

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΤΡΙΦΥΛΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Π. Σαμπατακάκης*, Α. Μακρής**, Ε. Γκιντώνης*** και Χ. Τζούλης****

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Δυτική Τριφυλία είναι μία περιοχή με διαρκώς αυξανόμενες γεωργικές καλλιέργειες και καλύπτει μια επιφάνεια 70 KM² περίπου.

Στις γεωλογικές δομές κυριαρχούν νεογενείς σχηματισμοί ασβεστόλιθοι των Φιλιατρών, ο Φλύσχος Τρίπολης και τα Κροκαλοπαγή Μεσσηνίας.

Ο πλέον εκτεταμένος ταμιευτήρας υπόγειων νερών είναι τα νεογενή που προσφέρουν υδροφορία σε μικρό βάθος με κατά τόπους σημαντική υδρολιθολογική ετερογένεια (πλευρική και κάθετη).

Από το συστηματικό έλεγχο των υπόγειων νερών (1990-93) σε πλέον των 110 υδροσημείων παρατηρητήρια και χημικές αναλύσεις στους δείκτες μόλυνσης NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ και P₂O₅, διαπιστώθηκε ρύπανση σε NO₃⁻ που ταυτίζεται κατά το μεγαλύτερο μέρος με τη ζώνη υψηλής γεωργικής παραγωγικότητας με τιμές που ξεπερνούν το όριο των 40 mg/lit και σε ορισμένες περιπτώσεις και εκείνες των 150 mg/lit. Η παρουσία NO₂⁻, NH₄⁺ και P₂O₅ είναι περιορισμένη και επιμέρους.

Οι αιτίες αυτής της εκτεταμένης ρύπανσης των υπόγειων νερών οφείλεται στη συστηματική χρήση από 20ετίας και πλέον αζωτούχων λιπασμάτων καθώς και στο μικρό πάχος της ακόρεστης ζώνης του υδροφορέα στα νεογενή.

Στη διάρκεια όμως της τριετίας 1990-93 κατά την οποία αναπτύχθηκε αυτή η έρευνα δεν παρατηρούνται αυξητικές τάσεις των ρύπων που ανιχνεύθηκαν, κι αυτό θα πρέπει να οφείλεται: σε εξισορροπητικές διεργασίες σε ό,τι αφορά τα νιτρικά που αναπτύσσονται με τις συχνές αντλήσεις και που προκαλούν την επαναστράγγιση ενός μέρους του αρδευτικού νερού στον υδροφόρο αλλά και την απαζώωση σε διεργασίες προσρόφησης από τα λεπτόκοκκα υλικά ιδιαίτερα των φωσφορικών.

ABSTRACT

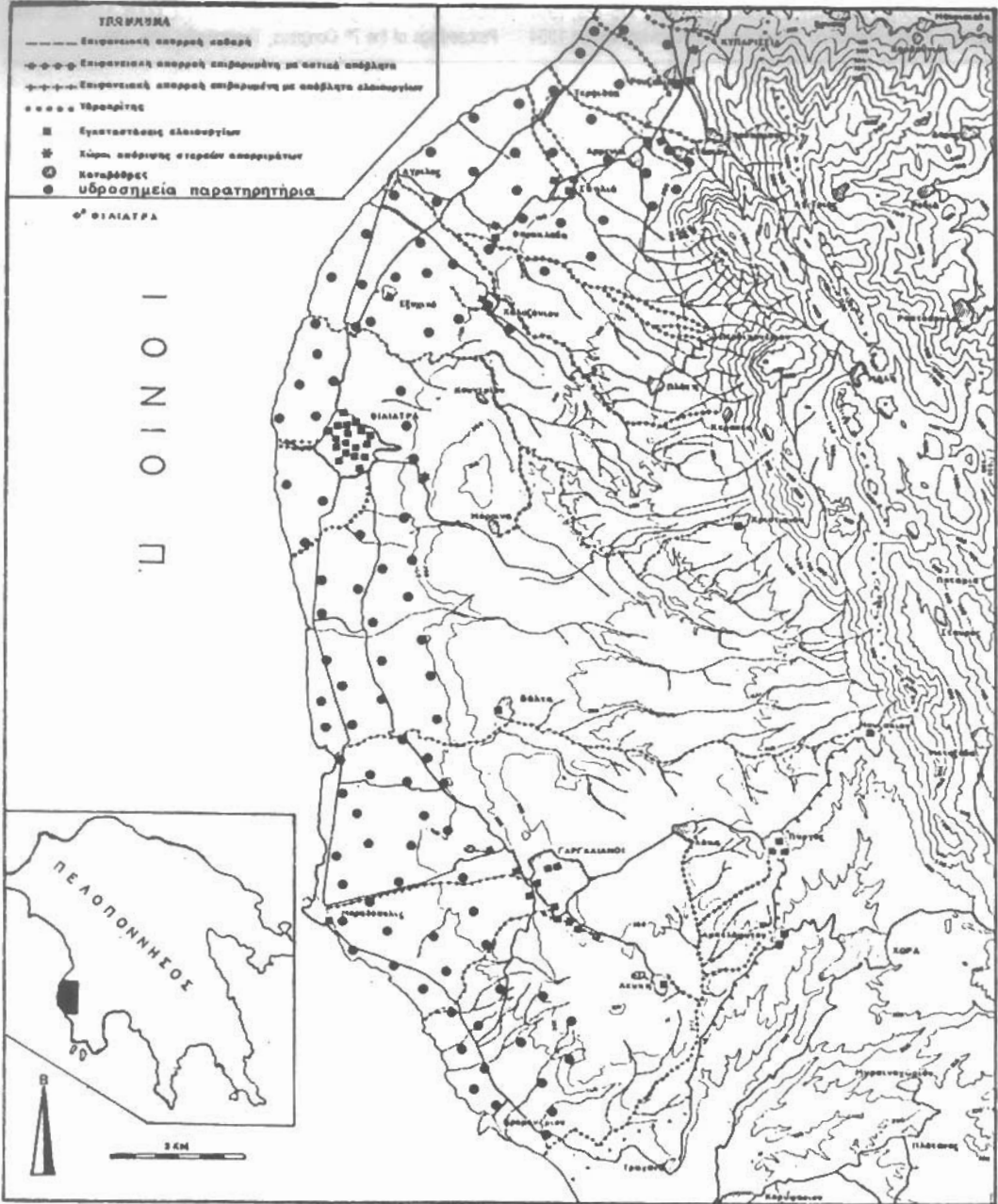
Western Trifyllia which is a region of 70 Km², and with crop cultivation constantly on the increase.

Its geological structures are mainly neogenous formations, of limestones in Filiatra and Flysh at Tripolis. The most extensive underground aquifers are in neogenous Formations at a shallow depth with localised water-rock discontinuities (both laterel and vertical).

Systematic checks of underground waters were undertaken during 1991-93 at over 110 sampling points and chemical analyses for NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, P₂O₅, revealed high content of NO₃⁻ at locations overlapping for the most part with the zone of highest agricultural productivity.

Levels of this contamination exceeded the 40 mg/l and sometimes even the 150

* Υδρογεωλόγος ΙΓΜΕ,
** Υδρογεωλόγος μελετητής
*** Χημικός Μηχανικός ΙΓΜΕ,
**** Χημικός ΙΓΜΕ.



Σχ. 1: Χάρτης Πηγών Ρύπανσης

mg/l points. Presence of NO_2^- , NH_4^+ and P_2O_5 was low and localised.

The cause of this extensive contamination revealed of underground water is the intensive use of nitrogen -containing fertilisers over the last twenty or more years.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί συνέχεια της ερευνητικής προσπάθειας η οποία

παρουσιάστηκε στο "2^ο Υδρογεωλογικό Πανελλήνιο Συνέδριο" (Πάτρα, 1993) και η οποία αφορούσε τα φαινόμενα υπαλίμνωσης στους παράκτιους υδροφόρους της παράκτιας Τριφυλίας και της Πεδιάδας Μολάων- Ασωπού.

Οι ερευνητικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια των υδρογεωλογικών προγραμμάτων του ΙΓΜΕ που αναπτύσσονται στη Πελοπόννησο.

Κεντρικός στόχος της υδρογεωλογικής προσπάθειας ήταν να προσδιοριστούν: το μέγεθος και η έκταση της ρύπανσης των υδροφόρων σε μια κατ' εξοχήν γεωργική περιοχή, από τη συστηματική χρήση κύρια των αζωτούχων λιπασμάτων σε συσχετισμό με τις υδρογεωλογικές δομές.

Τα στοιχεία που τελικά επιλέχθηκαν για ν' απεικονιστούν σε ανάλογους θεματικούς χάρτες ήταν εκείνα τα οποία κρίθηκαν αρκετά επαρκή. Αποφεύχθηκε η παρουσίαση συμπερασμάτων με έντονο υποθετικό χαρακτήρα.

1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι εργασίες υπαίθρου στηρίχθηκαν σε τακτικές δειγματοληψίες υπόγειων νερών και σε χημικές αναλύσεις από 110 και πλέον υδροσημεία (πηγές, φρεάτια, υδρογεωτρήσεις) στο χρονικό διάστημα 1991-93. Η περιοχή "βασικής έρευνας" καλύπτει μια επιφάνεια περί τα 70 Km² (σχ. 1).

Στην επεξεργασία των στοιχείων και στα συμπεράσματα χρησιμοποιήθηκαν οι θεματικοί χάρτες "κίνησης των υπόγειων νερών" και "Λιθολογία των υπόγειων ταμιευτήρων" (ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ - ΜΑΚΡΗΣ, 1993) (σχ. 2).

Γενικότερες παρατηρήσεις διεξήχθησαν και στην ευρύτερη περιοχή η οποία ορίζεται από τον υδροκρίτη της επιφανειακής απορροής (σχ. 1) "της βασικής περιοχής έρευνας", εντός της οποίας γίνονται και οι έντονες αρδευτικές δραστηριότητες.

Τα υδροσημεία "παρατηρητήρια" στα οποία στηρίχθηκε η συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος υδρογεωτρήσεις ιδιωτικές. Τα κριτήρια, για την επιλογή τους ήταν: η συνεχής χρησιμοποίησή τους για άντληση υπόγειου νερού, η απόσταση μεταξύ των να κυμαίνεται μεταξύ 600-1000 μ., οι θέσεις των να σχηματίζουν το δυνατόν ισόπλευρα τρίγωνα (σχ. 1), το βάθος ανόρυξης να υπερβαίνει το υψόμετρο θάλασσας.

Στη περιοχή ενδιαφέροντος έχουν εκπονηθεί ποικίλες γεωλογικές και υδρογεωλογικές εργασίες όπως: Υδρογεωλογική Μελέτη Τριφυλίας - Πυλίας (ΚΑΝΤΑΣ - ΤΗΝΙΑΚΟΣ, 1985), Γεωλογικός χάρτης Φ^ο Φιλατρά 1:50.000 (PERRIER, 1980).

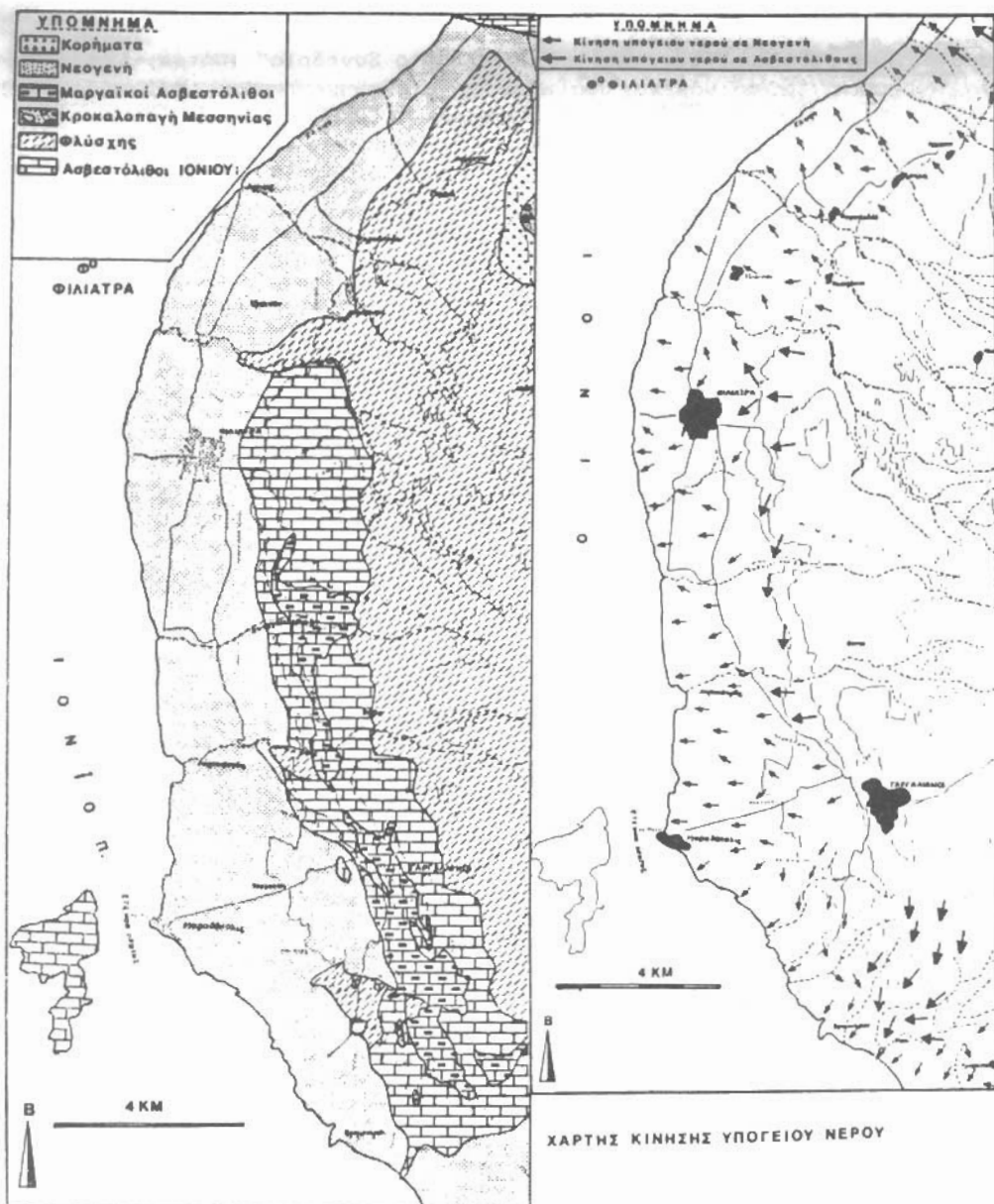
2. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η βασική περιοχή (παράκτια ζώνη) δομείται από τους παρακάτω γεωλογικούς σχηματισμούς: Νεογενή (Πλειόκαινο), Κροκαλοπαγή Μεσσηνίας (Αν. Ολιγόκαινο) της Ιονίου (;), Φλύση Τρίπολης (Ολιγόκαινο) της Ιονίου (;), Ασβεστόλιθους Φιλατρών (Hώκαινο) της Ιονίου (;), Ασβεστόλιθους πλακώδεις (Σενάνιο) της Ωλονού (REPPIER, 1980).

Η αποτύπωση της εξάπλωσης των παραπάνω σχηματισμών σε ρόλο υπόγειων ταμιευτηρίων καθώς και της κίνησης των υπόγειων νερών (σχ. 2) βασίστηκαν στα λιθολογικά και υδραυλικά στοιχεία του μεγάλου αριθμού των ιδιωτικών υδρογεωτρήσεων που έχουν ανορυχθεί (ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ - ΜΑΚΡΗΣ 1993). Η ίδια πηγή στοιχείων χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση σειράς υδρολιθολογικών τομών με σκοπό τον προσδιορισμό του πάχους της ακόρεστης ζώνης στους επιμέρους υδροφόρους. Το πάχος αυτό στα νεογενή κυμαίνεται από μερικά μέτρα μέχρι 40 μ. περίπου (σχ. 3).

Η κίνηση των υπόγειων νερών στα νεογενή παρουσιάζει σε γενικές γραμμές μέση κατεύθυνση απ' ανατολικά προς δυτικά με κατά τόπους μικρές αποκλίσεις (ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ - ΜΑΚΡΗΣ, 1993).

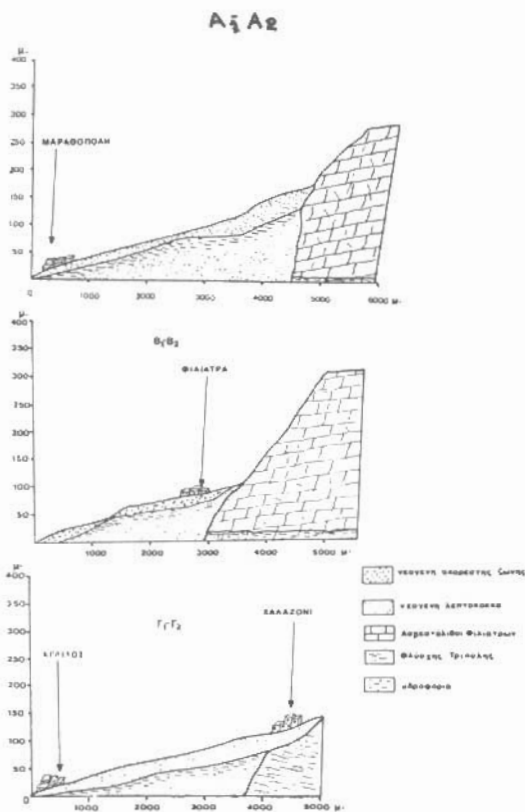
Στους ασβεστόλιθους Φιλατρών παρατηρείται: α) στο μέτωπο των Φιλατρών διασκορπισμός της κίνησης από τους ασβεστόλιθους προς τα νεογενή β) νοτιότερα των Φιλατρών και μέχρι τους Γαργαλιάνους η κίνηση των υπόγειων νερών ελέγχεται



Σχ. 2: Λιθολογικός χάρτης υπόγειων ταμειωτήρων, (Σαμπατάκης - Μακρής, 1993) από το ρήγμα Φιλιατρών - Γαργαλιάνων υποχρεώνοντάς τα να κινηθούν παράλληλα με αυτή την τεκτονική διατάραξη λόγω απότομου βαθέματος της λεκάνης των νεογενών γ) από τους Γαργαλιάνους και νοτιότερα η κίνηση γίνεται με κατεύθυνση τη τοποθεσία Μάτι όπου είναι και η έξοδος των ασβεστόλιθων Φιλιατρών στην ακτή.

3. ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΧΑΡΤΗ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ

Για τις ανάγκες της εργασίας εκπονήθηκε ο χάρτης "χρήσης γης" της ευρύτερης περιοχής που οριοθετείται από τον υδροκρίτη της επιφανειακής απορροής (σχ. 4).



Σχ. 3: Υδρολιθολογικές τομές

ρίχνονται απόβλητα ελαιουργείου), διάχυτες (γεωργικές λιπάνσεις και ψεκασμού).

Από τις σημειακές πηγές ρύπανσης ήταν δυνατόν να εντοπιστούν και να απεικονιστούν στο σχετικό χάρτη (σχ. 1) οι σκουπιδότοποι και οι καταβόθρες απόρριψης υγρών αποβλήτων.

Οι γραμμικές πηγές ρύπανσης συνδέονται με την εποχιακή ρίψη υγρών αποβλήτων ελαιουργείων και αστικών αποβλήτων (σχ. 1).

Οι διάχυτες πηγές ρύπανσης που αντιστοιχούν με τις γεωργικές λιπάνσεις αποτελούν τις σημαντικότερες τόσο από πλευράς συχνότητας όσο και εξάπλωσης ιδιαίτερα δε οι αζωτούχες λιπάνσεις. Στο σχετικό πίνακα (ΠΙΝ. Ι) αναγράφονται ενδεικτικά οι τύποι των λιπασμάτων, οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες ανά στρέμμα, το ποσοστό συμμετοχής του κάθε λιπάσματος ως προς τη συνολική χρησιμοποιούμενη ποσότητα ανά δεκαετία.

Οι δείκτες μόλυνσης που συστηματικά αναζητήθηκαν στις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων ήταν NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , P_2O_5 .

Οι δειγματοληψίες νερού στα πλαίσια των οικονομικών και χρονικών δυνατοτήτων που υπήρχαν, προτιμήθηκε να πραγματοποιηθούν: στο μέσον της υγρής περιόδου

Στην αποτύπωση αυτή η περιοχή (υποδιαίρεθηκε σε ζώνες ανάλογα με το ποσοστό κάλυψης των εδαφών από γεωργικές δραστηριότητες. Κατ' αυτό τον τρόπο διακρίθηκαν τέσσερις βασικές ζώνες οι οποίες περιλαμβάνουν από εδάφη άγονα ή ακαλλιέργητα μέχρι εδάφη με ποσοστό κάλυψης από συστηματικές καλλιέργειες > 60%.

Για την οριοθέτηση αυτών των ζωνών χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες της Γ.Υ.Σ. (εκδ. 1987) και έγιναν παρατηρήσεις στο ύπαιθρο.

Από το χάρτη αυτό προκύπτει ότι η ζώνη μέσα στην οποία αναπτύσσονται οι περισσότερες γεωργικές δραστηριότητες είναι η παράκτια η οποία και συμπίπτει κατά το μεγαλύτερο μέρος με τους νεογενείς σχηματισμούς. Η ζώνη αυτή δέχεται και τις μεγαλύτερες ποσότητες γεωργικών λιπάνσεων.

4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Ταξινομώντας τις πηγές ρύπανσης από πλευράς γεωμετρίας της εστίας (TODD et. al., 1979) υπάρχουν και οι τρεις τύποι: σημειακές

(σκουπιδότοποι, απορροφητικοί βόθροι διάσπαρτων αγροτοοικιών, μικρές κτηνοτροφικές μονάδες, καταβόθρες όπου ρίχνονται υγρά απόβλητα ελαιουργείων), γραμμικές (κοίτες χειμάρρων όπου εποχιακά

(Δεκέμβριο του 1989, 1990, 1993, περίοδο κατά την οποία δεν πραγματοποιούνται αντιλήσεις και λιπάνσεις αλλά έχουμε στράγγιση επιφανειακών νερών προς τον υδροφόρο λόγω βροχοπτώσεων προς το τέλος της υγρής περιόδου (Μάρτιο) του 1991 και 1993, περίοδο κατά την οποία γίνεται εκκένωση των αντιλήσεων στο μέσον της ξηρής περιόδου (Ιούλιο) του 1991 και 1992, κατά την οποία πραγματοποιούνται οι μεγαλύτερες αντιλήσεις υπόγειων νερών.

Από την ανάλυση των δειγμάτων νερού προκύπτει επικίνδυνη ποσοτική παρουσία και εξάπλωση του NO_3^- (σχ. 5).

Η ζώνη με την πιο έντονη παρουσία αυτού του ρύπου συμπίπτει κατά το μεγαλύτερο μέρος με τη ζώνη των πιο πυκνών και συστηματικών καλλιεργειών. Αντίθετα περιορισμένη παρουσία έχουν οι ρύποι NO_2^- , P_2O_5 και ανύπαρκτη το NH_4^+ .

Από τα ιστογράμματα των τιμών του ρύπου NO_3^- (σχ. 7) προκύπτει ότι: α) δεν υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στις τιμές από περίοδο σε περίοδο στο κάθε υδροσημείο, β) παρατηρούνται ακανόνιστες διακυμάνσεις από υδροσημείο σε υδροσημείο, γ) δεν διαπιστώνονται τάσεις αυξητικές της ρύπανσης τουλάχιστον στο διάστημα της τριετίας 1990-93.

Τα παραπάνω φαινόμενα μπορούν να ερμηνευτούν ως εξής:

- Η ζώνη των πιο πυκνών και συστηματικών καλλιεργειών (σχ. 4) συμπίπτει κατά το μεγαλύτερο μέρος με την υδροφορία στα νεογενή. Τα πάχη της ακόρεστης ζώνης απολεπταίνουν σε γενικές γραμμές προς την ακτή (σχ. 3) γι' αυτό είναι και πιο

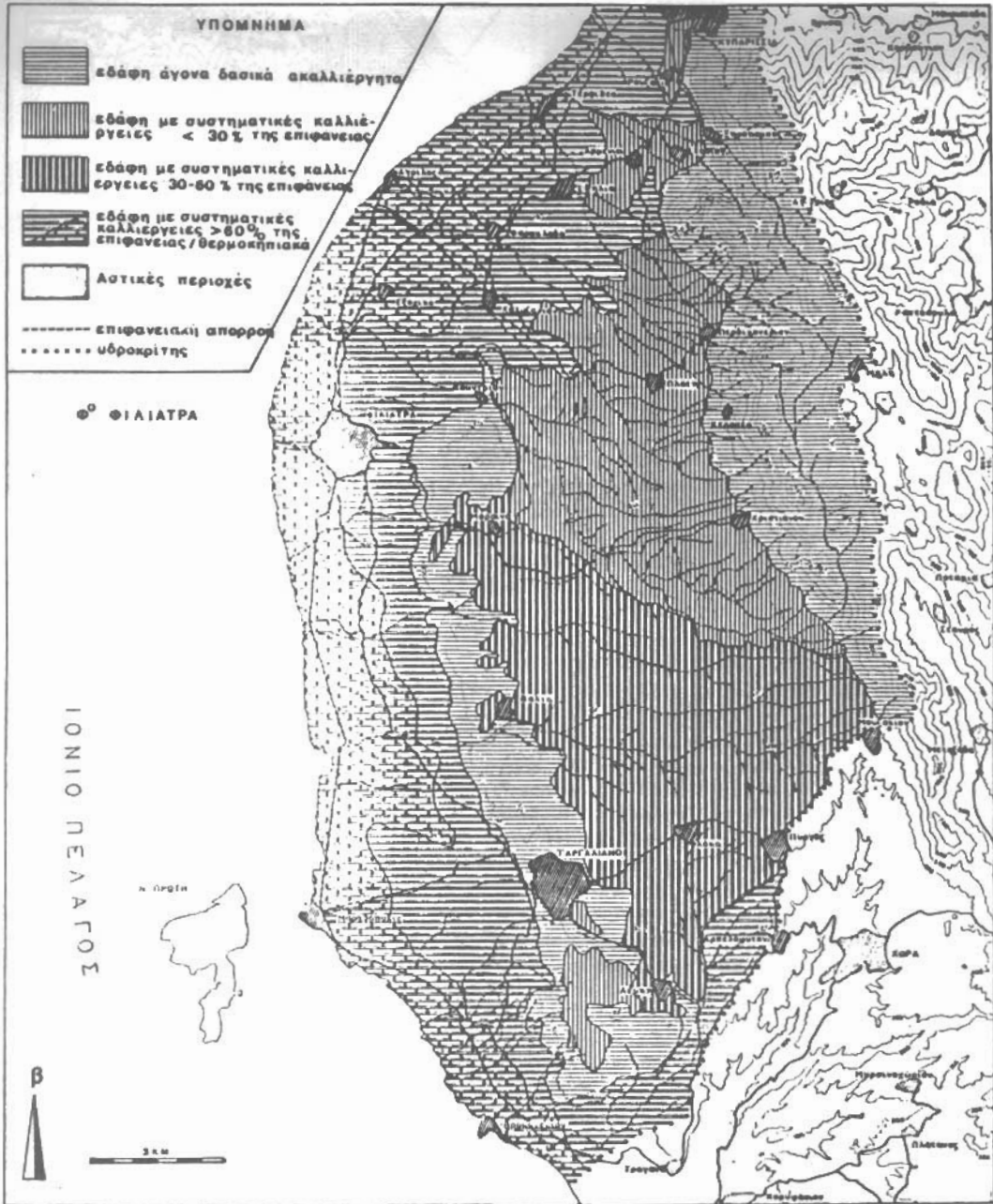
Πίν. 1: Χρησιμοποιούμενα γεωργικά λιπάσματα στην παράκτια Τριφυλία

ΕΙΔΟΣ	Ποσότητα ανά στρέμμα ετησίως κατά μέσο όρο	Ποσοστό επί της συνολικής ποσότητας των λιπασμάτων		
		1960	1970	1980
Θεϊκή Αμμωνία	8 Kg	70-80%	50-60%	20-30%
Ασβεστούχος Νιτρική Αμμωνία	100 Kg	10-15%	25-30%	30-40%
Μικτά (Αζωτούχα-Φωσφορικά-Κάλιο, 11,15,11)	70 Kg	10-15%	20-30%	30-40%
Λιπάνσεις ιχνοστοιχείων	5 Kg	5-10%	5-10%	10%

εύκολη η στράγγιση του αρδευτικού νερού προς τον υδροφόρο. Παρόλο που τα πάχη αυτά κυμαίνονται από μερικά μέτρα μέχρι 35 μ. περίπου, αποτελούμενα κατά το μεγαλύτερο μέρος από λεπτόκοκκα υλικά (άμμοις, λεπτόκοκκους άμμοις με λίγο άργιλο, μάργες με άμμοις) και θεωρούνται ευνοϊκές συνθήκες προστασίας του υπόγειου νερού (LETOURNER - MICHEL, 1971. THURNER, 1967).

- Η παρατεταμένη αρδευτική περίοδος και οι συχνές αντιλήσεις υπόγειων νερών φαίνεται να διευκολύνουν ως ένα βαθμό τις διεργασίες αποζύτωσης (FREEZE - CHERRY, 1979 και ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1986) και λειτουργούν εξισορροπητικά έναντι της στράγγισης αρδευτικού νερού προς τον υδροφόρο που ανεβάζει την περιεκτικότητα των νιτρικών. Σε περιοχές ημίξηρες όπως η Ελλάδα και μη αρδευόμενες αναφέρονται συγκεντρώσεις NO_3^- μέχρι και 50-60 mg/l (KREITLER - JONES, 1975).

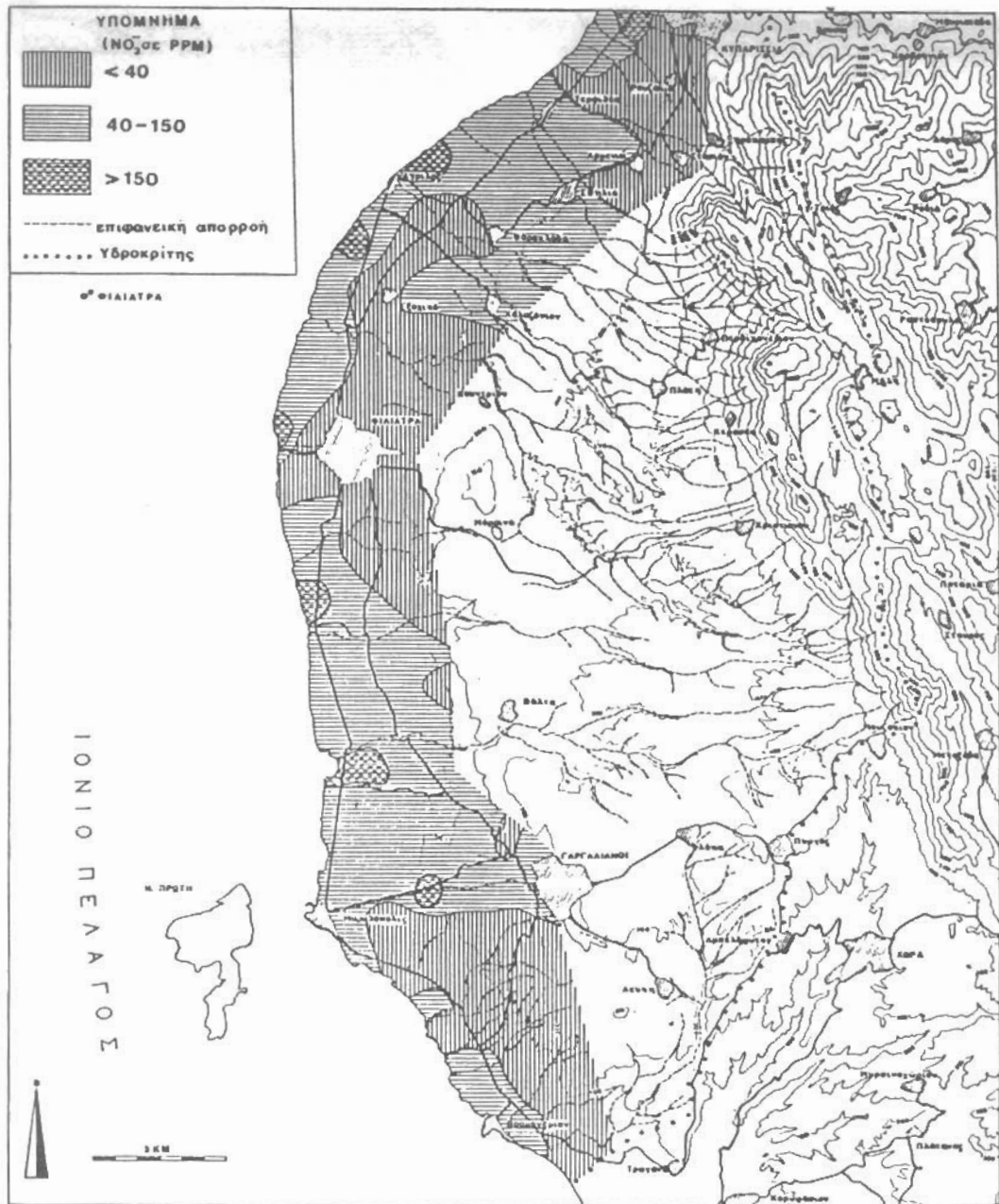
- Τα λεπτόκοκκα υλικά της υδροφορίας των νεογενών μειώνουν τον διασκορπισμό της ρύπανσης και δημιουργούν αναγωγικό περιβάλλον με δυνατότητα προσρόφησης του NH_4^+ (ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1986) και εξουδετέρωσής του τουλάχιστον μέχρι σήμερα.



Σχ. 4: Χάρτης χρήσης γης 1990 - 1993

Η έλλειψη ανάλογων στοιχείων σε παλαιότερη περίοδο δεν επιτρέπει τη σύγκριση ως προς την πορεία αμείωσης ιδιαίτερα του ρύπου NO_3^- πέραν του διαστήματος 1990-93.

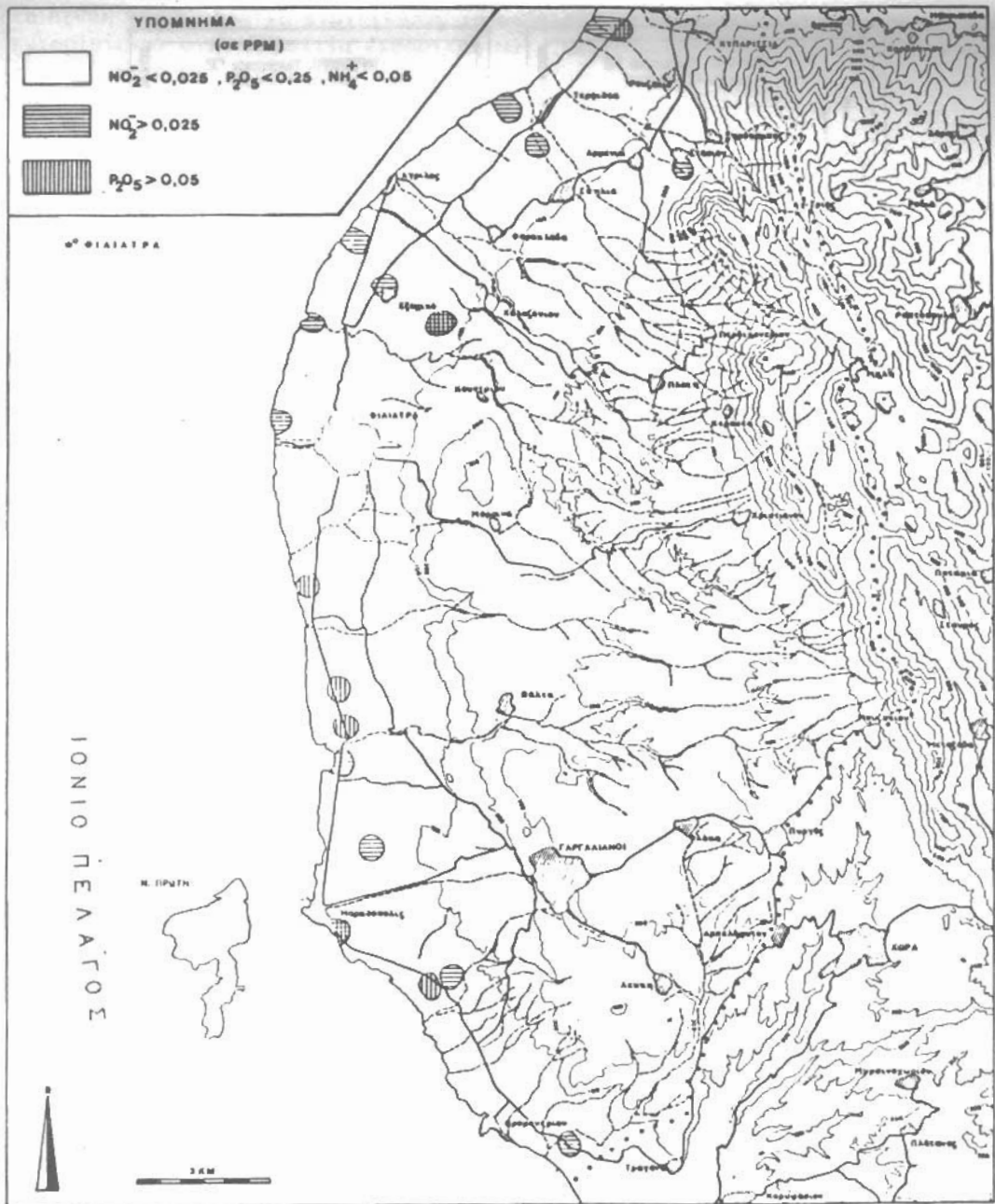
Άλλη αξιοσημείωτη επισήμανση είναι η απουσία ρύπανσης στα υδροσημεία "παρατηρητήρια" που βρίσκονται πλησίον παρόχθιων θέσεων σε κοίτες εκτός των



Σχ. 5: Χάρτης ρύπανσης των υπόγειων νερών (NO_3^-) 1990 - 93
 οποιών ρίχνονται εποχιακά λύματα ελαιουργείων (σχ. 1).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

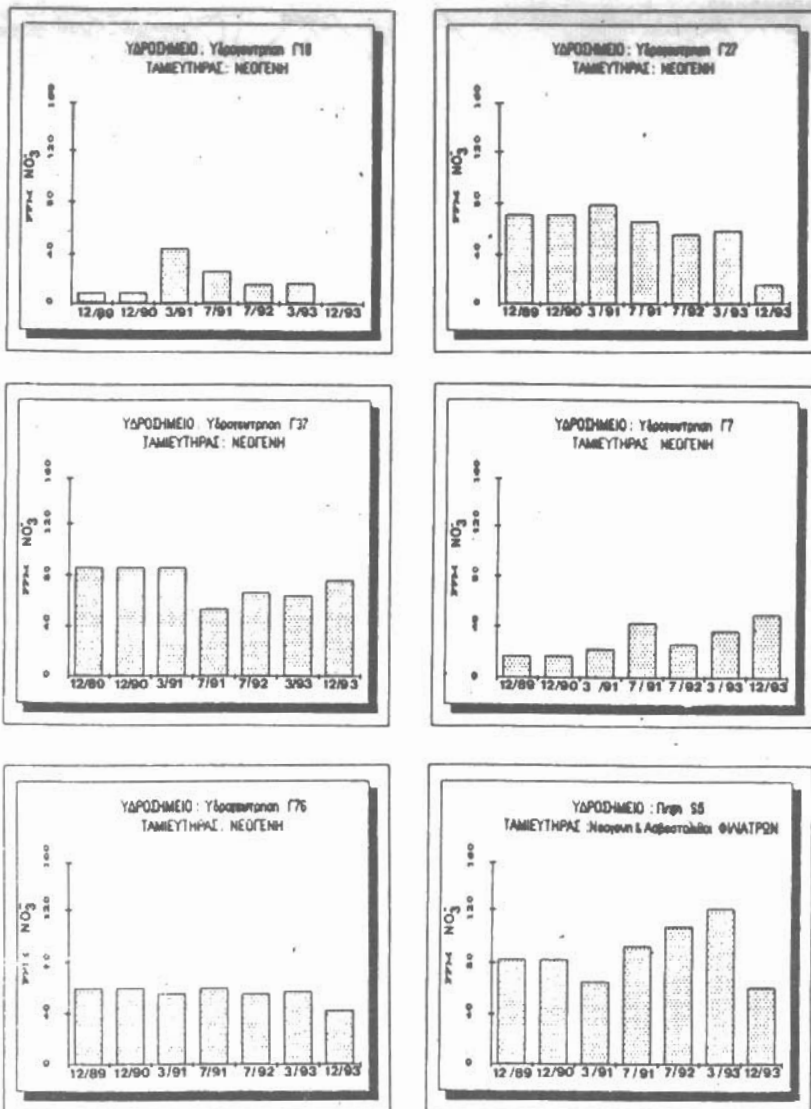
Η κυρίαρχη ρύπανση από NO_3^- των υπόγειων νερών που παρατηρείται στη Δυτική Τριφυλία οφείλεται στη συστηματική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων. Αυτή η ρύπανση διευκολύνεται αυτό το μικρό πάχος της υδροπερατής ακόρεστης ζώνης του υδροφό-



Σχ. 6: Χάρτης ρύπανσης των υπόγειων νερών (NO_2^- , P_2O_5 , NH_4^+) 1990 - 93

ρου των νεογενών.

Η περιορισμένη παρουσία NO_2^- και η απουσία NH_4^+ μαρτυρούν ότι οι διεργασίες απαζώωσης υπάρχουν έστω και περιορισμένα και διευκολύνονται με τις εργασίες των συχνών και παρατεταμένων αντλήσεων που εκτελούνται για την άρδευση. Έτσι στη διάρκεια τουλάχιστον της τριετίας 1990-93 δεν παρατηρούνται αυξητικές



Σχ. 7:

τάσεις των νιτρικών στα υπόγεια νερά κι αυτό θα πρέπει ν' αποδοθεί στις διεργασίες απαζώωσης και προσρόφησης των ρύπων από τα λεπτόκοκκα υλικά των νεογενών.

Η εποχιακή ρίψη αποβλήτων ελαιουργείων σε κοίτες χειμάρρων δεν φαίνεται να προκαλούν πρόβλημα στα υπόγεια νερά και σε ότι αφορά τουλάχιστον τους δείκτες μόλυνσης που αυτή η έρευνα χρησιμοποίησε. Κι' αυτό θα πρέπει ν' αποδοθεί σε τρεις παράγοντες: την έκπλυση των αποβλήτων από τις βροχοπτώσεις, την ταχύτητα ροής των αποβλήτων στις κοίτες, την περιορισμένη υδροπερατότητα των σχηματισμών πάνω στους οποίους εδράζεται η απορροή τους (νεογενή και Φλύσχης Τριπολής).

Τα λύματα δύο ελαιουργικών μονάδων που λειτουργούν στους Παργαλιάνους και

τη Λεύκη και οι οποίες διοχετεύουν τα απόβλητα σε παρακείμενες καταβόθρες δεν εντοπίστηκαν στην παράκτια εκφόρτιση Μάτι. Αυτό υποδηλώνει ότι η υπόγεια ροή του τμήματος των ασβεστόλιθων Φιλιατρών, πάνω στους οποίους εδράζονται οι δύο καταβόθρες, αναπτύσσεται προς τα νότια και όχι προς Μάτι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- FREEZE, R.A. and CHERRY, J.. "Groundwater", p.p. 383-462, Prentice - Hall Inc. Englewood Cliffs, 1979.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Ι. (1986): "Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία". Α' τόμ., 8, 6-9 και 47-48, εκδ. Τ.Ε.Ε., Αθήνα.
- ΚΑΝΤΑΣ, Κ. και ΤΗΝΙΑΚΟΣ, Λ. (1985). "Υδρογεωλογική Μελέτη Τριφυλίας - Πυλίας, Ν. Μεσσηνίας", Υπουργείο Γεωργίας, V' Π.Δ.Ε.Β. Πελ/ννήσου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδος - Τμήμα Γεωλογικό, Πάτρα.
- KREITLER, C.W., and JONES, D.C. (1975). "Natural soil nitrate: the cause of the nitrate contamination of ground water in Runnels County" Texas, Ground Water 13(1): 53-61.
- LETOURNEUZ, J. - MICHEL, R. (1971) "Geologie du Genie Civil, Armand - Colin, p. 273-435, Paris.
- PERRIER, R. (1972). "Γεωλογικός χάρτης Φ^ο Φιλιατρά". εκδ. ΙΓΜΕ, 1980, Αθήνα.
- ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ, Π. και ΜΑΚΡΗΣ Α. (1993). "Φαινόμενα υφαλμύρωσης και δυνατότητες ορθολογικής διαχείρισης σε παράκτιους υδροφόρους της Ν.Δ. και Ν.Α. Πελοποννήσου", 2ο Πανελλήνιο Υδρογεωλογικό Συνέδριο, Πάτρα.
- THURNER, A. (1967). "Hydrogeologies", Springer. Verlag Wien - N.Y.J. 350.
- TODD, D.K. et al. (1976). "A groundwater quality monitoring methodology" Journ. Amer water Works Assoc., v. 68, pp. 586-593.