

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ
ΓΕΩΛΟΓΩΝ & ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ
ΚΥΠΡΟΥ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

**ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΓΕΩΛΟΓΩΝ ΚΑΙ
ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ ΚΥΠΡΟΥ**

ΔΕΛΤΙΟ 9

5ο ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

με έμφαση στη διαχείριση των υδατικών πόρων

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

***ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ
ΚΩΣΤΑΣ Α. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ***

ΛΕΥΚΩΣΙΑ – ΚΥΠΡΟΣ 12- 14 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1999

**ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΜΑΝΤΙΝΕΙΑΣ (Ν. ΑΡΚΑΔΙΑΣ) ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΔΡΟΜΗ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ
ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΩΝ**

Σ. Π. ΛΕΚΚΑΣ¹, Ι. Δ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ², Τ. Δ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ³

ΣΥΝΟΨΗ

Η περιοχή της Μαντινείας αποτελεί το βορειοδυτικό άκρο του οροπεδίου της Τρίπολης. Η πεδινή περιοχή καλύπτεται από τεταρτογενείς αποθέσεις. Στα βόρεια και ανατολικά περιθώρια απαντώνται τα ιζήματα της ενότητας της Πίνδου, ενώ στα δυτικά και νοτιοανατολικά οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Τρίπολης. Η ανεστραμμένη δομή των ιζημάτων της ενότητας της Πίνδου με τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους να υπέρκεινται του φλύσχη, που εμφανίζεται στο ορεινό όγκο Μάλι Θράσι Κούκουρα-Μπαρμπέρι, προσδιορίστηκε και οριοθετήθηκε κάτω από τα τεταρτογενή ιζήματα, με την εφαρμογή γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων. Γνωρίζοντας έτσι τη γεωμετρία των επαφών και τη λιθολογία των σχηματισμών, μπορούμε να καθορίσουμε τις προνομιακές υδρογεωλογικές συνθήκες που δημιουργούνται στις περιοχές της Μαντινείας και Μηλιάς, όπου δικαιολογούν τη μεγάλη πυκνότητα φρεάτων και αρδευτικών γεωτρήσεων στις περιοχές αυτές, καθώς και την εμφάνιση πηγών μεγαλύτερης και συνεχούς ροής στις δυτικές απολήξεις του ορεινού όγκου έναντι αυτών των ανατολικών. Τέλος, στις περιοχές όπου οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Πίνδου επικάθονται σε αυτούς της ενότητας της Τρίπολης, χωρίς την παρεμβολή φλύσχη, έχουμε τη δημιουργία καταβοθρικών συστημάτων (Νεσάνη-II).

ABSTRACT

Mantineia area is situated in the northwest part of Tripolis plateau. The basin is filled by quaternary deposits. The formations of Pindos unit outcrop along the northern and eastern margins of the basin, while in the western and southeastern margins the calcareous formations of Tripolis unit have been identified. The inverted structure of the Pindos formation series, with the upper-cretaceous limestone overlaying flysch, observed

¹ Αναπλ. Καθηγητής, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιλίσια, 157 73.

² Δρ. Γεωλόγος-Γεωφυσικός, Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιλίσια, 157 73. E-mail:jalexopoulos@geol.uoa.gr

³ Αναπλ. Καθηγητής, Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιλίσια, 157 73. E-mail:trapadop@geol.uoa.gr

in the Mali Thrasi-Koukoura-Barberi massif, was also detected and delineated below the deposits, based on geophysical investigations (VES). Thus, taking into account the contact geometry and the corresponding formation lithology determined, we can identify the preferential hydrological conditions in the areas of Mantinea and Milia. Under these circumstances, the high density of wells and irrigation boreholes in these areas is justified, as well as the operation of large and continuous spring discharges in western margins of massif, than those that exist in the eastern part, but in minor importance. Furthermore, in the areas where the calcareous formations of Pindos unit are directly overlaying these of Tripolis unit, without flysch intervention, sinkhole related phenomena are observed (Nestani-II).

1. ΓΕΝΙΚΑ

Η περιοχή της Μαντινείας αποτελεί το βορειοδυτικό τμήμα του οροπεδίου της Τρίπολης. Οριοθετείται βόρεια από το Λύρκειο Όρος, ανατολικά από τον ορεινό όγκο Μάλι Θράσι Κούκουρα- Μπαρμπέρι, νότια από το γεωμορφολογικό στένωμα Προφ. Ηλία Σκοπή-Καρακοβούνι και δυτικά από το όρος Μαίναλο (Εικόνα 1).

Η πεδινή περιοχή καλύπτεται από τεταρτογενείς αποθέσεις (πλειστοκαινικές) όπου κυριαρχούν μάργες και πηλοί λιμναίας και ελώδους προελεύσεως (σχηματισμοί Παλλαντίου-LUTTIG, 1976).

Στα βόρεια και ανατολικά περιθώρια του πεδίου έρευνας κυριαρχούν ιζήματα της ενότητας της Πίνδου που αποτελούνται από ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους, μεταβατικά ιζήματα προς φλύσχη και φλύσχη.

Στα δυτικά και νοτιοανατολικά περιθώρια της λεκάνης απαντούν άστρωτοι συμπαγείς ή παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι και δολομίτες της ενότητας της Τρίπολης που εμφανίζονται κατά θέσεις έντονα καρστικοποιημένοι (καταβόθρες Σιμιάδων, Κάψα κλπ.).

Ένας σημαντικός αριθμός ιδιωτικών υδρογεωτρήσεων έχει διανοιχτεί στις ανατολικές παρυφές της λεκάνης στα κράσπεδα των ορεινών όγκων Κούκουρα και Μπαρμπέρι, ενώ ένας μεγάλος αριθμός φρεάτων παρατηρείται στις περιοχές ανατολικά της Καρύταινας, της Μαντινείας και κυρίως της Μηλιάς. Στα βορειοανατολικά περιθώρια της λεκάνης απαντούν πηγές, ενώ στα δυτικά και βορειοανατολικά κράσπεδα καταβόθρες.

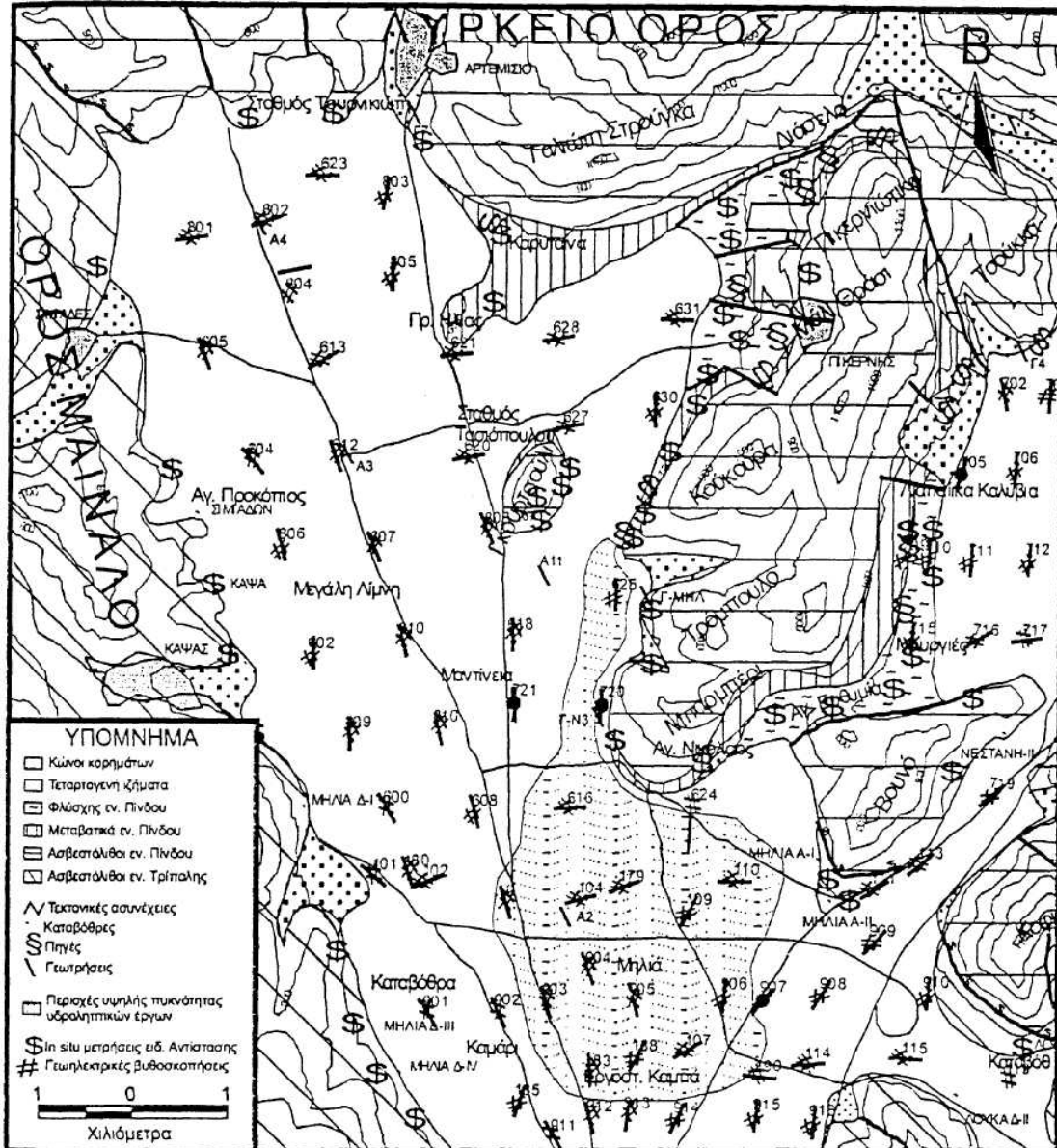
Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών που παρατηρούνται στις περιοχές με την μεγάλη πυκνότητα υδρογεωτρήσεων και φρεάτων και του μηχανισμού λειτουργίας των πηγών και των καταβόθρων (Εικόνα 1). Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε λεπτομερής χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής και διεξήχθησαν γεωφυσικές διασκοπήσεις με την εκτέλεση γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων στους μεταλλικούς σχηματισμούς και επιτόπιων μετρήσεων της ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των αλπικών σχηματισμών και ερευνητικές γεωτρήσεις για τη βαθμονόμηση της μεθόδου.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Ενότητα Τρίπολης

Η ενότητα της Τρίπολης αντιπροσωπεύεται μόνο από ανθρακικά ιζήματα στην περιοχή μελέτης, τα οποία απαντώνται στα δυτικά (όρος Μαίναλο) και νοτιοανατολικά (περιοχή Βουνό) κράσπεδα της λεκάνης (Εικόνα 1). Πρόκειται για άστρωτους και παχυστρωματώδεις κρητιδικούς ασβεστόλιθους και κυρίως δολομίτες, κατά τόπους πολύ καρστικοποιημένους (καταβοθρικά συστήματα Σιμιάδων, Κάψα, Μηλιάς), των οποίων το πάχος είναι αρκετά μεγάλο.

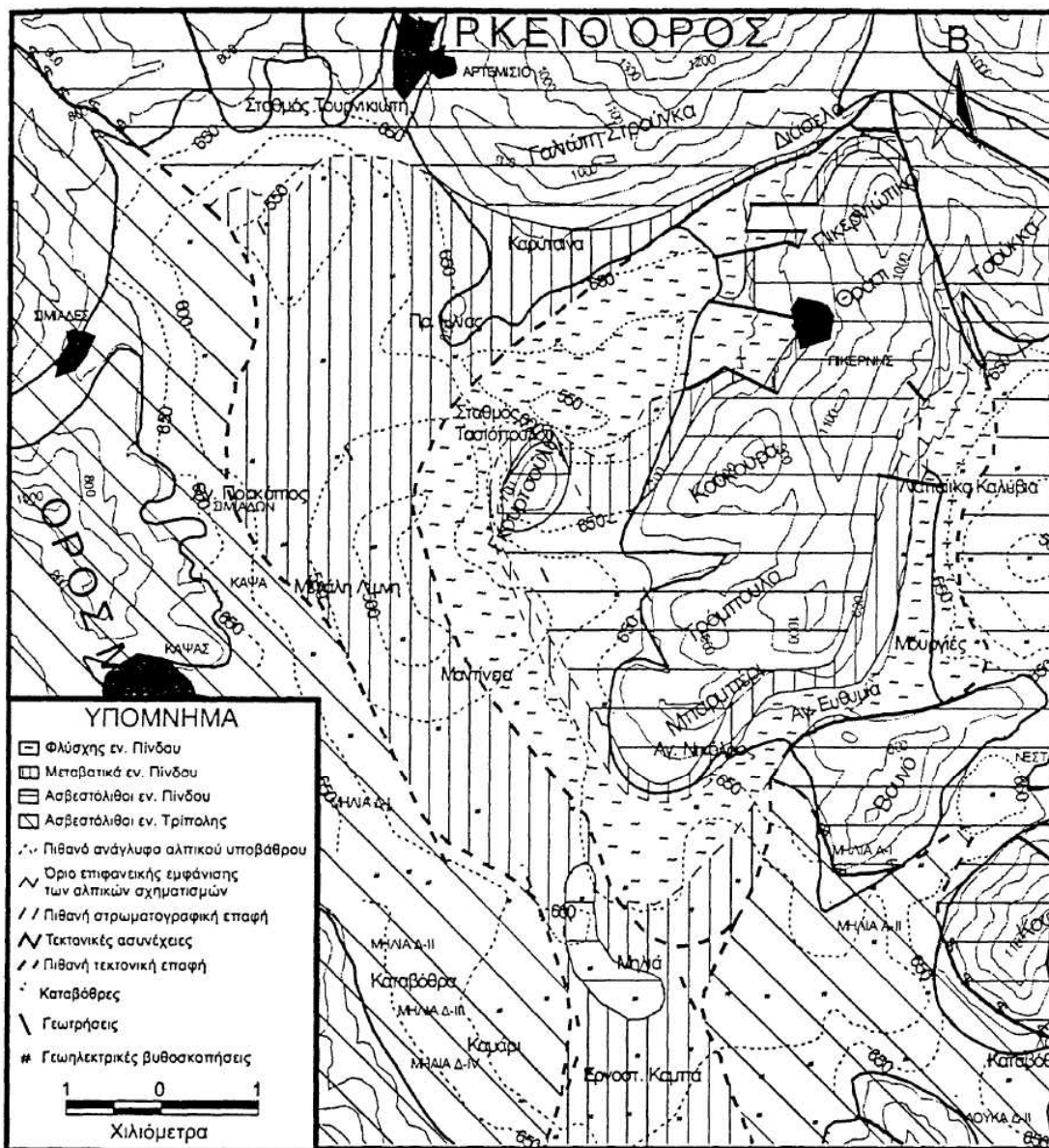
Στα νοτιοανατολικά κράσπεδα της λεκάνης τα ανθρακικά ιζήματα της Τρίπολης καλύπτονται τεκτονικά (επώθηση) από ανθρακικά ιζήματα της Πίνδου χωρίς παρεμβολή φλύσχη (Εικόνα 1).



Εικ. 1. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης στον οποίο απεικονίζονται οι θέσεις των επιτόπιων μετρήσεων και των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων.

Σχ. 1. Geological map of the area under investigation along with the locations of the in situ measurements and VES sites.

Στα δυτικά κράσπεδα της λεκάνης τα ανθρακικά πετρώματα της Τρίπολης έρχονται πλευρικά σε επαφή με τους ασβεστόλιθους της ενότητας Πίνδου μέσω κατακόρυφου ρήγματος το οποίο καλύπτεται από τις προσχώσεις, η θέση του οποίου προσδιορίζεται από τις γεωφυσικές διασκοπήσεις (Εικόνα 2).



Εικ. 2. Γεωλογικός χάρτης επιφανειακών και υπεδαφικών εμφανίσεων των γεωλογικών σχηματισμών.

Fig. 2. Geological map showing surface and sub-surface alpine formation arrangement.

Ενότητα Πίνδου

Στα βόρεια και ανατολικά κράσπεδα της λεκάνης απαντούν ιζήματα της Πίνδου, που αποτελούνται από ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους, μεταβατικά ιζήματα προς φλύσχη και φλύσχη.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο ορεινός όγκος Μάλι Θράσι-Κούκουρα-Μπαρμπέρι, ανατολικά του κάμπου της Μαντινείας (Εικόνα 1). Τα ιζήματα της Πίνδου στην περιοχή αυτή παρουσιάζονται ανεστραμμένα, έτσι ώστε οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι, που είναι και οι αρχαιότεροι, να υπέρκεινται των μεταβατικών ιζημάτων και του φλύσχη με κανονική

στρωματογραφική επαφή. Η αναστροφή αποδείχτηκε στρωματογραφικά από τα διάφορα γένη των *Globotruncanidae* που προσδιορίστηκαν από τους Α. Ζαμπετάκη-Λέκκα και J.J. Fleury τους οποίους και ευχαριστούμε.

Ο φλύσχη αποτελείται από εναλλαγές κόκκινων, πράσινων πηλιτών και ψαμιτών, ηλικίας Παλαιοκαίνου – Αν. Ηωκαίνου. Τα στρώματα είναι έντονα πτυχωμένα με ισοκλινείς πτυχές.

Τα μεταβατικά προς το φλύσχη ιζήματα αποτελούνται από εναλλαγές λεπτοπλακωδών πελαγικών ασβεστόλιθων που περιέχουν *silex* με πηλιτικούς ορίζοντες και ασβεστομαργαϊκά στρώματα. Κοντά στο φλύσχη επικρατούν τα ασβεστομαργαϊκά στρώματα και οι πηλίτες. Τα ασβεστομαργαϊκά στρώματα περιέχουν πολλά τρηματοφόρα των οικογενειών *Globotruncanidae* και *Globigerinidae* ηλικίας Αν. Μαιστρίχτιου – Παλαιόκαινου.

Οι ασβεστόλιθοι, ανωκρητιδικής ηλικίας (*Globotruncanidae*), παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη εξάπλωση. Πρόκειται για πελαγικούς πλακώδεις ασβεστόλιθους διαφόρων χρωμάτων που περιέχουν κατά θέσεις ενδιαστρώσεις πηλιτών και *silex*.

3. ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ

Η γεωφυσική έρευνα που διεξήχθη, υλοποιήθηκε με την εφαρμογή της γεωφυσικής μεθόδου γεωηλεκτρικής διασκόπησης. Συγκεκριμένα, εκτελέστηκε ένας σημαντικός αριθμός γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων, με ικανοποιητική πυκνότητα σημείων, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η καλύτερη δυνατή κάλυψη της περιοχής και να εξαχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα. Ειδικότερα, μελετήθηκε η κατανομή της ειδικής αντίστασης πλευρικά και σε βάθος, έτσι ώστε να προκύψουν στοιχεία σχετικά με τη δομή, το πάχος και τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών που συνέρχονται στην περιοχή μελέτης.

Οι ηλεκτρική μέθοδος γεωφυσικής διασκόπησης που επελέγη να εφαρμοστεί, δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα όσον αφορά τη δυνατότητα διερεύνησης και χαρτογράφησης των γεωλογικών σχηματισμών, ιδιαίτερα σε περιοχές ομαλών τοπογραφικών ανάγλυφων και στρωματοποιημένων γεωλογικών συνθηκών. Ευρεία είναι η εφαρμογή της μεθόδου σε αντίστοιχες περιοχές για τον καθορισμό των υδρογεωλογικών συνθηκών, σύμφωνα με σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές (ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Τ., 1985, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ κ.α., 1987, STOURNARAS et al., 1990, HAENI, 1995, LARSON, 1995, κ.α.). Γενική αποδοχή μεταξύ των γεωεπιστημόνων είναι ότι, τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών αξιοποιούνται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, όταν συσχετίζονται με γεωτρητικά στοιχεία και επιτόπιες (*in situ*) μετρήσεις σε επιφανειακές εμφανίσεις των σχηματισμών που δομούν το πεδίο ενδιαφέροντος.

Αξιόπιστα γεωτρητικά στοιχεία που απαιτούνται για τη συσχέτιση των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων, προέρχονται από γεωτρήσεις που έχουν εκτελέσει κατά καιρούς σε διάφορα ερευνητικά προγράμματα τους, η Δ.Ε.Η. και το Ι.Γ.Μ.Ε. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των παρακάτω γεωτρήσεων (Εικόνα 1):

- Πέντε (5) δειγματοληπτικών γεωτρήσεων στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος της Δ.Ε.Η. (Α4, Α3, Α11, Α2 Α12). Τα στοιχεία τους αξιολογήθηκαν διεξοδικά και συνέβαλαν σημαντικά στη συσχέτιση των γεωφυσικών και γεωλογικών δεδομένων.
- Τριών (3) δειγματοληπτικών-παραγωγικών υδρογεωτρήσεων στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος του Ι.Γ.Μ.Ε. (Γ7, Γ-N3, Γ4).

Επειδή τα παραπάνω στοιχεία κρίθηκαν ως ανεπαρκή για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, κατέστη απαραίτητη η διεξαγωγή επιτόπιων μετρήσεων της ειδικής αντίστασης σε επιφανειακές εμφανίσεις των αλπικών γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στα κρσπεδα της λεκάνης. Συνολικά εκτελέστηκαν σαράντα πέντε (45) επιτόπιες μετρήσεις

ειδικής αντίστασης. Έμφαση δόθηκε στην επιλογή των θέσεων, έτσι ώστε να προκύψουν αξιόπιστα αποτελέσματα για όλους του τύπους λιθολογιών των διαφόρων σχηματισμών.

Έτσι:

- Σε ότι αφορά τα μεταλπικά ιζήματα, οι τιμές ειδικής αντίστασης κυμαίνονται από 18-24 Ωμ, ανάλογα με την κοκκομετρία των ιζημάτων (επικράτηση αργίλων, πηλών, άμμων) και τις προσμίξεις αδρομερέστερων υλικών (χαλίκων, κορημάτων, κλπ.).
- Σε ότι αφορά τις επιφανειακές εμφανίσεις των αλπικών σχηματισμών, σύμφωνα με τα στοιχεία από τις επιτόπου μετρήσεις, προκύπτουν τα παρακάτω:
 - ❖ Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Τρίπολης παρουσιάζουν μεγάλο εύρος τιμών ειδικής αντίστασης, γεγονός που αποδίδεται στην ανομοιογένεια του σχηματισμού, λόγω δολομιτώσης, τεκτονισμού και καρστικοποίησης. Οι μικρότερες τιμές ειδικής αντίστασης του σχηματισμού (<400 Ωμ), παρατηρήθηκαν σε θέσεις έντονης καρστικοποίησης (καταβόθρες Κάψα, Σιμιάδων και Μηλιάς) ή τεκτονισμού. Η καρστικοποίηση και η πλήρωση δευτερογενώς, μερικώς ή ολικώς, των εγκοίλων από φερτά υλικά, είναι δυνατόν να ελαττώσουν σημαντικά την τιμή της ειδικής τους αντίστασης. Οι υψηλές τιμές ειδικής αντίστασης που παρατηρήθηκαν (>1500 Ωμ), αποδίδονται στην παρουσία συμπαγών άστρωτων-παχυστρωματωδών ασβεστόλιθων και δολομιτών. Η μέση τιμή της ειδικής αντίστασης για τους ανθρακικούς σχηματισμούς της ενότητας της Τρίπολης υπολογίστηκε σε 1850 Ωμ.
 - ❖ Οι ασβεστόλιθοι της ενότητας της Πίνδου παρουσιάζουν σαφώς μικρότερο εύρος τιμών ειδικής αντίστασης, καθώς η καρστικοποίηση είναι λιγότερο ανεπτυγμένη λόγω της λιθολογικής ανομοιογένειας του σχηματισμού (μαργαϊκές ή πυριτικές ενδιαστρώσεις). Η μέση τιμή ειδικής αντίστασης των ασβεστόλιθων της ενότητας της Πίνδου υπολογίστηκε σε 460 Ωμ. Οι χαμηλότερες τιμές που παρατηρήθηκαν (<250 Ωμ) αποδίδονται σε τοπικά τεκτονικά ή καρστικά φαινόμενα, ενώ οι μεγαλύτερες (>500 Ωμ) σε αυξημένη συμμετοχή κερατολιθικών διαστρώσεων. Ένα αξιοσημείωτο στοιχείο, που προέκυψε από την παρούσα γεωφυσική έρευνα, είναι ο διαχωρισμός των ασβεστόλιθων της ενότητας της Πίνδου σε υδροφόρους και άνυδρους. Συγκεκριμένα, τιμές ειδικής αντίστασης <350 Ωμ που εντοπίζονται σε βάθος, σκιαγραφούν την ύπαρξη υδροφορίας (π.χ. περιοχή δυτικά ορεινού όγκου Μπαρμπέρι). Αντίθετα, τιμές ειδικής αντίστασης >450 Ωμ σκιαγραφούν την ύπαρξη συμπαγών και άνυδρων ασβεστόλιθων της ενότητας της Πίνδου.
 - ❖ Τα μεταβατικά προς το φλύσχη ιζήματα της ενότητας της Πίνδου παρουσιάζουν εύρος τιμών ειδικής αντίστασης μεταξύ 80-180 Ωμ, ανάλογα με την επικράτηση των πηλιτομαργαϊκών έναντι των ασβεστομαργαϊκών μελών, που στρωματογραφικά υποδηλώνουν ιζήματα πλησιέστερα στο φλύσχη ή στους ασβεστόλιθους, αντίστοιχα. Η μέση ειδική αντίσταση για το σχηματισμό αυτό υπολογίστηκε σε 95 Ωμ.
 - ❖ Το εύρος τιμών ειδικής αντίστασης του φλύσχη της ενότητας της Πίνδου είναι 31-38 Ωμ, ανάλογα με την επικράτηση των πηλιτών ή των λεπτών ψαμμιτικών διαστρώσεων, αντίστοιχα.

Η διάκριση μεταξύ των ανθρακικών σχηματισμών των ενοτήτων Τρίπολης και Πίνδου, με βάση αποκλειστικά τα εύρη τιμών της ειδικής τους αντίστασης, δεν είναι πάντοτε εφικτή, αφού σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει αλληλοεπικάλυψη τιμών. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται μερικώς ή πλήρως λαμβάνοντας υπόψη, τις τιμές της ειδικής αντίστασης των επιτόπιων μετρήσεων σε παρακείμενες θέσεις (επιφανειακές εμφανίσεις ή γεωτρήσεις), τα στοιχεία των γεωτρήσεων, την αναμενόμενη γεωλογική δομή και την χωρική κατανομή των ειδικών αντιστάσεων, όπως προέκυψε από τις γεωφυσικές τομές και χάρτες που κατασκευάστηκαν.

Για τον καθορισμό του πάχους και της λιθολογικής σύστασης των μεταλλικών σχηματισμών, της δομής του αλπικού υποβάθρου και των περιοχών υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος, εκτελέστηκαν 78 γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις, με μέγιστο ανάπτυγμα AB/2 1000 μέτρα (Εικόνα 1). Ως συσκευή μετρήσεως αντιστάσεων χρησιμοποιήθηκε το σύστημα *TERRAMETER SAS*, το οποίο αποτελείται από τη βασική μονάδα *Terrameter SAS 300B* και συνοδεύεται από τη μονάδα *SAS 2000 Booster*.

Για τον έλεγχο της πλευρικής ανομοιογένειας των γεωλογικών σχηματισμών σε δύο και τρεις διαστάσεις, κατασκευάστηκαν τομές και χάρτες φαινόμενης ειδικής αντίστασης, αντίστοιχα. Η κατασκευή τέτοιων παραστάσεων από στοιχεία που έχουν προκύψει από την επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, χωρίς την μεσολάβηση αλγόριθμων ποσοτικής ερμηνείας, που χρησιμοποιούνται στα λογισμικά πακέτα, δίδει μία καλύτερη εικόνα της στρωματογραφικής δομής. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκε μία πρώτη προσέγγιση (ποιοτική) των γεωηλεκτρικών αποτελεσμάτων και εκτιμάται η αξιοπιστία της ποσοτικής ανάλυσης των βυθοσκοπήσεων, που έχουν προκύψει από 1-D επεξεργασία.

Για την ποσοτική ερμηνεία των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αντιστροφής που επινόησε ο A. A. R. ZOHDY (1989), η οποία καθορίζει τόσα στρώματα όσα είναι τα ψηφιοποιημένα σημεία της καμπύλης υπαίθρου ρ_u (AB/2). Είναι μία θεωρητικά απλή και ευφυής μέθοδος, η οποία παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα σε περιβάλλοντα ιζηματογενών λεκανών (YUNGUL, 1996). Μετά την ποιοτική παρουσίαση της φαινόμενης ειδικής αντίστασης και την αδρή σκιαγράφηση της στρωματογραφικής δομής, χαράχθηκαν τομές και χάρτες της κατανομής της ειδικής αντίστασης μετά του βάθους, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης 1-D. Η κατασκευή τέτοιων παραστάσεων έδωσε πληρέστερη εικόνα σε δύο (ψευδο-2D απεικόνιση) ή τρεις (ψευδο-3D απεικόνιση) διαστάσεις, της κατανομής της ειδικής αντίστασης μετά του βάθους και εξήχθησαν συμπεράσματα για τη φύση και τη δομή των υπεδαφικών σχηματισμών.

Με βάση τα γεωφυσικά αποτελέσματα και σε συνδυασμό με τα γεωτρητικά στοιχεία:

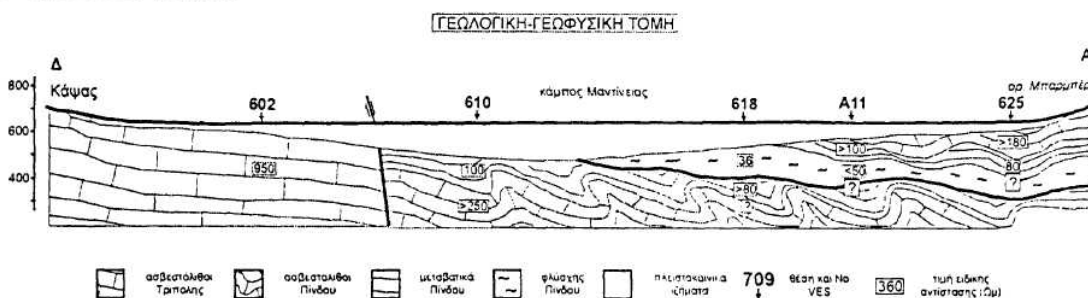
- Προσδιορίστηκε το πάχος και η λιθολογική σύσταση των πλειστοκαινικών ιζημάτων. Το μεγαλύτερο πάχος ιζημάτων (>150 μ.) υπολογίστηκε στις κεντρικές περιοχές της (περιοχή Μαντινείας) και μειώνεται σταδιακά προς νότο, στην περιοχή του στενώματος Προφ. Ηλία Σκοπής. Στις περιοχές Μαντινείας και Μηλιάς, οι ειδικές αντιστάσεις των πλειστοκαινικών ιζημάτων μειώνονται (<15 Ωμ) κατά θέσεις, υποδηλώνοντας την ανάπτυξη φρεάτιας υδροφορίας, η οποία εκμεταλλεύεται από ένα μεγάλο αριθμό φρεάτων κυμαίνόμενου βάθους.
- Σε όλη την έκταση της περιοχής έρευνας σκιαγραφήθηκε και διευκρινίστηκε το αλπικό υπόβαθρο και κατασκευάστηκε ο χάρτης της εικόνας 3, στον οποίο απεικονίζονται οι επιφανειακοί και υπεδαφικοί αλπικοί σχηματισμοί.
- Διερευνήθηκε και χαρτογραφήθηκε η δομή του αλπικού υποβάθρου. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκε και οριοθετήθηκε ανατολικά η ανεστραμμένη δομή των σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου. Στις περιοχές όπου εντοπίστηκε ως αλπικό υπόβαθρο ο ασβεστόλιθος της ανεστραμμένης δομής, η γεωφυσική έρευνα προσδιόρισε ως υποκείμενα στρώματα τους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και στη συνέχεια το φλύσχη (Εικόνα 3). Περιφερειακά της ζώνης αυτής, κάτω από τους ανεστραμμένους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, εντοπίστηκε ο επίσης ανεστραμμένος φλύσχη. Αμέσως πιο εξωτερικά (δυτικότερα), όπου ο φλύσχη αποτελεί το άμεσο υπόβαθρο, εντοπίστηκε η *τεκτονικά διαταραγμένη ζώνη* επαφής της αναστροφής και σε πολλές θέσεις προσδιορίστηκαν βαθύτερα τα μεταβατικά ιζήματα και οι ασβεστόλιθοι της κανονικής δομής της ενότητας της Πίνδου. Στις κεντρικές περιοχές (ανατολικά της Καρύταινας, Μεγάλη Λίμνη, Μαντινεία, Μηλιά), όπου στο αλπικό υπόβαθρο κυριαρχούν οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι της κανονικής δομής της ενότητας

της Πίνδου, στις περισσότερες των θέσεων των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων, προσδιορίστηκαν οι υποκείμενοι ασβεστόλιθοι της ίδιας ενότητας. Στις δυτικές περιοχές, κάτω από τους ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου εντοπίστηκαν οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Τρίπολης, και έτσι οριοθετήθηκε το μέτωπο της επώθησης, δυτικά του οποίου το αλπικό υπόβαθρο δομείται αποκλειστικά από τους σχηματισμούς της ενότητας της Τρίπολης. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για μία σύνθετη τεκτονική ζώνη που, στα βορειοδυτικά τμήματα της (περιοχή Σιριάδων), προσδιορίζεται ως τυπική, μικρής κλίσης, επιφάνεια επώθησης των σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου πάνω σε αυτούς της ενότητας της Τρίπολης, ενώ στα κεντρικά και νότια τμήματά της (περιοχή Κάψα, Μηλιάς) προσδιορίζεται ως μία μεγάλης κλίσης τεκτονική επιφάνεια (ρήγμα), με απότομη μετάβαση (Εικόνα 2 και 3). Ανατολικά της ζώνης αυτής των ρηξιγενών επαφών, δεν εντοπίστηκε σε καμία θέση η ενότητα της Τρίπολης. Οι ασβεστόλιθοι της ενότητας Τρίπολης επανενοπιζονται ως υπόβαθρο δυτικά της Μηλιάς, σε απότομη πλευρική ασυνέχεια με τους σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου (Εικόνα 3).

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Γενικά

Η μελετηθείσα περιοχή, όπως φαίνεται και από το γεωλογικό χάρτη (Εικόνα 1), καλύπτεται από αλπικά και μεταλπικά ιζήματα. Από υδρογεωλογικής πλευράς εξεταζόμενα, το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ανθρακικοί σχηματισμοί των ενότητων Τρίπολης και Πίνδου. Η έντονη παραμόρφωση που έχουν υποστεί οι αλπικοί σχηματισμοί, δημιούργησε ένα πυκνό δίκτυο ασυνεχειών (διακλάσεις, ρήγματα, επωθήσεις, επιπτεύσεις), στις οποίες, σε συνδυασμό με την παρουσία των επιφανειών στρώσης, οφείλεται η καρστικοποίηση. Αν και οι ασβεστόλιθοι της ενότητας της Πίνδου δεν είναι 'καθαροί', διότι παρεμβάλλονται αργιλικές και πυριτικές διαστρώσεις, η καρστικοποίηση είναι έντονη με συντελεστή κατείσδυσης της τάξεως του 45%, ενώ οι ασβεστόλιθοι της ενότητας της Τρίπολης έχουν 68% (ΚΑΡΟΤΣΙΕΡΗΣ, 1982). Οι μεγάλες τιμές του συντελεστή κατείσδυσης, σε συνδυασμό με τις υψηλές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις, έχει ως αποτέλεσμα την μεγάλη τροφοδοσία με νερό των εκτεταμένων ανθρακικών μαζών.

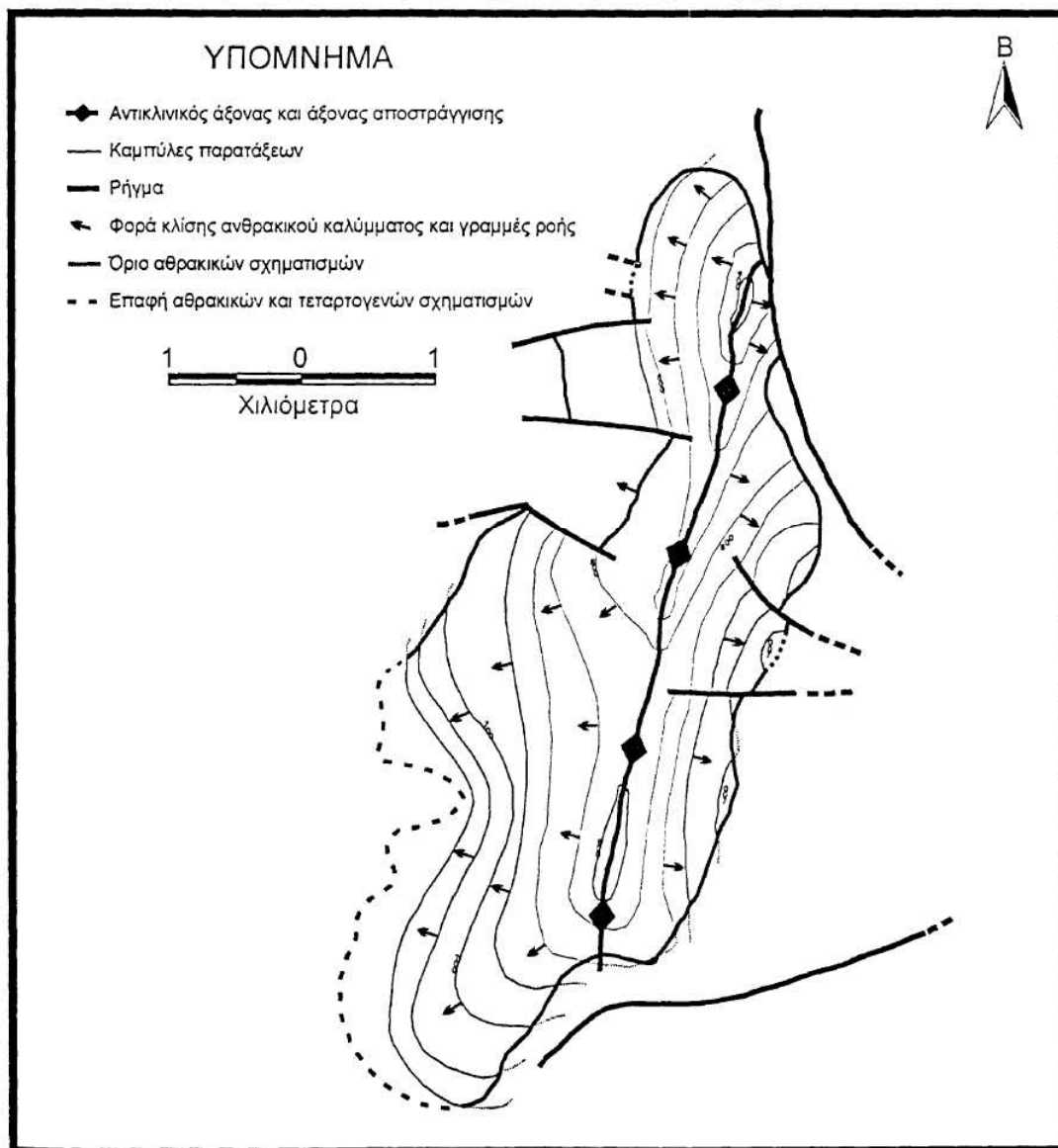


Εικ. 3. Γεωλογική τομή, όπως προέκυψε μετά την εκτέλεση των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων.
Fig. 3. Geological section based on geophysical results.

Η αποστράγγιση των ανθρακικών μαζών του οροπεδίου, γίνεται προς τα ανατολικά, διότι οι υδρογεωλογικές συνθήκες είναι ευνοϊκότερες. Εκτεταμένες μάζες ασβεστόλιθων της ενότητας της Πίνδου, που φτάνουν μέχρι τον Αργολικό κόλπο, βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με ασβεστόλιθους της ενότητας της Τρίπολης, γιατί είναι είτε επωθημένοι κατ' ευθείαν σε αυτούς χωρίς την παρεμβολή φλύσχη, είτε έρχονται σε πλευρική επαφή μέσω

ρηγμάτων. Στις περιπτώσεις αυτές δημιουργούνται καταβόθρες, όπως στις περιοχές Νεστάνης - Μηλιάς (Εικόνα 1) που οι συγκεκριμένες συνδέονται με το Μικρό Ανάβαλο, όπως έχει αποδειχτεί με τις ιχνηθετήσεις που πραγματοποίησε το Κ.Π.Ε. 'ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ' το 1984.

Πολλές φορές εξ' αιτίας τεκτονικών αιτιών ασβεστολιθικές μάζες κάθονται πάνω σε αδιαπέρατο υπόβαθρο, κυρίως φλυσχικό και εξ' αιτίας μορφολογικών αιτιών απομονώνονται μικρά ή μεγάλα τμήματα αυτών με συνέπεια τη δημιουργία πηγών επαφής ή υπερπλήρωσης, ανάλογα με τη γεωμετρία της επαφής.



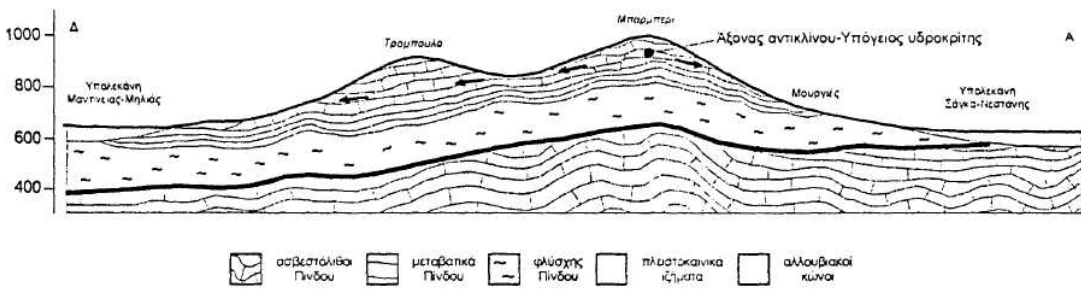
Εικ. 4. Υπεδαφικός χάρτης της επαφής των υδροπερατών ασβεστόλιθων και του αδιαπέρατου φλύσχι.

Fig. 4. Sub-surface map showing the contact between the upper permeable limestone and the lower impermeable flysch.

Πηγές

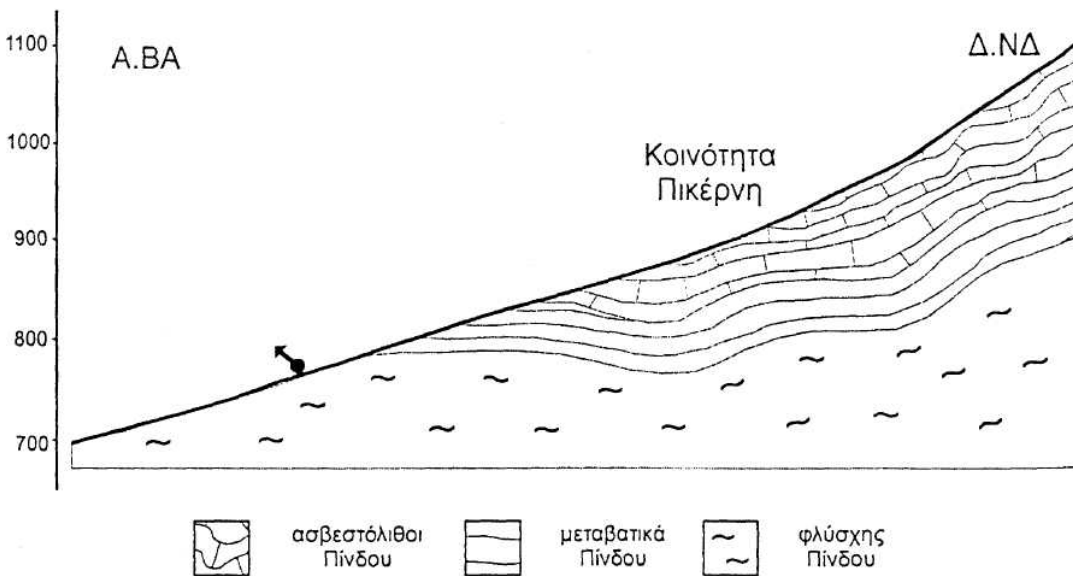
Στην περιοχή Μάλι Θράσι-Κούκουρα-Μπαρμπέρι, όπως προαναφέρθηκε, το κάλυμμα της ενότητας της Πίνδου βρίσκεται ανεστραμμένο, έτσι ώστε ο αδιαπέρατος φλύσχος να υπόκειται των υδροπερατών ασβεστόλιθων. Για την καλύτερη κατανόηση της γεωμετρίας της κανονικής επαφής των υδροπερατών ασβεστόλιθων και του αδιαπέρατου φλύσχη, κατασκευάστηκε ο υπεδαφικός χάρτης της επαφής (Εικόνα 4), λαμβάνοντας υπόψη τον λεπτομερή γεωλογικό χάρτη και τις κλίσεις των στρωμάτων.

Από τη μελέτη του υπεδαφικού χάρτη, παρατηρείται ότι η γεωμετρία της επαφής των υδροπερατών ασβεστόλιθων και του αδιαπέρατου φλύσχη, σχηματίζει μία αντικλινική δομή με διεύθυνση άξονα Β-Ν, η οποία διαδραματίζει το ρόλο ενός υπόγειου υδροκρίτη, δημιουργώντας έτσι δύο διαφορετικής υδροδυναμικότητας υδρογεωλογικές λεκάνες.



Εικ. 5. Υδρογεωλογική τομή για την ερμηνεία της πλευρικής τροφοδοσίας των προσχώσεων και του μηχανισμού λειτουργίας των πηγών, στον ορεινό όγκο Μάλι Θράσι- Κούκουρα-Μπαρμπέρι.

Fig. 5. Hydrological section showing the lateral water supply of non-alpine formations and interpreting the spring operation mechanism of Mali Thrasi-Koukoura-Barberi massif.



Εικ. 6. Γεωλογική τομή για την ερμηνεία του μηχανισμού λειτουργίας των πηγών του Πικέρνη.

Fig. 6. Geological cross section showing Pikerni's spring operation mechanism.

Στην ανατολική πλευρά της αντικλινικής δομής, που είναι η μικρότερη υδρογεωλογική λεκάνη (Εικόνα 5), απαντούν πηγές στην επαφή ασβεστόλιθων-φλύσχη, εποχιακές πολύ μικρής παροχής, μη εκμεταλλεύσιμες, με εξαίρεση την πηγή στα Λιαπαίικα Καλύβια της οποίας όμως η παροχή τους καλοκαιρινούς μήνες περιορίζεται σημαντικά. Η μικρή παροχή των πηγών που παρατηρούνται στο ανατολικό τμήμα, οφείλεται αφ' ενός μεν στην μικρή έκταση της ασβεστολιθικής μάζας της λεκάνης και κυρίως στην τεκτονική δομή (Εικόνα 4). Ένα τμήμα των ανεστραμμένων ασβεστόλιθων στο βορειοανατολικό τμήμα του ορεινού όγκου, έρχεται σε πλευρική επαφή μέσω κατακόρυφου ρήγματος με ασβεστόλιθους της κανονικής μη ανεστραμμένης δομής (Εικόνα 1), τους οποίους πρέπει να τροφοδοτεί πλευρικά. Είναι επίσης πιθανόν, τα ρήγματα που παρατηρούνται στα Λιαπαίικα Καλύβια να σχηματίζουν προνομιακούς αγωγούς ροής και το νερό μέσω αυτών να διαπερνά στους υποκείμενους της ανεστραμμένης δομής ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου που εκφορτίζονται, όπως προαναφέρθηκε, στον Αργολικό κόλπο.

Οι πηγές που απαντούν στο δυτικό τμήμα του χάρτη, παρουσιάζουν μεγαλύτερες παροχές από αυτές του ανατολικού τμήματος και είναι συνεχούς ροής. Οι μεγαλύτερες πηγές απαντούν στο χωριό Πικέρνη που εκφορτίζουν τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους, τα μεταβατικά ιζήματα και ένα μέρος από τον αποσαθρωμένο μανδύα του φλύσχη (Εικόνα 6). Αν και το υψόμετρο των πηγών στο Πικέρνη είναι μεγαλύτερο (>+750) από αυτές του ανατολικού τμήματος, έχουν μεγαλύτερη παροχή και συνεχή ροή, ενώ θα περίμενε κανείς το αντίθετο. Παρατηρώντας όμως τον υπεδαφικό χάρτη (Εικόνα 4) βλέπει κανείς, ότι μεγαλύτερη έκταση ασβεστόλιθων αποστραγγίζεται από τις πηγές στο Πικέρνη παρά από αυτές του ανατολικού τμήματος.

5. ΥΔΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

Σύμφωνα με τον υπεδαφικό χάρτη (Εικόνα 4) οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού που δέχεται η ανεστραμμένη ασβεστολιθική μάζα κινούνται προς τα νοτιοδυτικά της εμφάνισης. Στην περιοχή αυτή όπως φαίνεται από τον γεωλογικό χάρτη, η ασβεστολιθική μάζα βυθίζεται κάτω από τις προσχώσεις στην πεδιάδα της Μαντινείας τις οποίες τροφοδοτεί πλευρικά (Εικόνα 5).

Ένας μεγάλος αριθμός ιδιωτικών αρδευτικών γεωτρήσεων έχουν ανορυχθεί στα δυτικά κράσπεδα της ορεινής μάζας Μάλι Θράσι-Κούκουρα-Μπαρμπέρι στις περιοχές της Ανατολικής Μαντινείας και βόρεια της Μηλιάς. Οι γεωτρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται τον υδροφόρο ορίζοντα των ασβεστόλιθων της ανεστραμμένης δομής που δημιουργεί στις θέσεις αυτές προνομιακές υδρογεωλογικές συνθήκες. Η γεώτρηση Γ-N3 που κατασκευάστηκε από το ΙΓΜΕ το 1985 επαληθεύει τη δομή. Η τομή της γεώτρησης έχει ως εξής : 0-17 μέτρα κορήματα-τεταρτογενείς αποθέσεις, 17-112 μέτρα ασβεστόλιθος και 112-120 μέτρα στρώματα μετάβασης προς τον φλύσχη.

Όπως προαναφέρθηκε, οι μεταλλικοί σχηματισμοί καταλαμβάνουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση και έχουν σημαντικό πάχος. Η λιθολογική τους σύσταση είναι γενικά αργιλική, όπως διαπιστώνεται και από τις τιμές των ειδικών αντιστάσεων, αλλά υπάρχουν περιοχές που απαντούν αδρομερέστερα στοιχεία (άμμοι). Η τροφοδοσία τους γίνεται κυρίως από την κατ' ευθείαν κατείσδυση, τη συγκέντρωση επιφανειακού νερού που λιμνάζει κατά θέσεις κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων και πλευρικά από τα ανθρακικά ιζήματα, όταν αυτά έχουν αδιαπέρατο υπόβαθρο και καλύπτονται από τις προσχώσεις. Τέτοιες προνομιακές θέσεις βρίσκονται στις περιοχές της Μαντινείας και βόρεια της Μηλιάς.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση σε συνδυασμό με τις γεωφυσικές διασκοπήσεις στην ευρύτερη περιοχή της Μαντινείας, καθόρισε τη δομή των αλπικών σχηματισμών και επέτρεψε τη χαρτογράφηση του αλπικού υποβάθρου κάτω από τα τεταρτογενή ιζήματα. Γνωρίζοντας έτσι τη γεωμετρία των επαφών και τη λιθολογία, μπορούμε να καθορίσουμε καλύτερα τις υδρογεωλογικές συνθήκες. Στις περιοχές όπου οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Πίνδου επικάθονται στους ασβεστόλιθους της ενότητας της Τρίπολης, χωρίς την παρεμβολή φλύσχη, σχηματίζονται καταβόθρες που εκφορτίζονται στον Αργολικό κόλπο (Νεστάνη-II).

Η ορεινή μάζα Μάλι Θράσι-Κούκουρα-Μπαρμπέρι, που αποτελείται από ιζήματα της ενότητας της Πίνδου, παρουσιάζεται ανεστραμμένη με υποκείμενο τον αδιαπέρατο φλύσχη και υπερκείμενους τους υδροπερατούς ασβεστόλιθους. Η γεωμετρία της επαφής, όπως φαίνεται στον υπεδafικό χάρτη (Εικόνα 4), σχηματίζει μία ασύμμετρη αντικλινική δομή δημιουργώντας έτσι δύο άνισες υδρογεωλογικές λεκάνες.

- Η ανατολική λεκάνη, που είναι και η μικρότερη, αποστραγγίζεται μερικώς από πηγές μικρής παροχής και μερικώς τροφοδοτεί πλευρικά τους παρακείμενους ασβεστόλιθους της κανονικής δομής με τους οποίους έρχονται σε επαφή μέσω κατακόρυφου ρήγματος. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί αποστραγγίζονται στο Αργολικό κόλπο.
- Η δυτική λεκάνη, που είναι η μεγαλύτερη, στο μεν βόρειο μέρος όπου ο υποκείμενος φλύσχος βγαίνει στην επιφάνεια, αποστραγγίζεται από πηγές μεγαλύτερης παροχής και συνεχούς ροής, έναντι αυτών του ανατολικού τμήματος, στο δε νοτιοδυτικό μέρος τροφοδοτεί πλευρικά τα μεταλπικά ιζήματα. Πιο συγκεκριμένα, στα πεδινά των περιοχών Μαντινείας και Μηλιάς η μεγαλύτερη μάζα των ασβεστόλιθων, όπως φαίνεται στο γεωλογικό χάρτη (Εικόνα 1) και στην γεωλογική τομή (Εικόνα 4), καλύπτεται από τα τεταρτογενή ιζήματα και δεδομένου ότι έχει αδιαπέρατο υπόβαθρο (φλύσχη), τροφοδοτεί πλευρικά τους σχηματισμούς αυτούς. Έτσι, δημιουργούνται προνομιακές υδρογεωλογικές συνθήκες, που δικαιολογούν τη μεγάλη πυκνότητα ιδιωτικών αρδευτικών γεωτρήσεων και φρεάτων που παρατηρούνται στις περιοχές αυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΒΛΑΧΟΣ, Ν., ΔΑΤΣΕΡΗΣ, Γ., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Α. (1992). Γεωλογική δομή βόρεια της Τρίπολης. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Παν/μιου Αθηνών.
- BOGLI, A. (1986). Contribution to the geomorphology and karsthydrology of the Tripolis polje. Karst Hydrogeology of the Central and Eastern Peloponnese (Greece), *Proc. 5th International Symposium of underground Water Tracing*, Athens.
- ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ, Ι. (1984). Γεωλογικές και υδρογεωλογικές έρευνες στην περιοχή Μαντινείας (Κεντρική Πελοπόννησος). *Διδακτορική διατριβή*, 202σ., Αθήνα.
- DERCOURT, J. (1964). Contribution a l' etude geologique d' un secteur du Peloponnese septentrional. *Ann. Geol. Pays Hell.*, 15, 408p., Athenes.
- HABIC, P. (1986). Morphology. Karst Hydrogeology of the Central and Eastern Peloponnese (Greece), *Proc. 5th International Symposium of underground Water Tracing*, Athens.
- HAENI, F.P. (1995). Application of surface-geophysical methods to investigations of sand and gravel aquifers in the glaciated northeastern United States. US Geological Survey Professional Paper. 1415(A). 70pp.

- KAROTSIERHS, Z. (1981). Γεωλογικές έρευνες στην περιοχή Βυτίνας (Κεντρική Πελοπόννησος). *Διδακτορική διατριβή*, 202σ., Αθήνα.
- KAROTSIERHS, Z., ΛΕΚΚΑΣ, Σ. (1986). Η γεωλογική δομή γύρω από το οροπέδιο της Τρίπολης. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, Τ. 20, σ. 53-66.
- KISKYRAS, Δ. (1964). Τεκτονικές έρευνες στην Πελοπόννησο και ιδιαίτερα στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, 5/2, 1-21.
- LARSON, T. H. (1995). Revisiting a 1995 resistivity survey over a buried bedrock valley aquifer. Proc. of the Symp. on the Application of Geophysics to Engin. and Envir. Problems (SAGGEP). April 23-26, Orlando, Florida, pp. 871-875.
- ΛΕΚΚΑΣ, Σ. (1978α). Συμβολή εις την γεωλογική δομήν της περιοχής νοτιοανατολικώς της Τριπόλεως. *Διατριβή επί διδακτορία*, 192σ., Αθήνα.
- LEKKAS, S. et GEORGOULIS, J. (1985). Couches renversees dans la nappe d' arcadie et leur signification pour l' hydrogeologie (Peloponnese central, Grece). *Ann. Geol. Pays Hell.*, 33/1, 83-91.
- LUTTIG, G. (1976). Lignite investigation Peloponneses - Euboea 1974-1976. *Report Hanover/Athens*.
- MARIOΛΑΚΟΣ, Η. (1975). Σκέψεις και απόψεις επί ορισμένων προβλημάτων της γεωλογικής και τεκτονική δομής της Πελοποννήσου. *Ann. Geol. Pays Hell.*, 27, 215-313.
- MARIOΛΑΚΟΣ, Η., ΛΟΥΗΣ, Ι. & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Τ. (1987). Γεωμορφολογία του Αλπικού υποβάθρου της νεοτεκτονικής λεκάνης της Άνω Μεσσηνίας & η μορφοτεκτονική της ερμηνεία. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*. Τόμος Β, σ. 53-67.
- ΝΤΑΝΟΣ, Χ. & ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗΣ, Γ. (1993). Γεωλογική δομή βορειοανατολικά της Μαντινείας. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Γεωλογίας Παν/μίου Αθηνών.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Τ. (1985). "Γεωφυσικές Έρευνες στην Περιοχή της Λεκάνης Μεγαλόπολης" *Διδακτορική διατριβή*, σ. 205, Αθήνα.
- STOURNARAS, G., PAPADOPOULOS, T., PANAGOPOULOS, T., SOTIROPOULOU, K. & ALEXIADOY, CH. (1990). Aspects hydrogeologiques des basins fermes karstiques. Le polje de Livadi (Arahova Grece). MEM of 22nd Congress of IAH, Vol. XXII, p. 592-602
- YUNGUL, S.H. (1996). Electrical Methods in Geophysical Exploration of Deep Sedimentary Basin. Chapman & Hall, 197p..
- ZOHDY, A.A.R. (1989). "A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner soundings curves". *Geophysics*, vol. 54, 2: 245-2