

**9^ο ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ**

με έμφαση στην συμβολή των Γεωεπιστημών στην Ανάπτυξη

Υπό την Αιγίδα του
Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
και την υποστήριξη του Υπουργείου Πολιτισμού

**9th INTERNATIONAL CONGRESS
OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF GREECE**

with emphasis on the contribution of Geosciences to Development

Under the aegis of the
Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works
and the support of the Ministry of Culture



**ΠΡΑΚΤΙΚΑ
PROCEEDINGS**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

Π. Γ. ΜΑΡΙΝΟΣ
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Γ. ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ
Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Β. ΤΣΑΠΡΑΛΗΣ
Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών
Θ. ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ
Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών
Ε. ΜΩΡΑΪΤΗ
Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών

EDITORS

P. G. MARINOS
National Technical University of Athens
G. TSIAMBAOS
National Technical University of Athens
A. ALEXOPOULOS
National & Kapodistrian University of Athens
V. TSAPRALIS
Institute of Geology & Mineral Exploration
TH. RONDOYANNI
Institute of Geology & Mineral Exploration
E. MORAITI
Institute of Geology & Mineral Exploration

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2001

ΥΠΕΔΑΦΙΚΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΩΝ ΦΑΡΣΑΛΩΝ (ΘΕΣΣΑΛΙΑ) ΩΣ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ*

Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ¹, Σ. ΛΕΚΚΑΣ¹, Τ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ², Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ¹, Ι. ΦΟΥΝΤΟΥΔΗΣ¹,
Ι. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ², Ε. ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ³, Ι. ΜΠΑΝΤΕΚΑΣ¹, Δ. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ¹, Ε. ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Η εφαρμογή, στη λεκάνη των Φαρσάλων, της μεθόδου του τεχνητού εμπλουτισμού του καρστικού υδροφορέα, απαίτησε τη μελέτη της γεωμετρίας του ανθρακικού υποβάθρου της περιοχής. Για το σκοπό αυτό συνδυάστηκαν στοιχεία από τη λεπτομερή γεωλογική χαρτογράφηση, τη γεωφυσική έρευνα, ερευνητικές γεωτρήσεις, καθώς και όλα τα διαθέσιμα προϋπάρχοντα στοιχεία. Από τη σύνθεση όλων αυτών των στοιχείων προέκυψε ο υπεδαφικός χάρτης της οροφής του ανθρακικού υποβάθρου, το οποίο παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής.

ABSTRACT

The application of the method of artificial recharge on the karstic aquifer of the Farsala basin (Thessaly), required the thorough study of the geometry of the carbonate basement of the area. For this purpose, data deriving from the geological mapping, the geophysical research, sampling boreholes as well as all the available sources, were combined. The reconstruction of the buried contact between the carbonate basement and the overlying sedimentary formations, based on this data, followed. This structure proved to play a determining role in the hydrogeological conditions of the area.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη λεκάνη των Φαρσάλων, και ειδικότερα στο τμήμα της λεκάνης κοντά στο Φυλλήϊον Όρος (περιοχή Υπέρειας-Ορφανών), στα πλαίσια της έρευνας για τη δυνατότητα τεχνητού εμπλουτισμού των καρστικών υδροφορέων της περιοχής, μελετήθηκε η τεκτονική δομή κάτω από τις τεταρτογενείς αποθέσεις. Για το σκοπό αυτό, εκτός από τη λεπτομερή γεωλογική – τεκτονική χαρτογράφηση, πραγματοποιήθηκαν γεωφυσικές διασκοπήσεις με σκοπό τον προσδιορισμό της γεωμετρίας του αλπικού ανθρακικού αναγλύφου κάτω από τις μεταλπικές κλαστικές αποθέσεις. Η σύνθεση των αποτελεσμάτων των γεωφυσικών διασκοπήσεων και των γεωλογικών δεδομένων παρουσιάζονται με τη μορφή υπεδαφικού χάρτη.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη νοτιοδυτική πλευρά της Μεσοθεσσαλικής Ράχης και καλύπτει την ανατολική απόληξη της λεκάνης Δυτικής Θεσσαλίας. Πρόκειται για τη μεταβατική ζώνη μεταξύ του τεκτονικού κέρατος του όρους Όθρυς και του μικρότερης τάξης τεκτονικού κέρατος του Φυλλήϊου όρους (Εικόνα 1).

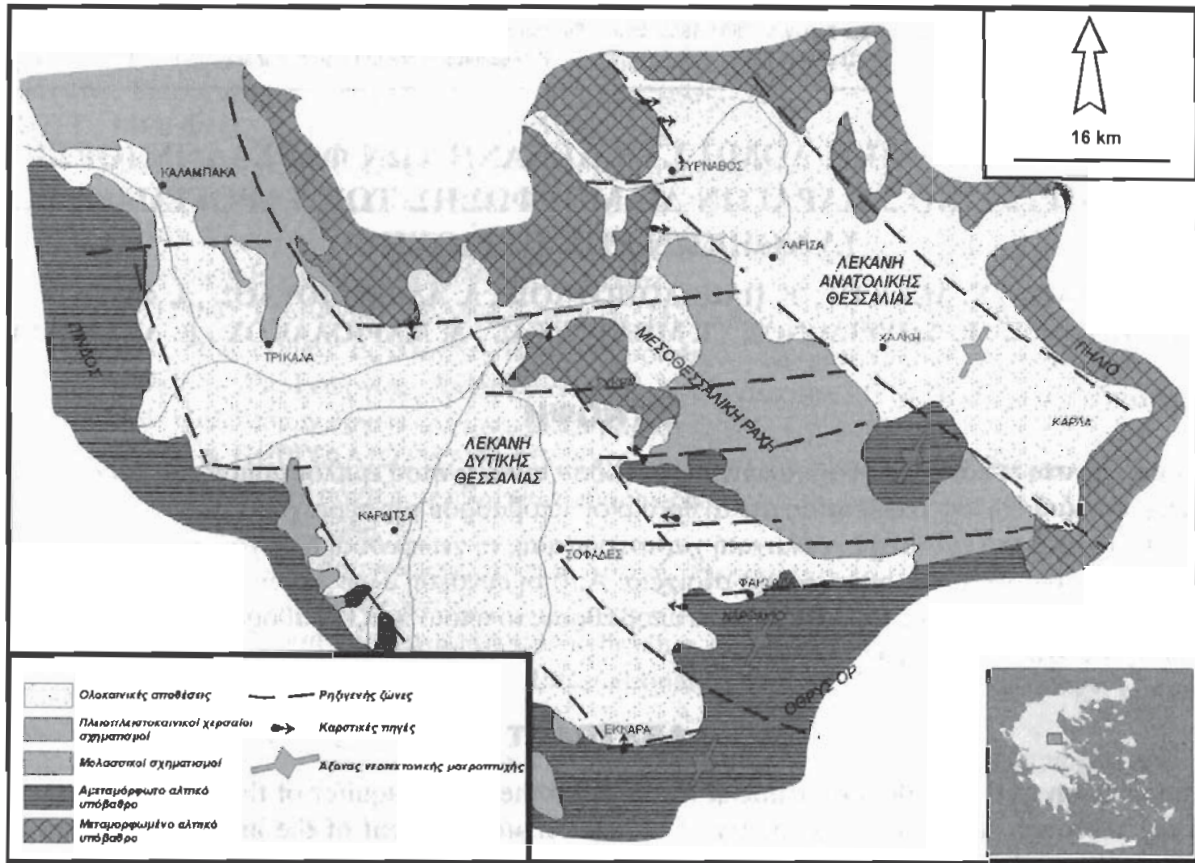
Με τη χρήση CAD συστήματος ("SURPAC2000", 1995(a,b)) κατασκευάστηκε η επιφάνεια της επαφής μεταξύ του αλπικού ανθρακικού υποβάθρου και των κλαστικών μεταλπικών αποθέσεων. Στο ψηφιακό μοντέλο της τοπογραφίας προβάλλονται οι γεωλογικές επαφές, ώστε να αποκτήσουν την τρισδιάστατη θέση τους στο χώρο. Στη συνέχεια κατασκευάζεται η επιφάνεια που αντιπροσωπεύουν αυτές, χρησιμοποιώντας και όποια άλλα ποσοτικά ή ποιοτικά στοιχεία υπάρχουν για τη γεωμετρία τους, γενικές διευθύνσεις τεκτονικών δομών της περιοχής (πτυχώσεις, ρήγματα) καθώς και αποτελέσματα γεωφυσικών διασκοπήσεων και ερευνητικών γεωτρήσεων. Ο συνδυασμός αυτών των στοιχείων μας επιτρέπει να κατασκευάσουμε την υπόγεια γεωμετρία της επιφάνειας που μας ενδιαφέρει.

* THE SUBSURFACE TECTONIC STRUCTURE OF THE FARSALA BASIN (THESSALY) AS DETERMINING FACTOR OF THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE REGION.

1. Univ. of Athens, Fac. of Geology, Department of Dynamic-Tectonic-Applied Geology, Panepistimioupoli Zografou, 157 84, Athens, GREECE, e-mail: mariolakos@geol.uoa.gr

2. Univ. of Athens, Fac. of Geology, Department of Geophysics and Geothermics

3. F.U. Berlin, Institut f. Geologie, Geophysik & Geoinformatik, FR Geoinformatik, Malteserstr. 74 -100, Haus D, D-12249 Berlin, GERMANY, e-mail: vangelis@zedat.fu-berlin.de



Εικόνα 1: Η περιοχή μελέτης και οι νεοτεκτονικές μακροδομές στον ευρύτερο χώρο της Θεσσαλικής λεκάνης.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ - ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Η περιοχή μελέτης δομείται από αλπικής ηλικίας σχηματισμούς που ανήκουν στη γεωτεκτονική ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας, περιβάλλεται δε από μεταλπικές αποθέσεις (Εικόνα 2).

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί που είναι και οι νεότεροι αποτελούνται από:

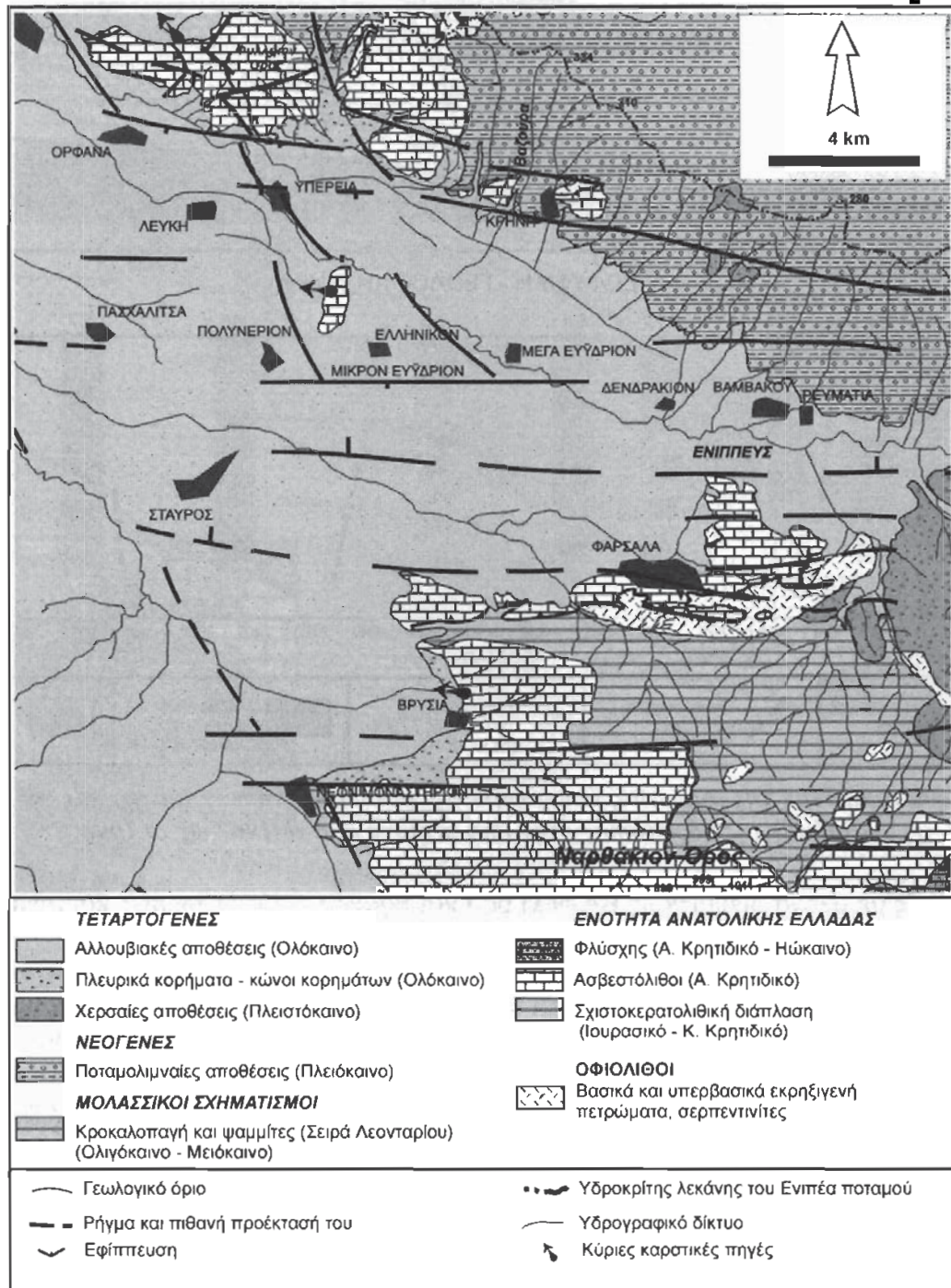
Ολοκαινικές πρόσφατες αποθέσεις: Πρόκειται για ιζήματα αλλουβιακής ως επί το πλείστον προέλευσης, αποτελούμενα από αμμόδεις και ιλυώδεις ποτάμιες αποθέσεις, ολοκαινικής ηλικίας. Τοπικά αναπτύσσονται κώνοι κορημάτων στα περιθώρια των μορφολογικών εξάρσεων. Το υλικό και το πάχος τους μεταβάλλεται από θέση σε θέση και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα υλικά τροφοδοσίας, το παλαιοανάγλυφο αλλά και από τις παλαιοκλιματολογικές συνθήκες.

Οι **πλειστοκαινικές αποθέσεις** αποτελούνται αποκλειστικά από χερσαίες αποθέσεις και απαντώνται ως υλικά πλήρωσης της λεκάνης των Φαρσάλων. Οι περισσότερες από τις αποθέσεις είναι ποτάμιες ή αποτελούνται από αλλουβιακά ριπίδια και κώνους κορημάτων (Schneider, 1979). Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των αποθέσεων είναι ότι έχουν σαν βασική πηγή τροφοδοσίας την περιοχή της Όθρου (χαρακτηριστική η παρουσία θραυσμάτων ραδιολαριτών).

Νεογενείς ποταμο-λιμναίους σχηματισμούς. Αποτελούνται από ερυθρούς πηλούς, αργιλοαμμώδη υλικά μικρής συνεκτικότητας με διάσπαρτες κροκαλοατύπες ποικίλης λιθολογικής σύστασης χωρίς προσανατολισμό και κροκαλοατυποπαγή με στοιχεία που φθάνουν μέχρι και 1m μεγάλη διάμετρο. Οι λιμναίες αποθέσεις αποτελούνται από εύθρυπτες τεφρές έως υπόλευκες μάργες σε στρώματα πάχους 5-20cm με κατά θέσεις ψαμμιτικές και κροκαλοπαγείς ενδιαστρώσεις.

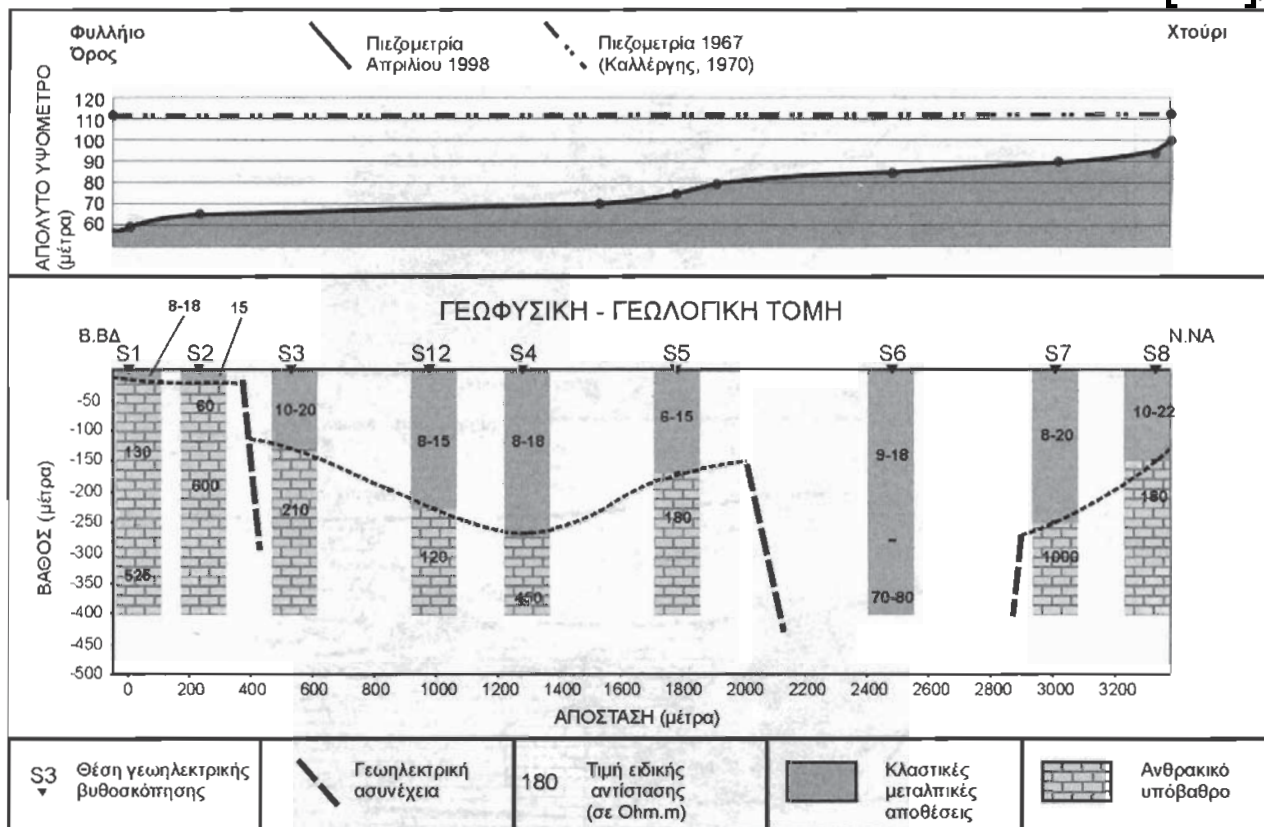
Οι **αλπικοί σχηματισμοί** που αποτελούν το υπόβαθρο των προσχώσεων στο μεγαλύτερο τμήμα της πεδιάδας (βόρεια και ανατολικά), ανήκουν στην **ενότητα Ανατολικής Ελλάδας** και αποτελούνται από τα ακόλουθα πετρώματα:

- **Φλύσης:** Πρόκειται για κλαστικές αποθέσεις αποτελούμενες από αργιλικούς ψαμμίτες, σχίστες καθώς και κροκαλοπαγή με ενστρώσεις μαργαϊκών ασβεστολίθων. Εμφανίζεται κατά θέσεις στα ανατολικά - νοτιοανατολικά περιθώρια της υπό εξέταση περιοχής, υπέρκειται κανονικά του επόμενου σχηματισμού, και η ηλικία του είναι ηωκαινική.
- **Ανωκρητιδικό Ασβεστόλιθοι:** Πρόκειται για επικλυσιογενείς ασβεστόλιθους με μαργαϊκές ενδιαστρώσεις και παρεμβολές άστρωτων ή παχυστρωματωδών ασβεστολίθων που στα κορυφαία στρώματα μεταπίπτουν



Εικόνα 2 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης

σε πλακώδεις λεπτοπλακώδεις. Οι πλακώδεις - λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι είναι πτυχωμένοι με άξονες πτυχών διεύθυνσης Α-Δ. Οι άστρωτοι λατυποπαγείς νηριτικοί ασβεστόλιθοι είναι περισσότερο καρστικοποιημένοι από τους πλακώδεις λεπτοπλακώδεις. Οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι στο σύνολό τους δεν είναι ενιαίοι. Έτσι διακρίνονται σε λατυποπαγείς άστρωτους και μικριτικούς πλακώδεις - λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους που είναι λεπιωμένοι τόσο μεταξύ τους όσο και με τους οφιόλιθους. Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα (ΙΓΜΕ φύλλο ΦΑΡΣΑΛΑ -Μπορνόβας Ι. κ.ά., 1975), Sogreah, 1974) οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι δεν είναι έντονα παραμορφωμένοι. Όμως, η συστηματική μελέτη της παραμόρφωσης των αλπικών σχηματισμών στην περιοχή έδειξε ότι οι αλπικοί σχηματισμοί παραμορφώνονται για μεγάλο χρονικό διάστημα τόσο κατά τον αλπικό κύκλο ορογένεσης όσο και κατά την πολύ πρόσφατη νεοτεκτονική περίοδο. Αποτέλεσμα της πρώτης παραμόρφωσης ήταν η δημιουργία δομών πλαστικού χαρακτήρα (πτυχές συνήθως κλειστές) με άξονες διεύθυνσης Α-Δ όσο και ρηγμάτων ίδιας διεύθυνσης. Αυτός ο τεκτονικός ιστός συνέχισε να παραμορφώνεται και κατά την πρόσφατη νεοτεκτονική περίοδο, η οποία και του καθόρισε τη σημερινή γεωμετρία. Οι δομές που έχουν προκύψει από αυτή την παραμόρφωση είναι τόσο πλαστικές (μεγάλες



Εικόνα 3: Συγκριτική τομή της ερμηνείας των γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων (κάτω) και της μεταβολής της στάθμης της υδροφορίας στην ίδια περιοχή από το 1967 ως το 1998.

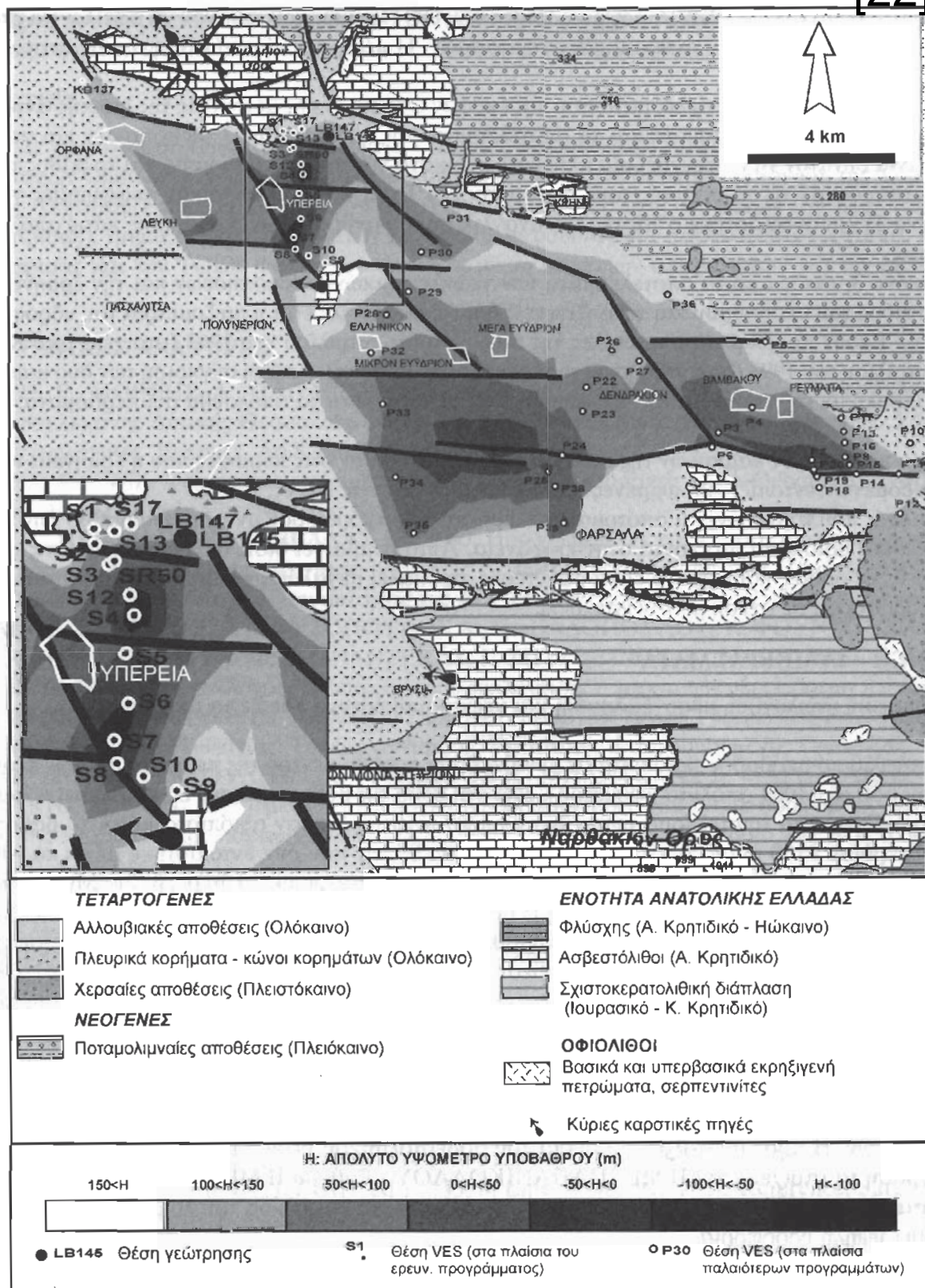
ανοικτές πτυχές με άξονα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ) όσο και θραυσιγενείς, λεπιώσεις και ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ *et al.*, 1999, 2000).

- **Οφιόλιθοι:** Περιλαμβάνει σερπεντινίτες, περιδοτίτες και δουνίτες που υπόκεινται των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, η δε τοποθέτησή τους πάνω στα ιζήματα της τριαδικοϊουρασιακής πλατφόρμας έγινε πριν το Ανώτερο Κρητιδικό. Εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα του Ναρθάκιου κοντά στα Φάρσαλα.
- **Σχιστοκερατολιθική διάπλαση:** Κερατόλιθοι και αργιλικόι σχίστες με σπάνιες ενστροφώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστόλιθων. Εμφανίζεται στα νοτιοανατολικά - ανατολικά περιθώρια της περιοχής έρευνας. Για την ηλικία του ανωτέρω σχηματισμού δεν μπορούν να γίνουν σαφείς εκτιμήσεις, αλλά με βάση στρωματογραφικούς συσχετισμούς πρέπει να είναι το Ιουρασικό.

3. ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η γεωφυσική έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πεδινό τμήμα της περιοχής μελέτης και πιο ειδικά στο τμήμα μεταξύ των λόφων Χτούριου και Φυλλήιου, προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχει απευθείας επικοινωνία των δύο καρστικών υδροφορέων. Για τη μελέτη κατανομής της ειδικής αντίστασης πλευρικά και σε βάθος, εκτελέστηκαν 17 γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις (Εικόνα 4) και χρησιμοποιήθηκε η διάταξη Schlumberger με μέγιστο ανάπτυγμα ηλεκτροδίων ρεύματος (ΑΒ) 2000 μέτρων, με εκτιμώμενο βάθος έρευνας μεγαλύτερο των 250-300 μέτρων. Οι μετρήσεις ελήφθησαν με όργανα υψηλής πιστότητας και ευκρίνειας (Terrameter SAS 300 Β με Booster SAS 2000), η δε επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων υπαίθρου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση υπολογιστικού προγράμματος που βασίζεται στη μέθοδο αντιστροφής του ΖΟΗΔΥ (1989) και το RESIXP-plus. Για την κατασκευή του υπεδαφικού χάρτη της οροφής του ανθρακικού υποβάθρου, ελήφθησαν υπόψη και αξιολογήθηκαν γεωφυσικά στοιχεία (36 γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις) παλαιότερων γεωερευνητικών μελετών (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Έκθεση ΙΓΜΕ, 1971).

Για την αξιολόγηση των γεωφυσικών αποτελεσμάτων απαιτείται η σύγκριση ή συσχέτιση μεταξύ των γεωλογικών (σχηματισμών) και γεωφυσικών (τιμών ειδικής αντίστασης των σχηματισμών) στοιχείων. Στη συγκεκριμένη έρευνα, τα γεωφυσικά δεδομένα βαθμονομήθηκαν με μετρήσεις σε ερευνητικές γεωτρήσεις που εκτελέστηκαν σε επιλεγμένες θέσεις. Παράλληλα, ελήφθησαν υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση δεκαεννέα (19) 'επί τόπου' γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων, μικρού σχετικά αναπτύγματος ηλεκτροδίων ρεύματος (ΑΒ), σε θέσεις εμφάνισης του αλπικού υποβάθρου (*in situ*), με σκοπό τον προσδιορισμό της



Εικόνα 4: Υπεδαφικός τεκτονικός χάρτης με τα σημεία διασκοπήσεων.

ειδικής αντίστασης των σχηματισμών στη θέση εμφάνισής τους. Οι *in situ* τιμές ειδικής αντίστασης παρουσιάστηκαν υψηλότερες από εκείνες που προσδιορίστηκαν από τις γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις στην ευρύτερη περιοχή της Υπέρειας, λόγω κυρίως της ξηράς εποχής διεξαγωγής των μετρήσεων υπαίθρου.

Από την επεξεργασία των μετρήσεων, τόσο στις θέσεις των γεωτρήσεων, όσο και στις επιφανειακές εμφανίσεις των σχηματισμών, προέκυψε ότι:

- Οι κλαστικές μεταλλικές αποθέσεις παρουσιάζουν ένα εύρος τιμών ειδικών αντιστάσεων 15-60 Ohm.m. Η μέση ειδική αντίσταση υπολογίστηκε στα 45 Ohm.m.
- Οι ανθρακικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν γενικά ένα εύρος τιμών ειδικών αντιστάσεων 200-2000 Ohm.m

και κατά θέσεις (S1, S2 και S12) τιμές μικρότερες των 200 Ohm.m, που πιθανόν να οφείλονται στον υψηλό βαθμό καρστικοποίησης των ανθρακικών σχηματισμών. Η μέση ειδική αντίσταση υπολογίστηκε στα 1000 Ohm.m.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις *in situ* μετρήσεις της ειδικής αντίστασης σε γνωστούς γεωλογικούς σχηματισμούς και τα αποτελέσματα της αξιολόγησης 3 γεωτρητικών και γεωφυσικών στοιχείων, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μία πληρέστερη εικόνα για τον χαρακτηρισμό και το βάθος των γεωλογικών σχηματισμών με τις ηλεκτρικές τους παραμέτρους. Έτσι, κατασκευάστηκαν γεωφυσικές-γεωλογικές τομές (Εικόνα 3) και σχεδιάστηκε ο χάρτης του αναγλύφου του ανθρακικού υποβάθρου, κάτω από τις κλαστικές αποθέσεις.

Στην Εικόνα 3, εκτός από τα αποτελέσματα των γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων και την ερμηνεία τους σε σχέση με το είδος του υπόβαθρου και τις ρηξιγενείς δομές, παρουσιάζεται η πιεζομετρία του υδροφορέα στην ίδια περιοχή. Έχουν προβληθεί οι καμπύλες της πιεζομετρίας Απριλίου του 1967 (στοιχεία από Καλλέργης, 1970) και Απριλίου του 1998 (από μετρήσεις της ερευνητικής ομάδας). Από τη σύγκριση των δυο καμπυλών και την αντιπαραβολή με την ερμηνεία της γεωφυσικής τομής, εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τα σημεία καμψής των καμπυλών της πιεζομετρίας αντιστοιχούν στις περιοχές που η ερμηνεία των γεωφυσικών δεδομένων εντοπίζει καλυμμένες από ιζήματα ρηξιγενείς ζώνες.
- Στις περιοχές που ταπεινώνεται απότομα η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, το υπόβαθρο των καρστικών ασβεστολιθικών βρίσκεται πιο κοντά στην επιφάνεια. Αυτό συμβαίνει διότι η υπεράντληση στις αρδευτικές γεωτρήσεις, οι οποίες κάθε χρόνο είναι βαθύτερες, προκαλεί μεγαλύτερη ταπείνωση στη στάθμη του καρστικού υδροφορέα σε σχέση με τον κοκκώδη.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συστηματική γεωλογική, υδρογεωλογική και γεωφυσική έρευνα έδειξε τα ακόλουθα:

- Το ασβεστολιθικό υπόβαθρο βρίσκεται σε μεγάλα βάθη προς το κέντρο της περιοχής μεταξύ Χτουρίου και Φυλλήιου (-50 ως -100μ απόλυτο υψόμετρο), ενώ στη θέση της βυθοσκόπησης S6 βρίσκεται κάτω από τα -100 μέτρα. Επειδή τα αποτελέσματα των διασκοπήσεων θεωρήθηκαν αξιόπιστα μέχρι το βάθος των 300 μέτρων (περίπου -150 μέτρα απόλυτο υψόμετρο), στις θέσεις που δεν εντοπίστηκε μέχρι τα -100 μέτρα (απόλ. υψόμ.) το ανθρακικό υπόβαθρο, εκτιμάται ότι βρίσκεται σε μεγαλύτερα βάθη. Μεταξύ των βυθοσκοπήσεων S6 & S7, οριοθετείται μία ζώνη εύρους 1000-1200 μέτρων, όπου το ασβεστολιθικό υπόβαθρο βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και έχει μετατοπισθεί τεκτονικά. Ανάμεσα από τις βυθοσκοπήσεις S6 & S7 διέρχεται σήμερα ο ποταμός Ενιπέας. Το ασβεστολιθικό υπόβαθρο βρίσκεται επίσης σε μεγάλα βάθη ανατολικά του λόφου Χτουρίου στον οικισμό Ελληνικού και βόρεια της βυθοσκόπησης S28 με βάση τα στοιχεία του ΙΓΜΕ (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Έκθεση ΙΓΜΕ, 1971). Η τιμή της ειδικής αντίστασης 200 Ohm.m κάτω από τη βυθοσκόπηση P28 ερμηνεύεται ότι αντιστοιχεί σε ασβεστολιθικό σχηματισμό, ενώ οι τιμές 22 και 35 Ohm.m που παρουσιάζονται κάτω από τις βυθοσκοπήσεις P29, P30 & P31, αντιστοιχούν σε πλειο-πλειστοκαινικούς σχηματισμούς, που αποτελούνται από αργίλους είτε αμιγείς είτε με εναλλαγές ψαμμιτών ή κροκαλοπαγών. Η προς ανατολάς παρουσία του ασβεστολιθικού υλικού στις βυθοσκοπήσεις P33, P32 & P28, με βάση τα στοιχεία του ΙΓΜΕ (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Έκθεση ΙΓΜΕ, 1971), πιθανόν να συνδράμει στην κατανόηση της πλευρικής τροφοδοσίας του ασβεστολιθικού όγκου του λόφου Χτουρίου, όπου έχει εντοπισθεί υψηλή υδροφορία.
- Οι θέσεις στις οποίες δεν έχει εντοπιστεί το υπόβαθρο εκτιμάται ότι συμπίπτουν με ρηξιγενείς ζώνες καλυμμένες από ιζήματα.
- Η υπόγεια επικοινωνία των ασβεστολιθικών όγκων του λόφου Χτουρίου και των βορείως ευρισκομένων ασβεστολιθικών όγκων (όρος Φυλλήιον), διακόπτεται βόρεια της βυθοσκόπησης S7 τουλάχιστον μέχρι τα -100 μέτρα α.υ.(βλ. Εικ. 3).
- Η υδροφορία μέσα στις κλαστικές μεταλλικές αποθέσεις κατά περίπτωση είναι πλούσια και οφείλεται στους αδρομερείς κυρίως σχηματισμούς (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή κ.λ.π.). Στην περίπτωση αυτή οι τιμές των ειδικών αντιστάσεων παρουσιάζονται σχετικά υψηλότερες (περίπου 70-80 Ohm.m). Μια τέτοια περιοχή έχει εντοπισθεί κάτω από τη βυθοσκόπηση S6, όπου σε απόλυτο υψόμετρο -150 μέτρων έχει εντοπισθεί αδρομερής σχηματισμός με πιθανή πλούσια υδροφορία.
- Η συνολική υπεδαφική εικόνα της οροφής του ανθρακικού υπόβαθρου στην περιοχή μεταξύ Φυλλήιου, Χτουρίου και Φαρσάλων δείχνει ότι κάτω από την πεδιάδα υπάρχουν τεκτονικά κέρατα και βυθίσματα 2^{ης}

και 3^{ης} τάξης, που οριοθετούνται με ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ και ΒΔ-ΝΑ. Συνεπώς, οι συνθήκες υδροφορίας αλλά και η σχέση κοκκώδους και καρστικού υδροφορέα μεταβάλλονται ανάλογα.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το Υπουργείο Γεωργίας και ειδικά τη Διεύθυνση Γεωλογίας Υδρολογίας και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, με τη χρηματοδότηση του οποίου έγινε δυνατή η εκπόνηση της Υδρογεωλογικής Μελέτης Τεχνητού Εμπλουτισμού Καρστικών Υδροφορέων Περιοχής Ορφανών (Ν. Καρδίτσας) -Υπέρειας (Ν. Λάρισας), τμήμα των αποτελεσμάτων της οποίας παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, καθώς και την ΥΕΒ Λάρισας και τον ΤΟΕΒ Φαρσάλων για τη διάθεση στοιχείων απαραίτητων για την εκπόνηση του έργου.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., ΜΟΡΦΗΣ, Α., ΠΑΠΑΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Θ. (1973): Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης Δυτικής Θεσσαλίας. Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών. Υδρολογικές και Υδρογεωλογικές Έρευνες, Αρ.8, σελ.166.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. (1970): Υδρογεωλογική έρευνα υπολεκάνης Καλαμπάκας (Δυτ. Θεσσαλία). Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών, τομ.ΧΙV, Νο 1, Αθήνα.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Π., ΠΕΡΛΕΡΟΣ, Β., ΚΑΒΒΑΔΑΣ, Μ., 1997, Προσχωματικές και καρστικές υδροφορίες του Θεσσαλικού κάμπου. Νεώτερα στοιχεία για το καθεστώς της υπερεκμετάλλευσής τους. *Πρακτικά 4^{ης} Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Ελλ. Επιτρ. Υδρογεωλογίας της Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* Σελ. 243-258, Θεσσαλονίκη, 1997.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΕΚΚΑΣ, Σ., ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Α., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Τ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι., SCHNEIDER, Η., ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Ι., ΜΠΑΝΤΕΚΑΣ, Ι., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Δ., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ, Ε., 1999, Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού καρστικών υδροφορέων περιοχής Ορφανών (Ν. Καρδίτσας) -Υπέρειας (Ν. Λάρισας). Υπουργείο Γεωργίας Δ/ση Υδρολογίας-Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής-Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ Ι., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ Ε., ΜΠΑΝΤΕΚΑΣ Ι., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Δ. & ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ Μ. (2000). Η γεωμετρία του υπόγειου υδροφορέα στο Ναρθάκιο όρος (Θεσσαλία) ως αποτέλεσμα της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. *Πρακτικά, 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελλ. Υδροτεχνικής Ένωσης. Ε.Υ.Ε., ΑΘΗΝΑ*
- ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ, Ι., ΦΙΛΛΙΠΑΚΗΣ, Κ. 1964, Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Φάρσαλα, κλ. 1/50.000, Εκδόσεις ΙΓΜΕ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Ν. (1971): Γεωηλεκτρική αναγνωριστική έρευνα εις α. Περιοχήν Φαρσάλων και β. Περιοχήν Τυρνάβου, Ι.Γ.Ε.Υ., XXVII, Αθήνα
- SCHNEIDER, H.E. (1979): L'Histoire géologique du bassin néogène et quaternaire de la Thessalie - in B. Helly, ed., La Thessalie, Collection de la Maison de L'Orient Méditerranéen 6, Série Archéologique 5. Lyon, 43-50.
- SOGREAH GRENOBLE 1974, Μελέτη αναπτύξεως υπογείων υδάτων πεδιάδος Θεσσαλίας. Τελική έκθεση, R 11971, Υπουργ. Γεωργίας, Δ/ση Γεωργ. Αναπτ. & ΥΕΒ.
- SURPAC SOFTWARE INTERNATIONAL (ed.) 1995: a. Core Management System Users Reference - SSI Installation and Setup Manual. Surpac Software International; Perth, Western Australia.
- SURPAC SOFTWARE INTERNATIONAL (ed.) 1995: b. Entec - Generic Tools Reference. Surpac Software International; Perth, Western Australia.
- ZOHDY, A.A.R. (1989). "A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner soundings curves". *Geophysics*, vol. 54, 2: 245-253