



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΚΟΙΝΟΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΥΠΟΔΟΜΩΝ  
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ  
ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΔΑΦΟΪΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ  
Τμήμα Γ' (Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων)

ΕΡΓΟ

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

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ  
ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΞΙΟΥ  
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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
Η Ευρώπη επενδύει στις αγροτικές περιοχές



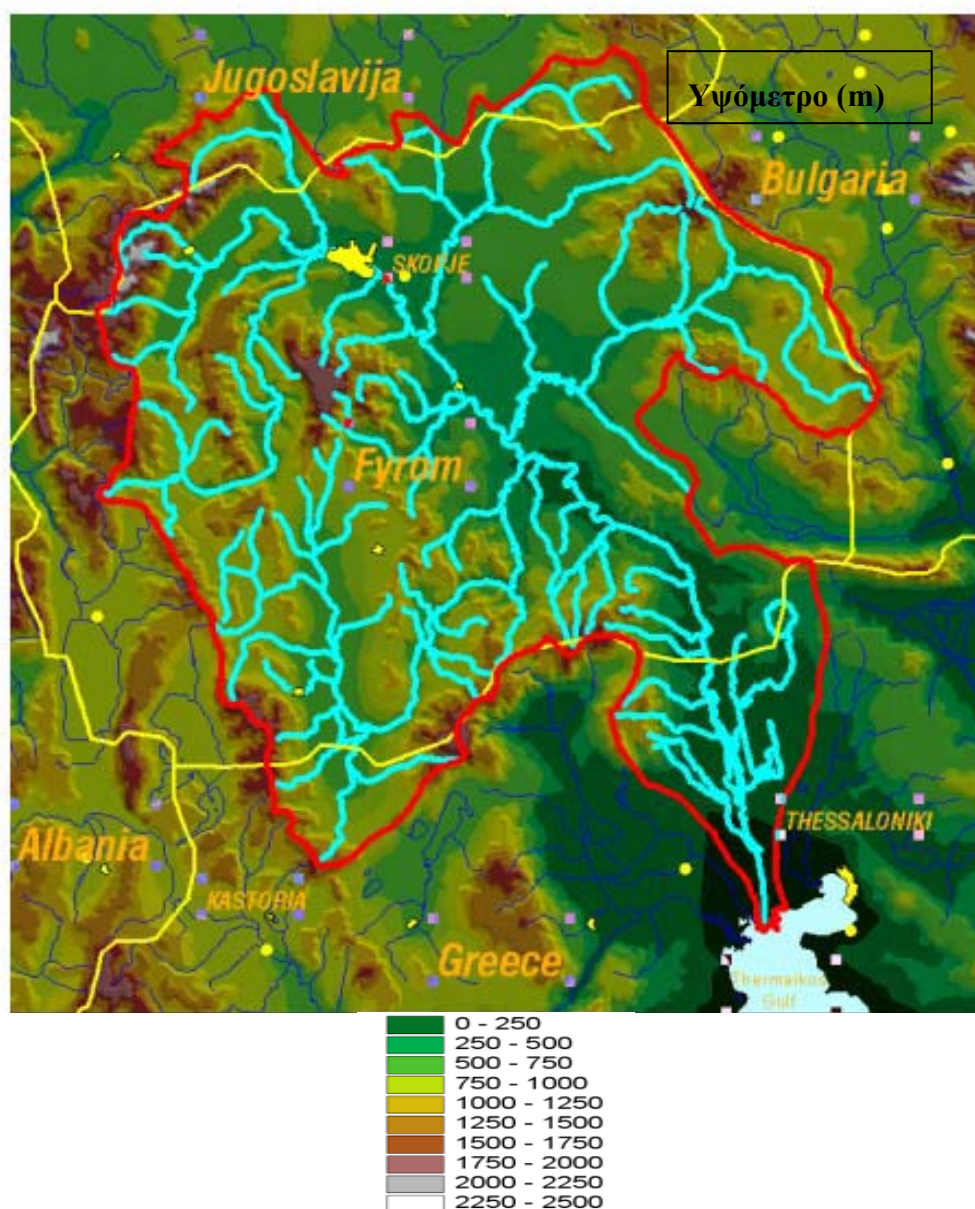
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ 2007-2013  
«ΑΔΕ-ΑΝΑΡΘΕ ΜΗΛΑΤΑΖΗΣ»

Ποιότητα-Ανταγωνιστικότητα-Αειφορία

## 7. Λεκάνη Αξιού ποταμού

### 7.1 Γενικά

Η λεκάνη απορροής του Αξιού, έχει συνολική έκταση 20.061 km<sup>2</sup> (χάρτης εικ.7.1.1), Το μεγαλύτερο τμήμα της βρίσκεται εντός της ΠΓΔΜ, όπου και καταλαμβάνει το 80,04% της έκτασης, το δε ελληνικό τμήμα αυτής έχει έκταση 1457 km<sup>2</sup>.



**Εικ.7.1.1.** Γεωμορφολογικός χάρτης συνολικής λεκάνης απορροής Αξιού ποταμού (Βαρσαμίδου, 2004)

Η λεκάνη απορροής του Αξιού, εντός του ελληνικού χώρου, χωρίζεται σε δυο τμήματα μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται μια πυκνή έντονη λοφώδης σειρά. Το βόρειο τμήμα αντιστοιχεί σε πεδινό τμήμα που είναι η συνέχεια του πεδινού τμήματος Γευγελή της ΠΔΓΜ. Πρόκειται για το πεδινό Ευζώνων – Ειδομένης. Στη συνέχεια παρεμβάλλονται τα στενά της Τσιγγάνας και αμέσως μετά στο ύψος Πολυκάστρου – Αξιούπολης ξεκινά το νότιο πεδινό τμήμα, που αποτελεί και το κύριο τμήμα της λεκάνης του Αξιού στο Ελληνικό έδαφος. Η ορεινή – λοφώδες σειρά που χωρίζει το βόρειο μικρό τμήμα από το νότιο κυρίως τμήμα αναπτύσσεται μεταξύ των παρυφών του Πάικου δυτικά και των παρυφών των ανατολικών ενοτήτων της ζώνης Προπαιονίας. Διασχίζεται αξονικά από τον Αξιό ποταμό.

Ειδικότερα η λεκάνη του Αξιού εντός του ελληνικού χώρου οριοθετείται:

- Ανατολικά, από την οροσειρά των Κρουσσιών και συγκεκριμένα τις κορυφές Τέσσερις Κορυφές (571 m), Νυφίτσα (552 m), Άσπρη Πέτρα (480 m), Κορυφούλα (422 m), τους δυτικούς λόφους του Ν. Κιλκίς, Ψηλοράχη (139 m) και τους λόφους των Μπαλαϊϊκών, που την οριοθετούν από τη Λεκάνη του Γαλλικού ποταμού.
- Βόρεια, από το νότιο υδροκρίτη της Λεκάνης Δοϊράνης, καθώς και τα σύνορα της χώρας μας με την FYROM.
- Δυτικά, από τα υψώματα Σκρά (1090 m), Πετρώματα (1374 m), Σαμάρι (1362 m), Κορυφή (1326 m), Φτέρες (1303 m), Ίσωμα (1222 m), Τράχηλος (1400 m), Αγνάντεμα (1365 m), Πετρωτό (335 m), Πυραμίδα (326 m). Νότια από τις λοφώδεις εξάρσεις Τούμπα (154 m), Μπαλαϊϊκα (258 m), Άσπρη Πέτρα (209 m), Τουρού (184 m), ύψωμα Κιρκιλή (120 m), Τούμπα (53 m), Τούμπα Μεσιάς (135 m), Ανήφορο (141 m), συμπίπτει δηλ. με το γεωγραφικό όριο του νομού με τον Ν. Πέλλας.
- Νότια, από το γεωγραφικό όριο του Νομού Κιλκίς με το Ν. Θεσ/νίκης.

## **7.2 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 7.2.1.

**Πίνακας 7.2.1.**

Μελέτες, εργασίες, ερευνητικές εκθέσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για την απόκτηση γνώσης της περιοχής  
λεκάνης Αξιού ποταμού

Αριθμός	Χαρακτηριστικά μελέτης
1	ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., Υδρογεωλογική μελέτη των υδροφόρων συστημάτων της περιοχής της κεντρικής Μακεδονίας. Τόμ. 1 και 2Α. CSF Project (2003-2009) «Καταγραφή και αξιολόγηση των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών των υδροφόρων συστημάτων της χώρας». RUCM-IGME, Θεσσαλονίκη, 2010
2	ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., 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, 1999
3	ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. – ΧΑΤΖΗΚΥΡΚΟΥ Α., Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών και υπόγειων νερών Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ 241 σελίδες, 2000
4	ΚΑΛΟΥΣΗ Ε., Μελέτη ποιοτικής κατάστασης υδατικών πόρων Ν. Κιλκίς, 2001
5	ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. κ.α., Μελέτη διαχείρισης υδατικός πόρων Ν. Κιλκίς. Έκθεση ΙΓΜΕ, 2002
6	ΣΟΥΛΙΟΣ Γ., Έρευνα αξιοποίησης υδροφόρων στρωμάτων πεδινής περιοχής ενδιαφέροντος Ο.Υ.Θ. (πεδινή περιοχή δυτικά της Θεσσαλονίκης), για λογαριασμό ΟΥΘ, 1999
7	ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Μ., Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της πεδινής περιοχής δυτικά της Θεσσαλονίκης. Διατριβή ειδίκευσης, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη, 2000
8	ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ, Σ., Υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης Αξιού, Έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., 1991
9	ΥΠΕΧΩΔΕ. Ποιοτική Παρακολούθηση και Έλεγχος Υδατικών Πόρων Κ. Μακεδονίας (Λεκ. Ημαθίας, Πιερίας, Αλμωπίας) και Παράκτιες Περιοχές του Θερμαϊκού Κόλπου
10	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, 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», 2012

**Πίνακας 7.2.2.**

Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν από τις μελέτες του πίνακα 7.2.1

Αριθμός	Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν για τη περιοχή
1	Γεωλογία, υδρογεωλογία, υδροχημεία
2	Νιτρορρύπανση
3	Υδροχημεία
4	Υδρογεωλογία, Υδροχημεία, Ισοζύγιο νερών
5	Υδρογεωλογία Υδροχημεία
6	Γεωλογία, Υδρογεωλογία, Υδροχημεία, Πιεζομετρία, Ισοζύγιο νερών
7	Υπόγεια Υδατικά συστήματα, στοιχεία γεωτρήσεων, απογραφή σημείων

### 7.3 Γεωμορφολογία λεκάνης

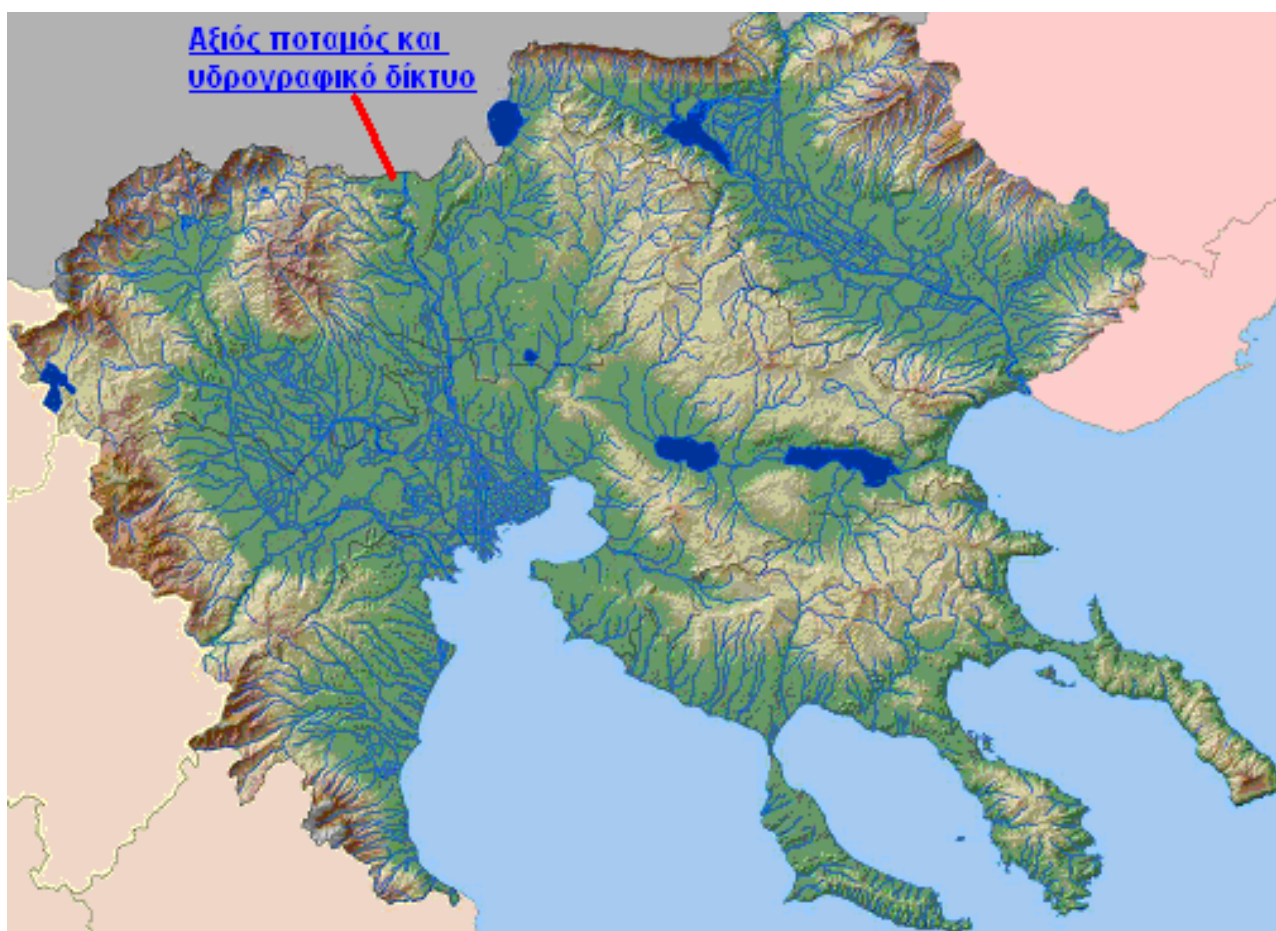
Η Λεκάνη Αξιού (Ελληνικό τμήμα), έκτασης 1.457 km<sup>2</sup>, έχει σχήμα τραπεζοειδές με τη μικρή του βάση προς νότο. Το μήκος της περιμέτρου της ανέρχεται περίπου σε 208 km, το μέγιστο μήκος σε 54 km και το μέγιστο πλάτος της σε 44 km. Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται σε 1.650 m. Το ανάγλυφο γενικά χαρακτηρίζεται από μια ορεινή-ημιορεινή περιοχή, (περί τα 218 km<sup>2</sup> ήτοι το 14,96%), από ένα λοφώδες τμήμα (περί τα 256 km<sup>2</sup>, ήτοι το 17,57%) και τέλος από τη νότια πεδινή περιοχή που καταλαμβάνει και τη μεγαλύτερη έκταση της λεκάνης (περί τα 983 km<sup>2</sup>, ήτοι 67,47%). Το μέσο υψόμετρο υπολογίζεται σε 256,8 m.

Όσον αφορά στο ανάγλυφο της νότιας κύριας λεκάνης, στο ανατολικό τμήμα, το ανάγλυφο είναι κυρίως χαμηλό – ομαλό (βλέπε χάρτη εικ.7.3.1).



μεγαλύτερα υψόμετρα στο λοφώδες τμήμα είναι περίπου 600 m (παρυφές Πάικου) στην περιοχή Ομαλού, ενώ το σύνηθες υψόμετρο στο κεντρικό τμήμα αυτής είναι περίπου 200 m και χαμηλώνει προς τα νότια μέχρι περίπου τα 40 m. Η τοπογραφική κλίση από Β-Ν είναι της τάξης των 9%. Το νοτιότερο τμήμα, μέχρι τη θάλασσα, ταυτίζεται με το ευρύτερο πεδινό τμήμα της Θεσσαλονίκης και το μεγάλο Δέλτα του ποταμού.

Οι ποταμοί και οι χείμαρροι μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες φερτών υλών, τα οποία λόγω της στενότητας της κοίτης διασκορπίζονται στην πεδιάδα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συχνή αλλαγή της θέσης της κοίτης λόγω απόθεσης μεγάλων ποσοτήτων ιλύος σ' αυτή. Ο μέσος ετήσιος όγκος φερτών ανέρχεται περίπου στα 9.250.000 m<sup>3</sup> και αποτελούνται από κροκάλες άμμους και ιλύες. Τα υλικά αυτά αποτίθενται στο δέλτα και μερικώς στον πυθμένα του Θερμαϊκού.



Εικ.7.3.2. Γεωμορφολογικός χάρτης και υδρογραφικό δίκτυο Κεντρικής Μακεδονίας (Βεράνης, 2008).

### ***Υδρογραφικό δίκτυο***

Ο Αξιός ποταμός είναι ο κύριος αποδέκτης της επιφανειακής απορροής της ομώνυμης λεκάνης (χάρτης εικ.7.3.2). Η διεύθυνση της διαδρομής του είναι Β – Ν και εκβάλλει από το

1934 μετά τη διευθέτηση της κοίτης του, στον κόλπο του Θερμαϊκού τον οποίο και τροφοδοτεί με μέση ετήσια παροχή  $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Οι εκβολές του Αξιού παλιότερα ήταν 10 km ΒΑ από τη σημερινή τους θέση, κοντά στις εκβολές του ποταμού Γαλλικού, στο δυτικό στόμιο του λιμανιού της Θεσσαλονίκης. Ο κίνδυνος όμως να κλείσει το λιμάνι της Θεσσαλονίκης από προσχώσεις, οδήγησε στην εκτροπή της κοίτης του με εργασίες που άρχισαν το 1928 και ολοκληρώθηκαν το 1934. Έτσι οι εκβολές του μετατοπίστηκαν από το στόμιο του λιμανιού στο στόμιο του κόλπου της Θεσσαλονίκης, κοντά στις εκβολές του ποταμού Λουδία. Ο ποταμός είναι διακρατικός μεταξύ Ελλάδας και FYROM. Το συνολικό μήκος του ποταμού Αξιού είναι 320 km από τα οποία τα 76 km βρίσκονται επί ελληνικού εδάφους. Ο ποταμός Αξιός χαρακτηρίζεται από τη μικρή κλίση της κοίτης του, τους μαιανδρισμούς του, καθώς και από τον σχηματισμό ποτάμιων αναβαθμίδων, που οφείλονται αποκλειστικά στην πλευρική δράση της κοίτης του.

Στην περιοχή του Βαλτοχωρίου έχει κατασκευαστεί το φράγμα της Έλλης, μήκους 1.132 m, με τα νερά του οποίου αρδεύεται μέσω ανοιχτών διώρυγων (καναλέττα) μια περίμετρος περί τα 330.000 στρέμματα γεωργικής γης.

Οι κυριότεροι κλάδοι του Αξιού είναι οι ακόλουθοι:

- ✓ **Αγιάκ**, που συγκεντρώνει τα επιφανειακά νερά του βορειοανατολικού τμήματος της λεκάνης (υπολεκάνη Χέρσου). Τελικός αποδέκτης του Αγιάκ είναι ο Αξιός ποταμός, μέσω της τεχνικής αποστραγγιστικής τάφρου, Ν. Καβάλας, Λιμνοτόπου, Άσπρου. Η τάφρος αυτή, κατασκευάστηκε για την αποξήρανση των λιμνών Αρτζάν (παλαιότερος αποδέκτης των νερών Αγιακ) και Αματόβου.
- ✓ **Μπαγιαλτζά** ρέμα. Το ρέμα αυτό συγκεντρώνει τα νερά του βορειοανατολικού ορεινού και ημιορεινού τμήματος της λεκάνης (περιοχή Ποντοηράκλειας, Πλατανιάς).
- ✓ **Ρέμα Λεβεντοχωρίου - Γυναικοκάστρου**, που συγκεντρώνει τα νερά του νότιου και νοτιοανατολικού λοφώδους τμήματος της λεκάνης (υπολεκάνη Γυναικοκάστρου - Μικροκάμπου). Τελικός αποδέκτης μέσω της τάφρου του Ανθόφυτου είναι ο Αξιός ποταμός.
- ✓ **Κοτζά ρέμα** (Μεγάλο ρέμα), που συγκεντρώνει τα νερά του βόρειου - βορειοανατολικού τμήματος του ορεινού συγκροτήματος του Πάικου. Κύριοι κλάδοι του είναι το Λυκόρεμα, το ρέμα Πεπονιάς (Κούρτερε) και το Κρουνέρι. Στο ρέμα αυτό εκφορτίζουν οι πηγές Λέχγιτς, Μαντέμου και Κούπας.
- ✓ **Ρέμα Γοργόπης**, που συγκεντρώνει τα νερά των ανατολικών παρυφών του ορεινού συγκροτήματος του Πάικου. Κύριοι κλάδοι του αποτελούν, ο Χαλιάς ρέμα και το ρέμα



της Γουμένισσας με τους επιμέρους κλάδους Μαύρο και Μεγάλο ρέμα. Στο ρέμα αυτό εκφορτίζουν οι πηγές Λιβαδίων, Κάρπης, Κοκκινόπετρας, Γουμένισσας, Καστανερής.

- ✓ **Πλατανόρεμα** (ρέμα Φυλυριάς - Αθύρων), που συγκεντρώνει τα νερά του νοτιοανατολικού τμήματος του Πάικου, καθώς και της ΝΑ λοφώδους περιοχής. Κύριοι κλάδοι του είναι το ρέμα Χαλιάς (ρέμα Γρίβας) και ο Ξηροποτάμος (ρέμα Πενταλόφου). Στο ρέμα αυτό εκφορτίζουν οι πηγές Γρίβας και Πενταλόφου.
- ✓ **Ρέμα Ομαλού** (Πλατανοπόταμος), που συγκεντρώνει τα νερά των νοτίων παρυφών του Πάικου, καθώς και της λοφώδους περιοχής. Κύριοι κλάδοι του είναι το ρέμα Καρυδιάς και Δασερού.
- ✓ **Ρέμα Σκρά - Χαμηλού** (Ποταμάκι), που συγκεντρώνει τα νερά των βορείων παρυφών του ορεινού συγκροτήματος του Πάικου. Εκβάλλει στον Αξιό ποταμό στην περιοχή Γευγελής της FYROM.

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, χαρακτηρίζεται ως σύνθετη, αφού οι μορφές των επί μέρους υδρορεμάτων τους είναι διαφορετικές μεταξύ τους.

#### **7.4 Γεωλογία Περιοχής**

Η λεκάνη Αξιού ανήκει στον ευρύτερο γεωτεκτονικό χώρο της ζώνης Αξιού, η οποία διακρίνεται σε τρεις επιμέρους υποζώνες, το ανατολικό μέτωπο «Αύλακα Παιονίας», το κεντρικό τμήμα «Υβωμα Πάικου» και το δυτικό περιθώριο «Αύλακα Αλμωπίας». Το Ελληνικό τμήμα της Λεκάνης Αξιού εντοπίζεται στις δυο πρώτες υποζώνες.

Ως υπόβαθρο του βυθίσματος θεωρούνται τα μεταμορφωμένα κυρίως πετρώματα που ανήκουν στις παραπάνω δυο υποζώνες. Στα πετρώματα του υποβάθρου επικάθονται τριτογενή και τεταρτογενή ιζήματα. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συγκροτούν την λεκάνη Αξιού είναι (βλέπε χάρτη εικ. 6.4.1):

#### **Ζώνη Παιονίας**

Ανήκουν οι ενότητες α) Βαφειοχωρίου – Αρτζάν που εντοπίζεται ΒΑ της λεκάνης και β) Γευγελής, που εντοπίζεται ΒΑ και περιλαμβάνουν τις παρακάτω γεωλογικές σειρές από τις παλαιότερες προς τις νεώτερες:

- ✓ α.1. Σειρά ιζηματογενών και ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών με σιπολίτες, χαλαζίτες, μαρμαρυγακούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, καθώς επίσης και ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα κυρίως στα κατώτερα στρωματογραφικά της τμήματα.
- ✓ α.2. Οφιολιθική σειρά με δολερίτες και διαβάσες μέσα στους οποίους έχουν διεισδύσει νεότερα όξινα πλουτώνια σώματα.
- ✓ α.3. Κλαστική ιζηματογενή σειρά με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, πηλίτες και ψαμμιτοειδείς ασβεστόλιθους (Ανω Ιουρασικού). Η σειρά επικάθεται επικλυσιογενώς στους οφιολίθους.
- ✓ α.4. Φλύσχη από κροκαλοπαγή ψαμμίτες και πηλίτες.
- ✓ β.1. Ασβεστόλιθοι της Κλεφτόπετρας (Γκόλα – Τσούκα): παχυστρωματώδεις, τεφροί έως τεφρόμαυροι, κρυσταλλικοί, μερικές φορές δολομιτικοί που στα βόρεια τμήματά τους εναλλάσσονται με σχιστόλιθους.
- ✓ β.2. Ηφαίστειο - ιζηματογενής σειρά Καστανερής: με σερικιτικά πορφυροειδή, τοφφίτες και σχιστολίθους, με παρεμβολές ασβεστολιθικών ενστρώσεων. Η ηλικία της σειράς θεωρείται Α. Ιουρασική.
- ✓ β.3. Ο σχηματισμός Γρίβας που αποτελείται κυρίως από λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις τεφρούς έως τεφρόλευκους κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, που στα ανώτερα μέλη τους εναλλάσσονται κατά θέσεις με σερικιτικούς σχιστόλιθους μικρού πάχους.

### **Ζώνη Πάικου (ΤΡΙΑΔΙΚΟ – ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ)**

Η ενότητα περιλαμβάνει τις παρακάτω γεωλογικές σειρές, που εντοπίζονται κυρίως στη δυτική περιοχή του Πάικου όρους:

- ✓ α. Τη Σειρά Κοκκινόπετρας (Καντάτσι) με εναλλαγές χλωριτικών, σερικιτικών σχιστολίθων, μάρμαρα και σιπολίτες.
- ✓ β. Τον ηφαιστειοϊζηματογενή σχηματισμό Λειβαδίων με χλωριτικούς σχιστόλιθους, μικροκροκαλοπαγή, ψαμμίτες και ηφαιστίτες.

### **Τριτογενείς σχηματισμοί**

Οι τριτογενείς σχηματισμοί διακρίνονται σε:

- ✓ **α) Παλαιογενείς αποθέσεις:** από μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, καθώς επίσης και βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους.
- ✓ **β) Νεογενείς αποθέσεις:** Αποτελούνται από την ψαμμιτομαργαϊκή σειρά και από τα αδρομερή κλαστικά ιζήματα.

## Τεταρτογενείς σχηματισμοί

Οι σχηματισμοί αυτοί καλύπτουν κατά κανόνα τα πεδινά τμήματα όλων των επιμέρους λεκανών και παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση. Είναι ιζήματα λιμναίας, χερσαίας, ποτάμιας και ποταμοχειμάρρειας φάσης, που διακρίνονται ανάλογα με την ηλικία τους στις:

**α. Πλειστοκαινικές αποθέσεις:** με ερυθρές αργίλους, αργιλοάμμους, στρώματα άμμων, χαλικιών, καθώς και από λεπτούς πάγκους ψαμμιτών και κροκαλοπαγών (ζώνη Πόντιον). Κατά μήκος της κοίτης των ποταμών, αναπτύσσεται σύστημα αναβαθμίδων από χαλαρά κροκαλοπαγή, αργιλώδεις άμμους και λεπτούς πάγκους χαλαρών ψαμμιτών, οι οποίες κατά θέσεις καλύπτονται από ελλουβιακές αποθέσεις.

### β. Ολοκαινικές αποθέσεις

Ταξινομούνται σε:

- β.1. Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων με ασύνδετα υλικά από χονδρόκοκκες και λεπτόκοκκες άμμους, αμμοχάλικα, αμμοαργίλους, αργίλους.
- β.2. Σύγχρονα ιζήματα λιμνών που συνίσταται από άμμους, αμμώδεις αργίλους, αργίλους, ιλύες. Τα ιζήματα αυτά απαντούν στις υπάρχουσες και τις αποξηρανθείσες λίμνες.
- β.3. Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα, που εντοπίζονται στις παρυφές των ορεινών όγκων.

Τέλος στη Λεκάνη Αξιού εντοπίζονται και πυριγενείς διεισδύσεις οι οποίες είναι:

- ✓ **Οφιολιθικό σύμπλεγμα:** από διαβάσες, μαξιλαροειδείς λάβες και σερπεντινωμένους περιδοτίτες με εμφανίσεις τάλκη αμιάντου και βερμικουλίτη κατά θέσεις.
- ✓ **Γρανίτης:** διμαρμαρυγιακός, σχιστώδης, μεσόκοκκος έως πηγματιτικός, λευκοκρατικός έως απλιτικός με πλαγιόκλαστα περθιτικά ορθόκλαστα, μικροκλινή, μοσχοβίτη, βιοτίτη και επουσιώδη ορυκτά. Συμμετέχει στη δομή όλων των ανωτέρων ζωνών με εντονότερη παρουσία στην ενότητα Προπάικου.
- ✓ **Πορφυρίτες (Τριτογενές):** ρυόλιθοι – δακίτες, με φαινοκρυστάλλους Κ-ούχων αστρίων, όξινων πλαγιόκλαστων, βιοτίτη και τραχίτες – ανδεσίτες. Γύρω από τις θέσεις των ηφαιστιτών παρατηρούνται συνήθως φλέβες και έντονη ζώνη εξαλλοίωσης.

\

## 7.5 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Τα κοκκώδη υπόγεια υδατικά συστήματα που περιλαμβάνονται στην λεκάνη του Αξιού, και που συσχετίζονται με επιφανειακά ύδατα, είναι τα παρακάτω:

GR1000030 Κοκκώδες Σύστημα Αξιού

GR100F250 Κοκκώδες Σύστημα Ποντοηράκλειας

GR0900130 Κοκκώδες Σύστημα Ασπρόλακκα

Τα υπόγεια αυτά συστήματα εκτιμάται ότι δέχονται μέση ετήσια τροφοδοσία περί τα 135 εκατ. κ.μ. νερού. Τα στοιχεία λήφθηκαν από τις διαχειριστικές μελέτες η εκπόνηση των οποίων είναι σε εξέλιξη.

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών της λεκάνης του Αξιού, παρουσιάζεται στους χάρτες Υ.Δ. 09 και Υ.Δ. 10-11 στο παράρτημα Β της παρούσας έκθεσης.

Η Λεκάνη του Αξιού, με βάση τους γεωλογικούς σχηματισμούς, δομείται από δυο μεγάλες ομάδες πετρωμάτων ως προς την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά. Τα πετρώματα της ορεινής και ημιορεινής περιοχής (κυρίως κρυσταλλικά μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα) και οι κοκκώδεις σχηματισμοί της λοφώδους και πεδινής περιοχής (βλέπε χάρτη εικ.7.5.1). Σε κάθε μία από αυτές τις ομάδες οι υδραυλικές παράμετροι των υπογείων υδροφοριών παρουσιάζουν αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις.

### **Σχηματισμοί ορεινής – ημιορεινής ζώνης εκτός ανθρακικών πετρωμάτων**

Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται κρυσταλλικά - ρωγματομένα πετρώματα (γνευσιακά, φυλλίτες της σειράς Σβούλας, σχιστόλιθοι, μεταηφαιστίτες, γρανίτες και οι οφιόλιθοι). Οι σχηματισμοί αυτοί είναι χωρίς ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον, αφού είναι χαμηλής υδροπερατότητας έως στεγανοί. Ασθενείς υδροφορίες μπορούν να αναπτύσσονται κυρίως σε ζώνες έντονης διάρρηξης και αποσάθρωσης, οι οποίες όμως είναι περιορισμένης δυναμικότητας και τοπικής σημασίας. Εκδηλώσεις της υδροφορίας αυτής είναι το πλήθος των μικροπηγών, που εμφανίζονται σε διάφορα ύψη των κλιτύων ή στις βάσεις τους και οι οποίες αποστραγγίζουν το ασυνεχές και αποσαθρωμένο τμήμα τους. Ο μεγάλος αριθμός των πηγαιών εκδηλώσεων και η διασπορά τους σε διάφορα υψόμετρα είναι χαρακτηριστικό της απουσίας ενιαίας υπόγεια υδροφορίας. Από τους σχηματισμούς αυτούς, ειδικότερη μνεία μπορεί να γίνει στους γρανίτες της περιοχής Φανού όπου παρουσιάζεται

λίγο μεγαλύτερη υδροφορία τοπικής όμως κλίμακας. Υδρογεώτρηση που πραγματοποιήθηκε στους σχηματισμούς αυτούς, περιοχή Πηγής (ΒΔ Αξιούπολης) απέδωσε παροχή  $\sim 20\text{m}^3/\text{h}$ .

Την ίδια υδρογεωλογική συμπεριφορά με τα προηγούμενα παρουσιάζουν η κλαστική ιζηματογενής σειρά της ζώνης Παιονίας που απαντούν από την Ποντοηράκλεια και το Χορύγι έως το Μαυρονέρι, και η ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Καστανερής.

### Σχηματισμοί ανθρακικής σειράς

Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει τα ανθρακικά - καρστικά πετρώματα. Σε αυτά ανήκουν τα ανθρακικά πετρώματα του Πάικου, καθώς και αυτά που συμμετέχουν στους ιζηματογενείς σχηματισμούς της Παιονίας. Η υδροφορία τους εξαρτάται από το βαθμό καρστικοποίησης, από το πάχος τους και από τις παρεμβολές ή όχι άλλων λιγότερο υδροπερατών σχηματισμών (σχιστολίθων). Στη λεκάνη από ανατολικά προς τα δυτικά συναντώνται οι παρακάτω ανθρακικοί σχηματισμοί:

- ✓ Ασβεστόλιθοι της Μ. Στέρνας και Βαφειοχωρίου (ΒΑ τμήμα).

Τα ανθρακικά πετρώματα της ενότητας αυτής χαρακτηρίζονται ως μέτριας υδροπερατότητας λόγω της περιορισμένης καρστικής διάβρωσης και της παρεμβολής στεγανών σχηματισμών (φυλλίτες), με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνθήκες χαμηλού βαθμού κατείσδυσης. Οι υδροφορίες που αναπτύσσονται στους σχηματισμούς αυτούς λόγω του εγκλωβισμού των ασβεστολίθων από σχιστολίθους, είναι μεταξύ τους ανεξάρτητοι, έχουν μικρή έως μέτρια δυναμικότητα και είναι περιορισμένης και τοπικής σημασίας. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι από τις 16 περίπου γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν στην περιοχή Μ. Στέρνα – Ηλιόφωτο με αξιόλογη παροχή  $30-80\text{ m}^3/\text{h}$  μετά από μερικά χρόνια λειτουργίας λειτουργούν μόνο 5. Υδρογεωτρήσεις, που ανορύχθηκαν στα ανθρακικά πετρώματα Βαφειοχωρίου – Κοτύλης, απέδωσαν παροχές από  $10$  έως  $40\text{m}^3/\text{h}$  ή κρίθηκαν αποτυχούσες.

- ✓ Ανθρακικοί σχηματισμοί Πάικου (ΒΑ τμήματος)

Οι σχηματισμοί αυτοί (από ανατολικά προς τα δυτικά) διακρίνονται σε τρία ανεξάρτητα καρστικά συστήματα:

- Καρστικά συστήματα Γρίβας

Υδροπερατά πετρώματα μικρού πλάτους και πάχους που βρίσκονται εγκλωβισμένα ανάμεσα σε σχηματισμούς μικρής υδροπερατότητας (ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Καστανερής και σχιστολίθους). Έχουν διάταξη από Β προς Ν, έκταση  $16\text{ km}^2$  και αποστραγγίζουν κύρια προς νότο από τις πηγές Γρίβας και Πενταλόφου με παροχές  $50\text{ m}^3/\text{h}$  και  $30\text{ m}^3/\text{h}$  αντίστοιχα.

- Καρστικό σύστημα Γκόλα – Τσούκα

Ο τεκτονισμός, ο έντονος κατακερματισμός, η έντονη καρστικοποίηση των ανθρακικών πετρωμάτων, καθώς και η εκτιμώμενη υδραυλική επικοινωνία με τη σειρά Καντάτσι συντελούν στην εναποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων υπόγειων νερών, που εκφορτίζονται από πλήθος πηγών πολύ μεγάλων παροχών (πηγές Κάρπης, Καστανερής, Μαντέμου).

- Καρστικό σύστημα Καντάτσι

Αναπτύσσεται στους ασβεστολίθους της ομώνυμης σειράς, οι οποίοι βρίσκονται σε εναλλαγές με σχιστολίθους. Το καρστικό αυτό σύστημα που αναπτύσσεται στην σειρά Καντάτσι καταλαμβάνει μέρος μόνο από τα 120 km<sup>2</sup> της. Η υδροπερατότητά τους παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση από θέση σε θέση και καθορίζεται από τον τεκτονισμό, το βαθμό καρστικοποίησης και την στρώση των πετρωμάτων. Το καρστικό σύστημα αποστραγγίζει από πλήθος πηγών διαφόρων παροχών, που εκδηλώνονται τόσο ανατολικά, όσο και δυτικά, κυριότερες πηγές είναι οι πηγές Βαλεράτσι, πηγές Λέχνιτς, κ.ά.

**Σχηματισμοί πεδινήσ – λοφώδους περιοχής (κοκκώδεις σχηματισμοί)**

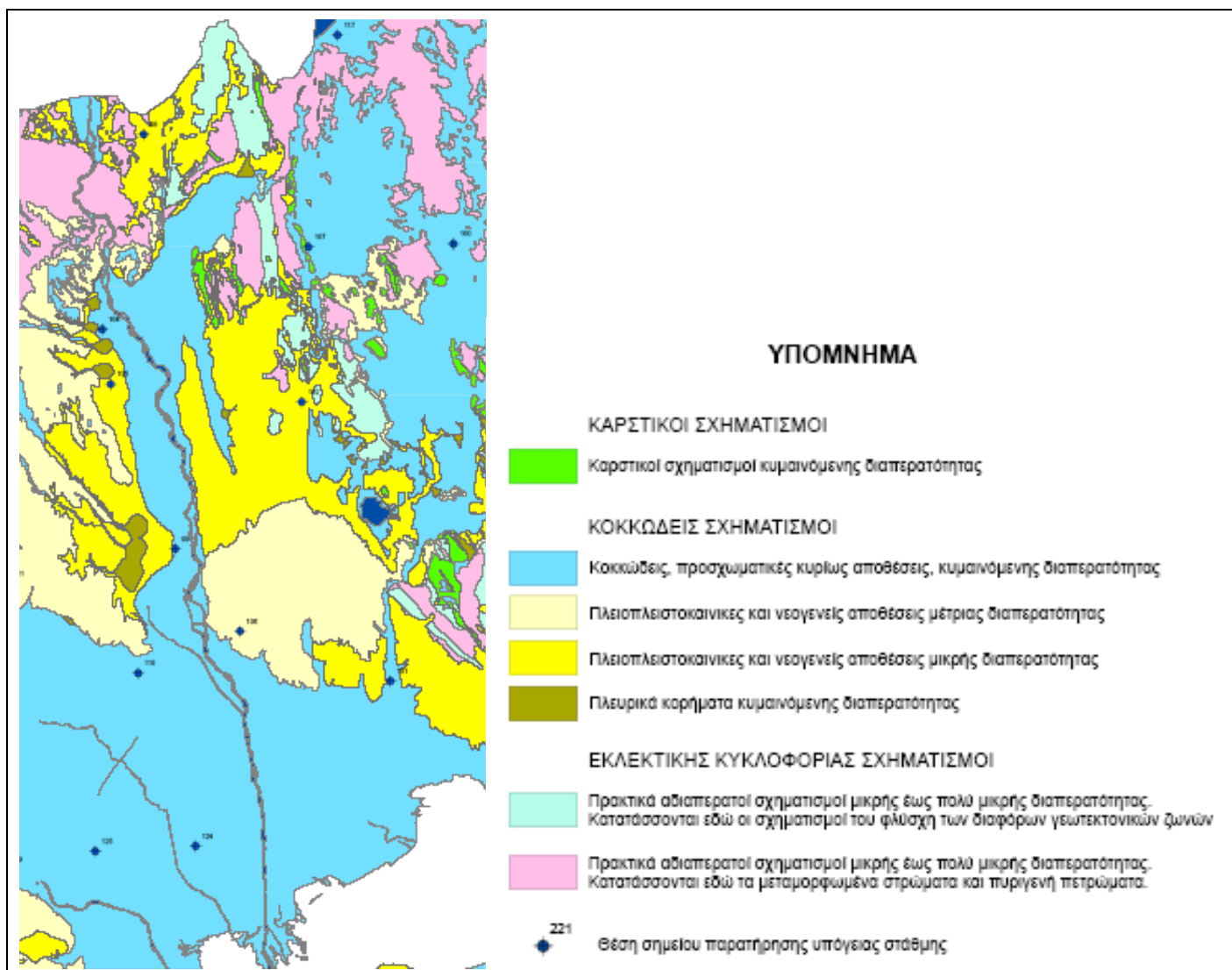
Στους σχηματισμούς αυτούς ανήκουν τα ιζήματα του **Τριτογενούς** και οι αποθέσεις του **Τεταρτογενούς** (βλέπε χάρτη εικ.7.5.1).

Τα ιζήματα του **Τριτογενούς** αναπτύσσονται στο νότιο τμήμα της λεκάνης και σε αρκετή έκταση καλύπτονται από αποθέσεις του Τεταρτογενούς. Αυτά συνίστανται από εναλλαγές ημιπερατών (άμμοι, ψαμμίτες) και υδατοστεγών στρωμάτων (άργιλοι, μάργες).

Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών χαρακτηρίζεται χαμηλή έως μέτρια και εξαρτάται από το πορώδες των αδρομερών μερών του (ψαμμιτών, άμμων), το πάχος τους, καθώς και την μεταβαλλόμενη παρουσία, οριζόντια και κατακόρυφη των υδατοστεγών μερών τους (άργιλοι, μάργες). Μέσα στους αμμόδεις και ψαμμιτικούς ορίζοντες αναπτύσσεται υδροφορία με τη μορφή επάλληλων, υπό πίεση οριζόντων. Το δυναμικό της υδροφορίας αυτής μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται από το πάχος, το πορώδες των υδροπερατών στρωμάτων, καθώς και την ευκολία τροφοδοσίας τους.

Έτσι, στην ανατολική λοφώδη περιοχή (Χερσοτοπίου, Κουκάρτζας) οι γεωτρήσεις αποδίδουν πολύ μικρές παροχές 5-15 m<sup>3</sup>/h, ενώ στη νοτιοανατολική πεδινή (Άσπρου, Αγιονέριου), καθώς και στην δυτική λοφώδη περιοχή (Φιλυριάς-Γουμένισσας, Πολυπέτρου, Ευρώπου) 20-35 m<sup>3</sup>/h. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών αυτών είναι της τάξης του 10<sup>-4</sup> έως 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>/sec.

Κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί ότι εντός των ιζημάτων αυτών εντοπίστηκαν εγκλωβισμένα υφάλμυρα υδροφόρα στρώματα στην περιοχή από την Τούμπα έως τον Άγιο Πέτρο (δυτικό κεντρικό τμήμα) και στη χαμηλή περιοχή της παλιάς λίμνης Αρτζάν. Το βάθος που εντοπίζονται αυτά εκτιμάται ότι είναι  $>120$  m.



**Εικ. 7.5.1.** Απόσπασμα υδρολιθολογικού χάρτη Υδατικού Διαμερίσματος 09 και 10-11 Λεκάνης Αξιού (από στοιχεία της παρούσας μελέτης σε συνδυασμό με στοιχεία από τις Διαχειριστικές Μελέτες ΥΠΑΑΝ - ΥΠΕΚΑ).

Οι αποθέσεις του **Τεταρτογενούς** (σύγχρονες λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις, καθώς και ποταμοχερσαίες πλειστοκαινικές αποθέσεις και συστήματα αναβαθμίδων) καλύπτουν τα πεδινά τμήματα της λεκάνης και συνίστανται από ιλύες, αργίλλους, ιλυούχες ή αμμούχες αργίλλους, άμμους, αμμοχάλικα, χαλίκια, κροκάλες, άλλοτε αναμεμιγμένα σε ποικίλες αναλογίες και άλλοτε σε ευδιάκριτες φακοειδούς μορφής επάλληλες στρώσεις διαφόρου κοκκομετρικής σύστασης. Μέσα στα χονδρόκοκα υλικά τους δημιουργούνται υπόγειοι

υδροφόροι ορίζοντες των οποίων η δυναμικότητα εξαρτάται από το πάχος, την κοκκομετρία τους καθώς και τις συνθήκες τροφοδοσίας τους.

Από άποψη υδροπερατότητας και επομένως και υδρογεωλογικής συμπεριφοράς, οι σχηματισμοί της λοφώδους και πεδινής περιοχής διακρίνονται σε τρεις ενότητες:

✓ **Χαμηλής υδροπερατότητας**

Σ' αυτούς ανήκουν τα σύγχρονα λιμναία ιζήματα της χαμηλής περιοχής Αρτζάν – Αματόβου, τα οποία συνίστανται από ιλύες, ιλυούχες ή αμμούχες αργίλους και άμμους. Των ιζημάτων αυτών υπόκεινται ιζηματογενείς αποθέσεις του Τεταρτογενούς και του Νεογενούς. Γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στους σχηματισμούς αυτούς απέδωσαν παροχές της τάξης 15-30 m<sup>3</sup>/h με εξαίρεση τα Β και ΒΑ περιθώρια της χαμηλής αυτής περιοχής (περιοχή Ποντοηράκλειας) όπου οι παροχές είναι μεγαλύτερες (40-60 m<sup>3</sup>/h). Η παροχή αυτή των γεωτρήσεων αποδίδεται στα υποκείμενα ιζήματα του και του Νεογενούς.

✓ **Υψηλής υδροπερατότητας**

Σ' αυτούς ανήκουν οι αδρομερείς σχηματισμοί, ποταμοχειμαρρώδους κυρίως προέλευσης, οι οποίοι αναπτύσσονται στην περιοχή Πολυκάστρου – Αξιούπολης και νότια μέχρι τα Ρύζια και στη συνέχεια σχεδόν μέχρι τη θάλασσα, όπως επίσης και κατά μήκος της σύγχρονης κοίτης του Αξιού ποταμού. Εντός των σχηματισμών αυτών αναπτύσσονται τα δυναμικότερα υδροφόρα στρώματα. Συγκεκριμένα εντοπίζεται ένας υψομετρικά ανώτερος φρεάτιος ορίζοντας ή «υδροφορία του Αξιού» και ένας μερικώς υπό πίεση βαθύτερος υδροφόρος ορίζοντας ή «υδροφορία Ελεούσας». Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πλέον βαθιά «υδροφορία του Αγ. Πέτρου», η οποία στη μεγαλύτερή της έκταση βρίσκεται κάτω από τις δυο προηγούμενες υδροφορίες.

Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται κατ' εξοχήν στο πεδινό τμήμα της προαναφερόμενης περιοχής μέχρι το μέσο βάθος των 25 m και έχει μέσο πάχος 15 m. Ο φρεάτιος («υδροφορία Αξιού») παρουσιάζεται στην περιοχή της Αξιούπολης έως του Καμποχωρίου, όπου δύσκολα διαχωρίζεται από τον υποκείμενο μέσου βάθους («υδροφορία Ελεούσας»). Νοτιότερα όμως διαφοροποιείται ευκρινώς από τους υποκείμενους ορίζοντες.

Ο μέσου βάθους υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται σε όλη την έκταση της αλλουβιακής λεκάνης (από Βορρά προς Νότο και από Δύση προς Ανατολή, με αυξομείωση στο πάχος, ενώ έχει τυπική εξάπλωση στην περιοχή Ελεούσας), σε βάθος από 26 m έως 75 m (περιοχή Ελεούσας) και έχει μέσο πάχος 25-32 m. Ο διαχωρισμός του υδροφόρου αυτού από



τον φρεάτιο στη μεν περιοχή Πολυκάστρου – Αξιούπολης – Βατοτοπίου δεν είναι ευκρινής, στην δε νοτιότερη περιοχή (περιοχή Καλοχωρίου) διαχωρίζεται από αργιλικό στρώμα πάχους 25 m και κυρίως από ορίζοντα τύρφης. Ο υδροφόρος αυτός διαχωρίζεται από τους υποκείμενους βαθείς υδροφόρους που αναπτύσσονται εντός των υποκείμενων ιζημάτων (ψαμμιτομαργαϊκή σειρά), από ένα στρώμα μαργών πάχους περίπου 5 m. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών αυτών είναι της τάξεως  $10^{-2} - 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ .

Οι βαθείς υδροφόροι ορίζοντες Αγίου Πέτρου αναπτύσσονται εντός της ψαμμιτικής μαργαϊκής σειράς, που στη λεκάνη υπόκεινται των δύο παραπάνω περιγραφέντων υδροφορέων. Διαχωρίζονται από τους υπερκείμενους υδροφόρους ορίζοντες από μαργαϊκό στρώμα πάχους πλέον των 5 m, ενώ το στρώμα αυτό στην περιοχή Αγ. Πέτρου ανέρχεται στα 10 m. Απομονωμένοι από τους υπερκείμενους υδροφορείς, ξεκινούν από το βάθος των 85 m στο βόρειο πεδινό τμήμα της λεκάνης, έως το βάθος των 75 m στο νότιο τμήμα αυτής. Ειδικά στο δυτικό τμήμα της αλλουβιακής λεκάνης βρίσκονται σε βάθος 40-50 m. Αποτελούν επαλληλία ημιπερατών υδροφόρων στρωμάτων, που συνίστανται από λεπτόκοκκους άμμους-μεσόκοκκους εμπλουτισμένους με μαρμαρυγία, συνεκτικά χαλίκια, κροκαλοπαγή, ψαμίτες, διακοπτόμενοι από μαργαϊκά υλικά. Το συνολικό πάχος των ημιπερατών και περατών υδροφόρων είναι μεγάλο και κυμαίνεται μεταξύ 55-60 m. Το πάχος συμπεραίνεται από στοιχεία υδρογεωτρήσεων με μέγιστο βάθος 200 m. Δεδομένου όμως ότι η ψαμμιτική-μαργαϊκή σειρά στο σύνολό της φτάνει τα 700 m πάχος είναι εύλογο να ειπωθεί ότι το συνολικό πάχος των υδροφόρων πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερο. Οι υδροφορείς αυτοί εκμεταλλεύονται από το Βορρά έως την περιοχή Ριζίων μέχρι το βάθος των 150 m. Νοτιότερα εκμεταλλεύονται μέχρι το βάθος των 120-180 m και αυτό γιατί βαθύτερα η υδροφορία αυτών παρουσιάζεται έντονα υφάλμυρη, η δε περιεκτικότητα ιόντων Cl μικτής προέλευσης ανέρχεται στα 5000 ppm στην περιοχή Αθύρων – Κουφαλίων, ενώ στην περιοχή Αγ. Πέτρου εγγίζει τις 2000 ppm. Η τροφοδοσία των βαθέων υδροφόρων συντελείται από τη λοφώδη περιοχή και από τον Αξιό ποταμό, σε μια πολύ μικρή περιοχή, περιοχή Αξιούπολης, όπου η ψαμμιτομαργαϊκή σειρά, εξέρχεται στην επιφάνεια.

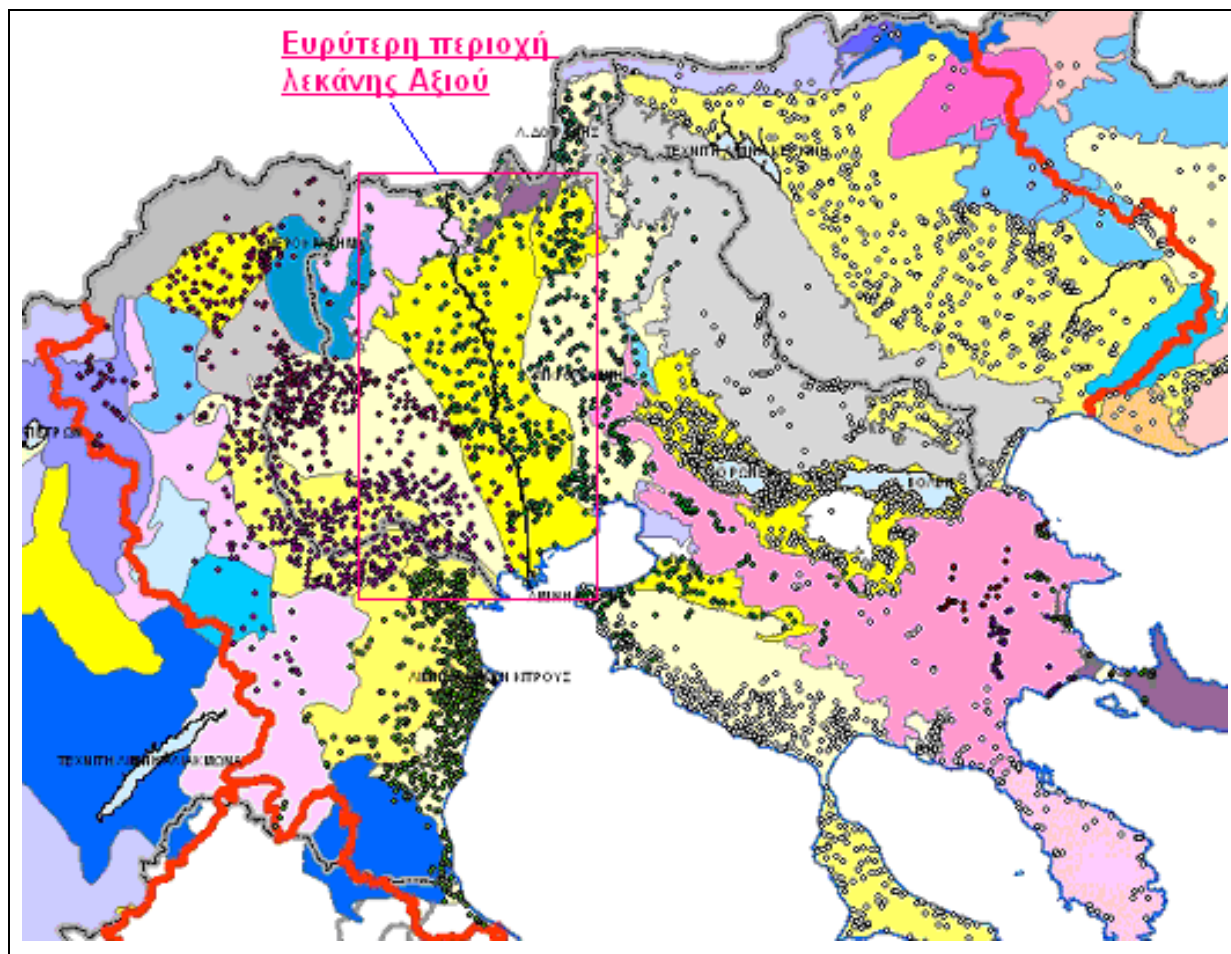
### ✓ **Μεταβλητής υδροπερατότητας**

Σ' αυτούς ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις των υπόλοιπων πεδινών τμημάτων της λεκάνης, οι κώνοι κορημάτων και πλειστοκαινικές αποθέσεις ποταμοχερσαίας προέλευσης. Η εξάπλωση των σχηματισμών αυτών είναι μεγάλη και παρουσιάζουν αξιόλογο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Από λιθολογικής άποψης, οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από αδρομερή υλικά (κροκάλες, χάλικες, άμμοι), καθώς και λεπτομερή (αργίλους, ιλύες) με ή χωρίς διαβάθμιση.

Η υδροπερατότητα των ιζημάτων αυτών εξαιτίας του τρόπου σχηματισμού τους ποικίλλει έντονα από περιοχή σε περιοχή (μικρή έως μέτρια) και είναι κατά θέσεις υψηλή. Αυτό εξαρτάται από τη φύση, τη διάταξη και την κοκκομετρική σύσταση των υλικών από τα οποία αποτελούνται. Γενικά, όσο ανδρομερέστερα είναι τα υλικά και όσο μικρότερο είναι το ποσοστό συμμετοχής της αργίλου, τόσο μεγαλύτερη είναι η υδροπερατότητά τους. Ο τρόπος απόθεσης των σχηματισμών αυτών είχε ως αποτέλεσμα την άτακτη κατανομή της διαφόρου κοκκομετρίας υλικών τους, τη δημιουργία διασταυρούμενων στρώσεων και γενικότερα τη δημιουργία συνθηκών που να επιτρέπουν την ανάπτυξη υπόγειας υδροφορίας εντός των αδρομερών υλικών τους με μορφή φρεάτιου ορίζοντα ή επάλληλων μερικώς υπό πίεση οριζόντων.

Εξαιτίας της ποικίλης υδροπερατότητας του υπόγειου υδροφορέα, του πάχους του, που διαφέρει από περιοχή σε περιοχή (γενικά μικρό στα περιθώρια των υπολεκανών και μεγαλύτερο στο κέντρο τους) και των διαφορετικών συνθηκών τροφοδοσίας του, η δυναμικότητά του παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή. Έτσι, στην ανατολική περιοχή (κέντρο υπολεκάνης Χέρσου) αναπτύσσεται αξιόλογης δυναμικότητας υπόγεια υδροφορία. Γεωτρήσεις, που έγιναν, απέδωσαν παροχές 90-150 m<sup>3</sup>/h, η δε ειδική παροχή τους κυμαίνεται από 2,7 έως 7,8 m<sup>3</sup>/h/m. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών αυτών είναι της τάξης του 10<sup>-3</sup> έως 10<sup>-4</sup> m/sec.

Στο υπόλοιπο πεδινό τμήμα της υπολεκάνης Χέρσου, στα βόρεια ανατολικά περιθώρια της χαμηλής περιοχής Αρτζάν, στην περιοχή Τούμπα, Ευρώπου, Αγίου Πέτρου, Αποστόλων, Μαυρονερίου, Χορνυγίου (κατά μήκος του Μεταλλικού ρέματος) αναπτύσσεται μέτριας δυναμικότητας υπόγεια υδροφορία. Γεωτρήσεις που έγιναν στις περιοχές αυτές έδωσαν παροχές 30-60 m<sup>3</sup>/h και κατά θέσεις έως 90m<sup>3</sup>/h και η ειδική παροχή τους κυμαίνεται από 0,8 έως 5 m<sup>3</sup>/h/m. Η υδραυλική αγωγιμότητα των σχηματισμών αυτών είναι της τάξης του 10<sup>-4</sup> έως 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>/sec και τοπικά 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/h.



**Εικ.7.5.2.** Απογραφή σημείων νερού Κεντρικής Μακεδονίας σε χάρτη με τα υδροφόρα συστήματα (Βεράνης, 2010).

### **Υδροφορία νότιου πεδινού τμήματος**

Μια ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει για το νότιο πεδινό τμήμα, (περιοχή νότια Επαρχιακής Οδού Θεσσαλονίκης – Έδεσσας), που αποτελεί τμήμα της ευρύτερης πεδινής περιοχής Θεσσαλονίκης Γιαννιτσών. Ο υδρογεωλογικός χαρακτήρας του τμήματος αυτού οφείλεται στην έντονη φυσική δραστηριότητα του Αξιού ποταμού κατά πρώτο λόγο και των υπολοίπων ποταμών κατά δεύτερο λόγο. Το πεδίο χαρακτηρίζεται έντονα δελταϊκό. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελεί η έντονη ετερογένεια όλων των υδροφορέων ανεξάρτητα βάθους, προς όλες τις κατευθύνσεις. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη γειτνίαση με τη θάλασσα, την έντονη εκμετάλλευση των υπόγειων νερών και τις έντονες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (γεωργικές, βιομηχανικές, αστικές κ.λ.π.) ενέχει μεγάλο κίνδυνο ρύπανσης των υπόγειων νερών. Εξ άλλου από διάφορες μελέτες τρωτότητας των υπόγειων νερών για την ευρύτερη περιοχή, η προαναφερόμενη περιοχή συγκαταλέγεται στις περιοχές με υψηλό δείκτη τρωτότητας των υπόγειων νερών. Στο χάρτη εικ.7.5.2 απεικονίζεται η πυκνότητα των

υπαρχόντων γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Αξιού σύμφωνα με την απογραφή του ΙΓΜΕ (Βεράνης, 2010).

### **Πιεζομετρικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής εκτός νότιου τμήματος**

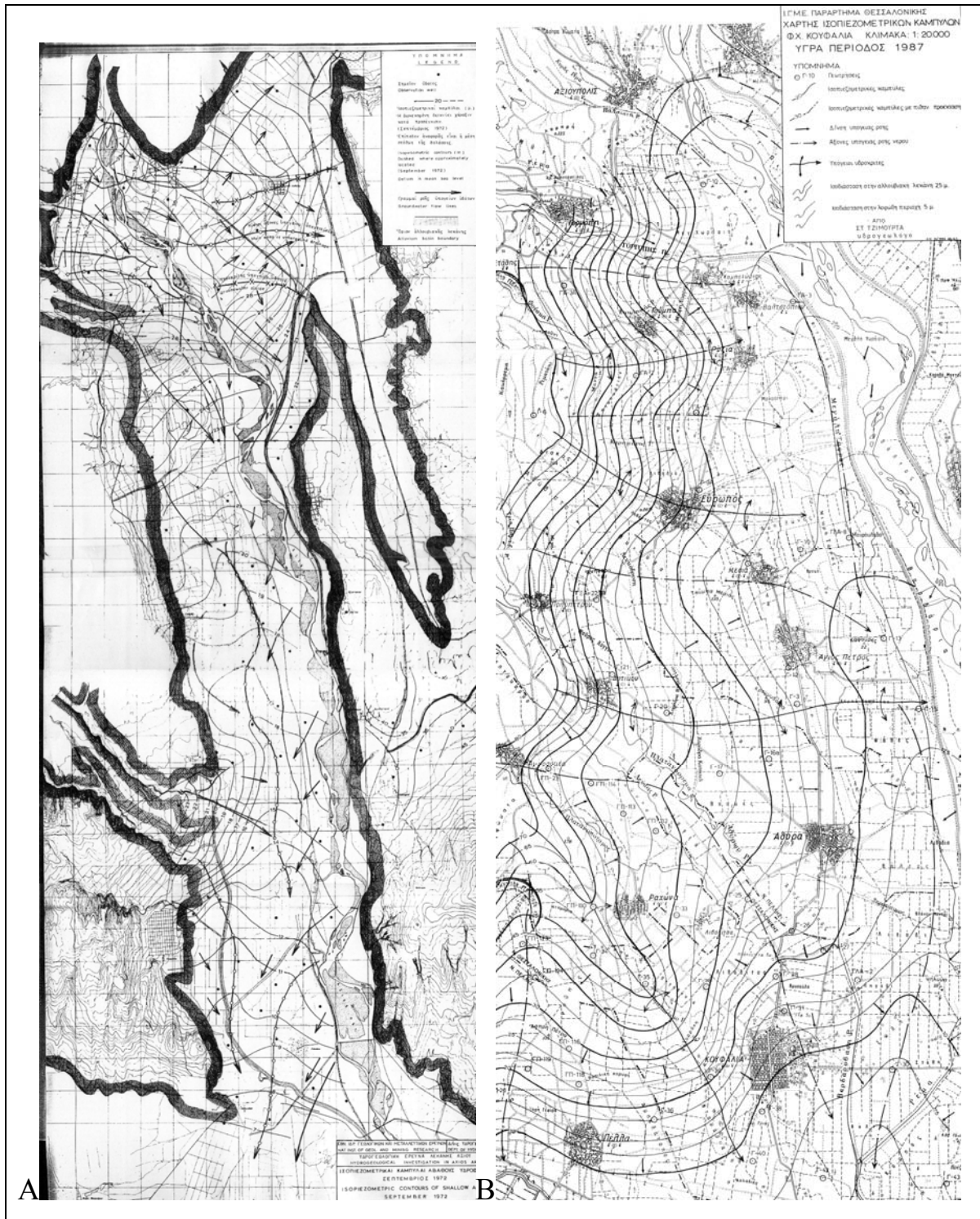
Από μετρήσεις στάθμης και τη σύνταξη διαφόρων πιεζομετρικών χαρτών για τα διάφορα υδροφόρα συστήματα, που προαναφέρθηκαν, της λεκάνης Αξιού διαπιστώθηκαν τα εξής (βλέπε χάρτες εικ.7.5.3<sup>A</sup> και εικ.7.5.3<sup>B</sup>):

- Η διακύμανση της ανώτερης και κατώτερης στάθμης του φρεάτιου ορίζοντα της λεκάνης προσδιορίστηκε από 0,14 έως 1,91 m.
- Η διακύμανση της ανώτερης και κατώτερης στάθμης στους βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με το πάχος των πλειστοκαινικών αποθέσεων, τη διαβάθμιση και το πάχος των τεταρτογενών αποθέσεων και γενικά την παρουσία πρόσφατων αποθέσεων.
- Η πορεία εξέλιξης της δίαιτας των υπόγειων υδροφορέων κατά τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζει διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή και από έτος σε έτος. Έτσι έχουμε περιοχές με σταδιακή διαχρονική κάμψη (περιοχή Χέρσου, λοφώδης και πεδινή περιοχή Αξιού), καθώς και περιοχές όπου η εξέλιξη της δίαιτας διαχρονικά παραμένει σχεδόν αμετάβλητη (παρόχθια περιοχή Αξιού ποταμού).
- Διαμορφώνονται άξονες υπόγειας απορροής των υπόγειων νερών, με αρχή τη λοφώδη περιοχή και κατάληξη την πεδινή. Οι διευθύνσεις των παραπάνω αξόνων είναι Δ-Α, όπου είναι ευκρινής η κίνηση υπόγειων νερών από τη λοφώδη περιοχή προς την κοιλάδα, όπως το δηλώνουν οι άξονες υπόγειας απορροής Γοργόπης Ριζιών, Μεσιάς και Αθύρων, οι οποίοι νοτιότερα κάμπτονται ΝΑ. Εκτός από τους παραπάνω άξονες υπόγειας απορροής, είναι ευκρινείς και άξονες διεύθυνσης Β-Ν, όπως στην περιοχή Αξιούπόλεως-Βαλτοτοπίου και Αγίου Πέτρου-Ελεούσας. Η κίνηση των υπόγειων νερών από Β-Ν, υποδηλώνει μια αξονική υπόγεια τροφοδοσία της αλλουβιακής λεκάνης από τον Αξιό ποταμό, η δίαιτα του οποίου επηρεάζει αποκλειστικά τους αβαθείς και τους μεσαίους υδροφόρους ορίζοντες. Οι άξονες υπόγειας αποστράγγισης, συμπίπτουν με τα δύο κύρια υδρορέματα Γοργόπης και Αθύρων (λοφώδης περιοχή), ενώ στο πεδινό τμήμα αυτής ο άξονας υπόγειας αποστράγγισης συμπίπτει προσεγγιστικά με την παλαιοκοίτη του Αξιού.

Η κίνηση των υπόγειων νερών, από τη λοφώδη περιοχή προς την κοιλάδα του Αξιού, οριοθετείται από την ύπαρξη υπόγειων υδροκριτών, που άλλοτε συμπίπτουν με τους επιφανειακούς και άλλοτε είναι ανεξάρτητοι αυτών. Η δημιουργία αυτών, οφείλεται ή σε τεκτονικά αίτια, όπως στην περιοχή Ευρώπου όπου παρατηρείται ανύψωση της περιοχής ή στην αλλαγή λιθολογικής φάσης περιοχής Κουφαλίων.

Οι γραμμές ροής στο ανατολικό τμήμα παρουσιάζουν διάφορες διευθύνσεις. Συγκεκριμένα, στην υπολεκάνη Χέρσου αυτές συγκλίνουν προς το κέντρο (περιοχή Ηλιόλουστου), γεγονός που υποδηλώνει υδροφόρους ορίζοντες ακτινωτού τύπου. Στην υπόλοιπη περιοχή γενικά οι γραμμές ροής είναι από ανατολικά προς τα δυτικά, δηλαδή προς τον άξονα του Αξιού ποταμού.

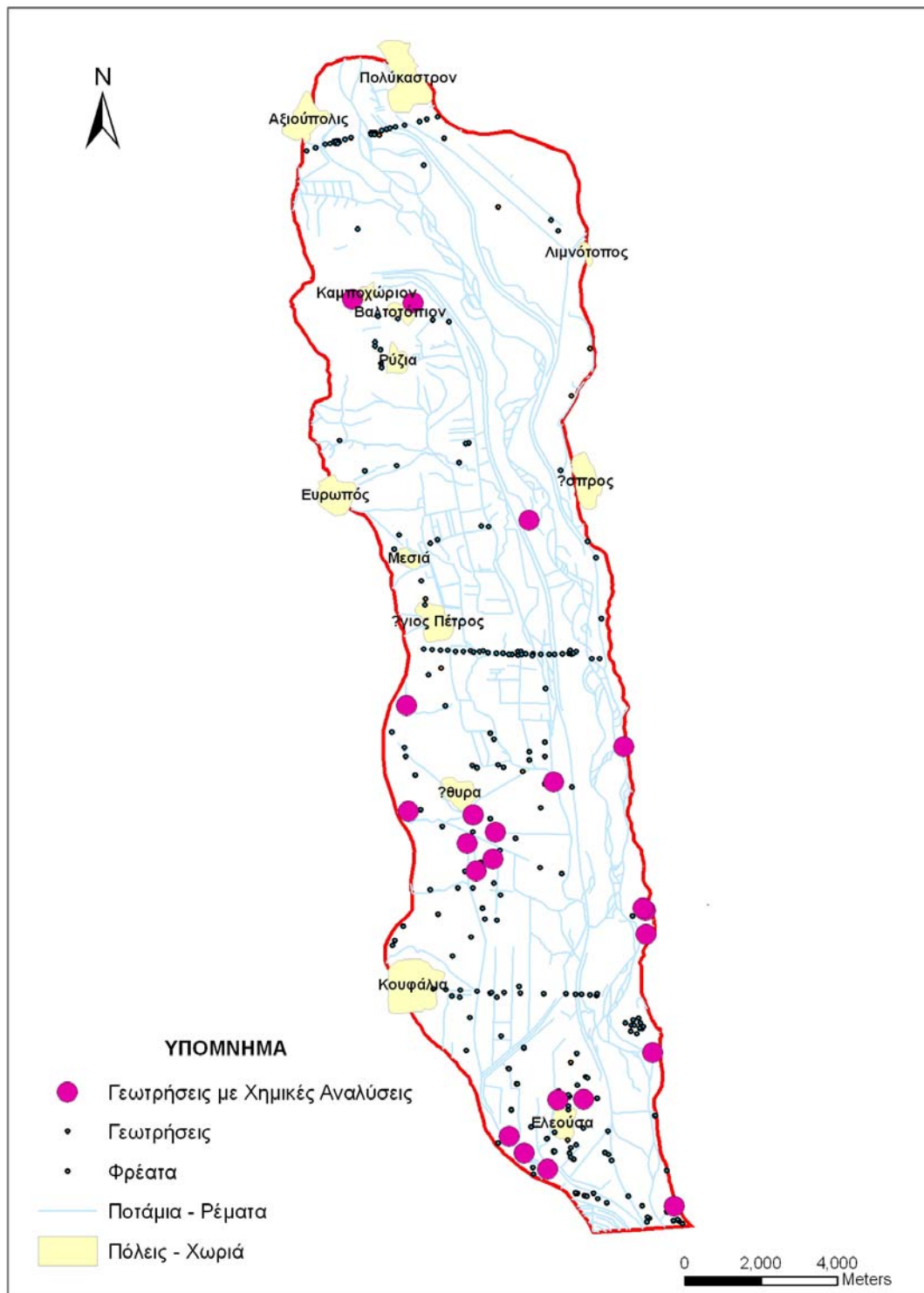
Οι συχνές εναλλαγές αξόνων υπόγειας αποστράγγισης και υπόγειων υδροκριτών, διαχωρίζουν την περιοχή (κυρίως λοφώδη), σε εκλεκτικούς τομείς υπόγειας ροής υδάτων. Οι πιεζομετρικές κλίσεις στη λοφώδη περιοχή, είναι μεγαλύτερες απ' ό τι στην πεδινή. Οι παράγοντες που ρυθμίζουν την υδραυλική κλίση της λοφώδους περιοχής, είναι η αυξομείωση κλίσης και πάχους συνεχούς στρώματος μαργών που λειτουργούν σαν υδατοστεγείς, δημιουργώντας λόγω της ασυνέχειας ένα υδρογεωλογικό ψευτο-υπόβαθρο.



Εικ.7.5.3. Πιεζομετρικοί χάρτες διαφόρων περιόδων (Α: Ξηρή περίοδος 1973 και Β: Υγρή περίοδος 1987) κοιλάδας Αξιού (ΙΓΜΕ. Χριστοδούλου, 1975, Τζιμούρτας, 1994).

Η ελάττωση της υδραυλικής κλίσης της πιεζομετρικής επιφάνειας στην πεδινή περιοχή, οφείλεται κυρίως στην αύξηση της διαβιβαστικότητας των υδροφόρων σε σύγκριση με τη λοφώδη. Η αραιώση των ισοπιεζομετρικών καμπυλών που παρατηρούνται στην

αλλουβιακή λεκάνη, οφείλεται στην υψηλή περατότητα και διαβιβαστικότητα των εκεί υδροφόρων στρωμάτων.



**Εικ.7.5.4.** Χάρτης κοιλάδας Αξιού με τα σημεία που χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση της στάθμης και για χημικές αναλύσεις (Βεράνης, 2010).

Μελετώντας την κατανομή του υδραυλικού φορτίου στην αλλουβιακή λεκάνη, με επίπεδο αναφοράς τη στάθμη του Αξιού, σ' όλο το μήκος του, διαπιστώνουμε ότι στα δυτικά κράσπεδα της λεκάνης έχουμε ένα φάσμα θετικών τιμών, όπου η υψηλότερη τιμή είναι 15 m. Στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης, πλησίον του Αξιού και ιδιαίτερα στο κεντρικό τμήμα, οι τιμές παραμένουν θετικές, είναι όμως της τάξης κάτω του 1 m και αυτό εξηγεί και την οριακή ισορροπία μεταξύ της στάθμης του Αξιού και της υπόγειας στάθμης, σε τμήματα κοντά στον Αξιό ποταμό.

### **Νότιο πεδινό τμήμα**

Η παρακολούθηση της στάθμης των υδροφόρων στρωμάτων (Βεράνης 2010) στο νότιο πεδινό τμήμα και σε ένα μεγάλο αριθμό υδρογεωτρήσεων (χάρτης εικ.7.5.4), έδειξε μια ανησυχητική κατάσταση, λόγω του γεγονότος ότι ο φρεάτιος ορίζοντας σε μεγάλο μέρος του προαναφερόμενου τμήματος βρίσκεται σε χαμηλότερα υψόμετρα σε σχέση με το υψόμετρο της θάλασσας, με άμεσο κίνδυνο διείσδυσης θαλασσινού νερού. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην υπεράντληση. Υπάρχει όμως ένα παράκτιο τμήμα, κυρίως το νοτιοδυτικό (μεταξύ Αξιού και Λουδία), όπου η υπεράρδευση των ορυζώνων από επιφανειακά νερά (Αξιού, Αλιάκμονα), προκαλεί άνοδο της στάθμης και δημιουργείται έτσι μέτωπο ανάσχεσης της διείσδυσης της θάλασσας.

Η κατάσταση με τους βαθείς υδροφόρους ορίζοντες είναι πολύ πιο ανησυχητική, αφού η στάθμη τους στο μεγαλύτερο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής βρίσκεται σε αρνητικά υψόμετρα, που φτάνει έως και τα -30 m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Υπάρχουν δυο τμήματα (περιοχή Σίνδου και περιοχή Γέφυρας) όπου η στάθμη βρίσκεται ακόμα βαθύτερα από τα παραπάνω επίπεδα. Σε τμήματα αυτών των υδροφοριών παρουσιάζονται φαινόμενα υφαλμύρισης (βλ. παράγραφο 7.7)

Έπειτα από σύγκριση με παλιότερους πιεζομετρικούς χάρτες (βλέπε χάρτη εικ.7.5.3<sup>A</sup>, εικ.7.5.3<sup>B</sup>) η εικόνα της περιοχής είναι επιβαρυνμένη σε ότι αναφέρεται στην υπερεκμετάλλευση της υδροφορίας. Η στάθμη έχει σε μια 15ετία υποχωρήσει τουλάχιστον 6m, αλλά και σε ορισμένες θέσεις φτάνει ακόμα και τα 15m. Αυτό σημαίνει ότι κατά τα τελευταία χρόνια γίνεται υπερεκμετάλλευση των υδροφόρων στρωμάτων. Επομένως, για ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής, όχι μόνο δεν πρέπει να αυξηθεί η εκμετάλλευση των υδροφορέων, αλλά αντίθετα επιβάλλεται να μειωθεί (κυρίως περιοχή Σίνδου, Καλοχωρίου, Κάτω Αξιού κ.λπ.).



Γενικότερα ο πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής δείχνει ένα άξονα υπόγειας αποστράγγισης δυτικά, παράλληλα με τον Αξιό. Στη συνέχεια μέχρι το Λουδία ποταμό εντοπίζονται παράλληλοι, με τον προηγούμενο, άξονες τροφοδοσίας και αποστράγγισης. Οι περισσότεροι από αυτούς ταυτίζονται με παλιές κοίτες των διαφόρων ποταμών της περιοχής.

## 7.6 Δίκτυο γεωτρήσεων - Μετρήσεις στάθμης

Οι σταθερές θέσεις δειγματοληψίας (ΣΘΔ) στη λεκάνη του Αξιού επιλέχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το βαθμό επιρροής (τροφοδοσίας ή εμπλουτισμο) από τους επιφανειακούς άξονες απορροής καθώς και από τις ζώνες υφαλμύρισης. Κατά συνέπεια ο μεγαλύτερος αριθμός των σημείων δειγματοληψίας είναι διασκορπισμένος γύρω από τους άξονες απορροής και κυρίως τον Αξιό. Τα σημεία αυτά καλύπτουν και τις αποστραγγιστικές τάφρους, οι οποίες την υγρή περίοδο ενεργούν ως αποστραγγιστικές τάφροι των υπόγειων νερών, ενώ την ξηρή περίοδο λειτουργούν ως τάφροι εμπλουτισμού.

Επιλέχθηκαν 10 θέσεις κατάλληλες για τη σύνθεση του δικτύου παρακολούθησης της κύμανσης της υπόγειας στάθμης, η χωρική κατανομή των οποίων (βλέπε χάρτη εικ.7.5.1) είναι επαρκής για την ομοιόμορφη κατά το δυνατόν κάλυψη της λεκάνης.

**Πίνακας 7.6.1.**

Μετρήσεις στάθμης νερού επιλεγμένων γεωτρήσεων, για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης στο πεδινό της Λεκάνης Αξιού (θέση γεωτρήσεων: βλέπε χάρτη σχ.7.5.1)

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
98	127	2,03	1,37	1,87	1,22
99	19	4,31	3,95	4,20	3,87
100	61	17,33	16,11	16,88	15,14
101	84	4,22	3,81	4,03	3,72
102	71	2,09	1,78	1,96	1,65
103	336	201,78	175,38	199,38	175,23
104	44	1,81	4,51	4,57	4,73*
105	52	14,77	12,25	13,87	11,78
106	55	19,42	17,03	19,04	17,01

Α/Μ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ (m)			
		10 <sup>05</sup> 2010	5 <sup>05</sup> 2011	9 <sup>05</sup> - 10 <sup>05</sup> 2011	5 <sup>05</sup> 2012
107	108	28,88	24,38	27,87	24,12

Με βάση τις μετρήσεις για την παρούσα μελέτη (βλέπε πίνακα 7.6.1), παρατηρούνται τα εξής: Οι γεωτρήσεις 103 και 100 βρίσκονται στη λεκάνη του Γαλλικού ποταμού ανατολικά της Λεκάνης του Αξιού, η πρώτη στις πλαγιές του Δύσωρου όρους και η δεύτερη στο λοφώδες ανάγλυφο. Το βάθος της στάθμης σε αυτές είναι αναλογικό του υψομέτρου και η τροφοδοσία εξασφαλίζεται για την μεν γεωτρήση 103 από πλευρικές μεταγγίσεις, για την δε γεωτρήση 100 από επιφανειακούς άξονες ροής.

Η γεωτρήση 101 εντοπίζεται στην ίδια λεκάνη στη νότια πεδινή περιοχή στη γειτονιά με το Γαλλικό ποταμό. Η διακύμανση και το βάθος της στάθμης δείχνουν σαφέστατα την τροφοδοσία αυτής από το Γαλλικό ποταμό.

Οι υπόλοιπες γεωτρήσεις εντοπίζονται κοντύτερα σχετικά στον π. Αξιό. Η γεώτρηση 98 στο πρώτο πεδινό τμήμα Ευζώνων – Ειδομένης μεταξύ του Αξιού και του ρέματος Ποταμάκι, φαίνεται ότι δέχεται τροφοδοσία από τους επιφανειακούς άξονες. Οι γεωτρήσεις 107 και 102 βρίσκονται στην ανατολική πλευρά του Αξιού. Φαίνεται ότι οι τροφοδοσίες εξασφαλίζονται από πλευρικές μεταγγίσεις από τα ψηλότερα ανατολικά υδροφόρα. Οι γεωτρήσεις 104 και 105 εντοπίζονται δυτικά στον Αξιό (νότια Αξιούπολης) και πλησίον του. Δέχονται τροφοδοσία και οι αρνητικές τιμές μεταξύ των δύο περιόδων δηλώνουν ότι οι υπόγειες στάθμες που βρίσκονται κοντά στο ποτάμι, ακολουθούν τη στάθμη του ποταμού. Το ίδιο συμβαίνει και με την γεώτρηση 99 που βρίσκεται νοτιότερα των προηγούμενων αλλά δίπλα στο ποτάμι. Τέλος, η 106 βρίσκεται ακόμα νοτιότερα στη λοφώδη περιοχή και δεν δέχεται τροφοδοσία από το ποτάμι αλλά από γειτονικά υδροφόρα.

Για τις περισσότερες γεωτρήσεις που εντοπίζονται στο κύριο πεδινό του Αξιού, η σχέση των υπόγειων νερών με τα επιφανειακά πιστοποιείται και από τους πιεζομετρικούς χάρτες εικ. 7.5.3<sup>A</sup> και 7.5.3<sup>B</sup>.

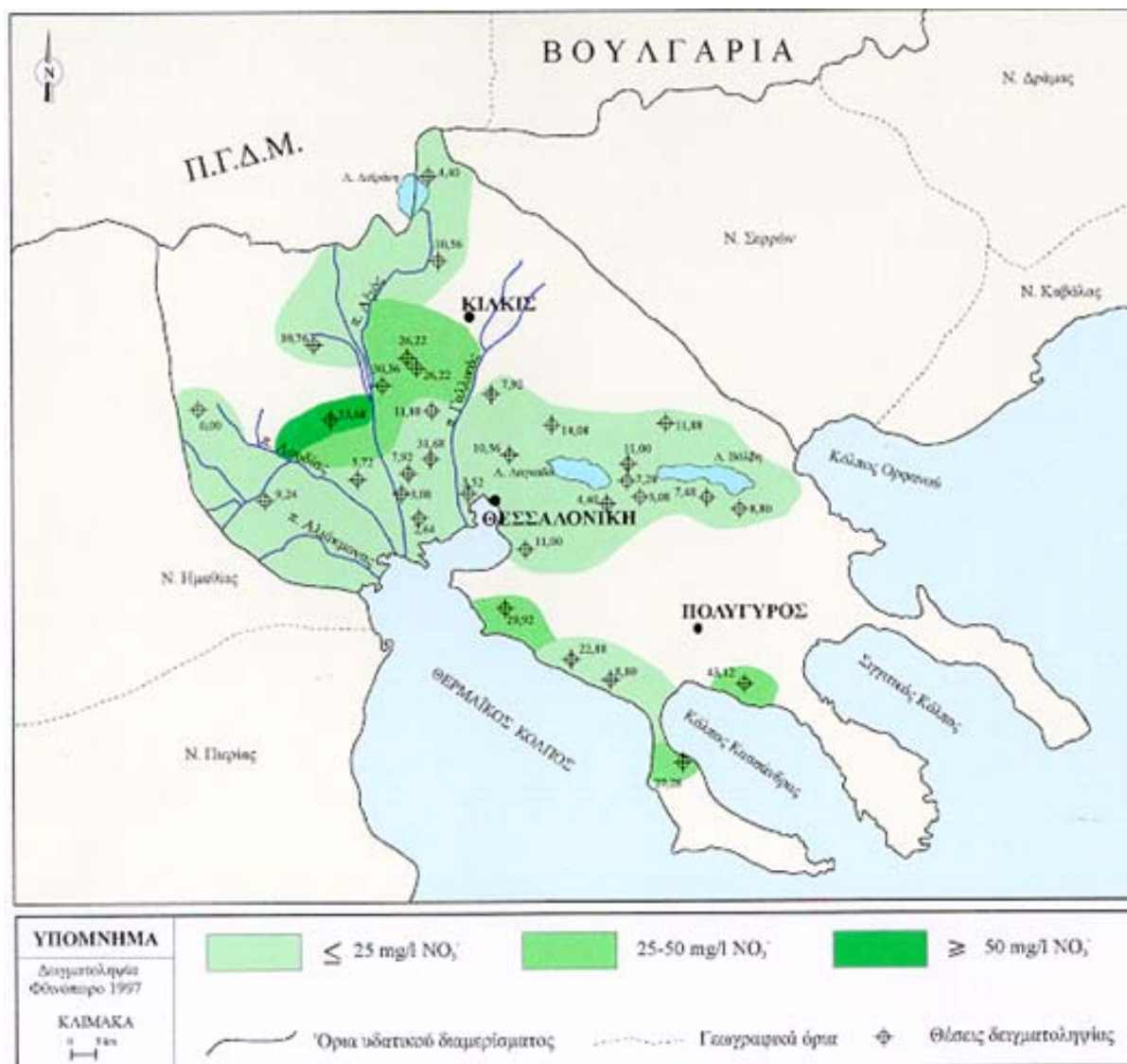
## 7.7 Ποιότητα νερών - Χημικές Αναλύσεις

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

Τα υπόγεια νερά της λεκάνης απορροής του Αξιού παρουσιάζουν κατά θέσεις μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων (υφαλμύριση), τόσο στο φρεάτιο όσο και στο βαθύτερο ορίζοντα.

Σε ό,τι αφορά τον κίνδυνο προέλασης του μετώπου υφαλμύρισης, φαίνεται ότι το πρόβλημα στη λεκάνη Αξιού είναι πιο σύνθετο, λόγω των συνθηκών απόθεσης των πρόσφατων ιζημάτων και της έντονης παρουσίας στα βαθύτερα υδροφόρα, υλικών θαλάσσιας προέλευσης (εγκλωβισμένες αλμύρες). Με βάση τη δομή και την προέλευση των υδροφορέων, δεν είναι εύκολο να διαπιστωθεί η ακριβής θέση της διεπιφάνειας γλυκού – θαλασσινού νερού. Πάντως είναι βέβαιο ότι η αλμυρή σφήνα έχει προελάσει κατά την τελευταία εικοσαετία, ενώ οι σημερινές υδραυλικές συνθήκες (πιεζομετρία) δείχνουν ότι αυτή η προέλαση θα συνεχισθεί. Ενδιαφέρον θέμα είναι ο ρυθμός προέλασης και η ανάμειξη με τις υπολειμματικές νησίδες υφάλμυρου νερού.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει μια εκτεταμένη υφάλμυρη νησίδα στην ΒΔ περιοχή της λεκάνης. Η περιοχή αυτή, που κάτω από το προσεγγιστικό βάθος των 120 m παρουσιάζει έντονη υφαλμύριση, είναι ΒΔ και ΝΑ του χωριού Αθύρων. Μια λεπτότερη ζώνη προσδιορίστηκε μεταξύ των 60-80 m βάθους στην ίδια περιοχή. Υφάλμυρα επίσης νερά εντοπίστηκαν στην ίδια περιοχή, κατά μήκος των αξόνων δύο μεγάλων ρηγμάτων με διεύθυνση Β-Ν ως επίσης και ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ. Έτσι, οι άξονες των διερχόμενων ρηγμάτων, από Άθυρα – Άγιο Πέτρο – Ρίζια και κατά μήκος του άξονα παράλληλα προς τη σημερινή κοίτη, περιέχουν υφάλμυρα νερά με διαφοροποίηση σημειακά στις ποσότητες  $Cl^-$  και  $Na^{++}$ , που οφείλεται στη μεγαλύτερη ή μικρότερη προσφορά γλυκού νερού και κυρίως στη δίαιτα του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα. Η υφαλμύριση εντοπίζεται σε βάθη μεγαλύτερα των 120 m και εντός της ψαμμιτικής-μαργαϊκής σειράς.

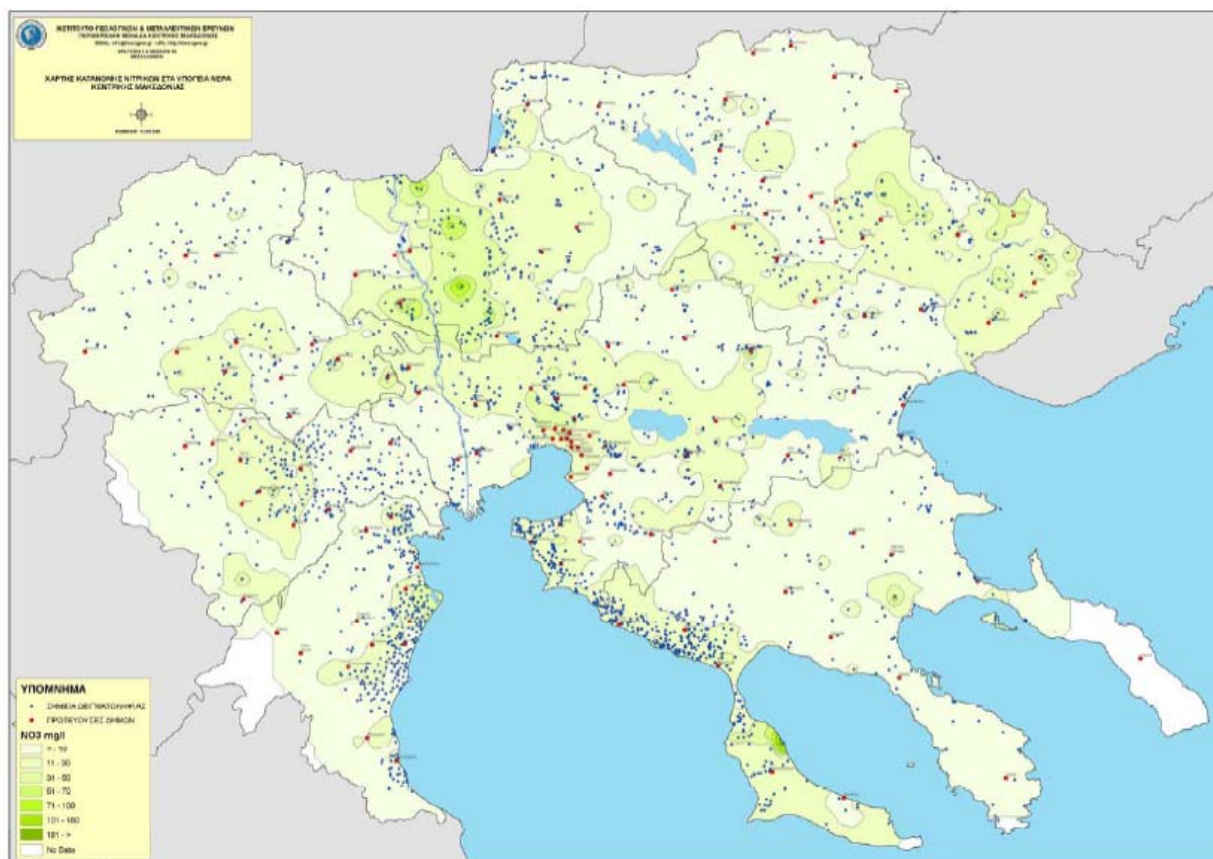


**Εικ.7.7.1.** Κατανομή νιτρικών στις λεκάνες Κεντρικής Μακεδονίας (Καλλέργης, 1999).

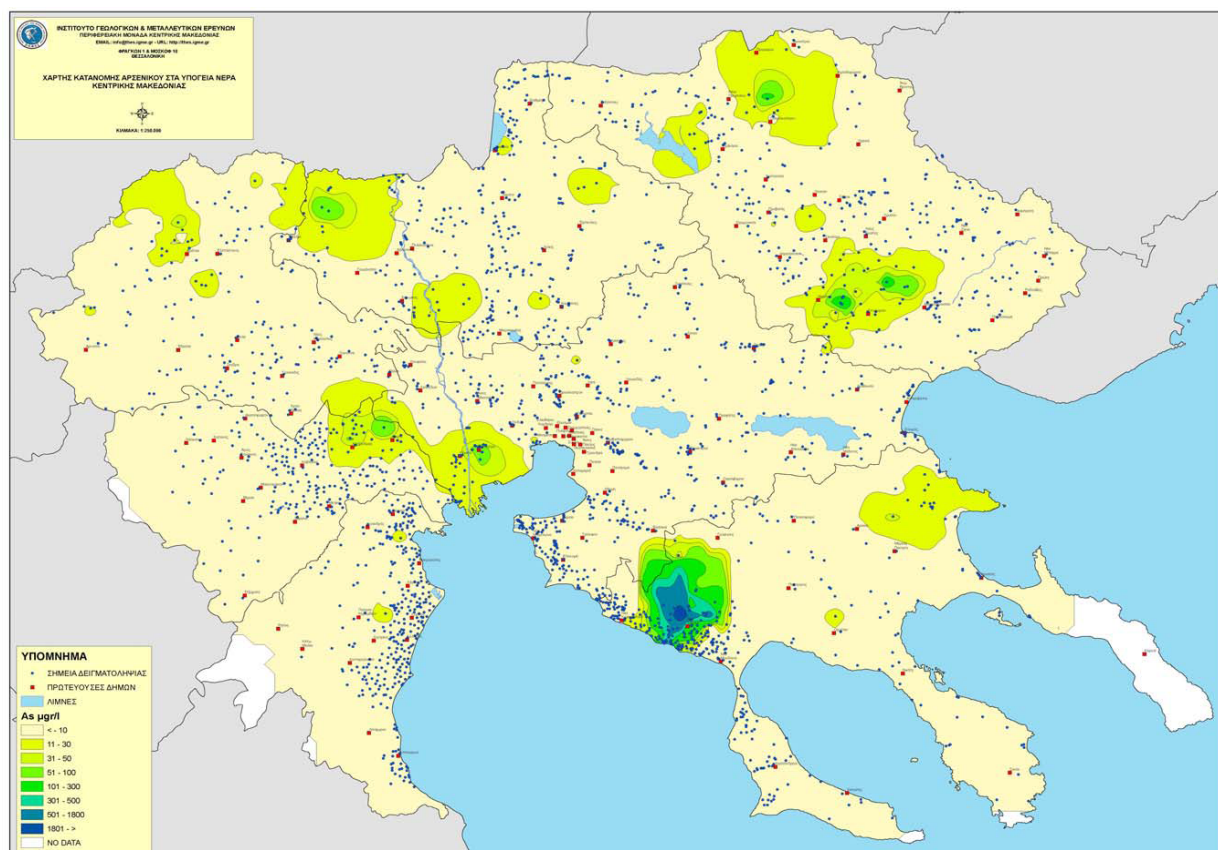
Κατά κανόνα, νερά με έντονα χαρακτηριστικά υφαλμύρινσης παρατηρούνται στο νότιο τμήμα της λεκάνης Αξιού, τόσο στο αμέσως γειτονικό με τη θάλασσα τμήμα, όσο και υπό μορφή νησίδων σε ενδότερες περιοχές, που δηλώνουν σαφώς την ύπαρξη υπολειμματικών υφάλμυρων στρωμάτων.

Με βάση χημικές αναλύσεις που έχουν κατά καιρούς πραγματοποιηθεί προκύπτουν επιπλέον τα εξής. Από μελέτη που έγινε για τη νιτρορρύπανση (Καλλέργης, 1999, χάρτης εικ.7.7.1) έχουν καταγραφεί υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων σε αρκετά σημεία δειγματοληψίας. Ιδιαίτερα στο κέντρο και ανατολικά της λεκάνης, παρατηρούνται τιμές σε πολύ υψηλά επίπεδα όπου οι συγκεντρώσεις των νιτρικών υπερβαίνουν σε αρκετές περιπτώσεις το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των νιτρικών και

των αμμωνιακών αποτελούν ένδειξη ότι η νιτρορρύπανση δεν βρίσκεται στο τελικό της στάδιο, αλλά εξελίσσεται και αναμένεται να οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερες τιμές νιτρικών.

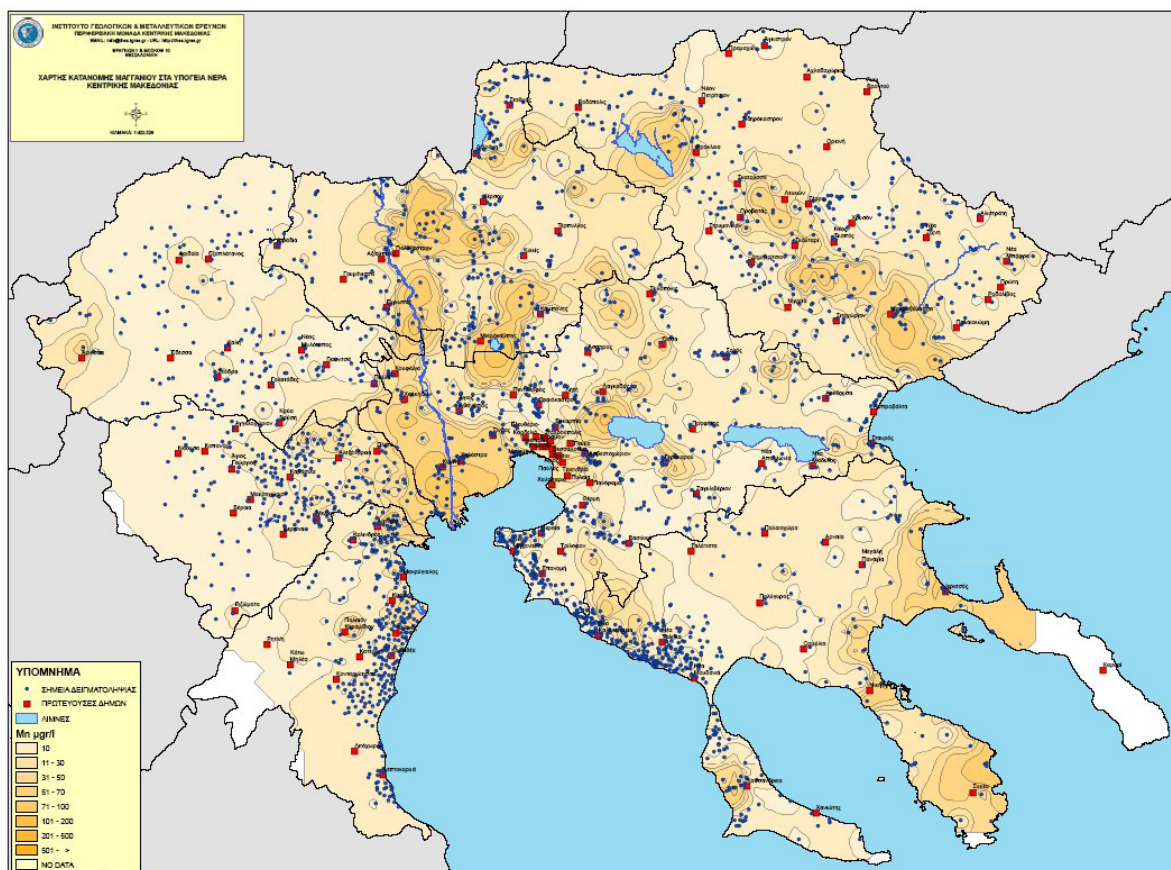


**Εικ.7.7.2.** Χάρτης κατανομής νιτρικών στα νερά των γεωτρήσεων των πεδίων της Κεντρικής Μακεδονίας (Βεράνης, 2010).



**Εικ.7.7.3.** Χάρτης κατανομής ιόντων As στα νερά των γεωτρήσεων των πεδίων της Κεντρικής Μακεδονίας (Βεράνης, 2010).

Επίσης, από εκτεταμένη έρευνα του ΙΓΜΕ σε ένα μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων (βλέπε χάρτη εικ. 7.5.4), έχουν προκύψει αυξημένες τιμές σε αρκετά μέταλλα, όπως Fe, Mn κ.λ.π. καθώς και σε As (βλέπε χάρτες εικ.7.7.2, εικ.7.7.3, εικ.7.7.4). Οι υψηλές αυτές τιμές των ιχνοστοιχείων πρέπει να συνδέονται με τις υψηλές τιμές του φυσικού υποβάθρου και όχι τις περισσότερες φορές με ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Τα στοιχεία της νιτρορρύπανσης είναι σχεδόν ίδια με αυτά του χάρτη εικ.7.7.1. Η κατανομή του Mn έχει άμεση σχέση με την ποιότητα του ποταμού, φαίνεται ότι οι ζώνες αυξημένης συγκέντρωσης βρίσκονται εκατέρωθεν του ποταμού.



Εικ.7.7.4. Χάρτης κατανομής ιόντων Μn στα νερά των γεωτρήσεων των πεδίων της Κεντρικής Μακεδονίας (Βεράνης, 2010).

#### 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.

Από τις μετρήσεις των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των υπόγειων νερών (TDS, αγωγιμότητα, αλατότητα κ.λ.π.) προέκυψε ότι, οι τιμές των μετρήσεων που έγιναν στα νερά των γεωτρήσεων της λεκάνης Αξιού, ποικίλλουν σε ένα μεγάλο εύρος συγκριτικά με τις τιμές αυτών που έγιναν στα νερά του Αξιού ποταμού και των διαφόρων χειμάρρων, που εκφορτίζονται σε αυτόν.

Από το σύνολο των δειγμάτων που λήφθηκαν από γεωτρήσεις, εκείνες που παρουσιάζουν τιμές παραμέτρων σε παρόμοια επίπεδα συγκεντρώσεων με αυτές του ποταμού, επιβεβαιώνουν την άμεση τροφοδοσία των υπόγειων νερών από τα νερά του Αξιού και των παραποτάμων του. Όσο πιο απομακρυσμένες είναι οι γεωτρήσεις από τους επιφανειακούς

άξονες, τόσο οι συγκεντρώσεις TDS και Αγωγιμότητας, είναι μεγαλύτερες, λόγω του μεγαλύτερου χρόνου επαφής του νερού με τον υδροφόρο.

Σε αρκετές γεωτρήσεις της περιοχής Αθύρων - Κουφαλίων και σε ορισμένες της περιοχής Σύνδου, η αιτία των υψηλών τιμών αγωγιμότητας και TDS, οφείλεται στην υφαλμύριση των υπόγειων νερών. Επιβεβαιώνεται έτσι η εκτεταμένη υφάλμυρη νησίδα (παλιές θαμμένες αλμύρες) στην ΒΔ περιοχή της λεκάνης (ΒΔ και ΝΑ του χωριού Αθύρων). Αντίθετα, οι μεγάλες τιμές αγωγιμότητας  $>1000\mu\text{S}/\text{cm}$  και TDS  $>500\text{mg}/\text{l}$  ορισμένων γεωτρήσεων στην περιοχή Σίνδου οφείλονται στη σύγχρονη διείσδυση της θάλασσας λόγω υπερβολικών αντλήσεων και συνεχή πτώση στάθμης κάτω από το επίπεδο της θάλασσας.

Οι συγκεντρώσεις υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων σε πολλές θέσεις στα υπόγεια νερά της λεκάνης Αξιού δείχνουν την διακύμανση της υδροπερατότητας των επιφανειακών στρωμάτων και αποθέσεων και κατ' επέκταση τον διαφορετικό ρυθμό διήθησης. Η διαφοροποίηση της συγκέντρωσης στις διάφορες γεωτρήσεις επιβεβαιώνει την έντονη ετερογένεια όλων των υδροφορέων ανεξάρτητα βάθους.

Η παρουσία της καφεΐνης σε όλα τα επιφανειακά και σε όλα τα υπόγεια δηλώνει την γενική τροφοδοσία των υπόγειων νερών από τα επιφανειακά μέσα από διάφορες διαδρομές και η διαφοροποίηση στη ποσότητα απεικονίζει τους διαφορετικούς τρόπους τροφοδοσίας των υπόγειων από τα επιφανειακά.

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

Η ευρύτερη υδρογεωλογική λεκάνη Αξιού συνιστά μια τάφρο, που καθορίζεται από μια σειρά ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ και μια σειρά ρηγμάτων εγκάρσια προς αυτά με διεύθυνση Β-Ν. Η δυτική πλευρά της λεκάνης Αξιού εντάσσεται στην παραπάνω υδρογεωλογική τεκτονική ενότητα και αποτελεί ένα επί μέρους βύθισμα οριοθετούμενο από ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν, όπως ο άξονας κύριων ρηγμάτων Αξιουπόλεως Αγίου Πέτρου-Κουφαλίων.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται εντός της λεκάνης συγκροτούνται από σύγχρονες και τεταρτογενείς χαλαρές αποθέσεις ποταμών, χειμάρρων και λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, όπως η ψαμμιτική μαργαϊκή σειρά του Ποντίου (Τριτογενές). Στα σύγχρονα και τεταρτογενή ιζήματα διαμορφώνονται επάλληλοι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες με πλούσιες



υδροφορίες που έχουν καθολική ανάπτυξη. Οι υδροφόροι αυτοί ομαδοποιούνται σε τρεις ομάδες:

- στην ανώτερη, που είναι ο φρεάτιος ή υδροφόρος του Αξιού
- στη μέση, που είναι ο μέσος υδροφόρος ορίζοντα ή υδροφόρος της Ελεούσας
- στη βαθιά, που είναι ο βαθύς υδροφόρος ορίζοντας ή υδροφόρος Αγ. Πέτρου, στον οποίο επικρατεί η ψαμμιτομαργαϊκή σειρά όπου διαμορφώνονται επάλληλοι υδροφόροι μέτριας υδροφορίας.

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης, ευνοούν την επικοινωνία της υπόγειας υδροφορίας με τον Αξιό ποταμό και τα υδατορέματα, και με την πλευρική μετάγγιση νερών από τα δυτικά αυτής κράσπεδα.

Η τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων της λοφώδους περιοχής επιτυγχάνεται δια των βροχοπτώσεων, της μετάγγισης υπόγειων νερών εκ των παρυφών του Πάικου όρους και επιπλέον δια της πλευρικής και καθέτου διηθήσεως του νερού των υδρορεμάτων.

Η τροφοδοσία των βαθέων υδροφόρων με νερό, γίνεται από τη λοφώδη περιοχή. Μόνο σε ένα σημείο, βόρεια της Αξιούπολης, έρχονται σε επαφή οι βαθείς υδροφόροι με τον ποταμό Αξιό. Η ειδική παροχή των υδάτων του βαθύ ορίζοντα είναι 50-100 m<sup>2</sup>/h.

Τα υπόγεια νερά της λεκάνης απορροής του Αξιού παρουσιάζουν κατά θέσεις έντονο το φαινόμενο της υφαλμύρινσης. Η κύρια ζώνη υφαλμύρινσης εντοπίζεται στην περιοχή Αθύρων, το δε βάθος αυτής προσδιορίστηκε κάτω των 120 m. Εγκλωβισμένα υπόγεια νερά υπάρχουν κατά μήκος του ρήγματος Αθύρων-Αγίου Πέτρου κάτω από το προηγούμενο βάθος. Ο βαθμός υφαλμύρινσης ποικίλλει έντονα. Οι υψηλότερες τιμές που έχουν σημειωθεί είναι της τάξης των 4900 ppm, οι δε χαμηλότερες των 850 ppm.

Κατά κανόνα, νερά με έντονα χαρακτηριστικά υφαλμύρινσης παρατηρούνται στο νότιο τμήμα της λεκάνης Αξιού, τόσο στο αμέσως γειτονικό με τη θάλασσα τμήμα, όσο και υπό μορφή νησίδων σε ενδότερες περιοχές, που δηλώνουν σαφώς την ύπαρξη υπολειμματικών υφάλμυρων στρωμάτων.

Η σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών, όπως προσδιορίζονται από τους πιεζομετρικούς χάρτες της περιοχής και την παρακολούθηση της στάθμης επιλεγμένων γεωτρήσεων, έχει ως εξής:

- Οι υπόγειες υδροφορίες και ιδιαίτερα ο φρεάτιος ορίζοντας στην ευρύτερη περιοχή της κοίτης του Αξιού, έχει μια αμφίδρομη σχέση τροφοδοσίας με τον ποταμό. Συνήθως τα υπόγεια υδροφόρα τροφοδοτούνται από τα νερά του ποταμού. Αυτό

επιβεβαιώνεται και από την παρουσία του άξονα αποστράγγισης στους πιεζομετρικούς χάρτες, παράλληλα με τον Αξιό, που ξεκινά από το βορρά και φτάνει μέχρι το νότο. Ορισμένες εποχές και στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης, τα υπόγεια υδροφόρα εκφορτίζονται στο ποταμό.

- Η βαθιά υδροφορία τροφοδοτείται από τον ποταμό μόνο στην περιοχή εκείνη, στα βόρεια (περιοχή Αξιούπολης), όπου η ψαμμιτομαργαϊκή σειρά εξέρχεται στην επιφάνεια.
- Το υπόλοιπο υδρογραφικό δίκτυο έχει και αυτό μια αμφίδρομη σχέση τροφοδοσίας με τα υπόγεια. Σε μεγάλο ποσοστό, το δίκτυο του Αξιού τροφοδοτεί τα υπόγεια υδροφόρα. Αυτός είναι και ο λόγος της μειωμένης παροχής των κοιτών πριν φτάσουν τον Αξιό, το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Σε ορισμένες όμως θέσεις, κυρίως χαμηλού υψομέτρου συμβαίνει το αντίθετο, ο υπόγειος ορίζοντας εκφορτίζεται στις κοίτες.

## 7.9 Βιβλιογραφία

- ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ, Ζ., ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Χ., ΥΦΑΝΤΗΣ Γ. (2009). Νερό αειφορική διαχείριση και περιβάλλον. Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ελευθερίου Κορδελιού. Θεσσαλονίκη
- ΑΛΜΠΙΑΝΑΚΗΣ, Κ., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α., ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Λ., (1994). Μηχανισμοί και εξέλιξη του Δέλτα Αξιού ποταμού κατά τον 20<sup>ο</sup> Αιώνα.. Πρακτικό 3<sup>οο</sup> Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου. Τόμος Β Αθήνα.
- ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ, Π (1988). Τα υπόγεια νερά της περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. 1<sup>ο</sup> Αναπτυξιακό Συνέδριο Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη.
- ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ, Π (1994). Υδρογεωλογικά στοιχεία της Λεκάνης Αξιού. Πρακτικά διημερίδας «ΑΞΙΟΣ, Προβλήματα, Δυνατότητες, προοπτικές. Χαλάστρα.
- ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ, Π., ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ, Σ., ΤΣΟΛΑΚΗΣ, Κ., (1998). Υδροφορία των νεογενών πετρωμάτων της περιοχής νοτιοανατολικά του Πάικου όρους. Πρακτικά 3<sup>οο</sup> Υδρογεωλογικού Συνεδρίου σελ. 179-189. Ηράκλειο Κρήτης.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., (2002). Υδρογεωλογική – Υδροχημική έρευνα, για την επίλυση υδρευτικού προβλήματος του Δ. Χαλάστρας Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ για λογαριασμό ΚΕΔΚΕ.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν.(2010): Υδρογεωλογική μελέτη των υδροφόρων συστημάτων της περιοχής της κεντρικής Μακεδονίας. Τόμ. 1 και 2Α. CSF Project (2003-2009) «Καταγραφή και αξιολόγηση των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών των υδροφόρων συστημάτων της χώρας». RUCM-IGME, Θεσσαλονίκη.

- ΒΟΥΤΣΑ Δ., 1993: Μελέτη και χαρακτηρισμός των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης, Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ. Τμήμα Χημείας
- ΓΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ Κ. (1969): Εξαλλοιώσις τόφων (μπετονιτοποιήσις) ανατολικής πλευράς Αξιού ποταμού της πεδιάδος Θεσσαλονίκης. Συνέδριο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Θεσσαλονίκη, Πρακτικά 155-158.
- CHRISTODOULOU, Th., LEONIIADIS, I., PAYNE, MORFIS, and TZIMOURTAS, S. (1993) Isotope hydrology study of the Axios river plain in northern Greece. Journal of Hydrology, 146: 391-404.
- ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ Γ. (2000): Υδρογεωλογική μελέτη του όρους Πάικου και του καρστικού συστήματος των πηγών Αραβησσού. Ερευνητικό πρόγραμμα για λογαριασμό του ΟΥΘ. Θεσσαλονίκη.
- ENM & Ειδικοί Σύμβουλοι (2008). Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτ. Μακεδονίας, Κεντ. Μακεδονίας, Αν. Μακεδονίας και Θράκης. Σχέδια Διαχείρισης Υδατικών Πόρων των Υδατικών Διαμερισμάτων (ΣΑΕ061/3–20002 ΣΕ06130000).
- 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., (2001). Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Γ. Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα.
- ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. (1994). Υδρογεωλογική μελέτη Νομού Κιλκίς., Έκθεση ΙΓΜΕ, Θεσ/νίκη.
- ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. – ΤΣΑΚΟΥΜΗΣ (1989): Αναγνωριστική υδρογεωλογική έκθεση της περιοχής του αγροκτήματος Σ.Σ. Μουριών Ν. Κιλκίς.
- 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.
- ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. κ.α., (2002). Μελέτη διαχείρισης υδατικός πόρων Ν. Κιλκίς. Έκθεση ΙΓΜΕ.
- ΚΑΛΟΥΣΗ Ε. – ΧΑΤΖΗΚΥΡΚΟΥ Α. (2002): Υδρογεωλογική Υδροχημική μελέτη Δ. Κουφαλίων Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ για λογαριασμό της ΚΕΔΚΕ.
- ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε., (2004). Μελέτη ποιοτικής κατάστασης υδρευτικών νερών Δ. Κιλκίς. Έκθεση ΙΓΜΕ για λογαριασμό ΚΕΔΚΕ.

- ΚΑΡΥΩΤΗΣ Θ., ΓΙΑΣΟΓΛΟΥ Ν., ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ Α., ΠΑΝΩΡΑΣ Α., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α., ΠΑΤΕΡΑΣ Δ. (2002): Πρόγραμμα Δράσης των ευαίσθητων στη νιτρορύπανση περιοχών Θεσσαλονίκης και Κιλκίς, σύμφωνα με την οδηγία 91/676/ΕΟΚ, ΕΘΙΑΓΕ, Λάρισα.
- ΚΝΙΘΑΚΗΣ Μ., ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ, Σ., (1987). Μελέτη των υδρογεωλογικών συνθηκών και του χημισμού των υπόγειων νερών στη λεκάνη μεταξύ των ποταμών Αξιού και Λουδία. Έκθεση ΙΓΜΕ. 33 σελ.
- ΚΟΥΦΟΣ (1980): Πλαιοντολογική και στρωματογραφική μελέτη των νεογενών ηπειρωτικών αποθέσεων της λεκάνης Αξιού (Διακτορική διατριβή).
- KOCKEL, MOLLAT H. and WALTHER H. (1971): Geologie des Serbo-Makedonischen Massivs und seines mesozoischen rahmens (Nordgriechenland).
- ΚΟΥΤΑΛΟΥ, Β., (1997). Μελέτη της πιεζομετρίας του υδροφορέα της λεκάνης Αξιού με τη βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ARC/ INFO. Μεταπτυχιακή Διατριβή. ΑΠΘ Θεσσαλονίκη.
- ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ-ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ-ΓΚΙΚΑΣ, (1990). Έκθεση αξιολόγησης υδρολογικών στοιχείων Νομού Κιλκίς, Θεσ/νίκη. Ημερίδα, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, ΑΠΘ.
- ΛΟΥΚΟΓΙΑΝΝΗΣ, Μ., ΤΣΟΚΑΣ, Γ., ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ (1991) Μοντέλο γεωλογικής ερμηνείας του ΝΔ τμήματος της λεκάνης Αξιού, με την ερμηνεία σεισικών ανάκλασης. Δελτίο ΕΓΕ Τομ XXV/3 329-345.
- 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.
- ΜΕΛΑΔΙΩΤΗΣ, Ι., Συνθήκες εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων του τεκτονικού βυθίσματος Αξιού. Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας της Πολυτεχνικής Σχολής του ΑΠΘ.
- MERCIER J. (1966 – 1973): Etude geologique des Hellenides en Macedoine centrale (Greece) contribution a l' etude du metamorphisme et de l' evolution magmatique des zones internes des Hellenides Theses. Ann. Geol. pays hellen.
- ΜΙΛΟΒΑΝΟΒΙΤΣ, Μ. (2004). Διαχείριση υδατικών πόρων και περιβαλλοντικά προβλήματα στην υδρογραφική λεκάνη του ποταμού Αξιού. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Χαροκόπειο Παν/μιο. Αθήνα.
- ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Ν. (1987): Γεωηλεκτρική έρευνα της δυτικής πλευράς της λεκάνης Αξιού (έρευνα ΙΓΜΕ).
- ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ Ν. (1988): Γεωφυσική έρευνα Λ. Χέρσου (έρευνα ΙΓΜΕ).
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ-ΜΟΥΡΚΙΔΟΥ Ε., ΜΟΥΡΚΙΔΗΣ Γ., ΤΣΙΚΡΙΤΣΗΣ Γ. (2001): Ρύπανση το ποταμού Αξιού και επιδράσεις από και προς τη γεωργία, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΑΠΘ, Θεσ/νίκη.
- ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Α., ΧΑΤΖΗΚΥΡΚΟΥ Α., και ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. (1996): Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών και υπόγειων νερών Ν. Θεσσαλονίκης. Ι.Γ.Μ.Ε., 137 σελ.

- ΠΡΑΤΑΝΟΠΟΥΛΟΣ Α. – ΣΤΑΪΚΟΠΟΥΛΟΣ Γ. (2001): Υδρογεωλογική έρευνα ανθρακικών σχηματισμών όρους Πάικου – Βόρρα.
- ΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Γ., 1997: Κατάρτιση μαθηματικού μοντέλου υπόγειων νερών λεκάνης Αξιού, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Α.Π.Θ., Γεωπονική Σχολή
- ΣΟΥΛΙΟΣ Γ., 1999: Έρευνα αξιοποίησης υδροφόρων στρωμάτων πεδινής περιοχής ενδιαφέροντος Ο.Υ.Θ. (πεδινή περιοχή δυτικά της Θεσσαλονίκης), για λογαριασμό ΟΥΘ.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ Μ. (2000): Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της πεδινής περιοχής δυτικά της Θεσσαλονίκης. Διατριβή ειδίκευσης, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.
- ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ, Σ. (1991). Υδρογεωλογική μελέτη λεκάνης Αξιού, Έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ, Σ. (2001). Ποιοτική Παρακολούθηση και Έλεγχος Υδάτινων Πόρων Κ. Μακεδονίας, Ν. Ημαθίας. ΕΡΓΟ: Β ΚΠΣ. Μελέτη ποιοτικής κατάστασης υπόγειων νερών παράκτιας περιοχής Θερμαϊκού κόλπου. Αδ. μελ. ΙΓΜΕ, Θεσσαλονίκη, σελ. 44.
- ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ Σ. – ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Θ. (1994): Υδρογεωλογική μελέτη δυτικού τμήματος λεκάνης Αξιού. Έκθεση ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη.
- ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ Σ. – ΣΟΥΛΙΟΣ Γ. – ΝΥΜΦΟΠΟΥΛΟΣ Μ. (1997): Υφάλμυροι υπόγειοι υδροφορείς του Αξιού. Πρακτικά 4ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου σελ. 514-524. Θεσσαλονίκη.
- ΤΖΙΜΟΥΡΤΑΣ Σ. (2001): Υδρογεωλογική μελέτη Ν. Κιλκίς – Δυτικό τμήμα λεκάνης Αξιού. Έκθεση ΙΓΜΕ.
- ΧΑΤΖΗΚΥΡΚΟΥ, Α. ΚΑΛΟΥΣΗ, Ε. (1997): Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών και υπόγειων νερών Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., (1965). Η γεωλογική κατασκευή της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών. Δελτίο ΕΓΕ VI τευχος 2. Αθήνα.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Θ. – ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ. – ΜΟΡΦΗΣ Α. – ΚΟΥΡΜΟΥΛΗ Ν. – LOYD W. (1965): The Hydrochemistry of the aquifers of North – Eastern Jordan. Journal of Hydrology 3. Horta Holland Publishing Co, Amsterdam.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ Θ. – ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ. – ΜΟΡΦΗΣ Α. – ΚΟΥΡΜΟΥΛΗ Ν. – ΠΑΠΑΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ Χ. (1975): Υδρογεωλογική έρευνα εις λεκάνη Αξιού. Έρευνα ΕΘΙΑΓΕ.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α., ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, Σ. (1996). Προσδιορισμός του υδατικού ισοζυγίου Ευζώνων – Ειδομένης, με τη χρήση του Μοντέλου MODFLOW. 2<sup>ο</sup> Συνέδριο Εγγειοβελτιωτικά Έργα. Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Λάρισα.
- Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ Ν. ΚΙΛΚΙΣ: Στοιχεία από μελέτες οριστικές και προκαταρτικές, φραγμάτων στο Ν. Κιλκίς.
- ΤΥΔΚ Ν. ΚΙΛΚΙΣ: Στοιχεία από μελέτες φραγμάτων στο Ν. Κιλκίς.
- ΤΕΡΖΙΔΗΣ Γ. κ.α.(1995). Μαθηματικό μοντέλο υπόγειων υδάτων λεκάνης Αξιού. Ερευνητικό Πρόγραμμα Τελική έκθεση. Για λογαριασμό του Υπουργείου Γεωργίας. Θεσσαλονίκη.