

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΑΝΤΛΗΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΤΩΝ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Ν. Λαμπράκης*, Κ. Βουδούρης*, Λ. Τηνιακός** και Γ. Καλλέργης*

ABSTRACT

The Glafkos river basin is extending southeastern of Patras and is its main groundwater reservoir. In the last few years, a steady decline of the groundwater level is observed in 19 wells, due to overpumping and prolonged drought periods.

The present paper deals with the assessment of the adverse effect of the drought and overpumping to the groundwater regime. Analysis of the rainfall data of the last 60 years shows an important decline of precipitation during the last decade. Outflow measurements show an important decrease of groundwater recharge. The vast volume of pumped water and the limited recharge are contributing to the overexploitation of the aquifers. Chemical analysis showed a constant degradation of the groundwater quality. Comparison of the piezometric maps of two periods at a 19 years interval shows a clear and important decline of the general piezometry as a result of overpumping and drought.

ΣΥΝΩΣΗ

Η λεκάνη του ποταμού Γλαύκου εκτείνεται νοτιανατολικά της πόλης των Πατρών και αποτελεί τον σημαντικότερο τροφοδότη της πόλης σε πόσιμο νερό. Τα τελευταία έτη σε 19 γεωτρήσεις της ΔΕΥΑΠ που εκμεταλλεύονται τον υδροφόρο ορίζοντα της λεκάνης παρουσιάζεται σημαντική πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών που αποδίδεται σε υπερεντατικές αντλήσεις αλλά και στην παρατεταμένη περίοδο ανομβρίας.

Στην παρούσα εργασία μελετάται η χωροχρονική μεταβολή του υδρολογικού ισοζυγίου. Η μείωση των βροχοπτώσεων οδηγεί σε μείωση της απορροής, αλλά και της φυσικής αναπλήρωσης του υδροφόρου. Η υπεράντληση του τελευταίου υπό δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες έχει οδηγήσει σε εξάντληση του υδροφόρου (αρνητικές στατικές στάθμες) και σε υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού. Τέλος η συγκριτική μελέτη των χαρτών της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφόρου για δύο περιόδους απέχουσες μεταξύ τους 19 έτη καταδεικνύει την αλλοίωση των χαρακτηριστικών του υδροφόρου ορίζοντα από την συνδυασμένη δράση υπερεντατικών αντλήσεων και ξηρασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια Ερευνητικού Προγράμματος που εκτελείται για λογαριασμό της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης και Αποχέτευσης του Δήμου Πατρέων μελετήθηκε υδρολογικώς και υδρογεωλογικώς η λεκάνη του Ποταμού Γλαύκου (εικ.1).

* University of Patras, Department of Geology, 26004 RIO, PATRAS Greece.

** Ministry of Agriculture, Land Reclamation Service, Greece

Τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης είναι μέσο υψόμετρο 723m, υψόμετρο 50% 780m και μέση κλίση 0.075.

Η γεωλογική δομή της χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη εξάπλωση καρστικοποιημένων ανθρακικών πετρωμάτων που καλύπτουν το 32.19% της επιφάνειας της λεκάνης και κατά δεύτερο λόγο των ποταμοχειμαρρωδών τεταρτογενών αποθέσεων που καλύπτουν το 22.20% περίπου. Το υπόλοιπο της επιφάνειας καλύπτεται από ημιπερατούς νεογενείς σχηματισμούς κατά 22.15%, από υδατοστεγή φλύσχη κατά 11.09% και υδατοστεγείς ραδιολαρίτες κατά 12.37%.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής της λεκάνης που αντιστοιχεί στο μέσο υψόμετρο της ξεπερνά τα 1100 mm από τα οποία τα 858mm δηλαδή ποσοστό 78% περίπου, σημειώνεται κατά τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες.

Υδρογεωλογικώς η λεκάνη του Γλαύκου έχει όλες τις προϋποθέσεις να είναι πλούσια σε υπόγεια νερά. Στους ανθρακικούς σχηματισμούς αναπτύσσονται σημαντικά καρστικά υδροφόρα συστήματα και στις τεταρτογενείς αποθέσεις σημαντικοί προσχωσιγενείς υδροφόροι. Στα όρια των καρστικών υδροφόρων με στεγανούς ή λιγότερο υδροπερατούς σχηματισμούς (χερσαία κροκαλοπαγή-νεογενή) εκδηλώνονται συχνά σημαντικές καρστικές πηγές υπερχείλισης όπως π.χ οι πηγές Σουλίου που η παροχή τους κυμαίνεται μεταξύ 0.23 και 1.05 m³/s.

Η συνεχής μείωση των βροχοπτώσεων των τελευταίων δέκα ετών το ύψος των οποίων ήταν μικρότερο του μέσου όρου της περιόδου 1931-1992 που είναι παράγων ξηρασίας (Sierra 1960), σε συνδυασμό με την υπεράντληση του προσχωματικού υδροφόρου προκάλεσαν δραστική ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας και την υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφόρων στρωμάτων.

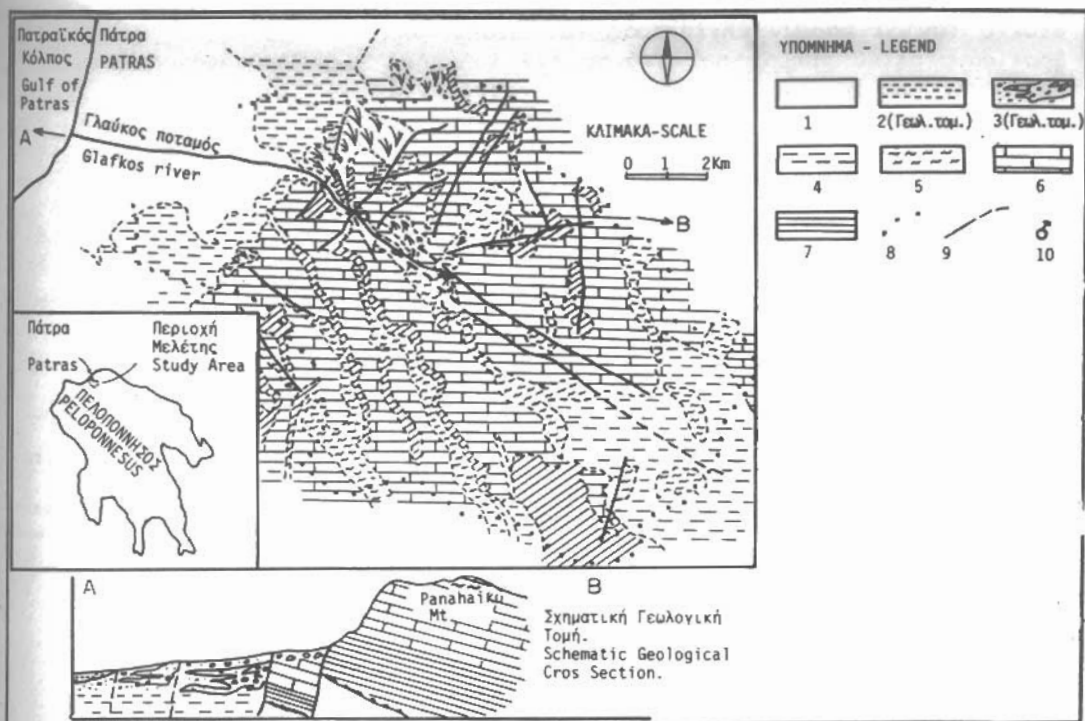
Η αποβιομηχάνιση της περιοχής Πατρών κατά τα τελευταία έτη και η μεταφορά των απομεινουσών βιομηχανιών στην Βιομηχανική Περιοχή Πατρών (λεκάνη του Πεΐρου) είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής κατ'έτος αντιλούμενης ποσότητας νερού από 42,8·10⁶ σε 30·10⁶ m³. Οι αντιλούμενες όμως για την ύδρευση των Πατρών ποσότητες νερού αυξήθηκαν μεταξύ 1973 και 1993 από 10,5·10⁶ σε 15·10⁶ m³ ανά έτος. Η σημαντική μείωση του μέσου ύψους βροχής στην περιοχή, που κατά την δεκαετία 1980-1990 κατήλθε στα 610 mm στο σταθμό των Πατρών καθώς και η περαιτέρω μείωση του φυσικού εμπλουτισμού των προσχωσιγενών υδροφόρων λόγω εγκιβωτισμού της κοίτης του Γλαύκου, με συνέπεια τη γρήγορη διοχέτευση των χειμαρρικών απορροών στη θάλασσα, οδήγησαν στη μετατροπή των παράκτιων αρτεσιανών υδροφόρων σε ελεύθερους και περαιτέρω σε υφαλμύρωση τους. Η πιεζομετρική επιφάνεια του υδροφόρου στην ακτή βρισκόταν το 1973 στο +4m ενώ σήμερα βρίσκεται στο -10m. Η δημιουργηθείσα ζώνη υφαλμύρωσης έχει επηρεάσει τις γεωτρήσεις μέχρι και 2 Km ανάντη της ακτής.

Η παρουσία λεπτόκοκκου υλικού στο δέλτα του Γλαύκου επιβραδύνει σχετικά τον ρυθμό της υφαλμύρωσης χωρίς όμως να τον μηδενίζει.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται στοιχεία που συγκεντρώθηκαν κατά την περίοδο των ετών 1990-93 στα πλαίσια της έρευνας "Υδρογεωλογική έρευνα της ευρύτερης περιοχής του πολεοδομικού συγκροτήματος Πατρών" καθώς και άλλα που ευγενώς μας παραχώρησε η ΔΕΥΑΠ την οποία και από τη θέση αυτή θερμά ευχαριστούμε.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΓΛΑΥΚΟΥ

Το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης καλύπτεται επιφανειακά από τους μεσοζωϊκούς σχηματισμούς της ζώνης Ωλονού-Πίνδου που αναπτύσσονται στην ημιορεινή και ορεινή περιοχή της λεκάνης. Τα ιζήματα αυτά αποτελούνται από ασβεστόλιθους κυρίως του ανώτερου τριαδικού οι οποίοι είναι διερρηγμένοι και πτυχωμένοι και υπέρκεινται των ραδιολαριτών ιουρασικής κάτω-τριαδικής η-



Εικ. 1: Γεωλογικός χάρτης υδρολογικής λεκάνης Γαύκου ποταμού. (ΙΓΜΕ 1977).

1: Σύγχρονες προσχώσεις, 2: Πρόσφατες πηλτικές προσχώσεις, 3: Τεταρτογενείς, Πολύμικτα κροκαλολατιυποπαγή και εναλλαγές κροκαλολατιυποπαγών και πηλιτών, 4: Νεογενές, 5: Φλύσχης ενότητας Πίνδου, 6: Ασβεστόλιθοι ενότητας Πίνδου, 7: Ραδιολαρίτες ενότητας Πίνδου, 8: Όρ. υδρ.λεκ., 9: Ρήγμα, 10: Πηγή

Fig. 1: Geological map of the Glafkos drainage basin. (Adapted from IGME 1977).

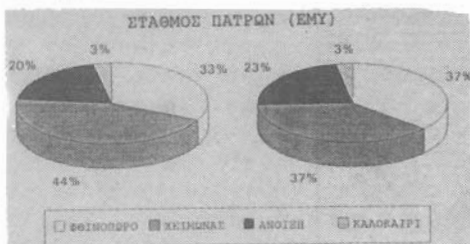
1: Quaternary recent deposits, 2: Recent muddy deposits, 3: Quaternary polymictic conglomerates with pelitic intercalations, 4: Neogene sediments, 5: Pindos flysch, 6: Pindos limestone, 7: Pindos Cherts, 8: Drainage basin limits, 9: Main fault, 10: Spring

λικίας ενώ επί των ασβεστόλιθων απαντάται φλύσχης μαιστριχτίου ηλικίας. Η έντονη πτύχωση της ζώνης έχει προκαλέσει την εμφάνιση λεπίων με προσανατολισμό BBA-NNA (Τσόφλιας 1969, βλ. Εικ. 1). Τουτό έχει ως αποτέλεσμα, οι διάφορες λιθοφασικές ενότητες να διατάσσονται σε λωρίδες ακολουθώντας κυρίως την προαναφερθείσα διεύθυνση. Λόγω της έντονης τεκτονικής καταπόνησης οι ασβεστόλιθοι είναι υδροπερατοί, ο δε υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται εντός αυτών των πετρωμάτων εκφορτίζεται από της σημαντικής παροχής καρστικές πηγές του Σουλίου.

Οι νεώτεροι σχηματισμοί (νεογενή ιζημάτα) αναπτύσσονται στους βορειοδυτικούς πρόποδες του Παναηϊκού όρους και καταλαμβάνουν μικρή σχετικά έκταση, αποτελούν δε το υπόβαθρο των τεταρτογενών ιζημάτων της παράκτιας ζώνης. Αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα μαργών, αργίλων, αδρομερών άμμων, λεπτόκοκκων ψαμμιτών και χαλαρής έως ισχυρής συνοχής κροκαλοπαγών. Πρόκειται για ημιπερατά έως αδιαπερατά πετρώματα μικρής υδρογεωλογικής σημασίας δεδομένου ότι το συνδεδετικό τους υλικό περιλαμβάνει σημαντικό ποσοστό πηλιτών.

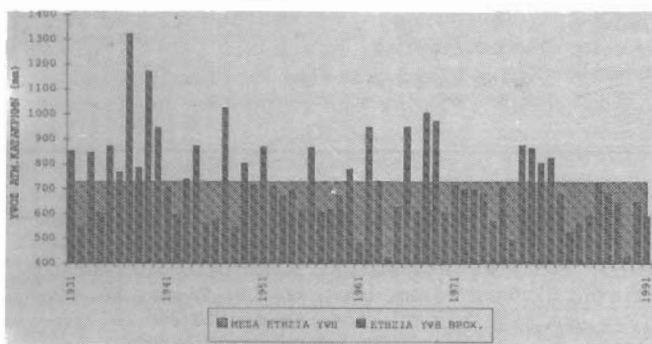
Επί των προηγούμενων ιζημάτων αναπτύσσονται οι χαλαρές αδρομερείς απο-

θέσεις των χειμάρρων Ελεκύστρας και Διακονιάρη, που απαντούν στο πεδινό βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης ενώ χαλαρής επίσης σύνδεσης αδρομερείς αποθέσεις με αργιλικές ενστρώσεις εκτείνονται και στο υπόλοιπο πεδινό τμήμα της λεκάνης με ελάττωση της μέσης κοκκομετρίας από το εσωτερικό της λεκάνης προς την θάλασσα. Εντός των ιζημάτων αυτών αναπτύσσεται σημαντικός υδροφόρος ορίζοντας. Το πάχος των προσχώσεων είναι μεγάλο και υπερβαίνει τα 200m στο εσωτερικό της λεκάνης. Στην έξοδο της λεκάνης λόγω διαλογής του υλικού έχουν αποθεθεί λεπτόκοκκα υλικά σε εναλλαγές με αδρομερή υλικά. Η απόθεση των λεπτόκοκκων υλικών έγινε σε περιβάλλον παράκτιων ελών και η παγίδευση αυτών διευκολύνθηκε από την πλούσια υδρόβια βλάστηση που υπήρχε



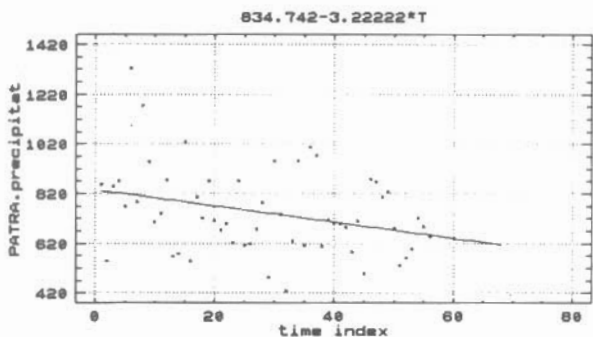
Εικ.2: Μέσα εποχιακά ύψη βροχής % των ετών 1931-92 και 1982-92

Fig.2: Average seasonal precipitation percentages for the periods 1931 and 1982-92



Εικ.3: Πορεία ετησίων υψών βροχής σταθμού Πατρών σε mm των ετών 1931-1991

Fig.3: Annual precipitation in (mm) for the period 1931-1991



Εικ.4: Διάγραμμα τάσης των βροχοπτώσεων του σταθμού Πατρών (EMY) των ετών 1931-1991 (Βουδούρης και Λαμπράκης 1993).

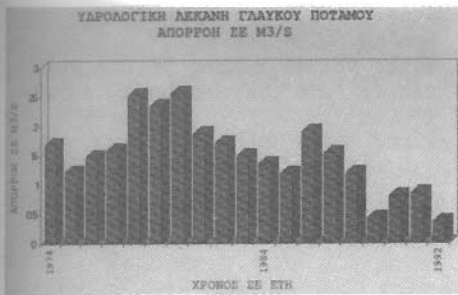
Fig.4: Precipitation trend, Patras Meteorological station, for the period 1931 - 1991 (Voudouris and Lambrakis 1993).

κάποτε. Στην εικόνα 1 δίδεται ο γεωλογικός χάρτης καθώς και σχηματική γεωλογική τομή των σχηματισμών που απαντούν στην περιοχή.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

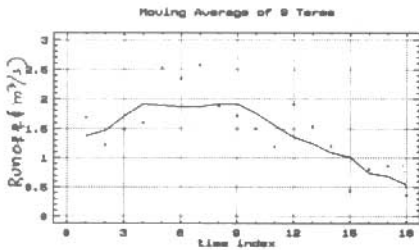
Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω στοιχεία.

α) Μετεωρολογικά δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των βροχοπτώσεων των μετεωρολογικών σταθμών της λεκάνης του Γλαύκου ποταμού. Εγινε επεξεργασία των δεδομένων των βροχοπτώσεων οκτώ μετεωρολογικών σταθμών και διαπιστώθηκε μετά την συμπλήρωση και ομοιογενοποίηση των στοιχείων πολύ καλή



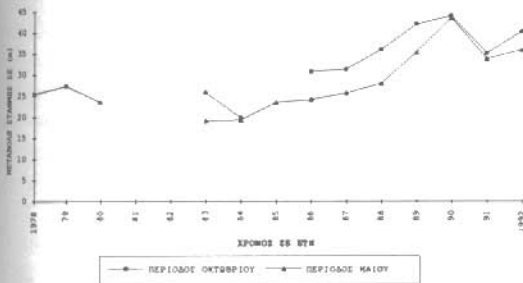
Εικ.5: Ετήσια απορροή του ποταμού Γλαύκου στη θέση "Φράγμα ΔΕΗ"

Fig.5: Annual runoff of Glafkos river in the "DEH DAM" station



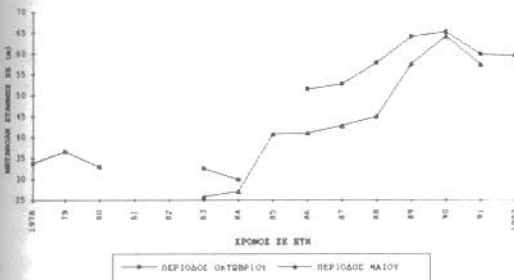
Εικ.6: Διάγραμμα κινητού μέσου όρου των παροχών του ποταμού Γλαύκου

Fig.6: Moving Average of the Glafkos river runoff.



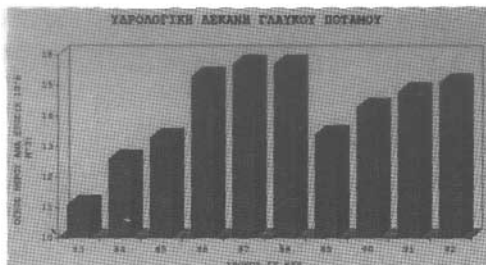
Εικ.7: Διακύμανση της στάθμης του νερού κατά τις περιόδους Οκτωβρίου και Μαΐου των ετών 78-92 στις γεωτρήσεις "Γούβα" και "ΔΕΗ".

Fig.7: Groundwater table fluctuation, measured in October and May of the years 1978 - 1992 in the "Gouva" and "DEH" wells



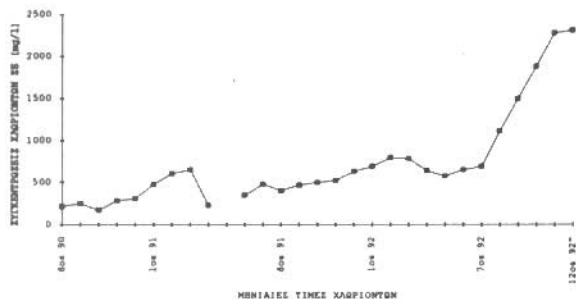
συσχέτιση των ετησίων ψών βροχής με τὰ υψόμετρα των σταθμών και παρόμοια κατανομή των βροχοπτώσεων συναρτήσεως του χρόνου. Επιλέχθηκε η παρουσίαση της πορείας των βροχοπτώσεων του μετεωρολογικού σταθμού της Πάτρας για τον οποίο διατίθενται στοιχεία από το 1931 (βλ. εικ 2,3,4).

β) Υδρολογικά δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις (από τη ΔΕΗ) της ετήσιας απορροής του ποταμού Γλαύκου στη θέση του "φράγματος ΔΕΗ" για μια



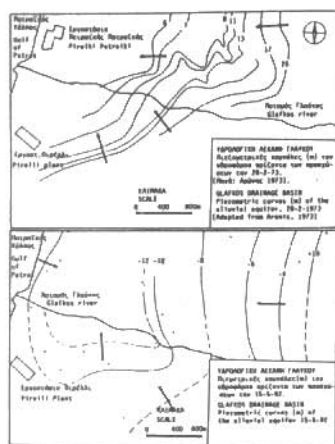
Εικ. 8: Ετήσιες αντλούμενες ποσότητες νερού από την ΔΕΥΑ Πατρών.

Fig. 8: Water volume pumped yearly by DEYA Patras from the quaternary aquifer.



Εικ. 9: Διακύμανση των μηνιαίων τιμών (mg/l) των χωριό-ντων του νερού στη γεώ-τρηση "Καρανικολού".

Fig. 9: Monthly chloride concentration (mg/l) of the water from the well "Karanikolou".



Εικ. 10: Πιεζομετρικοί χάρτες του υδροφόρου ορίζοντα των προσχώσεων της λεκάνης Γλαύκου.

Fig. 10: Piezometric maps of the aquifer of the Glafkos alluvial plain.

σειρά 19 ετών (βλ. εικ. 5, 6).

γ) Υδρογεωλογικά δεδομένα. Χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των σταθμημετρήσεων στις γεωτρήσεις της ΔΕΥΑ Πάτρας. Οι μετρήσεις στάθμης που διατίθενται είναι μηνιαίες, αναφέρονται κυρίως σε κατάσταση άντλησης και σπανιότερα σε κατάσταση ηρεμίας της γεώτρησης και ξεκινούν από το 1978. Έτσι έγινε προσπάθεια επιλογής των γεωτρήσεων με τα πληρέστερα στοιχεία για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους (περίοδος υγρασίας, περίοδος ξηρασίας) για ολόκληρη την σειρά των ετών. Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται η εξέλιξη της δυναμικής στάθμης συναρτήσει του χρόνου για δύο περιόδους, υγρασίας και ξηρασίας, για τα έτη 78-92 των γεωτρήσεων "ΔΕΗ" και "ΓΟΥΒΑ".

δ) Ποσοτικά δεδομένα (βλ. εικ. 8). Μελετήθηκε η χρονολογική εξέλιξη των

αντιλούμενων ποσοτήτων υπόγειου νερού για την ύδρευση της πόλης των Πατρών την περίοδο 1983-1992. Παρόμοια είναι και η πορεία των αντιλούμενων ποσοτήτων νερού για άρδευση μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας. Ακολούθως οι αντιλούμενες ποσότητες υπόγειων νερών από την λεκάνη του Γλαύκου τείνουν να σταθεροποιηθούν από το 1986 ενώ πολλές από τις γεωτρήσεις στη παραλιακή ζώνη έχουν σταματήσει να λειτουργούν.

ε) Υδροχημικά στοιχεία. Από τα μέσα του 1990 γίνονται από την ΔΕΥΑΠ συστηματικές μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων των υπόγειων νερών σε 19 γεωτρήσεις στη λεκάνη του Γλαύκου. Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται η εξέλιξη της περιεκτικότητας του νερού σε χλωριόντα για την γεώτρηση "Καρανικολού" της παραλιακής ζώνης η οποία υφίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό την αρνητική επίδραση της συνδυασμένης δράσης ξηρασίας και υπερενδιατικών αντιλήσεων επειδή γειτνιάζει με τη θάλασσα.

ζ) Τέλος μελετήθηκε η χρονική εξέλιξη της πιεζομετρίας, μία εικόνα της οποίας δίδεται από τους πιεζομετρικούς χάρτες (Αρώνης 1973) και 10/5/92 (εικ.10). Η εικόνα αυτή αντανακλά το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης, ξηρασίας και υπερενδιατικών αντιλήσεων στον υδροφόρο ορίζοντα της λεκάνης των τεταρτογενών του Γλαύκου ποταμού.

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

1) Η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2α, το 78% των βροχοπτώσεων στο σταθμό "Πάτρας" σημειώνεται κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες ενώ το 20% περίπου παρατηρείται κατά τους θερινούς μήνες. Στην εικόνα 2β που αναφέρεται στα δεδομένα της τελευταίας δεκαετίας παρατηρείται μια αύξηση του ποσοστού που αντιστοιχεί στους θερινούς μήνες που υποδηλώνει μετατόπιση της υγρής περιόδου, ενώ τα ετήσια ύψη βροχής γι' αυτήν την περίοδο εμφανίζονται μικρότερα του μέσου όρου της χρονολογίας, (βλ. εικ. 3). Από την μελέτη της τάσης των δεδομένων (βλ. εικ. 4) προκύπτει ότι η ευθεία που εκφράζει αυτήν την τάση έχει αρνητική κλίση και δείχνει μια σαφή μείωση των βροχοπτώσεων, (βλ. και Βουδούρης, Λαμπράκης, 1993). Είναι ο μέσος όρος της τελευταίας δεκαετίας είναι 610 mm περίπου για τον σταθμό της Πάτρας ενώ ο γενικός μέσος όρος των ετών 1931-92 υπερβαίνει τα 730mm. Η γενική αυτή τάση μείωσης των βροχοπτώσεων των τελευταίων ετών αναφέρεται και από άλλους ερευνητές για άλλες περιοχές της Ελλάδος (βλ. Γκουσιόδου κ.ά 1990, Δημητρακόπουλος κ.ά 1993).

2) Η χρονική εξέλιξη της επιφανειακής και υπόγειας απορροής. Η μείωση των βροχοπτώσεων στη λεκάνη του Γλαύκου ποταμού είχε ως άμεση συνέπεια την μείωση της επιφανειακής απορροής. Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται η μέση ετήσια απορροή στη θέση του φράγματος της ΔΕΗ συναρτήσει του χρόνου, από την οποία φαίνεται μια σαφής μείωση των τιμών της. Από την εικόνα 6 όπου χρησιμοποιήθηκε ο κινητός μέσος όρος των μετρήσεων των 19 ετών, προκύπτει αναμφισβήτητα πτωτική τάση των τιμών των τελευταίων ετών. Εάν ληφθεί υπόψη ότι ένα μέρος του νερού που τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες των προχώσεων της λεκάνης, στα κατόντη του φράγματος της ΔΕΗ προέρχεται από αυτή την επιφανειακή απορροή, είναι αυτονόητες οι αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούνται στο υδατικό ισοζύγιο των υπόγειων νερών, από την πιο πάνω μείωση.

Για την υπόγεια απορροή που μέρος της εκδηλώνεται με την μορφή πηγών τα διαθέσιμα στοιχεία είναι κυρίως περιγραφικά. Είναι γνωστές (βλ. Ξανθόπουλος και Δάλλας 1970) οι πηγές Ρωμανού (υψόμετρο +446m, παροχής 70-160 m³/h) που από την εποχή των Βυζαντινών, (355 μ.Χ) τροφοδοτούσαν την πόλη των

Πατρών με πόσιμο νερό, καθώς και τρεις πηγές μέσα στην κοίτη του ποταμού Γλαύκου στην θέση πλησίον της εξόδου του προς τις προσχώσεις (υψόμετρο +50m και συνολική ελαχίστη θερινή παροχή $200\text{m}^3/\text{h}$). Η λειτουργία των παραπάνω πηγών τα τελευταία χρόνια έχει διακοπεί.

Οι διακυμάνσεις της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα των προσχώσεων

Παρότι οι ελεύθεροι υδροφόροι ορίζοντες ανθίστανται στις ετήσιες ξηρασίες (Margat, 1989) σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας αντιδρούν με ταπείνωση της στάθμης των υπόγειων νερών (Σούλιος κ.ά, 1990). Στις εικόνες 7 και 8 παρουσιάζονται τα διαγράμματα των διακυμάνσεων της πιεζομετρικής επιφάνειας (στάθμες άντλησης) των γεωτρήσεων "ΔΕΗ" και "ΓΟΥΒΑ" των ετών 1978-1992.

Από την μελέτη των διαγραμμάτων αυτών παρατηρούμε τα εξής:

α) Μεταξύ των υδρολογικών ετών 1978-84 παρατηρείται μια διακύμανση της στάθμης γύρω από ένα μέσο όρο ίσο με 25m (γεώτρηση "ΔΕΗ", περίοδος Οκτωβρίου) και 34m περίπου (γεώτρηση "Γούβα", περίοδος Οκτωβρίου επίσης).

β) Μεταξύ των υδρολογικών ετών 1984-1992 ακολουθεί μιά έντονη ταπείνωση στη στάθμη που φθάνει τα βάθη των 45 και 65m αντίστοιχα για τις δύο παραπάνω γεωτρήσεις. Η διαρκής αυτή πτωτική πορεία ανακόπτεται τα έτη 90-91 ενώ δείχνει να συνεχίζεται τον επόμενο χρόνο.

γ) Η ταπείνωση της στάθμης των υπόγειων νερών συμπίπτει χρονικά με την έναρξη περιόδου αύξησης των αντιλούμενων ποσοτήτων νερού (π.χ τα έτη 84-86 για τις ποσότητες νερού που ανθεί η ΔΕΥΑΠ που έκτοτε παρέμειναν σταθερές), καθώς και με την έναρξη περίπου της περιόδου ανομβρίας (βλ. και εικ. 3).

δ) Η ανακοπή της πτωτικής πορείας στη στάθμη των γεωτρήσεων κατά τα έτη 90-91 συμπίπτει με ανάλογη συμπεριφορά στη πορεία των βροχοπτώσεων της αντίστοιχης περιόδου.

4) Πορεία των αντιλούμενων ποσοτήτων νερού στο χρόνο. Τα διαθέσιμα στοιχεία αναφέρονται στην περίοδο των ετών 83-92 που συμπίπτει μ'αυτή της παρατεταμένης μείωσης των βροχοπτώσεων. Στο διάγραμμα της εικόνας 8 παρατηρείται μιά απότομη αύξηση των αντιλούμενων ποσοτήτων νερού από γεωτρήσεις στη λεκάνη του ποταμού Γλαύκου κατά τα έτη 84-86 ενώ έκτοτε οι ποσότητες αυτές διαμορφώνονται σε επίπεδα χαμηλότερα των $15.6 \times 10^6\text{m}^3/\text{y}$, δηλαδή από την υψηλότερη τιμή που παρατηρήθηκε τα έτη 87, 88. Το διάγραμμα της εικόνας 8 αναφέρεται στις αντιλούμενες από την ΔΕΥΑΠ ποσότητες νερού και όχι στις συνολικά αντιλούμενες ποσότητες νερού, επειδή αναλυτικά στοιχεία για τις ιδιωτικές γεωτρήσεις δεν υπάρχουν. Για την δεύτερη κατηγορία των γεωτρήσεων θα πρέπει να αναφερθεί ότι η απόδοση τους μπορεί να θεωρηθεί σταθερή έως τα τελευταία έτη οπότε και ανεστάλη η λειτουργία αρκετών γεωτρήσεων με έντονη άντληση (διακοπή λειτουργίας βιομηχανιών).

5) Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών. Είναι απόλυτα δικαιολογημένη ύστερα από μια παρατεταμένη περίοδο μειωμένου εμπλουτισμού και υπερεντατικών αντλήσεων των υπόγειων νερών η μεταβολή της χημικής τους σύστασης δηλαδή η υποβάθμιση της ποιότητάς τους. Από τα στοιχεία των χημικών αναλύσεων που διατίθενται για τα έτη 90-92 σε μηνιαία βάση γίνεται φανερή μιά αύξηση των συγκεντρώσεων των διαφόρων στοιχείων η οποία είναι εντονότερη στα νερά των γεωτρήσεων της παραλιακής ζώνης λόγω της επίδρασης της θάλασσας.

Στο διάγραμμα της εικόνας 9 όπου παρουσιάζεται η διακύμανση της συγκέντρωσης των χλωριόντων της παραλιακής γεώτρησης

"Καρανικολού" παρατηρείται μια διαρκής αύξηση των χλωριόντων συναρτήσει του χρόνου. Η είσοδος του θαλασσινού νερού και η ανάμιξη του με το νερό του υδροφόρου ορίζοντα οφείλεται στις αρνητικές υδραυλικές κλίσεις που διαμο-

φώνονται στη παραλιακή ζώνη (βλ.εικ.10) εξαιτίας των υπερεντατικών αντλήσεων και της μειωμένης τροφοδοσίας των υδροφόρων κατά τα τελευταία χρόνια.

Η παρατεταμένη ξηρασία έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του υδραυλικού φορτίου στους ελεύθερους υδροφόρους που βρίσκονται σε επικοινωνία με επιφανειακά σώματα νερού, αυξάνει την υδραυλική κλίση από τα τελευταία προς τους πρώτους και κατά συνέπεια και τις διηθήσεις ρυπασμένου επιφανειακού νερού. Σε μικρά "τέλματα" που δημιουργήθηκαν στον Γλαύκο ποταμό λόγω διακοπής της ροής του κατά διαστήματα και απόθεσης απορριμμάτων συγκεντρώθηκε μεγάλη ποσότητα θρεπτικών (αζώτου-φωσφόρου) που σε συνδυασμό με την έντονη ηλιοφάνεια οδήγησε σε "βιοεπιτάχυνση" δηλαδή σε αύξηση του "φυτοπλαγκτού" (κυρίως κυανοφυκών και χλωροφυκών). Τα "μικροφύκη" κυρίως κυανοφύκη μεταφέρθηκαν στη συνέχεια με τον προαναφερθέντα μηχανισμό εμπλουτισμού στον ελεύθερο υδροφόρο του Γλαύκου και στις γεωτρήσεις "Ταραμπούρας" όπου διαπιστώθηκε η παρουσία τους από την ΔΕΥΑΠ (Καλλέργης, 1993). Ο μεταβολισμός των φυκών προσέδωσε στο νερό οσμή και γεύση χάματος και μούχλας. Έχει αναφερθεί (Montiel, 1979) ότι η γεύση και η οσμή οφείλονται στα οργανικά μόρια "γεοσμίνη" και "μεθυλοϊσομπορνεόλη" (methylisoborneol).

Πέρα όμως από την παρουσία των κυανοφυκών είναι δυνατόν κάτω από από συνθήκες ξηρασίας, αυξημένης θερμοκρασίας και παρατεταμένης ηλιοφάνειας να παρατηρηθεί και το φαινόμενο, αυξημένες τιμές αμμωνίας να συνοδεύονται από μειωμένες τιμές νιτρικών (Rizet, 1989).

6) Χρονική εξέλιξη της πιεζομετρίας.

Στην εικόνα 10 παρουσιάζονται οι πιεζομετρικοί χάρτες των περιόδων 28/2/73 (Αρώνης 1973) και 15/5/92. Από την συγκριτική μελέτη των χαρτών αυτών (αν και αναφέρονται σε διαφορετικές περιόδους, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι πρόκειται για περιόδους υψηλής στάθμης των υδροφόρων) προκύπτουν τα εξής:

α) Η τροφοδοσία των υδροφόρων στρωμάτων επιτελείται από διευθύνσεις ανατολικές έως νοτιοανατολικές όπως δείχνουν οι γραμμές ροής.

β) Στόν πιεζομετρικό χάρτη της 15/5/92 που κατασκευάσαμε με στοιχεία από μετρήσεις στάθμης γεωτρήσεων σε κατάσταση ηρεμίας παρατηρείται ένας εκτεταμένος υποβιβασμός της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφόρου. Οι αρνητικές τιμές προχωρούν σε απόσταση μέχρι και τεσσάρων χιλιομέτρων από την ακτή με συνέπεια τον σοβαρό κίνδυνο υπαλυμύρωσης ολόκληρου του υδροφόρου ορίζοντα των προσχώσεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Προκειμένου να αξιολογηθεί η πτώση στάθμης στις γεωτρήσεις της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Γλαύκου καθώς και η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών της εξετάστηκαν διάφοροι παράγοντες που έχουν άμεση επίδραση στο ισοζύγιο του υδροφόρου. Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Από την μελέτη των βροχομετρικών δεδομένων των σταθμών της λεκάνης προκύπτει μια σαφής μείωση των βροχοπτώσεων κατά τα τελευταία δέκα έτη τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν ως έτη ξηρασίας.

- Η μείωση των βροχοπτώσεων οδηγεί σε ελάττωση της επιφανειακής αλλά και της υπόγειας απορροής της λεκάνης.

- Εξ' αιτίας των υπερεντατικών αντλήσεων των γεωτρήσεων της παραλιακής λεκάνης προκαλείται ταπείνωση της στάθμης των υπόγειων νερών της που επιτείνεται εξ' αιτίας της ελαττωμένης επιφανειακής και υπόγειας απορροής.

- Ο συνδυασμός των πιο πάνω αρνητικών συνθηκών έχουν άμεση επίπτωση στην πιεζομετρική επιφάνεια των υδροφόρων ο συνεχής υποβιβασμός της οποίας οδηγεί εκ του ασφαλούς στην αλμύριση των παράκτιων και στην εξάντληση των

μεσόγειων υδροφόρων.

Τέλος οι παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας συνδυασμένες με τις υψηλές θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας και την μείωση των βροχοπτώσεων συνεπάγονται την μείωση της αραίωσης των ρύπων σε επιφανειακά σώματα νερού που συνδέονται υδραυλικά με τα υδροφόρα, την κατανάλωση του ελεύθερου οξυγόνου, την ανάπτυξη κυανοφυκών και τη "βιοεπιτάχυνση" η οποία δημιουργεί φαινόμενα "επαγωγικής" μόλυνσης των υδροφόρων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε την ΔΕΥΑ Πατρών και τους μηχανικούς της κκ.Μάρκο Σκληβανιώτη, Νίκη Αθανασοπούλου και Λάμπρο Τσάτσο για την παροχή στοιχείων που βοήθησαν στην πληρέστερη θεμελίωση των απόψεων που εκφράζονται στην παρούσα εργασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΡΩΝΗΣ, Γ. (1973): Υδρογεωλογική μελέτη της Κοιλιάδας Γλαύκου. Αδημοσίευτη μελέτη. Δήμος Πατρέων.
- ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ., ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ Ν. (1993): Στατιστικά χαρακτηριστικά των βροχοπτώσεων της Δυτικής Ελλάδας. 2^ο Υδρογεωλογικό Συνέδριο, Πάτρα. Τόμος πρακτικών υπό εκτύπωση.
- ΓΚΟΥΤΣΙΔΟΥ-ΣΟΥΡΑΜΑΝΗ, Γ., ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗΣ, Τ., ΣΟΥΛΙΟΣ Γ. (1990): "Η κατανομή του νερού και το υδρολογικό ισοζύγιο στη Νήσο Ικαρία". Πρακτικά Πανελληνίου υδροτεχνικού Συνεδρίου, 14-17/3/90, Ηράκλειο Κρήτης, σελ. 27-38.
- ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ Γ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Ι., (1993): Επιπτώσεις της ξηρασίας στους υδροφορείς των Πλειοτεταρτιογενών σχηματισμών της Λεκάνης Πτολεμαΐδας. 2^ο Υδρογεωλογικό Συνέδριο Πάτρα. Τόμος Πρακτικών υπό εκτύπωση.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (1993): Επιπτώσεις της ξηρασίας στην ποιότητα των πηγών και υπόγειων νερών. Υπό δημοσίευση στα πρακτικά της ημερίδας του ΓΕΩΤΕΕ "Ξηρασία και πλημμύρες".
- MARGAT, J., (1989): Secheresse et eaux souterraines. La Houille Blanche/ N^ο7/8.
- MONTIEL, A., (1979): Informations Chimiques, pp. 25-28.
- ΜΠΑΛΟΥΤΣΟΣ, Γ., ΓΚΟΥΝΤΟΥΦΛΑΣ, Ε., ΚΑΙΜΑΚΗ, Σ., (1993): Χαρακτηριστικά μετεωρολογικών ξηρασιών στο λεκανοπέδιο Αττικής τα τελευταία 13 χρόνια. "Γεωτεχνικά Επιστημονικά θέματα", σ. 5-12.
- ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, Θ., ΔΑΛΛΑΣ, Σ. (1970): Προκαταρτική μελέτη έργων Υδρεύσεως πόλεως Πατρών. Προκαταρτική αδημοσίευτος έκθεσις. Δήμος Πατρέων.
- RIZET, M. (1989): Consequences qualitatives de la secheresse sur l'alimentation en eau potable. La Houille Blanche/ N^ο7/8.
- SIERRA, L. (1960): "Caracteristiques et causes meteorologiques des secheresses" .A.I.H.S. Assemblee d'Helsinki, publ. n^ο51, pp. 49-59.
- ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ., ΜΑΚΡΟΓΙΑΝΝΗΣ, Τ., ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ, Χ., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. (1990): Η διακύμανση της στάθμης και η τροφοδοσία ελεύθερων υδροφόρων στρωμάτων περιοχών της Πιερίας κατά την τριετία από 1-9-1986 μέχρι 1-9-1989. Annal. Geol. pays Hellen.
- ΤΣΟΦΛΙΑΣ, Π. (1969): Γεωλογική κατασκευή του βορειότερου τμήματος της Πελοποννήσου (Νομού Αχαΐας). Διατριβή επί διδακτορία. Πανεπιστήμιο Αθηνών.