

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε., ΜΠΑΝΤΕΚΑΣ, Ι., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Δ., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ, ΕΜΜ., (2000). Η γεωμετρία του υπόγειου υδροφορέα στο Ναρθάκιο όρος (Θεσσαλία) ως αποτέλεσμα της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. *Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης* Αθήνα Απρίλιος 2000, 343-350.

Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΣΤΟ ΝΑΡΘΑΚΙΟ ΟΡΟΣ (ΘΕΣΣΑΛΙΑ) ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΣ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

**Η. Μαριολάκος¹, Ι. Φουντούλης¹, Ε. Σπυρίδωνος², Ι. Μπαντέκας¹, Δ.
Μαριολάκος¹, Εμ. Ανδρεαδάκης¹**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ασβεστόλιθοι του Ναρθάκιου όρους συνιστούν έναν καρστικό υδροφόρο που αναπτύσσεται πάνω από το αδιαπέρατο υπόβαθρο της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης με τους οφιόλιθους. Η κύρια εκφόρτιση του καρστ γινόταν παλαιότερα από τις καρστικές πηγές των Βρυσιών, ενώ ο υδροφόρος ταυτόχρονα επικοινωνεί με το μικροκοκκώδη υδροφόρο της λεκάνης της Δ. Θεσσαλίας. Η εκδήλωση των πηγών και η υπόγεια κυκλοφορία του νερού ρυθμίζεται από τις νεοτεκτονικές μεγαδομές και τοπικά από 2^{ης} τάξης τεκτονικές δομές. Στη μελέτη του υδρογεωλογικού συστήματος του Ναρθακίου η μέθοδος της γεωμετρικής προσομοίωσης σε H/Y, προσφέρει σημαντική βοήθεια.

THE GEOMETRY OF THE AQUIFER IN THE NARTHAKION Mt. (THESSALY) AS A RESULT OF THE NEOTECTONIC DEFORMATION

**I. Mariolakos¹, I. Fountoulis¹, E. Spyridonos², I. Badekas¹, D.
Mariolakos¹, Em. Andreadakis¹**

¹Univ. of Athens, Dept. of Geology, Div. Dynamic Tectonic Applied Geology,
Panepistimiopolis Zografou, GR 157 84, Αθήνα, fountoulis@geol.uoa.gr
²F.U.Berlin, Inst. f. Geologie, Geophysik & Geoinformatik, FR Geoinf. -Mathemat.
Geologie, Malterstr. 74-100, Haus D, D-122 49 Berlin, vangelis@zedat.fu-berlin.de

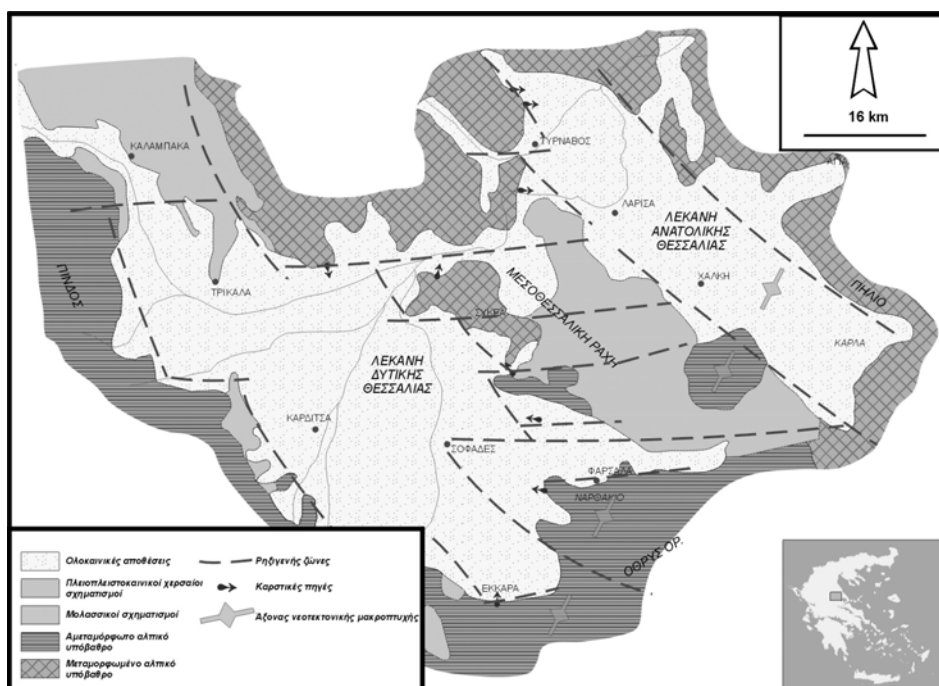
ABSTRACT

The limestones of NARTHAKION Mt. form a carstic aquifer that is limited in depth by an impermeable basement of shales and ophiolites. Until recently, the main discharge of the system was done through the carstic springs of Vrissia, while, at the same time, the carstic aquifer was (and is) hydraulically open to the fine grain aquifer of the Western Thessaly plain. The subsurface circulation of water as well as the appearance of the

springs, is controlled by a neotectonic megastructure and, locally, by second order tectonic macrostructures. The method of three-dimensional modelling with CAD, offers great assistance in the study of such a hydrogeological system, as Narthakion Mt.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Θεσσαλικής λεκάνης στη μεταβατική ζώνη μεταξύ του τεκτονικού κέρατος του όρους Όθρυς και του τεκτονικού βυθίσματος της Δυτικής Θεσσαλίας (Σχήμα 1).



Σχήμα 1 Οι νεοτεκτονικές μακροδομές στον ευρύτερο χώρο της περιοχής μελέτης

Η εμφάνιση των καρστικοποιημένων ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων στο Ναρθάκιο όρος, σε συνδυασμό με την παρουσία του μεγάλου συστήματος πηγών στις δυτικές απολήξεις του Ναρθάκιου στα Βρυσιά, ήταν η αφορμή της προσπάθειας προσδιορισμού της γεωμετρίας της υδρογεωλογικής λεκάνης των πηγών των Βρυσιών. Για τον λόγο αυτό έπρεπε να προσδιοριστεί η μορφή και οι διαστάσεις της επιφάνειας επαφής μεταξύ του υδατοπερατού που στην προκειμένη περίπτωση είναι οι καρστικοποιημένοι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι και του αδιαπέρατου υποβάθρου που είναι οι σχιστοκερατολιθική διάπλαση και οι οφιόλιθοι και να συνδυαστεί με την επιφανειακή μορφολογία ώστε να καταστεί δυνατός ο υπολογισμός του όγκου των υδατοπερατών ασβεστολιθών. Η σημασία της τρισδιάστατης γεωμετρίας για την κατανόηση υδρογεωλογικών προβλημάτων και τον σχεδιασμό προτεινόμενων λύσεων έχει επισημανθεί αρκετές φορές, τόσο για καρστικούς υδροφορείς (Lekkas & Georgoulis 1988) όσο και σε πορώδεις (Μαριολλάκος 1988). Η ακριβής περιγραφή της γεωμετρίας

των σχηματισμών δίνει τη δυνατότητα για ρεαλιστικούς ογκομετρικούς υπολογισμούς και αποτελεί τη βάση τόσο για τον έλεγχο πολλών εναλλακτικών λύσεων (σεναρίων) όσο και για την παραπέρα ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για την μελέτη και προσομοίωση δυναμικών φαινομένων. Στην παρούσα εργασία προκειμένου να προσδιοριστεί η γεωμετρία του υδατοπερατού μελετήθηκε (i) η παραμόρφωση του Ναρθάκιου όρους κατά την αλπική ορογένεση αλλά και κατά τη νεοτεκτονική περίοδο (ii) κατασκευάστηκε το ψηφιακό τρισδιάστατο μοντέλο της επαφής αδιαπέρατου-περατού (υπεδαφικός τεκτονικός χάρτης). Ακολούθως έγινε εμβαδομέτρηση και ογκομέτρηση του υδατοπερατού και υπολογίστηκε ο όγκος του νερού στον καρστικό υδροφορέα που τροφοδοτεί τις πηγές στα Βρυσιά.

2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Το Ναρθάκιο όρος έχει μία μάλλον επιμήκη μορφή με μεγάλο άξονα διεύθυνσης Α-Δ. Πάνω του και γύρω έχει δημιουργηθεί ένα ακτινωτό υδρογραφικό δίκτυο (**Σχήμα 2**) οι λεκάνες ($3^{η}$ και $4^{η}$ τάξης) του οποίου έχουν αναπτυχθεί περιμετρικά. Η ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου βασίστηκε στον τοπογραφικό χάρτη της ΓΥΣ κλίμακας 1/50.000. Το μεγαλύτερο τμήμα του Ναρθάκιου όρους ανήκει στη λεκάνη απορροής του Φαρσαλιώτη, ενώ το υπόλοιπο (ανατολικό) ανήκει στη λεκάνη απορροής του Ενιπέα. Οι δύο αυτές λεκάνες χωρίζονται από υδροκρίτη που διέρχεται από το Ναρθάκιο με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

Το σχήμα της υδρολογικής λεκάνης του Φαρσαλιώτη είναι περίπου τετράγωνο με τις πλευρές του να έχουν μέση διεύθυνση Α-Δ και Β-Ν δηλαδή περίπου όμοιο με το σχήμα της λεκάνης του Ενιπέα.

Όσον αφορά το καρστ στο Ναρθάκιο όρος, η καρστικοποίηση έχει αναπτυχθεί κυρίως κατά μήκος τεκτονικών ασυνεχειών (επιφάνειες εφιπτεύσεων, ρηξιγενείς ζώνες, ρήγματα, διακλάσεις) αλλά κυρίως στα σημεία διασταύρωσης των ασυνεχειών.

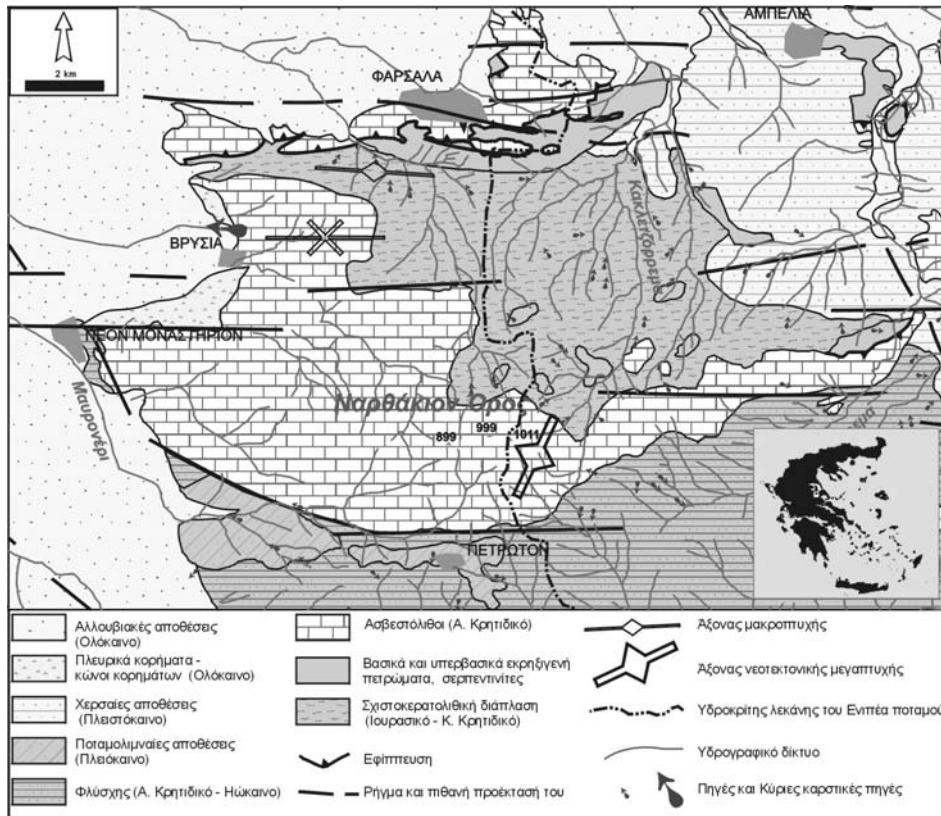
3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ - ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Το Ναρθάκιο όρος δομείται από αλπικής ηλικίας σχηματισμούς που ανήκουν στην γεωτεκτονική ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας, περιβάλλεται δε από μεταλπικές αποθέσεις. Οι μεταλπικοί σχηματισμοί που είναι και οι νεότεροι αποτελούνται από:

Ολοκαινικές πρόσφατες αποθέσεις: Πρόκειται για ιζήματα αλλουβιακής ως επί το πλείστον προέλευσης, αποτελούμενα από αμμώδεις 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.

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. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των αποθέσεων είναι ότι έχουν σαν βασική πηγή τροφοδοσίας την περιοχή της Όθρυος (χαρακτηριστική η παρουσία θραυσμάτων ραδιολαριτών).

Νεογενείς ποταμο-λιμναίους σχηματισμούς. Αποτελούνται από ερυθρούς πηλούς, αργιλοαμμώδη υλικά μικρής συνεκτικότητας με διάσπαρτες κροκαλολατύπες ποικίλης λιθολογικής σύστασης χωρίς προσανατολισμό και κροκαλολατυποπαγή με στοιχεία που φθάνουν μέχρι και το 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.



Σχίμα 2 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης

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:

- **Φλύσσης:** Πρόκειται για κλαστικές αποθέσεις αποτελούμενες από αργλικούς 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 επικλυσιγενείς ασβεστόλιθους με μαργαϊκές ενδιαστρώσεις και παρεμβολές άστρωτων ή παχυστρωματωδών ασβεστολίθων που στα κορυφαία στρώματα μεταπίπτουν 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.

- **Οφιόλιθοι:** Περιλαμβάνει σερπεντινίτες, περιδοτίτες και δουνίτες που υπόκεινται των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων, η δε τοποθέτησή τους πάνω στα ιζήματα της τριαδικοϊουρασικής πλατφόρμας έγινε πριν το Ανώτερο Κρητιδικό. Εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα του Ναρθάκιου κοντά στα Φάρσαλα.
- **Σχιστοκερατολιθική διάπλαση:** Κερατόλιθοι και αργίλιοι σχίστες με σπάνιες ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων. 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.

Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του ΓΓΜΕ φύλλο ΦΑΡΣΑΛΑ κλίμακας 1/50.000 αλλά και την γεωλογική δομή που περιγράφεται στη μελέτη της Sogreah (1974) η ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι δεν είναι έντονα παραμορφωμένοι. Η συστηματική μελέτη της παραμόρφωσης των αλπικών σχηματισμών στο Ναρθάκιο όρος 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) 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 ανοικτές πτυχές με άξονα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ) όσο και θραυστιγενείς ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ (Μαριολλάκος et al., 1999).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η μορφή στο χώρο της υδρογεωλογικής λεκάνης των πηγών των Βρυσιών, κατασκευάστηκε ο υπεδιαφικός τεκτονικός χάρτης της επιφάνειας επαφής μεταξύ των υπερκείμενων ανωκρητιδικών ασβεστολίθων και της υποκείμενης σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και των οφιολίθων (**Σχήμα 3**), με τη χρήση της μεθόδου της γεωμετρικής προσομοίωσης.

Με την εξέλιξη των υπολογιστών έγινε δυνατή η ψηφιακή τρισδιάστατη γεωλογική προσομοίωση (μοντελοποίηση) (Houlding 1994, Prissang 1992, Prissang et al. 1999). Το διαλογικό περιβάλλον ψηφιακής σχεδίασης (CAD) αποτέλεσε τη βάση για ολοκληρωμένα συστήματα γεωμετρικής και ποιοτικής μοντελοποίησης, μεταλλευτικού σχεδιασμού και υδρογεωλογικής προσομοίωσης (Skala et al. 1995). Τα συστήματα CAD κατανέμονται σε τρεις κατηγορίες, όσον αφορά τον τρόπο περιγραφής της γεωμετρίας (Goebel, 1992): γραμμικά (wireframe), επιφανειακά και ογκομετρικά μοντέλα. Σε αυτήν την εργασία χρησιμοποιήθηκε το πακέτο SURPAC2000 (Surpac Software International 1995a, b) το οποίο χρησιμοποιεί και τις τρεις μεθόδους. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου καθώς και εφαρμογές της στον ελληνικό χώρο παρουσιάστηκαν από τους Manutsoglu et al. 1999, Spyridonos et al. 1999.

Στο τρισδιάστατο μοντέλο της τοπογραφίας (Digital Terrain Model – DTM) του Ναρθάκιου όρους προβλήθηκε η γεωλογική επαφή μεταξύ των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων και του αδιαπέρατου υποβάθρου, ώστε να αποκτήσει την πραγματική θέση της στον τρισδιάστατο χώρο. Στη συνέχεια κατασκευάστηκε η επιφάνεια της επαφής, χρησιμοποιώντας τα ποσοτικά ή ποιοτικά στοιχεία που είναι γνωστά για τη γεωμετρία της, όπως κλίσεις και γενικές διευθύνσεις τεκτονικών δομών της περιοχής (πτυχώσεις, ρήγματα). Ο συνδυασμός αυτών των στοιχείων επιτρέπει την κατασκευή της υπόγειας γεωμετρίας της επιφάνειας ενδιαφέροντος. Οι καμπύλες παρατάξεων αυτής της επιφάνειας δείχνουν ότι αυτή δεν είναι μία επίπεδη αλλά μία **κυματοειδής επιφάνεια**, η οποία έχει **πτυχωθεί με άξονες συγκλίνων και αντικλίνων διεύθυνσης Α-Δ**.

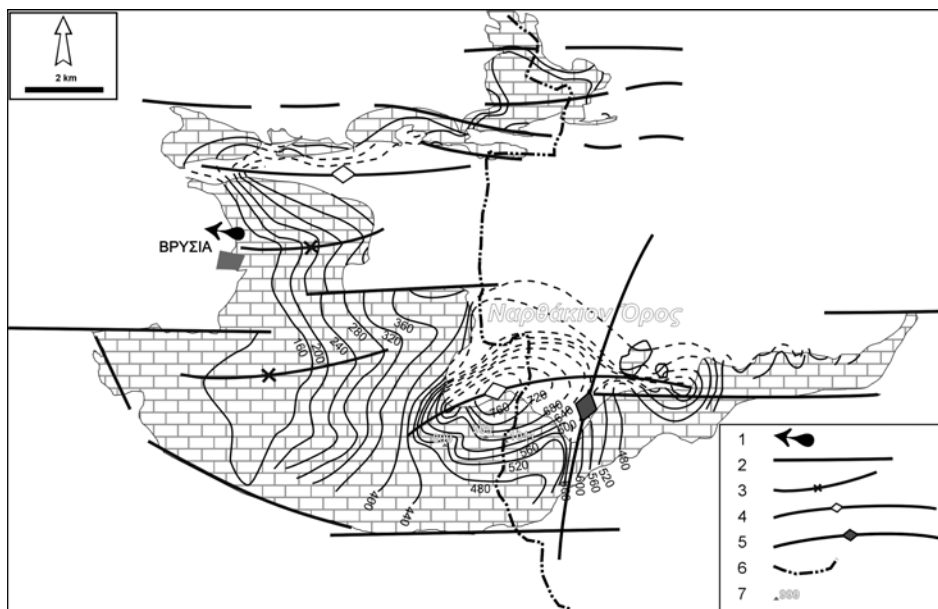
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το μεγαλύτερο μέρος της ανθρακικής μάζας στο Ναρθάκιο βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του όρους και η επιφάνεια επαφής κλίνει προς τα δυτικά δηλαδή προς την περιοχή των Βρυσιών, όπου εκφορτίζονται οι πηγές. Ταυτόχρονα όμως στο ανατολικό τμήμα η επιφάνεια επαφής είναι πιο στενή και μικρότερη σε έκταση και κλίνει προς τα ανατολικά. Δηλαδή, η όλη επαφή έχει υποστεί μια νέα κάμψη (πτυχώση) μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας με μέσο άξονα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, ο οποίος ταυτίζεται με τον υπόγειο υδροκρίτη της συνολικής υδρογεωλογικής λεκάνης των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων και δεν συμπίπτει με τον επιφανειακό υδροκρίτη (**Σχήμα 3**). Αυτή η παραμόρφωση είχε σαν αποτέλεσμα μεταξύ των άλλων και την ακτινωτή διάταξη του υδρογραφικού δικτύου στο Ναρθάκιο όρος (**Σχήμα 2**).

Συνθέτοντας τα στοιχεία που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων της γεωμορφολογίας, γεωλογίας τεκτονικής και γεωμετρικής προσομοίωσης, εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι άξονες των μακροπτυχών στη στενή περιοχή του Ναρθάκιου όρους έχουν διεύθυνση περίπου Α-Δ.
- Οι άξονες των μεγαπτυχών (κάμψεις μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας) που ουσιαστικά έχουν καθορίσει μεγάλους επιφανειακούς και υπόγειους υδροκρίτες έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.
- Οι πηγές στα Βρυσιά αποστράγγιζαν το μεγαλύτερο τμήμα των ασβεστόλιθων του Ναρθάκιου, δηλαδή το τμήμα δυτικά από τον υπόγειο υδροκρίτη.

Με τη βοήθεια της γεωμετρικής προσομοίωσης, υπολογίστηκε η συνολική επιφάνεια και ο όγκος των ασβεστόλιθων του Ναρθάκιου όρους, αλλά και η επιφάνεια και ο όγκος που αντιστοιχεί στο δυτικό τμήμα, που αποστραγγίζεται προς τα δυτικά. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο όγκος του νερού που κατείσδυε ετησίως κατά μέσο όρο κατά την περίοδο που λειτουργούσαν οι πηγές στα Βρυσιά, και έγινε σύγκριση των ποσοτήτων αυτών. Έτσι, σε μια επιφάνεια 68.5 km^2 , έπεφταν κατά μέσον όρο ετησίως 645 mm βροχής, ποσό που αντιστοιχεί σε όγκο κατείσδυσης περίπου $22 \times 10^6 \text{ m}^3$. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία (Μαρίνος et al., 1997) οι πηγές στα Βρυσιά είχαν μια μέση παροχή $0.4 \text{ m}^3/\text{sec}$, που αντιστοιχεί σε ετήσιες ποσότητες της τάξεως των $12.4 \times 10^6 \text{ m}^3$, δηλαδή σε ποσοστό περίπου 56.2% της ετήσιας κατείσδυσης στους ασβεστόλιθους. Από τη σύγκριση αυτή συνάγεται ότι το υπόλοιπο 43.8% της κατείσδυσης αντιστοιχούσε σε υπόγεια τροφοδοσία του μικροκοκκώδους υδροφορέα από τον καρστικό με ποσότητες της τάξεως των $9.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.



Σχήμα 3 Υπεδαφικός τεκτονικός χάρτης της επαφής των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων και της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και των οφιολίθων στο όρος Ναρθάκιο. (1: Καρστικές πηγές Βρυσιών, 2: Ρήγμα, 3: Άξονας συγκλινικής μακροπτυχής, 4: Άξονας αντικλινικής μακροπτυχής, 5: Άξονας νεοτεκτονικής μεγαπτυχής, 6: Υδροκρίτης λεκάνης Ενιπέα ποταμού, 7: Τριγωνομετρικό σημείο).

Συμπερασματικά θα μπορούσε να πει κανείς ότι **η νεοτεκτονική παραμόρφωση καθόρισε τον υπόγειο υδροκρίτη** στην περιοχή του Ναρθάκιου όρους, **την κυκλοφορία του υπόγειου νερού** μέσα στον καρστικό υδροφορέα, καθώς και **τη θέση των πηγών** στα Βρυσιά, οι οποίες όμως δεν τροφοδοτούνται από όλη την ανθρακική μάζα, αλλά από ένα τμήμα της, αυτό που βρίσκεται δυτικά του άξονα της μεγαπτυχής, ο οποίος πρέπει να τονιστεί και πάλι ότι δεν ταυτίζεται με τον επιφανειακό υδροκρίτη.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το Υπουργείο Γεωργίας και ειδικά τη Διεύθυνση Υδρολογίας και Γεωλογίας, καθώς και τον ΤΟΕΒ Φαρσάλων και την ΥΕΒ Λαρίσης για τη συμβολή τους με οποιονδήποτε τρόπο στην εκπόνηση των εργασιών που αφορούν την Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού καρστικών υδροφορέων περιοχής Ορφανών (Ν. Καρδίτσας) -Υπέρειας (Ν. Λάρισας), η οποία αποτέλεσε την αφορμή αλλά και τη βάση ανάπτυξης της παρούσης εργασίας.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Goebel, R.W. 1992, Computer Aided Design. 302 S., Reihe Informatik, 76; Mannheim - Wien - Zürich (B.I.-Wissenschaftsverlag).
2. Houlding, S.W. 1994, 3D Geoscience Modeling, 309 S., Berlin (Springer).

3. Köhnke, M., Prissang, R. & Skala, W. 1993, 3D-Modelle als Grundlage geologischer Karten.- Nachr. Dt. Geol. Ges., 50, 59-60, Hannover
4. Lekkas, S. & Georgoulis, J. 1985, Couches renversées dans la Nappe d'Arcadie et leur signification pour l'Hydrogéologie (Péloponnèse Central, Grece), Ann. Géol. Pays Hell., v. 33/1, p 83-91, Athènes
5. Manutsoglu E., Jacobshagen V., Spyridonos E. & Skala W. 1999, Geologische 3D-Modellierung der Plattenkalk-Gruppe West-Kretas (Erste Ergebnisse), Mathematische Geologie (4), pp 73-79. Dresden.
6. Μαριολάκος, Η. 1988, Η εφαρμογή του νόμου του Darcy σε κλειστά υδρογεωλογικά συστήματα, παράδειγμα: Η λεκάνη της Άνω Μεσσηνίας (ΝΔ Πελοπόννησος). Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., **XX/3**, 77-96.
7. Μαριολάκος, Η., Λέκκας, Σ., Αλεξόπουλος Α., Παπαδόπουλος, Τ., Φουντούλης, Ι., Schneider, Η., Αλεξόπουλος, Ι., Μπαντέκας, Ι., Σπυρίδωνος, Ε., Μαριολάκος, Δ., Ανδρεαδάκης, Ε., 1999, Υδρογεωλογική μελέτη τεχνητού εμπλουτισμού καρστικών υδροφορέων περιοχής Ορφανών (Ν. Καρδίτσας) -Υπέρειας (Ν. Λάρισας). Υπουργείο Γεωργίας Δ/νση Υδρολογίας-Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής-Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.
8. Μαρίνος, Π., Περλέρος, Β., Καββαδάς, Μ., 1997, Προσχωματικές και καρστικές υδροφορίες του Θεσσαλικού κάμπου. Νεώτερα στοιχεία για το καθεστώς της υπερεκμετάλλευσής τους. Πρακτικά 4^ο Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Ελλ. Επιτρ. Υδρογεωλογίας της Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.. Σελ. 243-258, Θεσσαλονίκη, 1997.
9. Μπορνόβας, Ι., Φιλιπάκης, Κ. 1964, Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Φάρσαλα, κλ. 1/50.000, Εκδόσεις ΙΓΜΕ.
10. Powell, D. 1992, Interpretation of Geological Structures Through Maps.- 176 p., Harlow, Essex (Longman).
11. Prissang, R. 1992, Three-dimensional predictive deposit modeling based on the linear octree data structure.- In: PFLUG, R & HARBAUGH, J.W. (eds.): *Computer graphics in geology: Three-dimensional modeling of geological structures and simulating geologic processes.- Lecture Notes in Earth Sciences*, **41**, 229-238.
12. Prissang R., Spyridonos E. & Frentrup K.-R. 1999, Computer assisted 3D Modelling and Planning for the Cement Industry of El Salvador, *Mathematische Geologie* **4**, pp 61-72, Dresden.
13. Skala, W., Prissang, R. & Schafmeister, M.-Th. 1995, Geologische Modellierung und Strömungsmodellierung mit integrierten Softwaresystemen.- Kongreßhandbuch / Internationale Fachmesse und Kongreß für Geowissenschaften und Geotechnik Geotechnica '95, Köln Mai 1995.- 158-159, KölnMesse Messe- und Ausstellungsges., Köln.
14. Sogreah Grenoble 1974, Μελέτη αναπτύξεως υπογείων υδάτων πεδιάδος Θεσσαλίας. Τελική έκθεση, R 11971, Υπουργ. Γεωργίας, Δ/νση Γεωργ. Αναπτ. & ΥΕΒ.
15. Spyridonos E., Dornsiepen U.F., Manutsoglu E., Prissang R. 1999, Geologische 3D-Modellierung der Vulkaninsel Santorini (Thera), *Mathematische Geologie* **4**, pp 81-85. Dresden.
16. Surpac Software International (ed.) 1995a, Core Management System Users Reference - SSI Installation and Setup Manual. Surpac Software International; Belmont, Western Australia.
17. Surpac Software International (ed.) 1995b, Entec - Generic Tools Reference. Surpac Software International; Belmont, Western Australia.