μιας τεκτονικής τάφρου, που δημιουργήθηκε με την τελευταία ρηξιγενή τεκτονική πάνω στα αδιαπέρατα πετρώματα της Περιοδοπικής ζώνης, που αποτελούν και το υπόβαθρό της.

Η σημερινή υγρή επιφάνεια της λίμνης, καθώς και το βάθος της είναι πολύ μικρότερα από αυτά που αναφέρουν τα παλαιότερα στοιχεία. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην πτώση της στάθμης της και της συνεπακόλουθης απόσυρσης της όχθης της.

Από την αξιολόγηση διαφόρων μετρήσεων προσφάτων και παλαιότερων, που έγιναν από το ΙΓΜΕ, ΔΕΚΕ, ΠΥΕΒ προέκυψαν τα εξής:

- Η στάθμη της λίμνης παρουσιάζει συνεχή πτώση (εποχιακή και διαχρονική) με εξαίρεση την υγρή περίοδο του 1988 – 2000.
- Η συνολική πτώση της στάθμης της τις τελευταίες δεκαετίες έφθασε στα 4,98 m.
- Η μεγαλύτερη πτώση στάθμης της λίμνης μέσα στο έτος παρατηρείται κατά τον μήνα Αύγουστο.

Συνέπεια του υποβιβασμού της στάθμης της λίμνης είναι η μείωση του βάθους, της έκτασης της υγρής επιφάνειάς της και επομένως και του όγκου της.

Τα αίτια υποβιβασμού της στάθμης της λίμνης οφείλονται σε:

- α) Φυσικούς παράγοντες, όπως μείωση του εισερχόμενου όγκου νερού της λίμνης, ως συνέπεια της μείωσης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και την αύξηση της εξάτμισης από την υγρή επιφάνεια της λίμνης.
- β) Ανθρωπογενείς παράγοντες, όπως η απόληψη νερού από τη λίμνη με άνοιγμα των θυροφραγμάτων για την ικανοποίηση αρδευτικών αναγκών. Επίσης στη μείωση του εισερχόμενου όγκου νερού στη λίμνη που προέρχεται από το ορεινό συγκρότημα του

Μπέλλες. Η μείωση αυτή αποδίδεται στην υδρομάστευση του νερού για την άρδευση των καλλιεργειών. Σημαντικός παράγοντας θεωρείται η απόληψη μεγάλων ποσοτήτων νερού από τους υπόγειους υδροφορείς, η οποία αναστέλλει την τροφοδοσία της λίμνης κυρίως κατά την αρδευτική περίοδο.

8.4 Γεωλογία Περιοχής

Η λεκάνη της Δοϊράνης βρίσκεται γεωτεκτονικά στο όριο της Σερβομακεδονικής μάζας με την Περιοδοπική. Η λίμνη της Δοϊράνης τοποθετείται πάνω στην επώθηση που οριοθετεί τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής από τα ηφαιστειοϊζηματογενή της ζώνης της Παιονίας, ενώ στα ανατολικά οριοθετείται από τα κανονικά ρήγματα της Σερβομακεδονικής ζώνης. Τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Σερβομακεδονικής έχουν γενικά διεύθυνση κλίσης προς ΒΑ, με μέση κλίση 40°.

Η λεκάνη της Δοϊράνης περιλαμβάνει πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας (και συγκεκριμένα της σειράς του Βερτίσκου) της Περιδοπικής και της ζώνης Αξιού.

Οι βασικοί γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν τη λεκάνη της Δοϊράνης από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι παρακάτω (χάρτης εικ. 8.4.1):

- **Παλαιοζωϊκοί σχηματισμοί:** Πρόκειται για κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της σειράς Βερτίσκου, τα οποία δομούν το ανατολικό και νότιο τμήμα της λεκάνης. Μέσα στους σχηματισμούς της σειράς αυτής παρεμβάλλονται όγκοι περιδοτιτών (περιοχή Αμαράντων) και μαρμάρων (περιοχή Μυριόφυτου) καθώς και γρανιτών (περιοχή Μυριόφυτου - Μπέλλες).
- **Μεσοζωϊκοί σχηματισμοί:**
Πρόκειται για:
 - Γρανίτες, οι οποίοι τοπικά έχουν υποστεί μεταμόρφωση σε γνευσιογρανίτη και απαντούν στην περιοχή Μυριόφυτου, καθώς και στο δυτικό τμήμα του ορεινού συγκροτήματος Μπέλλες.
 - Περιδοτίτες - Σερπεντινίτες, μικροί όγκοι τεκτονικά τοποθετημένοι μέσα στη Σερβομακεδονική μάζα.
 - Μάρμαρα, παχυστρωματώδη με παρεμβολές σχιστολίθων που απαντούν σε πολύ μικρή έκταση στην περιοχή Μυριόφυτου.

- Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Ακρίτα - Μεταλλικού, που απαντά σε μια πολύ μικρή έκταση στο νότιο τμήμα της λεκάνης.
- **Τεταρτογενείς σχηματισμοί:** Οι γεωλογικοί αυτοί σχηματισμοί που καλύπτουν το πεδινό τμήμα της λεκάνης και έχουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση (60% της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης) διακρίνονται σε:
 - Κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα, που έχουν μεγάλη ανάπτυξη και καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση Β και ΒΔ της λεκάνης κυρίως στις παρυφές του όρους Μπέλες
 - Αλλουβιακές αποθέσεις, που συνίστανται από αργιλικά, αργιλοαμούχα, αμμώδη χαλαρά υλικά, χαλίκια και κροκάλες. Το μέγεθος των κόκκων διαφοροποιείται ανάλογα της απόστασης από την έξοδο των χειμάρρων. Όσο απομακρυνόμαστε από την ορεινή ζώνη, τόσο επικρατούν τα λεπτόκοκκα υλικά. Εντοπίζονται νοτιότερα των προηγούμενων και σχεδόν περιμετρικά με τη λίμνη, με μεγαλύτερη έκταση προς τα ΒΔ.
 - Λιμναία και παραλίμνια ιζήματα με ιλύ, αργίλους, αμμούχους αργίλους και άμμους, που εντοπίζονται στην παραλίμνια περιοχή της λίμνης Δοϊράνης.

8.5 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Το κοκκώδες υπόγειο υδατικό σύστημα που περιλαμβάνεται στην λεκάνη της Δοϊράνης, και που συσχετίζεται με επιφανειακά ύδατα, είναι το παρακάτω:

GR100F040 Κοκκώδες Σύστημα Δοϊράνης

Το υπόγειο αυτό σύστημα εκτιμάται ότι δέχεται μέση ετήσια τροφοδοσία περί τα $8.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού.

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών που δομούν την περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στον χάρτη Υ.Δ. 10-11 στο παράρτημα Β της παρούσας έκθεσης.

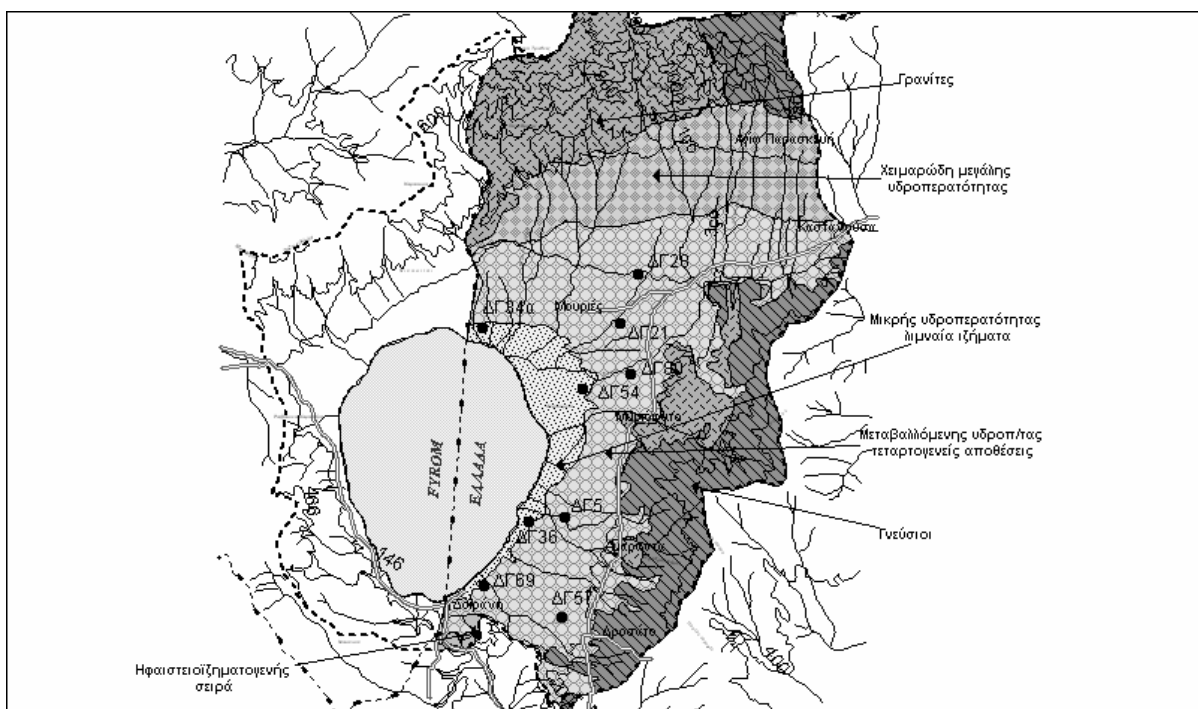
Στοιχεία λήφθηκαν, εκτός των βιβλιογραφικών αναφορών που αναφέρονται στην συνέχεια, και από την Διαχειριστική Μελέτη Κ-Δ Μακεδονίας (Εξάρχου κ.α.) η εκπόνηση της οποίας είναι σε εξέλιξη.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν ή καλύπτουν τη λεκάνη από υδρογεωλογικής άποψης διακρίνονται σε δύο κύριες ομάδες (χάρτης εικ.8.5.1), οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Τα κρυσταλλοσχιστώδη και μαγματικά πετρώματα (υπόβαθρο)
- Τα κοκκώδη πετρώματα (χαλαροί κοκκώδεις σχηματισμοί).

Μαγματικά και κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα

Το υδρογεωλογικό ενδιαφέρον στους σχηματισμούς αυτούς είναι ασήμαντο. Οι υδροφορείς που αναπτύσσονται στους σχηματισμούς αυτούς είναι περιορισμένοι και τοπικής σημασίας και εξαρτώνται κύρια από το βαθμό, το βάθος της αποσάθρωσης και το είδος των υλικών της ζώνης εξαλλοίωσης. Επίσης από την πυκνότητα, τον προσανατολισμό και την πλήρωση ή μη των διαρρήξεων με δευτερογενή υλικά. Έτσι οι γρανίτες και οι οφιόλιθοι δίδουν μεγαλύτερου πάχους ζώνη εξαλλοίωσης, στα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία με χαλαζιακή άμμο, από τους γνεύσιους, τους σχιστόλιθους και τους φυλλίτες, η οποία είναι αργιλικής σύστασης



Εικ.8.5.1. Υδρολιθολογικός χάρτης λεκάνης λίμνης Δοϊράνης (Ελληνικό τμήμα) (Πηγή Δημόπουλος, Γ., Μπαρουτη Β., 2004).

Επίσης οι σχηματισμοί αυτοί (γρανίτες, οφιόλιθοι) παρουσιάζονται περισσότερο ρωγματωμένοι και κατακερματισμένοι, λόγω του διαφορετικού τρόπου συμπεριφοράς τους, στις τεκτονικές δυνάμεις, από ό,τι τα μεταμορφωμένα πετρώματα της περιοχής (γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες). Οι ρωγμές των φυλλιτών και των σχιστολίθων αποφράζονται ευκολότερα με τα αργιλικά υλικά της αποσάθρωσής τους. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η

υδροφορία των γρανιτών και οφιολίθων να είναι καλύτερη από αυτή των γνευσίων, σχιστολίθων και φυλλιτών.

Κατά κανόνα, γεωτρήσεις που έγιναν στα γνευσιακά πετρώματα, κυρίως σε γειτονική λεκάνη αποτυχαίνουν ή δίδουν πολύ μικρή παροχή 3-8 m³/h και σε σπάνιες περιπτώσεις δίδουν παροχές εκμεταλλεύσιμες >15 m³/h. Χαρακτηριστικό των περιορισμένων δυνατοτήτων από πλευράς υπόγειου δυναμικού, είναι η εμφάνιση μεγάλου αριθμού πηγαίων αναβλύσεων, που είναι διασκορπισμένες σε διάφορα υψόμετρα. Αυτό δηλώνει επιπλέον την ανυπαρξία ενιαίας υπόγειας και σε βάθος αποστράγγισης, η οποία και θα επέτρεπε το σχηματισμό υπόγειων υδροαποθεματικών ζωνών. Οι σπουδαιότερες από άποψης παροχής πηγές είναι αυτές που εκδηλώνονται σε ζώνες έντονα χαλαρωμένες και ρωγματωμένες τόσο επιφανειακά όσο και σε βάθος, όπως είναι οι πηγές του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες.

Γενικά στο ορεινό συγκρότημα του Μπέλλες, λόγω των γεωλογικών σχηματισμών που το δομούν (γρανίτες, γνεύσιοι, αμφιβολίτες), εμφανίζεται πλήθος πηγών (μικρής έως μέτρια παροχής), οι οποίες εμφανίζονται σε διάφορα ύψη των κλιτύων του, δημιουργώντας διάφορα υδρορέματα. Οι πηγές αυτές, όπως αναφέρθηκε, αποστραγγίζουν το αποσθρωμένο ή ρωγματωμένο τμήμα του υγιούς αδιαπέρατου πετρώματος.

Εξάιρεση αποτελούν τα ανθρακικά πετρώματα (μάρμαρα), αλλά λόγω της περιορισμένης εμφάνισής τους στη λεκάνη (μόνο στη δυτική περιοχή, περιοχή Μυριοφύτου) και με πολλές παρεμβολές σχιστόλιθων, το δυναμικό τους δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αυτό μαρτυρεί και η απουσία πηγών ή εμφάνιση πηγών πολύ μικρής παροχής.

Κοκκώδεις σχηματισμοί

Στην ομάδα αυτή (ιζήματα πληρώσεως της λεκάνης) ανήκουν οι κώνοι κορημάτων, τα πλευρικά κορήματα, οι αλουβιακές αποθέσεις, τα λιμναία και παραλίμνια ιζήματα και γενικά οι τεταρτογενείς αποθέσεις.

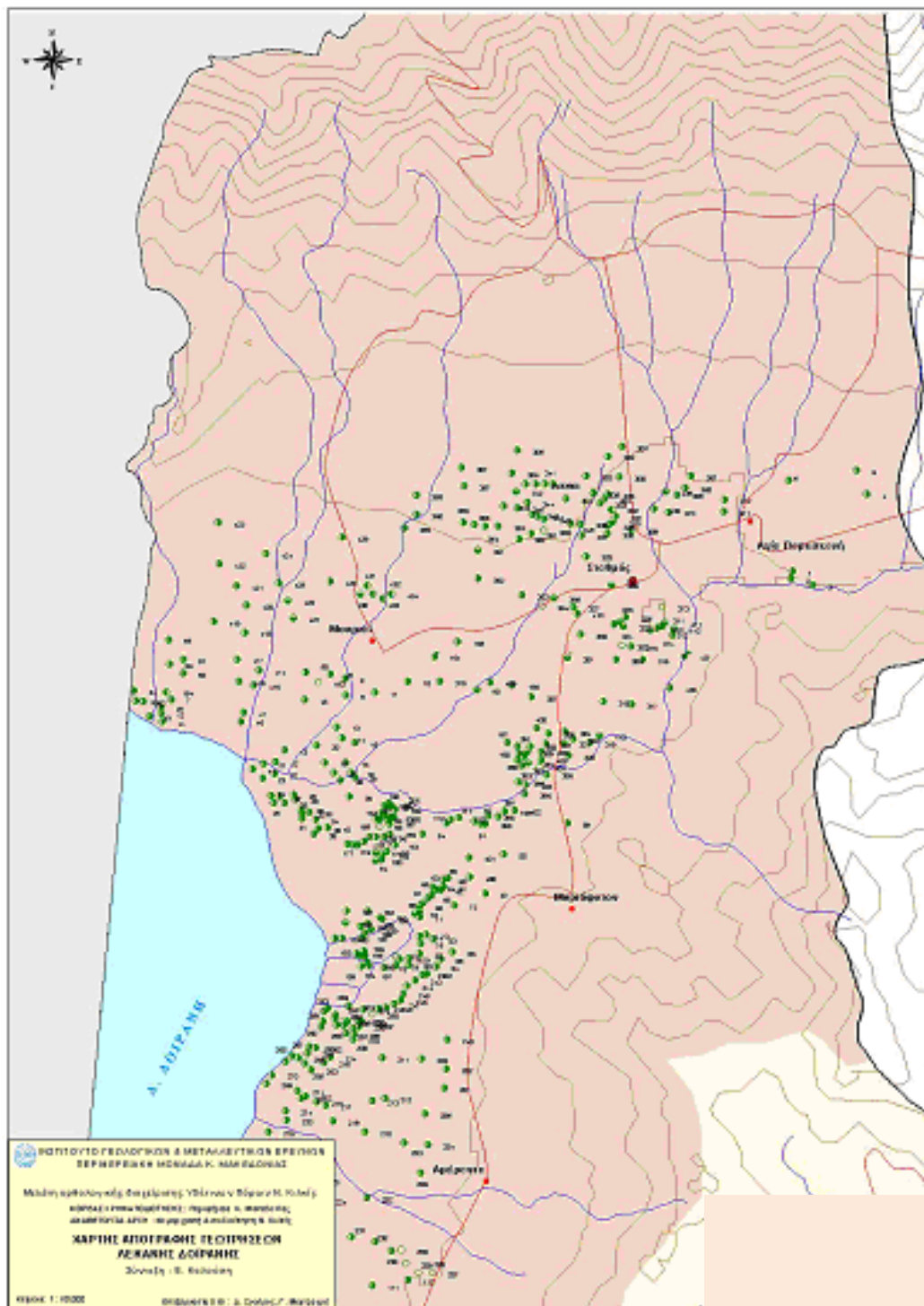
Οι σχηματισμοί αυτοί, από λιθολογικής άποψης αποτελούνται από ιλύες, αργίλους, αμμούχους αργίλους, άμμους, χάλικες, κροκάλες, κροκαλολατύπες με ποικίλη υδρογεωλογική συμπεριφορά ανάλογα με τη θέση, το πάχος και την κοκκομετρική τους σύσταση.

Ανάλογα με την υδροπερατότητα και επομένως την υδρογεωλογική συμπεριφορά τους οι προσχωσιγενείς σχηματισμοί της λεκάνης διακρίνονται σε τρεις επιμέρους ζώνες:

-Ζώνη υψηλής υδροπερατότητας

Στους προσχωσιγενείς σχηματισμούς της ζώνης αυτής ανήκουν οι κώνοι κορημάτων του ορεινού συγκροτήματος Μπέλλες (Β και ΒΔ λοφώδη περιοχή) με αδρομερή χειμαρρώδη μεγάλης υδροπερατότητας υλικά (επικράτηση κροκάλων), το ενεργό πορώδες (m_e) υπολογίζεται περίπου από 20 έως 25%. Η ζώνη αυτή αποτελεί την κύρια περιοχή διηθήσεων, αρχίζει από τις παρυφές του όρους Μπέλλες (έξοδος των χειμάρρων προς την πεδιάδα) και φθάνει περίπου μέχρι 1 km βόρεια των οικισμών Μουριές και Αν. Σούρμενα. Το πάχος των αδρομερών υλικών ποικίλλει κατά θέσεις. Έτσι, στην περιοχή Μουριών και Σουρμένων οι τομές των υδρογεωτρήσεων δείχνουν ότι το πάχος τους είναι περίπου 50 m, ενώ στις κοίτες των χειμάρρων αυτό είναι μεγαλύτερο. Γενικά το πάχος του χονδρόκοκκου υλικού βαίνει μειούμενο προς το νότο (τέλος της ζώνης), όπου αυξάνουν οι παρεμβολές με λεπτόκοκκο υλικό (άργιλοι, άμμοι).

Στη χαμηλότερη υψομετρικά περιοχή των σχηματισμών αυτών, γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί (χάρτης εικ.8.5.2) έδωσαν παροχές που κυμαίνονται από 15 έως 60 m^3/h και ειδική παροχή που κυμαίνεται από 0,25 έως 1,82 $m^3/h/m$. Κατά θέσεις, όπως στη περιοχή βόρεια του οικισμού των Σουρμένων, παρατηρούνται μεγαλύτερες παροχές μέχρι και 100 m^3/h . Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών αυτών είναι γενικά της τάξεως 10^{-4} έως 10^{-5} m^2/sec και σημειακά 10^{-3} m^2/sec .



Εικ.8.5.2. Ενδεικτικός χάρτης απογραφής γεωτρήσεων λεκάνης λίμνης Δοϊράνης (ΙΓΜΕ, Καλούση, 2002)
-με πράσινο χρώμα οι γεωτρήσεις απογραφής

-Ζώνη Μεταβλητής Υδροπερατότητας

Στους προσχωσιγενείς σχηματισμούς της ζώνης ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις του πεδινού τμήματος της λεκάνης, που αποτελούνται από υλικά λιγότερο χονδρόκοκκα και τα οποία παρουσιάζονται διαφοροποιημένα σε ορίζοντες εναλλασσομένων στρωμάτων από χαλίκια, άμμους και αργίλους. Η διαφοροποίηση αυτή των λεπτόκοκκων και αδρομερών στρωμάτων συνδέεται με την ανάπτυξη υδροφόρων στρωμάτων με αξιόλογο δυναμικό.

Το πάχος των προσχώσεων (ιζήματα) κυμαίνεται από λίγα μέτρα έως 400 m και γενικά αυξάνει από την περίμετρο της λεκάνης προς το κέντρο της λίμνης Δοϊράνης. Ειδικότερα, στο ανατολικό και νότιο τμήμα της λεκάνης, το πάχος των προσχώσεων είναι μικρότερο, ενώ στο βόρειο μεγαλύτερο (λόγω των τεκτονικών κινήσεων της περιοχής).

Το μέσο συνολικό πάχος των επάλληλων υδροφόρων στρωμάτων και μέχρι το βάθος των 150 m (βάθος διάνοιξης των γεωτρήσεων) είναι της τάξης των 48 m. Το πάχος αυτό κυμαίνεται κατά θέσεις από 27 έως 72 m. Μεγαλύτερο πάχος εντοπίζεται στο βορειοανατολικό τμήμα της ζώνης αυτής (περιοχή Μουριών, Κρητικών) και ιδιαίτερα στις ζώνες αποθέσεων των χειμάρρων.

Οι γεωτρήσεις στην κυρίως πεδινή περιοχή έχουν αποδώσει παροχές από 40 έως 120 m³/h και η ειδική παροχή τους κυμαίνεται από 1,05 έως 7 m³/h/m. Υπάρχουν όμως μεμονωμένες υδρογεωτρήσεις που απέδωσαν μεγαλύτερες παροχές. Η διαφοροποίηση του υδροδυναμικού από περιοχή σε περιοχή εξαρτάται από το είδος και το πάχος του υλικού και συνεπώς την υδροπερατότητα του υδροφορέα, καθώς και τις συνθήκες τροφοδοσίας του. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών της ζώνης αυτής κυμαίνεται από $1,1 \times 10^{-3}$ έως $3,3 \times 10^{-4}$ m²/sec.

Στην περίμετρο της πεδιάδας, όπου το πάχος των αποθέσεων είναι μικρό <50 m, το συνολικό πάχος των υδροφόρων στρωμάτων είναι 12 m. Υδρογεωτρήσεις που έγιναν στη ζώνη αυτή απέδωσαν μικρές παροχές (έως 20 m³/h), η δε ειδική παροχή τους είναι 0,4 m³/h/m. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών της ζώνης αυτής είναι της τάξης 10^{-4} - 10^{-5} m²/sec.

Η υπόγεια υδροφορία που αναπτύσσεται στους σχηματισμούς της ζώνης αυτής με μορφή φρεάτιου υδροφόρου ή επάλληλων υπό πίεση υδροφόρων χαρακτηρίζεται γενικά καλή ως πολύ καλή. Η εκδήλωση της υπό πίεση υδροφορίας με αυτόματη (αρτεσιανή) ροή εντοπίζεται τόσο στην παραλίμνια ζώνη, όσο και σε αρκετά σημεία του βόρειου και κεντρικού τμήματος.

Από πλευράς τροφοδοσίας των υδροφόρων που αναπτύσσονται στα ιζήματα της

λεκάνης, σημειώνεται ότι αυτή εξασφαλίζεται:

- Με απευθείας κατείσδυση μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων
- Με διήθηση του νερού των διαφόρων χειμάρρων και ρεμάτων
- Με πλευρική τροφοδοσία από τα μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα της λεκάνης (ιδίως του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες).

Η υπόγεια εκφόρτιση των αλλουβιακών αποθέσεων πραγματοποιείται:

- Με τη μερική εκφόρτισή τους προς τη λίμνη Δοϊράνης
- Με αντλήσεις γεωτρήσεων για αντιμετώπιση υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών, καθώς και την αυτόματη ροή από μικρό σχετικά σήμερα αριθμό γεωτρήσεων αρτεσιανής ροής.

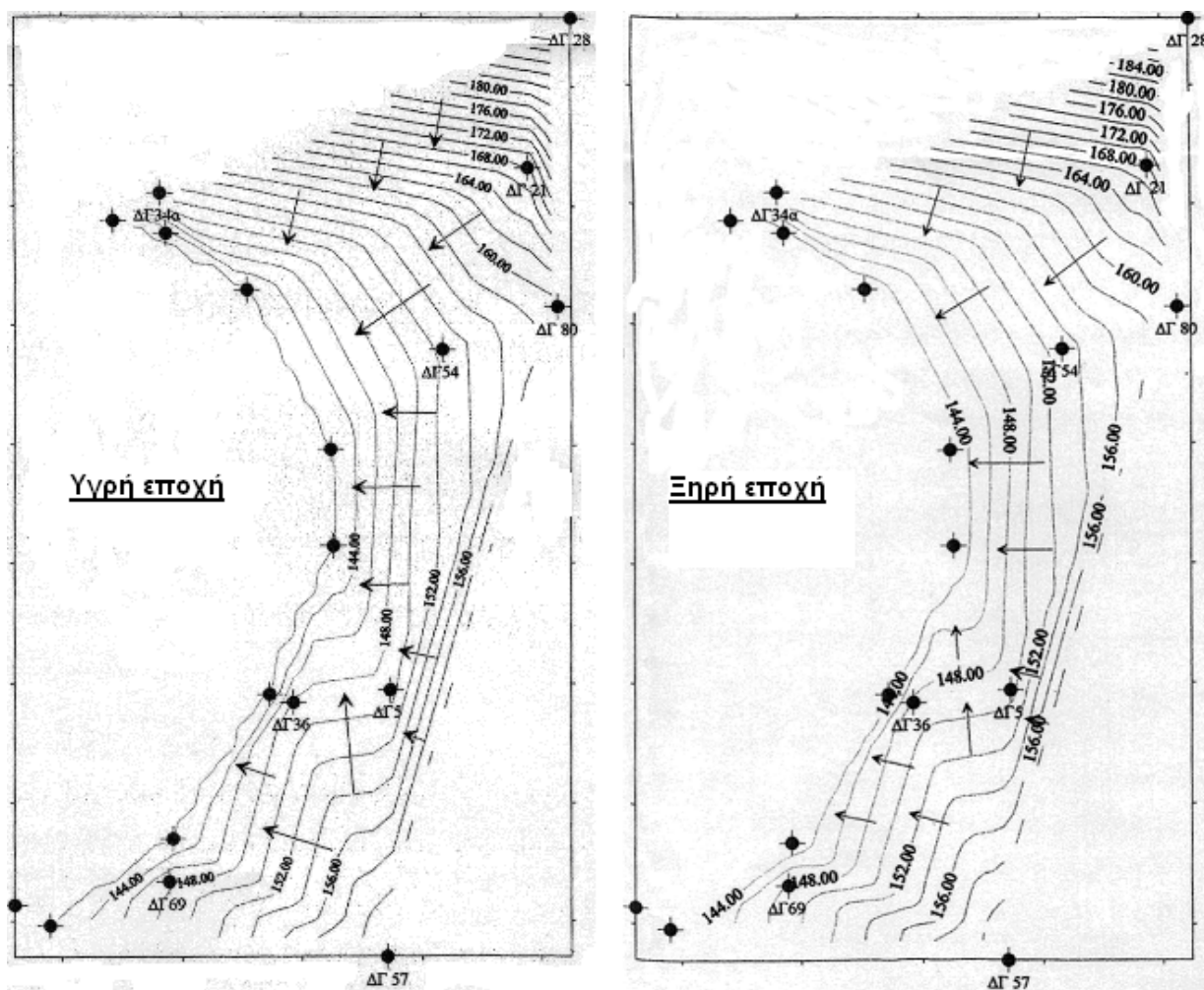
-Ζώνη Χαμηλής Υδροπερατότητας

Στους προσχωσιγενείς σχηματισμούς της ζώνης ανήκουν τα σύγχρονα λιμναία ιζήματα μικρού πάχους της παραλίμνιας περιοχής. Αυτά συνίστανται από ιλύες, αργίλους, αμμούχες αργίλους και άμμους. Οι σχηματισμοί αυτοί καλύπτουν τις αλλουβιακές αποθέσεις της λεκάνης μέσα στις οποίες αναπτύσσονται επάλληλοι υδροφόροι, οι οποίοι όπως προαναφέρθηκε είναι αξιόλογης δυναμικότητας. Οι σχηματισμοί αυτοί στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της παραλίμνιας περιοχής (περιοχή Ακρολιμνίου) έχουν μεγαλύτερη εξάπλωση, μεγαλύτερο πάχος και μικρότερη περατότητα με αποτέλεσμα να δημιουργείται στην περιοχή αυτή ένας αβαθής υπό πίεση έως αρτεσιανισμού υδροφόρος ορίζοντας. Οι παροχές των γεωτρήσεων στη ζώνη αυτή (40-80 m³/h) αποδίδεται στα υποκείμενα αυτής υπό πίεση υδροφόρα στρώματα των αλλουβιακών και πλειστοκαινικών αποθέσεων της λεκάνης. Σήμερα οι παραπάνω ιζηματογενείς σχηματισμοί αντλούνται από περίπου 424 γεωτρήσεις από τις οποίες οι 7 είναι υδρευτικές, και οι υπόλοιπες αρδευτικές (χάρτη εικ.8.5.2). Από τις γεωτρήσεις αυτές ένα ποσοστό της τάξης του 80% έχουν βάθος μεγαλύτερο των 50 m και διάμετρο σωλήνωσης 6''-10''. Η παροχή των γεωτρήσεων αυτών διαφοροποιείται από περιοχή σε περιοχή και κυμαίνεται γενικά από 40 έως 100 m³/h. Εξαίρεση αποτελούν οι γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί περιμετρικά της λεκάνης, οι οποίες έχουν παροχή μικρότερη των 40 m³/h. Η διαφοροποίηση της παροχής συνδέεται με το πάχος των αλλουβιακών αποθέσεων και την κοκκομετρική τους σύσταση. Οι υπόλοιπες γεωτρήσεις (της τάξης του 20%) είναι αβαθείς και μέσου βάθους (<50m), με διάμετρο σωλήνωσης 3'' ή 4''. Η παροχή τους κυμαίνεται μεταξύ των 10 και 15 m³/h.

Από τις μετρήσεις στάθμης των υπόγειων νερών, σε προηγούμενα χρόνια, σε ένα αριθμό

γεωτρήσεων ομοιόμορφα κατανεμημένων στο ανάπτυγμά τους, καθώς και τους πιεζομετρικούς χάρτες που έχουν συνταχθεί (χάρτες σχ.8.5.3 ξηρής και υγρής περιόδου), έχουν προκύψει τα εξής:

- Η στάθμη των υπόγειων νερών παρουσιάζει έντονη εποχιακή διακύμανση.
- Η ανώτερη στάθμη παρατηρείται κατά τον Απρίλιο και η κατώτερη κατά τον Σεπτέμβριο.



Εικ.8.5.3. Πιεζομετρικοί χάρτες υγρής και ξηρής περιόδου υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων ευρύτερης περιοχής λίμνης Δοϊράνης (Μπαρούτη 2000).

- Η διακύμανση ανώτερης και κατώτερης στάθμης των υδροφόρων οριζόντων των αλλουβιακών αποθέσεων της λεκάνης ποικίλλει εντός περιορισμένων ορίων από περιοχή σε περιοχή και από έτος σε έτος.
- Οι ισοδυναμικές γραμμές είναι αρκετά ανοικτές μη ισαπέχουσες. Αραιές στο κεντρικό πεδινό τμήμα, πυκνές στο βόρειο λοφώδες τμήμα (παρυφές όρους Μπέλλες). Η

μεταβολή στις ισοαποστάσεις των ισοδυναμικών γραμμών αποκαλύπτει τη μεταβολή κλίσης του υδροφορέα.

- Η ελάττωση της υδραυλικής κλίσης από τα ανάντη προς τα κατάντη οφείλεται στη μείωση των κλίσεων του υδατοστεγούς υποβάθρου, καθώς και στην αύξηση της υδατοαγωγιμότητας, λόγω κυρίως αύξησης του πάχους των υδροφόρων στρωμάτων.
- Οι υδροφόροι ορίζοντες είναι ακτινωτού τύπου με γραμμές ροής κατά το πλείστον συγκλίνουσες προς τη λίμνη Δοϊράνη.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι τα προσχωσιγενή υδροφόρα στρώματα που αναπτύσσονται περιμετρικά της λίμνης εκφορτίζονται προς αυτή.

8.6 Δίκτυο γεωτρήσεων - Μετρήσεις στάθμης

Οι σταθερές θέσεις δειγματοληψίας (ΣΘΔ) στη λεκάνη της Δοϊράνης, επιλέχθηκαν με βάση το βαθμό επιρροής (τροφοδοσίας) από τους επιφανειακούς άξονες απορροής και τη λίμνη. Μερικά σημεία επίσης επιλέχθηκαν για την συσχέτιση των πλευρικών μεταγγίσεων των υδροφοριών από την ορεινή μάζα. Ο μεγαλύτερος αριθμός των σημείων δειγματοληψίας είναι κατανεμημένος γύρω από τους άξονες απορροής, και τη λίμνη. Έχουν εντοπιστεί 11 θέσεις 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 του πεδινού τμήματος της λεκάνης και για την τεκμηρίωση της σχέσης υπόγειων και επιφανειακών νερών.

Πίνακας 8.6.2

Μετρήσεις στάθμης νερού επιλεγμένων γεωτρήσεων, για τις ανάγκες της εδώ μελέτης στο πεδινό της λεκάνης λίμνης Δοϊράνης (θέση γεωτρήσεων: βλέπε χάρτη σχ.8.6.1)

Α/Μ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ (m)			
		10 ^{ος} 2010	5 ^{ος} 2010	9 ^{ος} - 10 ^{ος} 2011	5 ^{ος} 2012
108	159	2,97	2,67	2,92	2,43
109	161	5,40	4,96	5,23	4,78
110	159	5,72	5,04	5,56	4,88
111	190	15,20	14,7	15,03	13,12
112	189	9,38	9,11	9,34	9,01
113	165	3,97	3,82	3,94	2,57
114	186	9,98	9,38	9,86	8,89
115	223	11,30	10,05	11,03	9,11
116	151	3,89	2,81	3,67	2,73
117	162	6,22	5,43	5,99	4,98

Οι γεωτρήσεις, με βάση τη θέση τους, εντοπίζονται αφενός περιμετρικά της λίμνης στο ελληνικό τμήμα και αφετέρου στη ζώνη υψηλής διαπερατότητας (κόνιοι κορημάτων, χειμαρρώδη υλικά), Β-ΒΔ της λεκάνης. Στο περιβάλλον της λίμνης πλησιέστερα προς αυτή, εντοπίζεται η γεώτρηση 116, και στη συνέχεια σε δεύτερη σειρά εντοπίζονται οι γεωτρήσεις 117,108,109, 113 και ακολουθούν οι γεωτρήσεις 110 και 114 σε μια τρίτη σειρά. Στη ζώνη υψηλής διαπερατότητας εντοπίζονται οι γεωτρήσεις 111, 112 και 115. Τα απόλυτα υψόμετρα της στάθμης όλων των γεωτρήσεων και όλων των περιόδων είναι πάνω από το υψόμετρο της επιφάνειας της λίμνης. Σύμφωνα με τις μετρήσεις στάθμης που πραγματοποιήθηκαν για την εδώ μελέτη (πίνακα 8.6.1), η διαφορά στάθμης μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου κυμαίνεται από 1 m μέχρι 18 cm με εξαίρεση τις γεωτρήσεις 115, 116 που ξεπερνούν το 1 m. Η διακύμανση της στάθμης, έχει άμεση σχέση με το βαθμό γειτονίας με τον επιφανειακό άξονα ροής και τη δομή του υλικού, ως προς τη διαπερατότητα. Συμπερασματικά φαίνεται από τις εδώ μετρήσεις ότι οι επιφανειακοί άξονες απορροής τροφοδοτούν τα υπόγεια νερά και δεν φαίνεται να υπάρχει σύνδεση υπόγεια πλευρική με τη λίμνη.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Εικ.8.6.1. Απόσπασμα υδρολιθολογικού χάρτη Υδατικών Διαμερισμάτων 10-11– Λεκάνης λίμνης Δοϊράνης, με τα σημεία μέτρησης της στάθμης (από στοιχεία της παρούσας μελέτης σε συνδυασμό με στοιχεία από τις Διαχειριστικές Μελέτες ΥΠΑΑΝ - ΥΠΕΚΑ).

8.7 Ποιότητα νερών - Χημικές Αναλύσεις

Αξιολόγηση στοιχείων υπαρχόντων πριν την εκπόνηση της παρούσας Μελέτης

Η ποιότητα των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής, της λίμνης αλλά και της ίδιας της λίμνης με βάση τις μελέτες και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί και αναφέρονται στη συνέχεια, παρουσιάζει ορισμένες διαφοροποιήσεις. Ο λόγος είναι ότι στην παραλίμνια περιοχή υπάρχουν εκτεταμένες γεωργικές εκμεταλλεύσεις και οι γύρω οικισμοί δεν διαθέτουν βιολογικούς σταθμούς. Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις που δέχεται το νερό της λίμνης από δραστηριότητες, που αναπτύσσονται στη γειτονική χώρα, δεν μας είναι γνωστές.

Με βάση λοιπόν τα δεδομένα αυτά στο νερό της λίμνης έγιναν κατά καιρούς εκτεταμένες αναλύσεις, στα πλαίσια της μελέτης "Υδρογεωλογική μελέτη Νομού Κιλκίς" (Καλούση, 1994) από πλευράς ΙΓΜΕ. Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων που λήφθηκαν προκύπτει ότι το νερό της λίμνης παρουσιάζει διαχρονικές διακυμάνσεις στις τιμές των διαφόρων φυσικοχημικών παραμέτρων. Το εύρος τιμών των διαφόρων φυσικών παραμέτρων των κύριων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων, που εξετάστηκαν για τη λίμνη Δοϊράνη βρίσκονται μέσα στα ανώτερα επιτρεπτά όρια. Το ίδιο

συμπέρασμα προέκυψε και από τις διάφορες κατά καιρούς αναλύσεις που πραγματοποιεί το ΠΕΧΩΔΕ (ΥΠΑΑΝ, 2008) με τη διαφορά ότι καταγράφονται υψηλές συγκεντρώσεις αρσενικού (τιμές μέχρι 57,3 $\mu\text{g/L}$). Για το θέμα αυτό υπάρχουν αναφορές ότι η υψηλή τιμή οφείλεται κατά κύριο λόγο στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και δευτερευόντως στη ρύπανση της λίμνης. Επίσης οι αναλύσεις στα υπόγεια νερά κυμαίνονται στα επιτρεπτά όρια σε όλα τα στοιχεία. Από τις αναλύσεις για τον έλεγχο για νιτρορρύπανση, που πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο Πάτρας (Καλλέργης, 1999) προκύπτει ότι τα υπόγεια νερά δεν εμφανίζουν πρόβλημα (χάρτης σχ.7.7.1), όμως μέσα από την εικόνα του χάρτη καταδεικνύεται η τάση προς νιτροποίηση, εξ αιτίας των προαναφερομένων δραστηριοτήτων.

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, αλατότητα κ.λ.π.) των υπόγειων νερών, στο σύνολο των γεωτρήσεων του αναπτύγματος της λεκάνης (γειτονικών και μη προς τη λίμνη) παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές με αυτές του νερού της λίμνης, καθώς και με τα νερά των επιφανειακών αξόνων που καταλήγουν στη λίμνη, απεικονίζοντας έτσι σε γενικές γραμμές την υδρογεωλογική δομή της περιοχής και τον τρόπο τροφοδοσίας των υπόγειων νερών.

Οι εντελώς διαφορετικές τιμές των υπόγειων νερών συγκριτικά με αυτές της λίμνης, αβίαστα επιβεβαιώνει το γεγονός της συνεχούς εκφόρτισης των περιμετρικών υπόγειων υδροφοριών προς τη λίμνη. Εξάιρεση αποτελεί μια γεώτρηση στη νότια παραλίμνια περιοχή, όπου το νερό της γεώτρησης ταυτίζεται με αυτό της λίμνης. Πρόκειται για μια μικρή περιοχή, που κατά διαστήματα δέχεται τροφοδοσία από τη λίμνη.

Επίσης, οι συνολικά μικρότερες τιμές αγωγιμότητας και TDS των υπόγειων νερών από τα επιφανειακά νερά, δείχνει ότι η κύρια τροφοδοσία πραγματοποιείται, από την απ' ευθείας κατεύθυνση μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και από τις πλευρικές μεταγγίσσεις υπόγειου νερού από τα μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα της λεκάνης (ιδίως του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες).

Η παρουσία μολύβδου και μαγγανίου τόσο στα υπόγεια, όσο και στα επιφανειακά νερά οφείλεται σε γεωλογικά αίτια και κυρίως στην έντονη παρουσία στη λεκάνη απορροής μεταμορφωμένων και περιδοτιτικών πετρωμάτων.

Η ανίχνευση της καφεΐνης (δείκτης ρύπανσης από αστικά απόβλητα) σε όλα τα επιφανειακά νερά της λεκάνης Δοϊράνης, καθώς και στα νερά όλων των γεωτρήσεων, απεικονίζει τη συνεχή διήθηση των νερών των ρεμάτων και χειμάρρων προς τα υπόγεια νερά σε όλη τη διαδρομή προς τη λίμνη.

Η ανίχνευση υπολειμμάτων γεωργικών φυτοφαρμάκων σε όλες τις γεωτρήσεις, που εντοπίζονται στη Λεκάνη Δοϊράνης, επιβεβαιώνει αρχικά την καλή στράγγιση των εδαφών, τον τρόπο τροφοδοσίας (τροφοδοσία απ' ευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα) και κατ' επέκταση τη διευκόλυνση πραγματοποίησης «συμπτωματικού εμπλουτισμού» δηλ. εμπλουτισμού των υπόγειων νερών από τα νερά της άρδευσης, με επακόλουθο τη ρύπανση των υπόγειων νερών από τα περιεχόμενα στο αρδευτικό νερό υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων.

8.8 Σχέσεις υπόγειων νερών με επιφανειακούς άξονες ροής - Συμπεράσματα

Από υδρογεωλογικής άποψης, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι κοκκώδεις σχηματισμοί στο λοφώδες και πεδινό τμήμα. Η υπόγεια υδροφορία που αναπτύσσεται στους σχηματισμούς της ζώνης αυτής, με μορφή φρεάτιου υδροφόρου ή επάλληλων υπό πίεση υδροφόρων, χαρακτηρίζεται γενικά μέσου έως υψηλού δυναμικού. Η διαφοροποίηση από περιοχή σε περιοχή εξαρτάται από το είδος και το πάχος του υλικού και συνεπώς την υδροπερατότητα του υδροφορέα, καθώς και τις συνθήκες τροφοδοσίας του.

Από τη μελέτη της λιθολογίας των σχηματισμών του υδροφορέα και από τις λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων, που περιγράφονται στις διάφορες μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν (Μπαρούτη 2000, Καλούση 1994, 2002 κ.α.), προκύπτει ότι το δυναμικό της υπόγειας υδροφορίας βαίνει αυξανόμενο από την παραλίμνια περιοχή προς τα Β-ΒΑ. Στην παραλίμνια περιοχή αναπτύσσονται επάλληλοι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες, που συνίστανται από εναλλαγές άμμων, αργίλων και ιλύων.

Η τροφοδοσία των υδροφοριών αυτών πραγματοποιείται, κυρίως από τις διηθήσεις του νερού των διαφόρων χειμάρρων και ρεμάτων, στις ζώνες των κορημάτων, από την απ'

ευθείας κατείσδυση μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και από τις πλευρικές μεταγγίσεις υπόγειου νερού από τα μεταμορφωμένα και πλουτώνια πετρώματα της λεκάνης (ιδίως του ορεινού συγκροτήματος του Μπέλλες).

Με βάση τους πιεζομετρικούς χάρτες, της εικόνας 8.5.3, καθώς και τη παρακολούθηση της μεταβολής της στάθμης των επιλεγμένων γεωτρήσεων του δικτύου, προκύπτει αβίαστα ότι τα προσχωσιγενή υδροφόρα στρώματα που αναπτύσσονται περιμετρικά της λίμνης εκφορτίζονται προς αυτή. Αυτό επιβεβαιώνεται από:

- το υδραυλικό φορτίο του φρεάτιου υδροφόρου στρώματος με επίπεδο αναφοράς τη στάθμη της λίμνης είναι θετικό.
- το υδραυλικό φορτίο του μέσου και των βαθύτερων υδροφόρων στρωμάτων με επίπεδο αναφοράς και πάλι τη στάθμη της λίμνης, είναι θετικό σχεδόν σε όλη την ανάπτυξή τους με μεγαλύτερες θετικές τιμές στο βόρειο τμήμα (παρυφές όρους Μπέλλες) και μικρότερες στο νότιο πεδινό τμήμα. Εξάιρεση αποτελεί μία στενή και μικρή ζώνη στη νότια παραλίμνια περιοχή, όπου τον Ιούλιο του 2002 δημιουργήθηκαν αρνητικά υδραυλικά φορτία ολίγων εκατοστών.
- Οι γραμμές ροής των πιεζομετρικών χαρτών (χάρτης εικ 8.5.3.) συγκλίνουν προς τη λίμνη της Δοϊράνης, επιβεβαιώνοντας έτσι τον ισχυρισμό για την εκφόρτιση των προσχωσιγενών υδροφόρων προς τη λίμνη.

Έτσι, ενώ όλα τα προσχωσιγενή υδροφόρα περιμετρικά της λίμνης εκφορτίζονται σ' αυτήν, στο τμήμα αυτό με τα αρνητικά φορτία δεν συμβαίνει ανάλογη εκφόρτιση. Η δημιουργία του αρνητικού υδραυλικού φορτίου στη συγκεκριμένη περιοχή, συνδέεται με την υπεράντληση του υδροφορέα, από πυκνό δίκτυο γεωτρήσεων οι οποίες λειτουργούν την περίοδο των αρδεύσεων (θερινή περίοδο).

Με τη συσχέτιση στάθμης λίμνης και γεωτρήσεων, επιβεβαιώνεται η κίνηση του υπογείου νερού από τους υδροφορείς προς τη λίμνη σε όλες τις περιόδους μέτρησης στάθμης στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Τα παραπάνω στοιχεία συνάδουν στο γεγονός της ύπαρξης υδραυλικής επικοινωνίας υδροφόρου και λίμνης και υποδηλώνουν τις καλές συνθήκες αποστράγγισης-τροφοδοσίας του υδροφορέα προς την λίμνη, καθώς και το ότι ο ρυθμός εκφόρτισης του υδροφόρου στρώματος, περιμετρικά της λίμνης, σχετίζεται άμεσα με το ρυθμό τροφοδοσίας της λίμνης Δοϊράνης.

Συμπερασματικά, όσον αφορά στη σχέση τροφοδοσίας υπόγειων και επιφανειακών νερών, προκύπτει ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό και σε όλες τις εποχές του έτους, οι επιφανειακοί άξονες απορροής και ιδιαίτερα ο χείμαρρος που αποστραγγίζει τα νερά του

Μπέλλες, τροφοδοτεί συνεχώς μέσω διηθήσεων την υπόγεια υδροφορία. Όσον αφορά στη λίμνη, παρατηρείται και εδώ συνεχής τροφοδοσία προς τη λίμνη με ελάχιστες εξαιρέσεις και σε ορισμένα έτη με έντονη λειψυδρία.

8.9 Βιβλιογραφία

- ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ, Η. (1995). Προστασία λίμνης Δοϊράνης. Θεσσαλονίκη.
- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΜΠΑΡΟΥΤΗ Β. (2004): Υδρογεωλογικές συνθήκες στη λεκάνη Δοϊράνης. Φυσικές διεργασίες-παρεμβάσεις και αποτελέσματα. Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI, σελ. 1982-1991.
- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ Κ., (2004). Συμβολή στη μελέτη του μηχανισμού λειτουργίας των πηγών Αραβησσού και του δυναμικού του ομώνυμου υδροφόρου ορίζοντα (Ν. Πέλλας). Παρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας σελ. 1972-1981. Θεσσαλονίκη.
- ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ - ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Γεωλόγοι Εταιρεία Περιορισμένης Ευθύνης ΕΠΕ - ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ - ΗΛΙΑΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ - ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων ΑΕ - ΔΙΚΤΥΟ-Ανώνυμη Εταιρία Τεχνικών Μελετών ΑΕ - ΒΑΒΙΖΟΣ-ΖΑΝΝΑΚΗ Μελέτες Έρευνες ΑΕ - ΦΩΤΕΙΝΗ ΜΠΑΛΤΟΓΙΑΝΝΗ (2012). Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007»
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (1999). Ευπρόσβλητες ζώνες της Ελλάδος από Νιτρορύπανση, γεωργικής προέλευσης. (Οδηγία 96/676/ΕΟΚ). Τελική έκθεση για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ. Πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Πατρών. Τμήμα γεωλογίας. Πάτρα.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (2001). Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Γ. Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα.
- ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. – ΤΣΑΚΟΥΜΗΣ (1989): Αναγνωριστική υδρογεωλογική έκθεση της περιοχής του αγροκτήματος Σ.Σ. Μουριών Ν. Κιλκίς.
- ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. (1994). Υδρογεωλογική μελέτη Νομού Κιλκίς., Έκθεση ΙΓΜΕ, Θεσ/νίκη.
- ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. (1998): Αποτίμηση της σημερινής κατάστασης της λίμνης Δοϊράνης. Πιθανά αίτια-προτάσεις ανάσχεσης του φαινομένου, ΙΓΜΕ Θεσσαλονίκη.
- ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. – ΧΑΤΖΗΚΥΡΚΟΥ Α. (2000): Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών και υπόγειων νερών Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ 241 σελίδες.
- ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. (2001): Μελέτη ποιοτικής κατάστασης υδατικών πόρων Ν. Κιλκίς. ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη.
- ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. κ.α., (2002). Μελέτη ορθολογικής διαχείρισης υδατικών πόρων Ν. Κιλκίς. Έκθεση ΙΓΜΕ.
- ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε., (2008). Μελέτη ποιοτικής κατάστασης νερών Δήμου Δοϊράνης Ν. Κιλκίς. Έκθεση ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη.

- ΚΩΤΟΥΛΑΣ, Δ. (1990). Νερά και ορεινή υδρονομία στο Ν. Κιλκίς. Προβλήματα, δυνατότητες , Προοπτικές. Ημερίδας, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, ΑΠΘ
- ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ-ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ-ΓΚΙΚΑΣ, (1990). Έκθεση αξιολόγησης υδρολογικών στοιχείων Νομού Κιλκίς, Θεσ/νίκη. Ημερίδα, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, ΑΠΘ.
- ΜΕΛΑΔΙΩΤΗΣ Γ. (1984): Γεωλογική μελέτη του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών και ειδικότερα της περιοχής μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, όπου αναπτύσσονται εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδροφορείς. Διδακτορική Διατριβή ΑΠΘ.
- ΜΠΑΡΟΥΤΗ, Β. (2000). Υδρογεωλογικές συνθήκες στη λεκάνη της λίμνης Δοϊράνης. Φυσικές διεργασίες, παρεμβάσεις και αποτελέσματα. Μεταπτυχιακή Διατριβή Του Μεταπτυχιακού Τμήματος «Ειδίκευση Περιβαλλοντικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας» του ΑΠΘ
- ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Ν. (1988): Γεωφυσική έρευνα Λ. Χέρσου (έρευνα ΙΓΜΕ).
- ΤΣΑΜΑΝΤΟΥΡΙΔΗΣ Π. – ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ Ν. – ΚΟΥΤΚΟΥΛΗΣ Χ. (1985): Βασική κοιτασματολογική έρευνα της Σερβομακεδονικής ζώνης. Κοιτασματολογική έρευνα Fe-ούχου σχηματισμού της ηφαιστειοιζηματογενούς σειράς Ακρίτα – Μεταλλικό – κριθιάς Ν. Κιλκίς. Έρευνα ΙΓΜΕ.
- Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΡΓΙΑΣ Ν. ΚΙΛΚΙΣ: Στατιστικά στοιχεία αρδευόμενης έκτασης Ν. Κιλκίς.
- Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ Ν. ΚΙΛΚΙΣ: Στοιχεία από μελέτες οριστικές και προκαταρκτικές, φραγμάτων στο Ν. Κιλκίς.
- ΤΥΔΚ Ν. ΚΙΛΚΙΣ: Στοιχεία από μελέτες φραγμάτων στο Ν. Κιλκίς.
- ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ-ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ. (1993). Σχετικό με τη στάθμη της λίμνης έγγραφο, του καθηγητή οικολογίας Π.Α.Γεράκη, Θεσ/νίκη.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΈΡΓΩΝ (1966). Πληροφορίες περί της λίμνης Δοϊράνης, Υπηρεσία Υδραυλικών Έργων, Διεύθυνση Μελετών, Αθήνα
- ΥΠΑΝ (2003). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας. ΠΠΑΝ, ΙΓΜΕ, ΕΜΠ, ΚΕΠΕ. Αθήνα.
- ΥΠΕΧΩΔΕ (2001) Master Plan για την αξιοποίηση των υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης, με σκοπό την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης. Αθήνα