

## Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΔΟΤΗΣΗ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ\*

Μ. ΠΑΓΟΥΝΗΣ†

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην αναζήτηση αυτή παρουσιάζεται η χωροχρονική εξέλιξη της υδροληψίας των υπόγειων νερών για τις υδρευτικές ανάγκες της Πρωτεύουσας, τα τελευταία 80 χρόνια. Σε μια περίοδο με χαρακτηριστικά γνωρίσματα την επανάληψη του φαινομένου της ανομβρίας, την ταχεία ανάπτυξη της πόλης και την αύξηση της ζήτησης νερού.

Τα κατακόρυφα υδροληπτικά έργα εκτελέστηκαν κάτω από πιεστικές ανάγκες, χωρίς να προηγηθούν οι απαιτούμενες έρευνες υποδομής.

Παρ' όλα αυτά εξασφαλιόταν οι αναγκαίες ποσότητες νερού και απομακρύνθηκε, κάθε φορά, ο κίνδυνος της λειψυδρίας.

Ήταν αναπόφευκτο, τις περιόδους με οξύτατο πρόβλημα λειψυδρίας, να αντληθούν αυξημένες ποσότητες υπόγειου νερού σε σύντομο χρονικό διάστημα παραβιάζοντας βιολογικές αοχές, όσον αφορά την ορθολογική τους αντιμετώπιση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, σε μερικές περιοχές, να διαταραχθεί το υδατικό ισοζύγιο, αλλά και να προκληθεί ποιοτική υποβάθμιση του νερού.

Τα προαναφερόμενα προβλήματα διασφηνίζονται στην εργασία που ως βασικό της στόχο θέτει την υπόδειξη εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων για την ορθολογική διαχείριση του υπόγειου υδατικού δυναμικού Βοιωτίας - Βοιωτικού Κηφισού, το οποίο παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της περιοχής, αλλά και εξασφαλίζει σημαντικές ποσότητες νερού για την ύδρευση της Πρωτεύουσας.

### ABSTRACT

The drought phenomenon in Athens, known from since ancient times, was in the last decades extremely exacerbated, due to increase in water demands, climatic conditions and human activities. Moreover, the lack of the necessary large - scaled water exploitation works and efficient pipelines led sometimes to severe water shortages.

Since 1924, the water - supply demands of Athens have increased rapidly from  $4,6 \times 10^6$  to  $450 \times 10^6$  m<sup>3</sup> / year. Great expensive projects were constructed so far, aiming at the runoff water exploitation (Mornos dam, 1970-1984, Evinos dam, under construction since 1990). The water reserves did not met the water demands up to date and the drought phenomenon continued to repeat.

Groundwater investigations in selected karstic aquifers promising new water resources were carried out.

The water shortage problem in the wider Attiki area of during the critical periods of 1977 - 80 and 1989 - 1994 was satisfactorily solved through the exploitation of groundwater reserves.

From 1977 and 1990, groundwater contributed highly to the water supply of the capital, meeting the 75% ( $500 - 10^3$  m<sup>3</sup> daily) of consumption.

**KEY WORDS:** Αθήνα, Υπόγειο υδατικό δυναμικό, Καστινός υδροφόρος, Λειψυδρία,  
Athens, Groundwater potential, Karstic aquifer, Drought

\* THE CONTRIBUTION OF GROUNDWATER TO THE WATER SUPPLY OF ATHENS

† Msc Γεωλόγος, Π.Μ. Μεσογείων 70<sup>η</sup> 15 27, Αθήνα  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεοφράστου" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το φαινόμενο της λειψυδρίας στο λεκανοπέδιο της Αττικής δεν είναι καινούργιο, αλλά έχει εκδηλωθεί από την αρχαιότητα, ενώ από τη δεκαετία του '70 πήρε επικίνδυνες διαστάσεις.

Αυτό οφείλεται στην αυξημένη κατανάλωση, σε κλιματικές αλλαγές, αλλά και σε ποικίλες ανθρωπογενείς επιδράσεις. Η έλλειψη αναγκαίων υδροληπτικών έργων και ορθολογικής αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού είναι ακόμα ένας λόγος, που οδηγεί στην όξυνση της υδροδοτικής κατάστασης.

Οι υδρευτικές ανάγκες της Αθήνας από το 1924 μέχρι σήμερα ανήθθησαν κατακόρυφα από  $4,6 \times 10^6$  σε  $450 \times 10^6 \text{ m}^3$  /έτος. Για την εξασφάλιση των ποσοτήτων αυτών κατά τις διάφορες χρονικές περιόδους κατασκευάστηκαν μεγάλα και πολυδάπανα υδροληπτικά έργα εκμετάλλευσης επιφανειακών νερών [φράγμα Μαραθώνα, 1924-31, Υδροαγωγείο Υλίκης 1954-58, φράγμα Μόρνου 1970-1984, Φράγμα Ευήνου (υπό κατασκευή από το 1990)].

Τα αποθέματα νερού στους επιφανειακούς ταμιευτήρες κάλυψαν τις υδροδοτικές ανάγκες για μικρά χρονικά διαστήματα. Σε περιόδους ανομβρίας το πρόβλημα της λειψυδρίας συνέχισε να επαναλαμβάνεται έντονα.

Η ανάγκη εξοικονόμησης νέων υδατικών πόρων οδήγησε στην έρευνα και αξιοποίηση των υπόγειων νερών, τα οποία μέχρι τότε δεν λαμβάνονταν υπόψη, παρ' όλο που υπήρχαν αρκετές ενδείξεις ότι τα αποθέματά τους είναι αξιόλογα. Με την εκμετάλλευση των υπόγειων αποθεμάτων νερού αντιμετωπίστηκε το πρόβλημα της λειψυδρίας του Λεκανοπεδίου της Αττικής την χρονική περίοδο 1977-80 και 1989-1994. Από το 1977 και το 1990 ειδικότερα η συμβολή των υπόγειων νερών στη ύδρευση της Αθήνας ήταν τεράστια, αφού την τελευταία περίοδο καλύφτηκε το 75% ( $500 \times 10^3 \text{ m}^3$  ημερησίως) της κατανάλωσης.

## 2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το πρόβλημα της μελέτης συνδυάζεται με την εκμετάλλευση των υπόγειων νερών στα καρστικά συστήματα των υδρογεωλογικών λεκανών του Βοιωτικού Κηφισού και της Βόρειας Πάρνηθας, αλλά και με τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει αυτή στο υδρολογικό καθεστώς ειδικότερα (Σχήμα 1).

Παρουσιάζονται παράλληλα τα μέτρα που πρέπει να εφαρμοστούν για την ορθολογική διαχείριση του υδατικού δυναμικού, με βάση τα πρώτα συμπεράσματα, που προέκυψαν από την εκμετάλλευση των γεωτρήσεων τη χρονική περίοδο 1991-95.

## 3. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΑ)

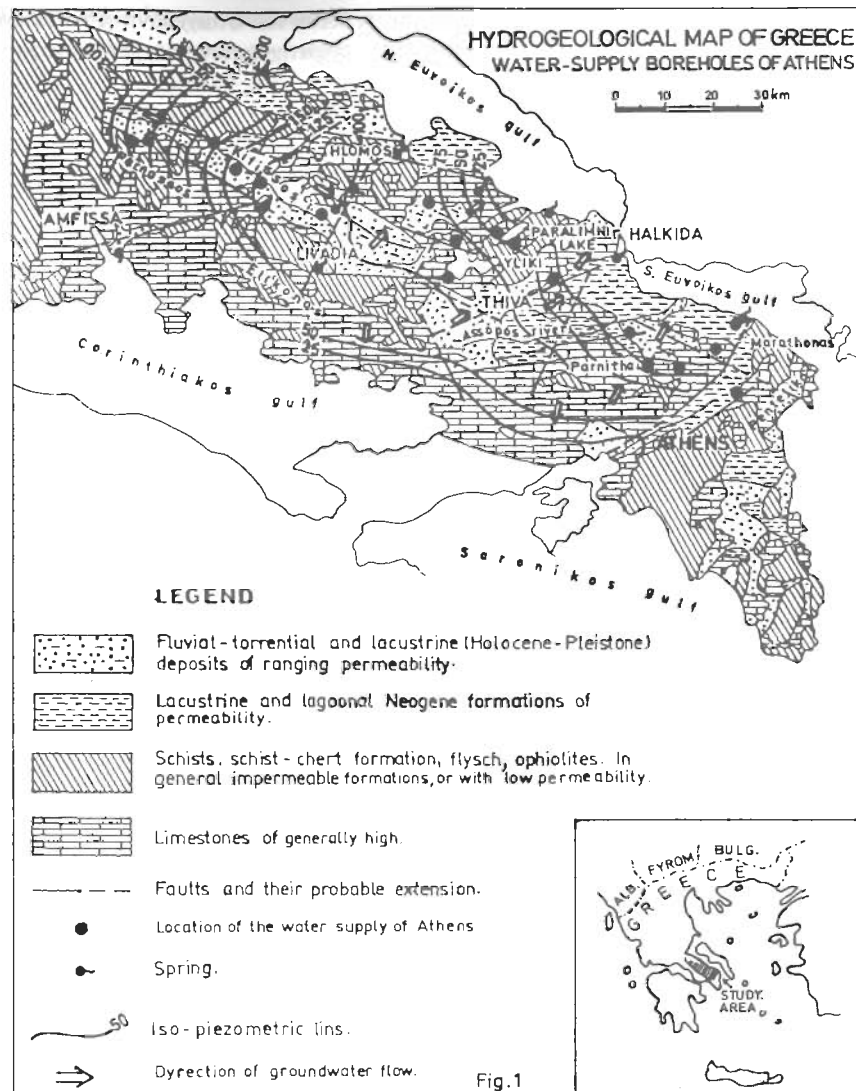
Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρείας περιοχής του Βοιωτικού Κηφισού και της Βόρειας Πάρνηθας ανήκουν στις γεωτεκτονικές ζώνες Ανατολικής Ελλάδας, Παρνασσού - Γκιώνας και Βοιωτίας. Στινιόταντα από πετρώματα ποικίλου τύπου και διαφορετικής ηλικίας (Σχήμα 1).

Οι σχιστοφυμίτες του Ανωτέρου Παλαιοζωικού είναι τα παλαιότερα πετρώματα και αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, στο οποίο επικαθόνται οι ανθρακικοί σχηματισμοί μεσοζωικής ηλικίας.

Τα προαναφερόμενα πετρώματα έχουν υποστεί έντονο τεκτονισμό με αποτέλεσμα να πτυχωθούν και να κατακερματιστούν. Το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα της τεκτονικής αυτής, όμως, είναι η οριζόντια και κατακόρυφη μετακίνηση μεγάλων τμημάτων της περιοχής, στην οποία οφείλεται η δημιουργία των ορεινών όγκων Παρνασσού-Ελικώνα, Κιθαιρώνα-Πάρνηθας νότια και Καλλιδρόμου-Χλωμού-Κτιπιά βόρεια, αλλά και των εκτεταμένων μεταξύ τους τεκτονικών βυθισμάτων του Βοιωτικού Κηφισού και Θήβας - Οινόφυτων.

Νεογενείς και Τεταρογενείς αποθέσεις μεγάλου, γενικά, πάχους στο χώρο των βυθισμάτων, καλύπτουν τους παλαιότερους σχηματισμούς.

Οι ασβεστόλιθοι αποτελούν τον κύριο γεωλογικό σχηματισμό, στον οποίο επικαθόνται πολλαπλές υδρογεωλογικές ενότητες και υδροφόροι ορίζοντες σε διάφορα επίπεδα, ως αποτέλεσμα της στρωματογραφίας και της τεκτονικής.



Τα γεωλογικά αυτά γεγονότα σε συνδυασμό με την υδροπερατότητα των ασβεστόλιθων, που μεταβάλλεται σε βάθος, αλλά και κατά την οριζόντια ανάπτυξη τους, δημιουργούν ιδιαίτερες υδρογεωλογικές συνθήκες στη διακίνηση των επιφανειακών και υπόγειων νερών.

Στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού η υπόγεια αποστράγγιση γίνεται προς δύο γενικά κατευθύνσεις: μια βορειοανατολική ως ανατολική και μια νοτιοανατολική. Στη ροή τους αυτή τα υπόγεια νερά μεταγγίζονται από τη μία υδρογεωλογική ενότητα στην άλλη ακολουθώντας προνομιακές διόδους. Κατά μήκος της κύριας (νοτιοανατολικής) ζώνης αποστράγγισης του συστήματος παρατηρούνται αλληπάλλληλα μέτωπα ανάβλυσσης νερού (πηγές Πολυδρόσου - Λιλαίας, Μαυρονερίου - Μέλανα - Πολυγύρας, Λάριμνας) και αλληπάλλληλες επίσης ζώνες κατείδυσης των ρέοντων νερών, στις περιοχές μεταξύ των πηγών, με οριστική κατάληξη στον Ειβοϊκό Κόλπο. Επίσης, υπάρχουν στεγνές ζώνες διαφυγής υπόγειου νερού από τα όρια της λεκάνης προς βορειοανατολικά (Μ. Παγώνης, 1986, -89, -91, -94).

Στο καρστικό σύστημα της βόρειας Πάρνηθας εντοπίστηκαν τρεις ζώνες υπόγειας αποστράγγισης με γενική κατεύθυνση βορειο-ανατολική.

## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το φαινόμενο της λειψυδρίας στο λεκανοπέδιο της Αττικής δεν είναι καινούργιο, αλλά έχει εκδηλωθεί από την αρχαιότητα, ενώ από τη δεκαετία του '70 πήρε επικίνδυνες διαστάσεις.

Αυτό οφείλεται στην αυξημένη κατανάλωση, σε κλιματικές αλλαγές, αλλά και σε ποικίλες ανθρωπογενείς επιδράσεις. Η έλλειψη αναγκαίων υδροληπτικών έργων και ορθολογικής αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού είναι ακόμα ένας λόγος, που οδηγεί στην όξυνση της υδροδοτικής κατάστασης.

Οι υδρευτικές ανάγκες της Αθήνας από το 1924 μέχρι σήμερα αυξήθηκαν κατακόρυφα από  $4,6 \times 10^6$  σε  $450 \times 10^6 \text{ m}^3$  /έτος. Για την εξασφάλιση των ποσοτήτων αυτών κατά τις διάφορες χρονικές περιόδους κατασκευάστηκαν μεγάλα και πολυδάπανα υδροληπτικά έργα εξμετάλλευσης επιφανειακών νερών [φράγμα Μαραθώνα, 1924-31, Υδρογωγείο Υλίκης 1954-58, φράγμα Μόρνου 1970-1984, Φράγμα Ευήνου (υπό κατασκευή από το 1990)].

Τα αποθέματα νερού στους επιφανειακούς ταμιευτήρες κάλυψαν τις υδροδοτικές ανάγκες για μικρά χρονικά διαστήματα. Σε περιόδους ανομβρίας το πρόβλημα της λειψυδρίας συνέχισε να επαναλαμβάνεται έντονα.

Η ανάγκη εξοικονόμησης νέων υδατικών πόρων οδήγησε στην έρευνα και αξιοποίηση των υπόγειων νερών, τα οποία μέχρι τότε δεν λαμβάνονταν υπόψη, παρ' όλο που υπήρχαν αρετές ενδείξεις ότι τα αποθέματά τους είναι αξιόλογα. Με την εξμετάλλευση των υπόγειων αποθεμάτων νερού αντιμετώπιστηκε το πρόβλημα της λειψυδρίας του Λεκανοπεδίου της Αττικής την χρονική περίοδο 1977-80 και 1989-1994. Από το 1977 και το 1990 ειδικότερα η συμβολή των υπόγειων νερών στη ύδρευση της Αθήνας ήταν τεράστια, αφού την τελευταία περίοδο καλύφτηκε το 75% ( $500 \times 10^3 \text{ m}^3$  ημερησίως) της κατανάλωσης.

## 2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το πρόβλημα της μελέτης συνδιάζεται με την εξμετάλλευση των υπογείων νερών στα κεντρικά συστήματα των υδρογεωλογικών λεκανών του Βοιωτικού Κηφισού και της Βόρειας Πάαρνηθας, αλλά και με τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει αυτή στο υδρολογικό καθεστώς ειδικότερα (Σχήμα 1).

Παρουσιάζονται παράλληλα τα μέτρα που πρέπει να εφαρμοστούν για την ορθολογική διαχείριση του υδατικού δυναμικού, με βάση τα πρώτα συμπεράσματα, που προέκυψαν από την εξμετάλλευση των γεωτρήσεων τη χρονική περίοδο 1991-95.

## 3. ΔΙΑΦΩΡΩΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (ΠΕΡΙΑΗΠΤΙΚΑ)

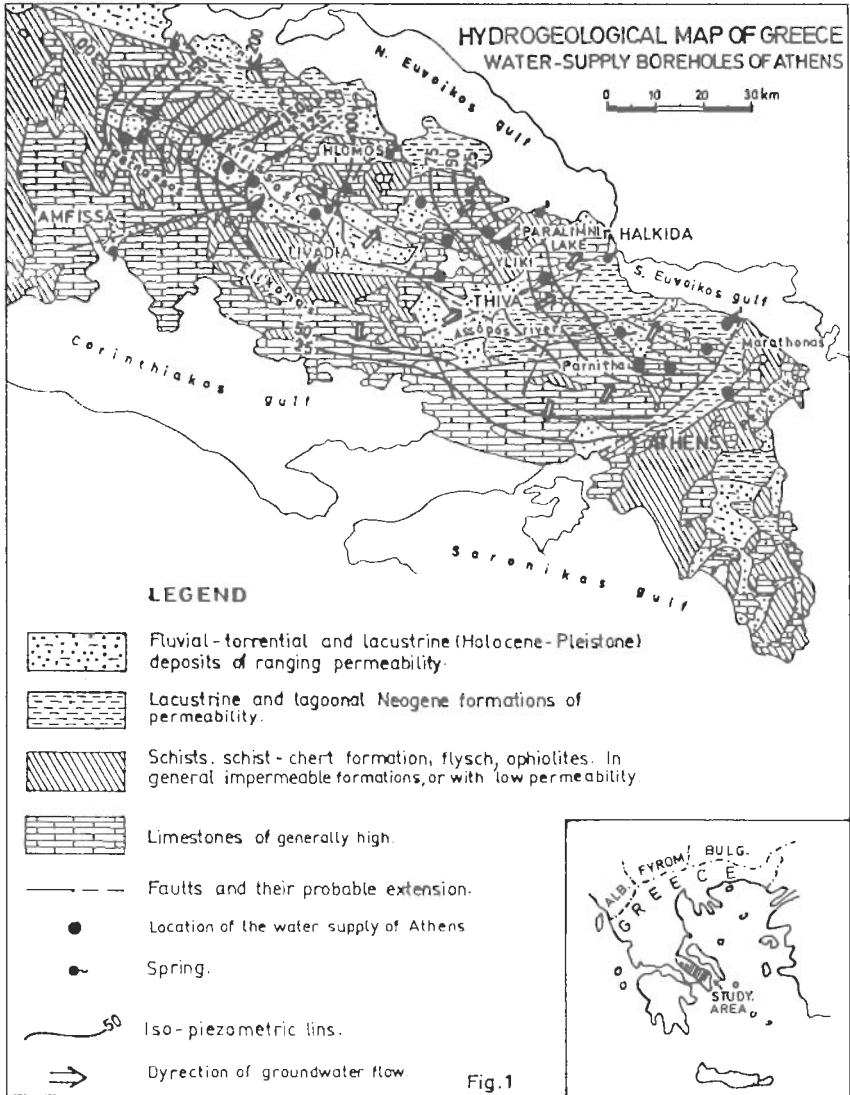
Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρείας περιοχής του Βοιωτικού Κηφισού και της Βόρειας Πάαρνηθας ανήκουν στις γεωτεκτονικές ζώνες Ανατολικής Ελλάδας, Παρνασσού - Γκιώνας και Βοιωτίας. Συνίστανται από πετρώματα ποικίλου τύπου και διαφορετικής ηλικίας (Σχήμα 1).

Οι σχιστοφαμίτες του Ανωτέρου Παλααιοζωικού είναι τα παλαιότερα πετρώματα και αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, στο οποίο επικαθόνται οι ανθρακικοί σχηματισμοί μεσοζωικής ηλικίας.

Τα προαναφερόμενα πετρώματα έχουν υποστεί έντονο τεκτονισμό με αποτέλεσμα να πτυχωθούν και να κατακεραματιστούν. Το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα της τεκτονικής αυτής, όμως, είναι η οριζόντια και κατακόρυφη μετακίνηση μεγάλων τμημάτων της περιοχής, στην οποία οφείλεται η δημιουργία των ορεινών όγκων Παρνασσού-Ελιζάνα, Κιθαιρώνα-Πάαρνηθας νότια και Καλλιδόμου-Χλωμού-Κτυπά βόρεια, αλλά και των εκτεταμένων μεταξύ τους τεκτονικών βυθισμάτων του Βοιωτικού Κηφισού και Θήβας - Οινόφυτων.

Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις μεγάλου, γενικά, πάχους στο χώρο των βυθισμάτων, καλύπτουν τους παλαιότερους σχηματισμούς.

Οι ασβεστόλιθοι αποτελούν τον κύριο γεωλογικό σχηματισμό, στον οποίο διαμορφώνονται πολλαπλές υδρογεωλογικές ενότητες και υδροφόροι οριζόντες σε διάφορα επίπεδα, ως αποτέλεσμα της στρωματογραφικής διαφοροποίησης. **Κηφισική Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.**



Τα γεωλογικά αυτά γεγονότα σε συνδυασμό με την υδροπερατότητα των ασβεστόλιθων, που μεταβάλλεται σε βάθος, αλλά και κατά την οριζόντια ανάπτυξη τους, δημιουργούν ιδιαίτερες υδρογεωλογικές συνθήκες στη διακίνηση των επιφανειακών και υπόγειων νερών.

Στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού η υπόγεια αποστράγγιση γίνεται προς δύο γενικά κατευθύνσεις : μια βορειοανατολική ως ανατολική και μια νοτιοανατολική. Στη ροή τους αυτή τα υπόγεια νερά μεταγγίζονται από τη μία υδρογεωλογική ενότητα στην άλλη ακολουθώντας προνομιακές διόδους. Κατά μήκος της κύριας (νοτιοανατολικής) ζώνης αποστράγγισης του συστήματος παρατηρούνται αλληπλάλληλα μέτωπα ανάβλυνσης νερού (πηγές Πολυδρόσου - Λιλαίας, Μαυρονερίου - Μέλινα - Πολυγύρας, Λάριμνας) και αλληπλάλληλες επίσης ζώνες κατειόδισης των ρέοντων νερών, στις περιοχές μεταξύ των πηγών, με οριστική κατάληξη στον Ευβοϊκό Κόλπο. Επίσης, υπάρχουν στενές ζώνες διαφυγής υπόγειου νερού από τα όρια της λεκάνης προς βορειοανατολικά (Μ.Παγούνης, 1986, -89, -91, -94).

Στο καρστικό σύστημα της βόρειας Πάονθιας εντοπίστηκαν τρεις ζώνες υπόγειας αποστράγγισης με γενική κατεύθυνση βορειο-ανατολική. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Με βάση τα γεωλογικά δεδομένα και ειδικότερα την ανάλυση των στοιχείων της τεκτογένεσης, της υδρογεωλογικής χαρτογράφησης και των υδρολογικών παρατηρήσεων αντιμετωπίστηκαν βασικά προβλήματα υδρογεωλογικής έρευνας, όπως ο εντοπισμός και η οριοθέτηση των υδρογεωλογικών ενοτήτων, ο προσδιορισμός του επιπέδου βάσης, η ερμηνεία των υδραυλικών σχέσεων μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων νερών, η προσέγγιση του υδατικού δυναμικού σε  $710 \times 10^6$  και  $100 \times 10^6$   $m^3$  ανά έτος για το Βοιωτικό Κρημισσό και τη Βόρεια Πάρνηθα αντίστοιχα κ.λπ.

#### 4. ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑΣ

Οι πρώτες γεωτρήσεις εκτελέστηκαν στην περιοχή του Κοκκινιά Κρημισιάς κατά την περίοδο της μεγάλης ανομβρίας 1915-17 για την ενίσχυση του δικτύου ύδρευσης της Αθήνας. Τα βάθη των γεωτρήσεων κυμαίνονταν από 141 m μέχρι 147 m. Η αποδοτικότητά τους ήταν 100 και 120  $m^3/h$  περίπου, η οποία μειώθηκε στα 40  $m^3/h$  κατά τη διάρκεια της μακροχρόνιας εξμετάλλευσης.

Μετά από τριάντα πέντε χρόνια (1951-52) η Ελληνική Εταιρεία Υδάτων εκτέλεσε 28 γεωτρήσεις στον κάμπο του Αγ. Θωμά Βοιωτίας, στις αποθέσεις άμμων και γραυλοπαγών του Πλειο-Πλειστοκαινού. Η αντλούμενη παροχή 19 γεωτρήσεων στο αρχικό στάδιο της εξμετάλλευσής τους ήταν 66700  $m^3$  ημερησίως. Από το 1951 μέχρι το 1993 προκλήθηκε πτώση στάθμης, που κυμαινόταν από 15 μέχρι 35 m, ενώ η παροχή των γεωτρήσεων μειώθηκε αντίστοιχα από  $6070 \times 10^3$  σε  $125 \times 10^3$   $m^3$  /έτος περίπου (ΕΥΔΑΠ).

Το 1975-80 πραγματοποιήθηκε από το **ΠΓΜΕ** η υδρογεωλογική έρευνα της ευρείας περιοχής τροφοδοσίας των πηγών Αγ. Αποστόλων Καλάμιου, στην οποία συμπεριλαμβάνεται η Βόρεια Πάρνηθα και η λεκάνη του μέσου ρου του Ασποτού ποταμού. Εκτελέστηκε σημαντικός αριθμός γεωτρήσεων (πάνω από 40) στην περιοχή αναβλύσεων των πηγών Αγ. Αποστόλων Καλάμιου, του ρέματος Μαυροσουβάλας και της Αυλώνας (αββετόλοιθοι του συστήματος της Πάρνηθας).

Οι παροχές των γεωτρήσεων του Καλάμιου κυμαίνονταν από 300 μέχρι 350  $m^3/h$  και της Μαυροσουβάλας από 350 μέχρι 450  $m^3/h$ , με μικρές πτώσεις στάθμης.

Την περίοδο ανομβρίας 1977-1979 από τις γεωτρήσεις του Καλάμιου και της Μαυροσουβάλας αντλήθηκαν 73000  $m^3$  νερό ημερησίως για την ύδρευση της Αθήνας.

Τα υπόγεια νερά στην περιοχή του Καλάμιου είναι υποβαθμισμένα ποιοτικά. Μέσα σε δύο χρόνια εξμετάλλευσης των γεωτρήσεων η περιεκτικότητα των χλωριόντων αυξήθηκε από 500 σε 2200 **p.p.m.** Η μεταβολή αυτή οφείλεται όχι μόνο στην άντληση μεγάλων ποσοτήτων νερού, αλλά και στη βαθεία κυκλοφορία των καρστικών νερών, που στην περιοχή των πηγών υπολογίστηκε ότι είναι 145 και πλέον μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Στην περιοχή της Μαυροσουβάλας το νερό των γεωτρήσεων είναι άριστης ποιότητας.

Η κάλυψη του ελλείμματος νερού στο Λεκανοπέδιο της Αττικής την περίοδο της λευμυδρίας 1975-79, υποδηλώνει τη δυνατότητα αξιοποίησης των υπόγειων νερών για την αντιμετώπιση μεγάλων υδροδοτικών προβλημάτων. Η δυνατότητα αυτή δεν αξιοποιήθηκε στο βαθμό που θα έπρεπε, διότι το 1981 άρχισε να λειτουργεί το φράγμα του Μόρνου, που είχε ως αποτέλεσμα να επικρατήσει η άποψη, ότι το πρόβλημα της υδροδότησης της Πρωτεύουσας έχει λυθεί οριστικά, για μια εικοσαετία τουλάχιστον.

Τα αποθέματα νερού στους ταμιευτήρες της Υλίκης και του Μόρνου τα έτη 1987-88 μειώθηκαν σε ανησυχητικό βαθμό. Ο κίνδυνος της λευμυδρίας στο λεκανοπέδιο της Αττικής ήταν πλέον ορατός. Μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα διανοίχτηκαν 176 γεωτρήσεις, οι οποίες απέδωσαν πάνω από 550.000  $m^3$  νερό ημερησίως.

Η ποσότητα αυτή εξασφαλίστηκε, από:

- την εξμετάλλευση των καρστικών υδροφόρων συστημάτων της βόρειας Πάρνηθας και του Μουριζίου-Υπάτου (65.000 και 50.000  $m^3/24$ ωρο αντίστοιχα).
- την ανάκτηση των διασροών της Υλίκης.
- την αναρρόφηση του καρστικού συστήματος του μέσου και άνω ρου του Βοιωτικού Κρημισσού

(150.000 και 36.000 m<sup>3</sup>/24ωρο αντίστοιχα).

Επίσης, οι παροχές αροκτητών γεωτρήσεων στις περιοχές Κάστρου και Αγ. Σπυρίδωνα (Κοιταίδα) ήταν αξιόλογες.

Στον πίνακα I, δίνεται το υδατικό δυναμικό του Βοιωτικού Κηφισσού και της Βόρειας Πάρνηθας.

**ΠΙΝΑΚΑΣ I: ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΟΙΩΤΙΚΟΥ ΚΗΦΙΣΣΟΥ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ**

**TABLE I: WATER POTENTIAL OF BOETIAN KIFISSOS RIVER AND NORTH PARNITHA**

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΜΕΤΡΗΜΕΝΗ ΠΑΡΟΧΗ		ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ	
	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /έτος		ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟ(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /έτος)	
	Χρονική περίοδος		Χρονική περίοδος	
	1	2	3	4
	1982-89	1993-95	1982-93	1993-95
I.Βοιωτικός Κηφισσός				
1.Ανθρακικοί υδροφόροι				
Υπολεκάνη άνω ρου			85.0	95.0
Υπολεκάνη μέσου ρου			260.0	290.0
Υπολεκάνη κάτω ρου			120.0	145.0
Περιοχή Κάστρου			45.0	54.0
2. Κλαστικοί υδροφόροι			25.0	30.0
II. Υλίξη - Παραλίμνη				
1.Ανθρακικοί υδροφόροι			55.0	66.0
2 Κλαστικοί υδροφόροι			20.0	25.0
III. Σήραγγα Καυδίστας	291.5	250.0	-	-
IV. Διώρυγα (λεκάνης Θήβας)	~30.0	44.0	-	-
V. Βόρεια Πάρνηθα	-	-	95.0	-

### 5. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Οι καινούργιες γεωτρήσεις έγιναν για την άμεση κάλυψη των υδρευτικών αναγκών της Προτείουσας, άρα σε επιλεγμένες περιοχές με εξαιρετικά ευνοϊκές υδρογεωλογικές συνθήκες (ζώνες προνομιμακών εμφροτίσεων υπόγειου νερού, υψηλή στάθμη, μικρές πτώσεις στάθμης, μεγάλες παροχές κ.λ.π.).

Από το συνολικό αριθμό των γεωτρήσεων που αναφέρθηκε, 90 γεωτρήσεις έχουν παροχή από 70 μέχρι 500 m<sup>3</sup>/h, 30 μεταξύ 20 και 70 m<sup>3</sup>/h και οι υπόλοιπες κάτω των 20 m<sup>3</sup>/h.

Το τελευταίο έτος της μεγάλης ανομβρίας (1989-93) με τις δυσμενέστερες υδρολογικές συνθήκες οι γεωτρήσεις εκμεταλλεύτηκαν με εντατικό ρυθμό και με τις μέγιστες τεχνικές δυνατότητες. Οι αντλούμενες ποσότητες νερού και η συμπεριφορά των γεωτρήσεων το διάστημα αυτό παρέχουν τις καταλληλότερες πληροφορίες για τον προσδιορισμό των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων υπόγειου νερού στα διάφορα καρστικά συστήματα. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν τα δεδομένα αναλυτικότερα.

• Από το καρστικό σύστημα της βόρειας Πάρνηθας αντλήθηκαν 39,25x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/έτος, με μέση πτώση στάθμης 5-10 m περίπου. Η άντληση προκάλεσε αύξηση των χλωριόντων από 66 σε 125ρ.μ./l (ρεαπιά Βίλιζας). Στα υπόλοιπα τμήματα της περιοχής η ποιότητα του νερού διατηρήθηκε στην αρχική της κατάσταση (Μ. Παγούνης, 1994).

• Οι γεωτρήσεις στους καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες που επικoinωνούν με την Υλίξη απέδωσαν 57x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Το νερό προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις διαφυγές της Υλίξης και από τα υπόγεια αποθέματα της περιοχής σε μικρότερο ποσοστό (Μ. Παγούνης, 1994).

Η Υλίξη και οι μάζες των ανθρακικών οχηματισμών που την περιβάλλουν, αποτελούν ενιαίο υδρολογικό σύστημα και η ταύτιση των γεωτρήσεων τους προκάλεσε πτώση στάθμης στον υδροφόρο

οριζόντια 20 m. Το γεγονός αυτό ανταναζλάται στην αποδοτικότητα του υδροφόρου οριζόντια των αποθέσεων και ειδικότερα στις παροχές των πηγών της Ογγύρας, αλλά και στα αποθέματα της Παράλιμνης και των καροτιζών υδροφόρων οριζόντων. Στην περιοχή Μουριζίου και Υπάτου η διακοπή της πλευρικής τροφοδοσίας από την Υλίξη-Παράλιμνη σε συνδυασμό με τις αντλήσεις νερού ( $12 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) από αωνητικά υψόμετρα, οδήγησαν στην αύξηση των χλωριόντων από μερικές δεκάδες μέχρι 900 p.p.m.

• Οι αντλούμενες ποσότητες νερού από το καροτικό σύστημα του Παρνασσού μέσα στο 1993 ανήλθαν σε  $120 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Για την ύδρευση της Αθήνας αντλήθηκαν περίπου  $35.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  από τις γεωτρήσεις στην περιοχή Μαυρονέρι-Βασιλικιά-Παρόρι και  $60 \times 10^6 \text{ m}^3$  από τις γεωτρήσεις του Οργανισμού Κωπαΐδας για άρδευση κατά κύριο λόγο. Οι ποσότητες νερού που αντλήθηκαν από ιδιωτικές γεωτρήσεις για άρδευση, εκτιμήθηκαν σε  $24.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Μ. Πασιούνης, 1994).

Οι παραπάνω αντλήσεις είχαν σαν αποτέλεσμα την ταπείνωση της υδροστατικής επιπέδου από 6 μέχρι 11 m και τη μείωση της ελάχιστης θερινής παροχής των πηγών Μέλανα (Χαρίτων) από  $2.2 \text{ m}^3/\text{sec}$  σε  $1 \text{ m}^3/\text{sec}$  (55%).

Η ποιότητα του νερού παραμένει αμετάβλητη.

Επισημαίνεται ότι μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων στις υπολιζάνες του μέσου και άνω ρου δεν αξιοποιήθηκε ακόμη.

## 6. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΩΝ

Ο προγραμματισμός των υδρογεωλογικών έργων για την ύδρευση της Προπτεύουσας έγινε με βάση τη γνώση της γεωλογίας της περιοχής και τη δυνατότητα της άμεσης αξιοποίησης των υπόγειων νερών. Στην πορεία υλοποίησης του προγράμματος παρουσιάστηκαν προβλήματα τεχνικής και κοινωνικής φύσης, τα οποία διοχέτευαν τη έρευνα και σε μερικές περιπτώσεις ανέστρεψαν τον αρχικό σχεδιασμό, με αποτέλεσμα να εκτελεστούν γεωτρήσεις σε περιοχές:

- με νερά υποβαθμισμένα ποιοτικά και με μεγάλα υψόμετρα (Υπάτο-Κτυπές, νότιος Ελλάζωνας),
- μακριά από τους αγωγούς μεταφοράς νερού (υπολεγκνή άνω ρου),
- με έλλιπη γεωλογική έρευνα βάση (βόρειο Ητώο).

Στο δίκτυο υδροδότησης της Αθήνας συνδέθηκαν οι γεωτρήσεις στην περιοχή του Υπάτου, με το σκεπτικό ότι ο χαμηλός βαθμός υφάμιμωσης του νερού ήταν αδύνατο να επιφέρει οριστικές μεταβολές στην ποιότητα της ολικής ποσότητας, που διατίθεται για την ύδρευση της Προπτεύουσας. Η ποιοτική μεταβολή του νερού οφείλεται ως ένα βαθμό στη μείωση της πλευρικής τροφοδοσίας από τις διαρροές της Υλίξης.

Οι γεωτρήσεις στις ανθρακικές μάζες στη γύρω από τις λίμνες περιοχή έγιναν για την ανάκτηση του νερού, που διαφεύγει από τους επιφανειακούς ταμιευτήρες, αλλά και για την εξμετάλλευση υπόγειων αποθεμάτων. Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε σε μεγάλο βαθμό: Οι αντλούμενες ποσότητες νερού ( $57 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) αποτέλεσαν το 35% περίπου της μέσης ετήσιας τιμής των διαρροών ( $170 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). Σε περιόδους με δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες, όταν δηλαδή η άντληση νερού από την Υλίξη είναι αδύνατη, λόγω χαμηλής στάθμης, οι γεωτρήσεις παρέχουν τη δυνατότητα εξμετάλλευσης των υδροφόρων οριζόντων και κάτω από τον πυθμένα της λίμνης, κατά την οποία μπορεί να εξασφαλιστούν γύρω στα  $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  περίπου.

Φαίνεται ότι οι υδρογεωλογικές συνθήκες περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον επηρεασμό της Υλίξης από την εξμετάλλευση των γεωτρήσεων. Ωστόσο, το πρόβλημα αυτό θα πρέπει να διερευνηθεί, λεπτομερώς, ιδίως στην περιοχή νοτιοδυτικά και βόρεια της λίμνης.

Οι ασβεστόλιθοι στην περιοχή βορειοανατολικά του Μουριζίου τροφοδοτούνται από τις διαρροές των λιμνών Υλίξης και Παράλιμνης. Η εντατική εξμετάλλευση της Υλίξης την περίοδο 1988-94 προκάλεσε πλήρη διακοπή της τροφοδοσίας της Παράλιμνης, αλλά και του καροτιζού υδροφόρου σε μεγάλο βαθμό. Αυτό οδήγησε στη διατάραξη της υδροδυναμικής ισορροπίας του υδροφόρου, ο οποίος επικοινωνεί με τον Ευβοϊκό.

Η αύξηση των χλωριόντων που παρατηρήθηκε συνδεάζεται επίσης και με τις αντλήσεις των αρδευτικών γεωτρήσεων της περιοχής.

Το υδρογεωλογικό σύστημα του Βοιωτικού Κηφισού παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, λόγω των μεγάλων αποθεμάτων νερού.

Οι γεωτρήσεις έγιναν σε επιλεγμένες περιοχές, ώστε η άντλησή τους να εληφράσουν άμεσα το εξετασμένο υδρογεωλογικό σύστημα του Παλαιού, αλλά και να ανακόψουν τις διαφυγές νερού από τα όρια του συστήματος.

Οι απολήψεις νερού από την ευρύτερη περιοχή διπλασιάστηκαν, πράγμα που σημαίνει ότι ο πρώτος στόχος επιτεύχθηκε σε μεγάλο βαθμό. Με τη λειτουργία των υπόλοιπων γεωτρήσεων οι απολήψεις νερού μπορεί να αυξηθούν κατά  $45 \times 10^6 \text{ m}^3$  έτος περίπου.

Οι άντλησεις στη βόρεια Πάονηθα γίνονται από μεγάλα βάθη και σε μερικές γεωτρήσεις σχεδόν στο υψόμετρο της θάλασσας. Η εντατική εκμετάλλευση του υδροφόρου στην περιοχή της Βιλαζας επί τρία ολόκληρα έτη, με μικρές χρονικές διακοπές, προκάλεσε αύξηση των χλωριόντων σε αισθητό βαθμό, η οποία όμως μπορεί να θεωρηθεί αζόμενη αναστρέψιμη (Μ. Παγώνης, 1994).

Η εκμετάλλευση των υπόγειων νερών συνέβαλε αποφασιστικά στην απομάκρυνση της λεμφιδρίας στο Λεκανοπέδιο της Αττικής και η συμβολή τους στην αντιμετώπιση μελλοντικών υδροδοτικών προβλημάτων θα είναι πολυσημαντική.

## 7. ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση στις λεκάνες του Βοιωτικού Κηφισού και του Ασωπού κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή ενός σχεδίου διαχείρισης των υδατικών πόρων, που θα βασίζεται στις παρακάτω γενικές αρχές:

- Υπεράντληση των γεωτρήσεων στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού για ύδρευση και άρδευση από το Μάρτιο μέχρι τον Οκτώβριο.
- Υπεράντληση λίμνης Υλίκης και γεωτρήσεων για ύδρευση κυρίως από Νοέμβριο ως και Μάρτιο.
- Υπεράντληση των γεωτρήσεων στην περιοχή της βόρειας Πάονηθας για ύδρευση από Νοέμβριο ως Ιούλιο, ή για άρδευση από Μάιο μέχρι Σεπτέμβριο.

Η άντληση των γεωτρήσεων στην περιοχή Υπάτου και Μουριζίου-Παραλίμνης να γίνεται από θετικά υψόμετρα (+10 και +5 m αντίστοιχα) για την αποκατάσταση της υδροδυναμικής κατάστασης των υπόγειων νερών.

Η σωστή εφαρμογή του παραπάνω σχεδίου διαχείρισης των υδατικών πόρων προβλέπεται να έχει, σε συνδυασμό με τον τεχνητό εμπλουτισμό των καρστικών υδροφόρων (μέσος ρους Βοιωτικού Κηφισού, Κοπαϊάδας, μέσος ρους Ασωπού), θετικές επιδράσεις τόσο στην ποσοτική και ποιοτική χρήση του νερού, όσο και στο φυσικό οικοσύστημα της περιοχής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΔΑΝΔΟΛΟΣ, Η., ΜΟΡΦΗΣ, Α., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., ΣΤΟΥΡΝΑΡΑ, Σ. 1994: Τα αποτελέσματα της γεωτρητικής έρευνας στην μεταξύ Αιθώνιας και Μυλακάσας περιοχή. Τόμος ΙΓΜΕ σελ. 2 - 12
- ΔΟΥΝΑΣ, Α., ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., ΜΟΡΦΗΣ, Α., ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ. 1978: Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης μέσου ρού Ασωπού. Υδρολογικά και Υδρογεωλογικά έρευνα Αρ.21 ΙΓΜΕ, σελ.3-46
- ΔΟΥΝΑΣ, Α., ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., ΜΟΡΦΗΣ, Α., ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ. 1978: Υδρογεωλογική Έρευνα Υφάλιμων καρστικών πηγών Αγ. Αποστόλων Καλάμου. Υδρολογικές και Υδρογεωλογικές έρευνες Αρ.31 ΙΓΜΕ. σελ.7-51
- ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Ι. 1980 / 81: Υδρογεωλογικές συνθήκες ευρείας περιοχής των Θηβών. ΔΣΓΕ. Τόμος XV. Αθήνα.
- ΚΤΕΝΑΣ, Κ. 1919: Περί της γεωλογικής θέσεως των υδροφόρων στρωμάτων Κοζιναριά. Εργαστήριο Ορυκτολογίας και Πετρογραφικής Γεωλογίας Εθνικού Πανεπιστημίου. Αθήνα.
- ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Μ., ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ, Ι. 1947: Υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής των λιμνών Υλίκης και Παραλίμνης. Επ. προμελέτην: Υδροεπισ και άρδευσις ες Υλίκην, υπό Θ. Ραυτόπουλον. Τόμος Β, "Η Γεωλογική έρευνα". Αθήνα.
- ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ., Γρηγοράκη Βιβλιοθήκη "Θεόφραστους" Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. συντάξης υδατικού



- ισοζυγίου Βοιωτικού Κηφισού: Υδρολογικές και Υδρογεωλογικές έρευνες Αρ. 36 ΙΓΜΕ.
- ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ. 1989: Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού. Δελτίο Ε.Γ.Ε. Αθήνα.
- ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ. 1991: Το υδατικό δυναμικό του συστήματος του Βοιωτικού Κηφισού και των λιμνών Υλίκης και Παρράλινης. Ε.Γ.Ε. Τεύχος περιλήψεων 24.4. Απρίλης.
- ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ., ΣΜΥΡΝΙΩΤΗΣ, Χ. 1994: Προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου του Βοιωτικού Κηφισού. Πρακτικά 2ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου. Τόμος Β. Αθήνα, σελ. 477 - 488.
- ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ., ΓΚΕΡΤΣΟΣ, Θ., ΓΚΑΤΖΟΓΙΑΝΝΗΣ, Α. 1994: Έκθεση υδρογεωλογικής έρευνας λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ. 1994: Υδρογεωλογικής έρευνας περιοχής Νομού Βοιωτίας και λεκάνης Βοιωτικού Κηφισού. Τόμος Ι και ΙΙ ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΠΑΓΟΥΝΗΣ, Μ. 1994: Αποτελέσματα και συμπεράσματα από τη λειτουργία των γεωτρήσεων ύδρευσης της πρωτεύουσας. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΔΗΜΟΥ, Δ. 1975: Τα υδραυλικά έργα παρά τοίς αρχαίοις. Τεχν. Επιμ. Ελλάδας, Αθήνα, σελ. 351 - 426
- ΦΡΑΓΚΟΠΟΥΛΟΣ, Ι. & συνεργάτες 1992: Οριστική υδρογεωλογική μελέτη επαρχίας Θηβών. Αθήνα.