

## ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΡΣΤΙΚΗΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΜΕ ΠΗΝΕΙΟ ΚΑΙ ΤΙΤΑΡΗΣΙΟ

Π. Γ. Μαρίνος\* και Β. Κ. Περγλέρος\*\*

### ΣΥΝΟΨΗ

Μελετάται το καρστικό πεδίο της Κεντρικής Θεσσαλικής Πεδιάδας που διατρέχεται από τον Πηνειό και Τιταρήσιο ποταμό. Ερευνώνται οι ρυθμοί λειτουργίας των πηγών της μάζας, οι τροφοδοσίες τους και τα όρια των υδρογεωλογικών λεκανών που διαμορφώνονται. Από την έρευνα της πιεζομετρίας σε διάφορες εποχές και διάφορα έτη, αποδεικνύεται ότι η καρστική υδροφορία συμπεριφέρεται ως ενιαίο σύνολο με δυναμική αλληλοεξάρτηση των υδρογεωλογικών λεκανών. Το αποτέλεσμα είναι μετακινήσεις του υπογείου υδροκρίτη ανάλογα με τη δυναμική επέμβαση που δέχεται ο υδροφορέας (εκκένωση στις πηγές, αντλήσεις). Η σχέση με τον Τιταρήσιο ποταμό είναι πάντα σχέση τροφοδοσίας προς τον υδροφόρο ορίζοντα. Αντίθετα υπάρχει ροή του υπόγειου νερού προς τον Πηνειό σαφής κατά θέσεις, ενώ αλλού η σχέση με τον ποταμό δεν είναι άμεση, ακόμα και όταν σε ορισμένες περιόδους η στάθμη του καρστικού υδροφορέα κατέρχεται κάτω από τη στάθμη του Πηνειού.

### ABSTRACT

This is a research concerning the karstic field of the Central Thessaly plain, where the rivers of Penios and Titarisios are running through. The study examines the rate of the discharge of the karstic springs, their recharge and the extend of the hydrogeological basins associated with them. As a result of the piezometric investigation during different seasons and years, it is proved that the

\* Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Γεωτεχνικός Τομέας, Αθήνα.

\*\* Γεωλόγος, Μεταπτυχιακός σπουδαστής Τεχνικής Γεωλογίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

karstic aquifer behaves as a unified system with dynamic dependance between the various hydrogeological basins. The migration of the underground divide is depending on spring discharge rates and the intensive pumping. The relations of the aquifer system with Titarisios river is always towards the groundwater table. On the contrary, there is a ground water discharge at specific zone of Penios river, but elsewhere the relation with the river is not a direct one. Even during periods of where the groundwater level is lower than the water level of Penios river, there is not an obvious or direct recharge of the karstic aquifer.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Θεσσαλική πεδιάδα αποτελεί ένα ευρύ πεδίο που αποτελείται από πλούσιους φρεάτιους και επάλληλους υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες. Διακρίνεται μορφολογικά και υδρογεωλογικά σε ανατολικό και δυτικό τμήμα που παρουσιάζει και το μεγαλύτερο υδατικό δυναμικό. Η βασική τροφοδοσία των υδροφόρων οριζόντων όπως αποδεικνύεται από σειρά μελετών, κυρίως του Υπ.Γεωργίας, εξασφαλίζεται κυρίως από διηθήσεις της απορροής των ποταμών, στα ανάντη τμήματά τους, σε δεύτερο βαθμό από κατ'ευθείαν κατείσδυση από τις βροχοπτώσεις και πολύ λιγότερο από υπόγειες πλευρικές μεταγγίσεις.

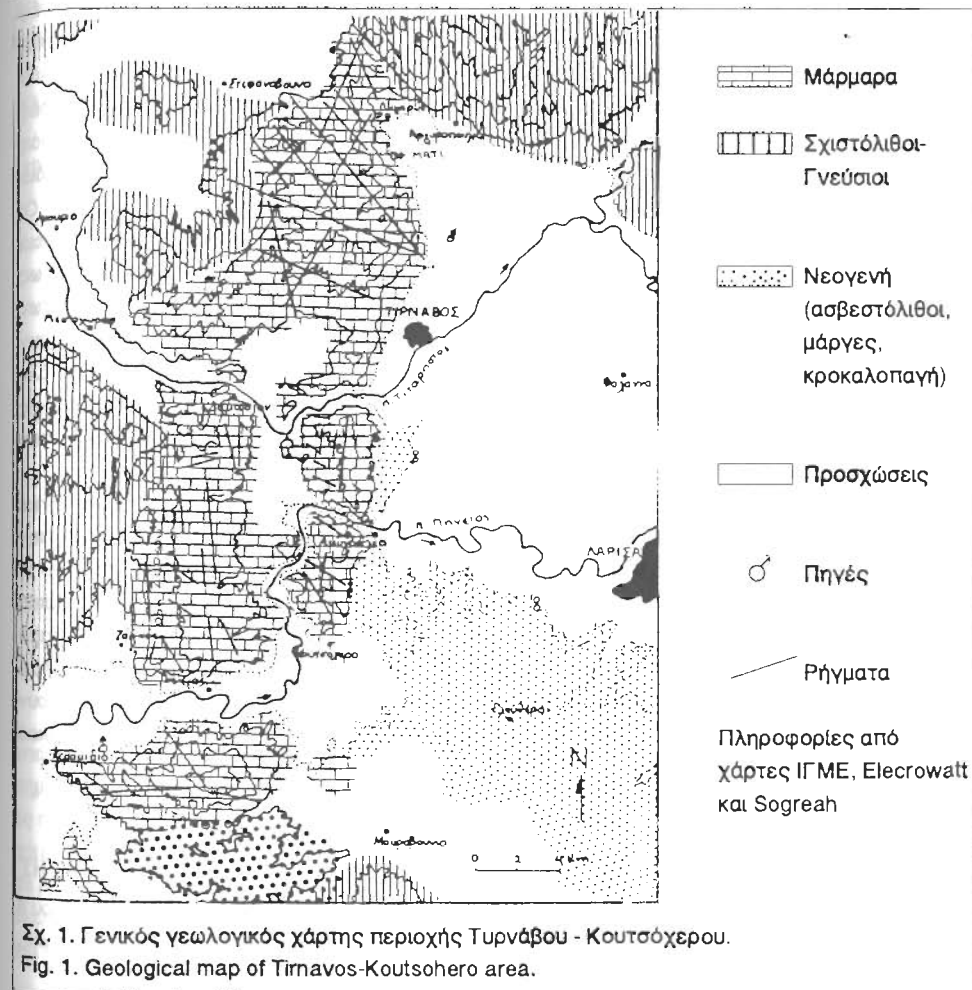
Το ανατολικό και δυτικό τμήμα της πεδιάδας της Θεσσαλίας διαχωρίζεται από μια σειρά αντερσειμάτων ημιορεινού ανάγλυφου, με ιδιαίτερη ανάπτυξη, στα βόρεια τμήματα, ανθρακικών πετρωμάτων. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται μια σειρά από αποτελέσματα και συμπεράσματα λεπτομερούς έρευνας που έγινε στους καρστικούς υδροφορείς του τμήματος αυτού της Θεσσαλίας, από το 1983 μέχρι το 1989. Ειδικότερα παρουσιάζονται οι σχέσεις και οι εξαρτήσεις του υπόγειου νερού των καρστικών μαζών τόσο μεταξύ των διαφόρων υδρογεωλογικών λεκανών όσο και με τους ποταμούς Πηνειό και Τιταρήσιο που διατρέχουν τις μάζες αυτές. Η έρευνα βασίστηκε κυρίως σε υδρογεωλογικές χαρτογραφήσεις, δοκιμαστικές αντλήσεις και μετρήσεις ακριβείας των πιεζομετρικών επιφανειών.

## 2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Στα βορειοδυτικά όρια του πεδινού τμήματος της Ανατολικής Θεσσαλίας, αναπτύσσονται ημιορεινές περιοχές από μάρμαρα-κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, ανάμεσα απ' τις οποίες έχουν διαμορφώσει τις κοίτες τους ο Πηνειός και ο Τιταρήσιος, πριν την έξοδό τους στην Ανατολική Θεσσαλία.

Τα μάρμαρα στις εμφανίσεις τους περιβάλλονται απ' τους κρυσταλλικούς αδιαπέρατους σχηματισμούς γνευσίων και σχιστολίθων, μικρές εμφανίσεις των οποίων εμφανίζονται και μέσα στην κύρια ανάπτυξή τους, που όμως μπορεί να χαρακτηριστεί στο σύνολό της ως συνεχής. Στα ανατολικά όρια, βορειώς του Τιταρήσιου, τα μάρμαρα βυθίζονται αμέσως κάτω από τις προσχώσεις.

ενώ σε ορισμένα σημεία παρεμβάλλονται και σχιστόλιθοι. Αντίθετα στο μεγαλύτερο μήκος των ορίων, νοτίως του Τιταρήσιου, η μετάβαση στις προσχώσεις γίνεται μέσω μαργαϊκών ασβεστολίθων, μαργών και κροκαλοπαγών νεογενούς ηλικίας και μειωμένης περατότητας (Σχ. 1).



Σχ. 1. Γενικός γεωλογικός χάρτης περιοχής Τιρνάβου - Κουτσόχερου.

Fig. 1. Geological map of Timnavos-Koutsoshero area.

Τα μάρμαρα που εμφανίζονται νοτίως του Πηνειού στην περιοχή Κουτσόχερου - Κεραμιδιού, πρέπει να επικοινωνούν με τους ανάλογους σχηματισμούς της δυτικής και βόρειας όχθης του Πηνειού.

Η καρστικοποίηση των περιοχών αυτών είναι εμφανής στην επιφάνεια, υπάρχει όμως το ενδεχόμενο σε μεγάλα βάθη να περιορίζεται σε ορισμένους άξονες που θα συνθέτουν έτσι κάποιους κύριους άξονες αποστράγγισης (εσωτερικό των λόφων). Στα χαμηλά, πάντως σημεία των περμέτρων των λόφων με την πεδιάδα και στις ζώνες χαμηλότερου υψόμετρου στο εσωτερικό του

πεδίου (περιοχή Δαμασίου), η καρστικοποίηση είναι φυσικό να παρουσιάζει μεγαλύτερη ανάπτυξη και ομοιογένεια.

Τα εμφανή σημεία εξόδου του νερού που δέχονται και διακινούνται μάρμαρα - ασβεστόλιθοι εντοπίζονται προς βορρά στις πηγές Μάτι Τυρνάβου και Αγ.Αννας, και προς νότο στις πηγές Αμιγδαλιάς στην αριστερή όχθη του Πηνειού, στην έξοδο του από τα στενά Καλαμακίου αλλά και σε άλλες μικρότερες πηγές, μέσα στα ίδια στενά. Τα σημεία αυτά συμπίπτουν με τα σημεία των πιο χαμηλών υψομέτρων στην περίμετρο της ανθρακικής μάζας. Υπάρχουν βέβαια υπόγειες εκροές προς τις προσχώσεις της περιμέτρου αλλά πρέπει να είναι περιορισμένες λόγω μεγάλης διαφοράς στις περατότητες των δύο μέσων που έρχονται σε επαφή. Ουσιαστική αξία αποκτούν στο ριπίδιο του Τιταρήσιου, στην έξοδο του στον κάμπο, λόγω της υψηλής περατότητας του υλικού του. Οι υπόγειες αυτές μεταγίσεις τροφοδοτούν τους υδροφορείς που αναπτύσσονται στη συνέχεια στην ανατολική πεδιάδα της Θεσσαλίας στην προέκταση των απολήξεων του κώνου. Αντιθέτως εκτιμάται ότι δεν υπάρχουν το ίδιο αξιόλογες υπόγειες μεταγίσεις στους υδροφορείς των ιζημάτων στην έξοδο του Πηνειού από τα στενά Καλαμακίου. Οι προσχώσεις εδώ δεν εμφανίζουν ριπίδιο από αδρομερές υλικό όπως στο Τιταρήσιο, αφού ήδη ο Πηνειός έχει κάνει μια μεγάλη διαδρομή στην πεδιάδα της Δυτικής Θεσσαλίας και επιπλέον σε γεωτρήσεις της πεδινής περιοχής κοντά στην έξοδο του Πηνειού έχουν συναντηθεί αμέσως ασβεστόλιθοι και μάργες νεογενούς ηλικίας μικρής περατότητας.

Στο ΝΔ τμήμα της περιοχής (Τίτανος - Πηνειάδα) τα μάρμαρα πρέπει να συνδέονται άμεσα ή έμμεσα και με την υπόγεια εκροή της λεκάνης της Δυτικής Θεσσαλίας, που καταλήγει στην ίδια περιοχή, τροφοδοτώντας πλευρικό τις υδροφορείς των ιζημάτων του ανατολικού κάμπου. Η Sogreah, στη μελέτη που εξεπόνησε στη δεκαετία του '70, για την ανάπτυξη του Θεσσαλικού Κάμπου, εκτιμά τις εκροές από το δυτικό κάμπου ως  $0.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Τα μάρμαρα του Τίτανου εκτός από την πηγή Κεραμιδιού, πρέπει να έχουν μια άμεση σχέση με τις προσχώσεις του Πηνειού και μέσω αυτών και με τις καρστικές μάζες του Κουτσόχερου. Αντίστοιχες σχέσεις πρέπει να υπάρχουν μεταξύ των μαρμάρων του Ζάρκου, των προσχώσεων του Πηνειού και του υπόλοιπου καρστικού συστήματος.

### 3. Η ΦΥΣΙΚΗ ΕΞΟΔΟΣ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΠΗΓΕΣ. ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΕΚΡΟΗΣ

Η πηγή Μάτι Τυρνάβου εμφανίζεται στους πρόποδες του καρστικού όγκου, περίπου 8 χιλιόμετρα βορείως του Τυρνάβου σε υψόμετρο 73.5 m. Εκτός από την κύρια εμφάνιση της πηγής, παρατηρούνται πολλές τοπικές αναβλύσεις κατάντη αυτής.

Η πηγή Αγίας Αννας εμφανίζεται στη βάση ασβεστολιθικής έξαρσης, περίπου 3.5 χιλιόμετρα βορείως του Τυρνάβου, σε υψόμετρο 75.0 m περίπου.

Η πηγή Μάτι εκδηλώνεται σε συγκεκριμένο σημείο, το πιο χαμηλό της περιμέτρου του όγκου αυτού, γεγονός που υποδηλώνει μια ομοιογένεια στην καρστικοποίηση και εκκένωση των καρστικών σχέτων προς τα χαμηλά σημεία. Η πηγή της Αγίας Αννας είναι η μόνη άλλη πηγή που εμφανίζεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής, σε αντίλογο χαμηλό υψόμετρο, από αναθόλωση του μαρμάρου που έχει, εκεί, βυθιστεί κάτω απ' τις προσχώσεις του κάμπου.

Στην περίμετρο του μαρμάρου του Τυρνάβου, με τα χαμηλά υψόμετρα του καρστικού όγκου, δεν φαίνεται πουθενά το στεγανό σχιστολιθικό υπόβαθρο του μαρμάρου, παρά μόνο σε μικρή επιφανειακή εμφάνιση, 3 km νοτίως της πηγής Μάτι. Γενικά στην περιοχή των πηγών, κάτω από κάποιο πάχος ασβεστολιθικών κορημάτων, οι γεωτρήσεις που έχουν γίνει παραμένουν στο μάρμαρο. Η διαμόρφωση αυτή δημιουργεί τυπική γεωμετρία πηγής υπερπλήρωσης. Στο στενό χώρο της πηγής τα ασβεστολιθικά κορήματα έχουν πάχος αρκετές δεκάδες μέτρα και ομογενοποιούν, σε ένα βαθμό, το ρυθμό εκκένωσης του νερού.

Οι παροχές των πηγών αυτών, από μετρήσεις του Υπ.Γεωργίας, που συλλέξαμε, είναι (1972-1983):

Για τις πηγές Μάτι Τυρνάβου:

Μέση	ετήσια	παροχή	(1972-1983)	2.6	$\text{m}^3/\text{s}$
Μεγίστη	»	»	(1973-1974)	4.0	»
Ελάχιστη	»	»	(1977-1978)	1.1	»
Μέσος ετήσιος όγκος απορροής				$75.0 \cdot 10^6$	$\text{m}^3$

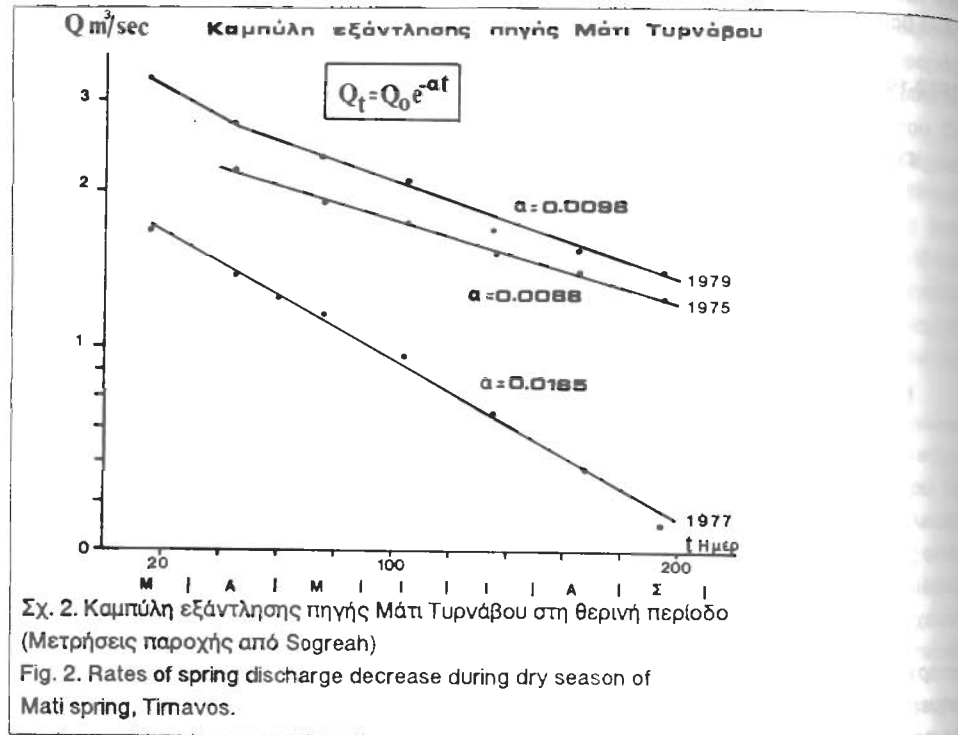
Για τις πηγές Αγίας Αννας:

Μέση	ετήσια	παροχή	(1972-1983)	0.27	$\text{m}^3/\text{s}$
Μεγίστη	»	»	(1973-1974)	0.55	»
Ελάχιστη	»	»	(1976-1977)	0.035	»
Μέσος ετήσιος όγκος απορροής				$8.5 \cdot 10^6$	$\text{m}^3$

Οι παροχές αυτές δεν μπορεί να είναι ανεξάρτητες από τις εκμεταλλεύσεις των υπαρχουσών γεωτρήσεων του καρστικού περιβάλλοντος (περιοχή Τυρνάβου Δαμασίου). Ήδη σήμερα που η εκμετάλλευση του υδροφορέα έχει γίνει εντατικότερη, ορισμένες υπόγειες απορροές που κατέληγαν στην πηγή, δεν προσμετρώνται πλέον στις παροχές της. Χαρακτηριστικό είναι ότι με τη βοήθεια και της ξηρασίας του έτους 1988, η ελάχιστη παροχή στη πηγή Μάτι, έφθασε και σε μηδενικά επίπεδα στην ξηρή περίοδο, για πρώτη φορά. Οι εκμεταλλεύσεις αυτές των γεωτρήσεων, προκαλούν δηλαδή μια αναρρόμφιση της λειτουργίας της πηγής, χωρίς να έχουν εκτελεσθεί για το σκοπό αυτό.

Από την ανάλυση του ρυθμού εκκένωσης των πηγών, προκύπτει ο πιο ρυθμικός μείωσης των παροχών της πηγής Μάτι είναι καλός για καρστική πηγή ( $a=0.010$ ). Ο ρυθμός αυτός από έτος σε έτος δεν παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα, που θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια έγκλιση-ρωμένη ομοιογενοποίηση που καρστώ, από πλευράς πυκνότητας και τενέθους καρστικών αγωγών (Σχ.2). Ο Constantinidis (1978) μελετά και αυτός τους ρυθμούς ταπείνωσης της πηγής Μάτι και δίνει συντελεστή αποξήρανσης  $a=0.014$ .

Μια σημαντική δηλαδή ποσότητα μπορεί να διακινείται σε εκλεκτικούς άξονες υψηλής αποχετευτικής ικανότητας. Αντίθετα, όλες οι δοκιμαστικές αντλήσεις που έγιναν στα πλαίσια της δικής μας έρευνας, στην περιοχή Δαμασίου - Πηγειού στον κεντρικό χώρο του πεδίου, έδωσαν στοιχεία που αντιστοιχούν σε πολύ καλά διασυνδεδεμένο καρστικό δίκτυο, στον ευρύτερο χώρο στον οποίο εκτελέστηκαν. Επίσης παρουσιάζεται μια ομοιόμορφη αυξομείωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.



Σχ. 2. Καμπύλη εξάντλησης πηγής Μάτι Τυρνάβου στη θερινή περίοδο (Μετρήσεις παροχής από Sogreah)  
 Fig. 2. Rates of spring discharge decrease during dry season of Mati spring, Tirnavos.

Ο λόγος των μεγίστων προς τις ελάχιστες παροχές δεν είναι μεγάλος, γεγονός που χαρακτηρίζει, πάλι καλή λειτουργία, αν και έχουν παρατηρηθεί τιμές του 18 (μέσος όρος 5, ελάχιστη τιμή 2).

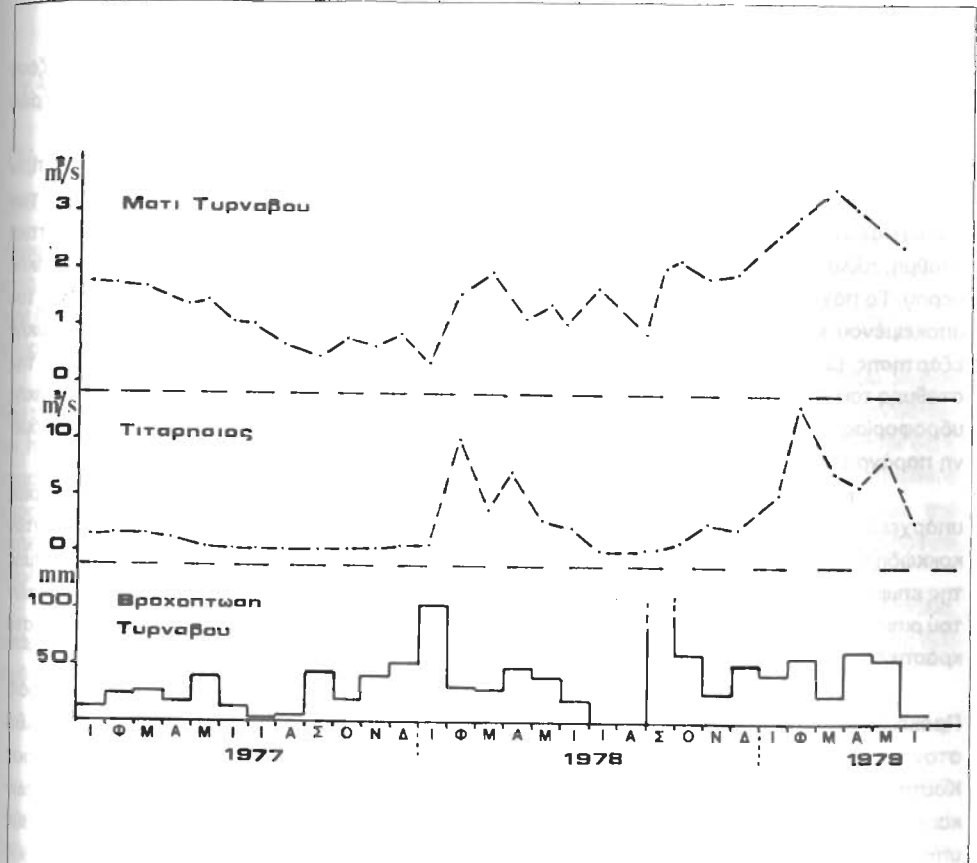
Η υστέρηση που παρουσιάζεται στα μέγιστα των παροχών της πηγής από εκείνα των υψηλών βροχοπτώσεων, ξεπερνά μάλλον τα πλαίσια του μήνα και δεν είναι σαφής, λόγω, πιθανόν, ομογενοποίησης της υπόγειας ροής (Σχ. 3).

• Η ανάλυση των αποτελεσμάτων των δοκιμαστικών αντλήσεων δεν αποτελεί αντικείμενο της εργασίας αυτής και δεν παρουσιάζεται εδώ.

Η σύγκριση των μεγίστων παροχών της πηγής με εκείνες του Τιταρήσιου είναι προφανής με υστέρηση γύρω στην περίοδο του ενός μήνα (Σχ. 3).

Άλλο σημείο εξόδου του καρστικού νερού στην επιφάνεια, είναι η πηγή της Αμυγδαλιάς στην αριστερή όχθη του Πηγειού, στην έξοδο του από τα στενά του Καλαμακίου. Υπάρχουν εκεί διάφορα σημεία εξόδου του νερού, που λειτουργούν ανάλογα με την υψομετρική τους διαφορά. Η πηγή ξεραίνεται συχνά εντελώς, κατά την ξηρή περίοδο του έτους. Η μέση παροχή της πηγής Αμυγδαλιάς από τα διαθέσιμα στοιχεία υδρομετρήσεων του Υπουργείου Γεωργίας, εκτιμάται ως 0.25 m³/s.

Ανάτη της πηγής Αμυγδαλιάς, στο κατάντη τμήμα των στενών Καλαμακίου, υπάρχει μια σειρά πηγών, μικρών ή πιά αξιόλογων, με διάσπαρτη ή διάκριτη έξοδο στο επίπεδο του ποταμού. Οι πηγές είναι ευδιάκριτες αλλά δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί η παροχή τους.



Σχ. 3. Παροχές πηγής Μάτι-Τιταρήσιου και βροχοπτώσεων στην ιδιαίτερα ξηρή περίοδο 1977-78.  
 • Σημεία μέτρησης.  
 Fig. 3. Mati discharge, Titarisios yield and Precipitations.

Από τα ανωτέρω φαίνεται ότι η καρστική μάζα διακρίνεται κατ'αρχή, σε δύο τμήματα που διοχετεύουν σαφώς τα υπόγεια νερά που διακινούν σε δύο κύριες κατευθύνσεις:

- (α) προς τα Β-ΒΑ, με κύρια έξοδο στην πηγή Μάτι και, υπογείως, προς το ριπίδιο του Τιταρήσιου στο Θεσσαλικό κάμπιο και
- (β) προς ΝΑ, προς τον Πηνειό.

Αντίστοιχα διαμορφώνονται και δύο υπόγειες υδρογεωλογικές λεκάνες. Οι μεγαλύτερες ποσότητες εκκενώνονται προς το βόρειο τμήμα. Στην παράγραφο 5 μελετώνται τα όρια των λεκανών αυτών και οι μεταξύ τους σχέσεις.

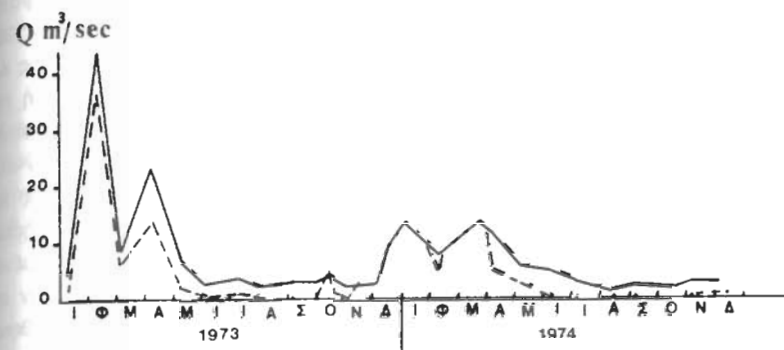
#### 4. ΣΧΕΣΗ ΚΑΡΣΤΙΚΗΣ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΠΗΝΕΙΟ ΚΑΙ ΤΙΤΑΡΗΣΙΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Την καρστική μάζα διασχίζουν ο Πηνειός και ο Τιταρήσιος, οι οποίοι και τη διαχωρίζουν σε μικρότερες περιοχές. Οι δύο αυτοί ποταμοί διακινούν σημαντική ποσότητα επιφανειακών νερών προς την πεδιάδα της Ανατολικής Θεσσαλίας.

Ο Τιταρήσιος είναι γνωστό ότι διηθεί μεγάλες ποσότητες προς την καρστική μάζα πριν την έξοδό του στην Ανατολική Θεσσαλία. Η διήθηση γίνεται τις περισσότερες φορές μέσω των προσχώσεων του ποταμού, γεγονός που επιβραδύνει την κίνηση προς την υποκειμένη καρστική στάθμη, αλλά συγχρόνως συντελεί και σε κάποιο στοιχειώδη αυτοκαθαρισμό του επιφανειακού νερού. Το πάχος των προσχώσεων αυτών δεν είναι γνωστό. Με βάση τις μετρήσεις στάθμης, του υποκειμένου καρστικού υδροφόρου ορίζοντα, φαίνεται ότι δεν υπάρχουν συνθήκες δυναμικής εξάρτησης μεταξύ ποσοτήτων διήθησης και καρστικής στάθμης, λόγω της μη σύνδεσης της στάθμης του νερού στον ποταμό και τις προσχώσεις του με τη στάθμη της υποκειμένης καρστικής υδροφορίας. Παρεμβάλλεται δηλαδή μια ακόρεστη ζώνη καρστικής μεταβίβασης (βλέπε και επόμενη παράγραφο).

Κατάσταση άμεσης εξάρτησης της στάθμης του ποταμού και της υπόγειας υδροφορίας υπάρχει όταν ο ποταμός εξέρχεται από τα στενά Δαμασίου προς την πεδιάδα του Τυρνάβου, στον κοκκώδη προσχωματικό υδροφόρο. Εκεί μπορεί να αναπτύσσεται δυναμική σύνδεση της στάθμης της επιφανειακής απορροής με την στάθμη της πλούσιας φρεάτιας υδροφορίας των προσχώσεων του ριπίδιου, που τελικά έρχεται σε πλευρική επαφή με την καρστική υδροφορία των μαρμάρων στα κράσπεδα των λόφων.

Το (Σχ.4) μας δίνει μια εικόνα των διηθήσεων του Τιταρήσιου από ποσοτικής πλευράς. Πρόκειται για τις διαφορές στις μετρήσεις των παροχών του ποταμού στα στενά του, πριν εξέλθει στον Θεσσαλικό κάμπιο, μεταξύ της γέφυρας Μεσοχωρίου, στα ανάντη, και της γέφυρας προς Κουτσόχερο, στα κατόντη. Η εικόνα είναι ενδεικτική, λόγω αφ'ενός της ακρίβειας των μετρήσεων και αφ'ετέρου των αιτιών τους χρονικών διαστημάτων, και δεν επιτρέπει ακριβείς ποσοτικούς υπολογισμούς. Μεταξύ των δύο σταθμών μετρήσεων παρεμβάλλονται αφίξεις νερού απ' τους μικρούς χεμάρρους, με ταξύ Μεσοχωρίου και Δαμασίου, που αποστραγγίζουν σχιστολιθικό



Σχ. 4. Παροχές Τιταρήσιου. Μετρήσεις στιγμιαίες. Σύνδεση σημείων ενδεικτική. Μεσοχώριο — ανάντη, Γέφυρα προς Κουτσόχερο κατόντη. (Μετρήσεις παροχής από Sogreah).  
Fig. 4. Yields of the Titarisios river. Punctuals measurements. :upstream (Mesochorio), downstream (Koutsochero).

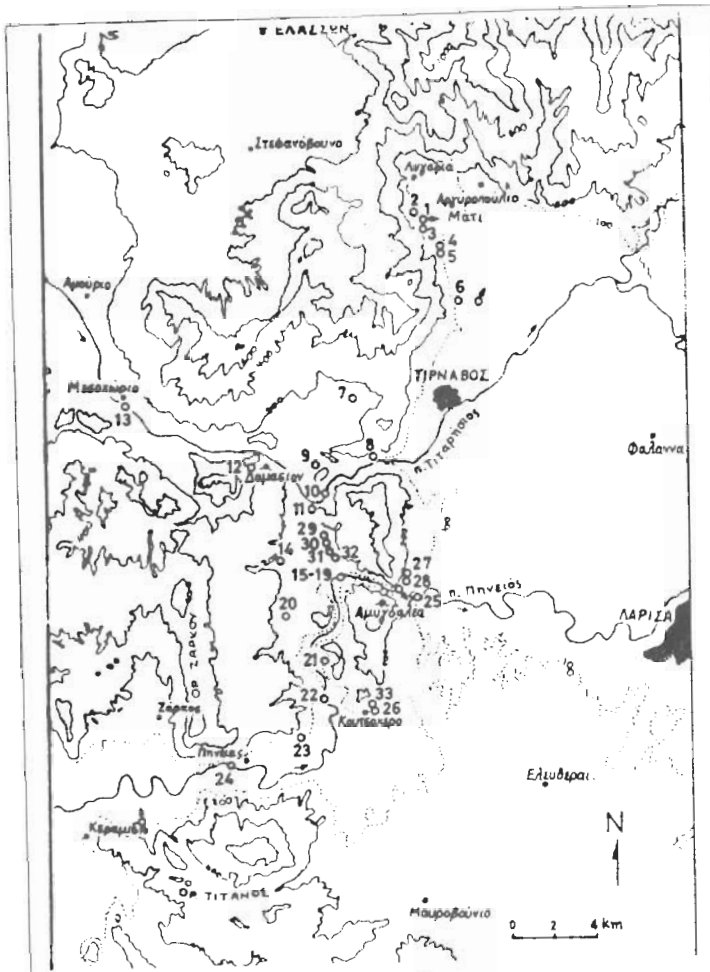
περιβάλλον και μπορεί να είναι αξιόλογες κατά την υγρή περίοδο. Η σύγκριση είναι πιό πρόσφορη κατά τη θερινή περίοδο αλλά και τότε υπάρχουν οι υδροληψίες για αρδεύσεις στο ενδιάμεσο τμήμα των δύο μετρήσεων. Οποσδήποτε όμως η σύγκριση των δύο υδρογραμμάτων δείχνει σαφώς την ύπαρξη σημαντικών διηθήσεων.

Ως προς τον Πηνειό, σχέση της υπόγειας καρστικής υδροφορίας με τον ποταμό, με ροή του ποταμού προς το καρστ, φάνηκαν πιθανές και άμεσες κατά τη διάρκεια δοκιμαστικών αντλήσεων που εκτελέσαμε στην περιοχή Κουτσόχερου μόνο. Στην περιοχή δηλαδή αυτή φαίνεται ότι η καρστική στάθμη συνδέεται άμεσα με το ποτάμι και, ακόμη και όταν σε κανονική κατάσταση η καρστική υδροφορία είναι υψηλότερα, σε περίπτωση αντλήσεων ή άλλων ταπεινώσεων της στάθμης είναι δυνατή αντιστροφή της ροής και κίνηση του νερού του ποταμού προς την υπόγεια υδροφορία.

Αντίθετα στην περιοχή Αμυδαλιάς, στην έξοδο του Πηνειού στην Αν. Θεσσαλία, υπάρχει στην αριστερή όχθη η ίδια η πηγή και ένα μέτωπο πηγών ανάντη αυτής, και από τις δύο όχθες που υποδηλούν σαφή κίνηση των νερών της καρστικής μάζας προς τον Πηνειό.

#### 5. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ

Για τη μελέτη της υπόγειας ροής, του διαμοιρασμού των καρστικών νερών, του προσδιορισμού των υπόγειων λεκανών και των σχέσεων υπογείων και επιφανειακών απεργιών, απογράφησαν χαρακτηριστικές γεωτρήσεις στις οποίες έγινε ακριβής τοπογραφική μέτρηση του υψομέτρου της στάθμης του νερού. Επίσης ανάλογα μετρήθησαν χαρακτηριστικά σημεία στους ποταμούς και τις πηγές. Οι μετρήσεις που έγιναν σε δύο περιόδους φαίνονται στον επόμενο πίνακα και το σχ.5. Και οι δύο περιόδοι αντιστοιχούν σε περίοδο μέσης συμπεριφοράς του υδροφόρου, δηλαδή μετά την περίοδο των αντλήσεων και των χαμηλών υδάτων του φθινοπώρου, (Νοέμβριος



Σχ. 5. Θέσεις σημείων μετρήσεων στάθμης νερού (γεωτρήσεων και ποταμών).  
 Fig. 5. Points of measurements of the water level in wells and on rivers.

- Διαμορφώνεται μικρή υδραυλική κλίση στην καρστική στάθμη της ανατολικής περιμέτρου, όπου κυρίως κατευθύνονται οι υπόγειες ροές. Υπάρχει συνεπώς εκεί ευκολία διακίνησης και καλή διαβιβαστικότητα.
- Αντίθετα διαμορφώνεται μεγάλη υδραυλική κλίση στον ημιορεινό όγκο μεταξύ Δαμασίου-Πηνεϊάδας, γεγονός χαρακτηριστικό κάποιας μικρής ως μέσης περατότητας. Αυτό ίσως οφείλεται στον περιορισμό της καρστικοποίησης σε βάθος που εδώ
- το βάθος αυτό - αντιστοιχεί στα επίπεδα διακίνησης των καρστικών νερών, λόγω μεγαλύτερου υψόμετρου του ημιορεινού αυτού όγκου.
- Αναπτύσσεται ένας άξονας αποκλίνουσας ροής που σχηματίζει υπόγειο υδροκρήνη.

84, Νοέμβριος '88).

Η διαφορά έγκειται στο ότι το 1988 ήταν πιά ξηρό έτος και επίσης η αντλητική περίοδος που είχε προηγηθεί χαρακτηριζόταν από πολυπληθέστερες και εντατικότερες αντλήσεις, λόγω ιδιαίτερα αυξημένου αριθμού αντλητικών σημείων, που αναπτύχθηκαν την τελευταία κυρίως διετία.

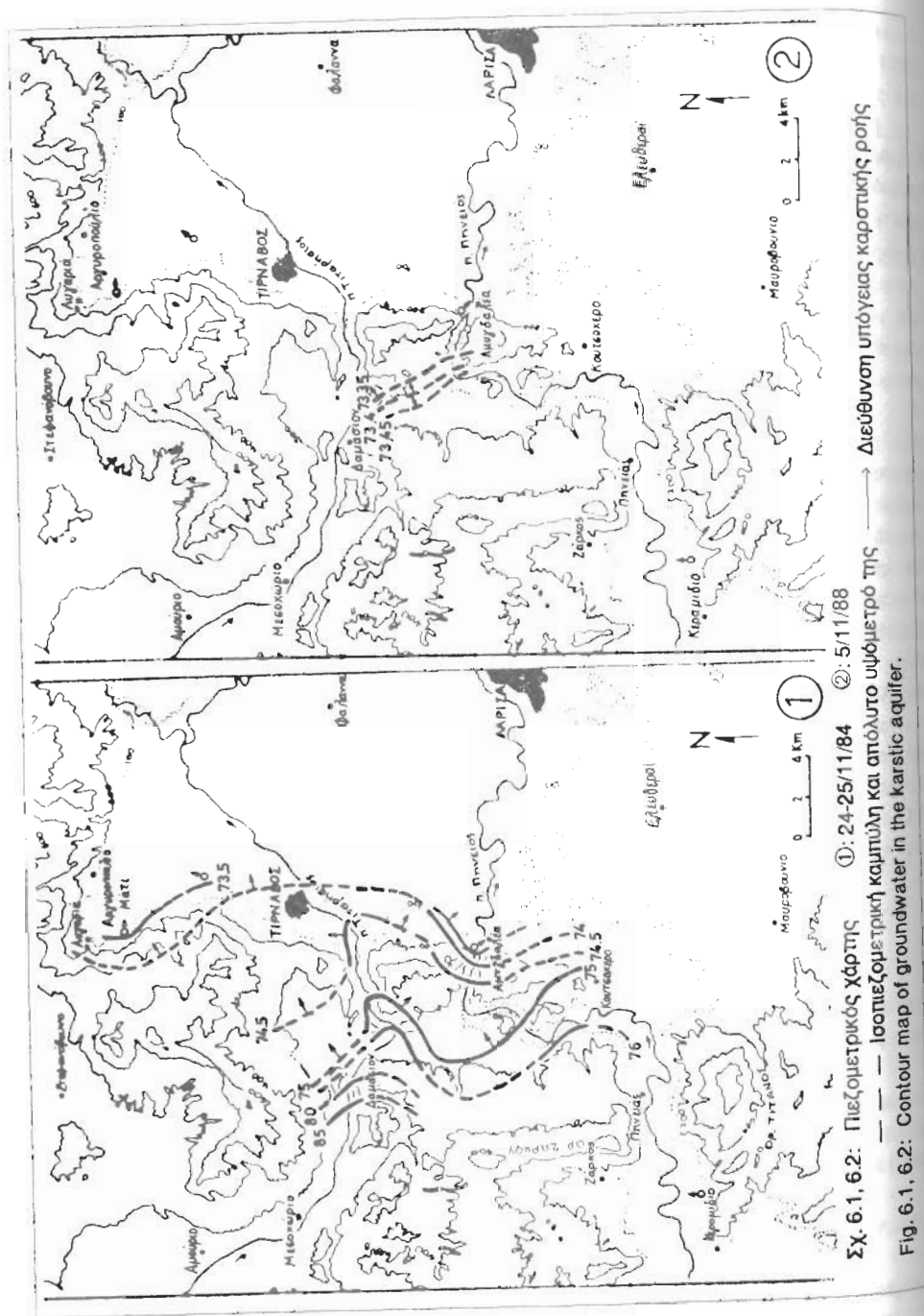
Η θέση της στάθμης της καρστικής υδροφορίας στην περίοδο των υψηλών υδάτων (Ανοιξη) και κατά την περίοδο των αντλήσεων, μελετήθηκε με μετρήσεις, πάντα ακριβείας, μόνο κατά μήκος διατομών στο κεντρικό τμήμα του.

Η εξέταση του πιεζομετρικού χάρτη του 1984 επιτρέπει την εξαγωγή των εξής συμπερασμάτων (Σχ. 6.1).

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Πίνακας υψομέτρων στάθμης νερού σε γεωτρήσεις και πηγιάδια  
 Table of altitude of ground and surface water level

Αύξων Αριθμός Χάρτη Σχ. 6	Όνομασία σημείου (Γεώτρηση ποτάμι)	Υψόμετρο σημείου αναφοράς μετρήσεων	Υψόμετρο στάθμης νερού		Παρατηρήσεις
			24-25/11/84	5/11/88	
1		75.20	73.39	73.01	Πηγή Μάτι Τυρνάβου
2	SR109	138.86	73.42		
3	SR108	94.94	73.665	73.09	
4	SR119	126.83	73.63	73.03	
5	PSR119	126.19	73.66		Δορυφόρο πιεζόμετρο SR119
6	SR111	89.51	74.15	73.08	
7	SR112	162.71	74.24		
8	SR113	117.86	74.52		
9	SR105	144.43	74.70		
10	R3	113.44	104.47		Γέφυρα Τιταρήςου προς Κουτσόχερο
11	SR107	128.35	75.16		
12	ΔΛ3	119.98	84.54		Έρευνητική γεώτρηση Γέφυρα Τιταρήςου Μεσοχώριο
13	-	-	-		
14	ΔΛ2	146.64	75.02	73.46	
15	SR106	101.23	74.92		
16	Π1SR106	102.061	74.91	73.42	Δορυφόρο πιεζόμετρο SR106
17	Π2SR106	101.01	74.92	73.42	"
18	L36L	90.55	74.74	73.47	"
19	R2	74.76	74.36	73.72	Πηνεϊός Τουρκογέφυρα Έρευνητική γεώτρηση
20	ΔΛ1	154.79	75.135		
21	SR115	118.86	75.10		
22	R1	89.08	75.98	75.40	Πηνεϊός γέφυρα Κουτσόχερου
23	PZ39	102.18	76.85	75.23	
24	-	-	-		Πηνεϊός γέφυρα Πηνεϊάδας Πηνεϊός Αμυδαλία
25	RA	74.12		72.45	
26	LB286	84.50	75.17		
27	Y3	116.93		73.34	
28	ΠY3	106.78		73.38	Δορυφόρο πιεζόμετρο Y3
29	Y2	150.79		73.34	
30	ΠY2	146.335		73.23	Δορυφόρο πιεζόμετρο Y2
31	Y1	118.485		73.43	
32	ΠY1	117.657		73.40	Δορυφόρο πιεζόμετρο Y1
33	Π4	92.885		73.63	Δορυφόρο πιεζόμετρο LB286



Διακρίνονται δηλαδή οι δύο υδρογεωλογικές λεκάνες της καρστικής μάζας που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2. Ο υδροκρίτης αυτός συμπίπτει με τη ζώνη που στην επιφάνεια ελίσσεται η κοίτη του Τιταρήσιου. Αποδεικνύεται δηλαδή, η τροφοδοσία μέρους των καρστικών ροών από διηθήσεις του ποταμού.

- Βορείως του υδροκρίτη η ημιορεινή περιοχή του Τυρνάβου αποστραγγίζει όλα τα υπόγεια νερά που δέχεται (κατείσδυση από βροχή και διηθήσεις από τον Τιταρήσιο) στην πηγή Μάτι Τυρνάβου. Πολύ μικρό μέρος υπερχειλίζει στην Αγία Άννα. Ορίζεται επομένως η υδρογεωλογική λεκάνη των δύο αυτών πηγών.

- Νοτίως του υδροκρίτη υπάρχει μια σαφής συνκλίση της υπόγειας ροής προς τα Στενά Καλαμακίου του Πηνειού. Οι κύριες υδατικές εξοδοι παρατηρούνται στην αριστερή όχθη. Εκεί εκτός από την διόκριτη πηγή Αμυγδαλιάς, υπάρχει ένα συνεχές μέτωπο από διάσπαρτες ίσως και αδιόρατες εκροές καρστικού νερού προς το ποτάμι, το οποίο, έτσι, δέχεται νερά και αποστραγγίζει την υδροφορία. Το μέτωπο αυτό το παρακολουθήσαμε επί 1,5 km τουλάχιστον. Παρόμοια αποστράγγιση αλλά με πιο περιορισμένες τις διάκριτες ροές συμβαίνει και στη δεξιά όχθη του ποταμού, όπου καταλήγουν τα νερά της καρστικής μάζας του Κουτσόχερου.

- Η καρστική μάζα του Κουτσόχερου είναι πιθανόν να τροφοδοτείται και από διηθήσεις του Πηνειού στην περιοχή πριν και μετά από τη γέφυρα Κουτσόχερου, κυρίως μέσω των προσχώσεων αλλά και σε πλημμυρικές περιόδους. Οπωσδήποτε η περιοχή αυτή διακινεί και τα νερά που εκρέουν από τον κάμπο της Δ. Θεσσαλίας.

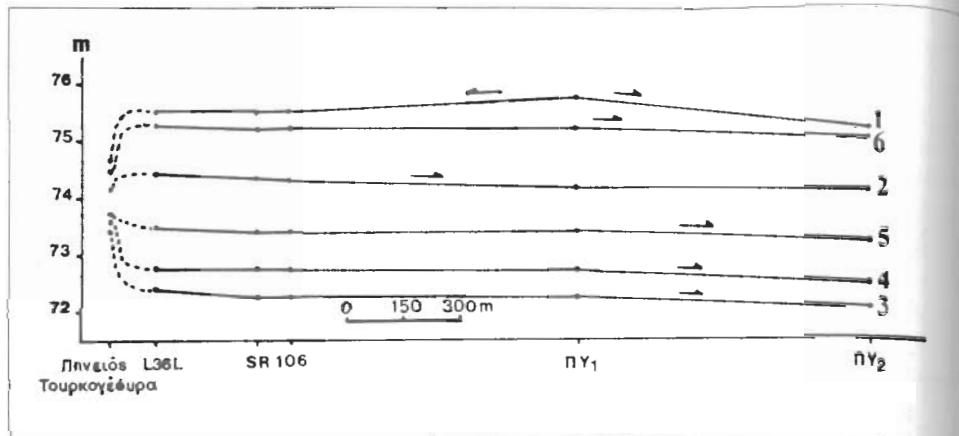
Η ανωτέρω όμως εικόνα της μορφολογίας της καρστικής υδροφορίας δεν παραμένει σταθερή. Οι μεταβολές εκτιμήθηκαν ότι πρέπει να εξαρτώνται:

- (α) από τον βαθμό διασύνδεσης του δικτύου των καρστικών αγωγών (οπότε η υδροφορία, σε περίπτωση υψηλής διασύνδεσης, αποκτά χαρακτήρα υδροφόρου ορίζοντα με ενιαία πιεζομετρική στάθμη).
- (β) από τις επεμβάσεις και τις μεταβολές της στάθμης που προκαλούν οι αντλήσεις, επιβάλλοντας ένα νέο δυναμικό καθεστώς.

Οι μετρήσεις της στάθμης κατά τη διάρκεια του έτους 1988-89 (Σχ.7, 8), έδειξαν ότι υπάρχει μια μετακίνηση του υπόγειου υδροκρίτη, ανάλογα με το καθεστώς τροφοδοσίας και εκμετάλλευσης της καρστικής υδροφορίας, με μετακίνηση προς νότο, δηλαδή στην κατεύθυνση του Πηνειού, την ξηρή περίοδο του έτους. Η πηγή Μάτι Τυρνάβου, αποτελεί, τότε, το κύριο σημείο κατάληξης των υπογείων νερών, διευρύνοντας τη λεκάνη της μέχρι και την περιοχή του Πηνειού ποταμού, χωρίς όμως να είναι άμεση, στην περίπτωση αυτή, η από τον Πηνειό τροφοδοσία της.

Ειδικότερα τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων, που έγιναν με ιδιαίτερη σχολαστικότητα, δίνουν τα εξής:

- Η στάθμη παρουσιάζει μια γενική εποχιακή ταπείνωση στην περιοχή μεταξύ Πηνειού και Τιταρήσιου με αποτέλεσμα να βρίσκεται σε πιά χαμηλή υψομετρική θέση από εκείνη του Πηνειού, στην περιοχή της Τουρκογέφυρας, με υδραυλική κλίση προς βορρά.
- Η στάθμη αρχίζει να επανέρχεται σε υψηλότερο επίπεδο, με το τέλος των αντλήσεων, στις αρχές Νοεμβρίου πλησιάζει πάλι τη στάθμη του Πηνειού την οποία ξεπερνά στη συνέχεια (μέτρηση Απριλίου 1989) στην υγρή περίοδο του έτους που ακολούθησε.

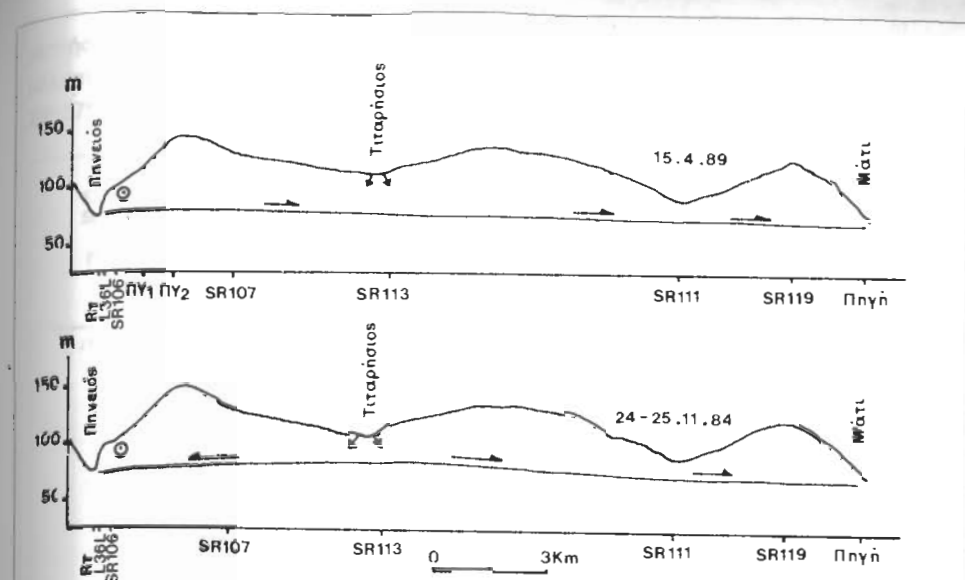


Σημείο Μέτρησης	Υψόμετρο στάθμης					
	1	2	3	4	5	6
	5.5.88	15.6.88	20.8.88	28.9.88	5.11.88	15.4.89
Πηνειός-Τουρκογέφυρα	74.66	74.16	73.47	73.62	73.72	74.50
L36L	75.54	74.45	72.39	72.77	73.47	75.25
Π2SR106	75.51	74.33	72.23	72.71	73.42	75.19
Π1SR106	75.49	74.30	72.24	72.70	73.42	75.22
ΠΥ1	75.72	74.26	72.23	72.71	73.40	75.17
ΠΥ2	75.13	74.08	72.04	72.53	73.23	75.00

Σχ. 7. Υπόγεια υδραυλική τομή. Μεταβολή με το χρόνο.  
Περιοχή Δαμασίου - Πηνειού (Μετρήσεις έρευνας).  
Fig. 7. Underground water profile. Changes in different periods.  
Penios-Titarisios-Mati Spring.

Η κατάσταση αυτή φαίνεται κατ'αρχήν ότι επιτρέπει την ανάπτυξη μιας υδραυλικής κλίσης από τον Πηνειό προς τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, και συνεπώς τροφοδοσία, στην περίπτωση αυτή, των υπογείων νερών και από τα νερά του Πηνειού (Σχ. 6.2, 8). Παρατηρείται δηλαδή μια αντίθετη εικόνα, από εκείνη της ίδιας, ξηρής, περιόδου του 1984, ή της υγρής περιόδου του 1988-89, όπου ο υδροφόρος ορίζοντας φαίνεται ότι τροφοδοτεί τον Πηνειό. Μια τέτοια κατάσταση επίδρασης από τον Πηνειό οπωσδήποτε θα έχει και τις επιπτώσεις της, στην ποιότητα του υπόγειου νερού, πολύ περισσότερο που εδώ πρόκειται για καρστική υδροφορία όπου οι μηχανισμοί αυτοκαθαρισμού κατά την υπόγεια κυκλοφορία είναι ατελείς.

Παρ' όλη αυτή την κατάσταση, η σύνδεση Πηνειού και υδροφόρου ορίζοντα, την περίοδο που διαπιστώθηκε η χαμηλότερη στάθμη στον τελευταίο, δεν φαίνεται να είναι ούτε εύκολη, ούτε άμεση.

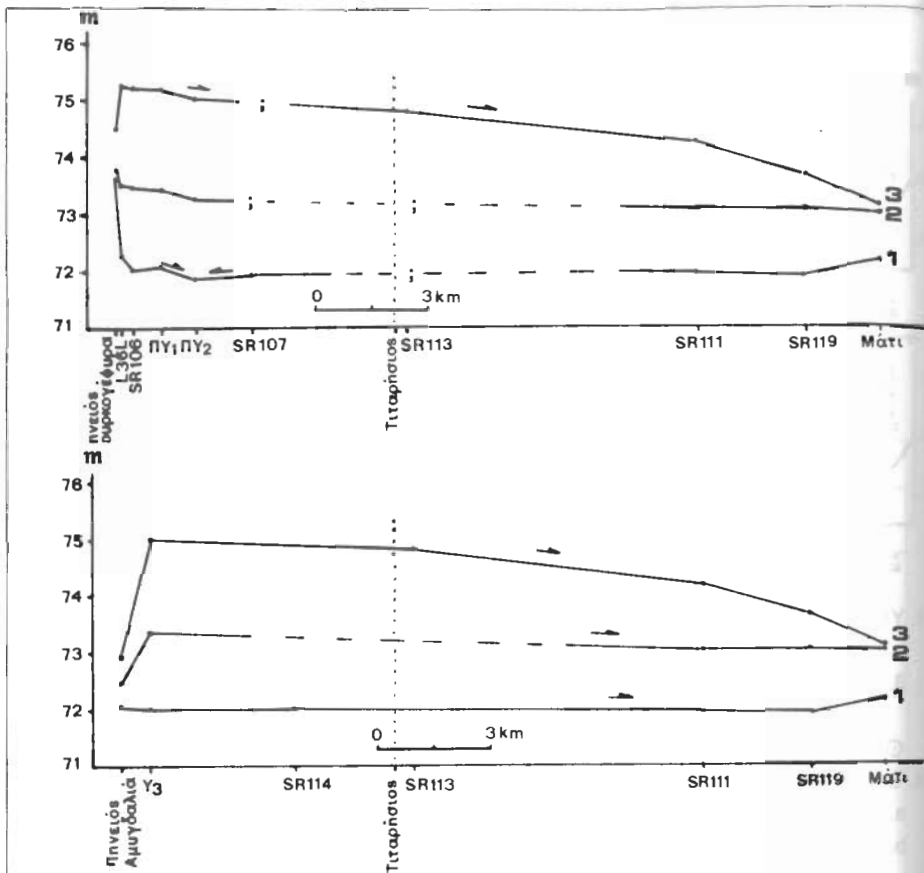


Σχ. 8. Υδρογεωλογική τομή καρστικού υδροφόρου Κεντρ. Θεσσαλίας  
α. Περίοδος χαμηλών τροφοδοσιών-εκμεταλλεύσεις (αντλήσεις)  
β. Περίοδος υψηλών τροφοδοσιών  
Κλίμακα στάθμης 0καριφηματική.  
⊙ Κίνηση νερού κάθετα στην τομή  
Fig. 8. Sketch hydrogeological profile of the central Thessaly karstic aquifer.  
a. Period of dry season and of exploitation by pumping.  
b. Period of highwater season.

α. Δεν παρατηρείται, μακροσκοπικά, μείωση της παροχής κατά τη ροή του ποταμού στα στενά.

β. Υπάρχει μια μεγάλη υδραυλική κλίση (Σχ. 7, 9) από τον Πηνειό προς την αμέσως γειτονική περιοχή του καρστ (γεώτρηση L36L) απ' όπου στη συνέχεια, η υδραυλική κλίση είναι πλέον μικρή, σ'όλον τον καρστικό χώρο μεταξύ όλων των σημείων που έγιναν οι μετρήσεις. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι παρεμβάλλεται μια ζώνη μικρής περατότητας που πιθανώς οφείλεται στα λεπτομερή υλικά απόθεσης του ποταμού. Στα σχήματα φαίνεται η διαχρονική ανεξαρτησία μεταξύ της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα δίπλα στο ποτάμι (πιεζόμετρο L36L, 70 m κοντά στον Πηνειό) και της θέσης της στάθμης του ποταμού. Με την ίδια λογική κατά τις περιόδους που η στάθμη του υπόγειου νερού βρίσκεται σε θέση πιο ψηλά από το ποτάμι, δεν πρέπει πάλι να υπάρχει σαφής ροή προς αυτό, στη θέση αυτή (κεντρική περιοχή, Τουρκογέφυρα). Η ροή προς το ποτάμι πρέπει τελικά να γίνεται κατά διεύθυνση κάθετη προς το επίπεδο της τομής που παριστά το διάγραμμα, και το υπόγειο νερό να καταλήγει προς το κατάντη, χαμηλότερο, τμήμα του ποταμού (πηγή Αμυδαλιάς) (Σχ. 8, 10).



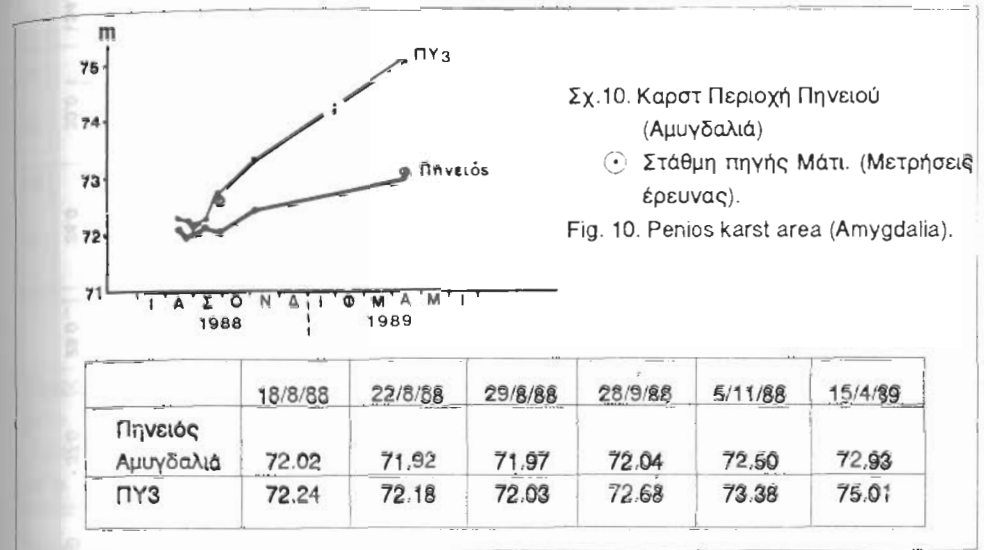


Σημείο μέτρησης	Υψόμετρο στάθμης		
	1	2	3
	4.9.88	5.11.88	15.4.89
Πηνειός Τουρκογέφυρα	73.59	73.72	74.50
Πηνειός Αμυδαλιά	72.06	72.45	72.93
L36L	72.23	73.47	75.25
Π1SR106	71.97	73.42	75.22
ΠΥ1	72.04	73.40	75.17
ΠΥ2	71.84	73.23	75.00
SR107	71.92	-	-
SR113	-	-	74.79
SR111	71.95	73.08	74.19
SR119	71.91	73.03	73.63
Y3	72.03	73.34	75.02
SR114	72.02	72.05	-
MATI	72.15	73.01	73.07

Σχ. 9 α,β. Υπόγεια υδραυλική τομή. Μεταβολή με το χρόνο. Περιοχή Πηνειού-Τιταρήσιου-Μάτι Τυρνάβου. (Μετρήσεις έρευνας).

Fig. 9. Underground water profile. Changes in different periods. Penios-Titarisios-Mati Spring.

γ. Παρατηρείται μια διαφορά στη θερμοκρασία, παρ'όλο τον ενδεικτικό χαρακτήρα των μετρήσεων στον ποταμό, του νερού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κοντά στον Πηνειό και μάλιστα υπό καθεστώς δοκιμαστικών αντλήσεων μεγάλης διάρκειας: 15.5°-16.0°C (θερμ. αέρα από 28°-37° C) και του νερού του Πηνειού 25°-27° C στα ανώτερα στρώματα του (θερμ. αέρα 35° C).



Σχ. 10. Καρστ Περιοχή Πηνειού (Αμυδαλιά)

○ Στάθμη πηγής Μάτι. (Μετρήσεις έρευνας).

Fig. 10. Penios karst area (Amygdalia).

δ. Οι αναλύσεις δειγμάτων νερού από τις δοκιμαστικές αντλήσεις των υδρογεωτρήσεων (που εκτελέστηκαν από το εργαστήριο της Δημοτικής επιχείρησης Υδρευσης και Αποχέτευσης Λάρισας), έδειξαν απουσία σιδήρου, αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων και μικρή, φυσιολογική, παρουσία νιτρικών. Αντίθετα τα συστατικά αυτά υπάρχουν στα νερά του ποταμού. Επίσης διαφορά παρατηρείται και στις σκληρότητες των δύο νερών (Πίνακας 2). Επίσης στην Πηνειάδα, υπάρχει γεώτρηση στα μάρμαρα για την ύδρευση της κοινότητας χωρίς να έχει προκύψει θέμα καταλληλότητας νερού μέχρι σήμερα.

ε. Δεν υπάρχει άμεση απόκριση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα με τις αιφνίδιες μεταβολές της στάθμης του ποταμού στις κοντινές με αυτόν γεωτρήσεις. Φαίνεται μια υστέρηση μεγαλύτερη των 10 ημερών (Σχ. 11).

Τα ανωτέρω δείχνουν μια ανεξαρτησία μεταξύ των δύο υδατικών φορέων, δηλαδή του Πηνειού και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, στην περιοχή του κεντρικού πεδίου των καρστικών μαζών.

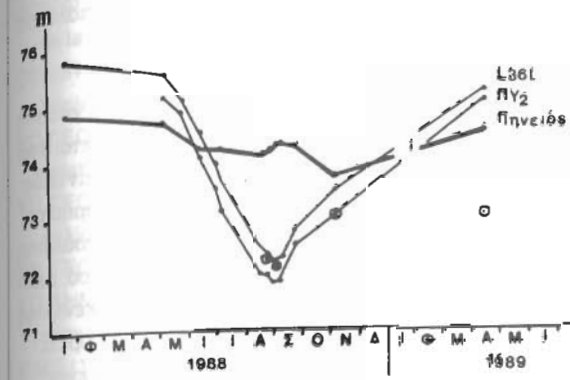
Δεν μπορεί βέβαια να αποκλειστεί μια έμμεση από τα ανάντη επικοινωνία, αν και δεν φαίνεται να αλλάζουν οι συνθήκες που περιγράφηκαν εδώ (παρουσία ζώνης λεπτομερών αποθέσεων του ποταμού). Επίσης δεν μπορεί να αποκλειστεί η επικοινωνία από υπερύψωση της στάθμης του ποταμού, είτε πλημμυρική είτε από αλλαγή του καθεστώτος ροής του. Οποσδήποτε έστω και η έμμεση σχέση επιβάλλει ελέγχους της ποιότητας των υπόγειων νερών.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2

Χημικές αναλύσεις νερού από Πηνεϊό και γεωτρήσεις Y1, Y2, Y3  
(Αναλύσεις από την ΔΕΥΑΛ σε δικά μας δείγματα)

TABLE 2  
Chemical quality of water for the Penios river and wells Y1, Y2, Y3

ΕΙΔΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ	mg/lit	23/6/88	5/4	10/8	17/5	23/8	24/8	8/9	9/9	3/9	4/9
Αγωγιμότητα μMHO/cm		450	425	240	480	500	500	510	500	530	530
σπου 25° C	>600										
Σκληρότητα ολική ως CaCO <sub>3</sub>	100-500	235	220	160	230	260	255	260	265	262	260
Θειικά ως SO <sub>4</sub>	250	22.0	19.5	21.0	8.1	11.5	11.0	10.9	11.5	11.0	11.5
Χλωριούχα ως Cl	350	9.5	9.0	9.0	12.0	9.5	10.5	11.5	11.0	11.0	10.5
Σίδηρος ως Fe	0.1	0.2	0.8	0.4	0	0	0	0	0	0	0
PH	7.0-8.5	8.1	8.0	7.9	7.4	7.3	7.4	7.3	7.4	7.4	7.4
Αμμωνία ελεύθερη ως NH <sub>3</sub>		0.015	0.023	0.016	0	0	0	0	0	0	0
Αμμωνία ελεύθερη ως N		0.012	0.019	0.013	0	0	0	0	0	0	0
Νιτρώδη ως NO <sub>2</sub>		2.57	0.16	0.16	0	0	0	0	0	0	0
Νιτρώδη ως N		0.67	0.05	0.048	0	0	0	0	0	0	0
Νιτρικό ως NO <sub>3</sub>		7.17	4.8	0.017	2.66	14.6	14.6	14.6	15.1	13.7	14.2
Νιτρικό ως N		1.62	1.08	0.004	0.60	3.3	3.3	3.3	3.4	3.1	3.2
Σύνολο οργανικών ουσιών ως KMnO4		6.36	5.68	10.43	0	0	0	0	0	0	0
Θερμ. νερού (°C)				27.0		15.5	16.0	16.0	16.0	15.5	16.0
Θερμ. αέρα (°C)			9.04	35.0		36.0	37.0	28.0	28.0	33.0	34.0
DO				8.76							



Σχ. 11. Καρστ περιοχής Πηνεϊού (Τουρκογέφυρας), Δαμασίου  
⊙ Στάθμη πηγής Μάτι (Μετρήσεις έρευνας)  
Fig. 11. Penioskarst area (Τουρκογέφυρα).

Ημερομ. μετρ. Σημείο μέτρ.	Πηνεϊός	Τουρκογ.	L36L	ΠΥ2
21.1.88	74.85		75.79	-
5.5.88	74.66		75.54	75.13
24.5.88	-		75.07	74.76
14.6.88	74.16		74.45	74.08
30.6.88	-		73.94	73.47
5.7.88	74.32		73.59	73.13
16.8.88	-		72.47	72.01
24.8.88	74.10		72.30	71.96
1.9.88	74.19		72.19	71.80
9.9.88	74.29		72.33	72.08
28.9.88	74.25		72.77	72.53
5.11.88	73.72		73.47	73.03
15.4.89	74.50		75.25	75.00

Οι μετακινήσεις του υδροκρήτη και οι μεταβολές του μεγέθους των υδρογεωλογικών λεκανών επιβάλλουν τη θεώρηση της καρστικής υδροφορίας ως ενιαίου συνόλου στη σύνταξη του υδατικού ισοζυγίου και την εκτίμηση των αποθεμάτων της.

Το θέμα αυτό δεν αποτελεί αντικείμενο της εδώ εργασίας αλλά ενδεικτικά (Π.Μαρίνος, Υδρογεωλογική έκθεση υδροφορέων περιοχής Λάρισας για ΔΕΥΑΛ, Ιανουάριος 1985), οι διακινούμενες ποσότητες με φυσική ροή, ξεπερνούν τα 90.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/χρόνο σ' όλη τη μάζα. Οι ποσότητες αυτές εξήρχοντο παλαιότερα, κατά το μέγιστο ποσοστό τους, από τις πηγές, σήμερα σ' ένα βαθμό αφαιρούνται και ενδιάμεσα από αντλήσεις. Στην ποσότητα αυτή πρέπει να προστεθούν και οι αξιόλογες μεταγγίσεις-διηθήσεις στο προσχωματικό ριπίδιο του Τιταρήσιου ανατολικά της καρστικής μάζας που δεν είναι δυνατόν εύκολα να εκτιμηθούν. Οι τροφοδοσίες από κατείσδυση των νερών των βροχοπτώσεων εκτιμούνται περίπου σε 70.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/χρόνο (με εκτίμηση συντελεστού κατείσδυσης 45%). Συνεπώς οι διηθήσεις από τον Τιταρήσιο έχουν μέγεθος κατά πολύ μεγαλύτερο από 20.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/χρόνο.

\* Σε εκτιμήσεις του Constantinidis (1978) η διηθήσιμη του Τιταρήσιου δίδεται ως 0.4 m<sup>3</sup>/sec ενώ ο συντελεστής της κατείσδυσης στα μάρμαρα που τροφοδοτούν την πηγή Μάτι και Αγ. Άννα, αναβράζει σε 72%.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η καρστική υδροφορία που αναπτύσσεται στο κεντρικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας και την οποία διασχίζουν οι ποταμοί Πηνειός και Τιταρήσιος αποτέλεσε το αντικείμενο έρευνας που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των ετών 1983 και 1989 και βασίσθηκε, εκτός των άλλων, σε απόλυτης ακρίβειας μετρήσεις της στάθμης των υπογείων και επιφανειακών νερών.

Τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής είναι:

- Η εκκένωση της μάζας γίνεται από πηγές η πιο σημαντική των οποίων είναι η γνωστή πηγή Μάτι Τυρνάβου, προς βορρά, ενώ μια δεύτερη οικογένεια πηγών εμφανίζεται στις όχθες του Πηνειού με σημαντικότερη την πηγή Αμυδαλιάς, προς νότο. Σημαντικές μεταγγίσεις υπογείων νερών συμβαίνουν και στο αλλουβιακό ριπίδιο του Τιταρήσιου, προς τις προσχωματικές υδροφορίες του ανατολικού τμήματος της Θεσσαλικής πεδιάδας, σε αντίθεση με τις σχεδόν μηδενικές στο ατελές ριπίδιο του Πηνειού, μετά την έξοδό του από τις καρστικές μάζες. Από τις παρατηρήσεις του ρυθμού εκκένωσης της πηγής Μάτι Τυρνάβου, αλλά και από αντλήσεις, προκύπτει ότι υπάρχει ευρεία διασύνδεση των καρστικών αγωγών, που έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός ενιαίου υπόγειου καρστικού υδροφορέα με υψηλό δυναμικό.
- Βασικό μέρος της τροφοδοσίας του καρστικού υδροφορέα εξασφαλίζεται από διηθήσεις της απορροής του Τιταρήσιου χωρίς όμως αυτός να βρίσκεται σε δυναμική εξάρτηση με τα νερά της υπόγειας καρστικής υδροφορίας.
- Κατά την υγρή περίοδο του έτους διακρίνονται δύο υδρογεωλογικές λεκάνες με υπόγειο υδροκρίτη στο ύψος περίπου του Τιταρήσιου. Η νότια λεκάνη έχει διεύθυνση ροής προς τον Πηνειό με στάθμη υψηλότερα από αυτόν. Η εικόνα όμως αυτή μεταβάλλεται δραματικά από τη δυναμική επέμβαση που εξασκείται στον υδροφορέα από τη φυσική εκκένωσή του προς βορρά προς την πηγή Μάτι, σε συνδυασμό με τις αντλήσεις από γεωτρήσεις που έχουν εκτελεσθεί στο καρστικό πεδίο κυρίως βορείως του Τιταρήσιου. Διαμορφώνεται τελικά κατά περιόδους, με τη μετανάστευση του υπόγειου υδροκρίτη προς νότο και την εξασφάλισή του, μια μόνο υδρογεωλογική λεκάνη με εκφόρτιση προς βορρά στην πηγή Μάτι Τυρνάβου.
- Υπάρχουν χρονικές περιόδους που η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στο κεντρικό τμήμα του καρστικού πεδίου, κατέρχεται κάτω από αυτή του Πηνειού. Δεν διαπιστώνεται, όμως, παρ'ότι θεωρητικά ευνοείται, άμεση, τουλάχιστον, διήθηση νερών του ποταμού προς τον υδροφόρο ορίζοντα με βάση μια σειρά ενδείξεων όπως π.χ. χημικές αναλύσεις, υδρολογικές παρατηρήσεις, υδραυλικές κλίσεις.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θεωρούν υποχρέωσή τους να ευχαριστήσουν το γεωλόγο του Υπουργείου Γεωργίας κ. Μάρκο Θάνο για τις πολύ χρήσιμες συζητήσεις που είχαν μαζί του, στη διάρκεια της έρευνας αυτής. Χρήσιμη ήταν επίσης η συνεργασία με το γεωλόγο του ίδιου Υπουργείου, κ. Γ. Γκανιάτσα και τα στελέχη της Δημοτικής Επιχείρησης Υδρευσης και Αποχέτευσης Λάρισας. Στη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου της μελέτης αυτής, μεγάλη βοήθεια προσέφερε ο γεωλόγος κ. Κώστας Πετράκης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- BAZARD, V. & GIREL, M. (1971). Γεωλογική Μελέτη της Θεσσαλίας. Τεχνικά Χρονικά, 7.
- CONSTANTINIDIS, D. (1978). Hydrodynamique d'un Systeme Aquifere Heterogene-Hydrogeologie de la Thessalie Orientale. These de Doctorat d'Etat. Grenoble.
- CONSTANTINIDIS, D. & DOUSOS, T. (1982). Comparaison des Proprietes Hydrodynamiques et Tectoniques des Roches Karstiques. Application en Thessalie. Document BRGM, 45.
- ΥΠ.ΓΕΩΡΓΙΑΣ - ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ Α.Ε. (1984). Εκθεση επί των εκτελεσθεισών ερευνητικών υδρογεωτρήσεων ΠΙΑΥΘ στους ασβεστολιθικούς όγκους περιοχής Τυρνάβου.
- ΥΠ.ΓΕΩΡΓΙΑΣ - SOGREAH (1974). Πρόγραμμα Ανάπτυξης Υπογείων Υδάτων Πεδιάδος Θεσσαλίας.
- ΥΠ.ΓΕΩΡΓΙΑΣ. Υδρομετρήσεις, μετρήσεις στάθμης γεωτρήσεων και πιεζομέτρων.
- ΥΠ.ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ - ELECTROWATT (1968). Αξιοποίηση Πεδιάδας Θεσσαλίας. Προκαταρκτική μελέτη και Εκθέσεις Οικονομικής Σκοπιμότητας.
- ΓΓΜΕ (1980). Απογραφή Καρστικών Πηγών Ελλάδας III, Θεσσαλία.
- ΓΓΜΕ. Γεωλογικοί χάρτες 1:50.000 φύλλα: Φαρκώων, Ελασσόνα, Γόννοι, Λάρισα.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Π. (1985, 1989). Υδρογεωλογικές εκθέσεις υδροφορέων περιοχής Λάρισας για ΔΕΥΑΛ.