

ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΡΡΗΚΤΙΚΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΟΣΣΑΣ (Α. ΘΕΣΣΑΛΙΑ, ΕΛΛΑΔΑ)

Σταμάτης Γ. και Μιγκίρος Γ.

Τομέας Γεωλογικών Επιστημών & Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Γενικό Τμήμα, Γ.Π.Α. Ιερά Οδός 75, 118 55 Αθήνα, stamatis@aua.gr, bagm@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ορεινή μάζα της Όσσας αποτελεί λόγω της γεωλογικής της δομής μια περιοχή ιδιαίτερου υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος. Αναλύονται οι συμπαγείς λιθολογικοί σχηματισμοί, η τεκτονική δομή τους και η σχέση τους στην διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών της Όσσας. Οι διευθύνσεις των υπόγειων ροών καθορίζονται άμεσα από την επικρατούσα αντικλινική δομή της. Σε συνδυασμό με τις υπαίθριες παρατηρήσεις και την ερμηνεία των αεροφωτογραφιών εντοπίζονται εγκάρσιες ζώνες έντονης διάρρηξης. Διαπιστώνονται κύριες ζώνες με ΒΒΑ/κή διεύθυνση και δευτερεύουσες με διεύθυνση Β-Ν και Α-Δ, μέσω των οποίων διακινείται σημαντικό ποσοστό των υπόγειων νερών. Αποκαλύπτεται άμεση σχέση μεταξύ των δομών και των πηγών. Οι υδροχημικές αναλύσεις φανερώνουν τους ποιοτικούς χαρακτήρες των υδροφόρων οριζόντων, Ca-HCO₃ των καρστικής προέλευσης νερών και Ca-Mg-HCO₃ και Ca-Mg-Na-HCO₃ των νερών των μεταμορφωμένων σχηματισμών.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανάγκες σε πόσιμο νερό και ιδιαίτερα σε αρδευτικό νερό στον ευρύτερο χώρο της ανατολικής Θεσσαλίας αυξάνονται συνεχώς, καθότι η περιοχή παρουσιάζει έντονη γεωργική δραστηριότητα και η παρατηρούμενη ξηρασία κατά τα τελευταία χρόνια δεν συμβάλλει στην πλήρη ανανέωση των ποσοτήτων του υπόγειου νερού που καταναλώνονται από την εκμετάλλευση των υδροφορέων της πεδινής περιοχής. Η ορεινή μάζα της Όσσας, λόγω της γεωλογικής της δομής, παρουσιάζει σημαντικό υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Οι συμπαγείς σχηματισμοί λόγω της έντονης τεκτονικής καταπόνησης τους αποτελούν αξιόλογους υδροφορείς. Η εκμετάλλευση τους μπορεί να συμβάλει θετικά στην επίλυση του προβλήματος της λειψυδρίας, η οποία κατά περιόδους γίνεται έντονη στην ευρύτερη περιοχή της Α/κής Θεσσαλίας. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στους έντονα τεκτονισμένους και καρστικοποιημένους ανθρακικούς σχηματισμούς. Στην παρούσα εργασία περιγράφονται οι συμπαγείς λιθολογικοί σχηματισμοί και η τεκτονική δομή της Όσσας, αναλύονται οι υδρογεωλογικές συνθήκες και παρουσιάζονται οι εγκάρσιες διαρρηκτικές ζώνες, μέσα από τις οποίες συντελείται η διακίνηση σημαντικού ποσοστού των υπόγειων νερών. Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της σχέσης που επικρατεί μεταξύ της διαρρηκτικής τεκτονικής και της υδροφορίας, να διαπιστωθούν οι ποιοτικοί χαρακτήρες και η καταλληλότητα χρήσης των υπόγειων νερών. Τα στοιχεία της εργασίας είναι μέρος των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα, η οποία πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Ορυκτολογίας-Γεωλογίας του Γ.Π.Α στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από την Νομαρχία Λάρισας (Μιγκίρος et al. 1992, Μιγκίρος et al. 1994).

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

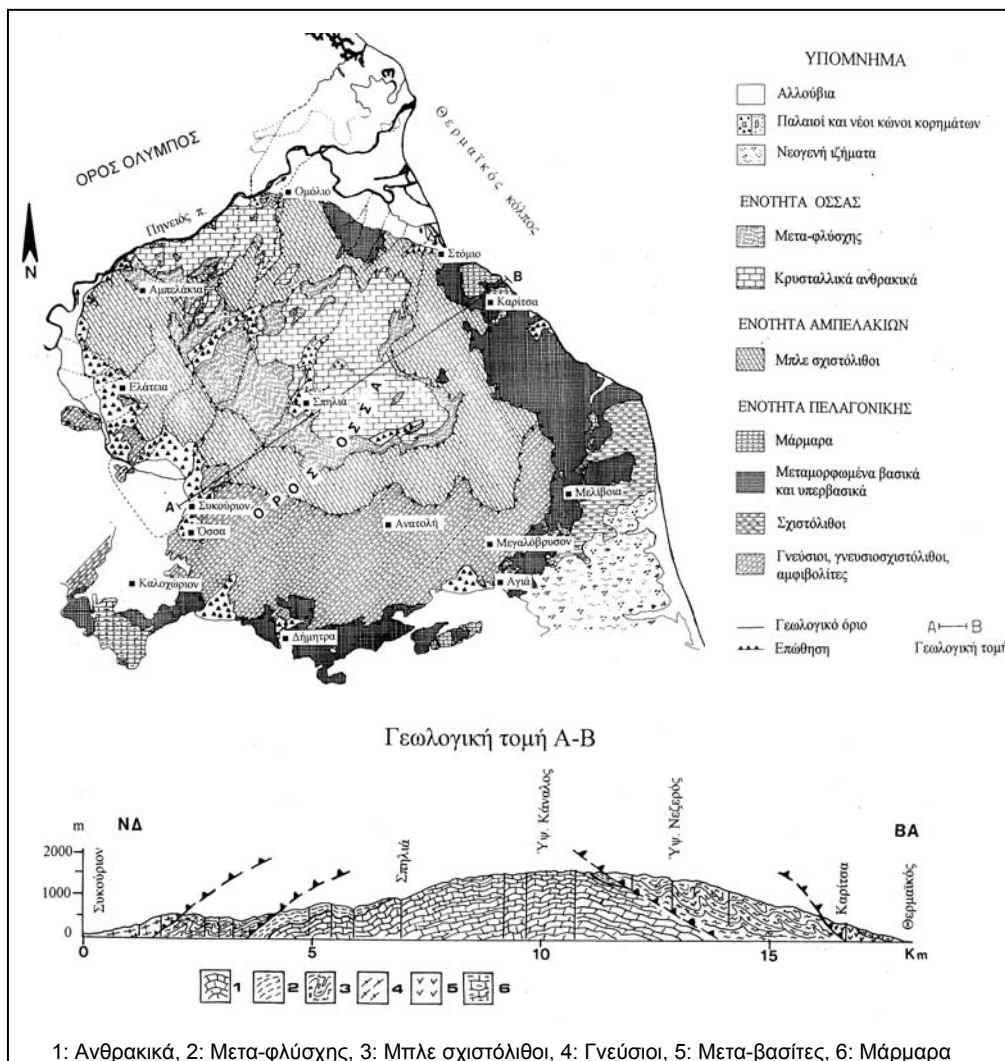
Προκειμένου να διερευνηθούν οι σχέσεις μεταξύ της τεκτονικής δομής και της υδροφορίας στους συμπαγείς σχηματισμούς της περιοχής έρευνας πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες εργασίες:

Α) Γεωλογική-Λιθολογική σύσταση: περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών και της λιθολογικής τους σύστασης με βάση τους Γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ, 1:50.000, Φύλλα Ραψάνης, Καρίτσας, Πλατύκαμπος (Κατσικάτσος et al. 1981, 1987α, 1987β) και Αγιάς (Μιγκίρος et al. 1984).

Β) Τεκτονική ανάλυση: α) υπαίθριες παρατηρήσεις και μετρήσεις, β) επεξεργασία αεροφωτογραφιών, κλίμακα 1:30.000 της Γ.Υ.Σ., γ) ανάλυση δορυφορικής εικόνας LANDSAT 5TM, κλίμακα 1:200.000 και δ) βιβλιογραφικά δεδομένα.

Γ) Υδρογεωλογική ανάλυση: Απογραφή πηγών, μέτρηση της παροχής τους και ομαδοποίηση με βάση τη λιθοστρωματογραφική και την τεκτονική τους θέση.

Δ) Υδροχημικές αναλύσεις: Πραγματοποιήθηκε μια δειγματοληψία (Μάρτιος-Μάιος 1992) σε συνολικά 49 πηγές, οι οποίες επιλέχθηκαν αντιπροσωπευτικά από κάθε υδρολιθολογική ενότητα της περιοχής. Επί τόπου μετρήθηκε η θερμοκρασία Τ, το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα EC. Οι υδροχημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Ορυκτολογίας-Γεωλογίας του Γ.Π.Α για τον προσδιορισμό των κύριων ιόντων, ιχνοστοιχείων και σκληρότητας με εφαρμογή μεθόδων ατομικής απορρόφησης, φασματοφωτομετρίας και τιτλοδότησης.

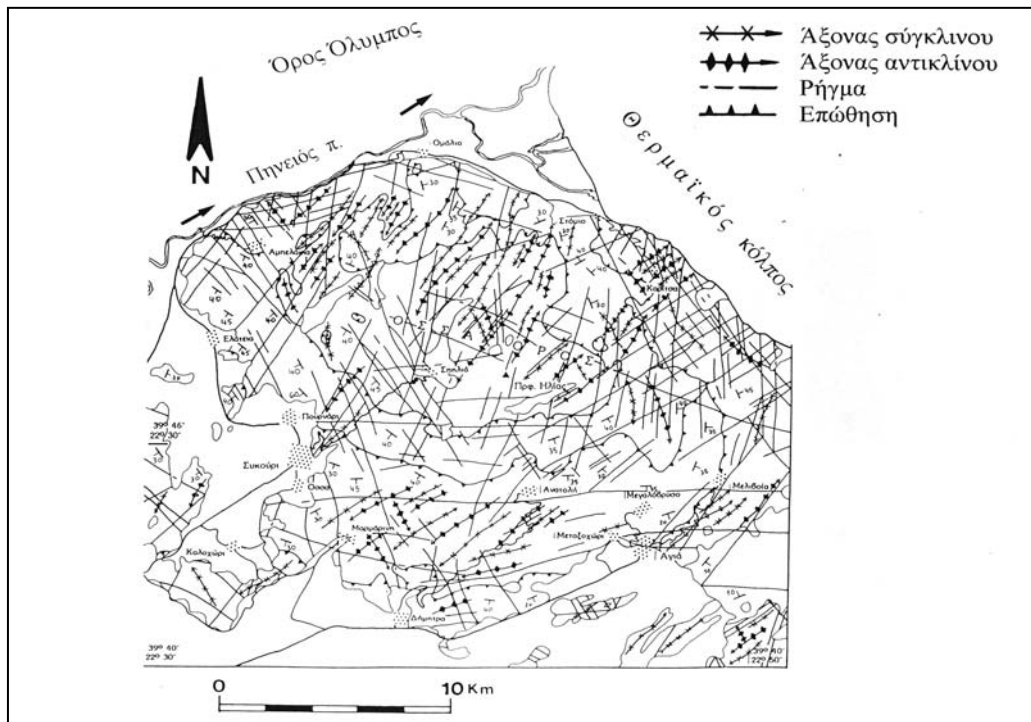


Σχήμα 1: Γεωλογική-τεκτονική δομή της Όσας.

3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Ο ορεινός όγκος της Όσας δομείται κυρίως από προαλπικούς και αλπικούς σχηματισμούς, οι οποίοι εντάσσονται γεωτεκτονικά στις ενότητες: α) της Όσας, β) των Αμπελακίων και γ) της Πελαγονικής. Κατά θέσεις, σε περιορισμένη έκταση και πάχος, απαντώνται χερσαίας και λιμναίας προέ-

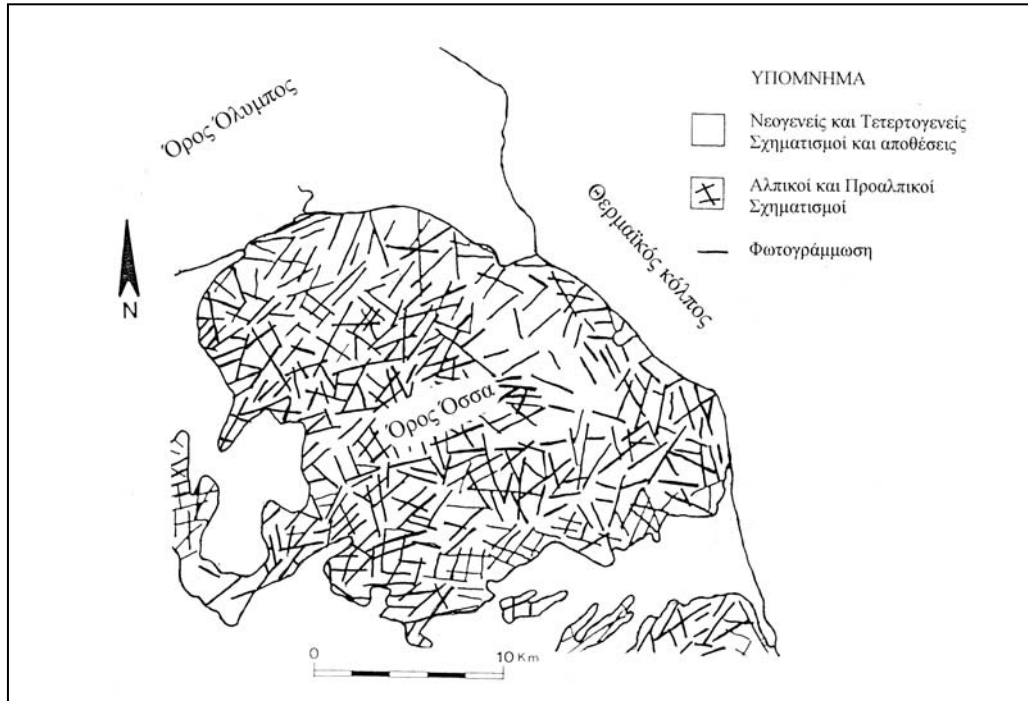
λευσης μεταλλικοί σχηματισμοί του Νεογενούς και Τεταρτογενούς (Σχ. 1). Η ενότητα Όσσας, που θεωρείται αυτόχθονη έως τουλάχιστον παρααυτόχθονη, αποτελεί τεκτονικό παράθυρο υποκείμενη όλων των παλαιότερων μεταμορφωμένων σχηματισμών που ανήκουν στις ενότητες Αμπελακίων και Πελαγονικής. Η ενότητα Όσσας αποτελείται από μια σειρά κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και δολομιτών, οι οποίοι έχουν ορατό πάχος έως 1000 μέτρα. Η σειρά προς τα επάνω περνά κανονικά σε μετα-φλύσχη. Τα πετρολογικά μέλη του σχηματισμού του μετα-φλύσχη είναι φυλλίτες, σχιστόλιθοι και σχιστοψαμμίτες με ενστρώσεις μικρού πάχους ψαμμούχων κρυσταλλικών ασβεστόλιθων, πάχους περίπου 20-30 μέτρων. Τα πετρώματα του μετα-φλύσχη παρουσιάζονται έντονα τεκτονισμένα και εξαλλοιωμένα και δημιουργούν τοπικά ικανού πάχους ελλουβιακό μανδύα. Οι σχηματισμοί της ενότητας Αμπελακίων (ενότητα μπλε σχιστόλιθων) καταλαμβάνουν ικανή έκταση της Όσσας με πάχος που κατά θέσεις ξεπερνά τα 800 μέτρα.



Σχήμα 2: Τεκτονικός χάρτης της Όσσας

Οι σχηματισμοί της ενότητας αυτής είναι εξ ολοκλήρου μεταμορφωμένοι σε συνθήκες υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών στη γλαυκοφανιτική φάση και αποτελούνται από ιζηματογενούς προέλευσης πετρώματα (μεταπηλίτες και μεταγραουβάκες) με παρεμβολές μεταβασιτών και ενστρώσεων μαρμάρων. Γενικά τα πετρώματα αυτά παρουσιάζονται έντονα πτυχωμένα, τεκτονισμένα και εξαλλοιωμένα. Η ενότητα της Πελαγονικής ζώνης περιλαμβάνει μεταμορφωμένους σχηματισμούς, όπως α) γνεύσιους και γνευσιοσχιστόλιθους του Παλαιοζωικού, πάχους έως 600 m, β) σχιστόλιθους, γνευσιοσχιστόλιθους και αμφιβολίτες με ενστρώσεις μαρμάρων και σιπολινών του Νεοπαλαιοζωικού έως Κατώτερο-, Μέσο-Τριαδικού, πάχους μέχρι 600 m, γ) μεταμορφωμένα βασικά οφιολιθικά πετρώματα, αμφιβολίτες, πρασινίτες και σερπεντινίτες του Προανωκρητιδικού τεκτονικού καλύμματος, πάχους μέχρι 250 m και μάρμαρα του Ανώτερου Κρητιδικού, πάχους περίπου 200m. Οι σχηματισμοί αυτοί καταλαμβάνουν σημαντική έκταση της Όσσας. Οι μετααλπικοί σχηματισμοί και αποθέσεις απαντώνται κατά κανόνα στις περιοχές των ορεινών μικρών λεκανών και στα πρηνή τους και στις κοίτες των χειμάρρων. Οι Νεογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από κροκαλοπαγή, μάργες και άργιλους. Εμφανίζονται κυρίως στο νότιο τμήμα της περιοχής και καταλαμβάνουν σημαντική έκταση. Οι Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί αντιπροσωπεύουν παλαιούς κώνους κορημάτων, πλευρικά κορήματα, υλικά αναβαθμιδών των χειμάρρων και αποθέσεις λεκανών. Οι

Ολοκαινικές αποθέσεις αποτελούνται από ασύνδετα υλικά κοίτης και αναβαθμίδων χειμάρρων και υλικά εσωτερικών μικρολεκανών. Πρόκειται κυρίως για αργίλους, κοκκινοχώματα και άμμους με μικρή συμμετοχή αδρομερέστερων υλικών (Godfriaux 1968, Τσαγκαλίδης 1990, Κασιμάτσος 1992).

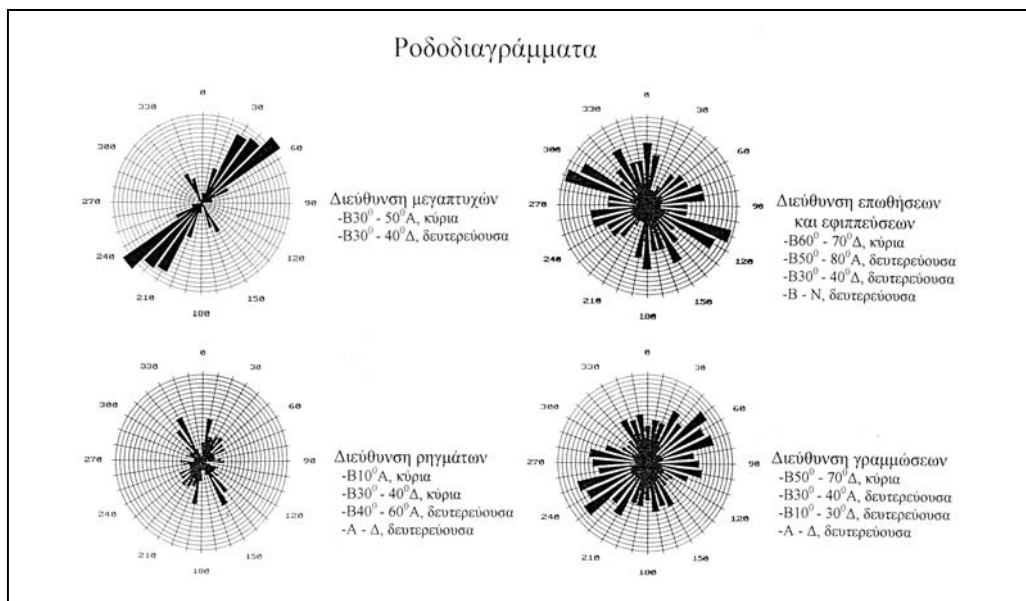


Σχήμα 3: Χάρτης φωτογραμμώσεων της Όσσας.

4 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται τα κύρια τεκτονικά στοιχεία της περιοχής έρευνας. Στο σχήμα 3 αποτυπώνονται οι φωτογραμμώσεις που προέκυψαν από την ανάλυση της δορυφορικής εικόνας. Τα κύρια τεκτονικά στοιχεία, τα οποία αναλύθηκαν σε μεσο- και mega-κλίμακα, ταξινομούνται α) σε συνεχείς παραμορφώσεις που εκφράζονται με πτυχές και β) σε ασυνεχείς παραμορφώσεις που εκφράζονται με επωθήσεις, επιπτεύσεις, ολισθήσεις, ρήγματα και μικροδιαρρήξεις. Η ανάλυση των πτυχώσεων έδειξε την ύπαρξη τριών επικρατούντων συστημάτων πτυχών, κυρίως κλειστών, κεκλιμένων έως κατακεκλιμένων των οποίων οι αξονικές διευθύνσεις από τα παλαιότερα προς τα νεότερα ταξινομούνται σε: i) $B40^{\circ}-60^{\circ}\Delta$, ii) $B-N, \pm 10^{\circ}-20^{\circ}$ προς Δ ή προς A , και iii) $B30^{\circ}-70^{\circ}\Delta$ έως και $A-\Delta$ (Σχ. 4). Στους σχηματισμούς της ενότητας Πελαγονικής αναγνωρίστηκαν και τα τρία συστήματα. Στους σχηματισμούς της ενότητας Αμπελακίων αναγνωρίστηκαν τα συστήματα ii και iii και στους σχηματισμούς της ενότητας Όσσας αναγνωρίστηκε μόνο το σύστημα iii. Το πρώτο σύστημα (i) πτυχών οφείλεται στην επώθηση του Προανωκρητιδικού τεκτονικού καλύμματος στην Πρωανωκρητιδική Πελαγονική σειρά. Το δεύτερο σύστημα (ii) οφείλεται στην πτυχωσιγενή φάση του μετα-Ανωκρητιδικού τεκτονισμού που συνέβαλε στην τοποθέτηση της Πελαγονικής ενότητας πάνω στην ενότητα Αμπελακίων. Το τρίτο σύστημα (iii) οφείλεται στον Μεταμεσοσηκωνικό πτυχωσιγενή τεκτονισμό που συνέβαλε στην επώθηση των ενωτήτων Πελαγονικής και Αμπελακίων πάνω στην ενότητα Όσσας (Caruto et al. 1993, Doutsos 1979 & 1984 και Kílias 1991). Η στατιστική επεξεργασία στη βάση των ευθύγραμμων τμημάτων των διευθύνσεων των κύριων αξόνων έδειξε ότι στην περιοχή της Όσσας υπάρχει μια κύρια διεύθυνση $B30^{\circ}-50^{\circ}\Delta$ και μια δευτερεύουσα $B30^{\circ}-40^{\circ}\Delta$ (Σχ. 4). Τα σημαντικότερα ρήγματα που αναγνωρίστηκαν απεικονίζονται στον τεκτονικό χάρτη (Σχ. 2). Πρόκειται για κανονικά ρήγματα, κατά κανόνα μεγάλης γωνίας, κυρίως δεξιόστροφα πολλά από τα οποία εμφανίζουν ικανό άλμα. Κατά μήκος της επιφάνειας τους συχνά στα σχιστολιθικά πετρώματα και στον μετα-φλύσχη δημιουργούν έντονα τεκτονισμένη ζώνη, με παρουσία λατυποποίησης και μιλω-

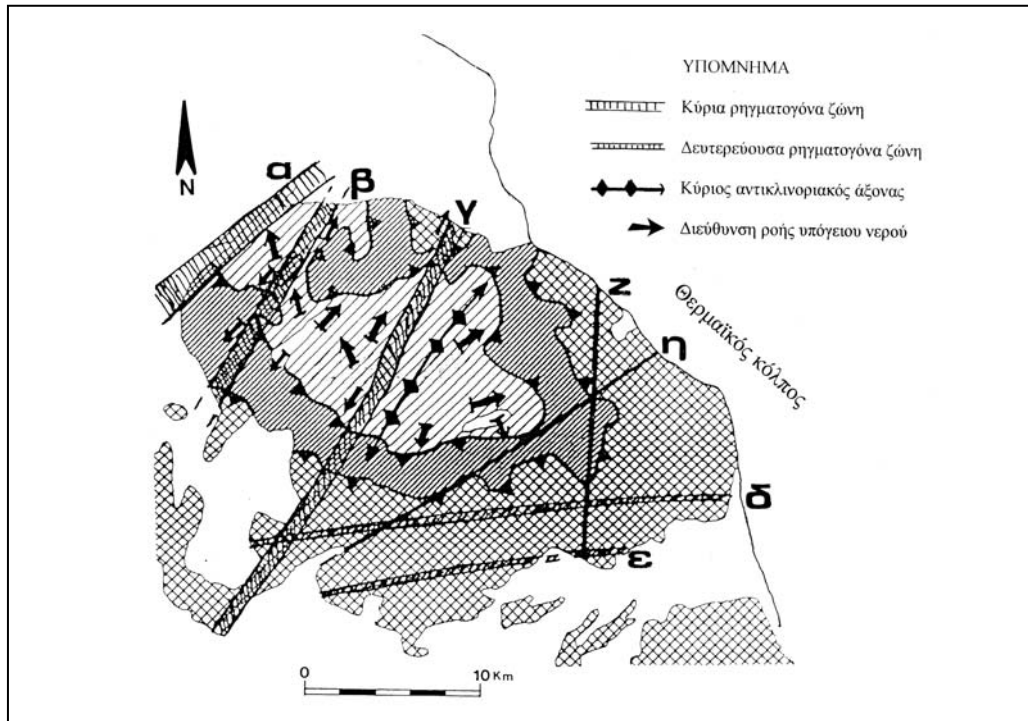
νιτώσης, ενώ στα ανθρακικά πετρώματα κατοπτρικές επιφάνειες. Η στατιστική επεξεργασία της διεύθυνσης τους αποκαλύπτει τις κύριες διευθύνσεις $B10^{\circ}A$ και $B30^{\circ}-40^{\circ}\Delta$ και τις δευτερεύουσες $B40^{\circ}-60^{\circ}A$ και $A-\Delta$ (Σχ. 4). Οι κύριες διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι υπεύθυνες για τη διαμόρφωση της μορφολογίας, των υβωμάτων και των λεκανών. Η δευτερεύουσα διεύθυνση $A-\Delta$ απαντάται στο νότιο τμήμα της Όσσας και συνδέεται με το εγκάρσιο βύθισμα της Αγιάς. Η ομαδοποίηση των διακλάσεων που πραγματοποιήθηκε, ανέδειξε τέσσερα συστήματα, αναφορικά ως προς την διεύθυνση τους: i) $B-N$, ii) $B30^{\circ}-50^{\circ}\Delta$, iii) $B40^{\circ}-60^{\circ}$ και iv) $A-\Delta$. Στους σχηματισμούς των καλυμμάτων και στο μετα-φλύσχη, στο σύνολο τους σχεδόν οι διακλάσεις είναι κλειστές, ενώ σε ορισμένες μόνο θέσεις, όπου ο συνδυασμός διακλάσεων και σχιστότητας δημιουργεί μικρές αποκολλησεις βαρύτητας, αυτές εμφανίζονται ανοικτές. Στα ανθρακικά της ενότητας Όσσας παρουσιάζονται ανοικτές διακλάσεις κύρια στην BA /κή διεύθυνση. Η επεξεργασία της δορυφορικής εικόνας έγινε στη βάση της διάκρισης και αποτύπωσης των γραμμώσεων (Σχ. 3). Με βάση τη στατιστική ανάλυση των γραμμικών στοιχείων προκύπτουν τα ακόλουθα συστήματα, αναφορικά ως προς την διεύθυνση τους: i) $B50^{\circ}-70^{\circ}A$, κύριο, ii) $B30^{\circ}-40^{\circ}A$, δευτερεύον και iii) $A-\Delta \pm 10^{\circ}$ βόρεια και νότια, δευτερεύον (Σχ. 4).



Σχήμα 4: Προβολή των αποτελεσμάτων της στατιστικής ανάλυσης των τεκτονικών στοιχείων της Όσσας.

Οι συγκριτικές παρατηρήσεις μεταξύ των διαφόρων τύπων συνεχών και ασυνεχών παραμορφώσεων στην περιοχή της Όσσας δίνουν τα ακόλουθα συμπεράσματα: α) η διεύθυνση $B30^{\circ}-60^{\circ}\Delta$, αποτελεί ένα κύριο σύστημα συνδυαζόμενο με άξονες δομών, επωθήσεις-εφιππεύσεις και ρήγματα. Στις περιοχές που δομούνται κυρίως από σχηματισμούς της ενότητας Όσσας επικρατεί η διεύθυνση $B30^{\circ}-40^{\circ}\Delta$, β) η διεύθυνση $B30^{\circ}-70^{\circ}A$, αποτελεί ένα κύριο σύστημα συνδυαζόμενο κυρίως με άξονες δομών και ρήγματα, γ) η διεύθυνση $A-\Delta$, $\pm 10^{\circ}$ βόρεια και νότια, εκφράζεται έντονα κατά περιοχές σε διαμπερή εγκάρσια διάταξη, διαμορφώνοντας κύρια μορφολογικά ανάγλυφα, και δ) η διεύθυνση $B-N$ συνδέεται με δομές, επωθήσεις-εφιππεύσεις και ρήγματα. Εντοπίζεται κυρίως στις περιοχές που επικρατεί η ενότητα Όσσας. Οι σημαντικότερες εγκάρσιες δομές της Όσσας (Σχ. 5), οι οποίες προκύπτουν από την συσχέτιση όλων των προαναφερόμενων τεκτονικών στοιχείων, είναι οι ακόλουθες πέντε κύριες: α) η ζώνη "Γόννων-Τεμπών-Πηνιού", BA /κής διεύθυνσης, β) η ζώνη "Ελάτειας-Αμπελακίων-Ομόλιου", BBA /κής διεύθυνσης, γ) η ζώνη "Συκουρίου-Σπηλιάς-Στομίου", BBA /κής διεύθυνσης, δ) η ζώνη "Όσσας- Ανατολής-Μεγαλόβρυσου-Μελίβοιας", $A-\Delta$ διεύθυνσης, ε) η ζώνη "Δήμητρας-Μεταξοχωρίου-Αγιάς" με διεύθυνση $A-\Delta$, και δυο δευτερεύουσες: ζ) η ζώνη "Καρίτσας-Μεγαλόβρυσου-Αγιάς" με διεύθυνση $B-N$ και η) η ζώνη "Μαρμαρινής-Κόκκινα Νερά" BBA /κής διεύθυνσης. Η έντονη διάρρηξη, η οποία διαπιστώνεται κατά μήκος των ζωνών, συμβάλλει

καθοριστικά στην διαμόρφωση των υδρογεωλογικών συνθηκών των συμπαγών σχηματισμών της περιοχής.



Σχήμα 5: Κύριες (α-ε) και δευτερεύουσες (ζ και η) ζώνες έντονης διάρρηξης της Όσας.

5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η αντικλινική δομή της Όσας και οι ζώνες έντονης διάρρηξης αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στην διαμόρφωση των υπόγειων ροών. Στο σχήμα 6 παρουσιάζονται οι κατευθύνσεις ροής σε σχέση με την τεκτονική δομή που επικρατεί. Στη περιοχή έρευνας εντοπίζονται συνολικά 320 πηγές. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας απογράφηκαν οι σημαντικότερες 126 πηγές που επιλέχθηκαν με κριτήριο την παροχή τους, την λιθολογία της περιοχής τροφοδοσίας τους και την τεκτονική τους θέση, οι οποίες κατατάσσονται στις ακόλουθες ομάδες:

Ομάδα I: Συνδέεται με σχηματισμούς της ενότητας Όσας. Η κατεύθυνση των υπόγειων ροών, που συμβάλλουν στην τροφοδοσία των πηγών αυτών, σχετίζεται άμεσα με την κορυφαία αντικλινική δομή στον άξονα Σπηλιά-Στόμιο, ΒΑ/κής διεύθυνσης.

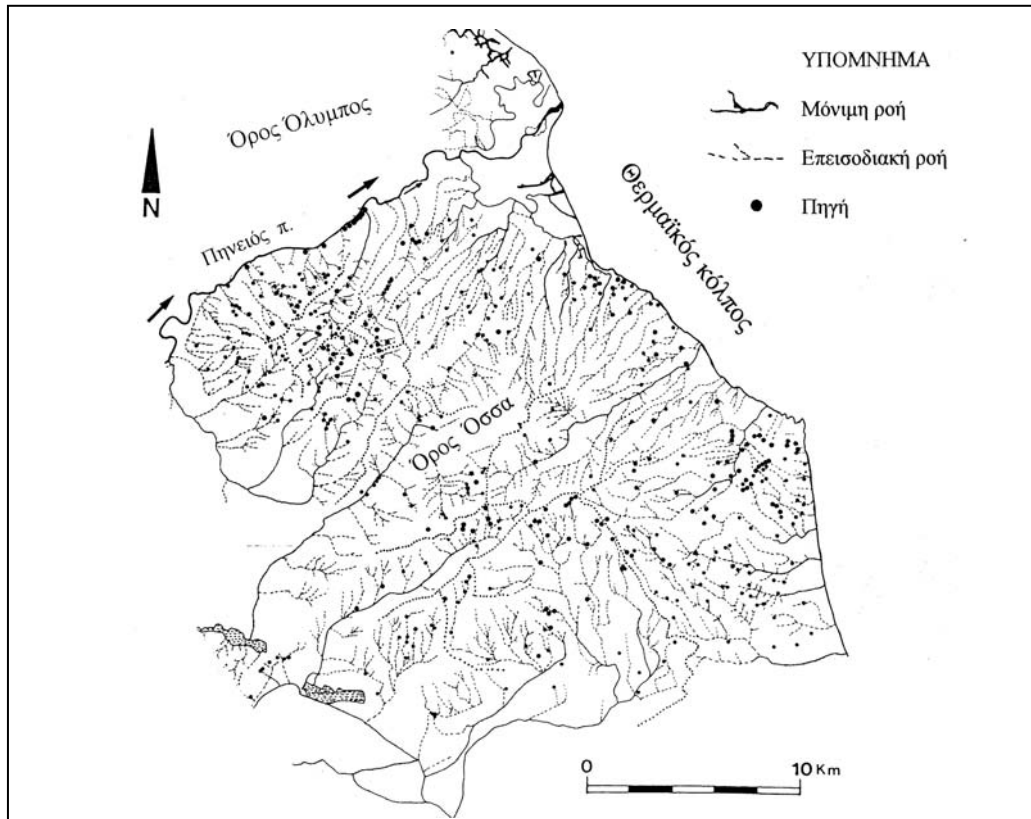
Ομάδα II: Συνδέεται με τα υπερβασικά μέλη των οφιολιθικών σχηματισμών του Προανωκρητιδικού καλύμματος της Πελαγονικής. Στην ομάδα αυτή εντάσσεται μικρός αριθμός πηγών οι περισσότερες από τις οποίες αποτελούν πηγές επαφής και συνδέονται με τη δομή των υπερβασικών μελών.

Ομάδα III: Εκφορτίζονται στην επαφή Ανωκρητιδικών Πελαγονικών ανθρακικών με τους υποκείμενους οφιολιθικούς σχηματισμούς. Οι πηγές αυτές αναπτύσσονται στα ανατολικά και ΝΑ/κά πρηνή της Όσας, όπου και απαντώνται περισσότερες εκτεταμένες μάζες ανωκρητιδικών ανθρακικών. Πρόκειται κυρίως για πηγές επαφής με περιορισμένη δυναμικότητα.

Ομάδα IV: Εκφορτίζονται στην επαφή των ανθρακικών ενστρώσεων Πελαγονικής και Αμπελακίων με τους υποκείμενους σχιστολιθικούς σχηματισμούς. Πρόκειται για περιορισμένο αριθμό πηγών επαφής και μικρής γενικά δυναμικότητας.

Ομάδα V: Συνδέεται κυρίως με τεκτονική αύξηση του δευτερογενούς πορώδους σε σχηματισμούς της Πελαγονικής και των Αμπελακίων. Ένας σημαντικός αριθμός πηγών μικρής δυναμικότητας απαντώνται στα δυτικά πρηνή της Όσας.

Ομάδα VI: Συνδέεται με ζώνες έντονης διάρρηξης, όπου οι πηγές παρουσιάζουν γραμμική διάταξη. Οι ζώνες αυτές έχουν μια κύρια ΒΒΑ/κή διεύθυνση στο βόρειο τμήμα και ΒΑΑ/κή έως Α-Δ στο νότιο τμήμα της Όσσας. Οι ζώνες αυτές έχουν άμεση σχέση και με μεγάλο αριθμό πηγών κυρίως των ομάδων I, II, III και V. Η τροφοδοσία τους σχετίζεται με την ανθρακική μάζα και δημιουργεί σημαντικές υδροφόρες ζώνες στα δυτικά και ανατολικά κράσπεδα της Όσσας.



Σχήμα 6: Υδρογραφικό δίκτυο και σημεία πηγών της Όσσας.

Τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των διαφόρων σχηματισμών που αναπτύσσονται στην Όσσα αναλύονται ως ακολούθως:

Α. Ενότητα Όσσα: Στους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες αναπτύσσεται ένας κατώτερος αξιόλογος καρστικός υδροφόρος, σημαντικής δυναμικότητας. Ένα σημαντικό ποσοστό των καρστικών νερών, τα οποία θεωρητικά ακολουθούν την κλίση των πετρωμάτων και τις διευθύνσεις των ζωνών διάρρηξης, αποφορτίζεται στα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία της κοιλάδας των Τεμπών κοντά στην όχθη και στην ίδια την κοίτη του Πηνειού ποταμού. Οι καρστικές πηγές διακρίνονται από αρκετά υψηλές παροχές που ξεπερνούν γενικά τα 100 l/s. Σε περιόδους ξηρασίας διαπιστώνεται σημαντική μείωση του φορτίου τους έως την πλήρη στήρευση τους. Υπολογίζεται ότι στο βόρειο τμήμα της Όσσας σημαντικές ποσότητες του καρστικού υδροφορέα βρίσκουν διέξοδο προς ΒΑ/κά στις δελταϊκές αποθέσεις του Πηνειού και Α/κά προς την θάλασσα του Θερμαϊκού μέσω των ζωνών διάρρηξης. Στο κεντρικό έντονα καρστικοποιημένο τμήμα της Όσσας, η κίνηση του νερού συντελείται προς Β-ΒΑ/κά. Ένα ποσοστό διακινείται μέσα από τις ζώνες διάτμησης "Συκουρίου-Σπηλιάς-Στομίου", ΒΒΑ/κής διεύθυνσης, στα μεταμορφωμένα πετρώματα των δυτικών πρηνών, τα οποία συμβάλλουν στην πλευρική τροφοδοσία των χαλαρών τεταρτογενών σχηματισμών. Η καρστική υδροφορία στο νότιο τμήμα της Όσσας συμβάλλει στον εμπλουτισμό των μεταμορφωμένων σχηματισμών μέσω των ζωνών διάρρηξης από την κορυφή της Όσσας, Προφήτη Ηλία, προς την περιοχή του Μεταξοχωρίου (Σχ. 5). Οι μετα-φλυσικοί σχηματισμοί στο σύνολο τους θεωρούνται στεγανοί. Η αύξηση του δευτερογενούς πορώδους στους μεταψαμμιτικούς τους ορίζοντες και κυρί-

ως στους φαινομένους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους σε συνδυασμό και με τη δομή συμβάλλει στην εμφάνιση πηγών χαμηλών παροχών 0,1–2,5 l/s. Τοπικά εκδηλώνονται οριζόντες μικρών αναβλύσεων που συμβάλλουν στον εμπλουτισμό των χαλαρών υλικών των ορεινών λεκανών της Όσσας.

Β. Ενότητα Αμπελακίων: Οι μπλέ σχιστόλιθοι της ενότητας Αμπελακίων κατατάσσονται στην κατηγορία των υδατοστεγανών σχηματισμών. Η λιθολογία σε σχέση με τη δομή και την τεκτονική καταπόνηση αυξάνει τοπικά το δευτερογενές πορώδες τους έτσι που αυτοί να συμπεριφέρονται σαν ημιπερατοί σχηματισμοί. Αυτό παρατηρείται κυρίως στα μεσαία και ανώτερα μέλη τους όπου επικρατούν οι γνεύσιοι και οι πρασινίτες. Εξαιτίας του συμπαγούς χαρακτήρα τους στους λιθότοπους αυτούς αναπτύσσεται ένα εκτεταμένο σύστημα διακλάσεων που αυξάνουν την περατότητα τους. Στην περιοχή ανάπτυξης των μπλέ σχιστολίθων εντοπίζονται 107 αναβλύσεις με παροχές που κυμαίνονται μεταξύ 0,1 l/s και 3,2 l/s.

Γ. Ενότητα Πελαγονικής παρουσιάζει μεγάλη λιθολογική ποικιλία των σχηματισμών που την συγκροτούν και διαμορφώνονται τοπικά διαφορετικές υδρογεωλογικές συνθήκες. Αυτές σχετίζονται κυρίως με τις ενστρώσεις και τους φακούς ανθρακικών πετρωμάτων, τη δομή και το πάχος τους και την τεκτονική καταπόνηση. Τα γνευσιακά πετρώματα χαρακτηρίζονται ως ημιπερατοί σχηματισμοί εξαιτίας των ανοικτών συστημάτων διακλάσεων που παρουσιάζουν. Οι σημαντικότερες ρηγματογόνες ζώνες κατά μήκος των οποίων οι γνεύσιοι αποκτούν υψηλό δευτερογενές πορώδες είναι η ζώνη "Συκουρίου-Σπηλιάς-Στομίου" και "Καρίτσας-Μεγαλόβρυσου-Αγιάς" (Σχ. 5). Οι ανθρακικές ενστρώσεις των Νεοπαλαιοζωικών-Μεσοτριαιδικών σχηματισμών παρουσιάζουν τοπικά αυξημένο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Ο τοπικός τους χαρακτήρας έχει άμεση σχέση με τη δομή, το πάχος τους, το οποίο παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις από λίγα μέχρι και 30 μέτρα, τις εσωτερικές ολισθήσεις και τις επιπτεύσεις που προκαλούν συχνές πλευρικές αποσφηνώσεις. Έτσι, πηγές ή και υπόγεια νερά που διακινούνται μέσα από αυτές τις ενστρώσεις και τροφοδοτούν πλευρικά τους τεταρτογενείς σχηματισμούς των λεκανών απαντώνται στην περιοχή μεταξύ Μαρμαρινής-Μεταξοχωρίου στα νότια πρηνή της Όσσας. Η παροχή των πηγών κυμαίνεται μεταξύ 2,8 και 8,5 l/s. Οι παροχές των πηγών που τροφοδοτούνται από γνεύσιους και γνευσιοσχιστόλιθους κυμαίνονται μεταξύ 0,1-1,1 l/s. Οι σχηματισμοί του Προανωκρητιδικού καλύμματος είναι υδατοστεγανοί έως ημιπερατοί σχηματισμοί. Τα μετα-ιζήματα, κυρίως σχιστόλιθοι που περιέχουν μικρού πάχους ενστρώσεις κερατολίθων και ασβεστόλιθων, αποτελούν την βάση του καλύμματος. Στα πετρώματα αυτά εντοπίζονται 32 μικρές αναβλύσεις με παροχές που κυμαίνονται μεταξύ 0,1-0,5 l/s. Εξαιρέση αποτελούν οι υπερβασικές μάζες, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν ως υδαταποθήκες, κυρίως σε περιοχές όπου επικρατεί η συγκλιτική δομή. Το υπόβαθρο τους είναι οφιολιθικοί σχηματισμοί ή σχιστοποιημένες ζώνες σερπεντινίτη. Στα υπερβασικά πετρώματα εντοπίζονται 74 πηγές χαμηλής απόδοσης και με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0,1-2,3 l/s. Οι Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι-μάρμαρα που εμφανίζονται στα ανατολικά και νότια πρηνή της Όσσας, παρουσιάζουν έντονη καρστικοποίηση και αποτελούν μικρής δυναμικότητας υδαταποθήκες εξαιτίας περιορισμένης ανάπτυξης τους. Εντοπίζονται 15 καρστικές πηγές με παροχές που κυμαίνονται από 1,5-32,5 l/s.

6 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Τα υπόγεια νερά παρουσιάζουν χαρακτηριστικές ποιοτικές διαφορές, οι οποίες σχετίζονται με την λιθολογική σύσταση του υδροφορέα (Πίν. 1). Τα νερά των ανθρακικών σχηματισμών παρουσιάζουν μέση τιμή συγκέντρωσης διαλυμένων αλάτων 405 mg/l, είναι σχεδόν σκληρά 13,1 °dH και ανήκουν στην υδροχημική κατηγορία των Ca-HCO₃. Αντίθετα τα νερά των μεταμορφωμένων σχηματισμών εμφανίζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε διαλυμένα άλατα 214-283 mg/l, είναι σχεδόν μαλακά έως μέτρια σκληρά (7,2-10,1 °dH) και ανήκουν στις υδροχημικές κατηγορίες Ca-HCO₃, Ca-Mg-Na-HCO₃ και Ca-Mg-Cl-SO₄-HCO₃. Εξαιρέση αποτελούν οι πηγές μεταλλικών νερών στην περιοχή Καρίτσας της α/κής Όσσας (Κόκκινα Νερά), που είναι πλούσια σε διαλυμένα ιόντα 2310 mg/l, αέρια 880 mg/l CO₂ και υψηλή συγκέντρωση σιδήρου 2,3 ppm. Το μεταλλικό νερό χαρακτηρίζεται ως Fe-CO₂ / Ca-Mg-HCO₃ (Stamatis 1999). Αναφορικά ως προς την καταλληλότητα των νερών για υδρευτική χρήση, τα νερά είναι καλής ποιότητας καθότι οι τιμές συγκέντρωσης των χημικών παραμέτρων κυμαίνονται εντός των επιτρεπτών ορίων που έχουν καθορισθεί από τις Οδηγίες της ΕΕ. Παρότι το ανόργανο φορτίο των πηγών βρίσκεται σε ικανοποιητικά χαμηλά επίπεδα, η εμφάνιση

οργανικών ρύπων στις καρστικές πηγές (πληροφορία κ. Δημάρχου Ομόλιου), καθιστούν επιτακτική ανάγκη την λήψη μέτρων προστασίας τους.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα υδροχημικών αναλύσεων (μέση τιμή)

Υδροφορέας	Ανθρακικά	Μπλε Σχιστόλ.	Γνεύσιοι	Μετα-Φλύσχης	Μετα-Ιζήματα	Μετα-Βασίτες	Μεταλλικά Κόκ. Νερά
Αρ. πηγών	9	13	5	12	2	7	1
Θερμκρασία °C	13,1	12,2	12,7	12,2	13,4	11,8	14,5
Αγωγιμότη. μS/cm	526	287	369	292	330	387	2447
pH	7,2	7,1	7,3	7,1	7,5	7,6	5,3
CO ² (mg/l)	18	11	9	12	7	8	880
Σκληρότητα (°dH)							
-Ολική "	14,3	7,2	9,2	7,5	8,1	10,1	85,2
-Παροδική "	12,7	6,1	7,5	6,6	7,2	8,4	80,4
-Μόνιμη "	1,6	1,1	1,7	0,9	0,9	1,7	4,8
Κατίοντα (mg/l)							
-Ca ²⁺ "	75,8	32,8	45,4	40,6	36,7	28,8	408,0
-Mg ²⁺ "	16	11,5	12,3	7,8	12,8	26,6	121,7
-Na ⁺ "	6,3	6,6	8,7	5,5	9,2	5,8	8,4
-K ⁺ "	0,6	0,5	0,5	0,4	1,2	0,6	1,5
Ανιόντα (mg/l)							
-HCO ₃ ⁻ "	276,8	134,1	164,7	142,6	155,6	184,3	1750,7
-Cl ⁻ "	14,6	15,7	21,7	13,6	19,5	16,7	14,2
-SO ₄ ²⁻ "	13,7	11,4	20,1	12,4	10,5	18,5	4,0
-NO ₃ ⁻ "	1,2	1,7	1,3	1,2	1,5	1,3	0,5
-PO ₄ ³⁻ "	0,13	0,13	0,17	0,18	0,2	0,06	0,0
Ιχνοστοιχεία (ppm)							
-Fe "	0,11	0,13	0,14	0,16	0,15	0,19	2,30
-Mn "	0,02	0,06	0,08	0,06	0,02	0,09	0,02
TDS (mg/l)	405	214	275	224	247	283	2310

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την αξιολόγηση των γεωλογικών, λιθολογικών, τεκτονικών και υδρογεωλογικών στοιχείων διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

- Άμεση σχέση μεταξύ της τεκτονικής δομής και της υδροφορίας των συμπαγών σχηματισμών της Όσσας. Η αντικλινική δομή και οι ζώνες έντονης διάρρηξης καθορίζουν τις διευθύνσεις των υπόγειων ροών.
- Εμφάνιση σημαντικού αριθμού πηγών και ταυτόχρονα μεγάλη διασπορά εξαιτίας της έντονης τεκτονικής παραμόρφωσης των σχηματισμών.
- Έντονη καρστικοποίηση των ανθρακικών πετρωμάτων, εντός των οποίων φιλοξενείται ένας κατώτερος υδροφόρος ορίζοντας μεγάλου ενδιαφέροντος. Η εκτόνωση του καρστικού νερού συντελείται μέσω των πηγών των Τεμπών, ενώ ένα ποσοστό αυτού διοχετεύεται πιθανά στο Αιγαίο πέλαγος.
- Ικανοποιητική κυκλοφορία του υπόγειου νερού μέσα από το δευτερογενές πορώδες των μεταμορφωμένων σχηματισμών των καλυμμάτων, εντός των οποίων αναπτύσσεται γενικά ένας ανώτερος υδροφορέας.
- Αρκετά καλή ποιοτική σύσταση των υπόγειων νερών που μπορούν να καλύψουν υδρευτικές και αρδευτικές τοπικές ανάγκες. Η τρωτότητα του καρστικού υδροφορέα συνεπάγεται την λήψη απαραίτητων μέτρων προστασίας του.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Κατσικάτσος Γ., Μιγκίρος Γ. και Παπαζέτη Ε., 1980. Γεωλογική χαρτογράφηση Φύλλου Ραψάνη, 1:50 000. – ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Κατσικάτσος Γ., Βιδάκης Μ., Μιγκίρος Γ. και Παπαζέτη Ε., 1981. Γεωλογική χαρτογράφηση Φύλλου Πλατύκαμπος, 1:50 000. – ΙΓΜΕ, Αθήνα.

- Κατσικάτσος Γ., Μιγκίρος Γ. & Παπαζέτη Ε., και 1987. Γεωλογική χαρτογράφηση Φύλλου Καρίτσα, 1:50 000. – ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Κατσικάτσος Γ. (1992): Γεωλογία της Ελλάδας.
- Μιγκίρος Γ., Βιδάκης Μ., Παπαζέτη, Ε. και Σκούρτση-Κορωναίου Β., 1984. Γεωλογική χαρτογράφηση Φύλλου Αγιά, 1:50 000. –ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Μιγκίρος Γ., Παυλόπουλος Α., Σταμάτης Γ. και Τσαγκαλίδης Α., 1992. Πρότυπη έρευνα σχεδιασμού μικρών ταμιευτήρων στις περιοχές Λιβαδότοπος και Κούτρα/Κοινότητας Αμπελακίων-Ν. Λαρίσης. -Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργ. Ορυκτολογίας-Γεωλογίας, αδημοσίευτη έκθεση, 107 σελ., Αθήνα.
- Μιγκίρος Γ., Παυλόπουλος Α., Σταμάτης Γ., Τσαγκαλίδης Α., Παρχαρίδης Ι., και Αντωνίου Β., 1994. Υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής Ολύμπου-Κάτω Ολύμπου-Όσσας (ΒΑ Θεσσαλία). - Εργαστήριο Ορυκτολογίας-Γεωλογίας του Γ.Π.Α, αδημοσίευτη έκθεση, 106 σελ., Αθήνα.
- Μιγκίρος Γ., Σταμάτης Γ. & Παυλόπουλος Α., 1995. Διαχείριση ορεινών λεκανών Ολύμπου-Κάτω Ολύμπου-Όσσας/Αν. Θεσσαλία. -2ο Εθν. Συν. ΕΕΔΥΠ, Αθήνα, Ιανουάριος 1995, Πρακτικά Συν. σελ.103-111, Αθήνα.
- Τσαγκαλίδης Α., 1990. Πετρολογική μελέτη περιοχής Όσσας/Θεσσαλίας. –Διδακτορική διατριβή, Γενικό Τμήμα, Γ.Π.Α, 216 σελ. Αθήνα.
- Caputo, R. and Pavlidis, S., 1993. Neotectonics and structural evolution of Thessaly, Central Greece. - Bull. Geol. Soc. of Greece, XXV/3, 119-133, Athens.
- Doutsos Th., 1979. Zur Plio-Pleistozänen Tektonik OstßThessaliens. -Ann. Geol. Pays Hellen. 1:333-343.
- Doutsos Th. (1984): Structural Analysis of Central Hellenic Nappes. –N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 168-1:1-22.
- Godfriaux, I., 1968. Etude geologique de la region de l' Olympe (Grece). –Ann. Geol. Pays Hellen., 19 :1-283.
- Kilias A. (1991): Transpressive Tektonik in den zentralen Helleniden, Änderung der Translationspfade durch die Transpression (Nord-Zentral-Griechenland). -
- Stamatis, G., 1999. Hydrochemische Untersuchungen der Grundwässer von Ossa/E-Thessalien (Zentral-Griechenland).-Z. d. Hydrogeologie und Umwelt H18:8/1-26, Würzburg, Germany.

ABSTRACT

THE RELATIONSHIP BETWEEN FRACTURED TECTONIC AND GROUNDWATER RESERVOIR OF MASSIVE FORMATIONS OF OSSA MOUNTAIN (E. THESSALY, GREECE)

Stamatis G. and Migiros G.

Institute of Mineralogy-Geology, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, 118 55 Athens, stamatis@aua.gr, bagm@aua.gr

Ossa mountain is an area of great hydrogeological interest due to its geological structure. In this Paper the massive lithological formations and the tectonic structure are presented in relation to the forming of Ossa hydrogeological conditions. The groundwater flow directions are directly depended on the dominant anticline structure of Ossa mountain. The observing of field measurements as well as the processing of aerial photos revealed some transversal zones of high fracture. A great amount of groundwater is moving through some main zones of NNE direction as well as some secondary zones of N-S and E-W directions. A direct relationship is shown between tectonical structures and springs. The hydrochemical character of aquifers are presented through chemical analysis. Specifically, the detected Ca-HCO₃ reveals waters from karstic formations, while Ca-Mg-HCO₃, Ca-Mg-Na-HCO₃ reveals origins from metamorphic formations.