ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ &
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής &
Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΟΥ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΧΗΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

ΠΟΤΑΜΙΑΝΟΥ ΜΑΡΙΝΑ
Α.Μ. 21521

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Αθήνα, 2018

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ «ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ»

ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

«ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ – ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΟΥ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΧΗΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ»

της ΜΑΡΙΝΑΣ ΠΟΤΑΜΙΑΝΟΥ

Α.Μ.: 21521

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Ιωάννης Παπανικολάου, Αναπληρωτής Καθηγητής Γ.Π.Α. (Επιβλέπων)
2. Γεώργιος Σταμάτης, Καθηγητής Γ.Π.Α.
3. Στυλιανός Λόζιος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α.

Αφιερωμένο

στους γονείς μου

"Water is the driving force

of all nature"

Leonardo da Vinci

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή με τίτλο «Υδρογεωλογική – Υδροχημική μελέτη των πηγών των μεταμορφωμένων σχηματισμών του ορεινού συγκροτήματος της Όχης και η σχέση τους με την τεκτονική δομή» ανατέθηκε από τον Τομέα Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α. σε συνεργασία με τον Τομέα Γεωλογικών Επιστημών και το Εργαστήριο Γεωλογίας & Ορυκτολογίας του τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής του Γ.Π.Α. Η εργασία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την αμέριστη συμπαράσταση και την ουσιαστική βοήθεια μιας ομάδας ανθρώπων, οι οποίοι με στήριξαν ηθικά και επιστημονικά.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω ευχαριστίες στα *μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής*, οι οποίοι με μύησαν στον κόσμο της Τεκτονικής Γεωλογίας και της Υδρογεωλογίας. Έδειξαν υπομονή, επιμονή και κατανόηση, με καθοδήγησαν και μου πρόσφεραν όλα τα απαραίτητα εφόδια για τη διαμόρφωση επιστημονικής σκέψης και ολοκληρωμένης παιδείας με «γνώμονα» το τεκμηριωμένο αποτέλεσμα. Πιο συγκεκριμένα, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον Αναπληρωτή Καθηγητή του Γ.Π.Α. και επιβλέποντα της διπλωματικής αυτής, τον κ. **Ι.Παπανικολάου**. Είχα την τιμή να τον γνωρίσω κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών και είμαι ευγνώμων για την υπομονή, την συνεχή καθοδήγηση, τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις του. Ήταν πάντα πρόθυμος και συνεργάσιμος, με ενθάρρυνε να εμβαθύνω στον κλάδο της «Τεκτονικής» και με κατεύθυνε στις μετρήσεις υπαίθρου, ώστε να προχωρώ με τέτοιο τρόπο, διευρύνοντας κάθε φορά το γνωστικό μου αντικείμενο. Επιπλέον, μου παρείχε τη δυνατότητα να εκπαιδευτώ και να εξετάσω δείγματα νερού στη μέθοδο της φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος αργού (ICP-OES) στο εργαστήριο Γεωλογίας & Ορυκτολογίας του Γ.Π.Α.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά, τον Καθηγητή του Γ.Π.Α., τον κ. **Γ.Σταμάτη**, για τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε τόσο στο γραφείο, όσο και στην ύπαιθρο. Πάντα διαθέσιμος να αφουγκραστεί τους προβληματισμούς και τις ανησυχίες μου, να μοιραστεί την εμπειρία του μαζί μου και να με καθοδηγήσει ορθά για την καλύτερη δυνατή διεκπεραίωση της υδρογεωλογικής – υδροχημικής μελέτης. Με εμπιστεύτηκε, δίνοντας μου πρόσβαση σε εργαστηριακό εξοπλισμό και ήταν δίπλα μου στη δειγματοληψία νερού και στις χημικές αναλύσεις στο εργαστήριο Γεωλογίας & Ορυκτολογίας του Γ.Π.Α. Με τις υδροχημικές αναλύσεις των δειγμάτων μου μέσω των τιτλοδοτήσεων, της φασματοφωτομετρίας και της φλογοφωτομετρίας, μου έδωσε την δυνατότητα να αναπτύξω ικανότητες και να μάθω να διαχειρίζομαι σωστά τις συγκεκριμένες τεχνικές – μεθόδους. Η συμβολή του ήταν καθοριστική στην αποπεράτωση της παρούσας διατριβής.

Ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στο τρίτο μέλος της επιτροπής μου, τον Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Κ.Π.Α., τον κ. **Σ.Λόζιο**, για τη δημιουργική συνεργασία, το συμβουλευτικό του έργο, την στήριξη και την χορήγηση βιβλιογραφίας. Ήταν συνεχές το ενδιαφέρον του για την παρούσα προσπάθεια και ήταν πάντα πρόθυμος να απαντήσει στις όποιες απορίες μου. Χρήσιμες ήταν οι γνώσεις και οι υποδείξεις του σε θέματα «Τεκτονικής» σε όλα τα χρόνια της ακαδημαϊκής μου πορείας στο τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος.

Σημαντική ήταν και η συμβολή του κ. **Ε.Ψωμιάδη**, ΕΔΙΠ στο εργαστήριο του Γ.Π.Α, τον οποίο και ευχαριστώ πολύ για την χορήγηση ψηφιακών δεδομένων και την καθοδήγηση του σε θέματα του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.).

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Κ.Π.Α., τον κ. **Ε.Βασιλάκη**, για την παραχώρηση της έρευνας του, τη διάθεση, τις συμβουλές και τη βοήθεια του λόγω της εμπειρίας και της γνώσης του για την περιοχή της Καρύστου.

Ολόψυχες ευχαριστίες οφείλω στον Ομότιμο Καθηγητή του Ε.Κ.Π.Α., τον κ. **Δ.Παπανικολάου**, για την παραχώρηση βιβλιογραφίας από την προσωπική του συλλογή, καθώς και για τις γνώσεις, που μου μεταλαμπάδευσε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ θερμά την Μεταπτυχιακή φοιτήτρια του Γ.Π.Α., **Κ.Κοντογεωργίου** και τον Υποψήφιο Διδάκτορα του Γ.Π.Α., **Γ.Δεληγιαννάκη**, για τις γνώσεις και την εκπαίδευση στη μέθοδο της φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος αργού (ICP-OES). Έδειξαν ενδιαφέρον και προθυμία να με εξυπηρετήσουν στις χημικές μου αναλύσεις και συνεργαστήκαμε επιτυχώς σε ένα ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον.

Κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στο τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος είχα την τιμή να γνωρίσω καταξιωμένους Επιστήμονες, τους οποίους και θα ήθελα να ευχαριστήσω, διότι συνετέλεσαν ο καθένας με τον δικό του ξεχωριστό τρόπο για την απόκτηση γνώσεων και εμπειριών, για την δυνατότητα συνεργασίας μαζί τους, καθώς και για την ανθρώπινη – φιλική διάθεση που μου έδειξαν σε όποια στιγμή χρειάστηκα τη βοήθεια τους.

Τέλος, ένα τεράστιο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένεια μου και τους φίλους μου για την υπομονή τους όλα αυτά τα χρόνια. Ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου για την ηθική και οικονομική τους στήριξη σε κάθε προσπάθεια μου και ιδιαίτερα τον πατέρα μου, που με υπέμεινε, με βοήθησε και ήταν συνοδοιπόρος σε αυτό το ταξίδι της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιοχή μελέτης εστιάζεται στο ορεινό συγκρότημα της Όχης, στο νότιο τμήμα της νήσου Ευβοίας, το οποίο δομείται από υψηλής πίεσης μεταμορφωμένους σχηματισμούς των καλυμμάτων Στύρων και Όχης, που αντιστοιχούν στους Κυανοσχιστόλιθους των Κυκλάδων. Η επώθηση της Όχης αποτελεί την τεκτονική επαφή μεταξύ του υποκείμενου καλύμματος Στύρων και του υπερκείμενου της Όχης. Γκρι και λευκά μάρμαρα με φυλλοπυριτικά ορυκτά (σιπολίνες), σχιστόλιθοι (μαρμαρυγιακοί, χαλαζιακοί, αμφιβολιτικοί, επιδοτιτικοί), γνεύσιοι και μεταοφιολιθικό σύμπλεγμα από μεταιζήματα, βασικά και υπερβασικά πετρώματα συνθέτουν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής. Διάφοροι τύποι πτυχών (ισοκλινής, κεκλιμένη, περιοδική, κλειστή, πτυγματική, γωνιώδης), ρήγματα και διακλάσεις αποτελούν τις τεκτονικές δομές του ορεινού συγκροτήματος της Όχης, ως απόρροια της όλκιμης και θραυσιγενούς παραμόρφωσης. Δύο κύριοι άξονες πτυχών και τρία συστήματα ρηγμάτων αναγνωρίστηκαν στο νότιο τμήμα του ανατολικού ρηξιτέμαχους του ρήγματος αποκόλλησης Αττικής – Οκτωνιάς, που φέρει διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ. Η κύρια διεύθυνση πτύχωσης είναι ΒΑ-ΝΔ, παράλληλα στην μεγα – αντικλινική δομή της Όχης, ενώ υφίσταται και τοπικά διεύθυνση άξονα πτυχών ΒΒΔ-ΝΝΑ. Ο σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης αφορά την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και της υδροχημείας των πηγών σε σχέση με τις τεκτονικές δομές, που απαντούν στο ορεινό συγκρότημα της Όχης. Περισσότερες από 80 πηγές χαρτογραφήθηκαν στο ΝΑ σκέλος της μεγα-αντικλινικής δομής της Όχης, με την πλειοψηφία να απαντά μέσα στη σχιστολιθική μάζα, ενώ οι υπόλοιπες στην επαφή μαρμάρων – σχιστόλιθων. Η ροή του υπόγειου νερού ελέγχεται από τα ΒΔ- και ΒΑ- διευθύνσεως ρήγματα, ενώ οι παροχές των πηγών από μικρότερης κλίμακας δομές, όπως είναι οι πτυχές και οι διακλάσεις. Με βάση την υψηλή τιμή παροχής, επιλέχθηκαν 22 πηγές για υδροχημικές αναλύσεις. Επιτόπου μετρήθηκαν η θερμοκρασία του υπόγειου νερού τους (°C), η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH), το δυναμικό οξειδοαναγωγής (mV), η ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm) και το σύνολο των διαλυμένων στερεών (mg/l). Με τις εργαστηριακές μεθόδους τιτλοδότησης, φασματοφωτομετρίας και φλογοφωτομετρίας εξετάστηκε η σκληρότητα (ολική, ανθρακική και μόνιμη), καθώς και τα κύρια και δευτερεύοντα ιόντα. Τέσσερα (4) αντιπροσωπευτικά δείγματα επιλέχθηκαν για ανάλυση βαρέων μετάλλων και επιλεγμένων ιχνοστοιχείων μέσω της μεθόδου φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος. Μέσω της υδρολιθολογίας, οι πηγές συνδέονται με δύο κύριους τύπους υδροφόρων συστημάτων. Στο καρστικό σύστημα ανήκουν οι πηγές 1, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14 και 15, οι οποίες φέρουν Ca – HCO_3 τύπο νερού – φρέσκα νερά φυσικής αναπλήρωσης και εμπλουτισμού. Οι υπόλοιπες αντιστοιχούν στο υδροφόρο σύστημα των διερρηγμένων σχηματισμών με μικτό τύπο νερού (Na-Ca-Mg-HCO3-Cl). Η χαμηλή υδροπερατότητα του οφείλεται στο δευτερογενές πορώδες, που έχει διαμορφωθεί κατά τη δράση ρηγμάτων και διακλάσεων. Οι υδροχημικές αναλύσεις παρουσίασαν, πως τα κυρίαρχα κατιόντα είναι το ασβέστιο (Ca^{++}) και το νάτριο (Na^{+}) , ενώ ως προς τα ανιόντα η οξυ-ανθρακική ρίζα (HCO_3^{-}) και το χλώριο (Cl^{-}). Ο αλκαλικός χαρακτήρας των υπόγειων νερών προκύπτει από τις τιμές του pH (7.2 – 8.4). Ο εμπλουτισμός σε στοιχεία των υπόγειων νερών προέρχεται από το γεωλογικό υπόβαθρο μέσα στο οποίο διακινούνται ή/κ΄ αποθηκεύονται (εμπλουτισμός από ανθρακικά και πυριτικά ορυκτά) και σε πολύ μικρό έως αμελητέο βαθμό επηρεάζονται από ανθρωπογενείς παράγοντες (αγροτική

δραστηριότητα, βοσκοτόπια, λατομεία). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τρεις νοτιότερες πηγές από το Μετόχι έως τον Πλατανιστό – 11, 12 και 16 – όπου εξαιτίας της γειτνίασης τους με την ανοιχτή θάλασσα του Αιγαίου, παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις σε νάτριο (Na), χλώριο (Cl) και θειικά (SO_4) (θαλάσσια αερολύματα). Οι αναλύσεις μέσω φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος αργού για την πηγή της Όχης (18) παρουσιάζουν την επιρροή της ορυκτολογικής σύστασης και των κοιτασμάτων των οφιόλιθων της Όχης, μέσα από τις συγκεντρώσεις των στοιχείων μαγγανίου (Mn), σιδήρου (Fe), αργιλίου (Al), νικελίου (Ni), κοβαλτίου (Co), χρωμίου (Cr), αρσενικού (As) και φωσφόρου (P). Ο ποιοτικός έλεγχος σύμφωνα με το διάγραμμα Richards και με τα σταθερότυπα ποσιμότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατέδειξε κατάλληλα νερά για άρδευση και ύδρευση, αντίστοιχα. Οι γεωλογικές τομές έχουν ως στόχο να συνδυάσουν την λιθολογία και την τεκτονική με το είδος και την παροχή των πηγών. Από τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης έρευνας προκύπτει, ότι η τεκτονική δομή έχει δράσει καθοριστικά, τόσο στον τύπο και την υδροχημεία των πηγών, όσο στη θέση εκδήλωσης τους και στην παροχή τους.

Λέξεις κλειδιά: μεταμορφωμένα πετρώματα, καρστικές πηγές, υδροφόρο σύστημα διερρηγμένων σχηματισμών, κατείσδυση, τεκτονικές δομές.

ABSTRACT

The study area is located in the southern part of the Euboea Island, specifically in the Ochi mountain complex. Two high-pressure tectonic units of the Cycladic Blueschist Unit (CBU), the Styra and the overlying Ochi nappe, are separated by the Ochi thrust. The mountain complex is dominated by crystalline formations of relatively gray and white colour (marbles) with silicate intercalations (silex) of phyllosilicate minerals (sipolines), a variety of schists (mica, glaucophane, quartz, hornblende, epidote), gneisses and meta-ophiolitic mélange composed of metasediments, metabasic and meta-ultrabasic rocks. Many types of folds (isoclinal, inclined, periodic, sheath, ptygmatic, chevron), faults and joints that have been distinguished in the South Evia have been forced by both, the ductile and brittle regime. Two main fold axes and three systems of faults characterize the eastern block of the NNE-SSW detachment fault – Attica/Octhonia fault. The main fold axis is trending NE-SW, parallel to the Ochi's mega-anticline structure, but also in certain positions fold axis of NNW-SSE direction are also traced. The scope of this thesis is to study the hydrogeological conditions and the hydrochemistry of springs in relation to the tectonic pattern. More than 80 springs were mapped at the south-eastern limb of the Ochi's mega-anticline, with the overwhelming majority of them being embedded in schists, while the rest are located in the contact between marbles and schists. Groundwater flow is governed by the NE and NW trending faults as evidenced by the location of the springs, while their discharge rate is controlled by the small-scale tectonic structures, such as, folds and fractures. 22 springs with the highest discharged rates have been studied regarding their hydrological characteristics. Temperature (°C), pH, redox potential (mV), electrical conductivity (μS/cm) and total dissolved solids (mg/l) were measured in situ. Hardness (total, calcium and temporal), primary and secondary ions were analyzed by the methods of titration, spectrophotometry and flame photometry. Heavy metals and selected trace elements were analyzed by the method of inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) in four representative samples. The springs are associated with two main types of aquifer systems. Karst aquifer is highly productive groundwater system, often associated with conduit flow. Springs 1, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14 and 15 belong to this aquifer system and they have Ca-HCO_3 type of water- fresh water with natural enrichment and renewal. The lowest discharge rates correspond to the fissured rock aquifer, where the secondary porosity forms a low permeability to schists, ophiolites and gneisses. This aquifer system has a mixed water type (Na-Ca-Mg-HCO_3-Cl). Ca^{++} and Na^{+} are the dominating cations and HCO_3^{-} and Cl^{-} are the dominating anions. The sampling water is characterized as alkaline because of 7.2 - 8.4 pH values. According to the hydrogeochemical analysis, element enrichment of the water is mainly the result of the geological background effect (carbonate and silicate minerals) and in a lesser extends to anthropogenic factors (agricultural activities, pastures, quarries). There is an exception to the southern springs of Metochi – Platanistos (11, 12 and 16), where high concentrations of sodium, chloride and sulphate ions indicate proximity to the sea (aerosols). The trace elements (Mn, Fe, Al, Ni, Co, Cr, As, P) concentrations of the spring 18 show the effect of the mineral composition and ore deposits in the ophiolitic rocks of Ochi. The water quality through the Richards chart and compared with E.C. limits indicates suitability both for irrigation and human consumption. The geological cross sections are intended to connect lithology

and tectonic structure with the type and discharge rate of the springs. Finally, the combined use of geological data, in situ measurements, tectonic analysis and hydrogeological study contribute to extract the relation between the hydrochemical and hydrolithological conditions and the way that the tectonic pattern of fissured rocks affects the groundwater flow, storage and occurrence.

Keywords: metamorphic rocks, karst springs, fissured aquifer, infiltration, tectonic structures.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ 6
ABSTRACT 8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ο} ΕΙΣΑΓΩΓΗ 12
1.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ 12
1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 14
1.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ο} ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 17
2.1. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ 17
2.2. NATURA 2000 20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ο} ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ 22
3.1. ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΟΧΗΣ 22
3.2. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ 27
3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΑΡΥΣΤΙΑΣ 28
3.3.1. Υπο-λεκάνη απορροής Λάλα(ς) 29
3.3.2. Υπο-λεκάνη απορροής Μύλων 31
3.3.3. Υπο-λεκάνη απορροής Αετού 32
3.3.4. Υπο-λεκάνη απορροής Μετοχίου 34
3.3.5. Υπο-λεκάνη απορροής Πλατανιστού 36
3.3.6. Υπο-λεκάνες απορροής Αντιάς και Κομίτου 37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο} ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ 39
4.1. ΓΕΝΙΚΑ 39
4.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΟΧΗΣ 44
4.2.1. Ενότητα Στύρων 44
4.2.2. Ενότητα Όχης 44
4.3. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΤΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ 50
4.4. P-T ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ 54
4.4.1. Μεταμορφικό γεγονός M1 54
4.4.2. Μεταμορφικό γεγονός M2 55
4.5. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΤΑΦΗΣ ΤΩΝ HP-LT ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ 57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ο} ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ 62
5.1. ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΠΩΘΗΣΕΙΣ 62
5.2. ΠΤΥΧΕΣ 64
5.2.1. Ταξινόμηση πτυχών με βάση την γωνία των σκελών 68
5.2.2. Ταξινόμηση με βάση το αξονικό επίπεδο και τη βύθιση του άξονα 69
5.2.3. Άλλα είδη πτυχών 69
5.2.4. Προσδιορισμός και ανάλυση δεδομένων υπαίθρου 71
5.3. ΡΗΓΜΑΤΑ 77
5.4. ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ 83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ο} ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ 90
6.1. ΕΙΔΗ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΟΥΣ 90
6.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 92
6.2.1. Θερμοκρασία σε °C 94
6.2.2. Βροχόπτωση σε mm 100

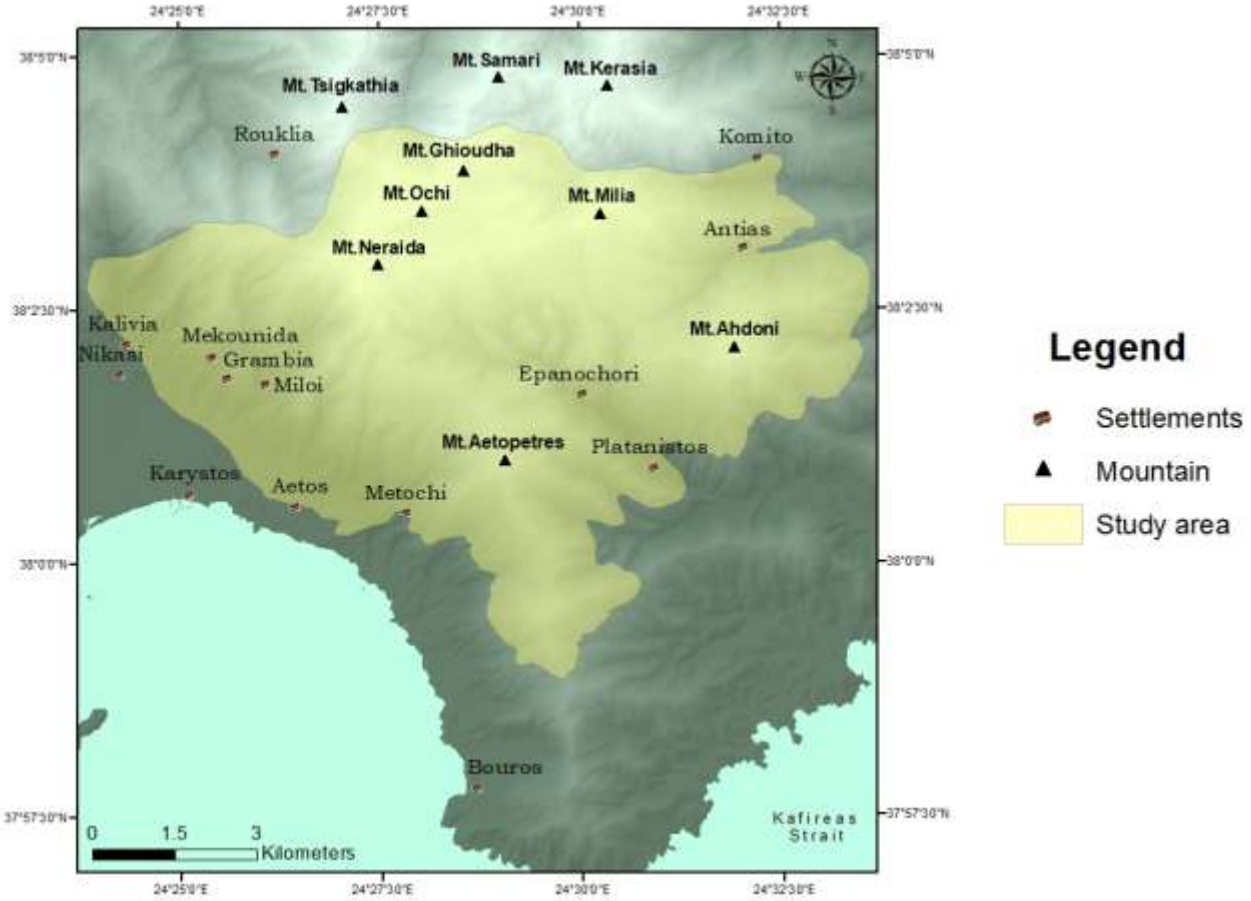
6.2.3. Εκτίμηση Κατείσδυσης 104
6.3. ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ 135
6.4. ΠΗΓΕΣ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΟΧΗΣ 136
6.4.1. Ταξινόμηση πηγών με βάση την υδρολιθολογία 137
6.4.2. Ταξινόμηση πηγών με βάση την τεκτονική 141
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^{ο} ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ 143
7.1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ 143
7.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑΣ 144
7.2.1. Σκληρότητα (Hardness) 144
7.2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity, EC) 144
7.2.3. Σύνολο διαλυμένων στερεών (Total Dissolved Solids, TDS) 144
7.2.4. Δυναμικό οξειδο-αναγωγής (Redox Potential, Eh) 145
7.2.5. Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH) 145
7.3. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ 146
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^{ο} ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ 147
8.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 147
8.1.1. Τιτλοδοτήσεις (Titrations) 150
8.1.2. Φασματοφωτομετρική απορρόφηση (Spectrophotometry) 150
8.1.3. Φλογοφωτομετρία (Flame photometry) 151
8.1.4. Φασματομετρία οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος Αργού (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry) 152
8.2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΠΗΓΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ 153
8.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ 181
8.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ICP-OES 182
8.5. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΓΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 185
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^{ο} ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 188
9.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ 188
9.2. ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 189
9.2.1. Διαγράμματα “STIFF” 189
9.2.2. Διάγραμμα “PIPER” 196
9.2.3. Διάγραμμα “DUROV” 197
9.2.4. Διάγραμμα “RICHARDS” 199
9.3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ 201
9.4. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ/ΕΝΩΣΕΩΝ 206
9.4.1. Για κύρια χημικά στοιχεία 206
9.4.2. Για λοιπά χημικά στοιχεία ή ενώσεις 208
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^{ο} ΣΥΖΗΤΗΣΗ 210
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^{ο} ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 225
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 228
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 236

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ο} ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ

Εικόνα 1.1: Όρια Καλλικράτη, με ροζ χρώμα η επαρχία της Καρυστίας (δεδομένα από geodata.gov.gr).

Σε ένα σπάνιο μείγμα νησιωτικού και ορεινού τοπίου, που ορίζει το νότιο τμήμα της Εύβοιας, η περιοχή μελέτης εστιάζεται στην επαρχία Καρυστίας και συγκεκριμένα εκτείνεται από τα βόρεια/βορειοδυτικά της ομώνυμης πόλης, χωριό Καλύβια, έως τα ανατολικά, τον οικισμό του Κομίτου, καταλαμβάνοντας συνολική έκταση 78.9km^2 (Εικ.1.2).



Εικόνα 1.2: Περιοχή μελέτης από τον οικισμό Καλύβια έως το χωριό Κόμιτο.

Στο πλούσιο ανάγλυφο του ορεινού συγκροτήματος της Όχης, που σβήνει απότομα προς τα ανατολικά, στο ακρωτήρι του Καφηρέα, γνωστό και ως «Κάβος του Χρυσού» (Cavo D΄Oro), αναπτύσσεται ο μικρόκοσμος μιας μοναδικής πολιτισμικής κληρονομιάς αλλά και μιας άγριας φυσικής ομορφιάς, η οποία επάξια καταλαμβάνει μια θέση στο πρόγραμμα NATURA 2000. Διασκορπισμένοι μικροί οικισμοί με μισογκρεμισμένους νερόμυλους και τρεχούμενα νερά, άγρια φαράγγια (Αγίου Δημητρίου, Δημοσάρη, Αρχάμπολης και Επανοχωρίου) και δύσβατες βραχώδεις πλαγιές, όπου φιλοξενούνται τα «*Δρακόσπιτα»*, μνημεία ακρίβειας στην κατασκευή και πρωτοτυπίας στη μορφή, οι *«Κύλινδροι»* των ρωμαϊκών λατομείων της *«Καρυστίας Λίθου»*, ο διάσημος «*Καστανόλογγος*», το τελευταίο αμιγές δάσος καστανιάς έκτασης 600στρεμμάτων, το «*σπήλαιο της Αγίας Τριάδας*», με την εύρεση λειψάνων νεολιθικής κατοίκησης, καθώς και το «*Castello Rosso*», το οχυρό φρούριο του 1030 μ.Χ., συνθέτουν το σκηνικό, που εκτυλίσσεται ανάμεσα στη μυθοπλασία και στα κύρια γεγονότα των αιώνων (dimoskarystou.gr).

1.2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο ορεινό συγκρότημα της Όχης, που χαρακτηρίζεται από σχηματισμούς της ΒΔ απόληξης των Κυανοσχιστόλιθων των Κυκλάδων, διασκορπισμένες πυκνές, καταπράσινες «οάσεις» συνηγορούν στην ύπαρξη πηγών, πολλές εκ των οποίων τροφοδοτούν την πόλη της Καρύστου αλλά και μικροοικισμούς της ομώνυμης επαρχίας της. Το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στις υδρογεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες, που επικρατούν, καθώς, επίσης και στον τρόπο διασύνδεσης τους. Οι στόχοι αφορούν την γεωλογική έρευνα, την τεκτονική ανάλυση, την υδρογεωλογική - υδροχημική μελέτη και την σύνθεση των αποτελεσμάτων.

Το αρχικό στάδιο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής περιελάμβανε την καταγραφή των θέσεων των πηγών, που χαρτογραφήθηκαν κυρίως στο ΝΑ σκέλος της μεγα-αντικλινικής δομής της Όχης και την αναγνώριση των γεωλογικών σχηματισμών των καλυμμάτων Στύρων και Όχης, με σκοπό να προσδιοριστεί το είδος τους και έμμεσα ο τύπος των υπόγειων υδροφορέων. Κατά την επιτόπου αυτοψία, στην επαφή των μεταμορφωμένων ανθρακικών πετρωμάτων με της ποικίλης σύστασης σχιστόλιθους εκδηλωνόταν ένα μικρό ποσοστό πηγών. Αντιθέτως, οι περισσότερες καταγραφές πραγματοποιήθηκαν μέσα στη σχιστολιθική μάζα, γεγονός που προκάλεσε το εύλογο ερώτημα για το πώς ένας γενικά χαρακτηριζόμενος, ως αδιαπέρατος σχηματισμός, φέρει πληθώρα πηγών.

Η απάντηση προέκυψε κατά τη φάση εκπόνησης του 2^{ου} σταδίου μελέτης. Όπως, διαπιστώθηκε και θα αναλυθεί λεπτομερώς στα επόμενα κεφάλαια, οι πηγές που εκδηλώνονται μέσα στους σχιστόλιθους είναι απόρροια τεκτονικών δομών, είτε κατά μήκος αξόνων αντικλίνων, είτε ρηξιγενών ζωνών. Ωστόσο, στην υδροπερατότητα και των συγκεκριμένων σχηματισμών συμβάλλουν ενεργά τα συστήματα διακλάσεων, τα οποία κατακερματίζουν τη συμπαγή μάζα διαμορφώνοντας ένα δευτερογενές πορώδες.

Από τις ογδόντα οχτώ (88) καταγραφείσες πηγές του αρχικού σταδίου, επιλέχθηκαν στο 3^{ο} στάδιο με βάση τις υψηλές παροχές, την λιθολογία της περιοχής τροφοδοσίας και την τεκτονική τους θέση, είκοσι δύο (22), για χημικές αναλύσεις των υπόγειων νερών τους. Από τη στιγμή, που πρόκειται για φυσικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται και για την κάλυψη ανθρώπινων αναγκών, κρίθηκε αναγκαία η εξέταση των συγκεντρώσεων των χημικών στοιχείων και ο έλεγχος τους σύμφωνα με την οδηγία 98/83/ΕΚ. Επιπλέον, η μελέτη της υδροχημείας των δειγματοληπτικών πηγών έδωσε την δυνατότητα διαχωρισμού των τύπων υπόγειου νερού, εξακρίβωσης του εμπλουτισμού τους κυρίως από στοιχεία του γεωλογικού υπόβαθρου ή ακόμη και τον βαθμό επηρεασμού τους από εξωτερικούς παράγοντες, όπως την θαλάσσια επίδραση (αερομεταφερόμενα σωματίδια) και την ανθρώπινη παρέμβαση (κτηνοτροφικές μονάδες, λατομεία, αγροτική δραστηριότητα).

1.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία για την υδρογεωλογική – υδροχημική μελέτη των πηγών του ορεινού συγκροτήματος της Όχης και την σχέση τους με την τεκτονική, που είχε ως στόχο την αποτύπωση των πηγών, τον προσδιορισμό των ποιοτικών και ποσοτικών τους χαρακτηριστικών καθώς και την διασύνδεση τους με άξονες πτυχών, ρήγματα και δίκτυα διακλάσεων, περιελάμβανε:

1. Συγκέντρωση κατάλληλων βιβλιογραφικών αναφορών σε σχέση με την εξεταζόμενη περιοχή
2. Χρήσεις γης από πρόγραμμα Corine 2012
3. Μελέτη γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000, φύλλο «Κάρυστος – Πλατανιστός»
4. Μελέτη τοπογραφικών χαρτών, κλίμακας 1:50.000, φύλλα «Κάρυστος», «Πλατανιστός», «Παξιμάδι» και «Γαύριον» και κατασκευή, μέσω του προγράμματος ArcGIS, χάρτη ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (κλίμακας 1:5.000), χαρτών κλίσεων και προσανατολισμού των πρανών (°), χάρτη υδρογραφικού δικτύου (κλίμακας 1:20.000)
5. Αναγνώριση γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαιθρο
6. Αναγνώριση, περιγραφή και μετρήσεις τεκτονικών δομών (άξονες πτυχών, συστήματα ρηγμάτων, δίκτυα διακλάσεων)
7. Προβολή και ανάλυση των διευθύνσεων των τεκτονικών δομών με τη βοήθεια του προγράμματος Stereo32
8. Χαρτογράφηση πηγών και προσδιορισμός του είδους τους μέσω κατασκευής υδρολιθολογικού χάρτη με τη χρήση του προγράμματος ArcGIS
9. Επεξεργασία δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς, που επιβλέπει το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, για την εκτίμηση της κατείσδυσης
10. Υδροχημική μελέτη στις είκοσι δύο (22) πηγές με μετρήσεις πεδίου των φυσικο – χημικών τους χαρακτηριστικών. Η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου – pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής – Eh μετρήθηκε με τη βοήθεια της φορητής συσκευής pH330i/SET, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα - EC, το σύνολο διαλυμένων στερεών – TDS και η θερμοκρασία – T με τη βοήθεια της συσκευής LF330/SET Nr.300 204
11. Μετρήσεις παροχής – Q για τις είκοσι δύο (22) δειγματοληπτικές πηγές
12. Εργαστηριακές αναλύσεις νερού των δειγμάτων μέσω των μεθόδων: τιτλοδοτήσεων, φασματοφωτομετρίας και φλογοφωτομετρίας. Με τις τιτλοδοτήσεις προσδιορίστηκαν η σκληρότητα (ολική και ανθρακική) και οι συγκεντρώσεις ασβεστίου (Ca^{2+}) και χλωρίου (Cl^{-}), με την φασματοφωτομετρία μέσω της συσκευής Hach model DR/3000 τα αμμωνιακά (NH_4^{+}), τα νιτρικά (NO_3^{-}), τα θειικά (SO_4^{2-}) και τα φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-}), καθώς και η άμορφη κατάσταση του διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2), ενώ με την φλογοφωτομετρία μέσω της συσκευής Sherwood model 410 το νάτριο (Na^{+}) και το κάλιο (K^{+})
13. Τέσσερα (4) αντιπροσωπευτικά δείγματα νερού επιλέχθηκαν για εξέταση των στοιχείων Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, No, Na, Ni, P, Pb, Tl, U, Zn, Sr, Se, Si, Co και Sb μέσω της μεθόδου φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος αργού με τη βοήθεια της συσκευής Optima 8000 ICP-OES PerkinElmer

14. Κατασκευή υδροχημικών διαγραμμάτων (Stiff, Piper και Durov) μέσω του προγράμματος AquaChem
15. Έλεγχος της καταλληλότητας των δειγματοληπτικών πηγών για ύδρευση και άρδευση σύμφωνα με τα σταθερότυπα της Ε.Ε. και το διάγραμμα Richards, αντίστοιχα
16. Ταξινόμηση των υπόγειων νερών με βάση τους ιοντικούς λόγους [(Mg/Ca) και (Ca+Mg)/(Na+K)], τα διαγράμματα (Piper και Durov), το pH, το σύνολο διαλυμένων στερεών (TDS), την σκληρότητα και την αγωγιμότητα
17. Προέλευση των χημικών στοιχείων
18. Σύνθεση των αποτελεσμάτων μέσω γεωλογικών τομών

Το προβολικό σύστημα, που χρησιμοποιήθηκε, για την κατασκευή χαρτών με την βοήθεια του προγράμματος ArcGIS είναι το «Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς – ΕΓΣΑ ΄87» (GGRS87/Greek Grid).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ο} ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

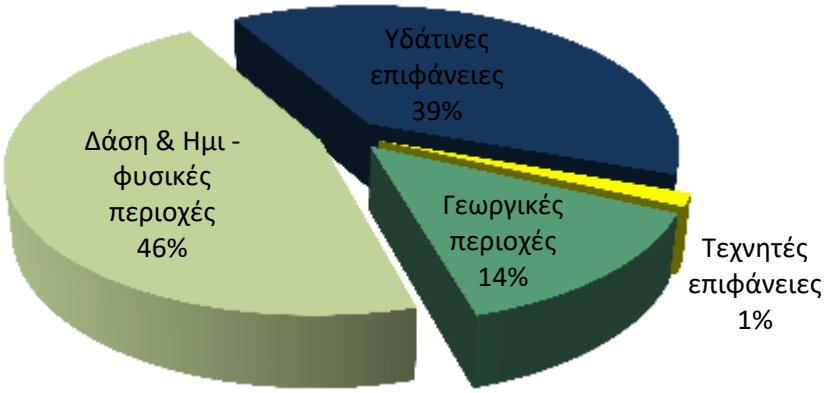
2.1. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Η κατανομή των χρήσεων γης (σύμφωνα με το πρόγραμμα CORINE, 2012) εξαρτάται από την μορφολογία, το κλίμα και τη φύση των πετρωμάτων της επαρχίας Καρυστίας. Ξεκινώντας από τον αστικό ιστό, με ποσοστό 0.24%, πιο συγκροτημένος απαντά στα δυο κύρια λιμάνια Καρύστου και Μαρμαρίου, ενώ διάσπαρτοι μικροοικισμοί απαντούν σε όλη την Νότια Εύβοια μέχρι τα υψόμετρα των 600m περίπου. Οι χώροι οικοδόμησης (2.12% του συνολικού χερσαίου τμήματος) απαντούν στην παράκτια ζώνη λόγω του αυξημένου τουριστικού ενδιαφέροντος, που παρουσιάζει η περιοχή τα τελευταία χρόνια. Οι κάτοικοι της ασχολούνται κυρίως με την νομαδική κτηνοτροφία και λιγότερο με την γεωργία, γι αυτό το λόγο παρατηρούνται φυσικοί βοσκότοποι (321: 9.15%), μη οργανωμένοι, κατά μήκος των τεσσάρων κύριων κορυφών του ορεινού συγκροτήματος της Όχης αλλά και περιφερειακά τους, ως ακόμα και στο νότιο τμήμα του κόλπου της Καρύστου, ενώ η καλλιεργήσιμη γη καλύπτει ένα ποσοστό λιγότερο του 15% της συνολικής έκτασης και απαντά κατά πλειοψηφία στα νοτιοδυτικά πεδινά τμήματα. Ελαιώνες, αμπελώνες και σύνθετες καλλιέργειες υποχωρούν σταδιακά προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα και η μακία βλάστηση στη χαμηλή παραλιακή ζώνη που εμπλουτίζεται με υγρόφιλα στοιχεία (οστριά, φράξος και ευγενής δάφνη) δίνουν τη θέση τους σε πλατάνια που απαντούν κατά μήκος των ρεμάτων, σε χνοώδη δρυ μέσα και γύρω από τους μικροοικισμούς και σε καστανιές – ο περίφημος Καστανόλογγος, μιας συστάδας των υπεραιωνόβιων αυτών δέντρων 600 στρεμμάτων, που περιβάλλεται από φρυγανικά οικοσυστήματα. Η παρουσία φυλλοβόλων πλατύφυλλων (311: 4.93%) ερμηνεύεται μέσα από τη δημιουργία ενός τοπικού μικροκλίματος με χαρακτηριστικά «εύκρατου», το οποίο διαμορφώνεται εξαιτίας του προσανατολισμού των πρανών προς την ανοιχτή θάλασσα του κεντρικού Αιγαίου, με τη θερινή περίοδο να χαρακτηρίζεται από υγρούς και ψυχρούς θαλάσσιους ανέμους.

Πίνακας 1. Κατανομή των κυριότερων χρήσεων γης στην Νότια Εύβοια

Χρήση Γης	Land Cover	% Ποσοστά του χάρτη
Τεχνητές επιφάνειες	Artificial areas	1.4425
Γεωργικές περιοχές	Agricultural areas	13.6019
Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	Forest and semi-natural areas	46.0952
Υδάτινες επιφάνειες (Θάλασσα)	Water bodies	38.8602

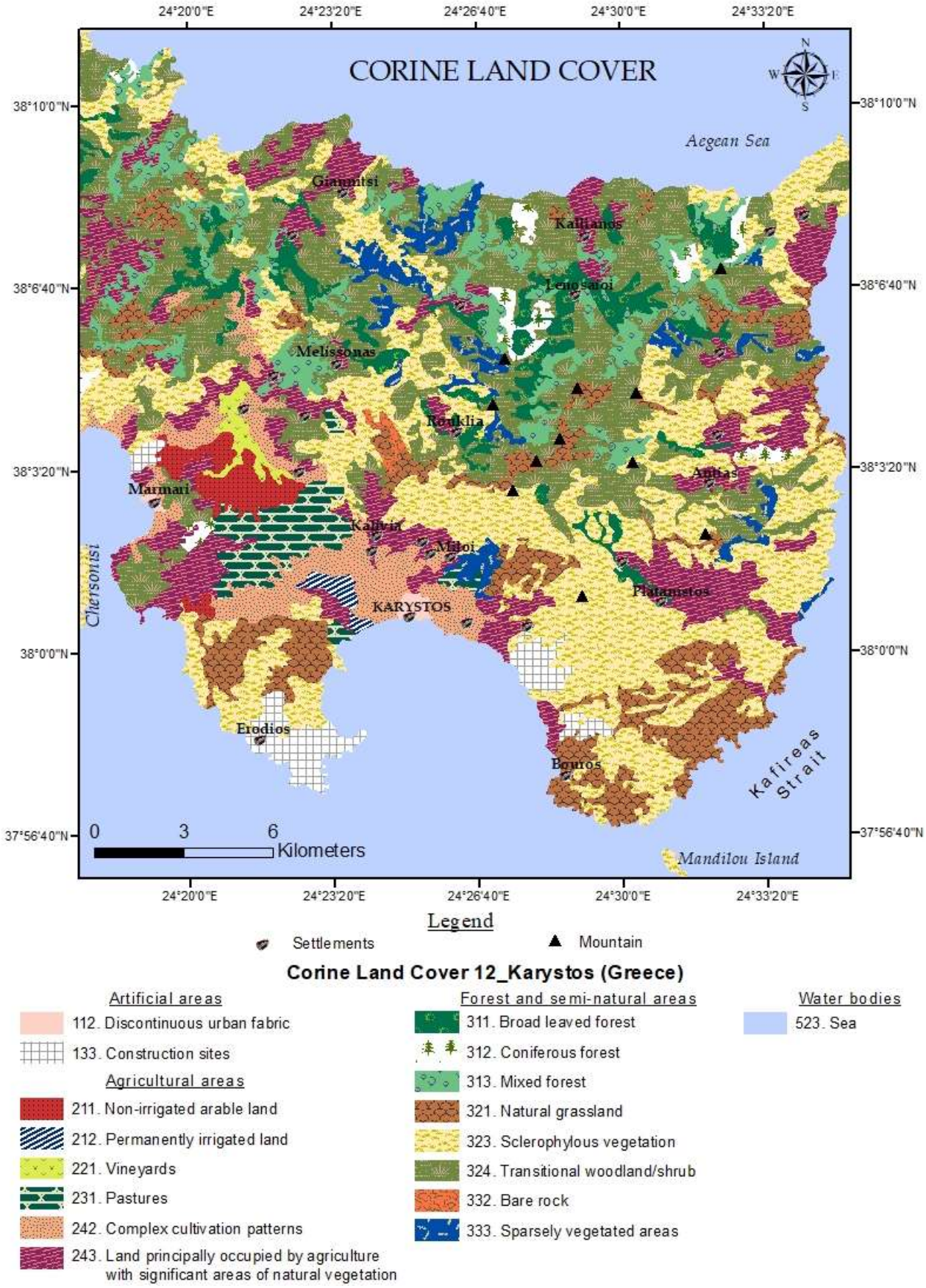
Χρήσεις Γης



Εικόνα 2.1: Ποσοστά (%) των κυριότερων χρήσεων γης στη Νότια Εύβοια.

Πιο αναλυτικά, για το χερσαίο τμήμα, τα ποσοστά κάλυψης της γης είναι:

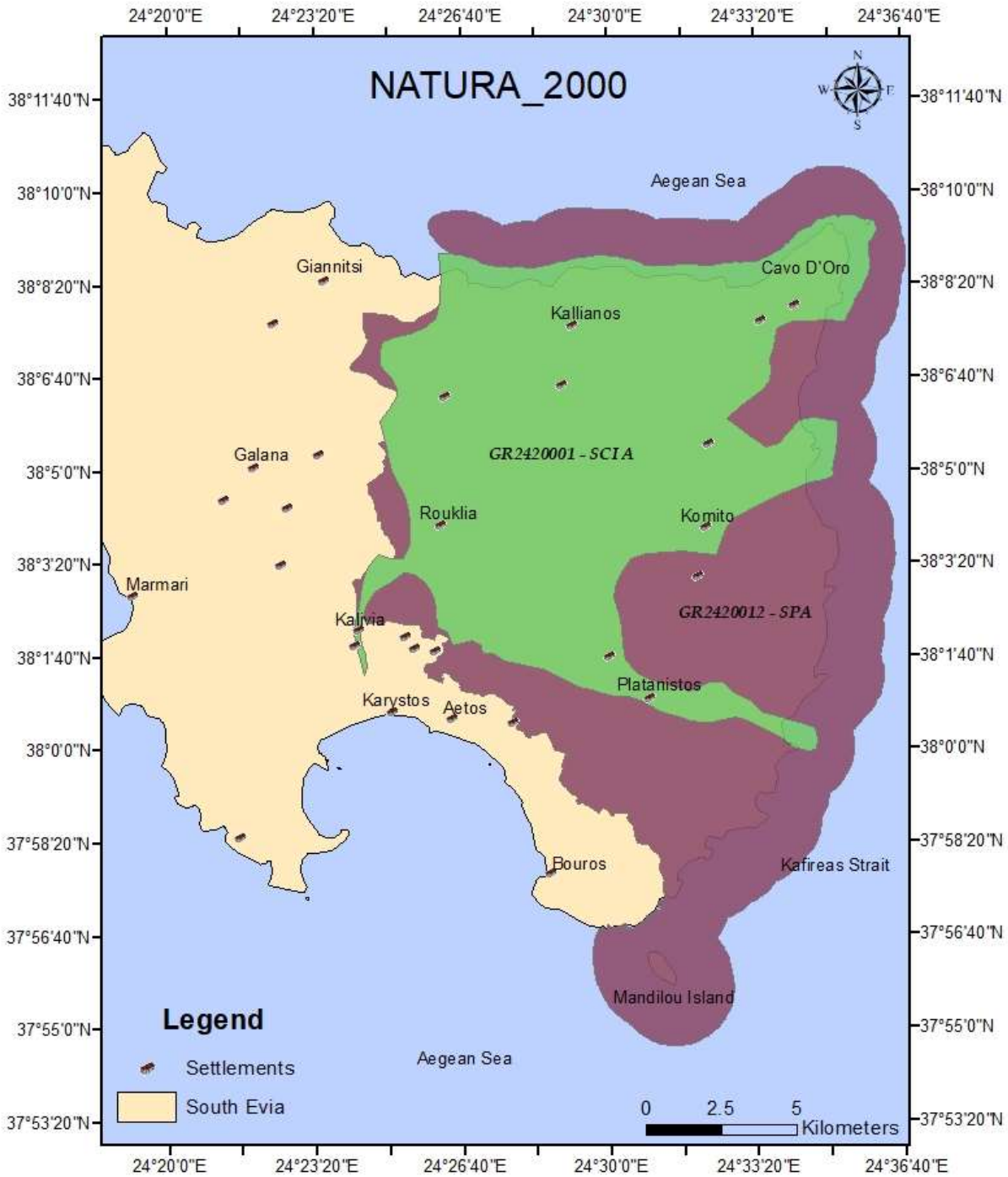
Πίνακας 2			
ΚΩΔ. (Code)	**Χρήση Γης (Land Cover)**		**%**
112	Τεχνητές περιοχές (Artificial areas)	Ασυνεχής αστικός ιστός (Discontinuous urban fabric)	0.24
133		Χώροι οικοδόμησης (Construction sites)	2.12
211	Γεωργικές περιοχές (Agricultural areas)	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη (Non-irrigated arable land)	1.48
212		Μόνιμα αρδευόμενη γη (Permanently irrigated land)	0.35
221		Αμπελώνες (Vineyards)	0.55
231		Λιβάδια (Pastures)	2.34
242		Σύνθετες καλλιέργειες (Complex cultivation patterns)	4.74
243		Καλλιεργήσιμη γη με τμήματα φυσικής βλάστησης (Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation)	12.79
311	Δάση και ημι-φυσικές περιοχές (Forest and semi-natural areas)	Δάσος πλατύφυλλων (Broad leaved forest)	4.93
312		Δάσος κωνοφόρων (Coniferous forest)	1.38
313		Μικτό δάσος (Mixed forest)	6.51
321		Φυσικοί βοσκότοποι (Natural grassland)	9.15
323		Σκληροφυλλική βλάστηση (Sclerophylous vegetation)	27.06
324		Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις (Transitional woodland/shrub)	23.33
332		Απογυμνωμένοι βράχοι (Bare rock)	0.20
333		Εκτάσεις με αραιή βλάστηση (Sparsely vegetated areas)	2.84



Εικόνα 2.2: Ψηφιοποιημένος χάρτης χρήσεων/κάλυψης γης από CORINE(2012).

2.2. NATURA 2000

Στο δίκτυο ζωνών προστασίας των οικοσυστημάτων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας εντάσσεται και ο νομός Εύβοιας, που έχει ως στόχο να διατηρήσει ορθά και με σεβασμό την βιοποικιλότητα του και να διασφαλίσει την επιβίωση των πολυτιμότερων και πλέον απειλούμενων ειδών τόσο της χλωρίδας, όσο και της πανίδας.



Εικόνα 2.3: Ψηφιοποιημένος χάρτης Νότιας Εύβοιας με τους Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (SCI A) και τις Ζώνες Ειδικής Προστασίας (SPA) (δεδομένα από geodata.gov.gr).

- **SCI (Sites of Community Importance)**

Στους Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ), που πλέον ορίζονται και ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) εντάσσονται: το Όρος της Όχης, ο Κάμπος της Καρύστου, το Ποτάμι, το Ακρωτήρι Καφηρεύς και η παράκτια θαλάσσια ζώνη (GR 2420001, 159.481,3 στρεμμάτων) (ypeka.gr, kireas.org)

- **SPA (Special Protection Areas)**

Στις Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) έχουμε το Όρος Όχη και την γύρω περιοχή (GR113) καλύπτοντας μια συνολική έκταση 180.000 στρεμμάτων από τα οποία τα 159.481,3, όπως είδαμε και προηγουμένως είναι ΤΚΣ (ypeka.gr, kireas.org).

Η Όχη και ο «Κάβος του Χρυσού» έχουν αναγνωριστεί ως *'κέντρο ενδημισμού στον Αιγαιοπελαγίτικο χώρο'*. Αν και το σχετικά μικρό μέγεθος του βουνού με τις έντονες μορφολογικές του ανωμαλίες και το ιδιαίτερο κλίμα του δεν προϊδεάζει τους αρμόδιους μελετητές, εντούτοις αποτελεί έναν μοναδικό βοτανικό παράδεισο για τη χώρα μας αλλά και για την Ευρώπη, αφού έχουν καταφέρει να επιζήσουν τουλάχιστον 7 είδη τοπικών ενδημικών φυτών, που δεν υπάρχουν πουθενά αλλού στη γη. Άγριο καλλωπιστικό φυτό η **Καμπανούλα της Καρυστίας** (Campanula celsii carystea) αλλά και ένα από τα ομορφότερα ενδημικά φυτά στους νότιους πρόποδες της Όχης και στους βραχώδεις σχηματισμούς του Καβοντόρου αποτελεί το **Στάχυ της Εύβοιας** (Stachys euboica). Σε υψόμετρα άνω των 800m φύεται το **Τσάι του βουνού της Εύβοιας** (Sideritis euboica), ενώ το πλέον σπάνιο ενδημικό φυτό που αναπτύσσεται στις απόκρημνες περιοχές του Καβοντόρου και στα Στεφάνια της Λάλας είναι η **Ίνουλα της Όχης** (Inula subfloccosa). Σπάνια τοπικά ενδημικά είναι και τα **Αρμέρια του Γιόνσεν** (Armeria johnsenii), που βρίσκονται σε μεμονωμένες παράκτιες θέσεις, το **Σεράστιο του Ρούνεμαρκ** (Cerastium runemarkii), το οποίο φύεται μόνο στις κορυφές της Όχης, τα **Φριτιλάρια του Έρχαρτ** (Fritilaria ehrhartii), που απαντά στην κοιλάδα της Λάλας, στο φαράγγι του Αγίου Δημητρίου και στους νοτιοδυτικούς πρόποδες της Όχης και τέλος, ένα από τα ομορφότερα και ευάλωτα αγριολούλουδα με την μεγαλύτερη αποικία του είδους πάνω από το χωριό Ρούκλια, η **Παιώνια η αρρενωπή** (Paeonia mascula subsp. Hellenica) (Vlami, 2006, goevia.com).

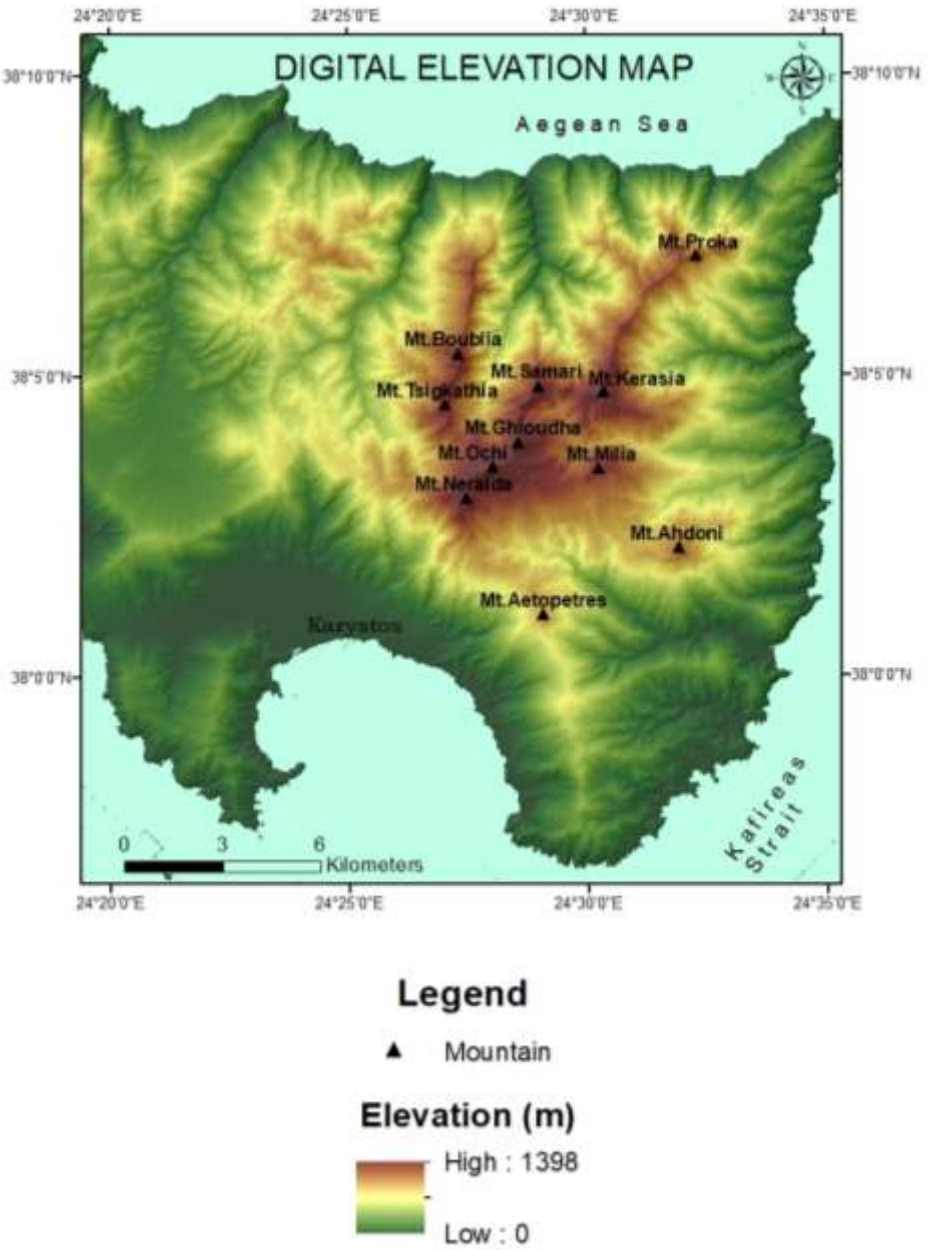
Προστατευόμενη στο πρόγραμμα **IBAs - Important Bird Areas** εντάσσεται η ευρύτερη περιοχή του συγκροτήματος της Όχης εξαιτίας των αποδημητικών αλλά και ευπαθών άγριων πτηνών όπως ο **θαλασσοκόρακας** (Phalacrocorax aristotelis desmarestii), η **αετογερακίνα** (Buteo rufinus), ο **χρυσαετός** (Aquila chrysatos), ο **μαυροπετρίτης** (Falco eleonorae), η **δεντροσταρήθρα** (Lullula arborea), η **πετροπέρδικα** (Alectoris graeca), το **κουφαηδόνι** (Cercotrichas galactotes), ο **σκουρόβλαχος** (Emberiza caesia), η **κιστικόλη** (Cisticola juncidis), ο **αμπελουργός** (Emberiza melanocephala), το **γιδοβύζι** (Caprimulgus), η **χαμοκελάδα** (Anthus campestris) (Vlami, 2006).

Αυστηρώς προστατευόμενα ενδιαιτήματα αποτελούν και τα περιβάλλοντα των ερπετών και συγκεκριμένα τα είδη: **στικτή χελώνα** (Emys orbicularis), **λαφίτης** (Elaphe quatuorlineata) και **σπιτόφιδο** (Elaphe situla) (Vlami, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ο} ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ

3.1. ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΧΗΣ

Ο ορεινός όγκος της Όχης φέρει μέγιστο υψόμετρο 1.398m στον Προφήτη Ηλία και ακολουθεί η Γιούδα με 1.386m. Συγκροτείται και από άλλες μικρότερες κορυφές όπως το Σαμάρι (1.165m), την Μπούμπλια (1.127m), την Τσιγκαθιά (1.085m), τη Νεράιδα (1.190m), το Αηδόνι (890m), την Μηλιά (1.026m), την Κερασιά (1.227m) και τη Πρόκα (965m) (Εικ.3.1). Αποτελεί το δεύτερο, κατά σειρά, μεγαλύτερο βουνό της νήσου Ευβοίας, μετά τη Δίρφη (1.743m – κορυφή «Δέλφι») (Wikipedia.org).



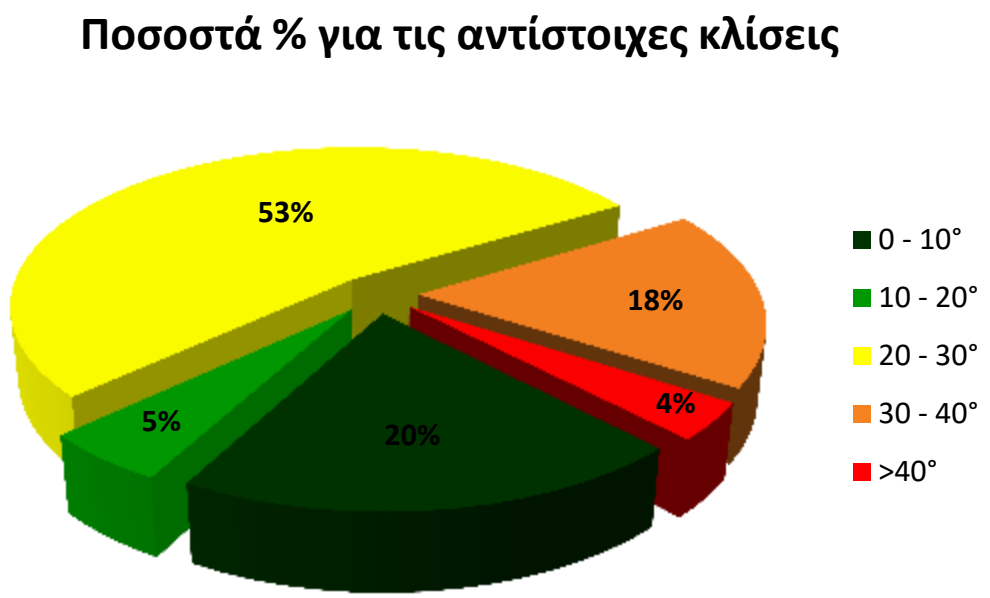
Εικόνα 3.1: Ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου με τις κυριότερες κορυφές του ορεινού συγκροτήματος της Όχης.

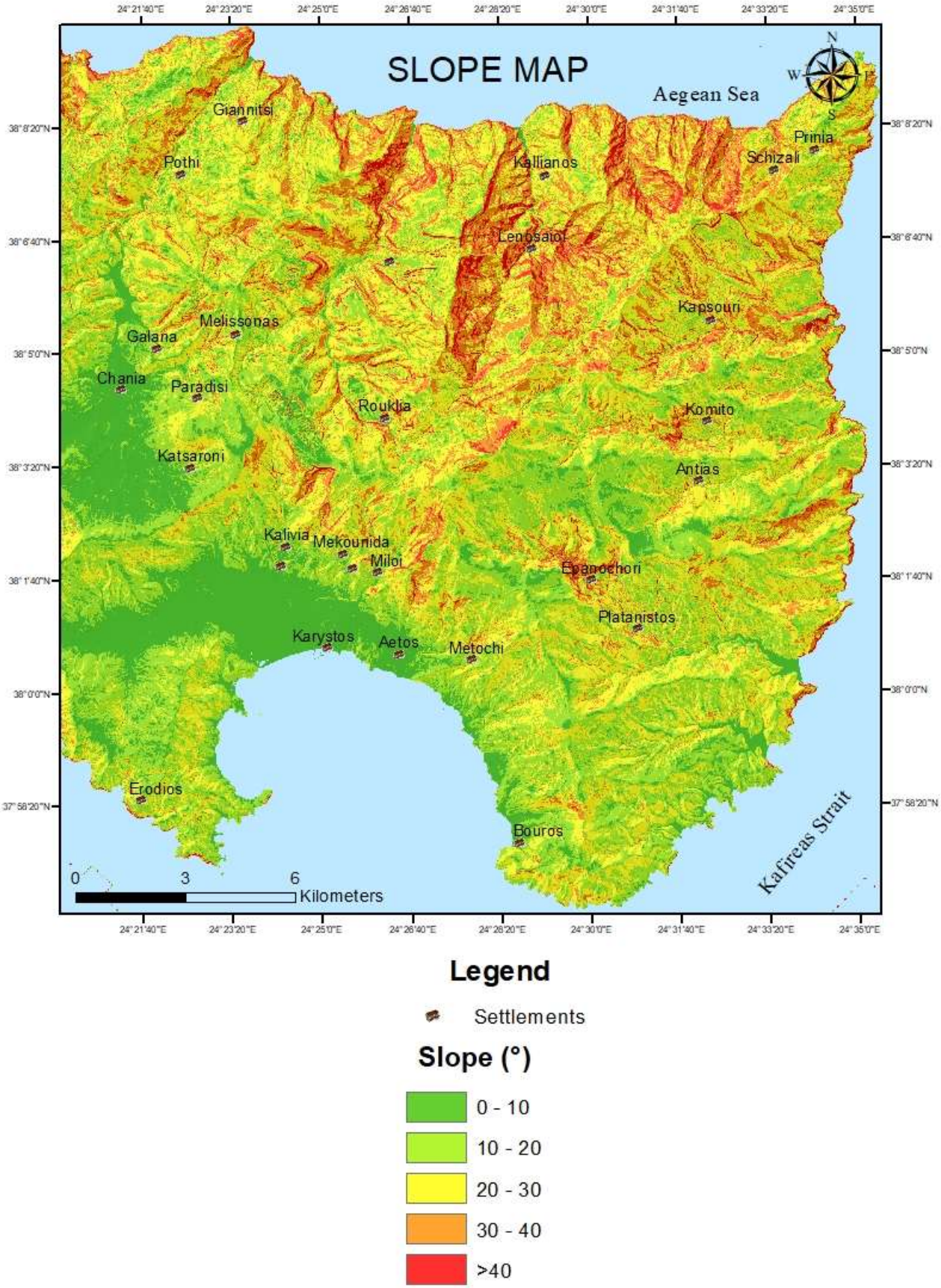
Αναδύεται από τη θάλασσα του Αιγαίου και φέρει σχήμα ελλειψοειδές, με κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, ενώ η περίμετρος του δεν ξεπερνά τα 90km. Το βόρειο, το βορειοδυτικό και το βορειοανατολικό τμήμα της Όχης φέρει ένα έντονο ανάγλυφο με μεγάλες κλίσεις και πυκνή βλάστηση, ενώ το νότιο-νοτιοδυτικό είναι πιο ήπιο και ξερό, παρουσιάζοντας την εντυπωσιακή αντίθεση στη φυσιογνωμία της (Εικ.3.2).

Ο χάρτης κλίσεων (σε μοίρες) ταξινομήθηκε σε πέντε κλάσεις, με σκοπό να αναδειχθούν καλύτερα τα χαρακτηριστικά της Νότιας Εύβοιας. Σύμφωνα με τις κλίσεις της μορφολογίας του εδάφους και με βάση την συχνότητα εμφάνισής τους προέκυψε, πως η μέση τιμή είναι 24.8° με τις τιμές 20 - 30° να καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη έκταση σε ποσοστό κοντά στο 55%.

Πίνακας 3

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΚΛΙΣΗ (°)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ (%)
1	0 – 10	20.2
2	10 – 20	5.1
3	20 – 30	53.2
4	30 – 40	17.8
5	>40	3.7



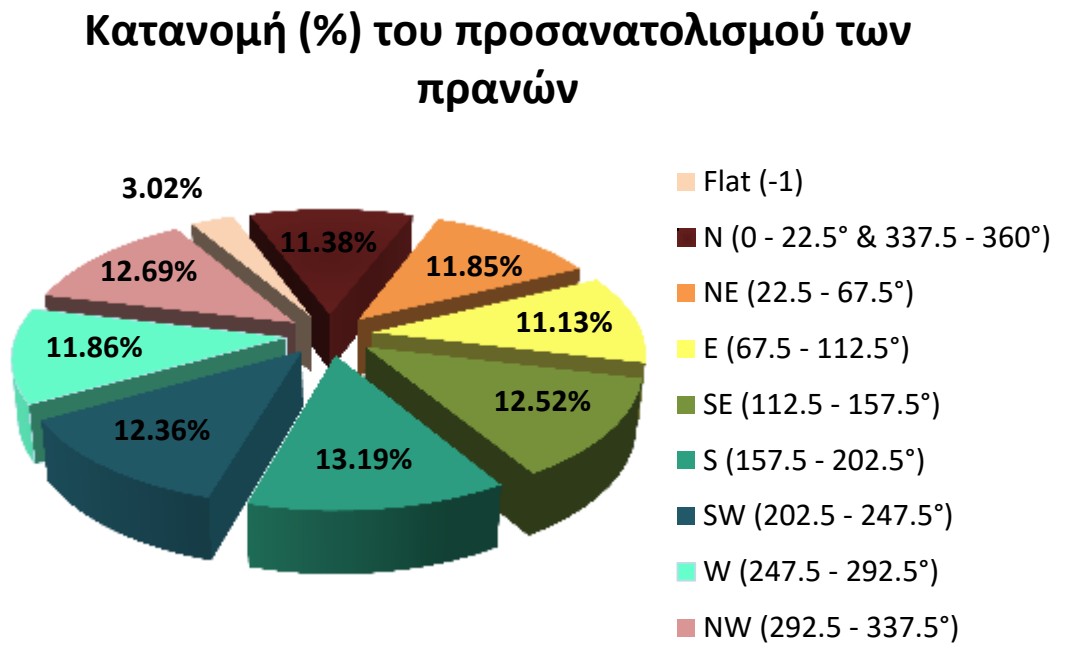


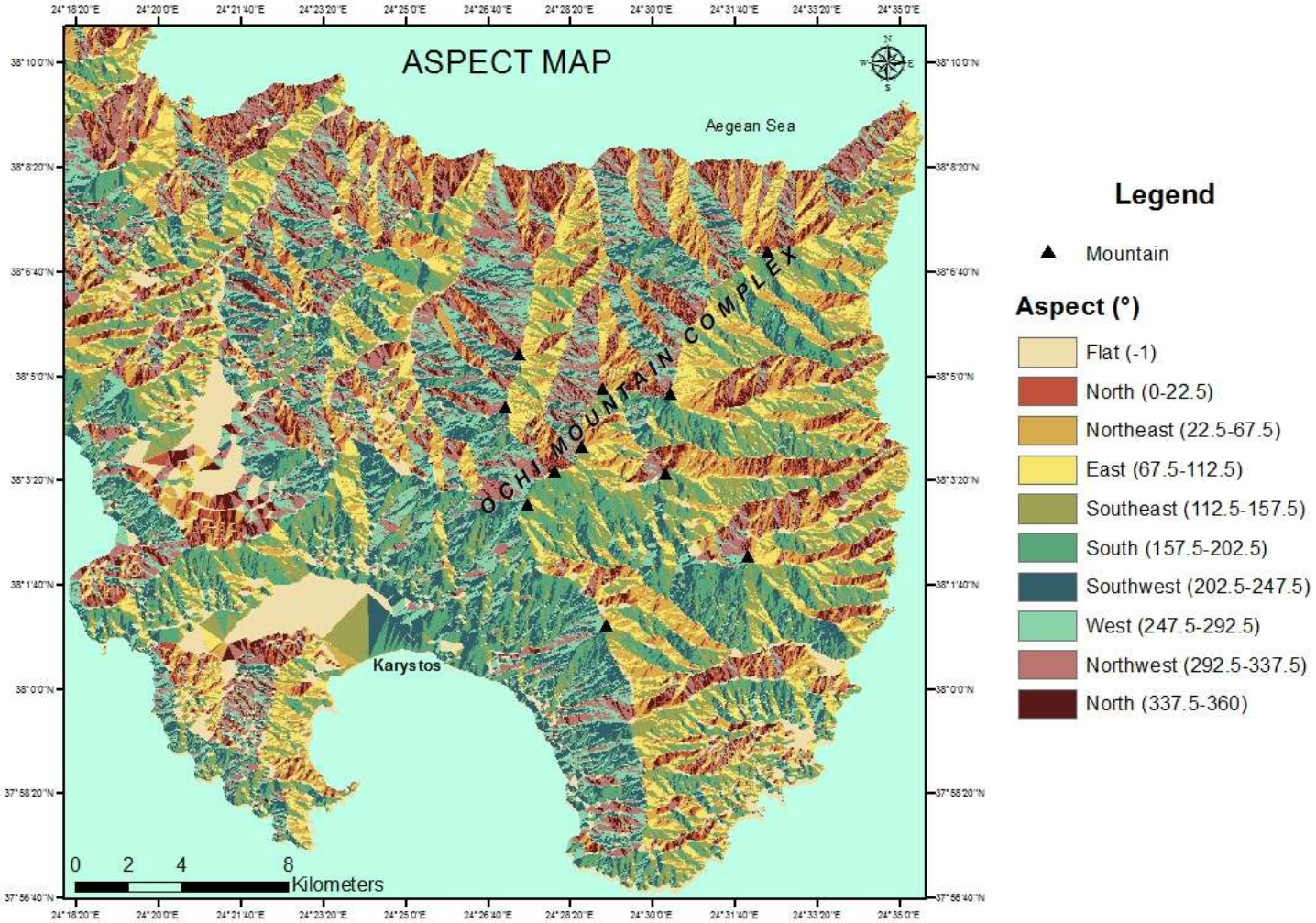
Εικόνα 3.2: Ψηφιοποιημένος χάρτης κλίσεων (σε μοίρες).

Όσον αφορά τον προσανατολισμό των πρανών, η μέση τιμή προσδιορίστηκε στις 161.5°, δηλαδή προς Νότο (S). Σύμφωνα με τον χάρτη της Εικόνας 3.3, οι επίπεδες επιφάνειες καταλαμβάνουν το μικρότερο ποσοστό της Νότιας Εύβοιας (3.02%) και συνδέονται κυρίως με τον Κάμπο της Καρύστου, ενώ για τις υπόλοιπες τιμές τα ποσοστά κυμαίνονται από 11.13% (προς Ανατολικά) έως 13.19% (προς Νότο).

Πίνακας 4

ΚΛΑΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΠΡΑΝΩΝ	ΜΟΙΡΕΣ (°)	ΠΟΣΟΣΤΑ (%)
1	ΕΠΙΠΕΔΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	-1	3.02
2	ΒΟΡΕΙΑ	0 - 22.5 & 337.5 - 360	11.38
3	ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΑ	22.5 - 67.5	11.85
4	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ	67.5 - 112.5	11.13
5	ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΑ	112.5 - 157.5	12.52
6	ΝΟΤΙΑ	157.5 - 202.5	13.19
7	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΑ	202.5 - 247.5	12.36
8	ΔΥΤΙΚΑ	247.5 - 292.5	11.86
9	ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΑ	292.5 - 337.5	12.69

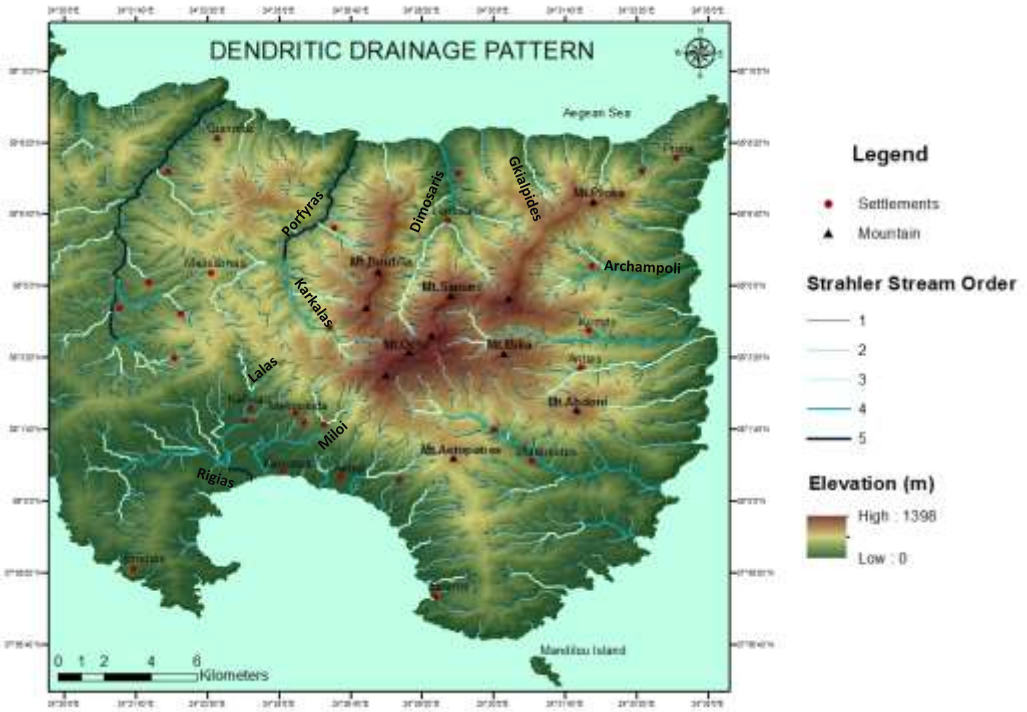




Εικόνα 3.3: Ψηφιοποιημένος χάρτης προσανατολισμού των πρανών (σε μοίρες).

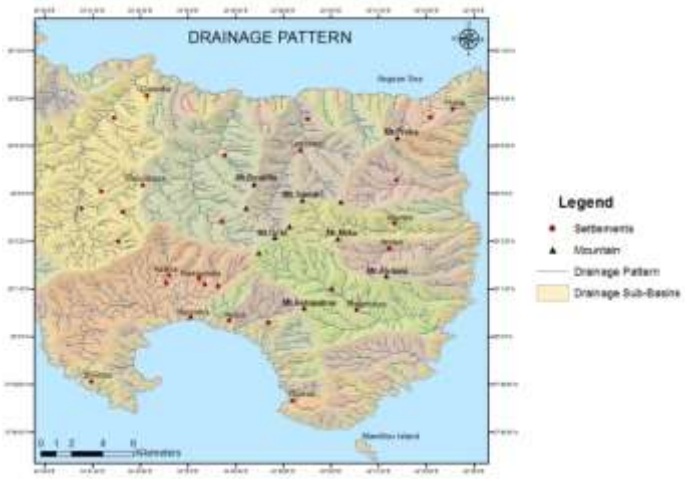
3.2. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ

Το υδρογραφικό της δίκτυο περιλαμβάνει 11 κύριους μικρούς ποταμούς, που τροφοδοτούνται από πηγές, ενώ πληθώρα είναι και τα δευτερεύοντα ρυάκια, τα οποία ενώνονται στους κύριους κλάδους, διαμορφώνοντας «εξαίρετου φυσικού κάλλους» υδροβιότοπους.



Εικόνα 3.4: Δενδριτική μορφή του υδρογραφικού δικτύου της Νότιας Εύβοιας - Αρίθμηση των κλάδων κατά Strahler (δεδομένα από earthexplorer.usgs.gov).

Ξεκινώντας από τα νότια και συγκεκριμένα στον Κάμπο της Καρύστου έχουμε τα ρέματα των *Μύλων* (Πλύστρα, Πλατανίτσες Μύλων), καθώς και την συμβολή του ποταμού της *Ρηγιάς* και των ρεμάτων της *Λάλας* (Σταματά, Λάλα, Αγίας Τριάδας). Τα ποτάμια *Αγίου Δημητρίου* (Καρκαλάς και Πορφύρας) και *Δημοσάρη*, που απαντούν στο βόρειο τμήμα του ορεινού όγκου με συνεχή ροή καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, διασχίζουν τα εντυπωσιακά ομώνυμα φαράγγια τους και εκβάλλουν στο Αιγαίο. Πριν το ακρωτήρι Καφηρέας υπάρχουν το ρέμα *Γκιάλπηδες* και το *Βαθύρεμα*, ενώ μετά από αυτό αναφύονται στα ανατολικά, τα ρέματα *Αρχάμπολης*, *Κομίτου*, *Αντιάς* και *Πλατανιστού (δεδομένα από χάρτη του ΙΓΜΕ)*.



Εικόνα 3.5: Υδρογραφικό δίκτυο και οι υπο - λεκάνες του στη Νότια Εύβοια.

3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΑΡΥΣΤΙΑΣ

Ο δενδριτικός τύπος του υδρογραφικού δικτύου της Νότιας Εύβοιας (Εικ.3.4) διαμορφώνεται από την έντονη μορφολογία, τις γεωλογικές δομές, καθώς και από τις κλιματολογικές συνθήκες, που επικρατούν. Οι μικρότεροι κλάδοι του δικτύου ενώνονται μεταξύ τους αλλά και με τους κύριους υπό γωνία μικρότερη των 90°. Εστιάζοντας στο νότιο και ανατολικό τμήμα της επαρχίας Καρυστίας, οι κυριότερες υδρολογικές υπο-λεκάνες, που απαντούν από τον οικισμό Λάλας έως το Κόμιτο, είναι α) της Λάλα(ς), β) των Μύλων, γ) του Αετού, δ) του Μετοχίου, ε) του Πλατανιστού, στ) της Αντιάς και ζ) του Κομίτου. Η αρίθμηση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου για καθεμιά από τις υπο-λεκάνες πραγματοποιήθηκε κατά Strahler (1952), όπου κάθε κλάδος που δεν δέχεται νερά άλλων μικρότερων ρεμάτων χαρακτηρίζεται ως $1^{ης}$ τάξης, ενώ η συμβολή δύο $1^{ης}$ τάξεως διαμορφώνουν τον κλάδο $2^{ης}$ τάξεως. Συνεπώς, η σύνδεση δυο κλάδων ίδιας τάξης δημιουργεί νέο κλάδο της επόμενης τάξεως. Στην περίπτωση, όμως, που συνδεθούν δυο κλάδοι διαφορετικής τάξεως, ο νέος κλάδος, που προκύπτει, εξακολουθεί να φέρει την αρίθμηση της μεγαλύτερης τάξεως του ενός από τους δυο συμβαλλόμενους κλάδους (wikipedia.org/wiki/ Strahler_number).

Το ανάγλυφο, η δομή των πετρωμάτων και το κλίμα, είναι παράγοντες που επηρεάζουν και την υδρογραφική υφή μιας περιοχής, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από την πυκνότητα και τη συχνότητα των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου (μορφομετρικοί παράμετροι λεκάνης απορροής). Όσο πιο τραχιά είναι η υφή, τόσο μικρή είναι η πυκνότητα και η συχνότητα και αραιό το υδρογραφικό δίκτυο, ενώ λεία υφή σημαίνει μεγάλη τιμή στις παραμέτρους και πυκνό δίκτυο (Papapetrou – Zamani, 1995).

- Μορφομετρικοί παράμετροι (από Papapetrou – Zamani, 1995)

<u>Υδρογραφική πυκνότητα</u> (Drainage Density)

Ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού μήκους όλων των κλάδων του δικτύου μιας αυτοτελούς υδρολογικής λεκάνης προς το εμβαδόν της λεκάνης αυτής.

$$D_u = \frac{\sum Lu}{\sum Au} \quad [3.1]$$

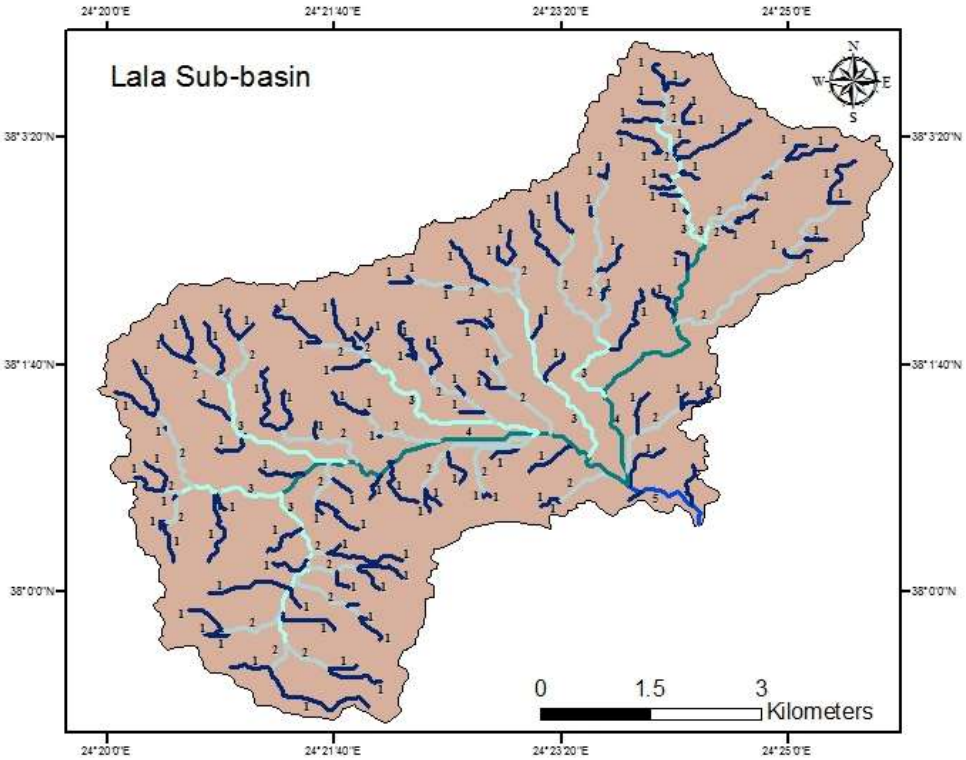
<u>Υδρογραφική συχνότητα</u> (Drainage Frequency)

Ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού αριθμού των κλάδων του δικτύου μιας αυτοτελούς υδρολογικής λεκάνης προς το εμβαδόν της λεκάνης αυτής.

$$F_u = \frac{\sum Nu}{\sum Au} \quad [3.2]$$

3.3.1. Υπο-λεκάνη απορροής Λάλα(ς)

Πρόκειται για την μεγαλύτερη υδρολογική λεκάνη του νότιου τμήματος (εμβαδόν: 37.2km^2) με τα ρέματα Λάλας και Αγίας Τριάδας να ενώνουν την κατεξοχήν ορεινή περιοχή της ΝΔ Όχης με τον κάμπο της Καρύστου. Η συμβολή των ρεμάτων Στεφάνια και Λάλας (3^{ης} τάξεως κλάδων) διαμορφώνει τον βόρειο κλάδο 4^{ης} τάξης, ο οποίος ενώνεται και με τον κλάδο 2^{ης} τάξεως της Αγίας Τριάδας κοντά στο χωριό Νικάσι. Ο δεύτερος κλάδος 4^{ης} τάξεως, με διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά, στον οποίο ενώνεται το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο του κάμπου της Καρύστου, αφορά τον ποταμό Ρηγιά, η εκβολή του οποίου λαμβάνει χώρα κοντά στον παραλιακό οικισμό Ζαρμπουταίικα.

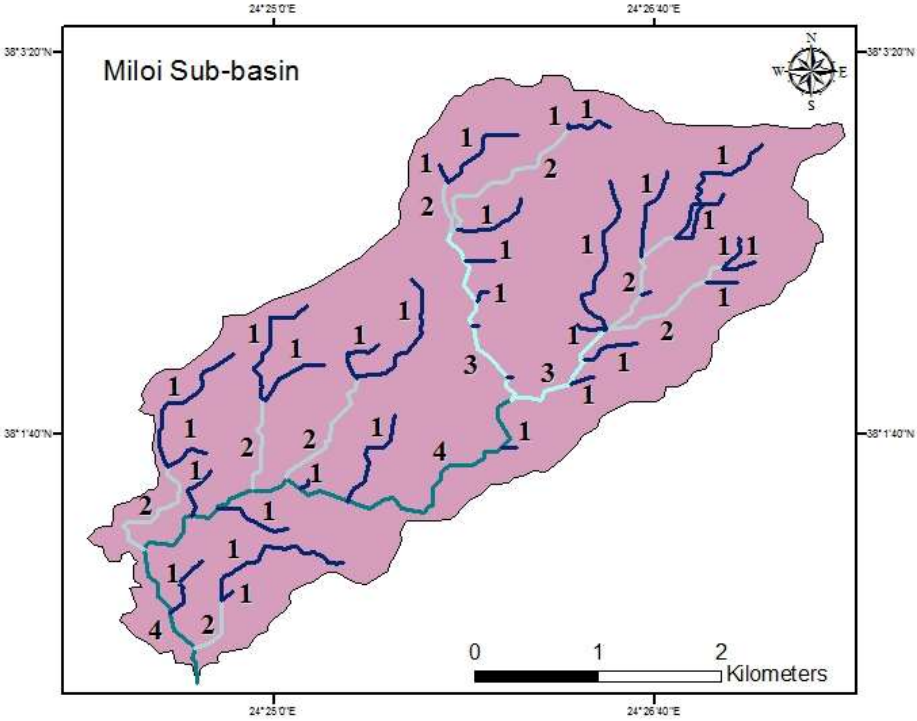


Εικόνα 3.6: Υδρολογική λεκάνη Λάλα(ς).

Πίνακας 5	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΑΛΑ(Σ)	
ΕΜΒΑΔΟΝ	37.2km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
5^{ης}	1.21
4^{ης}	8.86
3^{ης}	14.46
2^{ης}	29.39
1^{ης}	50.65
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	140
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	104.57
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	2.81
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	3.76

3.3.2. Υπο-λεκάνη απορροής Μύλων

Στις ΝΔ κλιτύες της Όχης, τα ρέματα Πλύστρα και Πλατανίτσες διαμορφώνουν την επίμηκες υδρολογική λεκάνη των Μύλων, με εμβαδόν 10.8 km^2, η οποία ξεκινά από τα 1.168m υψόμετρο και φέρει διεύθυνση Β45°Α. Με έναν κλάδο $4^{ης}$ τάξεως, δύο $3^{ης}$, οχτώ $2^{ης}$ και τους υπόλοιπους $1^{ης}$ ακολουθούν πορεία προς τα νότια και εκβάλουν στον κόλπο της Καρύστου.

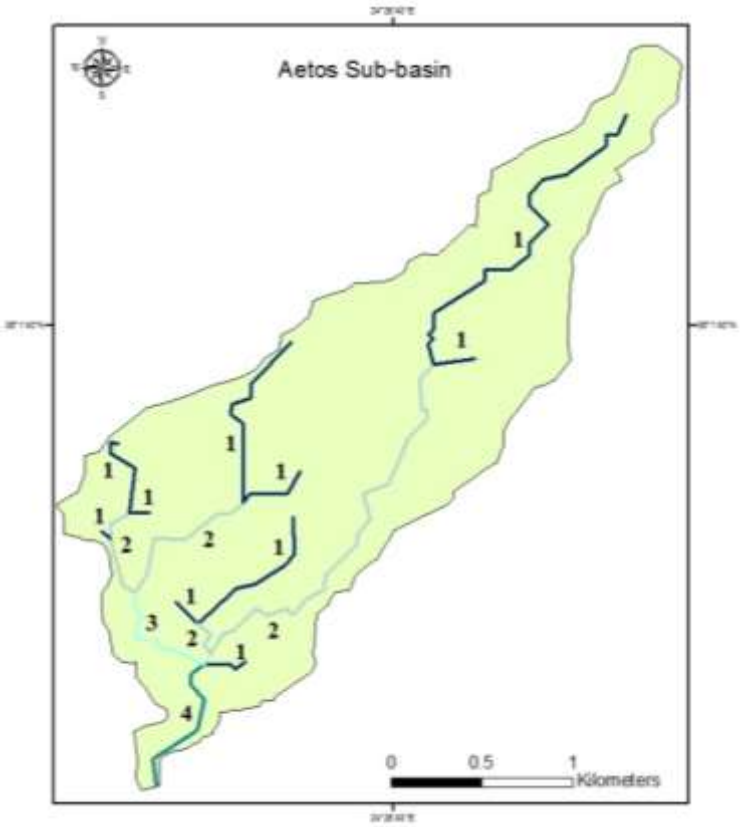


Εικόνα 3.7: Υδρολογική λεκάνη Μύλων.

Πίνακας 6	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΥΛΩΝ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	10.8km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
$4^{ης}$	4.90
$3^{ης}$	2.62
$2^{ης}$	6.98
$1^{ης}$	15.94
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	39
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	30.44
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	2.82
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	3.61

3.3.3. Υπο-λεκάνες απορροής Αετού

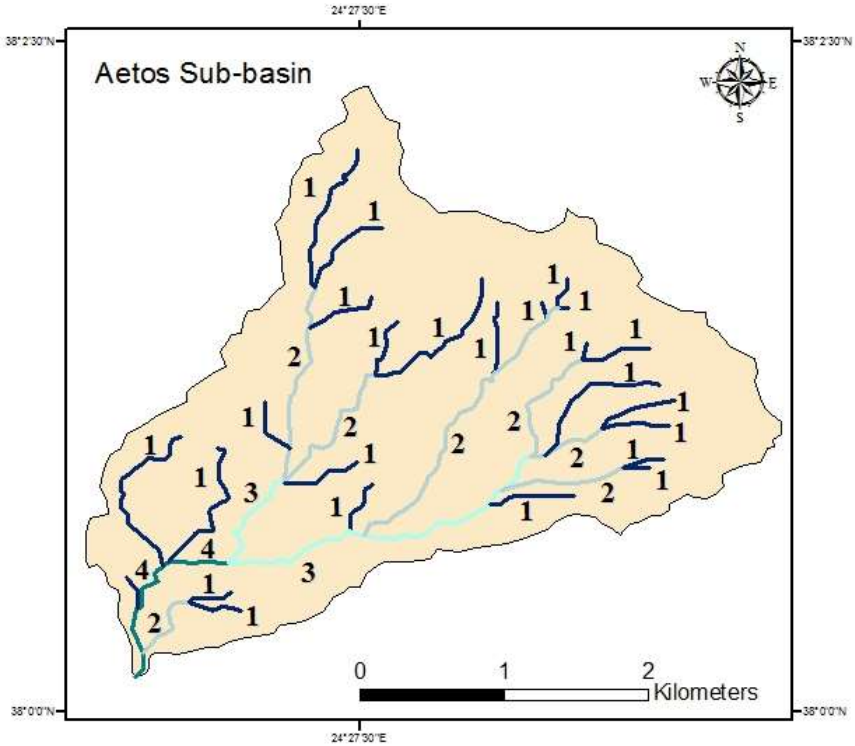
Εκατέρωθεν του οικισμού Άνω Αετού διαμορφώνονται οι δυο υπο-λεκάνες των Εικόνων 3.8 στα δυτικά και 3.9 στα ανατολικά. Και οι δυο διαμορφώνουν κύριο κλάδο 4^{ης} τάξεως και φέρουν νερά, που απορρέουν από το όρος Νεράιδα. Η δυτική υπο-λεκάνη (Εικ.3.8) καλύπτει μια περιοχή έκτασης 3.6 km^2. Φέρει επίμηκες σχήμα με έναν 4^{ης} τάξεως, δύο κλάδους 3^{ης}, τέσσερις 2^{ης} και εννέα 1^{ης}.



Εικόνα 3.8: Υδρολογική λεκάνη Αετού.

Πίνακας 7	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΕΤΟΥ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	3.6km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
4^{ης}	0.8
3^{ης}	0.68
2^{ης}	3.66
1^{ης}	5.26
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	16
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	10.40
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	2.89
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	4.44

Αντιθέτως, η ανατολική υπο-λεκάνη του Ξηρορέματος (Εικ.3.9) παρουσιάζει δενδριτικού τύπου δίκτυο με έναν κύριο κλάδο 4^{ης} τάξεως, δυο κλάδους 3^{ης} τάξεως, επτά 2^{ης} τάξεως και οι υπόλοιποι 1^{ης} τάξεως. Το εμβαδόν της είναι σχεδόν το διπλάσιο της δυτικής υπο-λεκάνης (7.5 km^2).

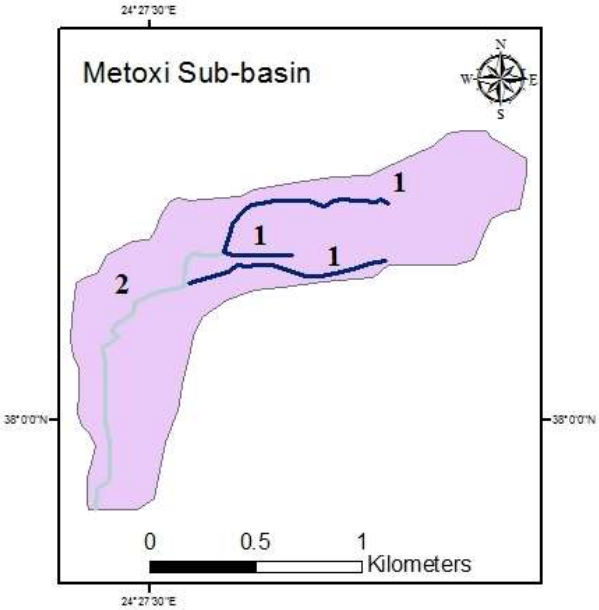


Εικόνα 3.9: Υδρολογική λεκάνη Αετού.

Πίνακας 8	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΕΤΟΥ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	7.5km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
4^{ης}	1.25
3^{ης}	2.81
2^{ης}	7.03
1^{ης}	11.84
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	29
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	22.93
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	3.06
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	3.87

3.3.4. Υπο-λεκάνες απορροής Μετοχίου

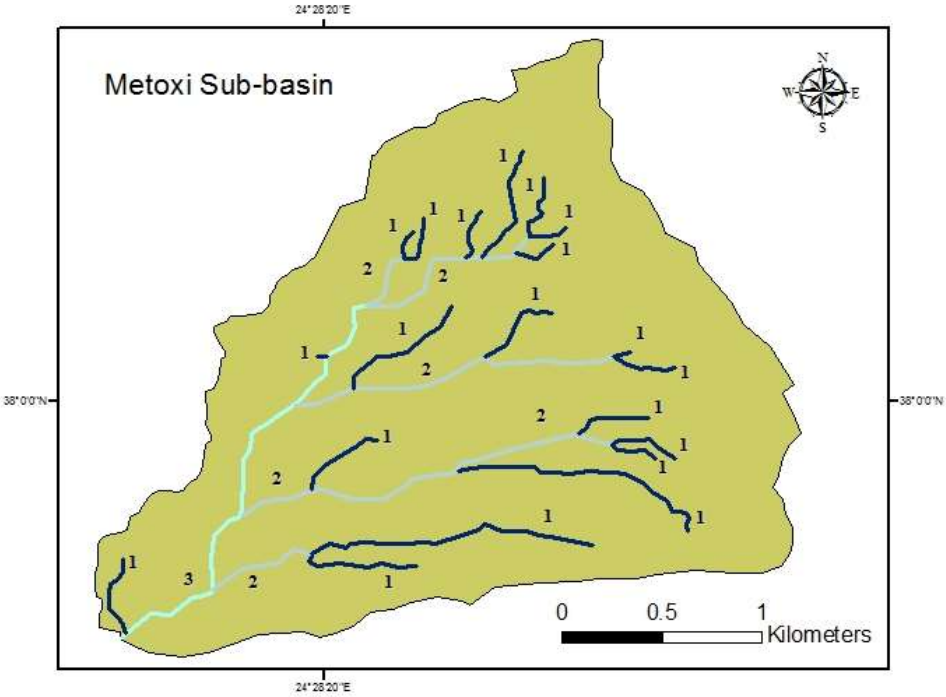
Η υδρολογική λεκάνη του Μετοχίου είναι από τις μικρότερες σε έκταση (1.1 km^2), με κύριο κλάδο $2^{ης}$ τάξεως, στον οποίο ενώνονται τρεις κλάδοι $1^{ης}$.



Εικόνα 3.10: Υδρολογική λεκάνη Μετοχίου.

Πίνακας 9	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕΤΟΧΙΟΥ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	1.1km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
$2^{ης}$	1.54
$1^{ης}$	1.82
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	3
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	3.36
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	3.05
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	2.73

Στα ΝΑ του ομώνυμου οικισμού υπάρχει μια μεγαλύτερη υπο-λεκάνη, 4.9km^2, (Εικ.3.11), στην οποία απορρέουν νερά της δυτικής κλιτύος του όρους «Αετόπετρες». Ο κύριος κλάδος είναι 3^{ης} τάξεως με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, ενώ στα ανατολικά του αναπτύσσονται και οι μικρότερης τάξεως κλάδοι του.

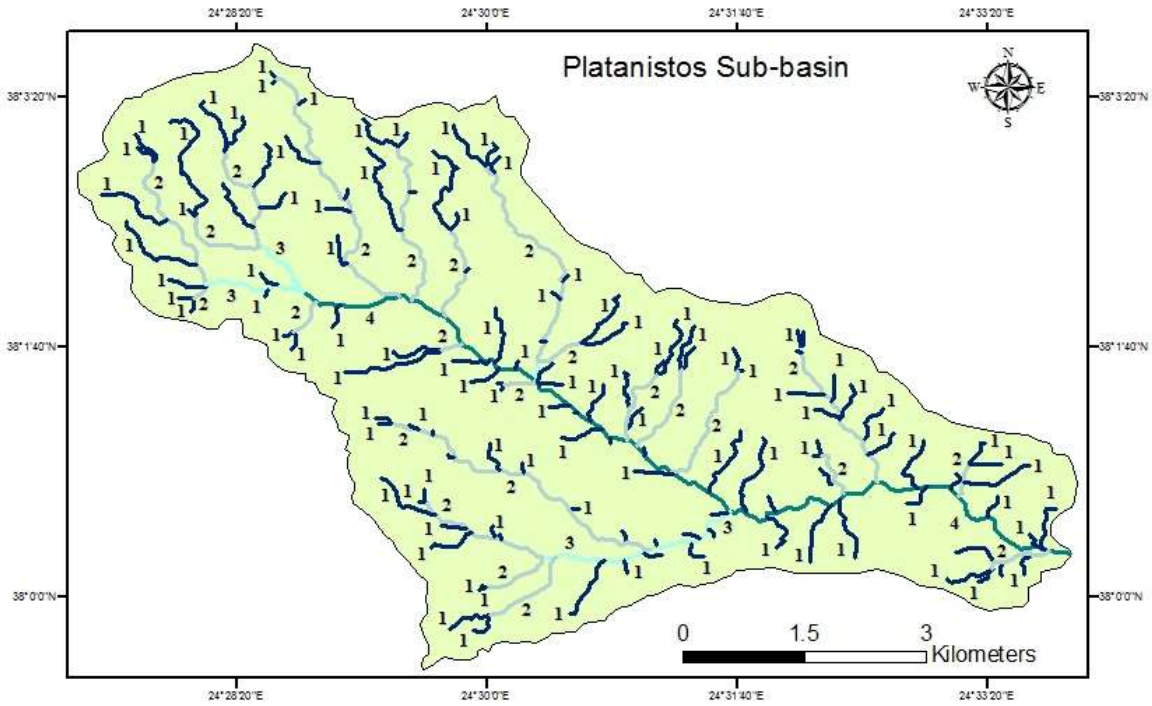


Εικόνα 3.11: Υδρολογική λεκάνη Μετοχίου.

Πίνακας 10	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕΤΟΧΙΟΥ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	4.9km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
3^{ης}	2.15
2^{ης}	4.58
1^{ης}	7.68
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	22
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	14.41
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	2.94
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	4.49

3.3.5. Υπο-λεκάνη απορροής Πλατανιστού

Το ποτάμι του Πλατανιστού (Εικ.3.12) ξεκινά από τις πηγές του μικρού φαραγγιού του Επανοχωρίου και ύστερα από πορεία 7km περίπου καταλήγει στο νότιο τμήμα του στενού του Καβοντόρου. Με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, οι κλάδοι του (1^{ης} ως 4^{ης} τάξεως) διαμορφώνουν ένα πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, 35 km^2 περίπου, το δεύτερο σε παροχή νερού ολόκληρης της Όχης.

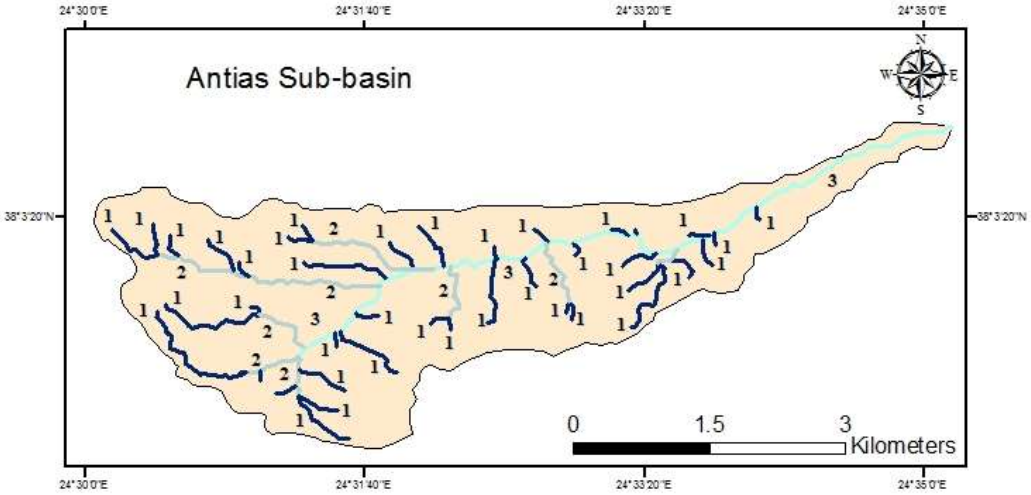


Εικόνα 3.12: Υδρολογική λεκάνη Πλατανιστού.

Πίνακας 11	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	35.0km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
4^{ης}	9.91
3^{ης}	4.31
2^{ης}	29.78
1^{ης}	49.82
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	135
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	93.82
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	2.68
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	3.86

3.3.6. Υπο-λεκάνες απορροής Αντιάς και Κομίτου

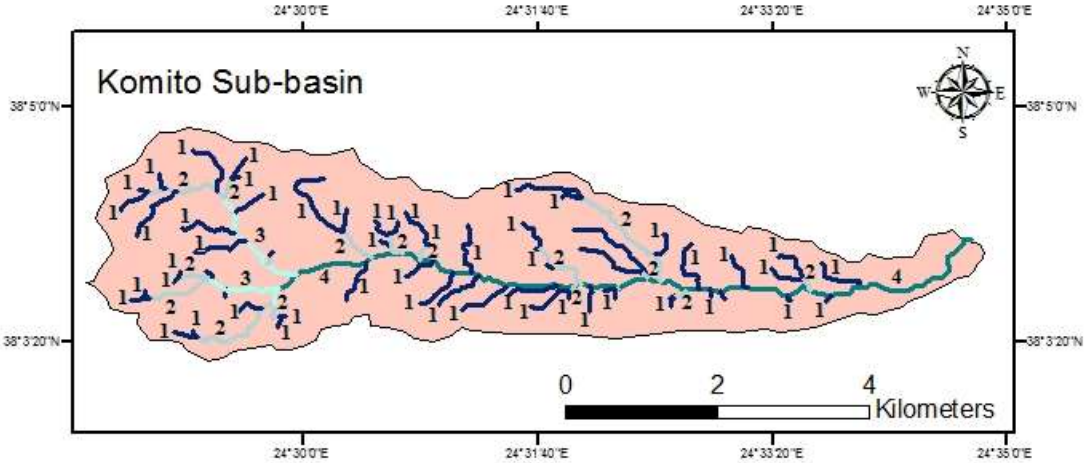
Στην ανατολική πλευρά της Νότιας Εύβοιας εκβάλουν οι κλάδοι 3^{ης} τάξεως της Αντιάς (Εικ.3.13) και 4^{ης} του Κομίτου (Εικ.3.14). Η υπο-λεκάνη του ημι-ορεινού οικισμού της «Σφυριάς» (Αντιάς), έκτασης 10.9 km^2, φέρει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, σε αντίθεση με του Κομίτου, που είναι ανεπτυγμένη σε σχεδόν Α-Δ. Το δίκτυο της Αντιάς ξεκινά ανάμεσα στις κορυφές Μηλιά και Αηδόνι, ενώ αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως κεντρικά κάποιοι κλάδοι του σχηματίζουν γωνία 90° με τον κύριο, επηρεασμένοι από τις συμβολές των ρηξιγενών ζωνών διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΑ-ΝΔ αντίστοιχα.



Εικόνα 3.13: Υδρολογική λεκάνη Αντιάς.

Πίνακας 12	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΝΤΙΑΣ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	10.9 km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
3^{ης}	7.17
2^{ης}	6.58
1^{ης}	14.6
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	50
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	28.35
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	2.60
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	4.59

Τέλος, στην επίμηκη λεκάνη του Κομίτου, που αποστραγγίζονται οι τέσσερις κορυφές της Όχης (Γιούδα, Σαμάρι, Κερασιά και Μηλιά), ο υδροκρίτης στα ανάντη ξεπερνά τα 1.000m υψόμετρο και διαμορφώνει μια περιοχή έκτασης 16.2 km^2.



Εικόνα 3.14: Υδρολογική λεκάνη Κομίτου.

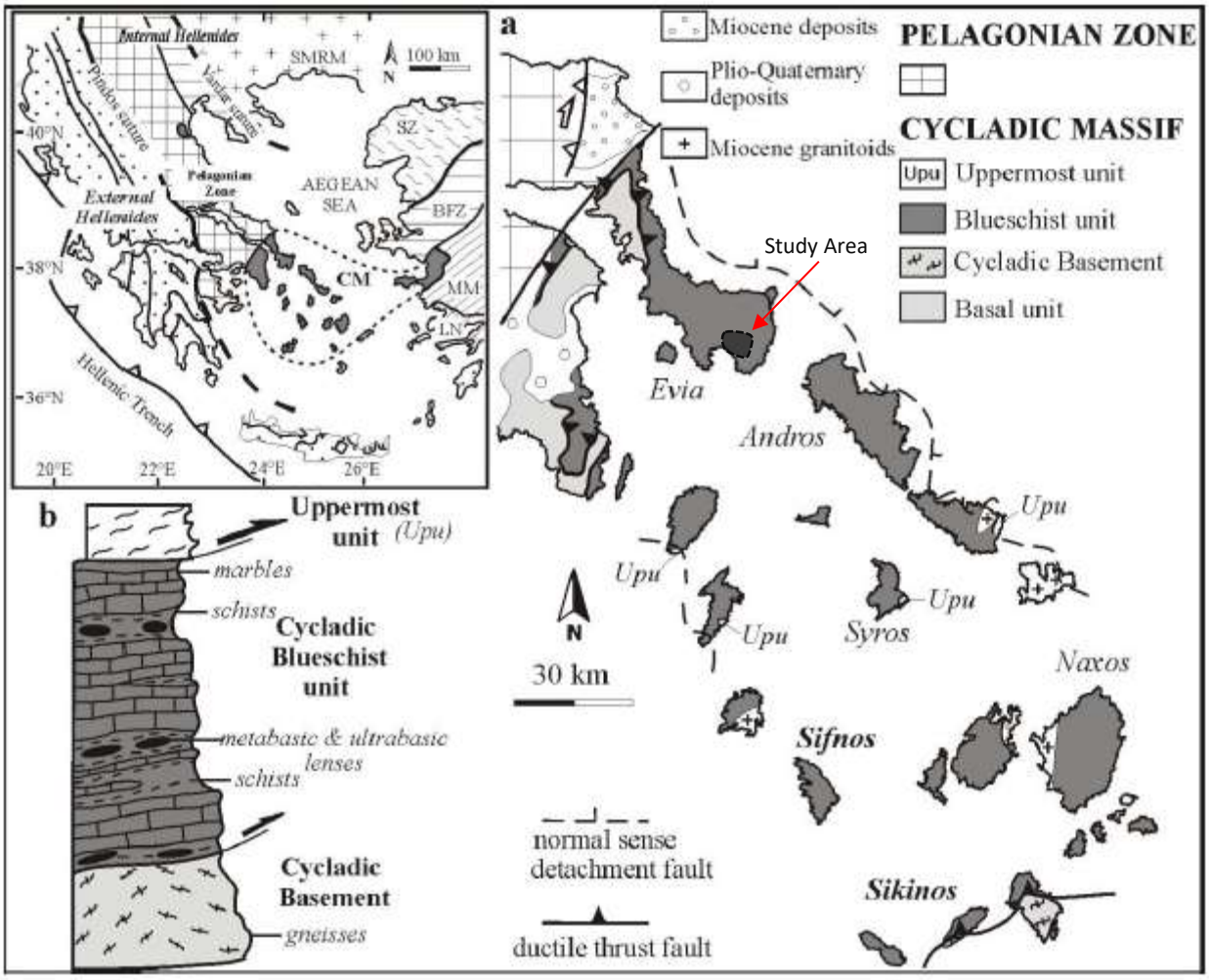
Πίνακας 13	
ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΟΜΙΤΟΥ	
ΕΜΒΑΔΟΝ	16.2km^2
ΤΑΞΗ ΚΛΑΔΩΝ (u)	**ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ – Lu (km)**
$4^{ης}$	8.46
$3^{ης}$	2.44
$2^{ης}$	7.43
$1^{ης}$	21.34
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΛΑΔΩΝ (N)	64
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΚΛΑΔΩΝ	39.67
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D (km^{-1})	2.45
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ F (km^{-2})	3.95

Συμπερασματικά, οι τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας κυμαίνονται από 2.5 έως 3.1km^{-1} και της συχνότητας από 2.7 έως 4.6km^{-2}. Οι τιμές τους σχετίζονται με τη λιθολογία της περιοχής, γεγονός που επηρεάζει άμεσα την επιφανειακή ροή των κατακρημνισμάτων, με την διηθητικότητα να συνδέεται με διακλάσεις, διαρρήξεις και ρήγματα. Επιπλέον, η λεπτή υδρογραφική υφή, που προκύπτει επιβεβαιώνεται και από το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής.

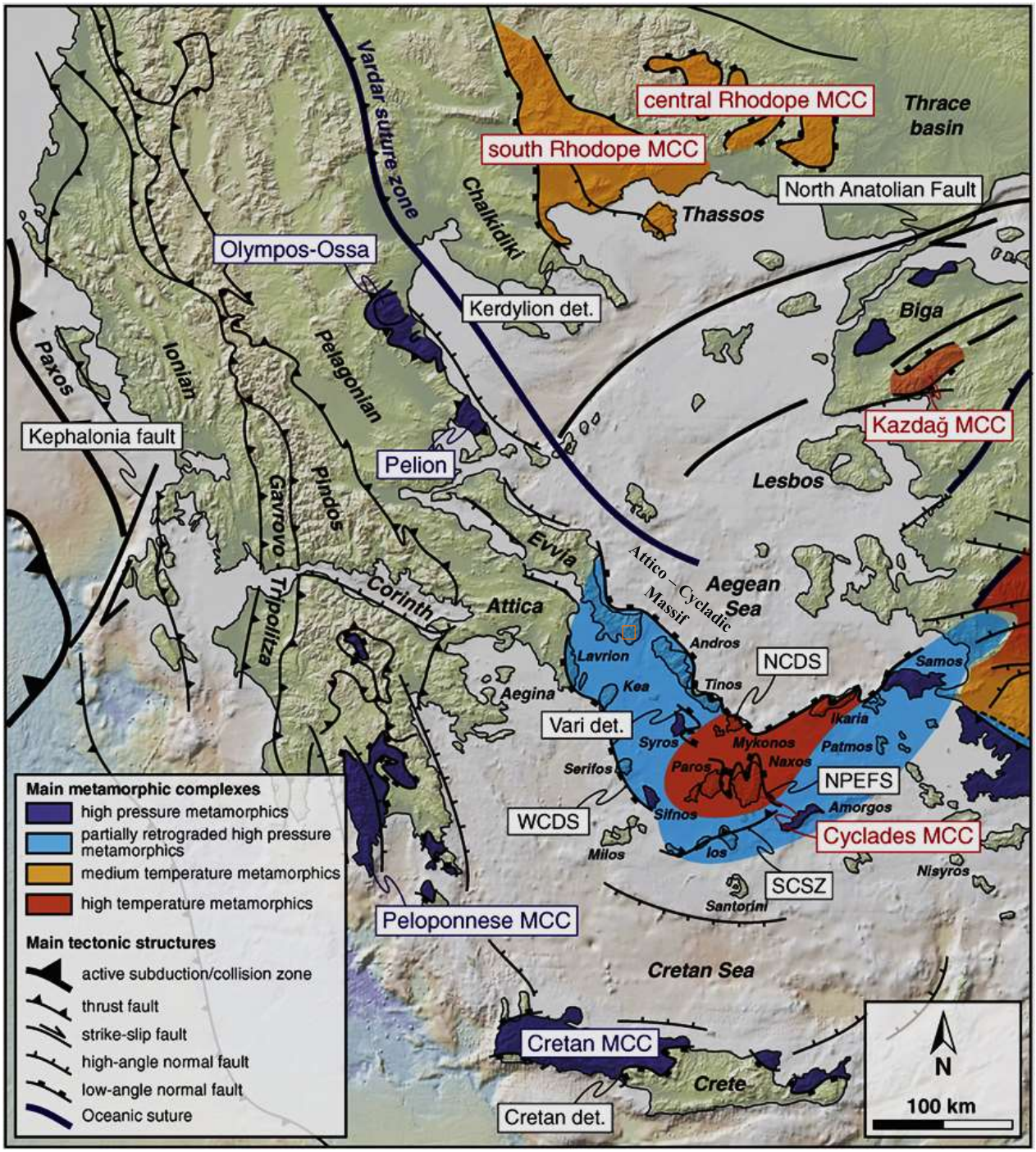
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο} ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η παλαιογεωγραφική οργάνωση των Ελληνίδων περιλαμβάνει συνολικά εννιά πεδία, τέσσερα εκ των οποίων απαντούν στη νήσο της Εύβοιας και διαμορφώνουν τμήμα της ενδιάμεσης τεκτονομεταμορφικής ζώνης (Αττικο-Κυκλαδική Μάζα – ACM: Attico-Cyclades Massif) (Bavay et al., 1980, Papanikolaou, 1984, Papanikolaou, 1988, Xypolias et al., 2003, Xypolias et al., 2010). Πιο συγκεκριμένα, έχουμε τα H1 και H3 – τις πλατφόρμες των Εξωτερικών και των Εσωτερικών Ελληνίδων αντίστοιχα, που αντιπροσωπεύουν ηπειρωτικά θραύσματα Γκοντβανικής προέλευσης, ενώ το H2, που παρεμβάλλεται ανάμεσα τους είναι γνωστό ως Ωκεανός Πίνδου – Κυκλάδων και αφορά τμήματα της Τηθύος, με την κατεξοχήν κύρια ωκεάνια περιοχή της να εκπροσωπείται από το κάλυμμα οφιόλιθων του Αξιού (H4) (Papanikolaou, 2015).

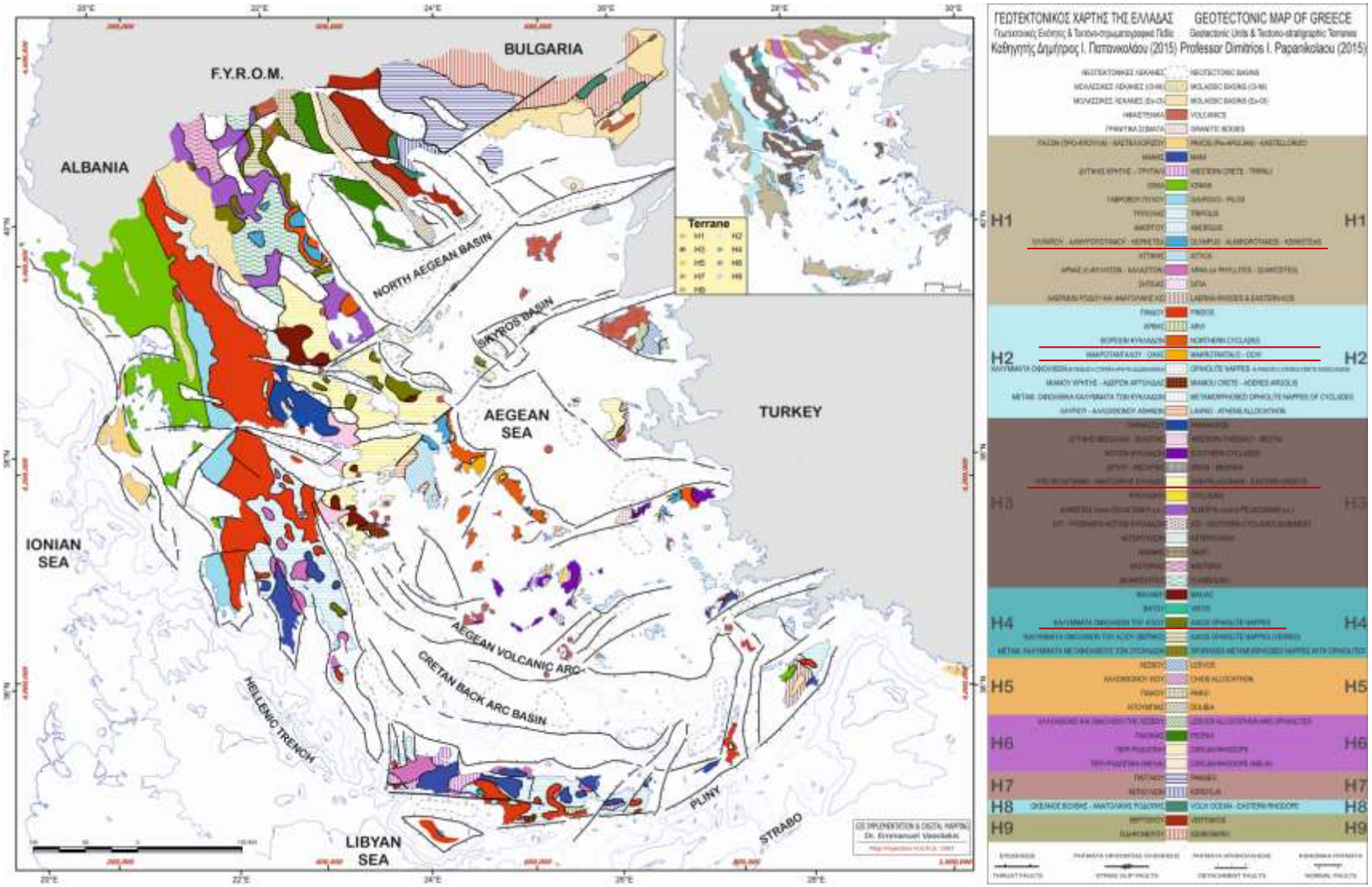


Εικόνα 4.1: Γεωλογικός χάρτης με τη θέση της Κυκλαδικής Μάζας (Cycladic Massif) μεταξύ των Εξωτερικών (External) και των Εσωτερικών (Internal) Ελληνίδων (Hellenides) και η στρωματογραφική κολώνα, που συντίθεται από την Ενότητα Βάσης (Cycladic Basement), τους Κυανοσχιστόλιθους των Κυκλάδων (Cycladic Blueschist Unit) και την Ανώτερη Ενότητα (Uppermost Unit) (από Papadopoulou et al., 2016).



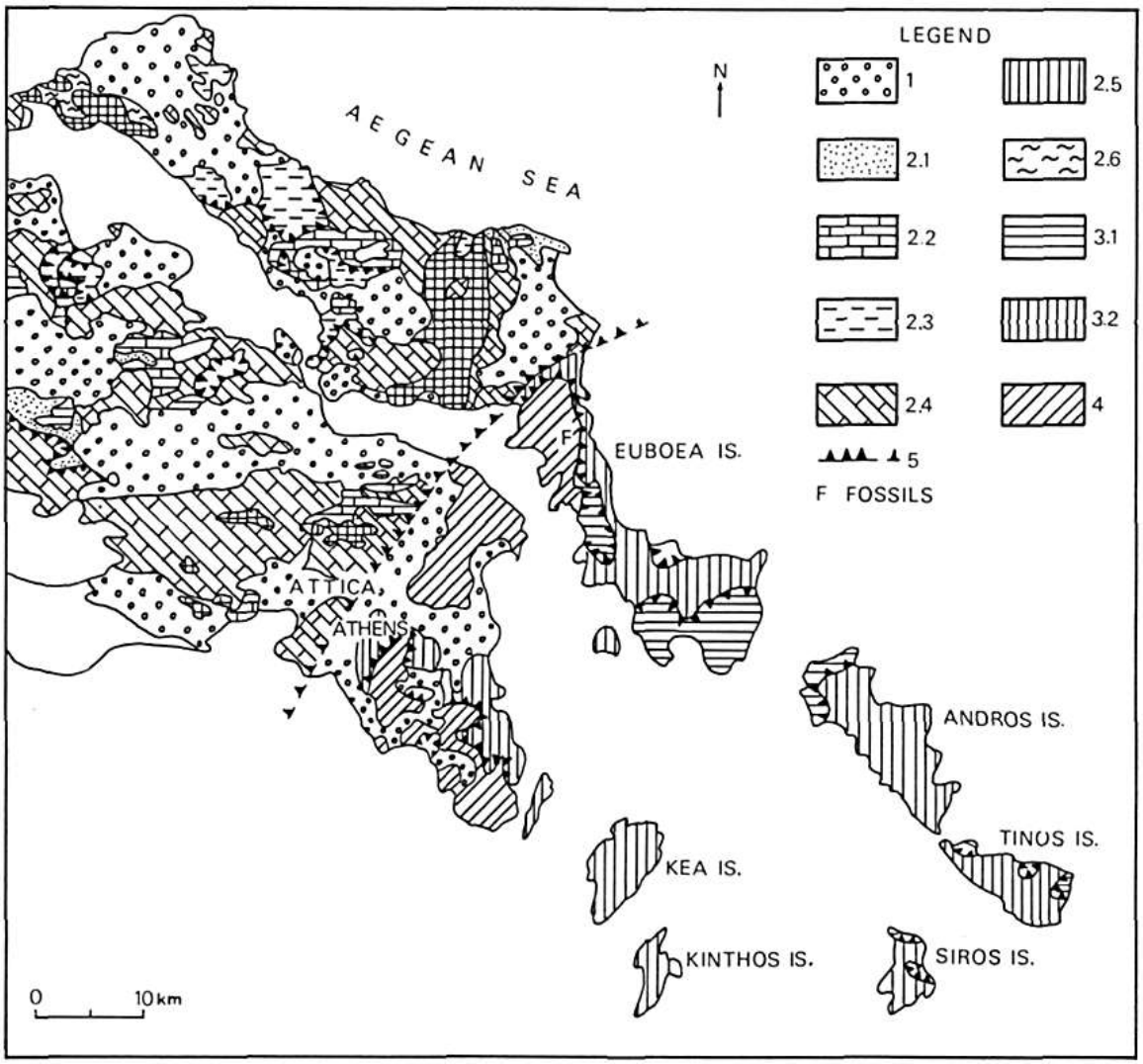
Εικόνα 4.2: Τεκτονικός χάρτης με τις θέσεις αποκάλυψης των συμπλεγμάτων μεταμορφικού πυρήνα της Ροδόπης βόρεια, των Κυκλάδων κεντρικά και του Νότιου Αιγαίου/Πελοποννήσου – Κρήτης (από Menant et al., 2016) – σε πορτοκαλί πλαίσιο η περιοχή μελέτης μας στη Νότια Εύβοια.

Όπως παρουσιάζεται και στον τεκτονικό χάρτη (Εικ.4.2), τμήμα του μεταμορφικού συμπλέγματος των Κυκλάδων στην Νότια Εύβοια απαντά μεταξύ του Βόρειου (North Cycladic Detachment System: NCDS) και Δυτικού (West Cycladic Detachment System: WCDS) συστήματος ρηγμάτων αποκόλλησης (Jolivet et al., 2004, Jolivet et al., 2009, Lacombe et al., 2013, Menant et al., 2013, Huet et al., 2014).



Εικόνα 4.3: Γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδος με τη νήσο της Εύβοιας να χαρακτηρίζεται από τα πεδία H1,H2,H3 και H4. Η περιοχή μελέτης εστιάζεται στο πεδίο H2, στα καλύμματα Βόρειων Κυκλάδων και Μακροτάνταλου – Όχης (από Papanikolaou, 2015).

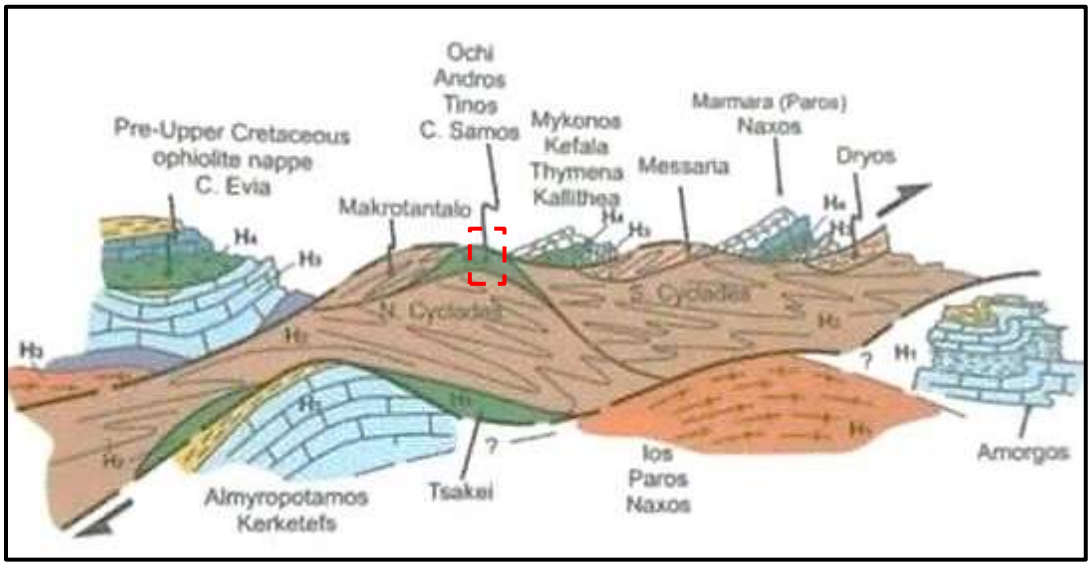
Ως προς τη λιθοστρωματογραφία, στη βάση της Αττικο-Κυκλαδικής (ACM) έχουμε την παρα-αυτόχθονη γεωτεκτονική ενότητα του Αλμυροπόταμου, η οποία αντιπροσωπεύει το ηπειρωτικό άκρο της Απούλιας μικροπλάκας (H1) και εμφανίζεται στην κεντρική Εύβοια υπό μορφή τεκτονικού παραθύρου (Dürr et al., 1978, Papanikolaou, 1986, Shaked et al., 2000, Ring et al., 2001, Xypolias et al., 2002, Ring et al., 2007, Xypolias et al., 2010, Xypolias et al., 2012). Πρόκειται για μια ανθρακική πλατφόρμα, πάχους 2km και ηλικίας Τριαδικού-Μ.Ηώκαινου, με ενδιαστρώσεις σχιστόλιθων και φακούς βασικών/υπερβασικών πετρωμάτων, καλυμμένα από μεταπηλιτική ακολουθία (μεταφλύσχης) Αν.Ηωκαινικής ηλικίας, που δεν ξεπερνά τα 1.5km. Από ανίχνευση Si-φεγγίτη και υπολείμματα γλαυκοφανούς σε πορφυροβλάστες αλβίτη του μεταφλύσχη της ενότητας αποδείχθηκε, πως υπέστη μεταμόρφωση πιέσεως 8-10kbar και θερμοκρασίας 350°C σε βάθη 30-35km (Ring et al., 1999, Shaked et al., 2000, Xypolias et al., 2002, Xypolias et al., 2010).



Εικόνα 4.4: Γεωτεκτονικός χάρτης Αττικής – Εύβοιας – Βόρειων & Δυτικών Κυκλάδων (1. Τεταρτογενείς/Νεογενείς αποθέσεις, 2. Πελαγονική ζώνη – 2.1. Φλύσχης, 2.2. ΑνωΚρητιδικοί ασβεστόλιθοι, 2.3. Ηω-Ελληνικό κάλυμμα (οφιόλιθοι), 2.4. Μέσο/Ανω Τριαδικοί – ΑνωΙουρασικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες, 2.5. Περμο-Τριαδικές αποθέσεις, 2.6. Κρυσταλλικό υπόβαθρο – 3. Νεοελληνικό τεκτονικό κάλυμμα – 3.1. Ενότητα Όχης, 3.2. Ενότητα Στύρων – 4. Αυτόχθονο σύστημα Αλμυροπόταμου, 5. Επώθηση) (από Katsikatsos&Kollmann, 1986).

Πάνω από το εσωτερικό τμήμα των Εξωτερικών Ελληνίδων (Αλμυροπόταμος) εμφανίζονται με μορφή καλυμμάτων τα μεταμορφωμένα πετρώματα υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών (HP/LT) των Κυκλαδικών ενοτήτων (Τσακαίων, Στύρων, Όχης) γνωστά ως Ενότητα Κυανοσχιστόλιθων Εύβοιας – EBU: Evia Blueschists Unit (Xypolias et al., 2002) ή Πρασινοσχιστόλιθοι/Κυανοσχιστόλιθοι Κυκλάδων – CGB: Cycladic Greenschist/Blueschist (Marinos&Petrascheck, 1956, Dürr et al., 1978, Katsikatsos et al., 1986).

Η αλλόχθονη σειρά των Κυανοσχιστόλιθων και των ανάδρομων Πρασινοσχιστόλιθων μαζί με παρεμβολές μαρμάρων/σιπολινομαρμάρων, κλαστικούς σχηματισμούς, ηφαιστειακά πετρώματα και κατά τόπους οφιολιθικά συμπλέγματα (mélange) καλύπτονται τεκτονικά από την υπερκείμενη Πελαγονική, μη μεταμορφωμένη ενότητα των Εσωτερικών Ελληνίδων (H3) (Papanikolaou, 2015). Το κάλυμμα των οφιόλιθων του Ωκεανού του Αξιού εμφανίζονται κατά θέσεις στη Βόρεια Εύβοια (Δαφνώντα, Βασιλικό, Σαρακήνικο) και τα Νεογενή ιζήματα πληρώνουν την λεκάνη της Κύμης, αλλά και άλλες μικρότερες λεκάνες που βρίσκονται νοτιότερα της, ενώ Τεταρτογενή ιζήματα απαντούν γύρω από την περιοχή της Καρύστου (Shaked et al., 2000, Ring et al., 2007).



Εικόνα 4.5: Σχηματική τομή της ενδιάμεσης ζώνης Κυανοσχιστόλιθων, που τοποθετείται τεκτονικά ανάμεσα στις πλατφόρμες H1 και H3. Σε κόκκινο πλαίσιο, οι ενότητες Όχης και Βόρειων Κυκλάδων, που απαντούν στην περιοχή μελέτης (από Papanikolaou, 2015).

Όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα 4.5, η ενότητα Μακροτάνταλου (στην Άνδρο) – Όχης (στην Εύβοια) είναι επωθημένη με μια περίπλοκη τεκτονική επαφή πάνω στην ενότητα Βόρειων Κυκλάδων – αντίστοιχη της ενότητας Στύρων και αυτή με τη σειρά της τεκτονικά υπερκείμενη της ενότητας Αλμυροπόταμου. Σύμφωνα με τον Παπανικολάου (1978), οι ενότητες Μακροτάνταλου – Όχης και Β.Κυκλάδων – Στύρων παρουσιάζουν όμοια τεκτονική δομή και κυανοσχιστολιθική μεταμόρφωση, ωστόσο διαφέρουν στην λιθοστρωματογραφική τους υπόσταση, όπως θα αναλύσουμε και παρακάτω.

4.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΟΧΗΣ

Εστιάζοντας στην περιοχή μελέτης μας, δύο κύριες ενότητες της EBU, που θεωρείται ως η ΒΔ προέκταση της ενότητας Κυκλαδικών Κυανοσχιστόλιθων (CBU: Cycladic Blueschists Unit) μας απασχολούν και αυτές είναι οι σχηματισμοί του καλύμματος της *Όχης* και οι τεκτονικά υποκείμενοι τους – κάλυμμα *Στύρων* (Katzir et al., 2000, Katzir et al., 2007, Xypolias et al., 2003, Xypolias et al., 2012).

4.2.1. Ενότητα Στύρων

Πρόκειται για μια ακολουθία μαρμάρων κυρίως ασβεστιτικών, λεπτοστρωματώδη και κατά θέσεις παχυστρωματώδη, με μεγάλη συμμετοχή του μοσχοβίτη και σημαντικό ποσοστό σε χλωρίτη με αποτέλεσμα να μεταπίπτουν σε σιπολινομάρμαρα ή/κ΄ πράσινου χρώματος σιπολίνες, ενώ παρουσιάζουν μικρό ποσοστό σε απατίτη και γλαυκοφανή (Bavay et al., 1980, Katsikatsos, 1992). Έντονα τεκτονισμένα με ισοκλινείς πτυχές, αποσφηνώνονται μέσα σε σχιστόλιθους (μοσχοβιτικούς, χλωριτικούς, χαλαζιακούς και ασβεστιτικούς) με τους οποίους εναλλάσσονται βαθμιαία. Τα σχιστολιθικά πετρώματα εμφανίζονται έντονα σχιστοποιημένα και μικροπτυχωμένα, με πληθώρα ενστρώσεων χαλαζιτών (χαλαζιακοί σχιστόλιθοι) και αμφιβολιτών (αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι παρουσία γλαυκοφανούς), ενώ κοντά στη βάση παρατηρούνται και φακοί σερπεντινιτών (Latsoudas & Triantaphyllis, 1997, Xypolias et al., 2012). Συμπερασματικά, λοιπόν, το κάλυμμα των Στύρων αντιστοιχεί στην ενότητα των Βόρειων Κυκλάδων (Katsikatsos, 1979, Papanikolaou, 1986, Papanikolaou, 2015) και αποτελεί την προς τα πάνω εξέλιξη του σχηματισμού Τσακαίων (Bavay et al., 1980, Katsikatsos, 1992) με μια λιθοστρωματογραφική κολώνα που δομείται κυρίως από πελαγικά μάρμαρα στη βάση και ορίζοντες σιπολινομαρμάρων προς την οροφή, με παρεμβολές μεγάλου πάχους σχιστόλιθων, ενώ σημαντική είναι η επικράτηση τόσο των μεταηφαιστειακών υπό μορφή αμφιβολιτικών σχιστόλιθων – αμφιβολιτών, όσο και οι ενστρώσεις Mn – ούχων μεταπυριτιόλιθων. Στην οροφή οι σχιστόλιθοι αποτελούν ένα είδος μεταμορφωμένου άγριου φλύσχη με μεγάλα τεμάχη μεταοφιόλιθων και άλλων πετρωμάτων (Papanikolaou, 1978).

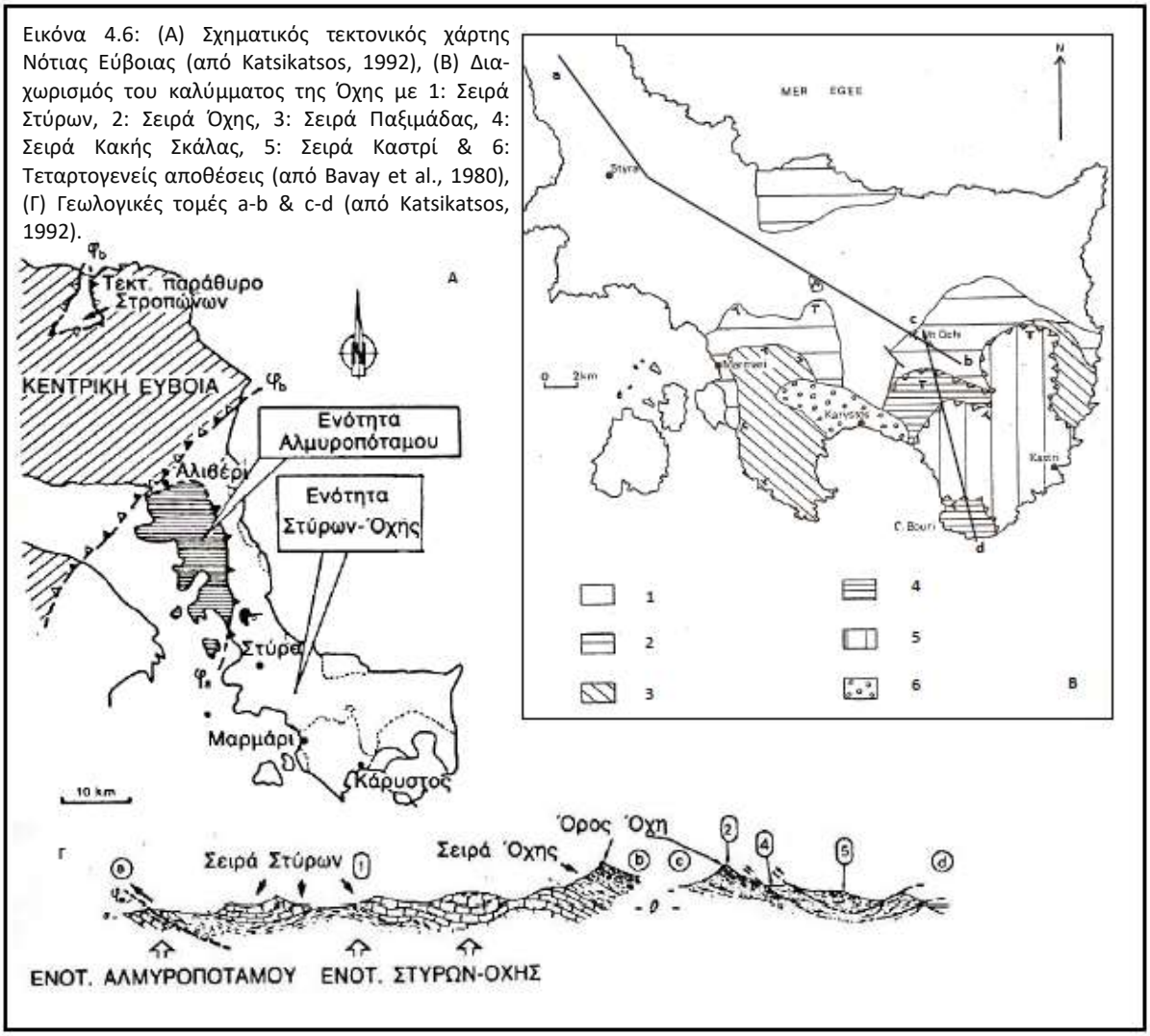
4.2.2. Ενότητα Όχης

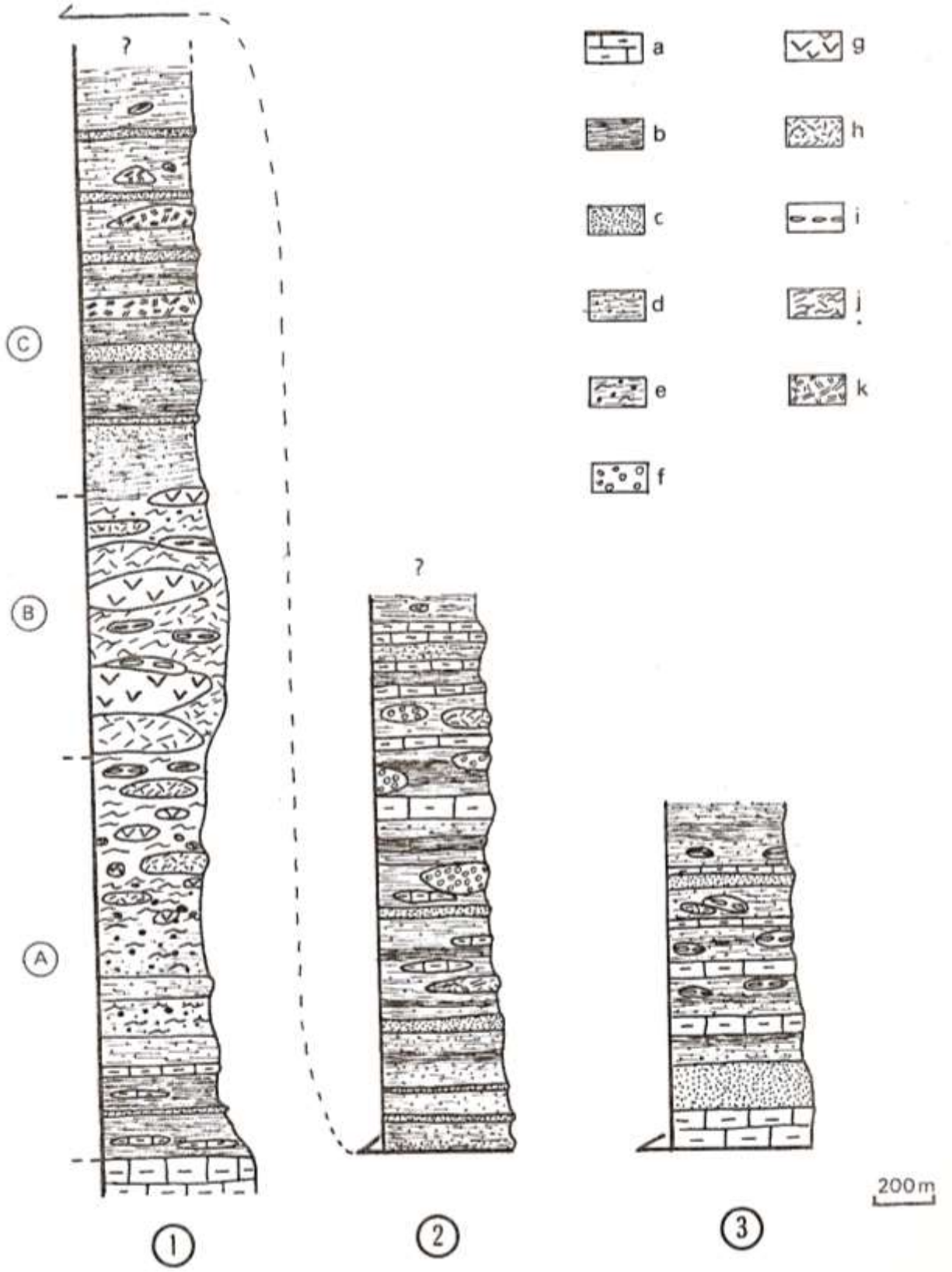
Αντιπροσωπεύει το οφιολιθικό mélange της CBU και εμφανίζεται στο νότιο άκρο της Εύβοιας, με πάχος που ξεπερνά το 1km. Κατά τους Xypolias et al. (2012) έχει χωριστεί σε δυο υποενότητες: την κατώτερη, όπου πρόκειται για ένα σύμπλεγμα μεταμορφωμένων ιζηματογενών και μαγματικών πετρωμάτων ωκεάνιας προέλευσης, με βασικά μεταηφαιστειακά σε εναλλαγές με ασβεστιτικούς και μεταπηλιτικούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, χαλαζίτες και μετατόφους καθώς και την ανώτερη, η οποία απαρτίζεται από χαλαζιακούς και χαλαζιοαστριούχους σχιστόλιθους, χαλαζίτες, γνεύσιους και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους. Απομονωμένοι φακοί βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων απαντώνται σε όλη τη στήλη της κολώνας, με την κύρια εμφάνιση τους να περιορίζεται ως επί το πλείστον κατά μήκος της τεκτονικής επαφής με την υποκείμενη ενότητα των Στύρων (Xypolias et al., 2010).

Λεπτομερή διαχωρισμό σε επιμέρους υποενότητες είχαμε και από τους Bavay (1980) και Vergely (1984) με την **σειρά Καστρί** να αποτελεί την τεκτονικά ανώτερη ακολουθία, την σειρά **Όχης/Παξιμάδας** την κατώτερη και ενδιάμεσα τους την **σειρά Κακής Σκάλας**. Αναλυτικότερα, η σειρά Καστρίου περιλαμβάνει χαλαζιακούς σχιστόλιθους στη βάση και στην οροφή μεγάλα τεμάχη πετρωμάτων ποικίλης λιθολογικής σύστασης (μεταβασίτες και μάρμαρα) μέσα σε σχιστολιθικό περιβάλλον με παρεμβολές από μετατόφους, μεταρυόλιθους και σιπολίνες (Bavay et al., 1980). Η σειρά Κακής Σκάλας φέρει χαλαζίτες και μάρμαρα, που εξελίσσονται προς τα πάνω σε χαλαζιακούς σχιστόλιθους. Οι κατώτεροι ορίζοντες της αποτελούν πλευρική μετάβαση των ανώτερων μελών του καλύμματος των Στύρων, ενώ οι ανώτεροι ταυτίζονται με τους σχηματισμούς βάσης της σειράς Όχης/Παξιμάδας (Bavay et al., 1980).

Τέλος, η σειρά Όχης χαρακτηρίζεται από ένα κατώτερο σχιστολιθικό σύνολο (αμφιβολιτικοί, γλαυκοφανιτικοί, μοσχοβιτικοί, ασβεστιτικοί και χλωριτικοί σχιστόλιθοι) με αλλόχθονα τεμάχη βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων, ένα χαοτικό σύμπλεγμα μεταβασιτών, σερπεντινιτών και μεταραδιολαριτών ενώ προς τα ανώτερα (σειρά Παξιμάδας) απαντώνται χαλαζίτες, χαλαζιοαστριούχοι και μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι καθώς και φακοειδείς παρεμβολές όξινων μεταλαβών (Bavay et al., 1980).

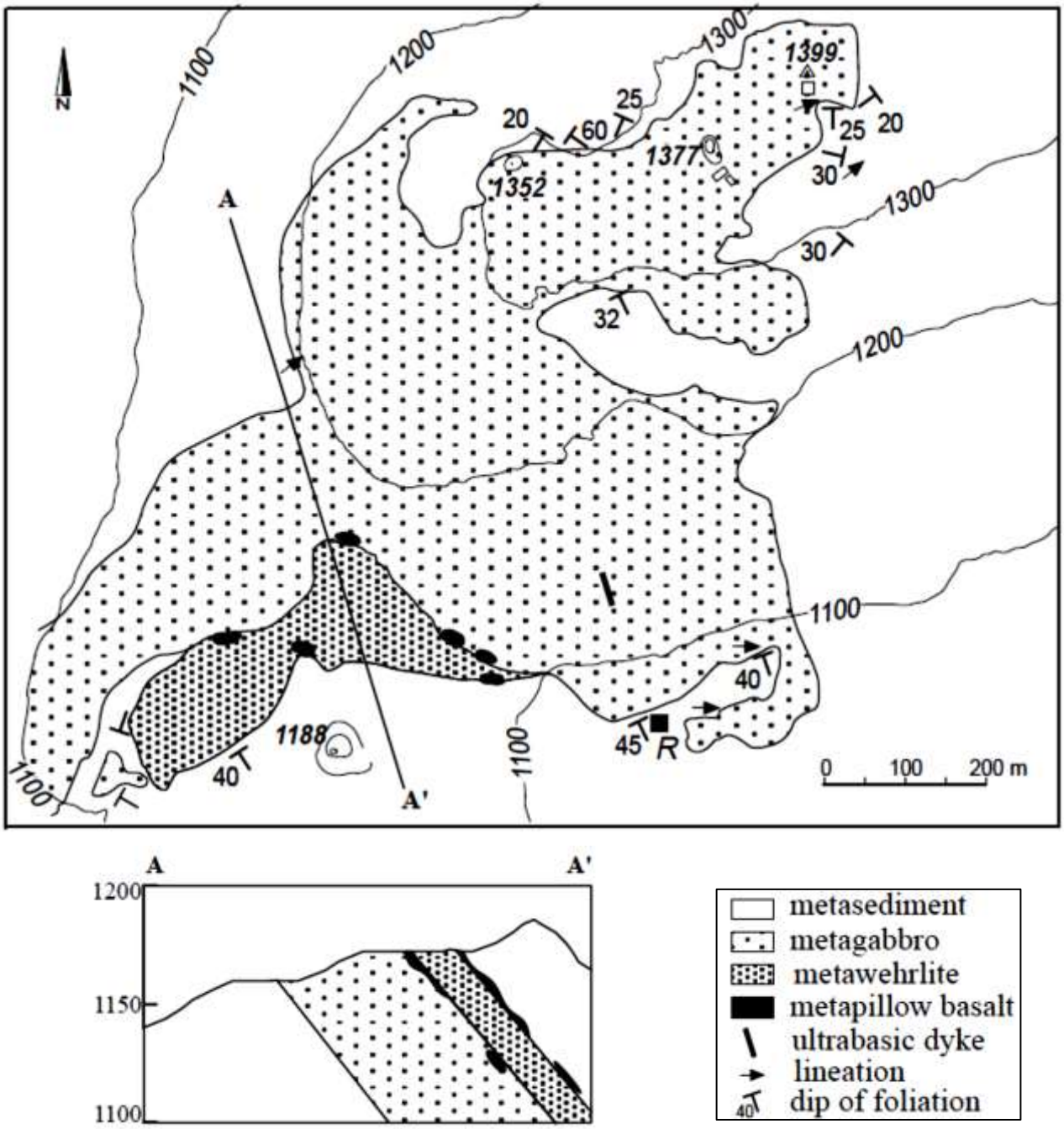
Εικόνα 4.6: (Α) Σχηματικός τεκτονικός χάρτης Νότιας Εύβοιας (από Katsikatsos, 1992), (Β) Διαχωρισμός του καλύμματος της Όχης με 1: Σειρά Στύρων, 2: Σειρά Όχης, 3: Σειρά Παξιμάδας, 4: Σειρά Κακής Σκάλας, 5: Σειρά Καστρί & 6: Τεταρτογενείς αποθέσεις (από Bavay et al., 1980), (Γ) Γεωλογικές τομές a-b & c-d (από Katsikatsos, 1992).





Εικόνα 4.7: Στρωματογραφικές κολώνες των σειρών Όχης (1), Καστρίου (2) και Κακής Σκάλας (3). Υπόμνημα: a. μάρμαρα, b. σχιστόλιθοι, c. χαλαζίτες, d. χαλαζιακοί σχιστόλιθοι, e. μετατόφοι, f. mélange (μάρμαρα – μεταλάβες), g. περιδοτίτες, h. μεταβασίτες, i. ραδιολαρίτες, j. αμφιβολίτες και k. μεταλάβες (από Bavay et al., 1980).

Το περίπλοκο σύμπλεγμα στην κορυφή του όρους Όχη απασχόλησε την επιστημονική κοινότητα, με τους Katzir et al. (2000) να το διαχωρίζουν κατόπιν μιας λεπτομερής μελέτης με βάση την ορυκτολογική του υπόσταση.



Εικόνα 4.8: Γεωλογικός χάρτης και τομή ΑΑ' διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ στο όρος της Όχης (από Katzir et al., 2000).

Πιο αναλυτικά, ξεκινώντας από τους **μεταβασάλτες**, πρόκειται για συμπαγή πετρώματα ή/κ' τεμάχη μαξιλαροειδούς μορφής (pillows) με πυρήνες από ομφακίτη που αντικαθίσταται τοπικά από επίδοτο, ενώ στα εξωτερικά τμήματα, όπου είναι διαλυμένοι, σχηματίζονται γωνιώδη κλάστες Na-ούχων πυρόξενων μέσα σε θεμελιώδη μάζα γλαυκοφανούς. Διατηρούν καλύτερα τα ορυκτά της πρώτης φάσης μεταμόρφωσης υψηλών πιέσεων (M1) και πολλές φορές βρίσκεται σε ισορροπία φλέβα αλβίτη με ομφακίτη υποδηλώνοντας, πως η παραγένεση πραγματοποιήθηκε λίγο μετά από την κύρια φάση M1. Αλβίτης, χλωρίτης, φεγγίτης, λωζονίτης και πουμπελλυΐτης απαντούν σε διάκενα και αντιστοιχούν στα ορυκτά που προέρχονται από τη δεύτερη φάση μεταμόρφωσης (M2).

Οι **μεταγάββροι**, που εμφανίζονται στο όρος της Όχης, είναι τύπου flaser και παρουσιάζουν πορφυροκλαστικό ιστό εξαιτίας των υπολειμματικών κόκκων αυγίτη μέσα σε μια θεμελιώδη μάζα από γλαυκοφανή, επίδοτο, φεγγίτη, αλβίτη, χλωρίτη, ακτινόλιθο και πουμπελλυΐτη, τόσο της κυανοσχιστολιθικής, όσο και της πρασινοσχιστολιθικής φάσης μεταμόρφωσης.

Τα **υπερβασικά πετρώματα** φέρουν ποικιλοβλαστικό πρισματικό διοψίδιο μέσα σε μάζα σερπεντίνη και χαρακτηριστικές ψευδομορφές λιζαρδίτη από ολιβίνη. Είναι κυρίως σερπεντινιωμένοι μεταπεριδοτίτες (μεταβερλίτες) και κατά θέσεις απαντούν και σερπεντινιωμένες υπερμαφικές λάβες. Ο πρωτογενής ιστός τους επικαλύπτεται από παραγένεση, η οποία περιλαμβάνει τρεμολίτη, διοψίδιο και αντιγορίτη. Στις επαφές τους με περιβάλλοντα πετρώματα αναπτύσσεται μια ζώνη (blackwall) φυλλονιτικού χλωρίτη-τρεμολίτη με πορφυροκλάστες υπολειμματικών αμφιβόλων (χλωριτικός σχιστόλιθος).

Συμπερασματικά, τα μετα-πυριγενή πετρώματα, που συνθέτουν το σύμπλεγμα του όρους Όχη και είναι αντιπροσωπευτικά ωκεάνιας προέλευσης, έχουν υποστεί 4 στάδια κρυστάλλωσης:

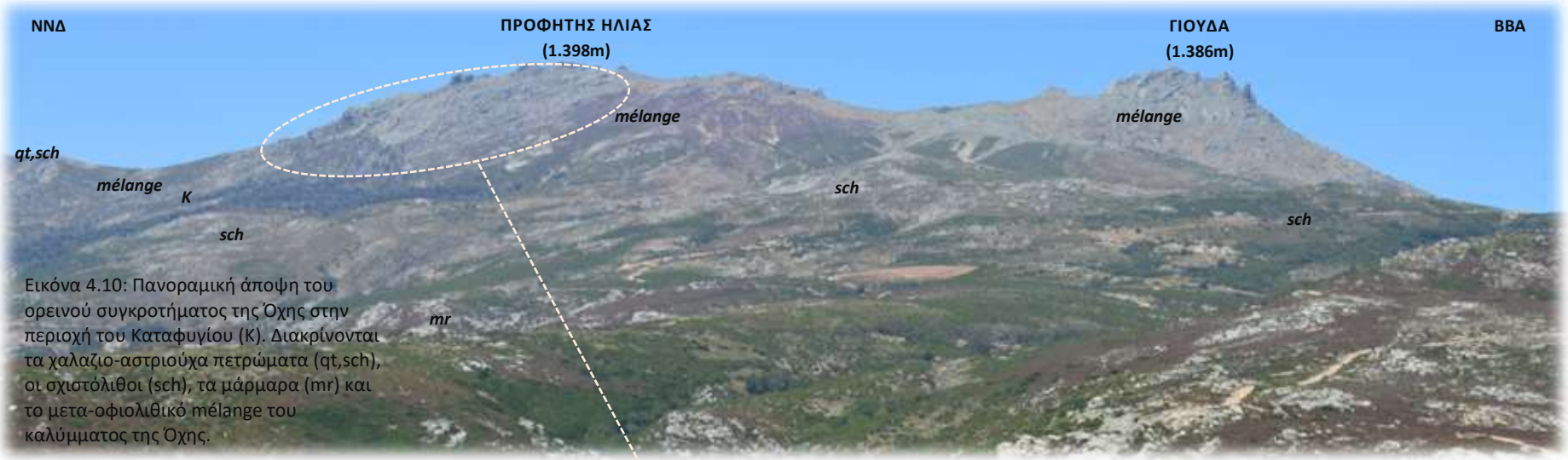
- 1° στάδιο : Κατά το σχηματισμό νέας ωκεάνιας λιθόσφαιρας σε χώρο διάνοιξης
- 2° στάδιο : Κατά την υδροθερμική διαφοροποίηση ωκεάνιου πυθμένα
- 3° στάδιο : Κατά τη μεταμόρφωση HP/LT (M1)
- 4° στάδιο : Κατά την ανάδρομη πουμπελλυϊτικής/ακτινολιθικής φάσης μεταμόρφωση (M2)

Τα μεγάλα σώματα γάββρων και οι βερλιτικές φλέβες προέρχονται πιθανόν από τη μεταβατική ζώνη φλοιού-μανδύα, δηλαδή από τα κατώτερα τμήματα του ωκεάνιου φλοιού(Katzir et al., 2000).

		Syros	Ochi	Tsaki
Lithological components	Blocks	Metagabbro (≤700 m), meta-acidite (granophyre?), clast-supported meta-igneous breccia of sedimentary origin	Metagabbro (≤200 m), meta-serpentinized wehrlite, metabasalt	Meta-serpentinite (≤500 m), metagabbro, metabasalt metabasalt
	Matrix	Pelitic schist, meta-tuffites, metasomatized serpentinite, rare meta-chert, meta-ironstone	Semi-pelitic schist, meta-chert, meta-ironstone	Pelitic schist
Underlying sequence		Schist–marble (meta-flysch)	Semi-pelitic schist, meta-tuffite	Basal Unit (Almyropotamos)
Overlying sequence		Pelitic–psammitic schist, marble	Marble, quartzite, volcanogenic schist, meta-rhyolite	Pelitic schist
Pre-metamorphic relicts		Gabbro: pseudomorphs of actinolite after cpx (sub-sea-floor hydrothermal alteration) including rare augite cores; cumulate texture preserved by topotactic growth of metamorphic minerals (gln, ep) over igneous precursors (cpx, plg); intrusive relations between basic and acid rocks	Gabbro: aug, aug replaced by hbd Wehrlite: cumulate texture of cpx poikiloblasts enclosing mesh-textured serpentine after olivine Basalt: pillows zoned from omp and vesicle-rich core to gln-rich and non-vesicular rims Wehrlite dyke in gabbro	Serpentinite: bastite pseudomorphs after opx Gabbro: coarse-grained hbd Basalt: vesicular; sub-ophitic texture; Ti-aug cores in omp
Metamorphic textures related to pre-metamorphic features		Flaser gabbro: porphyroclasts of act or omp Metasomatic rinds at ultramafic contacts: omphacitite, jadeitite	Flaser gabbro: porphyroclasts of aug	Basalt: vesicles filled with various metamorphic assemblages

act, actinolite; aug, augite; cpx, clinopyroxene; ep, epidote; gln, glaucophane; hbd, hornblende; omp, omphacite; opx, orthopyroxene; plg, plagioclase.

Εικόνα 4.9: Λιθολογία των HP/LT οφιολιθικών mélanges σε Σύρο και Εύβοια με ιδιαίτερη έμφαση στα προ-μεταμορφικά τους χαρακτηριστικά (από Katzir et al., 2007).



Εικόνα 4.10: Πανοραμική άποψη του ορεινού συγκροτήματος της Όχης στην περιοχή του Καταφυγίου (Κ). Διακρίνονται τα χαλαζιο-αστριούχα πετρώματα (qt,sch), οι σχιστόλιθοι (sch), τα μάρμαρα (mr) και το μετα-οφιολιθικό mélange του καλύμματος της Όχης.

Εικόνα 4.11: Μετα-οφιολιθικό σύμπλεγμα Όχης στον Καστανόλογγο (gab: μεταγάββροι).

4.3. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΤΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ

Στα νησιά των Κυκλάδων μελετήθηκαν, αναγνωρίστηκαν και αποδείχθηκε πως συνυπάρχουν δυο κύρια γεγονότα, που όμως θέτουν το πρόβλημα διαφοροποίησης συνορογενετικής και μεταορογενετικής παραμόρφωσης. Το πρώτο σχετίζεται με πάχυνση του φλοιού και η εκταφή των βαθύτερων στρωμάτων επιτεύχθηκε μέσω του καναλιού υποβύθισης στο Ηώκαινο (Φάση D1), ενώ η μεταορογενετική παραμόρφωση του εκλεπτυσμένου φλοιού μέσω συνδυασμού βαρυτικής κατάρρευσης και έκτασης στην οπισθοτάφρο (back arc extension) πραγματοποιήθηκε στο Ολιγόκαινο-Μειόκαινο (Φάση D2). Στην Νότια Εύβοια, ωστόσο, διαπιστώθηκαν πέντε φάσεις παραμόρφωσης από τους Xypolia et al. (2012) που αντιστοιχούν στη μετάβαση από τη φάση ταφής των πετρωμάτων (D1 & D2), στην μετέπειτα αποσυμπίεση και εκταφή τους από όλκιμες (D3 & D4) σε ημιπλαστικές/θραυσιγενείς συνθήκες (D5) και από τους Ring et al. (2007) αναφέρθηκαν τέσσερις φάσεις με τις D1 & D2 να αφορούν όλκιμες παραμορφωτικές δομές και να σχετίζονται με επιδοτιτική/κυανοσχιστολιθική και πρασινοσχιστολιθική μεταμόρφωση αντίστοιχα, την D3 να αντιπροσωπεύει την προοδευτική τους εξέλιξη προς τις ημιπλαστικές συνθήκες και τέλος την D4 να αφορά θραυσιγενή παραμόρφωση μέσω της δημιουργίας κανονικών ρηγμάτων.

Εικόνα 4.12: Επικαλυπτόμενες δομές, που αντιπροσωπεύουν τις διαφορετικές παραμορφωτικές φάσεις σε σχιστολιθικά πετρώματα της Όχης.

Σύμφωνα με τους Xypolia et al. (2012) έχουμε:

- D1 – D2

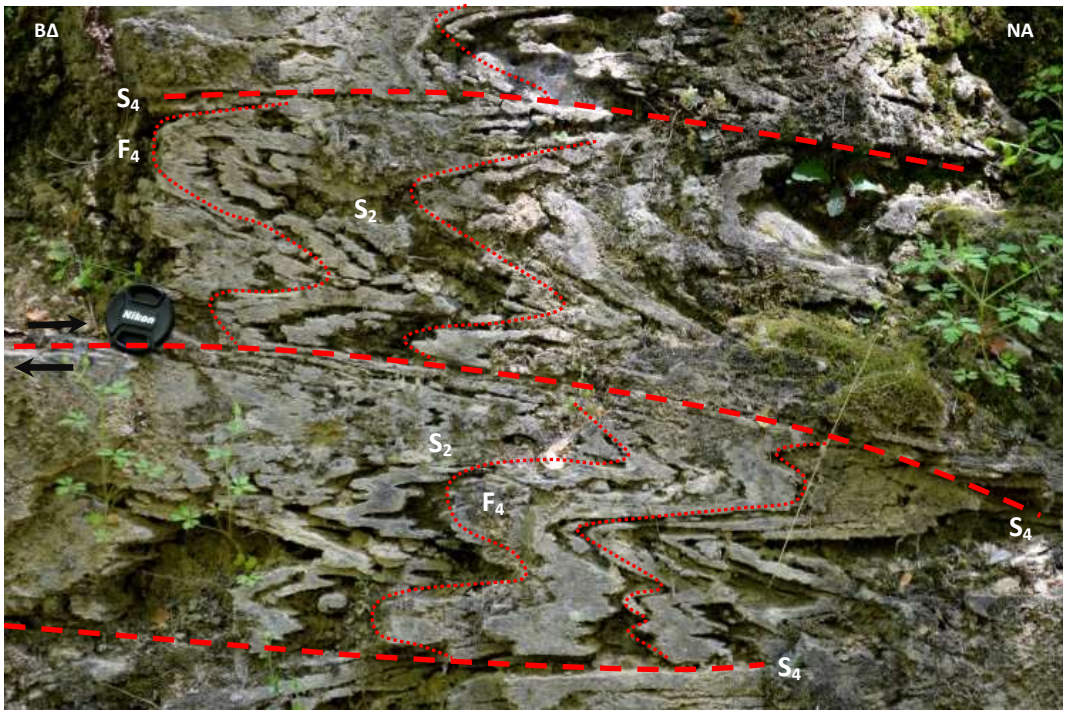
Πρόκειται για τις παραμορφωτικές φάσεις όλκιμου χαρακτήρα κάτω από την επήρεια συμπιεστικών τάσεων και πάχυνσης φλοιού, που διατηρούνται στις λιθολογίες και των δύο καλυμμάτων της ΕΒU και αντιπροσωπεύονται από φυλλώσεις (foliations) S_1 και S_2, ενδοτεκτονικής ανάπτυξης, με την πρώτη να είναι παράλληλη στην δεύτερη διαμορφώνοντας μια σύνθετη φύλλωση $S_{1/2}$, η οποία ορίζεται από τον προσανατολισμό κρυστάλλων μπλε αμφιβόλου και έχει αναγνωριστεί και στη μάζα Μεντερές της ΝΔ Τουρκίας. Υπό μορφή εγκλεισμάτων πλάγιων στην σύνθετη $S_{1/2}$ έχει διατηρηθεί η S_1 σε πορφυροκλάστες γρανατών, ενώ η S_2 αντιπροσωπεύεται μέσω γράμμωσης L_2 προσανατολισμού διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ ως Α-Δ βελονοειδών/πρισματικών κρυστάλλων μπλε αμφιβόλου, επιμηκών κρυστάλλων χαλαζία, συσσωματωμάτων αστρίων και φακών μεταπυριτόλιθου (metachert). Μέσω της ανακρυστάλλωσης αστρίων στα περιθώρια των πορφυκλαστών τους, που παρατηρήθηκε και η οποία λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες 450-500°C, υπεδείχθησαν και οι επικρατούσες συνθήκες στα αρχικά στάδια παραμόρφωσης.

- D3

Κατά τη μετάβαση από την προηγούμενη φάση στην επόμενη μέσω μιας έντονης διάτμησης και επαναπτύχωσης είχαμε την δημιουργία μυλονιτικών ζωνών αρκετών μέτρων, οι οποίες εντοπίζονται στην επαφή Όχης – Στύρων και στην επαφή ανάμεσα στις δύο εκ των τριών σειρών του καλύμματος Όχης (μετα-ηφαιστειακών ιζημάτων κα χαλαζιακής ακολουθίας), γεγονός που μαρτυρά ότι η εναπόθεση τους έγινε κατά τη δράση των αρχικών παραμορφωτικών επεισοδίων. Το συγκεκριμένο στάδιο (όλκιμου χαρακτήρα) προκάλεσε τη δημιουργία ισοκλινών και ορθών ή κατακεκλιμένων πτυχών F_3 με άξονες που τείνουν να είναι παράλληλοι ή να σχηματίζουν μικρή γωνία με την γράμμωση L_2 και βύθιση ελαφρώς προς τα ΑΝΑ ή ΔΒΔ. Επιπλέον, οδήγησε σε κάμψη των κρυστάλλων μπλε αμφιβόλων, που όριζαν την S_2 και ανέπτυξε κατά τόπους στο αξονικό επίπεδο των ισοκλινών πτυχών έναν ασθενή σχισμό S_3.

- D4

Αποτελεί την κύρια φάση όλκιμου χαρακτήρα παραμόρφωσης και είναι η πλέον αναγνωρίσιμη σε όλες τις τεκτονικές ενότητες της ΕΒU. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι η φύλλωση S_4, κλίσης ΝΔ ως ΝΝΑ και η ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνση γράμμωσης L_4 μέσω του προσανατολισμού βελονοειδών κρυστάλλων μπλε ή/και πράσινης αμφιβόλου, επιμηκών ταινιών χαλαζία και της δημιουργίας strain shadows περιφερειακά των πορφυροκλαστών των αστρίων. Οι πτυχές F_4 είναι ανοιχτές ως ισοκλινείς και ελαφρώς κεκλιμένες έως κατακεκλιμένες. Προκαλείται επαναπτύχωση των F_3 και διατάραξη της φύλλωσης S_2 μεταθέτοντας την παράλληλα στην S_4, διαμορφώνοντας κατ’αυτό τον τρόπο μια σύνθετη φύλλωση $S_{2/4}$ στα σκέλη των ισοκλινών πτυχών και ταυτόχρονα μια $L_{2/4}$, οφειλόμενη στον επαναπροσανατολισμό των βελονοειδών κρυστάλλων μπλε αμφιβόλου (L_2) στην νέα διεύθυνση γράμμωσης της L_4.

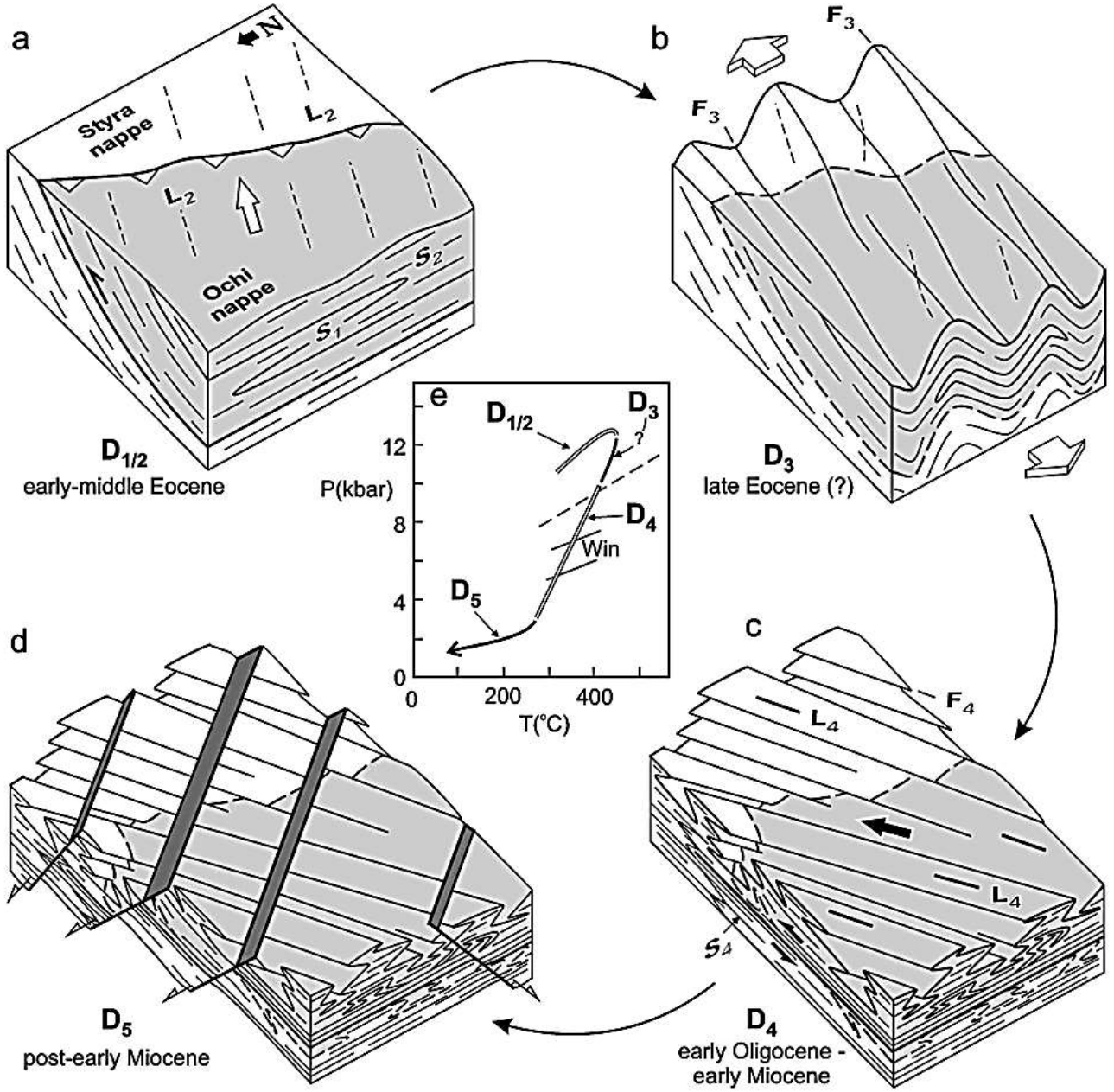


Εικόνα 4.13: Επαναπτύχωση πτυχών (S-type) και δημιουργία ισοκλινών ως ανοιχτών, κεκλιμένων F_4 με χαρακτηριστική φύλλωση S_2 και S_4.

❖ D5

Οι όλκιμες παραμορφωτικές δομές εξελίσσονται προοδευτικά σε ημιπλαστικές έως θραυσιγενείς, με τις ζώνες διάτμησης, φοράς προς τα ΑΒΑ και με τα συζυγή ζεύγη διαρρήξεων να μεταβαίνουν σταδιακά σε κανονικά ρήγματα με διεύθυνση εφελκυσμού ΑΒΑ-ΔΝΔ (Ring et al., 2007). Το τελευταίο παραμορφωτικό στάδιο ευθύνεται για την ανάπτυξη ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης αλλά και εγκάρσιων σε αυτή, ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

Εικόνα 4.14: Παράλληλα ρήγματα σε θραυσιγενές καθεστώς.



Εικόνα 4.15: (a-d) Σχηματική απεικόνιση των φάσεων παραμόρφωσης (D1-D5) από την υποβύθιση ως την εκταφή των καλυμμάτων της Νότιας Εύβοιας με τις αντίστοιχες τους ηλικίες, e) Διάγραμμα Πίεσης (P) – Θερμοκρασίας (T) των συγκεκριμένων γεγονότων παραμόρφωσης (από Xypolias et al., 2012).

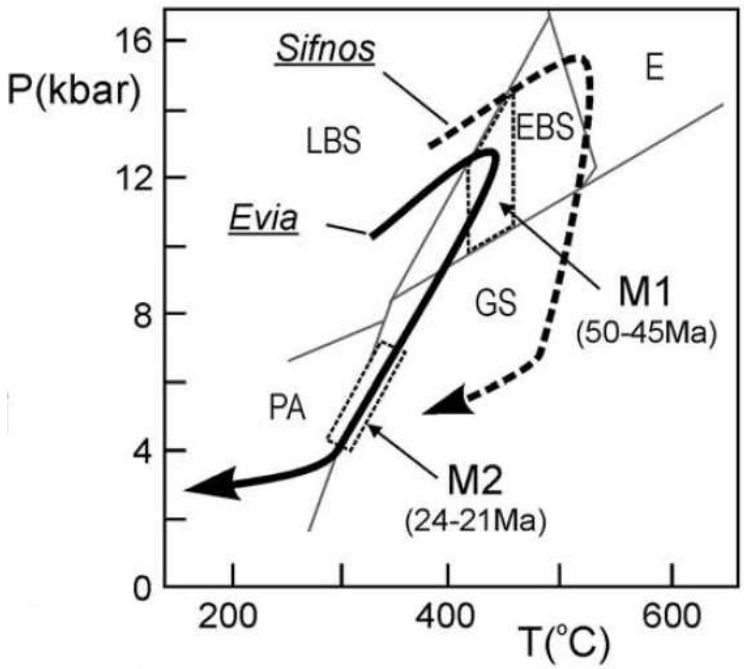
4.4. P-T ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΜΟΡΦΙΚΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΤΗΣ ΝΟΤΙΑΣ ΕΥΒΟΙΑΣ

Όπως ήδη αναφέρθηκε προηγουμένως, η ενότητα βάσης (Αλμυροπόταμου) υπέστη μεταμόρφωση επιδοτο-γλαυκοφανιτικής φάσης (T = 350°C και P = 8-10kbar) και μια ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική. Οι ηλικίες των γεγονότων δεν έχουν αποσαφηνιστεί με βεβαιότητα, ωστόσο χρονολογήσεις $^{40}Ar/^{39}Ar$ και Rb-Sr σε Si-φεγγίτη έδωσαν ηλικίες 24-21Ma (εκατ.χρόνια από σήμερα) χωρίς να είναι ξεκάθαρο, αν σχετίζονται με το επεισόδιο υψηλών ή χαμηλών πιέσεων.

Πετρολογικές μελέτες στους σχηματισμούς της Νότιας Εύβοιας (ενότητες Στύρων και Όχης) παρουσιάζουν μια σύνθετη πορεία με δυο κύρια μεταμορφικά γεγονότα: το M1 και το M2.

4.4.1. Μεταμορφικό γεγονός M1

Το πρώτο επεισόδιο της EBU έλαβε χώρα σε συνθήκες μεταμόρφωσης επιδοτο-γλαυκοφανιτικής φάσης (P_{min} = 11kbar, T_{max} = 450°C και βάθη μεγαλύτερα των 40km) έως εκλογιτικής (P = 15±3kbar και T = 500°C). Από χρονολογήσεις της μεθόδου $^{40}Ar/^{39}Ar$ σε γλαυκοφανή και φεγγίτη προσδιορίστηκαν ηλικίες 55-45Ma (Maluski et al., 1981), ενώ χαρακτηριστική είναι η παραγένεση σε μεταβασίτες: επίδοτο+γλαυκοφανής+ομφακίτης (Katzir et al., 2007). Η απουσία γρανάτη σε συνδυασμό με την διατήρηση υπολειμμάτων λωζονίτη σε εγκλείσματα ανάδρομου αλβίτη μεταβασιτών της Όχης παρουσιάζουν χαμηλότερο θερμοκρασιακό εύρος από τις αντίστοιχες του M1 γεγονότος στον κεντρικό άξονα εκλογιτών, που απαντά σε Σύρο – Σίφνο – Τήνο (Katzir et al., 2000) (Εικ.4.16).



Εικόνα 4.16: Διάγραμμα Πίεσης (P) – Θερμοκρασίας(T) βασιζόμενο σε πετρολογικές παρατηρήσεις. Το μεταμορφικό γεγονός M1 αντιστοιχεί σε επιδοτο-κυανοσχιστολιθική φάση, με θερμοκρασίες χαμηλότερες από εκείνες που έχουν προσδιοριστεί στον Κεντρικό Άξονα Εκλογίτη (π.χ. Σίφνος), ενώ κατά τη διάρκεια αποσυμπίεσης των Κυανοσχιστόλιθων απαιτείται περαιτέρω ψύξη σε συνθήκες πουμπελλυϊτικής – ακτινολιθικής φάσης (M2) (από Xypolias et al., 2012).

4.4.2. Μεταμορφικό γεγονός M2

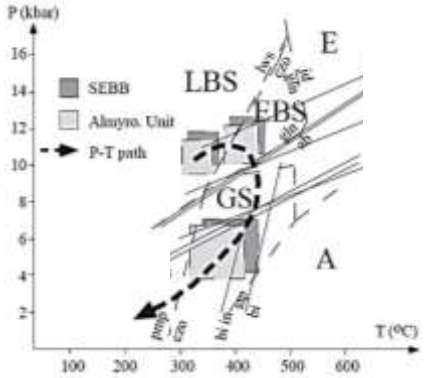
Η ανάδρομη μεταμόρφωση πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής έως πουμπελλυϊτικής/ακτινολιθικής φάσης με P = 4-7kbar, T = 300-400°C και βάθη 15-25km (Reinecke, 1982, Matthews & Schliestedt, 1984, Avigad et al., 1992, Bröcker et al., 1993), ενώ τοπικά παρουσιάστηκε και αμφιβολιτική (P = 5-8kbar & T = 550±100°C). Κατά την παραγένεση μεταβασιτών είχαμε την ανάπτυξη ακτινόλιθου+επίδοτου+χλωρίτη+πουμπελλυϊτη+λευκού μαρμαρυγία+αλβίτη.

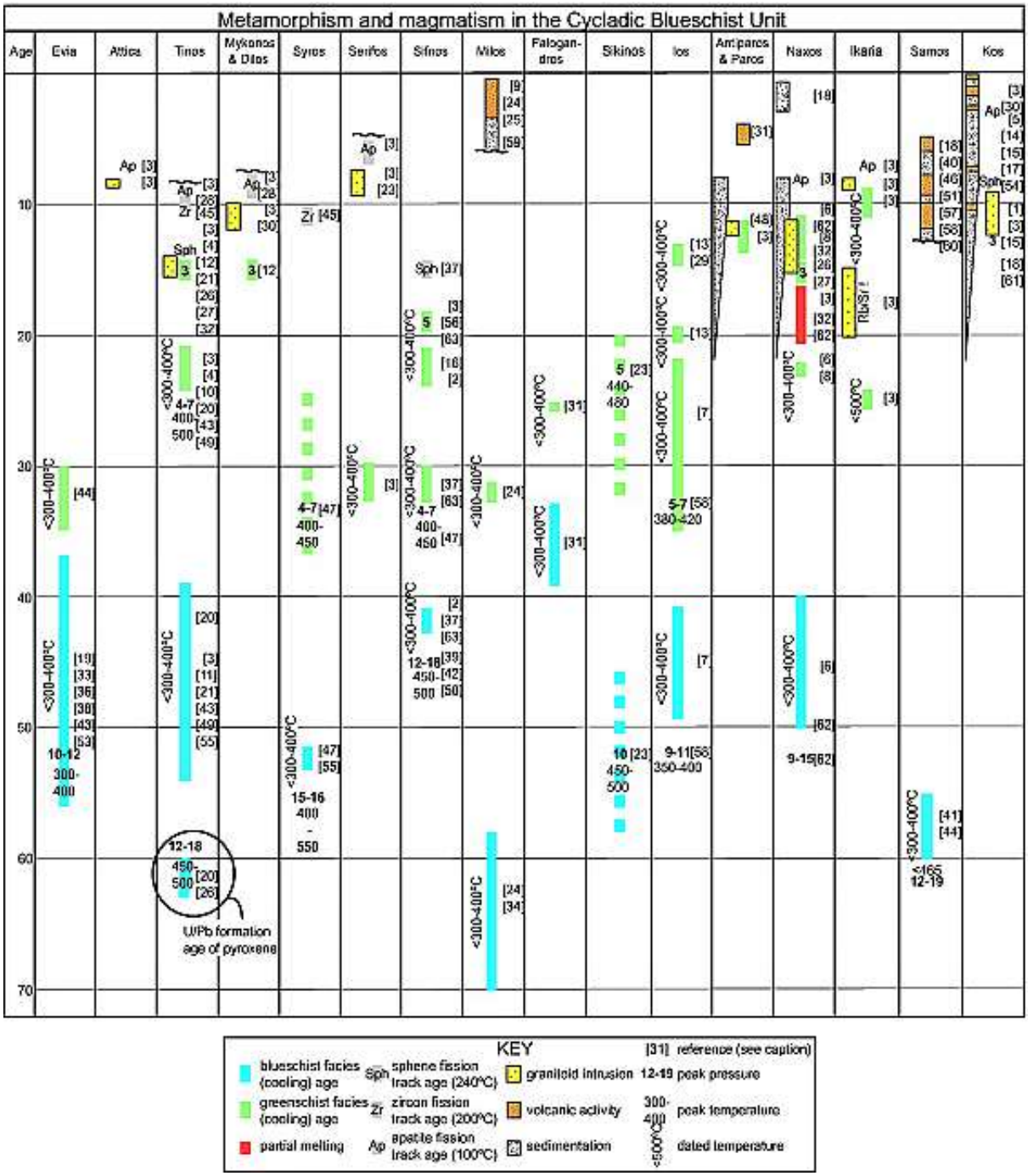
Η ηλικία του M2 προσδιορίστηκε στα 25-15Ma (Altherr & Schliestedt, 1979, Andriessen et al., 1979, Buick & Holland, 1989, Matthews & Schliestedt, 1984, Schliestedt, Altherr & Matthews, 1987, Wijbrans & McDougall, 1988, Bröcker et al., 1993, Bröcker & Enders, 1999).
Οι Klein-Helmkamp, Reinecke & Stöckhert (1995) προσδιόρισαν από K-Ar σε φεγγίτη ηλικία 37Ma για την κορύφωση της μεταμόρφωσης των Κυανοσχιστόλιθων της Νότιας Εύβοιας σε συνθήκες P = 10-11kbar και T = 300-350°C. Άλλες μελέτες έδωσαν P = 8kbar και T = 300-350°C (Bonneau & Kienast, 1982), P>8kbar και T~400°C (Reinecke, 1986), P = 10-12kbar και T = 380-450°C (Lensky et al., 1997) αντίστοιχα.
Από χρονολογήσεις $^{40}Ar/^{39}Ar$ και Rb-Sr σε λευκούς μαρμαρυγίες και Na-ούχο αμφιβόλους προέκυψαν ηλικίες 35-27Ma, οι οποίες, ωστόσο, αντιστοιχούν πιθανώς στη μετάβαση από τη γλαυκοφανιτική στην πρασινοσχιστολιθική φάση (Maluski et al., 1981, Ring et al., 2007).

Πίνακας 14. Τα κύρια γεγονότα μεταμόρφωσης για τις ενότητες της Νότιας Εύβοιας

Νότια Εύβοια (Southern Evia)					
Γεγονότα Μεταμόρφωσης Metamorphic Events		**P (kbar)**	**T (°C)**	**Ηλικία Age**	**Αναφορές References**
Ενότητα Αλμυροπόταμου Almyropotamos Unit		8-10	350	24-21 Ma	Shaked et al., 2000
Κυανοσχιστόλιθοι Εύβοιας		15±3	450-500	Ηώκαινο Eocene	Katzir et al., 2000
		>10-12	400		Shaked et al., 2000
	M1	>11	400-450	50-45 Ma	Xypolias et al.,2010
SEBB South Evia Blueschist Belt (Ochi-Styra)		5-8	300-350	23-21 Ma	Katzir et al., 2000
	M2	4-7	440-470	Όριο Ολιγοκαίνου – Μειοκαίνου Oligocene-Miocene boundary	Maluski et al., 1981 & Shaked et al., 2000
		4-7	400±50	24-21 Ma	Xypolias et al.,2010

Εικόνα 4.17: Διάγραμμα πίεσης – θερμοκρασίας για τα καλύμματα Κυανοσχιστόλιθων Εύβοιας (SEBB) και την ενότητα βάσης τους – Αλμυροπόταμου (Almyro.Unit). Συντομογραφίες φάσεων: LBS - λωζονίτη/κυανοσχιστόλιθος, EBS - επιδοτο/ κυανοσχιστόλιθος, E - εκλογίτης, GS - πρασινοσχιστόλιθος, A - αμφιβολίτης και ορυκτών: ab - αλβίτης, bi - βιοτίτης, czo - κλινοζοϊσίτης, gln - γλαυκοφανής, jd - ιαδεΐτης, lws - λωζονίτης, pmp - πουμπελλυΐτης και stp - στιλπνομέλας (από Shaked et al., 2010).





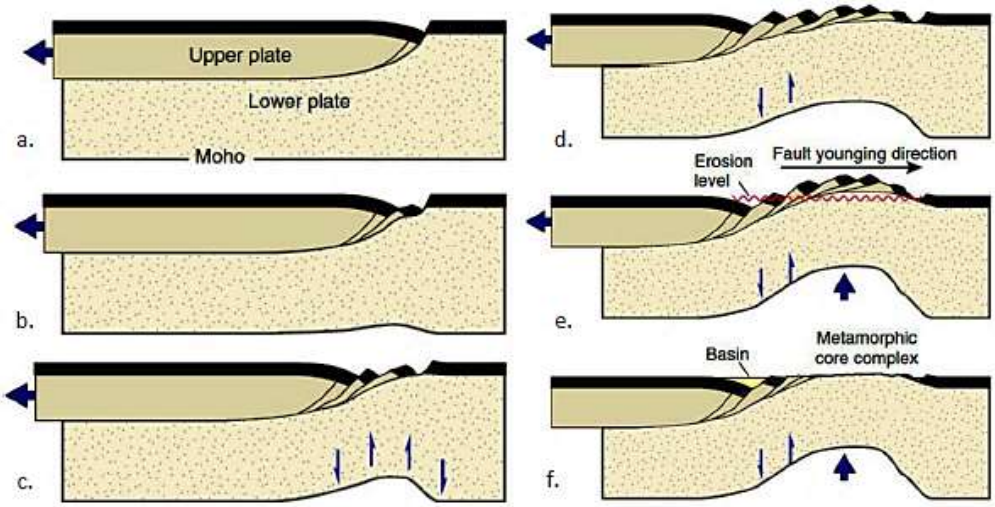
Εικόνα 4.18: Ιστορία μεταμορφικών γεγονότων των Κυανοσχιστόλιθων των Κυκλάδων και μαγματισμός. Για την ενότητα Κυανοσχιστόλιθων της Εύβοιας τα αποτελέσματα στην πρώτη στήλη έχουν προκύψει από μελέτες των [44] Ring and Layer (2003), [19] Bonneau and Kienast (1982), [33] Kleim – Helmkamp et al. (1995), [36] Lensky et al. (1997), [38] Maluski et al. (1981), [43] Reinecke (1986) και [53] Shaked et al. (2000) (από Hinsbergen et al., 2005).

4.5. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΚΤΑΦΗΣ ΤΩΝ HP-LT ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Σε ένα πολύπλοκο σκηνικό από άποψη γεωδυναμικού – γεωτεκτονικού πλαισίου, κάποια καλύμματα του Ελληνικού ορογενούς κατά τη φάση υποβύθισης υποβλήθηκαν, όπως διαπιστώθηκε και προηγουμένως, σε μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών. Με τη μετάβαση σε ανώτερους τεκτονικούς ορόφους στην οπισθοτάφρο (back arc) επηρεάστηκαν από συνθήκες μέσης πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας. Ως αποτέλεσμα διεργασιών βάθους και επιφανείας αποκαλύφθηκαν σχηματισμοί ελεγχόμενοι τόσο από τη γένεση του μάγματος, όσο και από την παραμόρφωση του φλοιού. Εστιάζοντας στην τελευταία, χαρακτηριστικό παράδειγμα ανόδου και αποκάλυψης μεταμορφωμένων πετρωμάτων μέσου – κατώτερου φλοιού έως και το όριο με τον ανώτερο μανδύα, καταγράφοντας μια προοδευτική αλλαγή από όλκιμη σε θραυσιγενή κατάσταση, είναι τα συμπλέγματα μεταμορφωμένου πυρήνα (Metamorphic Core Complexes: MCCs). Για την εκταφή τους έχουν προταθεί διάφοροι μηχανισμοί, ένας εκ των οποίων είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με μικρή γωνίας κλίσης κανονικά ρήγματα (ρήγματα αποκόλλησης - detachment faults). Σύμφωνα με τους Jolivet et al. (2010) η έκθεση ενός συμπλέγματος είναι απόρροια **μετα-ορογενετικής έκτασης** (post-orogenic extension), **κυκλοφορίας στο κανάλι υποβύθισης** (circulation in the subduction channel), **προσαύξησης στη βάση του πρίσματος** (underplating), **σφήνας συσσώρευσης** (accretionary wedge) και **διάβρωσης** (erosion). Καθένας από αυτούς τους μηχανισμούς μπορεί να ευθύνεται για ένα μέρος της ιστορίας των MCCs. Πιο αναλυτικά, σε καθεστώς εφελκυστικών τάσεων, ο ανώτερος φλοιός εκλεπτύνεται και λόγω ισοστατικών επανορθώσεων, η Moho ανυψώνεται. Κατά τη φάση ισοστατικής ανύψωσης, το αρχικό – κανονικό ρήγμα περιστρέφεται και αποκτά μικρότερη κλίση μέχρις ότου από μηχανικής άποψης η κίνηση του δεν μπορεί να συνεχιστεί, οπότε δίνει τη θέση του στη δημιουργία ενός νέου ρήγματος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται δημιουργώντας μια σειρά ρηξιτεμαχών, που περιστρέφονται. Αν και η εικόνα των ημιτάφρων θυμίζει το κλασσικό μοντέλο “ντόμινο”, ωστόσο διαχωρίζεται, διότι ο σχηματισμός τους πραγματώνεται σε διαφορετικούς χρόνους και όχι ταυτόχρονα.

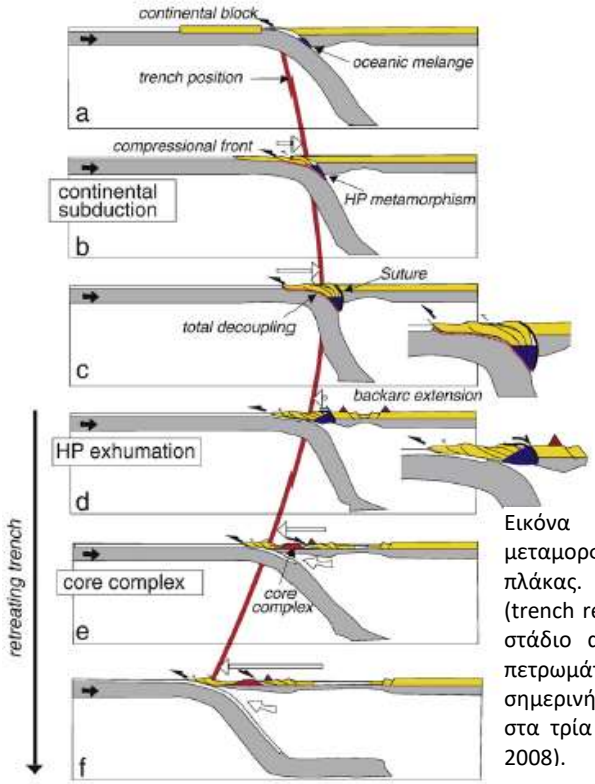
Το σύστημα, αυτό, των ρηγμάτων, που φτάνει σε μεγάλα βάθη – όριο μετάβασης ψαθυρής σε όλκιμη κατάσταση (brittle to ductile), επιτρέπει την αποσύνδεση και την ανοδική πορεία λιθοσφαιρικού μανδύα και κατώτερης κρούστας μέσω του καναλιού υποβύθισης. Η βαρυτική κατάρρευση των ορογενετικών σφηνών και η διάβρωση, που επιτελείται στο υπερυψωμένο τμήμα ρηξιτεμαχών της ανώτερης πλάκας, συμβάλει στην τελική αποκάλυψη των συμπλεγμάτων μεταμορφικού πυρήνα (Fossen, 2010).

Ο μηχανισμός της ανύψωσης του φλοιού και της διαδικασίας διάβρωσης σύμφωνα με τους Avigad & Garfunkel (1991) και Jolivet & Brun (2010) είναι αδύνατον να εξηγήσει τέτοιας κλίμακας εκταφή από τα βάθη των 40km στην επιφάνεια και ιδιαιτέρως, όταν στην Νότια Εύβοια δεν υφίσταται τόσο μεγάλο πάχος κλαστικών ιζημάτων, ως προϊόντα διαβρωσιγενών διεργασιών.



Εικόνα 4.19: Εξέλιξη των MCCs σε περιβάλλοντα έκτασης και των μικρής γωνίας κλίσης κανονικών ρηγμάτων λόγω περιστροφής από ισοστατική ανύψωση της Moho. Στάδια: a. Η μετάβαση θραυσιγενούς - όλκιμης παραμόρφωσης, b. απενεργοποίηση πρωτογενούς ρήγματος λόγω ισοστατικής ανύψωσης και περιστροφής, ώστε μηχανικά να είναι αδύνατη η λειτουργία του, c. επαναλαμβανόμενη διαδικασία με ενεργοποίηση νέων ρηγμάτων, d. ρηξιτεμάχη με διαφορετικές κλίσεις διαμορφώνουν το μοντέλο «τύπου ντόμινο» ενώ στην απόληξη τους παρουσιάζεται και το ρήγμα απόσχισης, e. παραμόρφωση τύπου απλής διάτμησης για τον κατώτερο και τον ενδιάμεσο φλοιό με εκλέπτυνση του ανώτερου και ανύψωση της Moho καθώς και δράση διαβρωτικών διεργασιών, f. μετά την επίδραση της διάβρωσης αποκαλύπτεται το σύμπλεγμα μεταμορφωμένου πυρήνα στην επιφάνεια (από Fossen, 2010 τροποποιημένο).

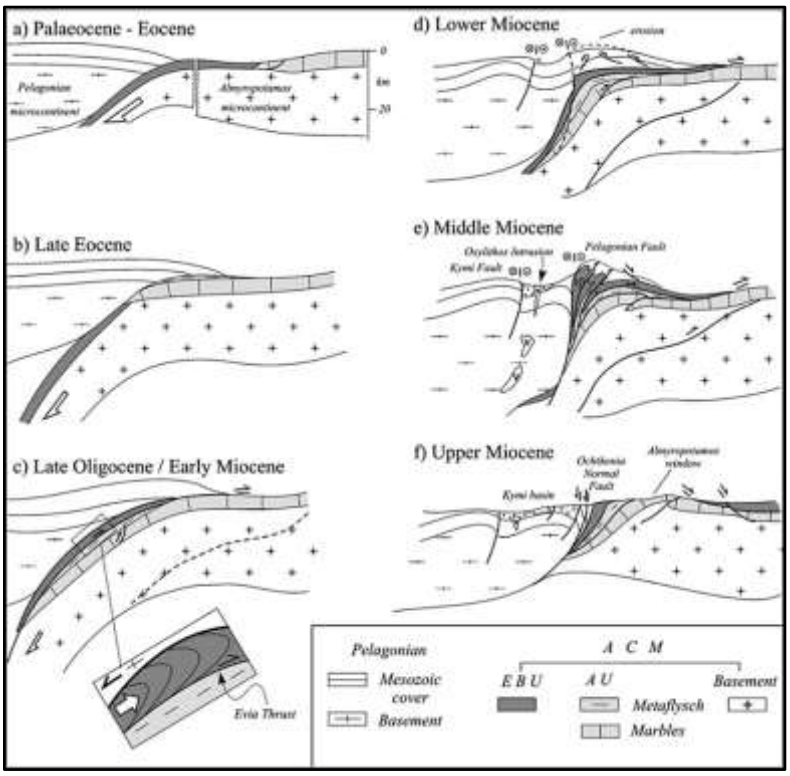
Ένα σύνθετο μοντέλο προτάθηκε από τους Brun & Faccenna (2008): αποκόλληση φλοιού-μανδύα (crust-mantle delamination), οπισθοκύλιση πλάκας (slab rollback), οπισθοχώρηση τάφρου (trench retreat), εκταφή υψηλών πιέσεων πετρωμάτων (HP rock exhumation), θέρμανση ασθενόσφαιρας (asthenosphere heating) και σχηματισμός συμπλέγματος πυρήνα (core complex formation). Πιο αναλυτικά, το συγκεκριμένο σενάριο επιδεικνύει, πως η εκταφή των πετρωμάτων υψηλής πίεσης συνδέεται στο χώρο και στο χρόνο με υποβύθιση μικρών ηπειρωτικών λιθοσφαιρικών μπλοκ. Η οπισθοκύλιση της πλάκας δημιουργεί τον απαραίτητο χώρο για την εκταφή πετρωμάτων, που βρίσκονται θαμμένα σε βαθύτερα επίπεδα.



Εικόνα 4.20: Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου εκταφής των μεταμορφωμένων πετρωμάτων οδηγούμενο από τη οπισθοκύλιση της πλάκας. Με κόκκινη γραμμή αποδεικνύεται η οπισθοχώρηση της τάφρου (trench retreat). Στα στάδια a-c παρουσιάζεται η υποβύθιση της πλάκας, στο στάδιο d η εκταφή των πετρωμάτων υψηλής πίεσης, ενώ στο e των πετρωμάτων υψηλής θερμοκρασίας και τέλος στο f είναι η εικόνα της σημερινής κατάστασης που επικρατεί. Η βύθιση της πλάκας (slab dip) αυξάνει στα τρία πρώτα στάδια και εν συνεχεία μειώνεται (από Brun & Faccenna, 2008).

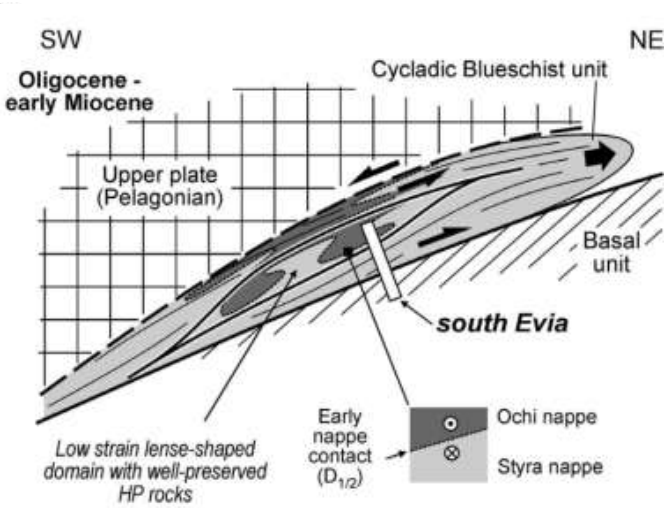
Η δύναμη της άνωσης καθώς και το χαμηλό ιξώδες βοηθούν την υποβυθιζόμενη κρούστα να αποσπαστεί από την πλάκα, θερμαίνεται από την ασθενόσφαιρα που ρέει μέσα στο σφηνοειδές άνοιγμα του μανδύα και αποδυναμωμένη πλέον αρχίζει την ανοδική της πορεία προς την επιφάνεια, μια πορεία εξαρτώμενη άμεσα από την ταχύτητα της οπισθοχωρούσας πλάκας. Ως επακόλουθο έχουμε την αποκάλυψη των πετρωμάτων αυτών υπό μορφή συμπλέγματος (core – complex type) (Εικ.4.20).

Οι παραπάνω μηχανισμοί είναι υπαίτιοι για τις υποπαράλληλες αλυσίδες MCCs που παρουσιάζονται στα νησιά των Κυκλάδων, δηλαδή από την Άνδρο ως την Μύκονο, από την Πάρο ως την Νάξο, από την Αμοργό ως την Φολέγανδρο και από την Κέα ως την Σίφνο. Ωστόσο, τα μοντέλα διαφοροποιούνται στην Νότια Εύβοια, με τους Ring et al. (2007) να προτείνουν την εκταφή των πετρωμάτων της EBU μέσω μηχανισμού Ολιγοκαινικής σφήνας εξώθησης (extrusion wedge) που προκαλείται από δυνάμεις πλευστότητας και η οποία δομείται από μια επώθηση βάσης (subduction thrust – “Evia” thrust) και από μια κανονικής συνιστώσας διατμητική ζώνη στην οροφή. Απέδειξαν, πως τα πετρώματα, που υπέστησαν μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων (συνθήκες επιδοτο-γλαυκοφανιτικής φάσης) στα 55-45Ma παρέμειναν σε αυτά τα βάθη (~40m) 10-20Ma πριν ξεκινήσει η εκταφή τους. Στο μοντέλο της όλκιμης εξώθησης (ductile extrusion) στηρίχτηκαν και οι Xypolias et al. (2003, 2010, 2012), οι οποίοι υποστήριξαν, πως τα πετρώματα Όχης και Στύρων αποτελούν δυο διαδοχικές εξωθήσεις καλυμμάτων με διεύθυνση προς τα ΑΒΑ, που σχηματίστηκαν σε μια «forward – breaking» επωθητική ακολουθία κατά τη διάρκεια της προοδευτικής αλλαγής συνθηκών σε ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική φάση.

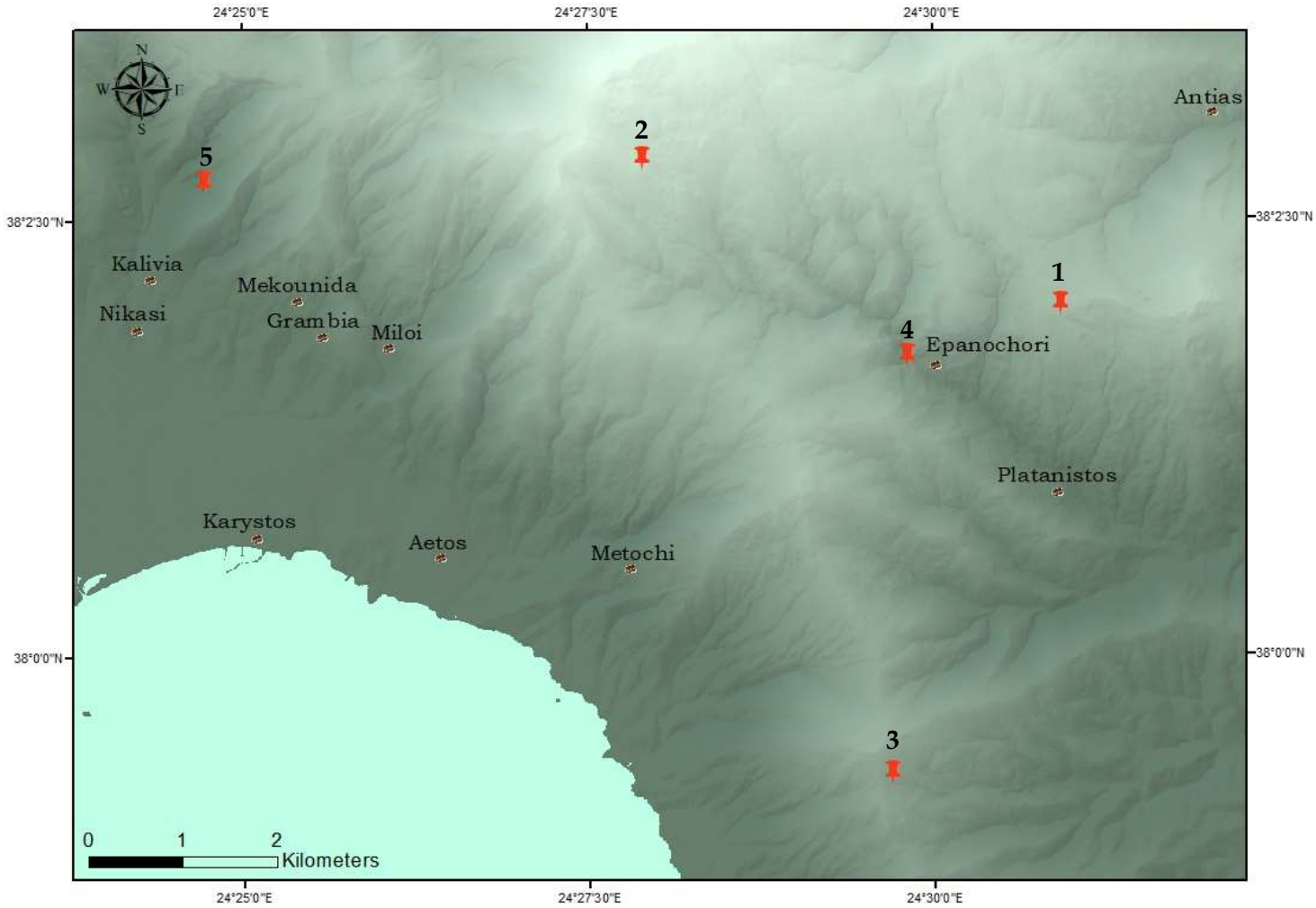


Εικόνα 4.21: Τροποποιημένο μοντέλο κατακόρυφης, όλκιμης εξώθησης της EBU σύμφωνα με τα στάδια ορογενετικής εξέλιξης της Εύβοιας (Xypolias et al., 2003).

Σύμφωνα με την Εικόνα 4.21, η δομική θέση της ΕΒU και η παρουσία βασικών-ενδιάμεσων ηφαιστειακών πετρωμάτων υποδηλώνουν, πως μεταξύ των «μικροηπείρων» της Πελαγονικής και του Αλμυροπόταμου είχε σχηματιστεί μια «λεκάνη» στη διάρκεια Μεσοζωϊκού – Κ.Καινοζωϊκού. Κατά το στάδιο του ανοίγματος (rifting) ο πρωτόλιθος της ΕΒU ήρθε κοντά στο παθητικό ηπειρωτικό περιθώριο του Αλμυροπόταμου. Κατά το στάδιο σύγκλισης των δυο ηπειρωτικών μαζών που άρχισε στο Παλαιόκαινο, το περιθώριο της Πελαγονικής κάτω από συμπιεστικές τάσεις έσπασε και αναπτύχθηκε μια ζώνη υποβύθισης, τοποθετώντας και τον πρωτόλιθο της ΕΒU κάτω από την Πελαγονική (Ηώκαινο) σε βάθη περίπου των 40km. Ο Ηωκαινικός/Ολιγοκαινικός φλύσχης του Αλμυροπόταμου βρισκόταν συσσωρευμένος στο εμπρόσθιο τμήμα της ορογενετικής ζώνης. Στο διάστημα Μ1-Μ2, η ΕΒU αποκολλήθηκε από το υπόβαθρο και εξωθήθηκε από τα 40km στα 20km μέσω του καναλιού υποβύθισης. Στο όριο Ολιγόκαινου/Μειόκαινου, η ΕΒU τοποθετείται τεκτονικά πάνω από την ενότητα βάσης, με την τελευταία να υποβάλλεται σε ελαφρά μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων (HP). Σε αυτό το στάδιο η προς τα ανατολικά εξώθηση του καναλιού ροής διεξήχθει μεταξύ δυο σύνθετων ρηγμάτων: επωθητικού ρήγματος στη βάση (Evia thrust) και κανονικής διατμητικής συνιστώσας ρήγματος οροφής. Στο στάδιο σύγκρουσης του ορογενούς παρουσιάστηκε μια απότομη αλλαγή του στυλ παραμόρφωσης. Κατά το Κ.Μειόκαινο το συμπιεστικό καθεστώς οδήγησε στο σχηματισμό του ρήγματος Πελαγονικής με το λεπτό μετωπικό της τμήμα να ανυψώνεται και να υποβάλλεται σε τοπική έκταση, ενώ η διαδικασία της διάβρωσης συνέβαλε στην αποτελεσματική εκταφή των HP πετρωμάτων. Κατά την κατάρρευση του ορογενούς στο Α.Μειόκαινο σχηματίζονται κανονικά ρήγματα διεύθυνσης ΑΒΑ και ΒΒΔ, όπως για παράδειγμα το ρήγμα “Ochthonia” με βύθιση προς τα ΒΒΔ, το οποίο προκάλεσε περαιτέρω ανύψωση και διάβρωση της Αττικοκυκλαδικής μάζας στα ΝΑ. Πρόκειται, λοιπόν, για ένα μοντέλο (Xypolias et al., 2003), που συμφωνεί με το αντίστοιχο των Chemenda et al. (1995) με τη διαφορά, ότι στην Εύβοια οι δυνάμεις πλευστότητας βοήθησαν την εξώθηση χωρίς να είναι κύριος παράγοντας. Στη φάση της εξώθησης, η ΕΒU συμπιέστηκε και δέχτηκε παραμόρφωση μέσα σε ένα χώρο σφηνοειδούς ολίσθησης (Εικ.4.22).



Εικόνα 4.22: Σχηματική απεικόνιση της εκταφής/εξώθησης των Κυανοσχιστόλιθων της Εύβοιας ως ένα ετερογενές παραμορφωμένο σώμα. Τα υψηλής πίεσης πετρώματα δομούν τον πυρήνα της σφήνας εξώθησης, που φέρει φορά προς τα ΒΑ (από Xypolias et al., 2012).



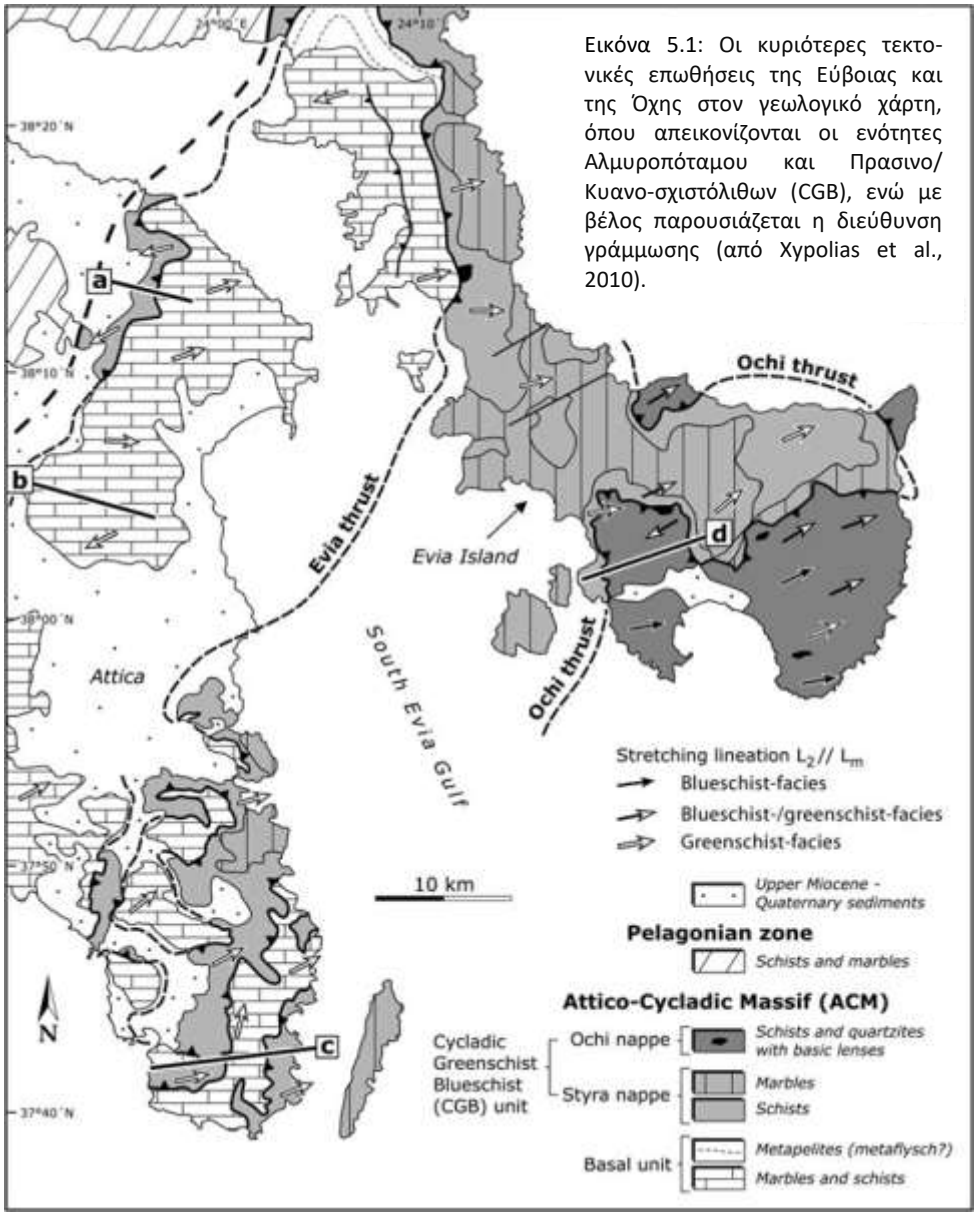
Πίνακας 15	
ΘΕΣΗ	**ΕΙΚΟΝΑ**
1	4.10
2	4.11
3	4.12
4	4.13
5	4.14

Εικόνα 4.23: Χάρτης και πίνακας με τις θέσεις λήψεως των εικόνων του κεφαλαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ο} ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

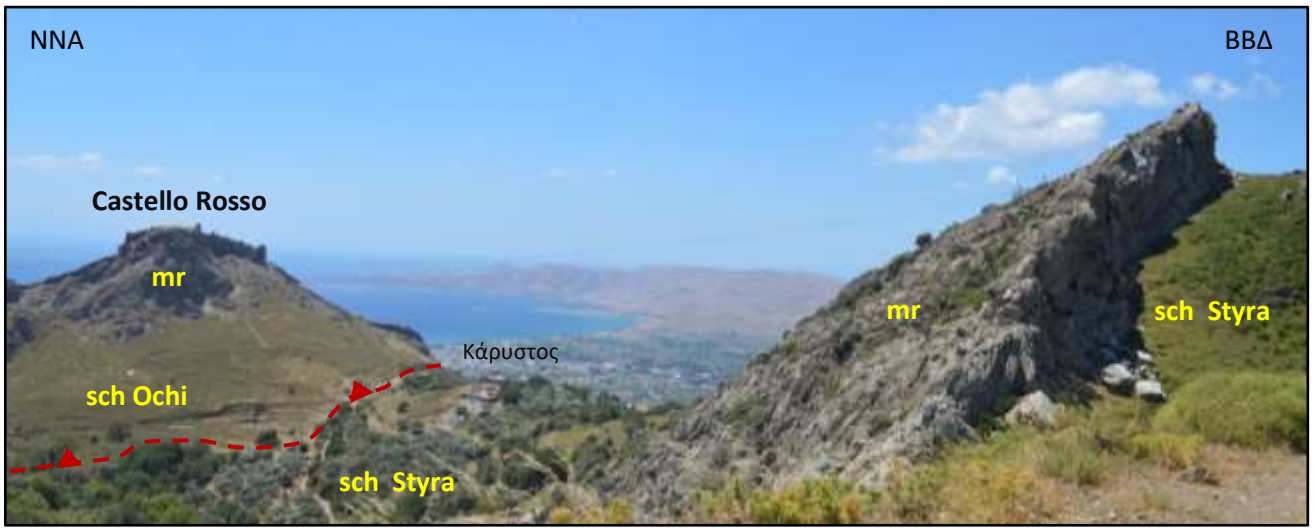
5.1. ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΠΩΘΗΣΕΙΣ

Οι κύριες τεκτονικές επωθήσεις είναι της Εύβοιας (Evia Thrust Zone) και της Όχης (Ochi Thrust Zone) (Xypolias et al., 2010). Η πρώτη διαχωρίζει την παρα-αυτόχθονη ενότητα Αλμυροπόταμου από τους σχηματισμούς της ΕΒU. Συγκεκριμένα, βρίσκεται στη βάση του καλύμματος των Στύρων και εκτιμάται από τους Xypolias et al. (2010), πως σχηματίστηκε ταυτόχρονα με το επεισόδιο της ανάδρομης του μεταμόρφωσης (M2). Είναι πλαστικού χαρακτήρα δομή, η οποία χαρακτηρίζεται από μια ζώνη πάχους 50-200m φυλλονιτιωμένων και μυλονιτοποιημένων πετρωμάτων (χαλαζίτες, μαρμαρυγιακοί και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι). Η συγκεκριμένη επώθηση στη βάση της ενότητας Κυανοσχιστόλιθων αναφέρεται και από τους Avigad & Garfunkel (1989) για την Τήνο, μόνο που στο συγκεκριμένο νησί το τεκτονικό παράθυρο των Εξωτερικών Ελληνίδων αντιστοιχεί στην ενότητα του Πάνορμου.



Εικόνα 5.1: Οι κυριότερες τεκτονικές επωθήσεις της Εύβοιας και της Όχης στον γεωλογικό χάρτη, όπου απεικονίζονται οι ενότητες Αλμυροπόταμου και Πρασινο/ Κυανο-σχιστόλιθων (CGB), ενώ με βέλος παρουσιάζεται η διεύθυνση γράμμωσης (από Xypolias et al., 2010).

Στη Νότια Εύβοια έχουμε την μεγάλη όλκιμη διατμητική ζώνη (επώθηση Όχης), η οποία χωρίζει τα μεταμορφωμένα πετρώματα HP/LT στην υποκείμενη ακολουθία των Στύρων και την υπερκείμενη του οφιολιθικού συμπλέγματος. Η προς τα ανατολικά κίνηση της ξεκίνησε στις αρχές του Ολιγόκαινου, μετά την κύρια ανάπτυξη των ορυκτών που σχετίζονται με υψηλές πιέσεις (μπλε αμφίβολο και λευκό μαρμαρυγία) και συνεχίστηκε μέχρι τον πρασινοσχιστολιθικό εκφυλισμό (retrogression) στο όριο Ολιγόκαινου/Μειόκαινου. Συνεπώς, ο σχηματισμός και η στοίβαξη των καλυμμάτων πραγματοποιήθηκε συγχρόνως με την εκταφή των HP πετρωμάτων από τα βάθη των 40-20km (Maluski et al., 1981, Xypolias et al.,2010).

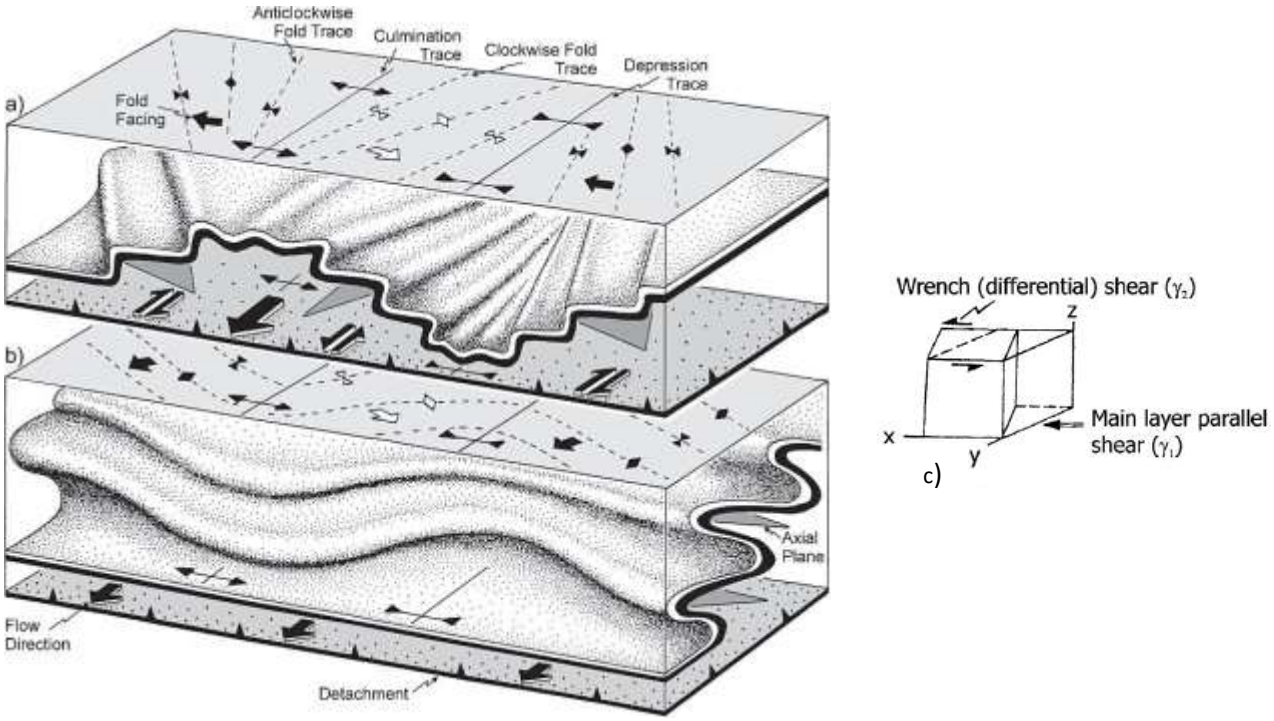


Εικόνα 5.2: Εκατέρωθεν της επώθησης Όχης (όπου απεικονίζεται με διακεκομμένη κόκκινη γραμμή) έχουμε από βορρά προς νότο διαδοχικά σχιστόλιθους (sch) – μάρμαρα (mr) – σχιστόλιθους (sch) Στύρων και σχιστόλιθους (sch) – μάρμαρα (mr) Όχης στο λόφο του Castello Rosso.

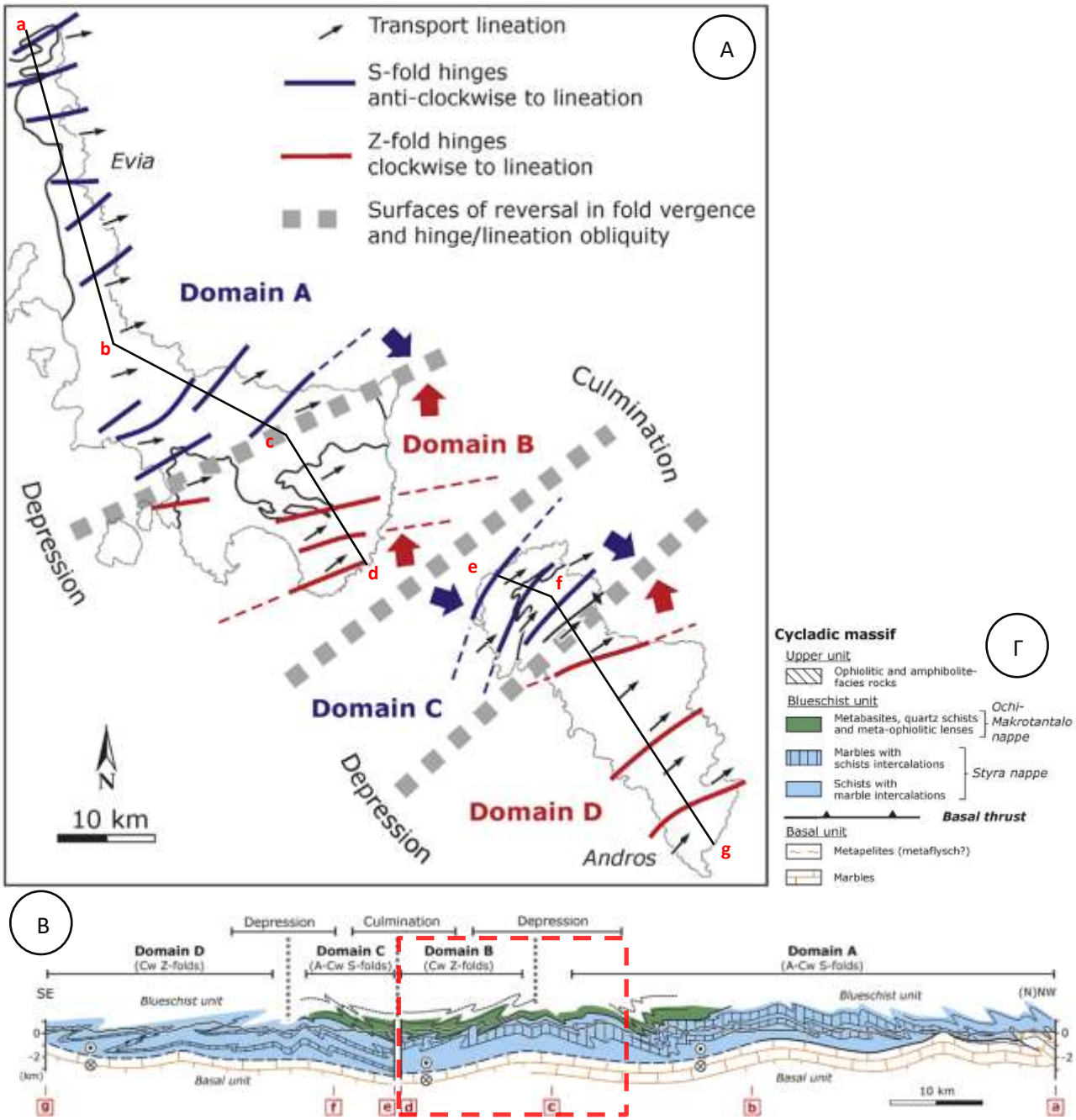
Εικόνα 5.3: Πανοραμική άποψη των καλυμμάτων Στύρων (mr&sch) και Όχης.

5.2. ΠΤΥΧΕΣ

Οι σχηματισμοί της Νότιας Εύβοιας κατά τη φάση εκταφής τους από τους βαθύτερους ορίζοντες προς την επιφάνεια, βρέθηκαν υπό καθεστώς συμπίεσης και πτυχώθηκαν. Σύμφωνα με τους Chemenda et al. (1995), τον κυρίαρχο ρόλο της εκταφής παίζουν οι δυνάμεις πλευστότητας (buoyancy forces), ενώ οι Platt et al. (1993) υποστήριξαν, πως η κίνηση προς την επιφάνεια, προκαλείται από τεκτονικές δυνάμεις, όπως ροή καναλιού (channel flow), πλαστική εξώθηση (ductile extrusion), εκτατική κατάρρευση (extensional collapse). Στο μοντέλο της εξώθησης, που προκλήθηκε κυρίως από εξωτερικές εφαρμοζόμενες τάσεις και όχι δυνάμεις πλευστότητας, με την όλκιμη παραμόρφωση να κατανέμεται σε ολόκληρη την εκχυμένη μάζα πετρωμάτων, αναφέρθηκαν και οι Xypolias et al. (2010). Η παραμόρφωση εκταφής χαρακτηρίζεται από κυλινδρικές, κυρίως, πτυχές, κλίμακας km, με προσανατολισμένους άξονες παράλληλα ή υπό μικρή γωνία προς την διεύθυνση ροής (Xypolias & Alsop, 2014). Το μοντέλο μεταβολής της ροής (flow perturbation model) των Alsop & Holdsworth (2007) εφαρμόστηκε από τους Xypolia & Alsop (2014) στους Κυανοσχιστόλιθους της Νότιας Εύβοιας και της Άνδρου, που πρότειναν, πως οι πτυχές είναι αποτέλεσμα «wrench – dominated differential shearing» (Εικ.5.4.c) με διαμόρφωση S-type πτυχών, οι οποίες συνδέονται με αριστερόστροφη διάτμηση, ενώ οι Z-type με δεξιόστροφη (Εικ.5.4 & 5.5). Μέσα στο κανάλι εκταφής η αυξημένη ροή, συνεπώς και η ταχύτητα στα εξωτερικά άκρα και η μειωμένη ροή στα εσωτερικά συνδέεται με τις αντικλινικές και συγκλινικές δομές, αντίστοιχα.



Εικόνα 5.4: Σχηματική 3D απεικόνιση γεωμετρίας και προσανατολισμού τεκτονικών δομών που συνδέονται με διάτμηση στο ρήγμα αποκόλλησης μεταξύ ενότητας Βάσης (Αλμυροπόταμου) και Κυανοσχιστόλιθων (Στύρων - Όχης). Τα κορυφαία και πυθμαία σχετίζονται με επιφάνειες κανονικής διάτμησης στρωμάτων (a: layer-normal shearing) και παράλληλης διάτμησης στρωμάτων (b: layer-parallel shearing) (από Alsop & Holdworth, 2007) και c. Μηχανισμός «wrench – dominated differential shearing» με τις τάσεις που εφαρμόζονται στους αντίστοιχους άξονες παραμόρφωσης (από Colliston & Schoch, 2013).

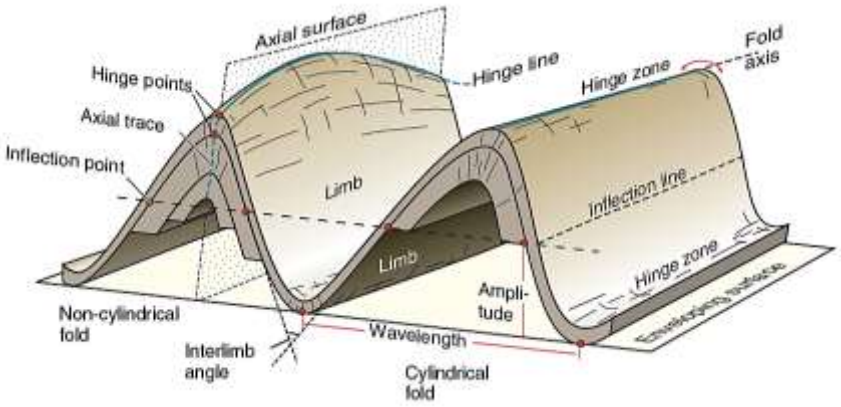


Εικόνα 5.5: Α. Τροποποιημένος τεκτονικός χάρτης με τα πρότυπα παραμόρφωσης της Νότιας Εύβοιας και της Άνδρου. Με βέλη παρουσιάζονται οι δομές (αντίκλινα-σύγκλινα), κλίμακας km, οι οποίες συνδέονται με τον μηχανισμό διάτμησης και σχετίζονται με την μεταβολή ροής στο κανάλι εκταφής. Β. Γεωλογική τομή με την έντονη ανάπτυξη πτυχών S- και Z-type στην υπερκείμενη ενότητα των Κυανοσχιστόλιθων (Στύρων και Μακροτάνταλου - Όχης), ενώ ήπια παραμόρφωση παρουσιάζεται στους σχηματισμούς Βάσης, γεγονός που σχετίζεται με την διάτμηση στην επώθηση Βάσης. Σε κόκκινο πλαίσιο τμήμα της Νότιας Εύβοιας, που αφορά την παρούσα εργασία. Γ. Υπόμνημα γεωλογικής τομής (από Xypolias & Alsop, 2014).

Η περιοχή μελέτης μας, όπως προκύπτει και από το δίκτυο Schmidt (Εικ.5.32), χαρακτηρίζεται από πτυχές με άξονες που φέρουν γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (1^{η} φάση παραμόρφωσης – α δομές κατώτερου τεκτονικού ορόφου) και μια μεταγενέστερη (2^{η} φάση – β δομές ανώτερου ορόφου) με άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Οι πτυχές S- και Z-τύπου, που αναφέρθηκαν παραπάνω, αναγνωρίστηκαν και σε μικρότερη κλίμακα στην επιτόπου αυτοψία, όπως θα δούμε παρακάτω.

Εικόνα 5.6: Θέσεις διαστροφικής παραμόρφωσης σε σχιστολιθικούς σχηματισμούς της Όχης / κινηματικοί δείκτες: πορφυροβλάστες – φορά διάτμησης δεξιόστροφη (Dextral shear bands – top to the NE).

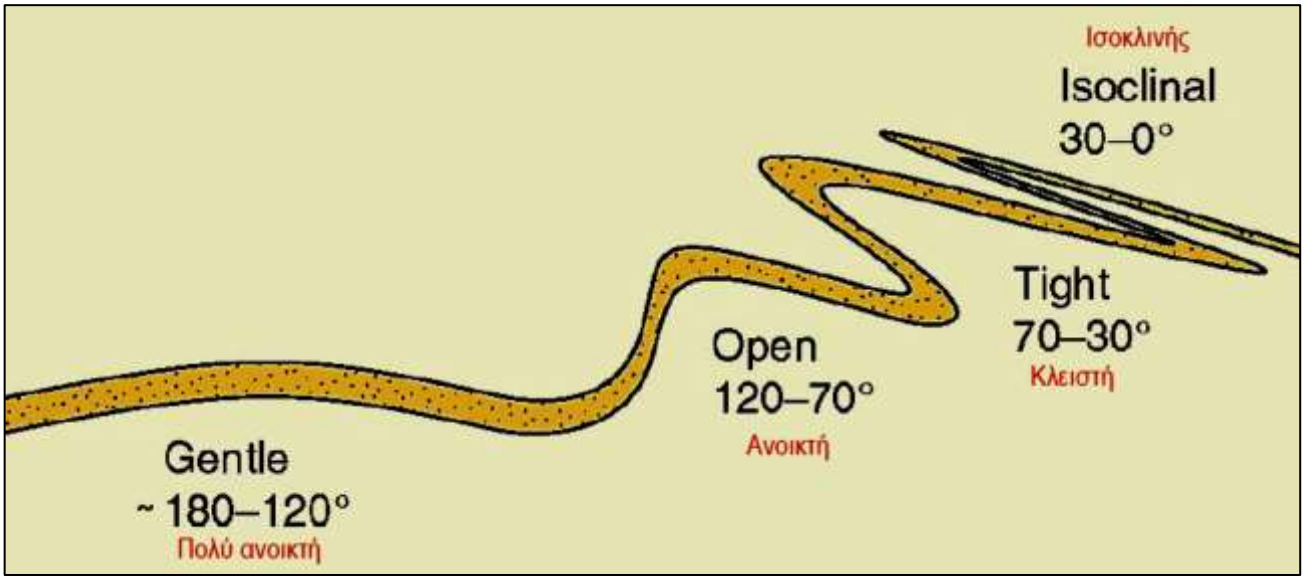
Εικόνα 5.7: Σχέση μεταξύ εφελκυστικών ρωγμών (tension gashes) λοξής, κλιμακωτής διάταξης (en echelon) και τάσεων διάτμησης.



Εικόνα 5.8: Σχηματική απεικόνιση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των πτυχών (από Fossen, 2010).

5.2.1.Ταξινόμηση με βάση την γωνία των σκελών

Πίνακας 16	
Γωνία των σκελών (Interlimb angle)	**Χαρακτηρισμός πτυχής**
0° - 30°	*Ισοκλινής (Isoclinal)*
30° - 70°	*Κλειστή (Tight)*
70° - 120°	*Ανοικτή (Open)*
120° - 180°	*Πολύ ανοικτή (Gentle)*



(από Fossen, 2010)

5.2.2.Ταξινόμηση με βάση το αξονικό επίπεδο και τη βύθιση του άξονα

Πίνακας 17				
Χαρακτηρισμός Πτυχής			**Κλίση Αξονικού Επιπέδου**	**Βύθιση Άξονα**
Ορθή	*Οριζόντια*	*Horizontal upright*	*80° - 90°*	*0° - 10°*
	Βυθιζόμενη	*Plunging upright*		*10° - 80°*
	Κατακόρυφη	*Vertical*		*80° - 90°*
Κεκλιμένη	*Οριζόντια*	*Horizontal inclined*	*10° - 80°*	*0° - 10°*
	Βυθιζόμενη	*Plunging inclined*		*10° - 60°*
Ανακεκλιμένη	*Βυθιζόμενη*	*Reclined*	*60°*	*60°*
Κατακεκλιμένη	*Οριζόντια*	*Recumbent*	*0° - 10°*	*0° - 10°*

Βύθιση άξονα

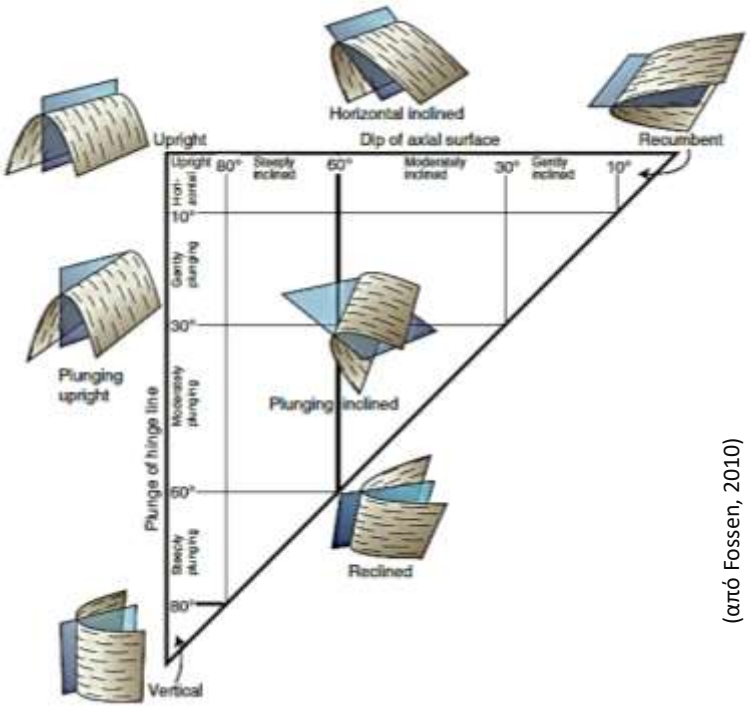
0° - 10°: Οριζόντια (Horizontal)

10° - 30°: Ήπια βυθιζόμενη (Gently plunging)

30° - 60°: Μέτρια βυθιζόμενη (Moderately plunging)

60° - 80°: Απότομα βυθιζόμενη (Steeply plunging)

80° - 90°: Κάθετη (Vertical)

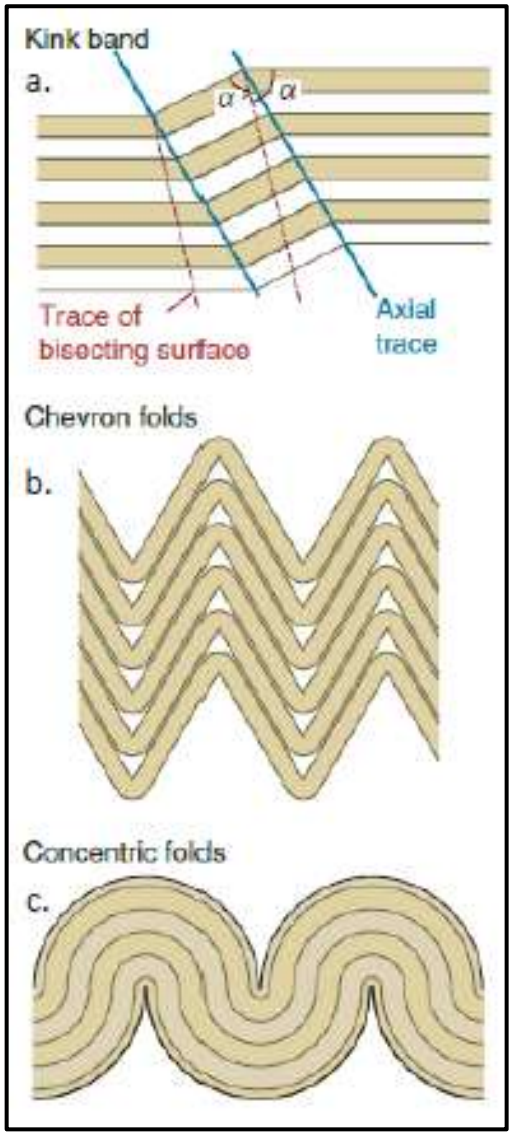


(από Fossen, 2010)

5.2.3.Άλλα είδη πτυχών

Περιοδικές (Periodic) Μη - Περιοδικές (Non-periodic) Δυσαρμονικές (Disharmonic)

(από Ghosh, 1993)



Με βάση το σχήμα άρθρωσης – άξονα πτυχής:

- Ήπια (Broad – hinge)
- Γωνιώδη (Chevron)
- Ομόκεντρη ή συγκεντρική (Concentric)

Kink Bank: Διατονικές γωνιώδεις πτυχές με επίπεδα και ασύμμετρα σκέλη

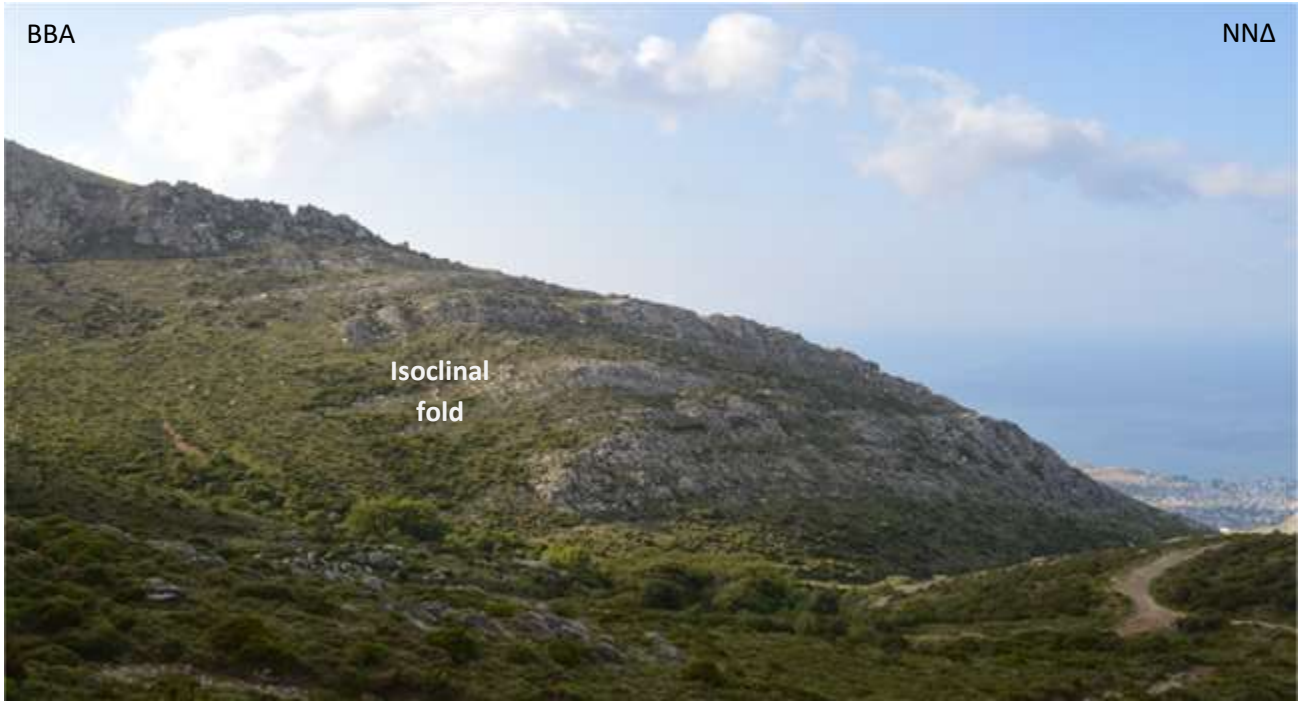
Πτυγματικές (Ptygmatic): Ακανόνιστες πτυχές με κυρτά αξονικά επίπεδα

Sheath: Κλειστές πτυχές με χαρακτηριστικό σχήμα «ματιού»

Εικόνα 5.9: Είδη πτυχών a. Kink band, ζώνη συστροφής με την επιφάνεια που διχοτομεί την γωνία των σκελών να είναι διαφορετική από το αξονικό επίπεδο, b. Chevron folds, αρμονικές πτυχές και c. Concentric folds με κυκλικά τόξα (από Fossen, 2010).

Οι τύποι των πτυχών, που αναφέρθηκαν παραπάνω, σχετίζονται με μηχανισμούς ομο – αξονικής & μη – συμπίεσης, διάτμησης ή ακόμα και βράχυνσης παράλληλης με τα στρώματα αλλά όχι εγκάρσιας στο αξονικό επίπεδο (Kink Folding).

5.2.4. Προσδιορισμός και ανάλυση δεδομένων υπαίθρου



Εικόνα 5.10: Ισοκλινής πτυχή βόρεια της Καρύστου στην ενότητα Στύρων.

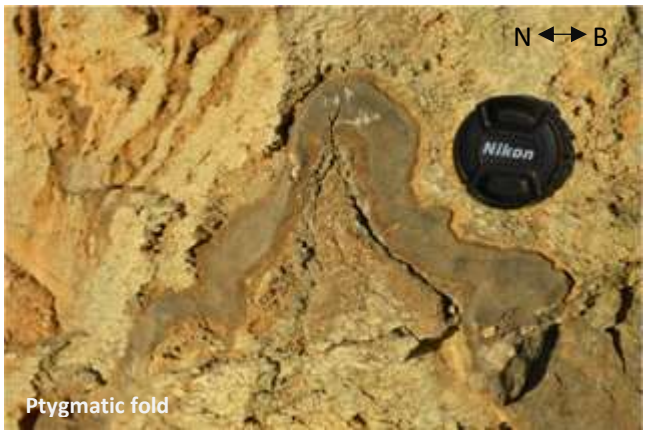
Εικόνα 5.11: Ισοκλινής πτυχή και ομόκεντρες πτυχές στη Λάλα.

Εικόνα 5.12: Ήπια, ανοιχτή και κλειστή πτυχή με ύπαρξη boudinage.

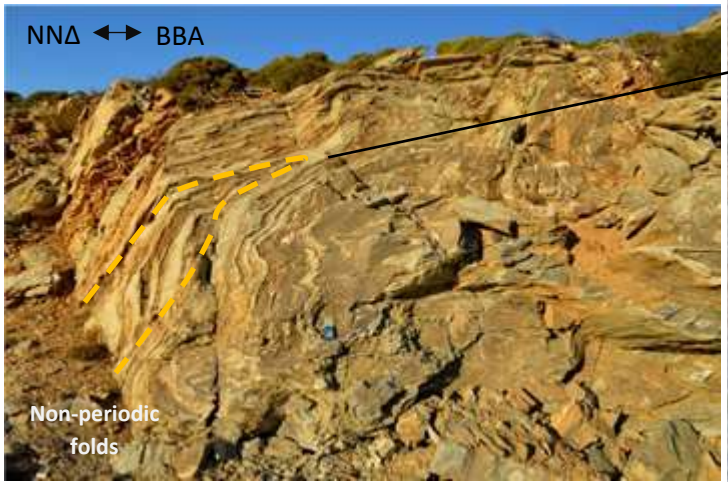
Εικόνα 5.13: Περιοδική, κατακεκλιμένη πτυχή σε μάρμαρα της Όχης.

Εικόνα 5.14: Δυσαρμονικές, πτυγματικές πτυχές Επανοχωρίου.

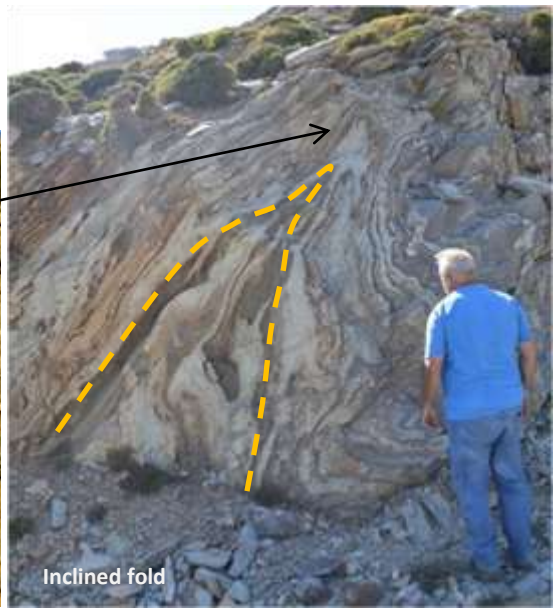
Εικόνα 5.15: Πτυχές (S-type) με άξονες κάθετα μεταξύ τους.



Εικόνα 5.16: Πτυγματική πτυχή Όχης.

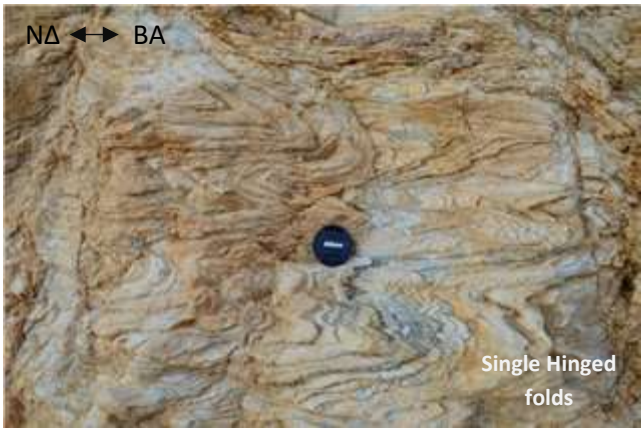


Εικόνα 5.17: Μη – Περιοδικές πτυχές σε σχηματισμούς της Όχης.

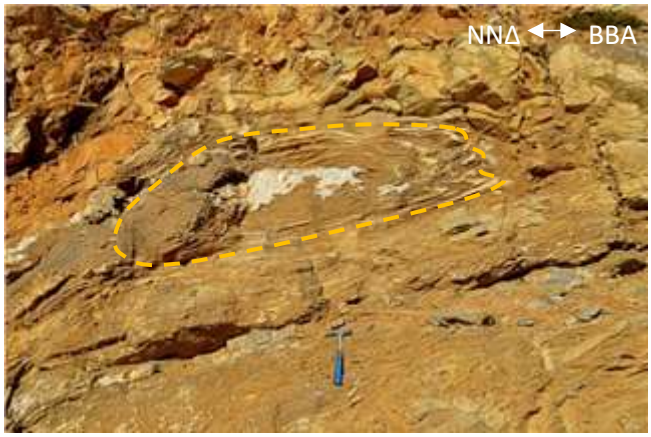


Εικόνα 5.18: Κεκλιμένη πτυχή.

Εικόνα 5.19: Κεκλιμένες πτυχές (Z-type).

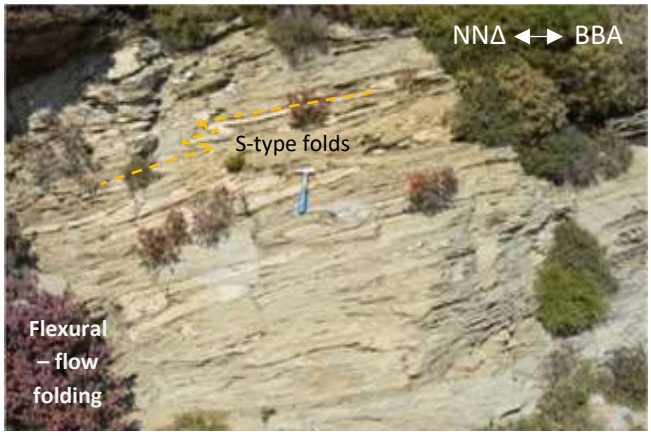


Εικόνα 5.20: Απλής άρθρωσης πτυχές σε χαλαζιακούς σχιστόλιθους της Όχης .

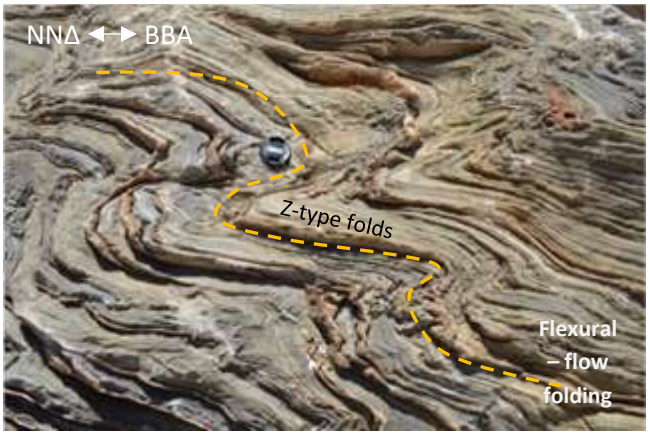


Εικόνα 5.21: Sheath fold.

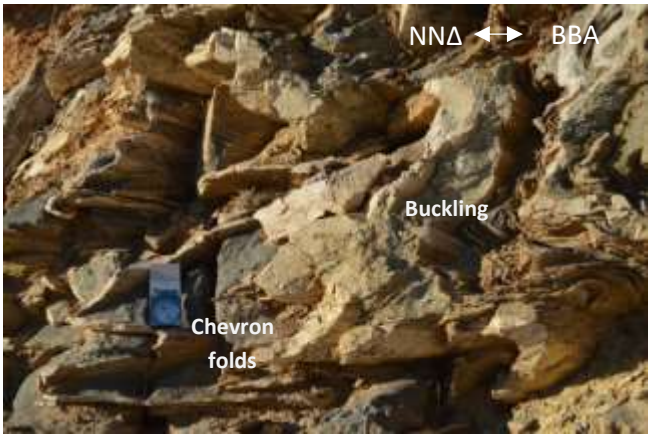
Εικόνα 5.22: Sheath fold (cat's eye fold).



Εικόνα 5.23: Πτύχωση με καμπύλωση και ροή.

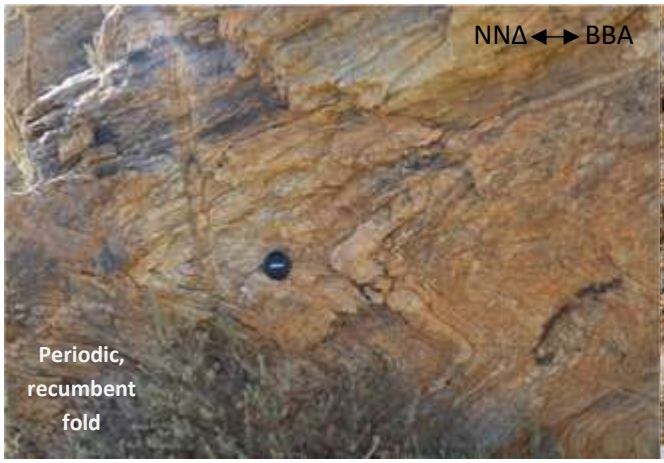


Εικόνα 5.24: Πτύχωση με καμπύλωση και ροή.

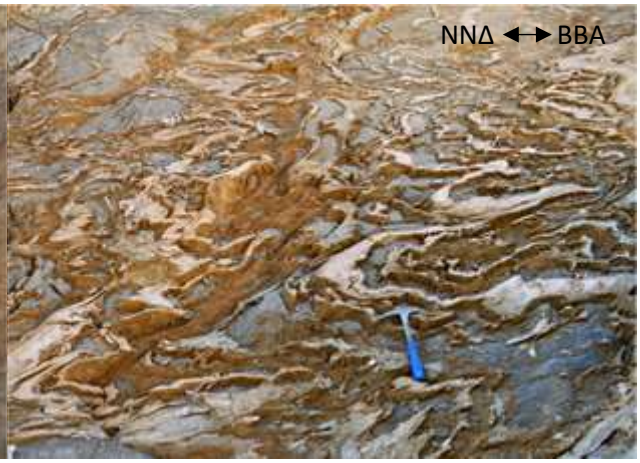


Εικόνα 5.25: Εμφάνιση γωνιωδών πτυχών σε μάρμαρα και σχιστόλιθους της Όχης.

Εικόνα 5.26: Πολυπτυχωμένοι σχηματισμοί Όχης και γωνιώδεις πτυχές μετά το χωριό Μετόχι.



Εικόνα 5.27: Περιοδική, κατακεκλιμένη πτυχή (S-type).

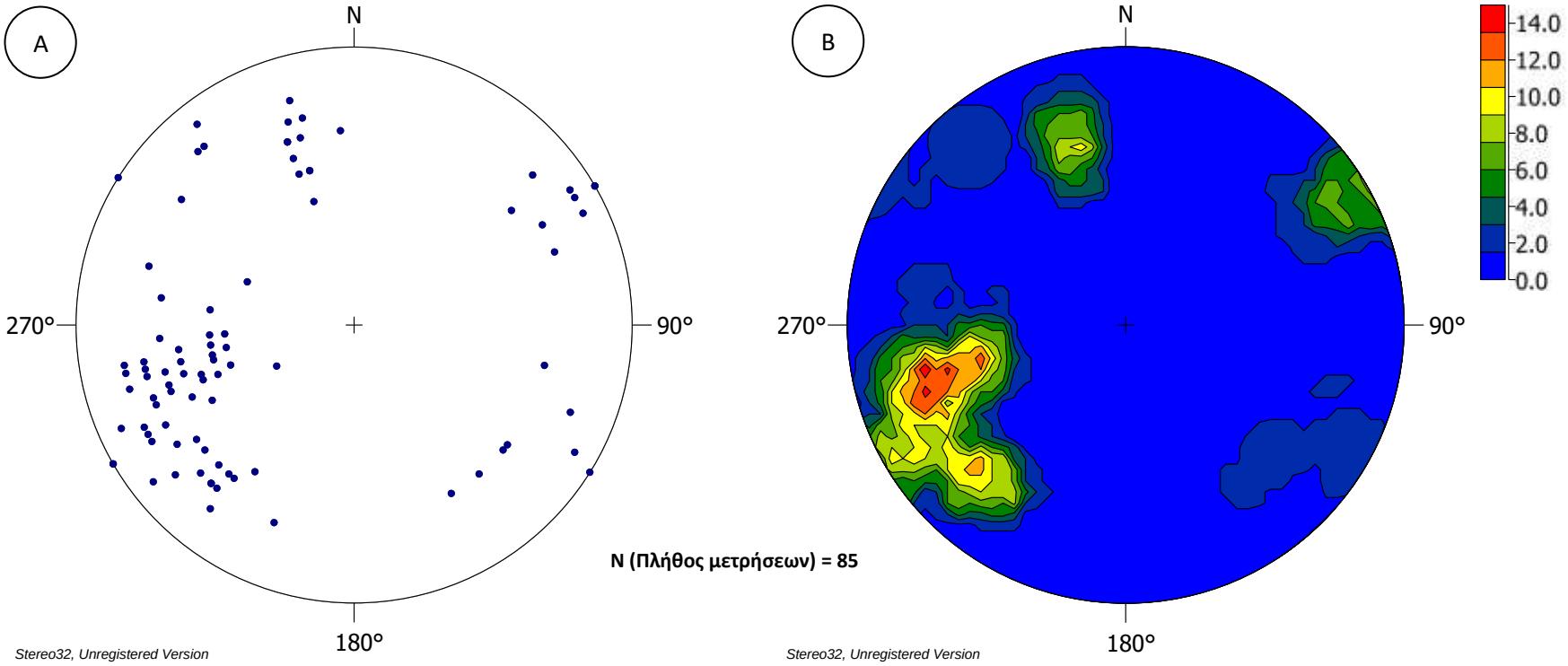


Εικόνα 5.28: Πολυπτυχωμένα μάρμαρα Όχης με Silex – πτυχές S-type.

Εικόνα 5.29: Λοξοζωνική πτύχωση με διεύθυνση αξόνων ΒΒΔ-ΝΝΑ ως ΒΔ-ΝΑ.

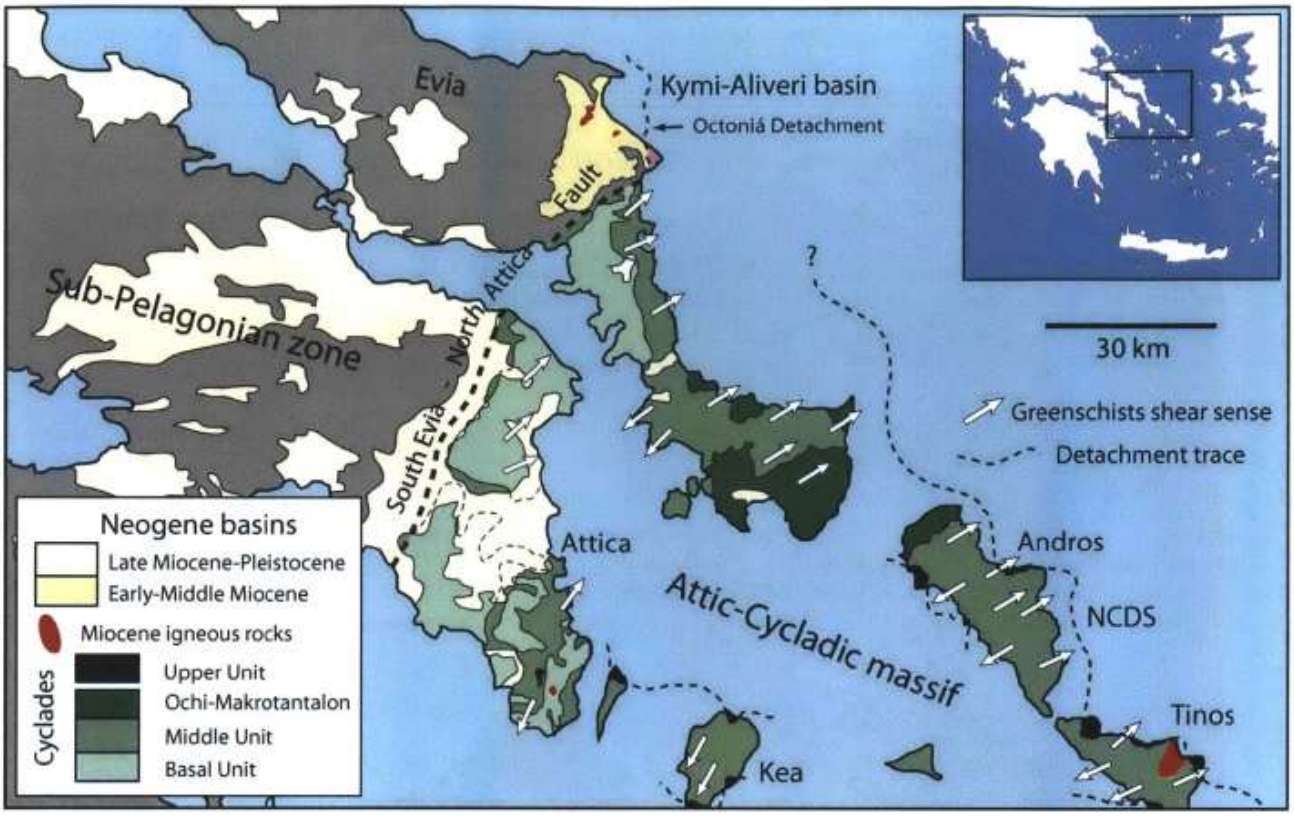
Εικόνα 5.30: Ασύμμετρη μικροπτύχωση της S-φύλλωσης (τύπου πάρελξης) – πτυχοσχισμός (crenulation – cleavage).

Εικόνα 5.31: Πτυχοσχισμός σε σχιστόλιθους της Όχης.

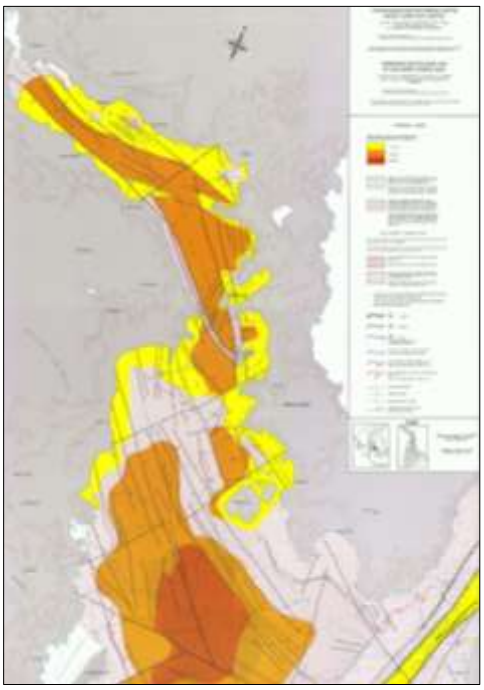


Εικόνα 5.32: Α) Πολική προβολή αξόνων των πτυχών και Β) Διάγραμμα πυκνότητας τους σε δίκτυο Schmidt.

5.3. ΡΗΓΜΑΤΑ



Εικόνα 5.33: Γεωλογικός χάρτης του δυτικού Αττικο – Κυκλαδικού συγκροτήματος, με διαχωρισμό μεταμορφωμένων και αμεταμόρφωτων σχηματισμών μέσω του ρήγματος αποκόλλησης Αττικής – Νότιας Εύβοιας (από Bradley, 2012).

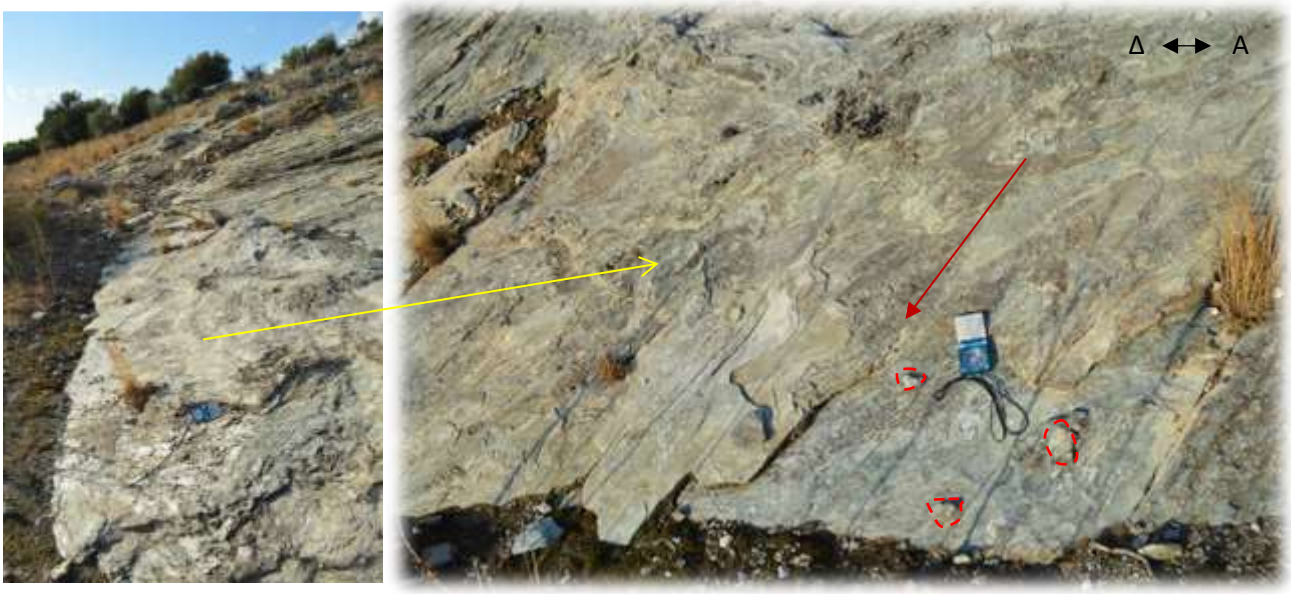


Εικόνα 5.34: Νεοτεκτονικός χάρτης Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου (από Papanikolaou et al., 1989).

Το ρήγμα αποκόλλησης (detachment fault) της Αττικής αντιστοιχεί στο ρήγμα Οκτωνιάς της Εύβοιας (Εικ.5.33). Η διεύθυνσης της μεγάλης, σε κλίμακα, δομής είναι ΒΒΑ-ΝΝΔ και διαμορφώνει ένα δυτικό ρηξιτέμαχος αποτελούμενο από αμεταμόρφωτους σχηματισμούς και ένα ανατολικό με μεταμορφωμένους (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007, Bradley, 2012). Ξεκινώντας από την Αττική και συγκεκριμένα από το δυτικό ρηξιτέμαχος, τα επιμέρους, κανονικού χαρακτήρα, ρήγματα φέρουν διεύθυνση Α – Δ, η οποία, ωστόσο, μεταβάλλεται σε ΒΔ – ΝΑ στο ανατολικό ρηξιτέμαχος. Τα ΒΔ – ΝΑ ρήγματα διαμορφώνουν και την λεκάνη του Νότιου Ευβοϊκού (Εικ.5.34), ενώ, όπως, διαπιστώθηκε και από μετρήσεις υπαίθρου, συνεχίζουν στην χέρσο – στην περιοχή της Καρυστίας, αποτελώντας τις περιθωριακές, εκτατικές δομές της ομώνυμης λεκάνης.

Υπό καθεστώς εφελκυσμού, στην περιοχή μελέτης μας υφίστανται τρία κύρια συστήματα ρηγμάτων (Πίνακας 18). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το ένα φέρει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ ως ΒΔ-ΝΑ, εγκάρσια δηλαδή με τον άξονα κύριας πτύχωσης των σχηματισμών (1^{ης} φάσης παραμόρφωσης) και το οποίο χαρακτηρίζεται από τις νεότερες κανονικού χαρακτήρα δομές, που οριοθετούν και την νεοτεκτονική λεκάνη της Καρύστου. Το άλλο σύστημα, με δομές εγκάρσιες στον κύριο νεοτεκτονικό ρηξιγενή ιστό, φέρει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, ενώ υφίσταται και το σύστημα διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ, που απαντά στα ανατολικά της Όχης και του Όρμου της Καρύστου.

Εικόνα 5.35: Κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος με στοιχεία «55°/046°» και «55°/052°» στο εγκαταλελειμμένο λατομείο του χωριού Καλύβια – Νικάσι.



Εικόνα 5.36: Επιφάνεια ρηξιγενούς δομής με στοιχεία «30°/198°» στα ανατολικά του οικισμού του Αετού με ύπαρξη τεκτονικών κλαστών που αποδεικνύουν την φορά κίνησης.

Εικόνα 5.37: Ρήγμα με στοιχεία «50°/164°» στην Όχη.

Εικόνα 5.38: Ρηξιγενής Επιφάνεια «60°/146°» και «55°/148°».

Εικόνα 5.39: Κατοπτρική επιφάνεια ρηξιγενούς ζώνης που ξεκινά από τα δυτικά του οικισμού Καλύβια και εμφανίζετα με στοιχεία «30°/190°» στους Μύλους Αγίων Θεοδώρων.

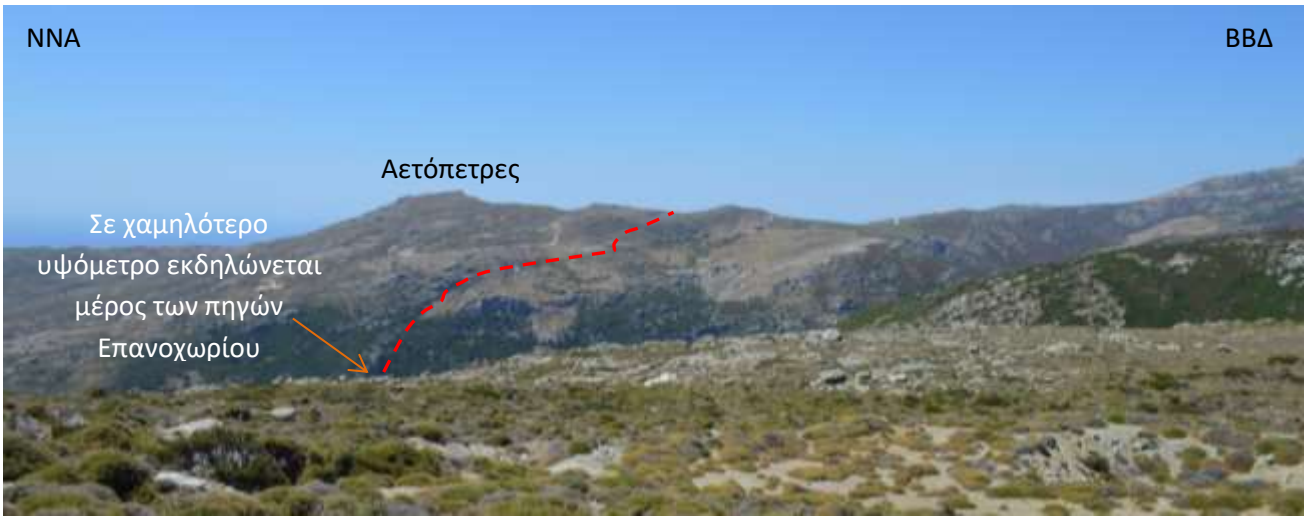
Εικόνα 5.40: Κανονικά ρήγματα με στοιχεία «20°/146°» «25°/162°» και «55°/128°» μετά το χωριό Μετόχι.

Εικόνα 5.41: Ρήγμα με στοιχεία 60°/210°.

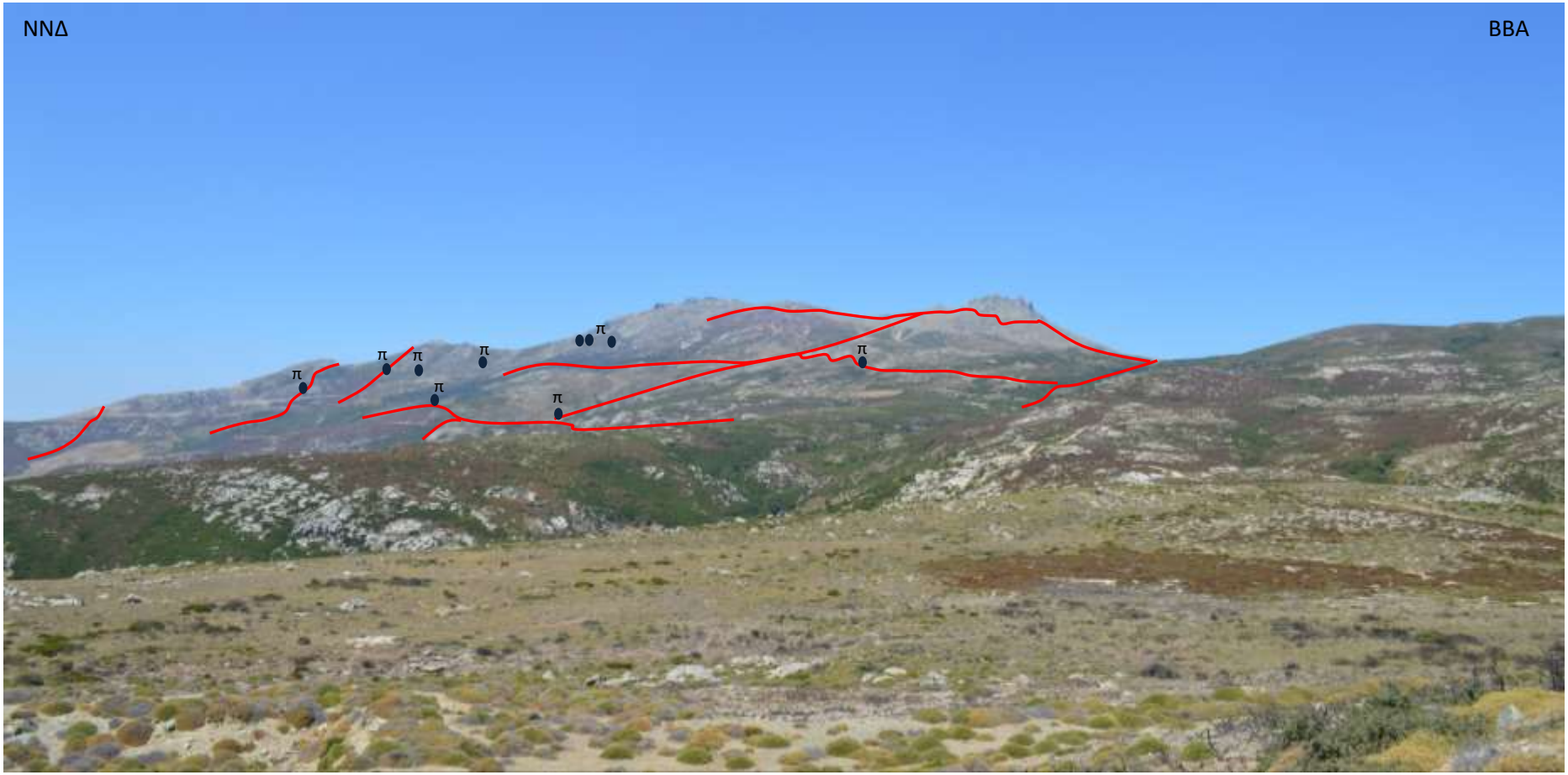
Εικόνα 5.42: Ρήγμα με στοιχεία 60°/222°.

Εικόνα 5.43: Επιφάνεια ρήγματος με στοιχεία 15°/160° στην Όχη.

Εικόνα 5.44: Ρήγμα ΒΑ-διεύθυνσης στην ενότητα Στύρων.



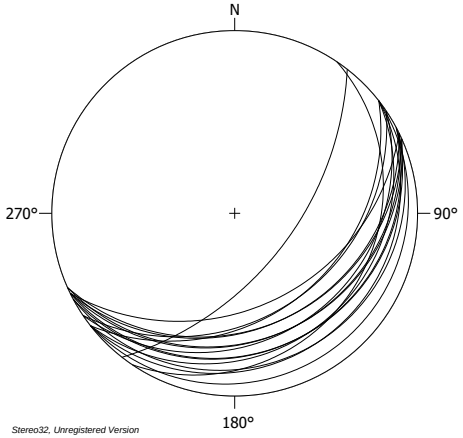
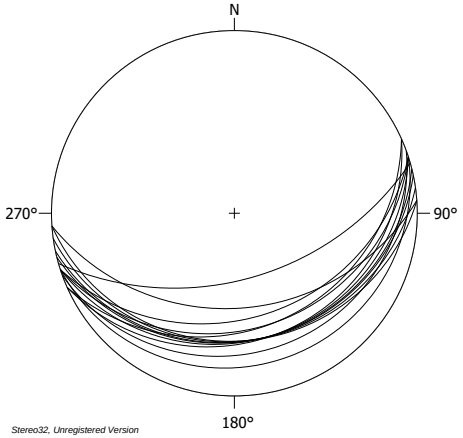
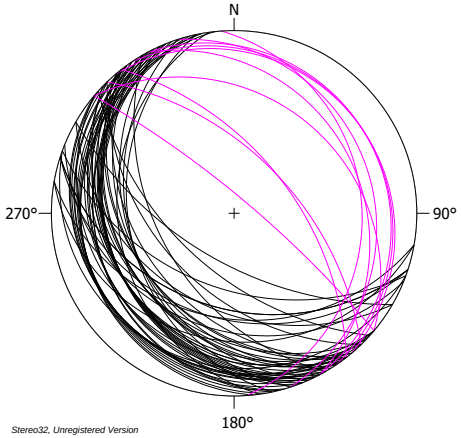
Εικόνα 5.45: Πανοραμική άποψη της ΒΑ πλευράς του όρους «Αετόπετρες» με την εμφάνιση της ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, η οποία συνδέεται με την εκδήλωση πηγών του Επανοχωρίου στο ΝΔ πρανές.

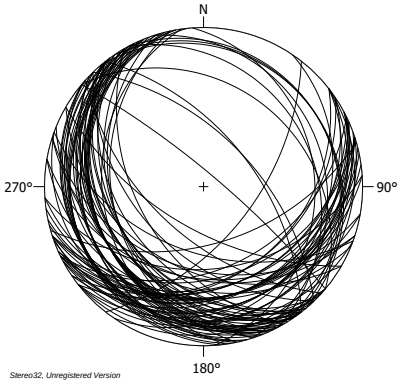


Εικόνα 5.46: Πανοραμική άποψη της ανατολικής πλευρά του ορεινού συγκροτήματος της Όχης με τα συστήματα ρηξιγενών ζωνών διευθύνσεων ΒΔ και ΒΑ ως ΑΒΑ (κόκκινες γραμμές) και τα οποία συνδέονται με την εκδήλωση πηγών (π: θέσεις πηγών με μπλε κύκλο).

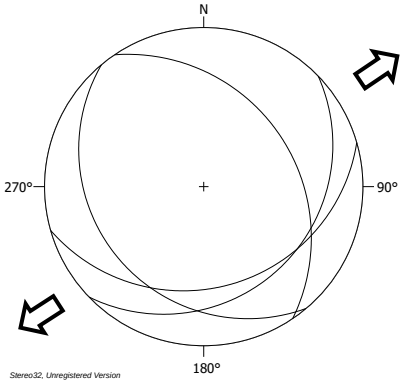
Πίνακας 18

ΡΗΓΜΑΤΑ (FAULTS)

ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	**ΒΑ-ΝΔ**	**ΑΒΑ-ΔΝΔ**	**ΒΔ-ΝΑ**
			
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	**20°/136° (από N = 16)**	**25°/164° (από N = 13)**	**20°/230° (από N = 50) & 30°/056° (από N = 10)**



N (Πλήθος μετρήσεων) = 89



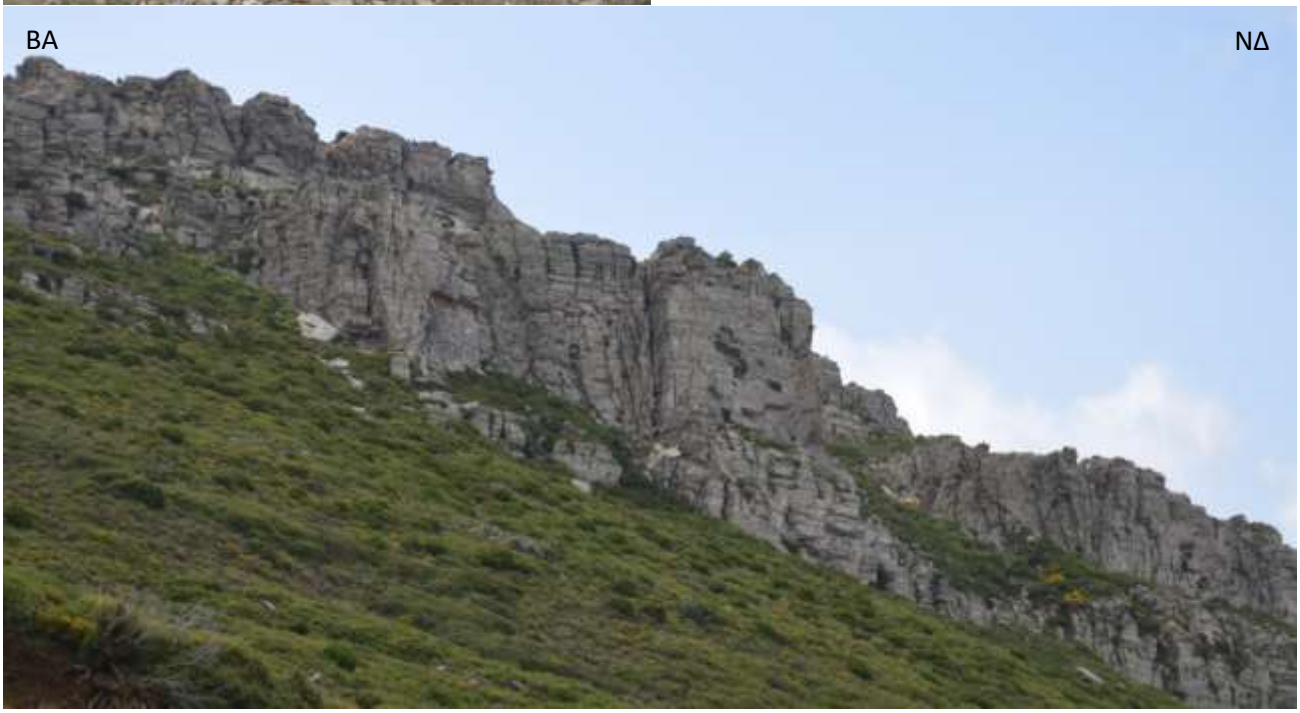
Εικόνα 5.47: Δίκτυα Schmidt με τις όλες τις μετρήσεις (N = 89) και με τις μέσες τιμές για κάθε μια από τις διευθύνσεις ρηγμάτων, που απαντούν στο ορεινό συγκρότημα της Όχης.

5.4. ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ

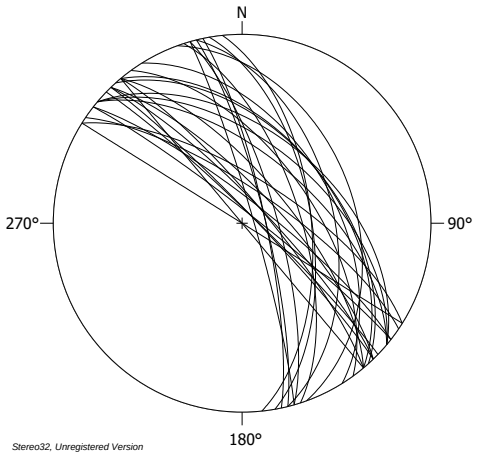
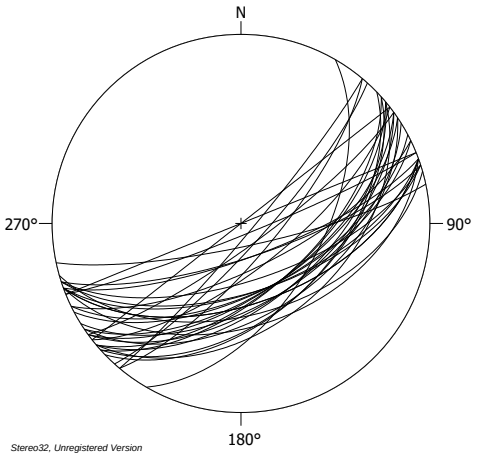
Κατά την εκταφή και τον εφελκυστικό τεκτονισμό σε ανάδρομες συνθήκες σχηματίστηκαν διακλάσεις διεύθυνσης ΒΔ – ΝΑ, οι οποίες αναγνωρίστηκαν στην ύπαιθρο και καταγράφηκαν σε δίκτυο Schmidt (Πίνακας 19). Ίδιες διευθύνσεις διακλάσεων σε γνεύσιους, αμφιβολίτες, χαλαζίτες, μάρμαρα και σχιστόλιθους μελετήθηκαν από τους Voudouris et al. (2005). Ωστόσο, στη μελέτη πεδίου μας καταγράφηκαν και διευθύνσεις παράλληλες με την μεγάλη αντικλινική δομή της Όχης, δηλαδή ΒΑ – ΝΔ. Η πυκνότητα και η συχνότητα του συνόλου των διακλάσεων στους γεωλογικούς σχηματισμούς δίνουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την μετατροπή ενός αδιαπέρατου, από το νερό, πετρώματος σε διαπερατό, με χαρακτηριστική περίπτωση τους σχιστόλιθους του καλύμματος της Όχης.

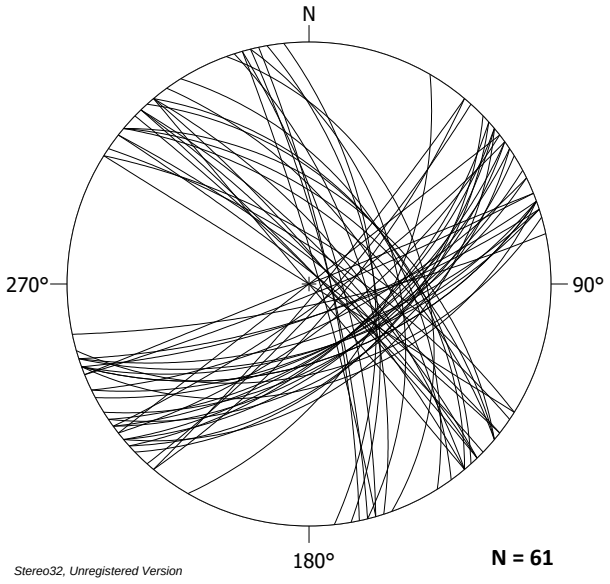
Εικόνα 5.48: Θέσεις διακλάσεων με φορά κλίσης από 40° έως και 90° σε σχιστολιθική μάζα.

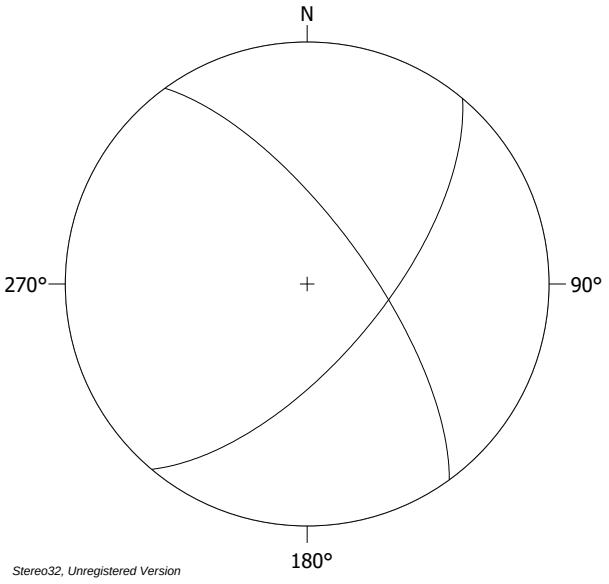
Εικόνα 5.49: Διακλάσεις σχεδόν κατακόρυφες σε μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς.



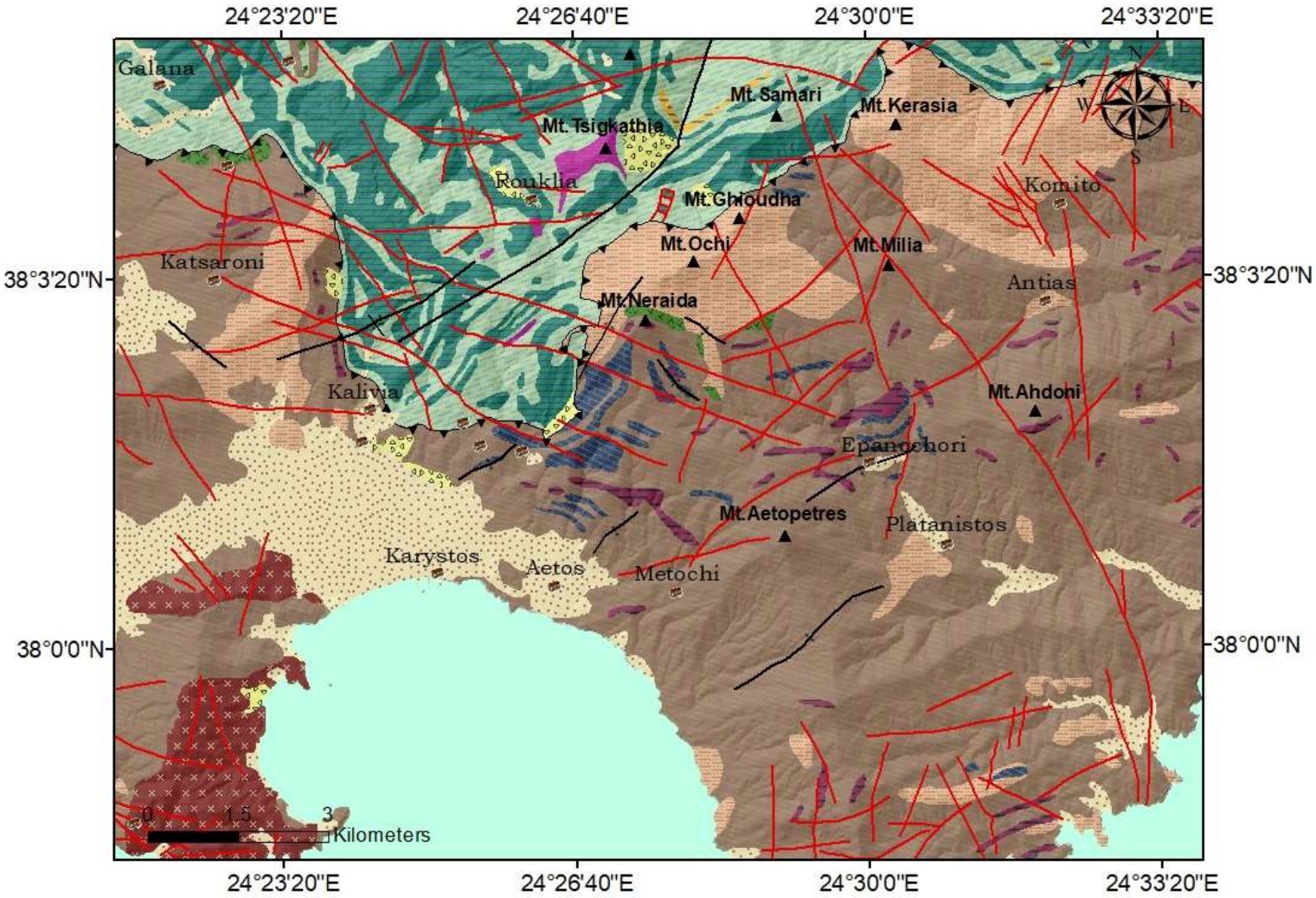
Πίνακας 19

ΔΙΑΚΛΑΣΕΙΣ (JOINTS)		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	**ΒΔ-ΝΑ**	**ΒΑ-ΝΔ**
		
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	**70°/054° (από N = 28)**	**65°/130° (από N = 33)**





Εικόνα 5.50: Δίκτυα Schmidt με τις όλες τις μετρήσεις (N = 61) και με τις μέσες τιμές για κάθε μια από τις διευθύνσεις διακλάσεων που απαντούν στο ορεινό συγκρότημα της Όχης.



Εικόνα 5.51: Γεωλογικός χάρτης Νότιας Εύβοιας με τα ρήγματα, τα αντίκλινα και την επώθηση της Όχης.

LEGEND

Settlements

Mountain

Tectonic Structures

Ochi Thrust

Anticlines

Faults

Lithology

Post - Alpine Formations

Alluvial deposits

Scree and talus cones

Alpine Formations

Ochi Nappe

Schists

Quartzites and quartz schists

Marbles

Amphibolites and amphibolitic schists

Orthogneisses

Ophiolites

Styra Nappe

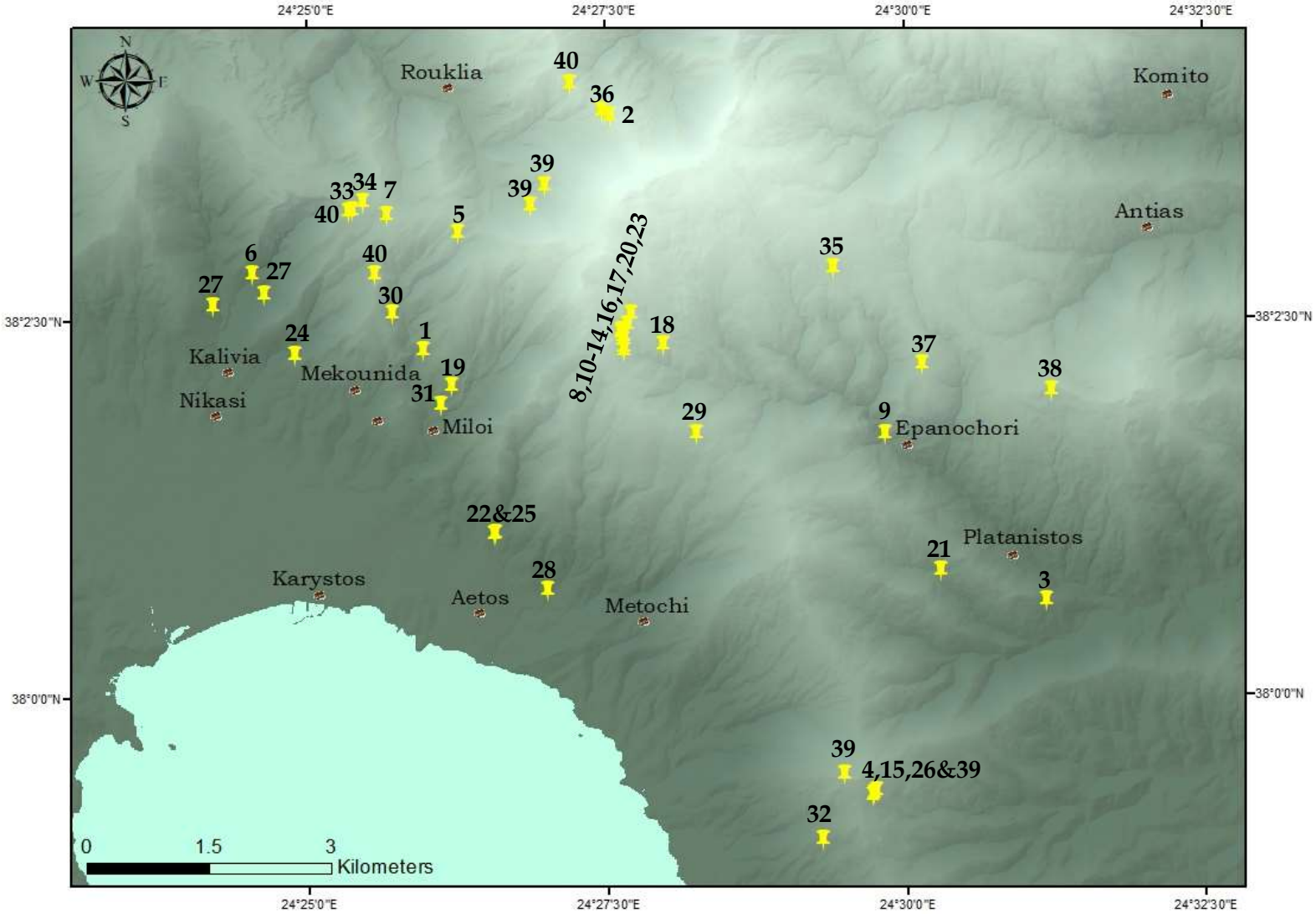
Marbles and cipolins

Schists

Quartzites and quartz schists

Amphibolites and amphibolitic schists

Εικόνα 5.52: Υπόμνημα γεωλογικού χάρτη Εικ.5.51.



Εικόνα 5.53: Χάρτης με τις θέσεις λήψεως των εικόνων του κεφαλαίου.

Πίνακας 20			
ΘΕΣΗ	**ΕΙΚΟΝΑ**	**ΘΕΣΗ**	**ΕΙΚΟΝΑ**
1	5.2	21	5.26
2	5.3	22	5.27
3	5.6	23	5.28
4	5.7	24	5.29
5	5.10	25	5.30
6	5.11	26	5.31
7	5.12	27	5.35
8	5.13	28	5.36
9	5.14	29	5.37
10	5.15	30	5.38
11	5.16	31	5.39
12	5.17	32	5.40
13	5.18	33	5.41
14	5.19	34	5.42
15	5.20	35	5.43
16	5.21	36	5.44
17	5.22	37	5.45
18	5.23	38	5.46
19	5.24	39	5.48
20	5.25	40	5.49

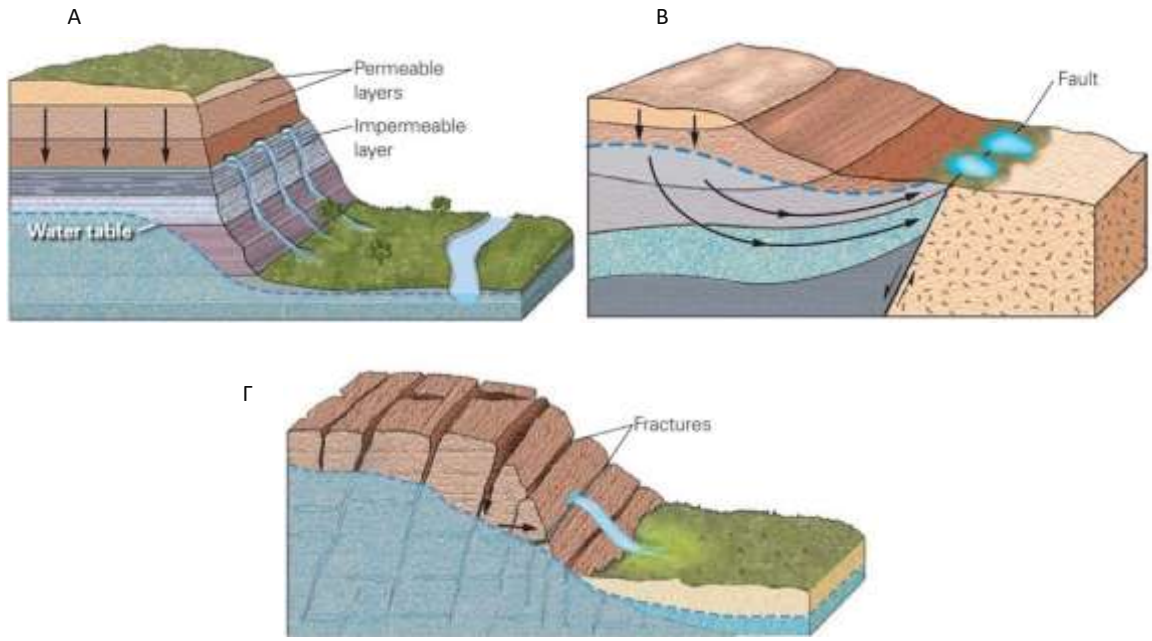
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ο} ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

6.1. ΕΙΔΗ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ Η ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΟΥΣ

Πηγή χαρακτηρίζεται το φυσικό σημείο εκκένωσης του υπόγειου νερού, όταν η πιεζομετρική επιφάνεια τμήσει την τοπογραφική. Πρόκειται ουσιαστικά για μια συγκεντρωμένη εκροή υπόγειου νερού, που εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους και ρέει ελεύθερα (Todd, 1980), ενώ ταυτόχρονα αποτελεί ένδειξη υδροφορίας μιας περιοχής.

Πίνακας 21. Ταξινόμηση πηγών κατά Bryan (1919)

ΒΑΡΥΤΙΚΕΣ	ΜΗ ΒΑΡΥΤΙΚΕΣ
1. Πηγές ταπεινώσεων	Θερμές και μεταλλικές πηγές
2. Πηγές επαφής	
3. Αρτεσιανές πηγές	
4. Πηγές στεγανών πετρωμάτων	
5. Ρωγμογενείς ή Ρηγματογενείς πηγές	



Εικόνα 6.1: Τύποι πηγών Α) επαφής, Β) ρηγματογενής και Γ) λόγω δικτύου διακλάσεων (από O.Khattak).

Κατάταξη των πηγών κατά Soulios (2004)

Αναλόγως την διακύμανση στην παροχή

- *Μόνιμες*, όταν αποστραγγίζουν εκτεταμένους υδροφόρους και λειτουργούν συνεχώς όλο το χρόνο
- *Διαλείπουσες*, όταν δίνουν νερό μόνο για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα μηνών και παύουν να λειτουργούν απότομα εξαιτίας του σηφωνιακού τους μηχανισμού
- *Παροδικές*, οι οποίες εμφανίζονται κάποιες ιδιαίτερες βροχερές μέρες ορισμένων (ή όλων) ετών
- *Εποχιακές*, όταν λειτουργούν στη διάρκεια της υγρής περιόδου και στερεύουν στο υπόλοιπο χρονικό διάστημα

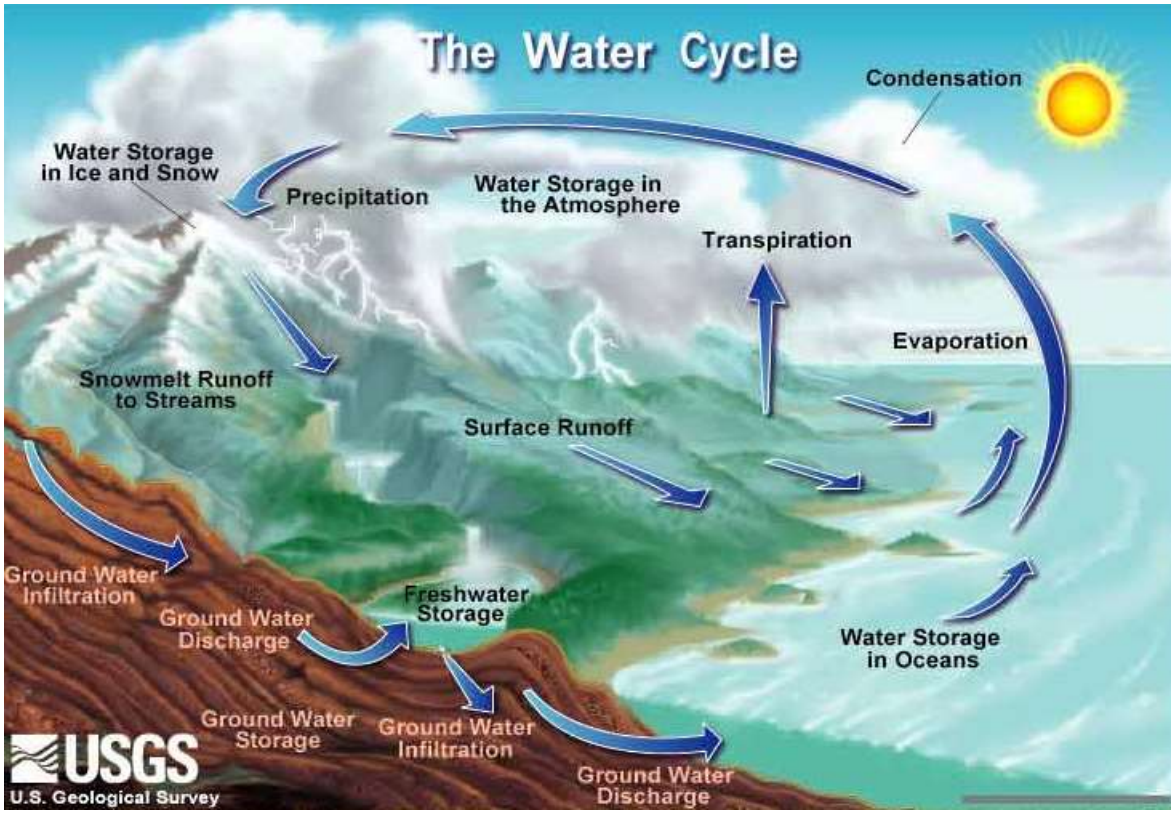
Αναλόγως του χημισμού του νερού της πηγής και την περιεκτικότητα του σε στοιχεία και μέταλλα διακρίνονται σε:

- Πηγές οξυ-ανθρακικές, αλκαλικές, ασβεστομαγνησιούχες, νατριοχλωριούχες, ασβεστοθειούχες κλπ
- Ολιγομεταλλικές ή μεταλλικές

Οι κατατάξεις των πηγών διαφοροποιούνται κάθε φορά με βάση το κριτήριο μελέτης τους. Ωστόσο, για τον τρόπο δημιουργίας τους, πρωταρχικό ρόλο παίζει ο υδρολογικός κύκλος και συγκεκριμένα η παράμετρος της «*κατείσδυσης*», δηλαδή το ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, που θα διεισδύσει στο έδαφος και θα διηθηθεί προς βαθύτερα στρώματα προς εμπλουτισμό των υδροφόρων οριζόντων.

6.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στον αέναο κύκλο του νερού στη φύση, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα πέφτουν στο έδαφος υπό μορφή χιονιού, βροχής ή χαλαζιού και το νερό α) κινείται επιφανειακά μέσω των υδρορεμμάτων προς τη θάλασσα, β) κατεισδύει προς βαθύτερους ορίζοντες, γ) διαπνέεται από υπάρχουσα βλάστηση και εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους ή από ελεύθερες υδάτινες επιφάνειες. Η υδρολογία των υπόγειων νερών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την επιφανειακή υδρολογία, αφού οι ποσότητες του νερού, που μέσω των μηχανισμών διήθησης και κατείσδυσης χαρακτηρίζουν τους υδροφόρους ορίζοντες, είναι επιφανειακής προέλευσης. Παράλληλα, ο όρος της απορροής δεν σχετίζεται μόνο με την επιφανειακή κατανομή των κατακρημνισμάτων αλλά και με την υπόγεια κυκλοφορία νερού, που επανέρχεται στην επιφάνεια μέσω των πηγών.

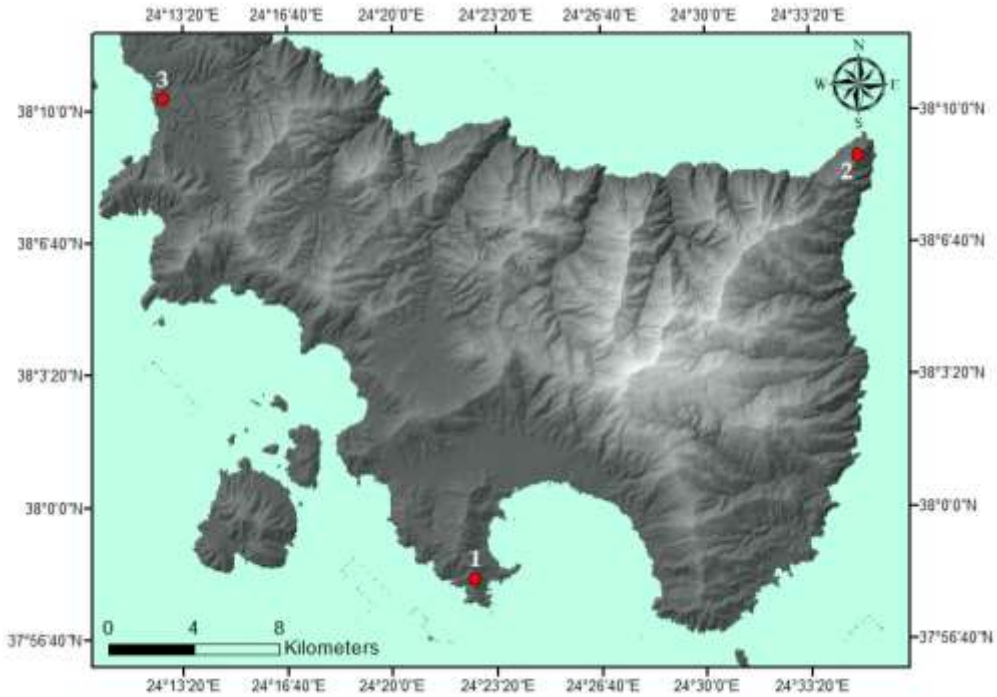


Εικόνα 6.2: Υδρολογικός κύκλος (από USGS).

Το υπόγειο νερό, με το οποίο θα ασχοληθούμε παρακάτω, αποτελεί μέρος του υδρολογικού κύκλου. Η σημαντικότερη διαδικασία, για να εισέλθει το νερό των κατακρημνισμάτων προς βαθύτερους ορίζοντες, είναι, αυτή, της κατείσδυσης. Για την εκτίμηση, λοιπόν, του συντελεστή κατείσδυσης επεξεργαστήκαμε δεδομένα από 3 μετεωρολογικούς σταθμούς της Νότιας Καρυστίας (Εικ.6.3) και συγκεκριμένα τους σταθμούς «Παξιμάδα» (LGW7), «Καβοντόρο (LGR5) και «Στύρα» (LGC4) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών – Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος.

Πίνακας 22. Πληροφορίες σταθμών

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΠΑΞΙΜΑΔΑ	ΚΑΒΟΝΤΟΡΟ	ΣΤΥΡΑ
ΚΩΔΙΚΟΣ	LGW7	LGR5	LGC4
ΘΕΣΗ	Ακρωτήριο Παξιμάδα	Ακρωτήρι Καβοντόρο	Λιμάνι
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	37°58'20''N	38°08'59''N	38°10'28''N
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	24°22'42''E	24°34'59''E	24°12'47''E
ΥΨΟΜΕΤΡΟ	215m	386m	12m
ΥΨΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΘΕΡΜ/ΥΓΡ	2m	10m	2m
ΥΨΟΣ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ	5m	10m	5m
ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	Μάιος 2013	Νοέμβριος 2011	Σεπτέμβριος 2008
ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Βρίσκεται σε χώμα.	Βρίσκεται στερεωμένος σε κεραία κινητής τηλεφωνίας	Βρίσκεται σε οροφή κτιρίου. Μέχρι τις 07/10/2015 βρισκόταν σε κοντινή θέση σε υψόμετρο 32m, σε χώμα και με ίδια ύψη αισθητήρων.



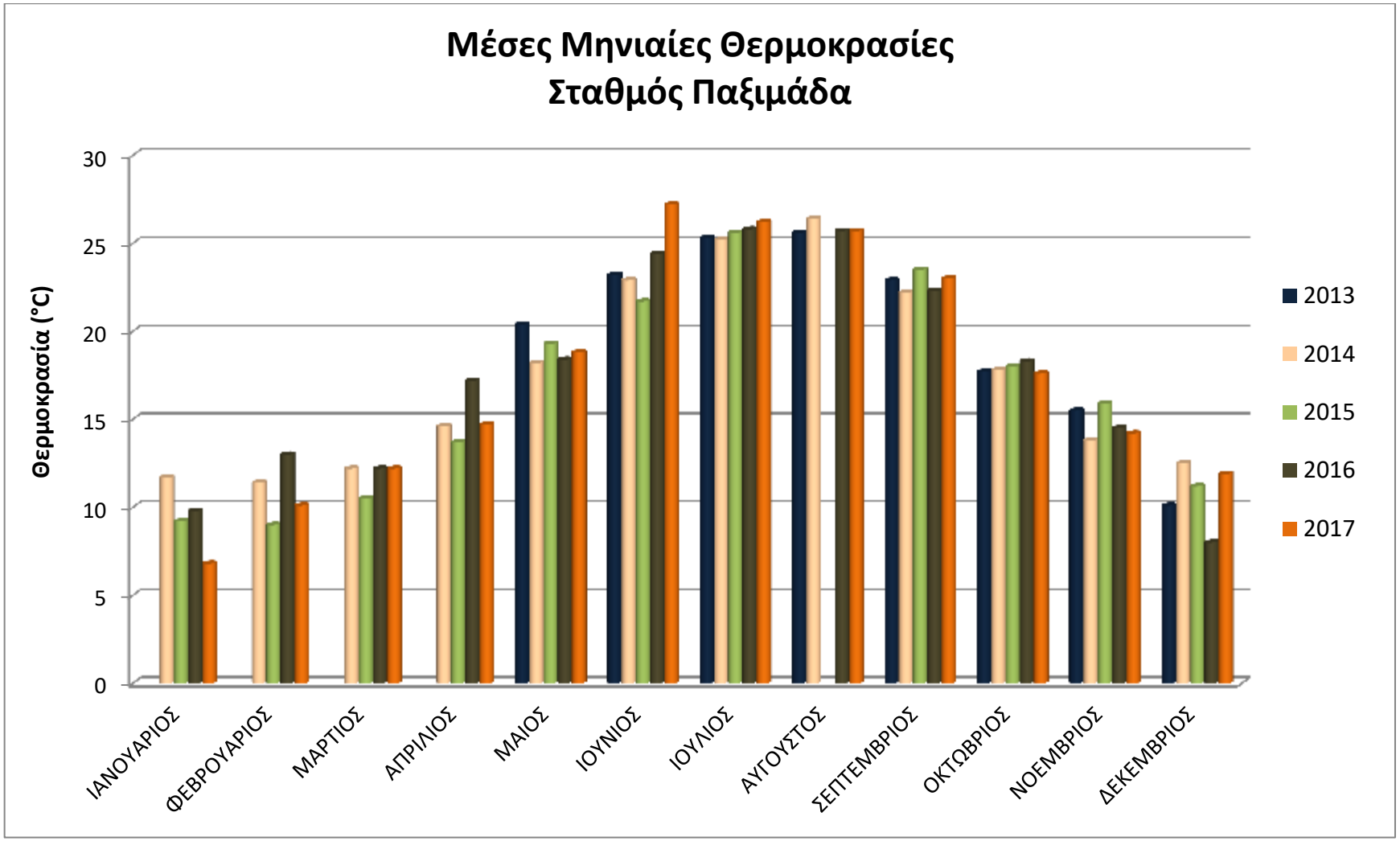
Εικόνα 6.3: Χάρτης με τις θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών: 1. Παξιμάδα, 2. Καβοντόρο και 3. Στύρα (δεδομένα από meteo.gr).

6.2.1. Θερμοκρασία σε °C

Πίνακας 23. Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον σταθμό «Παξιμάδας»

ΕΤΟΣ/ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΑΧ	ΜΙΝ
2013	-	-	-	-	20.4	23.2	25.3	25.6	22.9	17.7	15.5	10.1	-	-	-	-
2014	11.7	11.4	12.2	14.6	18.2	22.9	25.2	26.4	22.2	17.8	13.8	12.5	208.9	17.4	26.4	11.4
2015	9.2	9.0	10.5	13.7	19.3	21.7	25.6	-	23.5	18.0	15.9	11.2	-	-	-	-
2016	9.8	13.0	12.2	17.2	18.4	24.4	25.8	25.7	22.3	18.3	14.5	8.0	209.6	17.5	25.8	8.0
2017	6.8	10.1	12.2	14.7	18.8	27.2	26.2	25.7	23.0	17.6	14.2	11.9	208.4	17.4	27.2	6.8
ΣΥΝΟΛΟ	37.5	43.5	47.1	60.2	95.1	119.4	128.1	-	113.9	89.4	73.9	53.7				
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	9.4	10.9	11.8	15.1	19.0	23.9	25.6	-	22.8	17.9	14.8	10.7				
ΜΑΧ	11.7	13.0	12.2	17.2	20.4	27.2	26.2	-	23.5	18.3	15.9	12.5				
ΜΙΝ	6.8	9.0	10.5	13.7	18.2	21.7	25.2	-	22.2	17.6	13.8	8.0				

Το 2017 ήταν το έτος με τις υψηλότερες (27.2°C) και χαμηλότερες (6.8°C) τιμές μέσης ετήσιας θερμοκρασίας. Για την διάρκεια 2014 - 2017, υψηλές τιμές θερμοκρασίας καταγράφηκαν κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, με τον Ιούνιο του 2017 να πρωτοστατεί στην μέγιστη τιμή του σταθμού, ενώ σε γενικό πλαίσιο οι πιο θερμοί μήνες της 4ετίας είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Χαμηλές τιμές θερμοκρασίας, όπως και αναμενόταν, καταγράφηκαν τους χειμερινούς μήνες, με πλέον ψυχρότερο, τον Ιανουάριο, ιδιαίτερα του 2017, όπου τα χιόνια κάλυψαν ως και το λιμάνι της Καρύστου.

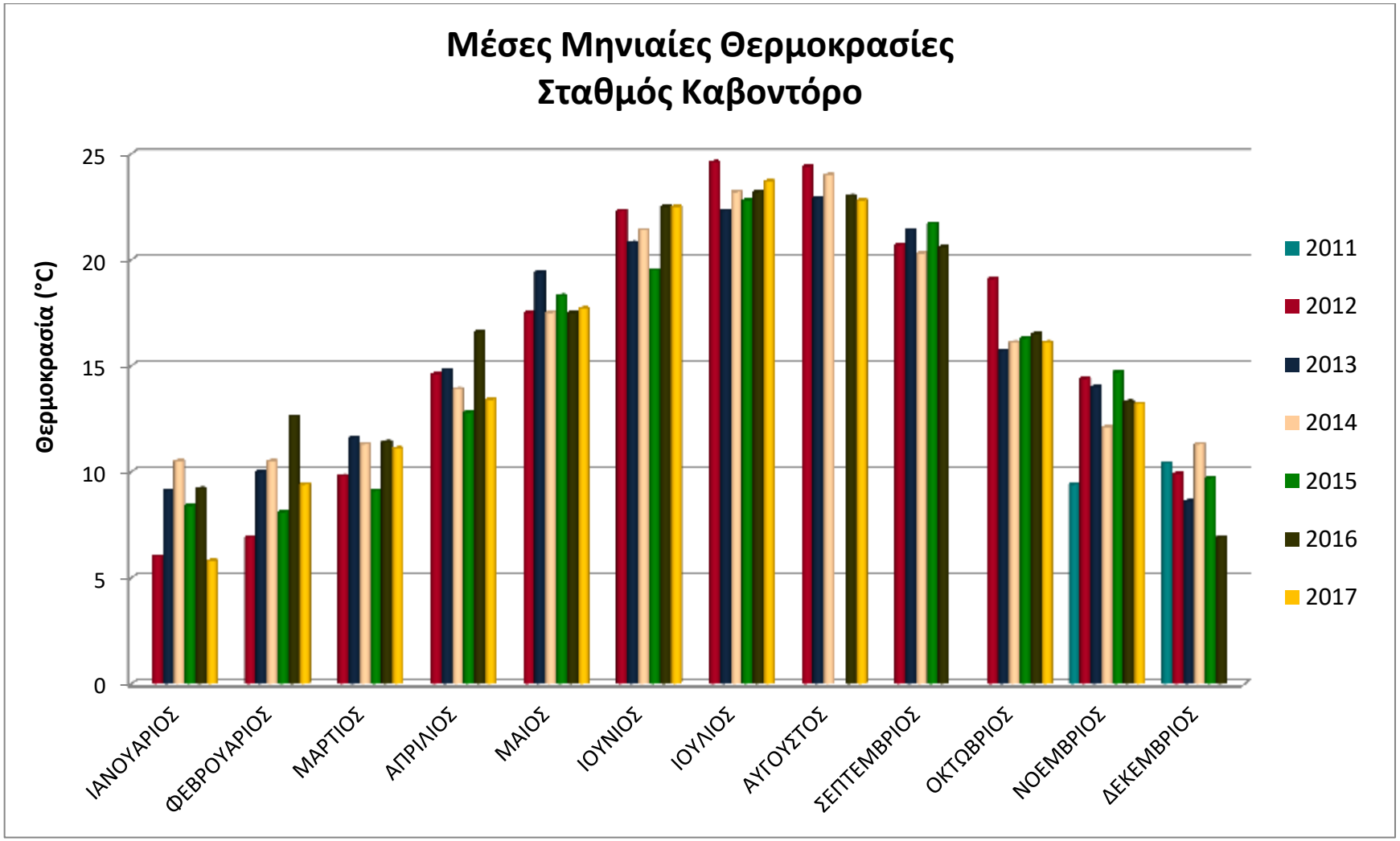


Εικόνα 6.4: Διάγραμμα μηνιαίων θερμοκρασιών για τα έτη 2013 ως 2017 στον σταθμό «Παξιμάδα».

Πίνακας 24. Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον σταθμό «Καβοντόρο»

ΕΤΟΣ/ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΑΧ	ΜΙΝ
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.4	10.4	19.8	-	-	-
2012	6.0	6.9	9.8	14.6	17.5	22.3	24.6	24.4	20.7	19.1	14.4	9.9	190.2	15.9	24.6	6.0
2013	9.1	10	11.6	14.8	19.4	20.8	22.3	22.9	21.4	15.7	14.0	8.6	190.6	15.9	22.9	8.6
2014	10.5	10.5	11.3	13.9	17.5	21.4	23.2	24.0	20.3	16.1	12.1	11.3	192.1	16.0	24.0	10.5
2015	8.4	8.1	9.1	12.8	18.3	19.5	22.8	-	21.7	16.3	14.7	9.7	-	-	-	-
2016	9.2	12.6	11.4	16.6	17.5	22.5	23.2	23.0	20.6	16.5	13.3	6.9	193.3	16.1	23.2	6.9
2017	5.8	9.4	11.1	13.4	17.7	22.5	23.7	22.8	-	16.1	13.2	-	-	-	-	-
ΣΥΝΟΛΟ	49.0	57.5	64.3	86.1	107.9	129.0	139.8	-	-	99.8	91.1	-				
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	8.2	9.6	10.7	14.4	18.0	21.5	23.3	-	-	16.6	13.0	-				
ΜΑΧ	10.5	12.6	11.6	16.6	19.4	22.5	24.6	-	-	19.1	14.7	-				
ΜΙΝ	5.8	6.9	9.1	12.8	17.5	19.5	22.3	-	-	15.7	9.4	-				

Οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας καταγράφηκαν τους θερινούς μήνες, χωρίς η μέση ετήσια τιμή να ξεπερνά τους 25°C, με θερμότερο μήνα τον Ιούλιο του 2012 (24.6°C), ενώ χαμηλές τιμές είχαμε τον Ιανουάριο του 2017 (5.8°C). Οι εποχιακές διακυμάνσεις είναι εμφανείς στον Πίνακα 24, με τον Μάϊο και τον Οκτώβριο, να αποτελούν τους μήνες σταδιακής αύξησης και μείωσης της θερμοκρασίας αντίστοιχα.

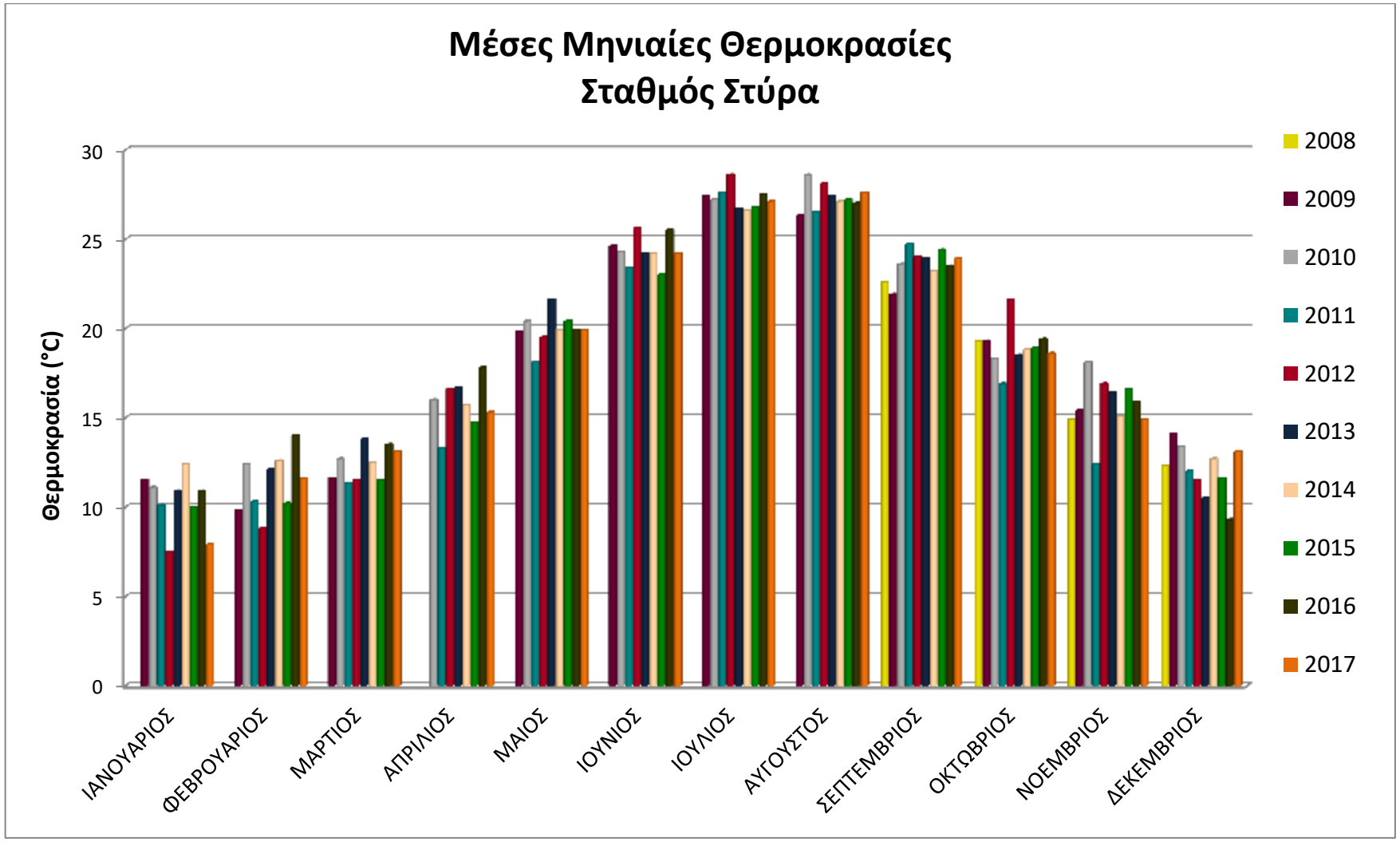


Εικόνα 6.5: Διάγραμμα μηνιαίων θερμοκρασιών για τα έτη 2011 ως 2017 στον σταθμό «Καβοντόρο».

Πίνακας 25. Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον σταθμό «Στύρα»

ΕΤΟΣ/ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΑΧ	ΜΙΝ
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	22.6	19.3	14.9	12.3	-	-	-	-
2009	11.5	9.8	11.6	-	19.8	24.6	27.4	26.3	21.9	19.3	15.4	14.1	-	-	-	-
2010	11.1	12.4	12.7	16.0	20.4	24.3	27.2	28.6	23.6	18.3	18.1	13.4	226.1	18.84	28.6	11.1
2011	10.1	10.3	11.3	13.3	18.1	23.4	27.6	26.5	24.7	16.9	12.4	12.0	206.6	17.22	27.6	10.1
2012	7.5	8.8	11.5	16.6	19.5	25.6	28.6	28.1	24.0	21.6	16.9	11.5	220.2	18.35	28.6	7.5
2013	10.9	12.1	13.8	16.7	21.6	24.2	26.7	27.4	23.9	18.5	16.4	10.5	222.7	18.56	27.4	10.5
2014	12.4	12.6	12.5	15.7	19.9	24.2	26.6	27.1	23.2	18.8	15.1	12.7	220.8	18.40	27.1	12.4
2015	10.0	10.2	11.5	14.7	20.4	23.0	26.8	27.2	24.4	18.9	16.6	11.6	215.3	17.94	27.2	10.0
2016	10.9	14.0	13.5	17.8	19.9	25.5	27.5	27.0	23.5	19.4	15.9	9.3	224.2	18.68	27.5	9.3
2017	7.9	11.6	13.1	15.3	19.9	24.2	27.1	27.6	23.9	18.6	14.9	13.1	217.2	18.10	27.6	7.9
ΣΥΝΟΛΟ	92.3	101.8	111.5	-	179.5	219.0	245.5	245.8	235.7	189.6	156.6	120.5				
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	10.26	11.31	12.39	-	19.94	24.33	27.28	27.31	23.57	18.96	15.66	12.05				
ΜΑΧ	12.4	14.0	13.8	-	21.6	25.6	28.6	28.6	24.7	21.6	18.1	14.1				
ΜΙΝ	7.5	8.8	11.3	-	18.1	23.0	26.6	26.3	21.9	16.9	12.4	9.3				

Όπως παρατηρούμε και στον Πίνακα 25, οι θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με θερμοκρασία 28.6°C (2012 και 2010 αντίστοιχα), ενώ ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος του 2012 με θερμοκρασία 7.5°C. Στον συγκεκριμένο σταθμό, ο Μάιος και ο Οκτώβριος, όπως και στους άλλους δύο, χαρακτηρίζουν την μετάβαση σε θερινή και χειμερινή περίοδο, αντίστοιχα.



Εικόνα 6.6: Διάγραμμα μηνιαίων θερμοκρασιών για τα έτη 2008 ως 2017 στον σταθμό «Στύρα».

6.2.2. Βροχόπτωση σε mm

Πίνακας 26. Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης για τον σταθμό «Παξιμάδα»

ΕΤΟΣ/ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΑΧ	ΜΙΝ
2013	-	-	-	-	15.8	28.8	0.0	0.0	0.0	28.2	83.4	45.4	-	-	-	-
2014	29.0	5.4	24.8	55.0	0.6	3.0	15.0	0.0	23.8	14.2	82.2	98.6	351.6	29.30	98.6	0.0
2015	49.8	42.8	87.6	19.8	6.2	1.8	0.0	0.0	90.2	93.8	14.2	0.6	406.8	36.98	93.8	0.0
2016	71.2	24.0	59.4	0.2	6.2	3.2	0.0	0.0	22.8	31.4	95.0	173.8	487.2	40.60	173.8	0.0
2017	188.6	28.2	44.2	5.2	141.4	0.0	4.4	0.0	0.0	10.6	74.2	64.4	561.2	46.77	188.6	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	338.6	100.4	216.0	80.2	154.4	8.0	19.4	0.0	136.8	150.0	265.6	337.4	1806.8			
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	84.65	25.10	54.00	20.05	30.88	1.60	3.88	0.0	27.36	30.00	53.12	67.48	398.12			
ΜΑΧ	188.6	42.8	87.6	55.0	141.4	3.2	15.0	0.0	90.2	93.8	95.0	173.8				
ΜΙΝ	29.0	5.4	24.8	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	14.2	0.6				

Για τα έτη 2014 και 2016, το μέγιστο ύψος βροχής καταγράφηκε τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο, ενώ το 2017 τον Ιανουάριο. Αξιοσημείωτο είναι, πως το 2015, το μεγαλύτερο ύψος βροχής παρουσιάστηκε αρχές της άνοιξης (Μάρτιο) και το φθινόπωρο (Σεπτέμβριο και Οκτώβριο). Ο Αύγουστος είναι ο μήνας, όπου για τον σταθμό «Παξιμάδα» δεν έχουμε καθόλου βροχόπτωση. Για την διάρκεια 2013 - 2017, το πιο βροχερό έτος είναι το 2017 με 561.2mm νερού.

Πίνακας 27. Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης για τον σταθμό «Καβοντόρο»

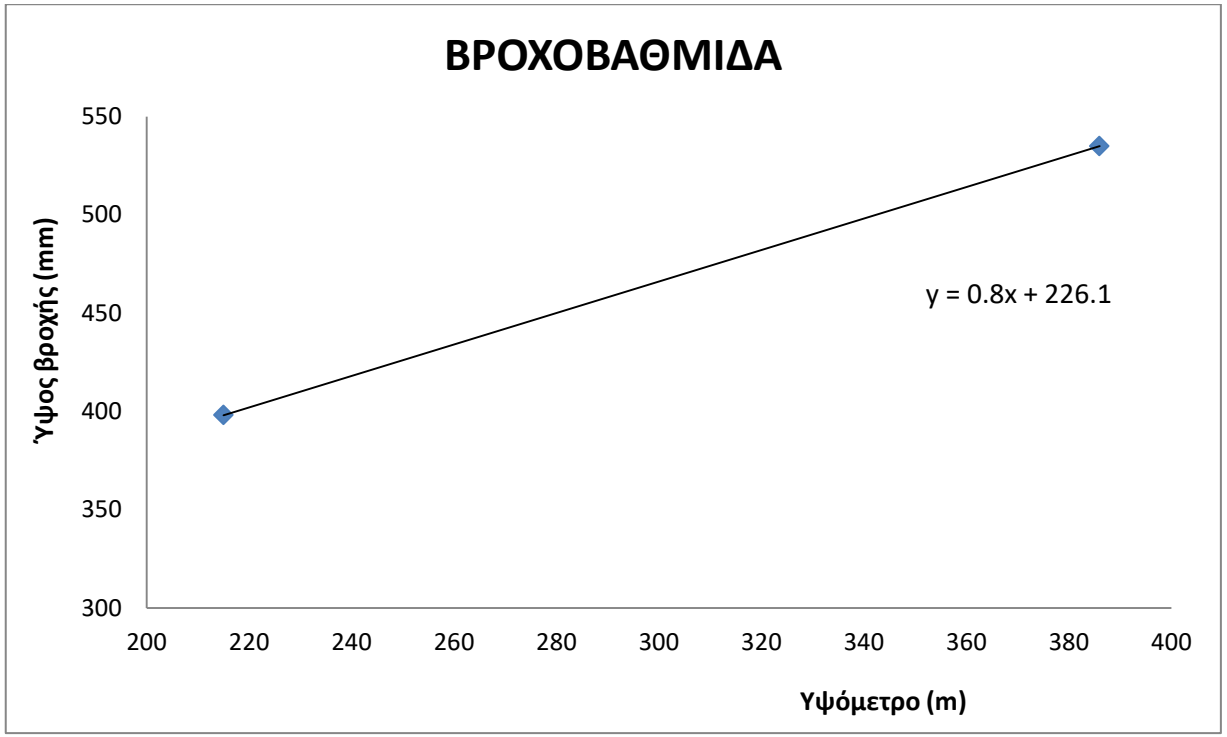
ΕΤΟΣ/ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΑΧ	ΜΙΝ
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	76.6	-	-	-	-
2012	40.4	104.6	25.4	86.6	18.8	0.2	0.0	2.6	8.4	6.2	40.0	135.2	468.4	39.03	135.2	0.0
2013	76.8	100.4	51.4	8.6	17.8	5.8	0.0	0.2	2.0	29.2	112.8	68.2	473.2	39.43	112.8	0.0
2014	68.6	17.4	65.6	50.6	3.6	8.4	12.0	0.0	23.8	37.2	17.0	158.0	462.2	38.52	158.0	0.0
2015	57.2	91.8	142.5	14.6	7.4	17.0	0.0	0.0	106.2	275.0	25.8	1.4	738.9	67.17	275.0	0.0
2016	50.2	29.0	64.0	0.0	8.8	1.6	0.2	0.0	15.8	5.6	90.2	77.3	342.7	28.56	90.2	0.0
2017	138.4	94.4	70.4	2.2	25.6	9.2	5.8	0.0	0.0	48.8	57.0	272.0	723.8	72.38	272.0	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	431.6	437.6	419.3	162.6	82.0	42.2	18.0	2.8	156.2	402.0	342.8	712.1	3209.2			
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	71.93	72.93	69.88	27.1	13.67	7.03	3.00	0.47	26.03	67.00	57.13	118.7	534.9			
ΜΑΧ	138.4	104.6	142.5	86.6	25.6	17.0	12.0	2.6	106.2	275.0	112.8	272.0				
ΜΙΝ	40.4	17.4	25.4	0.0	3.6	0.2	0.0	0.0	0.0	5.6	17.0	1.4				

Για τον σταθμό «Καβοντόρο» το πιο βροχερό έτος είναι το 2015, με μέγιστο ύψος βροχής 275.0mm τον μήνα Οκτώβριο και ακολουθεί ο Μάρτιος με 142.5mm. Υψηλές τιμές ύψους βροχής (>100.0mm) είχαμε τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Φεβρουάριο, ενώ δεν έλειψαν και λίγες βροχές τους καλοκαιρινούς μήνες.

Πίνακας 28. Μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης για τον σταθμό «Στύρα»

ΕΤΟΣ/ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΑΧ	ΜΙΝ
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	18.0	0.2	33.8	85.2	-	-	-	-
2009	85.6	87.0	71.8	0.0	2.4	0.2	5.4	0.0	98.8	62	36.8	157.0	607.0	55.18	157.0	0.0
2010	108.2	55.4	24.4	2.4	20.0	15.8	9.4	0.0	11.2	92.4	35.0	76.6	450.8	37.57	108.2	0.0
2011	103.0	317.0	68.4	83.4	52.4	6.8	0.0	0.8	3.2	60.8	9.4	94.6	799.8	66.65	317.0	0.0
2012	42.0	133.4	47.2	95.2	100.6	0.0	0.0	0.0	0.0	65.8	97.2	273.4	854.8	71.23	273.4	0.0
2013	143.0	169.5	46.8	6.4	27.2	8.6	0.0	0.0	1.0	36.8	134.6	102.0	675.9	56.33	169.5	0.0
2014	111.8	17.0	131.2	62.8	3.6	12.6	11.6	3.6	26.0	61.2	144.8	301.4	887.6	73.97	301.4	3.6
2015	150.8	120.2	120.0	48.0	17.2	12.2	0.2	0.2	138.0	221.6	26.8	34.8	890.0	74.17	221.6	0.2
2016	81.6	67.4	137.8	0.0	13.4	2.8	0.0	0.0	5.4	22.0	112.8	82.6	525.8	43.82	137.8	0.0
2017	166.6	18.8	100.6	21.4	149.6	15.2	21.6	0.0	3.2	37.2	121.4	100.8	756.4	63.03	166.6	0.0
ΣΥΝΟΛΟ	992.6	985.7	748.2	319.6	386.4	74.2	48.2	4.6	286.8	659.8	718.8	1223.0	6448.1			
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	110.3	109.5	83.13	35.51	42.93	8.24	5.36	0.51	31.87	73.31	79.87	135.9	716.46			
ΜΑΧ	166.6	317.0	137.8	95.2	149.6	15.8	21.6	3.6	138	221.6	144.8	301.4				
ΜΙΝ	42.0	17.0	24.4	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	9.4	34.8				

Στον συγκεκριμένο σταθμό, το έτος που παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ύψους βροχής είναι το 2015, ωστόσο η μέγιστη τιμή καταγράφηκε το Δεκέμβριο του 2014 (301.4mm). Ο Δεκέμβριος είναι ο πιο βροχερός μήνας για τη διάρκεια 2009 – 2017 και ακολουθεί ο Ιανουάριος.



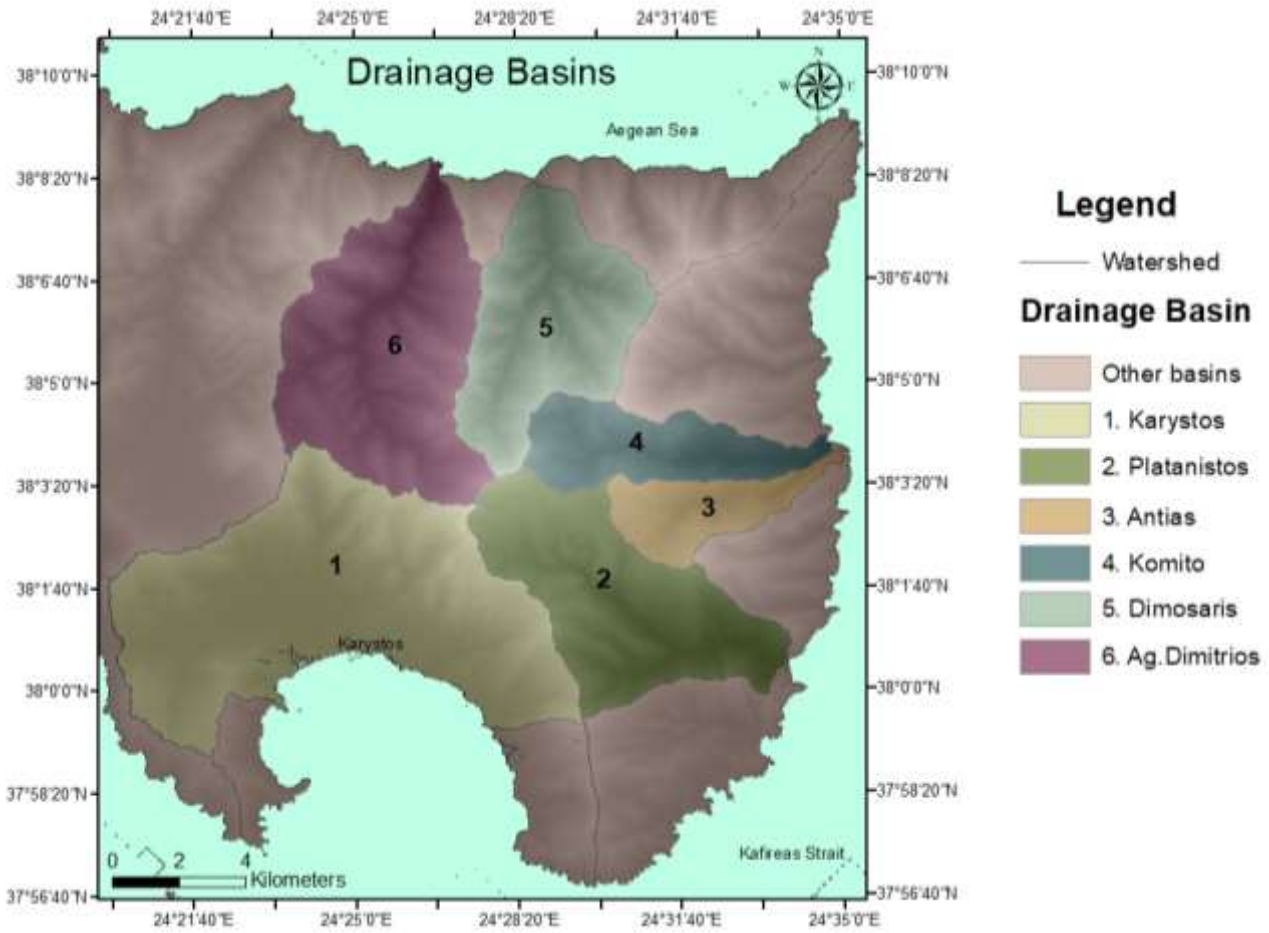
Εικόνα 6.7: Διάγραμμα Βροχοβαθμίδας.

Στο διάγραμμα μεταβολής του ύψους βροχής ανά μονάδα μεταβολής του υψόμετρου (Εικ.6.7) χρησιμοποιήθηκαν οι δύο σταθμοί «Παξιμάδα» και «Καβοντόρο». Ο λόγος, που δεν συμπεριελήφθη ο σταθμός «Στύρα», αν και φέρει πιο μεγάλη διάρκεια καταγραφών, είναι οι υψηλές τιμές βροχόπτωσης, που υπολογίστηκαν και οι οποίες μεταβάλλουν την γραμμικότητα του γραφήματος. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αναμένεται να αυξάνονται ανάλογα με το υψόμετρο, γεγονός που δεν υφίσταται με τον σταθμό «Στύρα», που φέρει την μεγαλύτερη τιμή ύψους βροχής, αν και βρίσκεται συγκριτικά με τους άλλους δύο, στο χαμηλότερο υψόμετρο. Η πρώτη σκέψη, ήταν η μη αξιοπιστία των δεδομένων, ωστόσο σε έλεγχο, που έγινε με τον σταθμό «Ζάρακες» της Εύβοιας, ο οποίος βρίσκεται βορειότερα του σταθμού «Στύρα», διαπιστώθηκε, πως οι τιμές ισχύουν και πως, όντως, υπήρξαν έτη με μεγάλο ύψος βροχής. Πιθανότατα, η γεωγραφική θέση παίζει καθοριστικό ρόλο στην «διαταραχή» αυτή και στην ποσότητα των κατακρημνισμάτων, που δέχεται κάθε περιοχή.

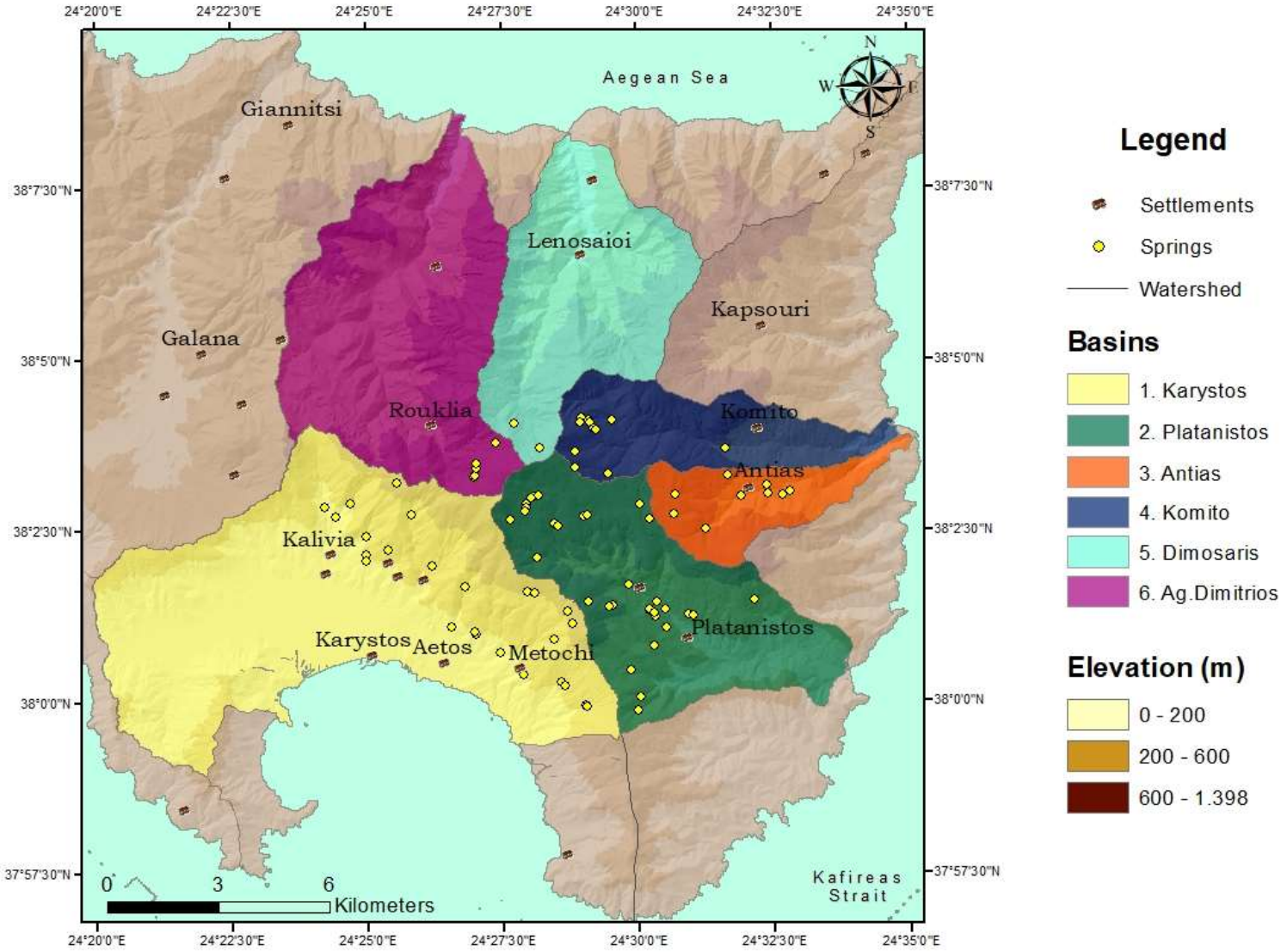
6.2.3. Εκτίμηση Κατείσδυσης

Στη Νότια Εύβοια διαμορφώθηκαν οι υδρολογικές λεκάνες και επιλέχθηκαν έξι (6), που σχετίζονται με την περιοχή μελέτης (Εικ.6.8). Σκοπός είναι η καλύτερη, δυνατή εκτίμηση του όγκου νερού, που δέχονται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και η εκτίμηση του ποσοστού κατείσδυσης σε κάθε λιθολογικό σχηματισμό τους.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση κατά υψομετρικές ζώνες, με την ζώνη Α να αντιστοιχεί από το επίπεδο της θάλασσας, δηλαδή 0m ως τα 200m, τη ζώνη Β από 200m ως 600m και τη ζώνη Γ από 600m ως την κορυφή της Όχης (1.398m).



Εικόνα 6.8: Χάρτης με τις έξι κυριότερες υδρολογικές λεκάνες της Νότιας Εύβοιας: 1. Λεκάνη Καρύστου, 2. Λεκάνη Πλατανιστού, 3. Λεκάνη Αντιάς, 4. Λεκάνη Κομίτου, 5. Λεκάνη Δημοσάρη και 6. Λεκάνη Αγίου Δημητρίου.



Εικόνα 6.9: Ζωνοποίηση των έξι υδρολογικών λεκανών με βάση την ταξινόμηση του υψόμετρου.

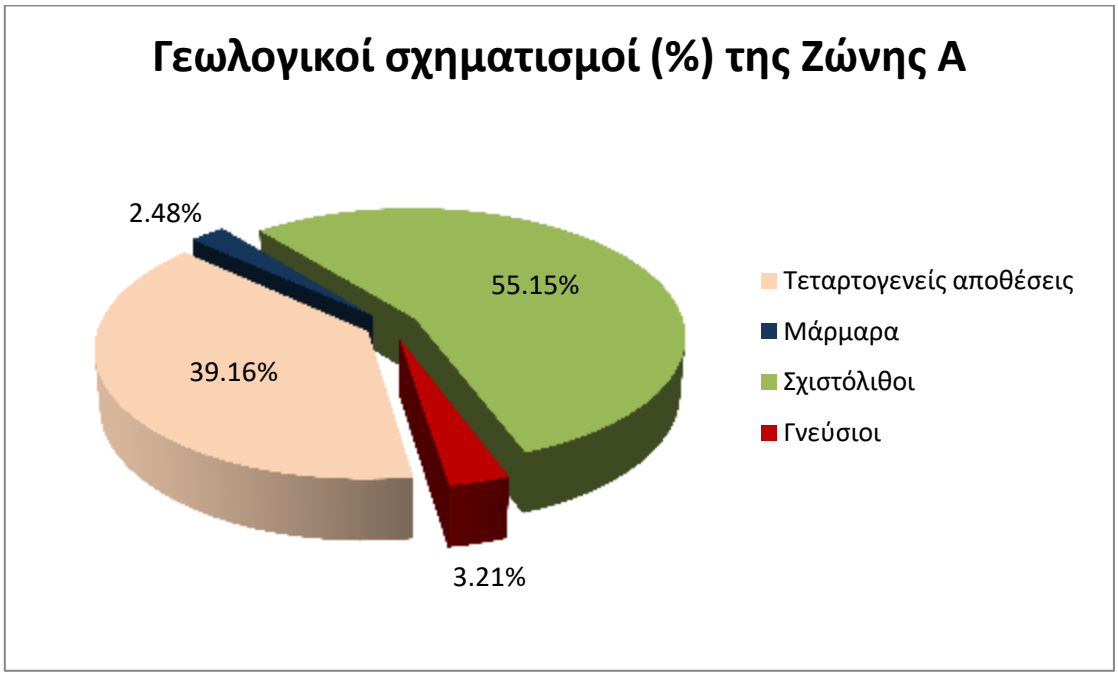
- **Υδρολογική Λεκάνη Καρύστου (Drainage Basin 1)**

Αναπτύσσεται στο νότιο τμήμα της Καρυστίας και καταλαμβάνει επιφάνεια εμβαδού 71.2km^2. Περιλαμβάνει τις υπο-λεκάνες Λάλας , Μύλων, Αετού, Μετοχίου και άλλες μικρότερες. Κατά τη ζωνοποίηση προέκυψε, ότι:

Η Ζώνη Α (Υψόμετρο: 0 - 200m)

Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (16.143km^2), Μάρμαρα του καλύμματος Όχης (0.132km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (0.890km^2), Σχιστόλιθους Όχης (20.222km^2), Σχιστόλιθους Στύρων (0.882km^2), Γνεύσιους Όχης (1.321km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.089km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (1.542km^2).

Πίνακας 29	
Υψόμετρο (m)	**0 - 200**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	16.143
Μάρμαρα	1.022
Σχιστόλιθοι	22.735
Γνεύσιοι	1.321

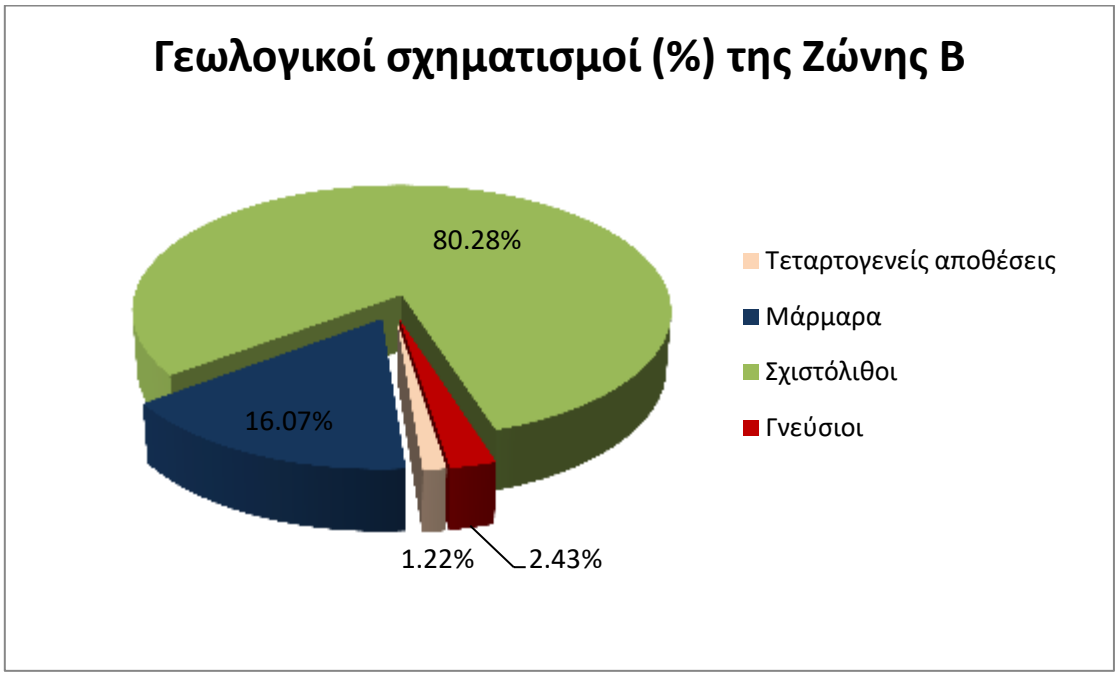


Εικόνα 6.10: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Α της υδρολογικής λεκάνης 1.

Η Ζώνη Β (Υψόμετρο: 200 - 600m)

Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (0.273km^2), Μάρμαρα του καλύμματος Όχης (1.257km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (2.352km^2), Σχιστόλιθους Όχης (13.057km^2), Σχιστόλιθους Στύρων (3.057km^2), Γνεύσιους (0.545km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.595km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (1.313km^2).

Πίνακας 30	
Υψόμετρο (m)	**200 - 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.273
Μάρμαρα	3.609
Σχιστόλιθοι	18.022
Γνεύσιοι	0.545

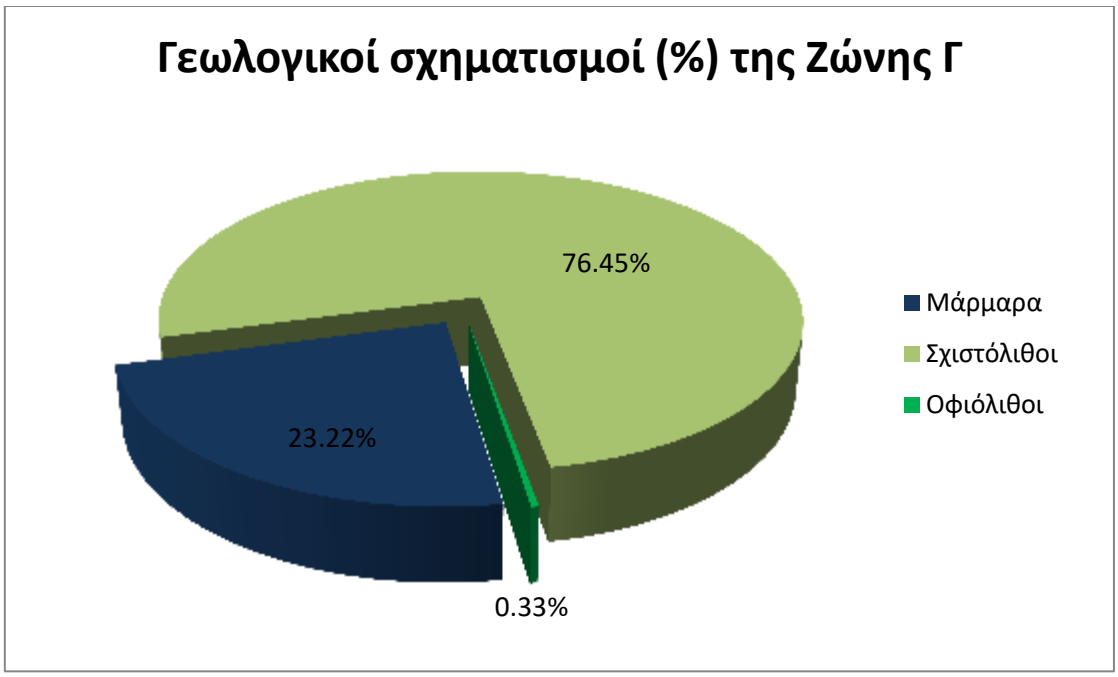


Εικόνα 6.11: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Β της υδρολογικής λεκάνης 1.

Η Ζώνη Γ (Υψόμετρο: > 600m)

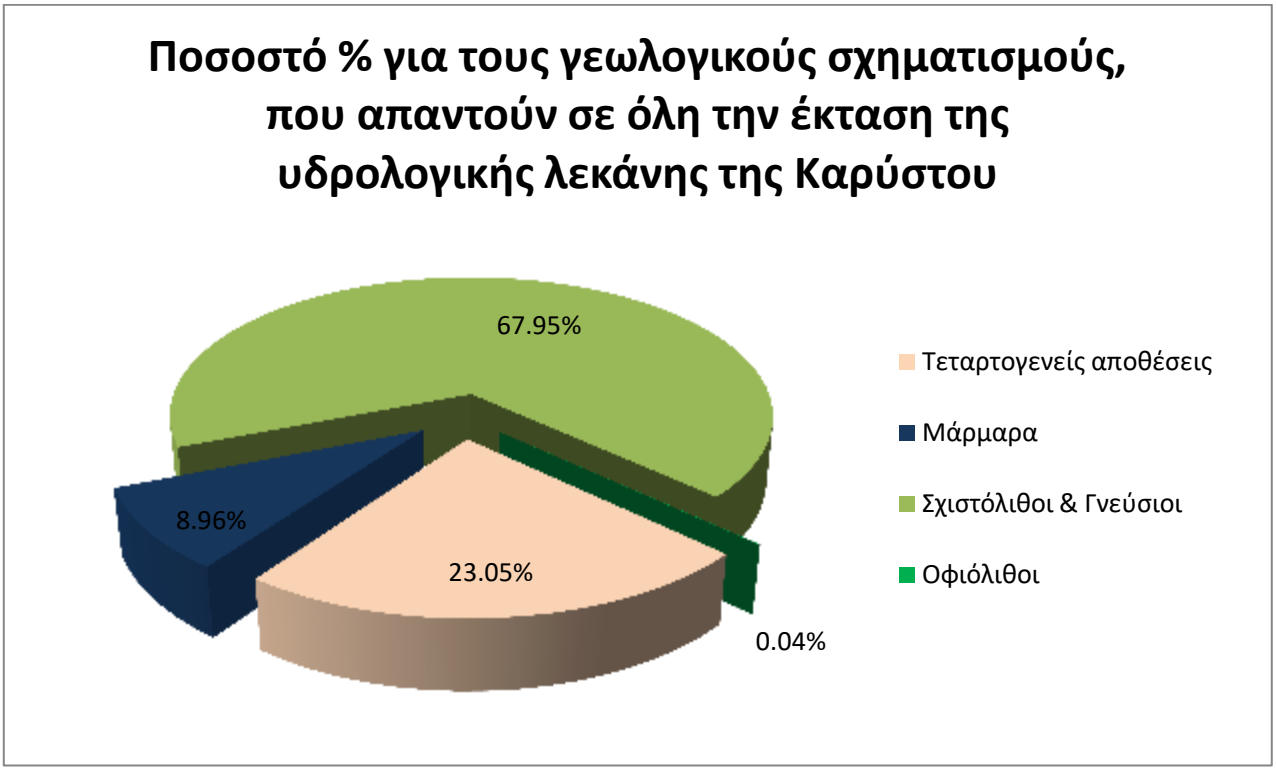
Περιλαμβάνει Μάρμαρα του καλύμματος Όχης (0.632km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (1.118km^2), Σχιστόλιθους Όχης (4.303km^2), Σχιστόλιθους Στύρων (1.114km^2), Οφιόλιθους (0.025km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.036km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (0.309km^2).

Πίνακας 31	
Υψόμετρο (m)	**> 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Μάρμαρα	3.609
Σχιστόλιθοι	18.022
Οφιόλιθοι	0.025



Εικόνα 6.12: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Γ της υδρολογικής λεκάνης 1.

Πίνακας 32			
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Συνολική Έκταση (km^2)**	**Διακύμανση συντελεστή κατείσδυσης με βάση τη λιθολογική σύσταση (κατά Σούλιος, 2006)**	**Επιλογή συνετελεστή κατείσδυσης για την περιοχή μελέτης**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	16.416	**10-20%**	15%
Μάρμαρα	6.381	**25-60%**	45%
Σχιστόλιθοι & Γνεύσιοι	48.385	**3-7%**	6%
Οφιόλιθοι	0.025	**4-8%**	6%
Έκταση περιοχής μελέτης	71.207	**-**	-



Την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν οι σχιστόλιθοι (μοσχοβιτικοί, μαρμαρυγιακοί, χαλαζιακοί, αμφιβολιτικοί) και των δύο καλυμμάτων σε ποσοστό της τάξεως του 67.95%, ενώ τα μάρμαρα και οι σιπολίνες με 8.96%. Ο συντελεστής ενεργής κατείσδυσης των μεταμορφωμένων ασβεστολιθικών πετρωμάτων επιλέχθηκε στο 45%, επειδή πρόκειται για έντονα καρστικοποιημένους σχηματισμούς, ενώ για τους σχιστόλιθους και τους γνεύσιους στο 6% εξαιτίας των δικτύων διαρρήξεων, που έχουν ενεργά επιδράσει στην υδροπερατότητα τους. Ακολουθούν οι Τεταρτογενείς αποθέσεις (προσχώσεις, κώνοι κορημάτων) σε ποσοστό 23.05% και με συντελεστή 15% και τέλος, οι οφιόλιθοι που καλύπτουν μικρή έκταση (0.04% επί του συνόλου) με επιλογή συντελεστή στο 6%.

Πίνακας 33. Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται κάθε γεωλογικός σχηματισμός σε σχέση με την έκταση, που καταλαμβάνει και το ύψος βροχόπτωσης, που δέχεται.

	Γεωλογικός σχηματισμός	**Εμβαδόν (km^2)**	**Ύψος βροχόπτωσης (mm)***	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**
ΖΩΝΗ Α (0-200m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	16.143	308	$4972.044*10^3$
	Μάρμαρα	1.022	308	$314.776*10^3$
	Σχιστόλιθοι & Γνεύσιοι	24.056	308	$7409.248*10^3$
ΖΩΝΗ Β (200-600m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.273	562	$153.426*10^3$
	Μάρμαρα	3.609	562	$2028.258*10^3$
	Σχιστόλιθοι & Γνεύσιοι	18.567	562	$10434.654*10^3$
ΖΩΝΗ Γ (600-1.398m)	Μάρμαρα	1.750	898	$1571.500*10^3$
	Σχιστόλιθοι	5.762	898	$5174.276*10^3$
	Οφιόλιθοι	0.025	898	$22.450*10^3$

*Το ύψος βροχόπτωσης προέκυψε από το διάγραμμα της βροχοβαθμίδας (Εικ.6.7).

Πίνακας 34. Υπολογισμός κατ'εκτίμηση του όγκου νερού που κατεισδύει στους αντίστοιχους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Γεωλογικοί σχηματισμοί	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**	**Συντελεστής κατείσδυσης που επιλέχθηκε για κάθε λιθολογικό σχηματισμό**	**Όγκος νερού που κατεισδύει μέσω κάθε γεωλογικού σχηματισμού ανάλογα με τον συντελεστή κατείσδυσης του (m^3)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	$5125.470*10^3$	15%	$768.821*10^3$
Μάρμαρα	$3914.534*10^3$	45%	$1761.540*10^3$
Σχιστόλιθοι	$23018.178*10^3$	6%	$1381.091*10^3$
Οφιόλιθοι	$22.45*10^3$	6%	$1.347*10^3$

Όπως παρατηρούμε και στον Πίνακα 34, τα μάρμαρα ως καρστικά μέσα επιτρέπουν μεγαλύτερο όγκο νερού να κατεισδύσει σε βαθύτερους ορίζοντες. Ωστόσο, και οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί, αν και καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη έκταση, φέρουν σημαντικό όγκο νερού μέσα από την μάζα τους εξαιτίας των δικτύων διακλάσεων, που τους χαρακτηρίζει και διαμορφώνουν ένα δευτερογενές πορώδες.

Από τον συνολικό όγκο νερού, που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού για την υδρολογική λεκάνη της Καρύστου ($32080.632*10^3m^3$), κατεισδύουν $3912.798*10^3m^3$, δηλαδή το 12.20%.

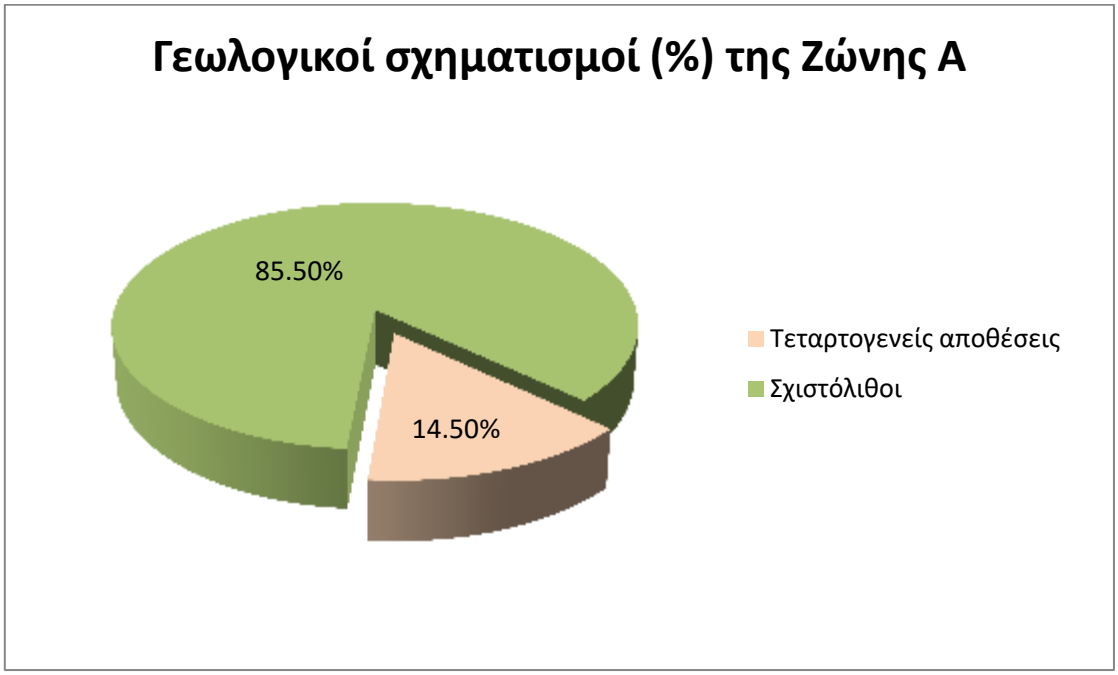
- **<u>Υδρολογική Λεκάνη Πλατανιστού (Drainage Basin 2)</u>**

Καταλαμβάνει επιφάνεια εμβαδού 35km^2. Κατά τη ζωνοποίηση προέκυψε, ότι:

Η Ζώνη Α (Υψόμετρο: 0 - 200m)

Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (0.935km^2), Σχιστόλιθους Όχης (5.508km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (0.007km^2).

Πίνακας 35	
Υψόμετρο (m)	**0 - 200**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.935
Σχιστόλιθοι	5.515

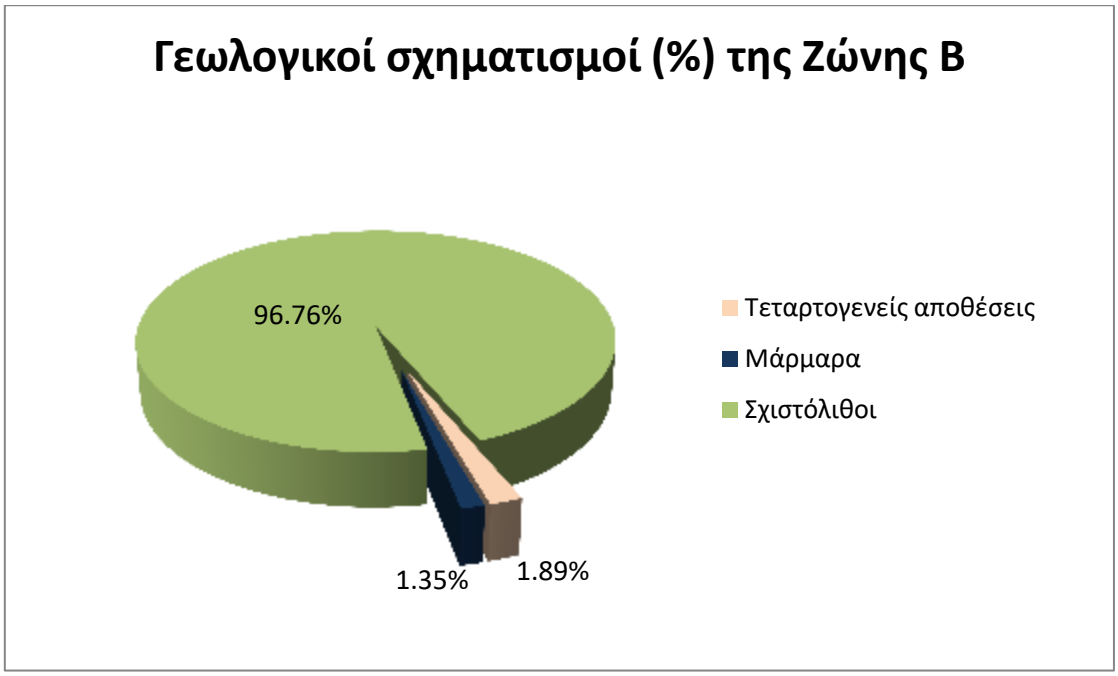


Εικόνα 6.13: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Α της υδρολογικής λεκάνης 2.

Η Ζώνη Β (Υψόμετρο: 200 - 600m)

Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (0.291km^2), Μάρμαρα του καλύμματος Όχης (0.207km^2), Σχιστόλιθους Όχης (13.773km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.275km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (0.808km^2).

Πίνακας 36	
Υψόμετρο (m)	**200 - 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.291
Μάρμαρα	0.207
Σχιστόλιθοι	14.856

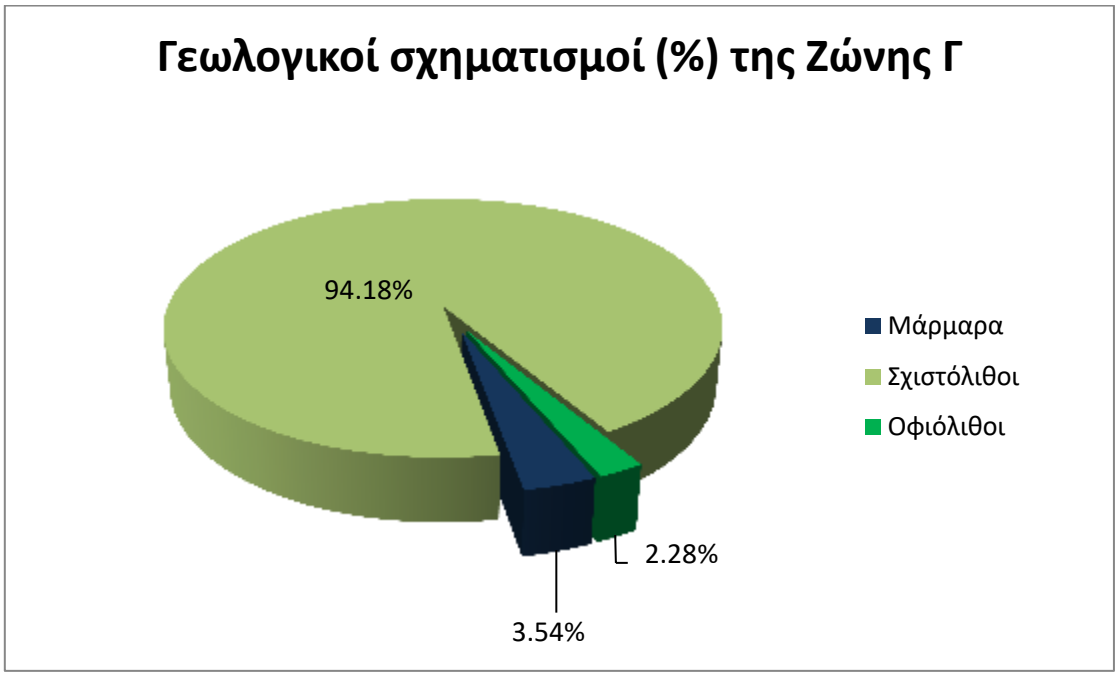


Εικόνα 6.14: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Β της υδρολογικής λεκάνης 2.

Η Ζώνη Γ (Υψόμετρο: > 600m)

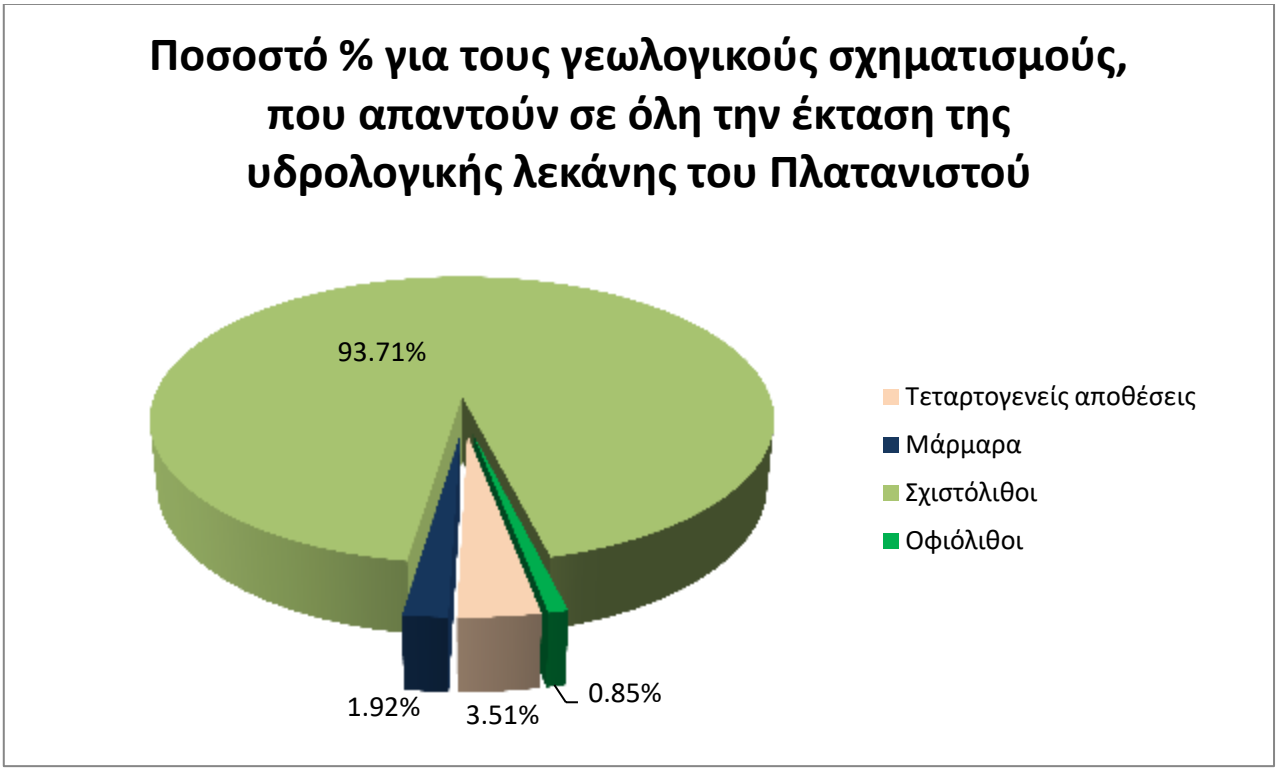
Περιλαμβάνει Μάρμαρα του καλύμματος Όχης (0.464km^2), Σχιστόλιθους Όχης (8.621km^2), Οφιόλιθους (0.298km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.807km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (2.906km^2).

Πίνακας 37	
Υψόμετρο (m)	**> 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Μάρμαρα	0.464
Σχιστόλιθοι	12.334
Οφιόλιθοι	0.298



Εικόνα 6.15: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Γ της υδρολογικής λεκάνης 2.

Πίνακας 38			
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Συνολική Έκταση (km^2)**	**Διακύμανση συντελεστή κατείσδυσης με βάση τη λιθολογική σύσταση (κατά Σούλιος, 2006)**	**Επιλογή συνετελεστή κατείσδυσης για την περιοχή μελέτης**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	1.226	**10-20%**	15%
Μάρμαρα	0.671	**25-60%**	45%
Σχιστόλιθοι	32.705	**3-7%**	6%
Οφιόλιθοι	0.298	**4-8%**	6%
Έκταση περιοχής μελέτης	34.900	-	-



Την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνουν οι σχιστόλιθοι της Όχης σε ποσοστό της τάξεως του 93.71%, ενώ τα μάρμαρα με 1.92%. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις (αλλούβια, κώνοι κορημάτων) φέρουν ποσοστό 3.51% και τέλος, οι οφιόλιθοι που καλύπτουν έκταση 0.85%.

Πίνακας 39. Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται κάθε γεωλογικός σχηματισμός σε σχέση με την έκταση, που καταλαμβάνει και το ύψος βροχόπτωσης, που δέχεται.

	Γεωλογικός σχηματισμός	**Εμβαδόν (km^2)**	**Ύψος βροχόπτωσης (mm)***	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**
ΖΩΝΗ Α (0-200m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.935	308	$287.980*10^3$
	Σχιστόλιθοι	5.515	308	$1698.620*10^3$
ΖΩΝΗ Β (200-600m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.291	562	$163.542*10^3$
	Μάρμαρα	0.207	562	$116.334*10^3$
	Σχιστόλιθοι	14.856	562	$8349.072*10^3$
ΖΩΝΗ Γ (600-1.398m)	Μάρμαρα	0.464	898	$416.672*10^3$
	Σχιστόλιθοι	12.334	898	$11075.932*10^3$
	Οφιόλιθοι	0.298	898	$267.604*10^3$

*Το ύψος βροχόπτωσης προέκυψε από το διάγραμμα της βροχοβαθμίδας (Εικ.6.7).

Πίνακας 40. Υπολογισμός κατ'εκτίμηση του όγκου νερού που κατεισδύει στους αντίστοιχους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Γεωλογικοί σχηματισμοί	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**	**Συντελεστής κατείσδυσης που επιλέχθηκε για κάθε λιθολογικό σχηματισμό**	**Όγκος νερού που κατεισδύει μέσω κάθε γεωλογικού σχηματισμού ανάλογα με τον συντελεστή κατείσδυσης του (m^3)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	$451.314*10^3$	15%	$67.697*10^3$
Μάρμαρα	$533.006*10^3$	45%	$239.853*10^3$
Σχιστόλιθοι	$21123.624*10^3$	6%	$1267.417*10^3$
Οφιόλιθοι	$267.604*10^3$	6%	$16.056*10^3$

Η μεγαλύτερη κατείσδυση στην λεκάνη του Πλατανιστού πραγματοποιείται μέσα από την σχιστολιθική μάζα.

Από τον συνολικό όγκο νερού, που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού για την υδρολογική λεκάνη του Πλατανιστού ($22375.548*10^3 m^3$), κατεισδύουν $1591.023*10^3 m^3$, δηλαδή το 7.11%.

- **<u>Υδρολογική Λεκάνη Αντιάς (Drainage Basin 3)</u>**

Αναπτύσσεται στο ανατολικό τμήμα της Καρυστίας και καταλαμβάνει επιφάνεια εμβαδού 10.9km^2. Κατά τη ζωνοποίηση προέκυψε, ότι:

Η Ζώνη Α (Υψόμετρο: 0 - 200m)

Περιλαμβάνει Σχιστόλιθους (1.682km^2) και Χαλαζιακούς σχιστόλιθους Όχης (0.010km^2).

Πίνακας 41	
Υψόμετρο (m)	**0 - 200**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Σχιστόλιθοι	1.692

Εικόνα 6.16: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Α της υδρολογικής λεκάνης 3.

Η Ζώνη Β (Υψόμετρο: 200 - 600m)

Περιλαμβάνει Σχιστόλιθους (4.515km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.444km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (0.184km^2).

Πίνακας 42	
Υψόμετρο (m)	**200 - 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Σχιστόλιθοι	5.143

Εικόνα 6.17: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Β της υδρολογικής λεκάνης 3.

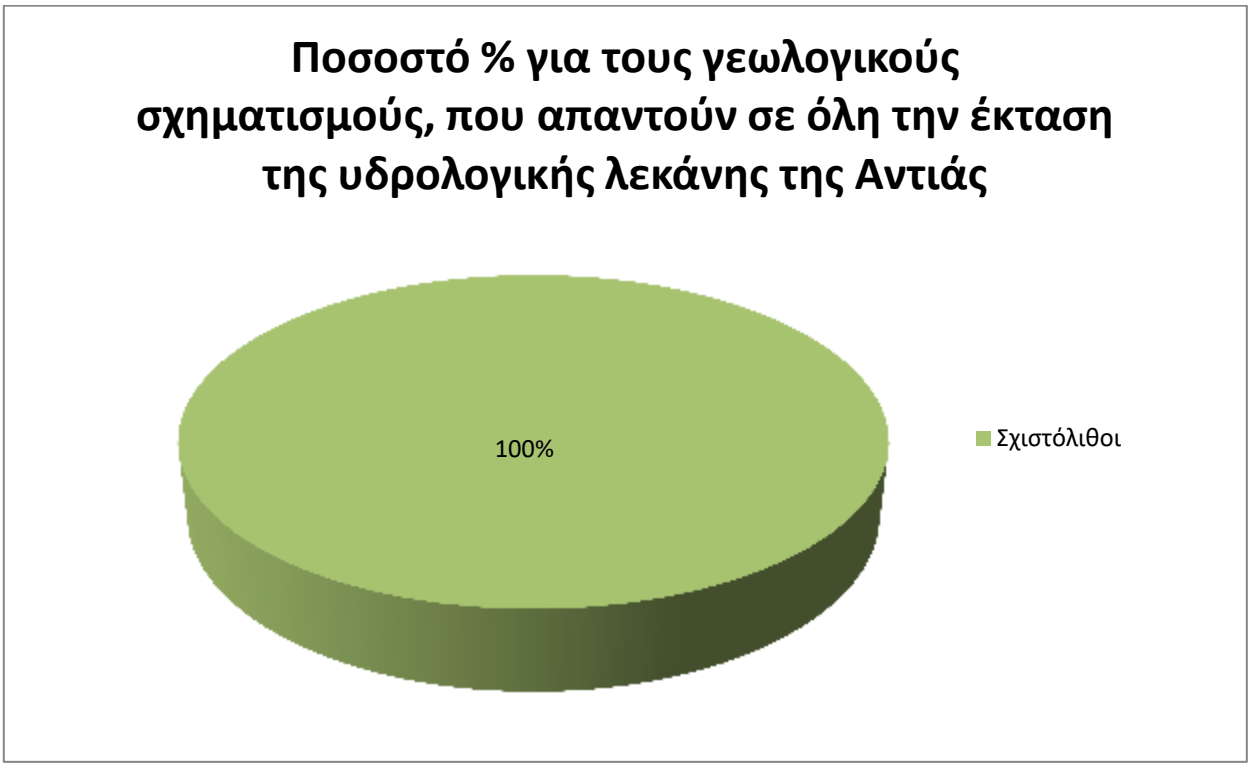
Η Ζώνη Γ (Υψόμετρο: > 600m)

Περιλαμβάνει Σχιστόλιθους (3.846km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.115km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (0.106km^2).

Πίνακας 43	
Υψόμετρο (m)	**> 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Σχιστόλιθοι	4.067

Εικόνα 6.18: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Γ της υδρολογικής λεκάνης 3.

Πίνακας 44			
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Συνολική Έκταση (km^2)**	**Διακύμανση συντελεστή κατείσδυσης με βάση τη λιθολογική σύσταση (κατά Σούλιος, 2006)**	**Επιλογή συνετελεστή κατείσδυσης για την περιοχή μελέτης**
Σχιστόλιθοι	10.902	**3-7%**	6%
Έκταση περιοχής μελέτης	10.902	**-**	-



Πίνακας 45. Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται κάθε γεωλογικός σχηματισμός σε σχέση με την έκταση, που καταλαμβάνει και το ύψος βροχόπτωσης, που δέχεται.

	Γεωλογικός σχηματισμός	**Εμβαδόν (km^2)**	**Ύψος βροχόπτωσης (mm)***	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**
ΖΩΝΗ Α (0-200m)	Σχιστόλιθοι	1.692	308	$521.136*10^3$
ΖΩΝΗ Β (200-600m)	Σχιστόλιθοι	5.143	562	$2890.366*10^3$
ΖΩΝΗ Γ (600-1.398m)	Σχιστόλιθοι	4.067	898	$3652.166*10^3$

*Το ύψος βροχόπτωσης προέκυψε από το διάγραμμα της βροχοβαθμίδας (Εικ.6.7).

Πίνακας 46. Υπολογισμός κατ'εκτίμηση του όγκου νερού που κατεισδύει στους αντίστοιχους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Γεωλογικοί σχηματισμοί	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**	**Συντελεστής κατείσδυσης που επιλέχθηκε για κάθε λιθολογικό σχηματισμό**	**Όγκος νερού που κατεισδύει μέσω κάθε γεωλογικού σχηματισμού ανάλογα με τον συντελεστή κατείσδυσης του (m^3)**
Σχιστόλιθοι	$7063.668*10^3$	6%	$423.820*10^3$

Η λεκάνη της Αντιάς φέρει μικρή έκταση, η οποία καλύπτεται από σχιστόλιθους της Όχης, μέσα από τους οποίους κατεισδύσει $423.82*10^3$ m^3 νερού.

Από τον συνολικό όγκο νερού, που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού για την υδρολογική λεκάνη της Αντιάς ($7063.668*10^3m^3$), κατεισδύουν $423.820*10^3m^3$, δηλαδή το 6.00%.

- **Υδρολογική Λεκάνη Κομίτου (Drainage Basin 4)**

Αναπτύσσεται δίπλα στην υδρολογική λεκάνη της Αντιάς και καταλαμβάνει επιφάνεια εμβαδού 16.2km^2. Κατά τη ζωνοποίηση προέκυψε, ότι:

Η Ζώνη Α (Υψόμετρο: 0 - 200m)

Περιλαμβάνει Σχιστόλιθους (1.074km^2) και Χαλαζιακούς σχιστόλιθους Όχης (0.017km^2).

Πίνακας 47	
Υψόμετρο (m)	**0 - 200**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Σχιστόλιθοι	1.091

Εικόνα 6.19: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Α της υδρολογικής λεκάνης 4.

Η Ζώνη Β (Υψόμετρο: 200 - 600m)

Περιλαμβάνει Σχιστόλιθους (3.22km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.255km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (1.476km^2).

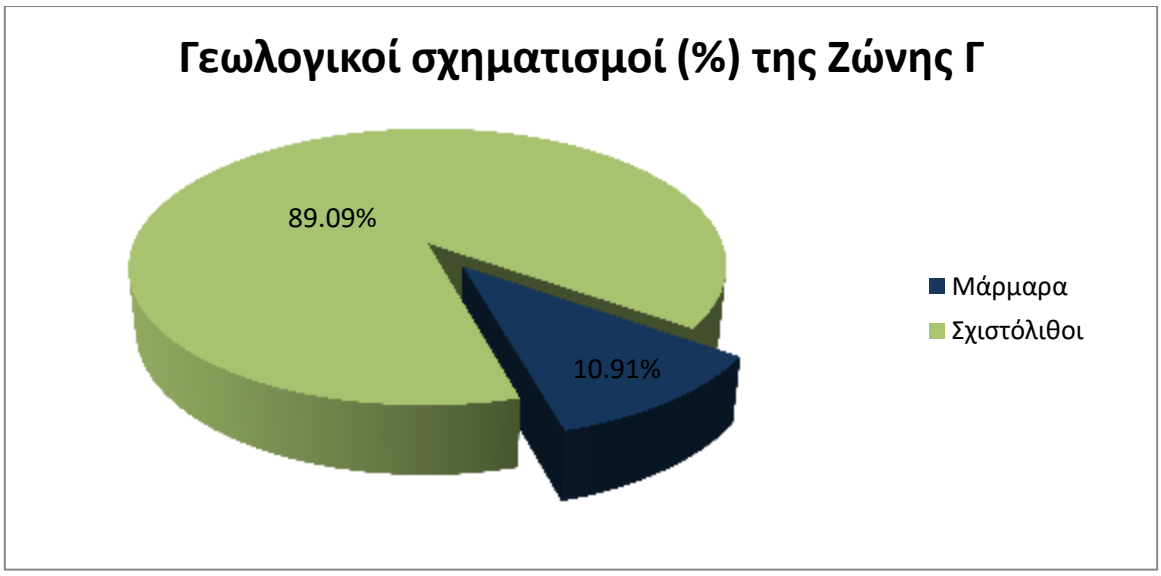
Πίνακας 48	
Υψόμετρο (m)	**200 - 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Σχιστόλιθοι	4.951

Εικόνα 6.20: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Β της υδρολογικής λεκάνης 4.

Η Ζώνη Γ (Υψόμετρο: > 600m)

Περιλαμβάνει Μάρμαρα του καλύμματος Όχης (0.128km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (0.980km^2), Σχιστόλιθους Όχης (4.290km^2), Σχιστόλιθους Στύρων (0.405km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (4.355km^2).

Πίνακας 49	
Υψόμετρο (m)	**> 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Μάρμαρα	1.108
Σχιστόλιθοι	9.050



Εικόνα 6.21: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Γ της υδρολογικής λεκάνης 4.

Πίνακας 50			
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Συνολική Έκταση (km^2)**	**Διακύμανση συντελεστή κατείσδυσης με βάση τη λιθολογική σύσταση (κατά Σούλιος, 2006)**	**Επιλογή συνετελεστή κατείσδυσης για την περιοχή μελέτης**
Μάρμαρα	1.108	**25-60%**	45%
Σχιστόλιθοι	15.092	**3-7%**	6%
Έκταση περιοχής μελέτης	16.200	**-**	-

Πίνακας 51. Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται κάθε γεωλογικός σχηματισμός σε σχέση με την έκταση, που καταλαμβάνει και το ύψος βροχόπτωσης, που δέχεται.

	Γεωλογικός σχηματισμός	**Εμβαδόν (km^2)**	**Ύψος βροχόπτωσης (mm)***	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**
ΖΩΝΗ Α (0-200m)	Σχιστόλιθοι	1.091	308	$336.028*10^3$
ΖΩΝΗ Β (200-600m)	Σχιστόλιθοι	4.951	562	$2782.462*10^3$
ΖΩΝΗ Γ (600-1.398m)	Μάρμαρα	1.108	898	$994.984*10^3$
	Σχιστόλιθοι	9.050	898	$8126.900*10^3$

*Το ύψος βροχόπτωσης προέκυψε από το διάγραμμα της βροχοβαθμίδας (Εικ.6.7).

Πίνακας 52. Υπολογισμός κατ'εκτίμηση του όγκου νερού που κατεισδύει στους αντίστοιχους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Γεωλογικοί σχηματισμοί	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**	**Συντελεστής κατείσδυσης που επιλέχθηκε για κάθε λιθολογικό σχηματισμό**	**Όγκος νερού που κατεισδύει μέσω κάθε γεωλογικού σχηματισμού ανάλογα με τον συντελεστή κατείσδυσης του (m^3)**
Μάρμαρα	$994.984 *10^3$	45%	$447.743*10^3$
Σχιστόλιθοι	$11245.390*10^3$	6%	$674.723*10^3$

Οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί της λεκάνης του Κομίτου με όγκο νερού δεκαπλάσιο σχεδόν από τον αντίστοιχο των μαρμάρων φέρουν, λόγω της μεγαλύτερης έκτασης, που καταλαμβάνουν, μεγαλύτερη τιμή και ως προς τον όγκο κατείσδυσης.

Από τον συνολικό όγκο νερού, που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού για την υδρολογική λεκάνη του Κομίτου ($12240.374*10^3 m^3$), κατεισδύουν $1122.466*10^3 m^3$, δηλαδή το 9.17%.

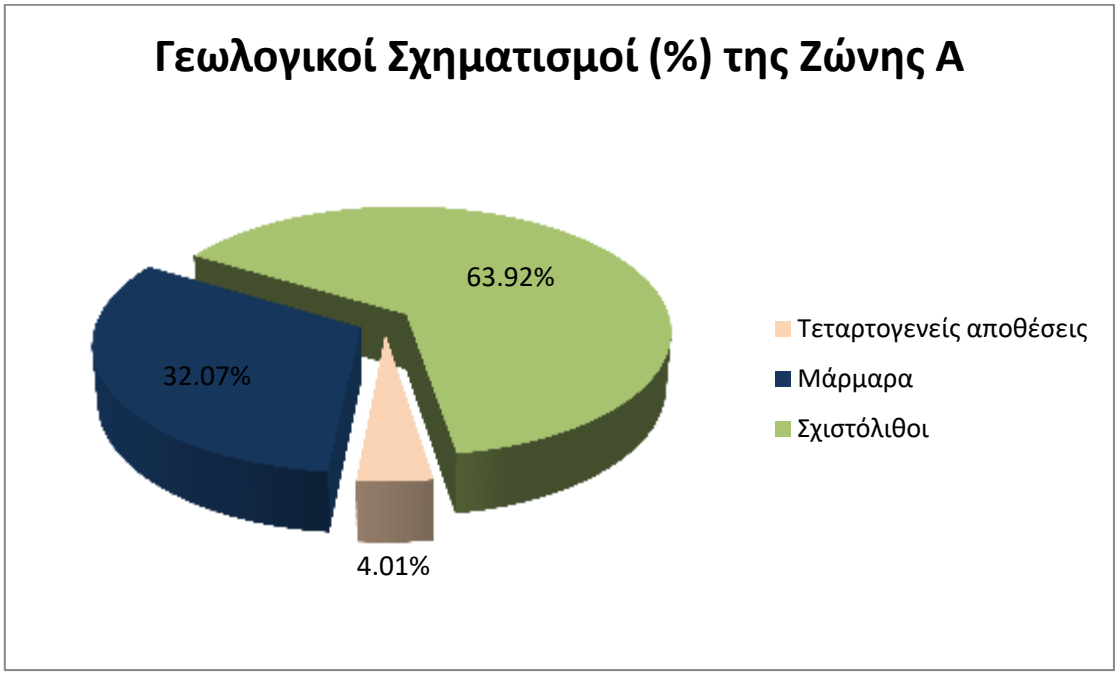
- **Υδρολογική Λεκάνη Δημοσάρη (Drainage Basin 5)**

Αναπτύσσεται στο βόρειο τμήμα της Καρυστίας και καταλαμβάνει επιφάνεια εμβαδού 29.8km^2. Κατά τη ζωνοποίηση προέκυψε, ότι:

Η Ζώνη Α (Υψόμετρο: 0 - 200m)

Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (0.070km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (0.560km^2) και Σχιστόλιθους Στύρων (1.116km^2).

Πίνακας 53	
Υψόμετρο (m)	**0 - 200**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.070
Μάρμαρα	0.560
Σχιστόλιθοι	1.116

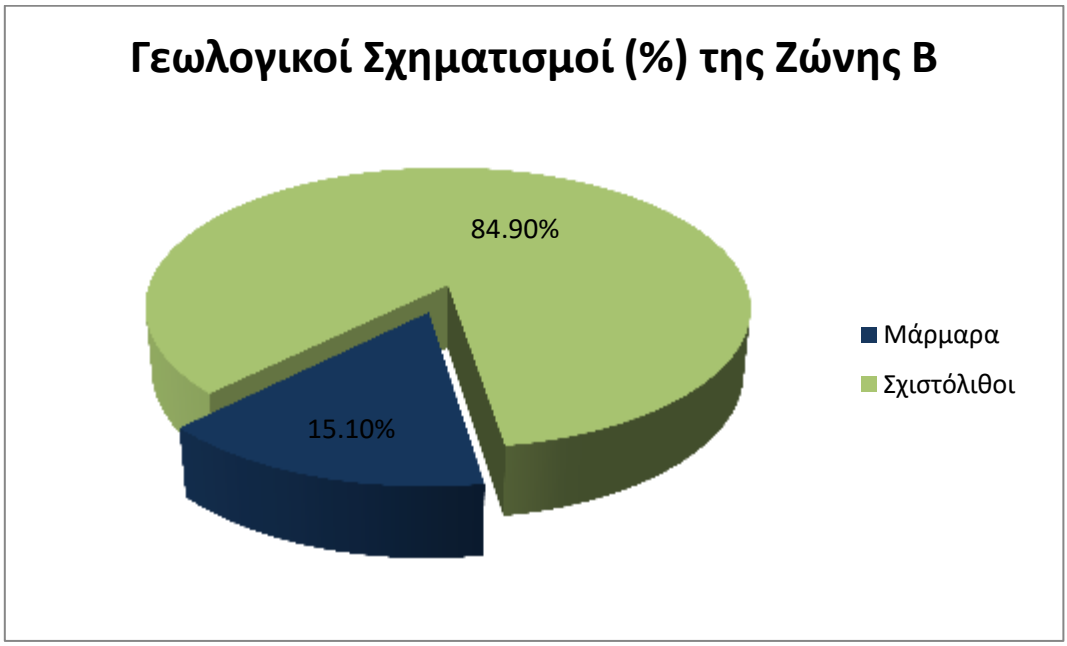


Εικόνα 6.22: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Α της υδρολογικής λεκάνης 5.

Η Ζώνη Β (Υψόμετρο: 200 - 600m)

Περιλαμβάνει Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (1.882km^2), Σχιστόλιθους (10.479km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.085km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Στύρων (0.021km^2).

Πίνακας 54	
Υψόμετρο (m)	**200 - 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Μάρμαρα	1.882
Σχιστόλιθοι	10.585

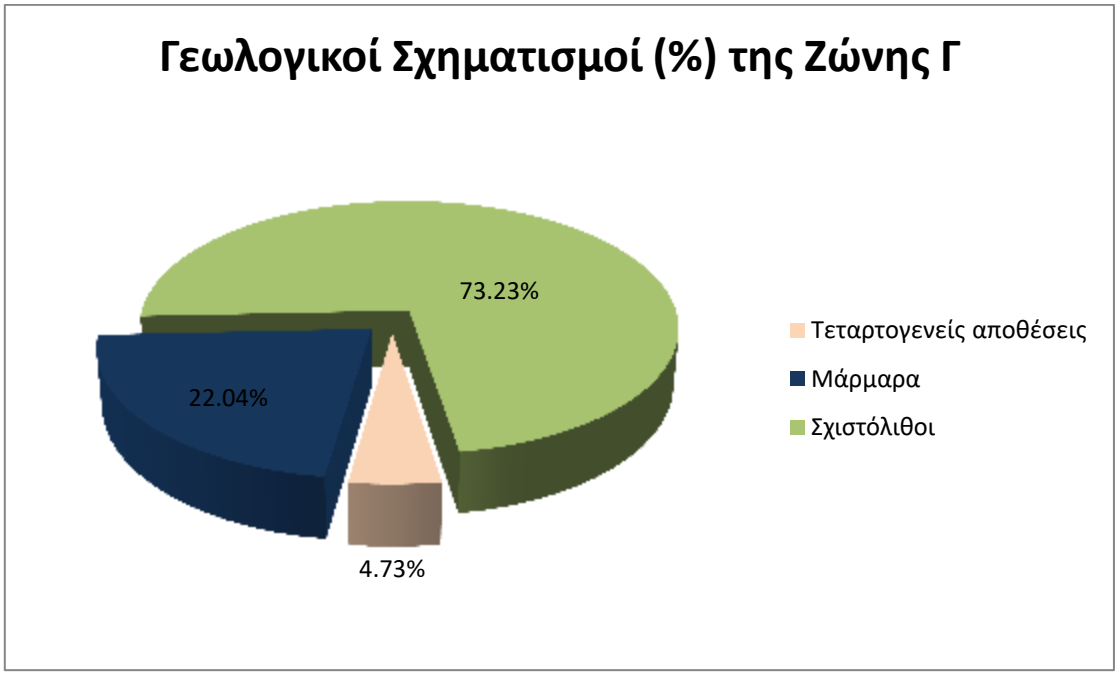


Εικόνα 6.23: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Β της υδρολογικής λεκάνης 5.

Η Ζώνη Γ (Υψόμετρο: > 600m)

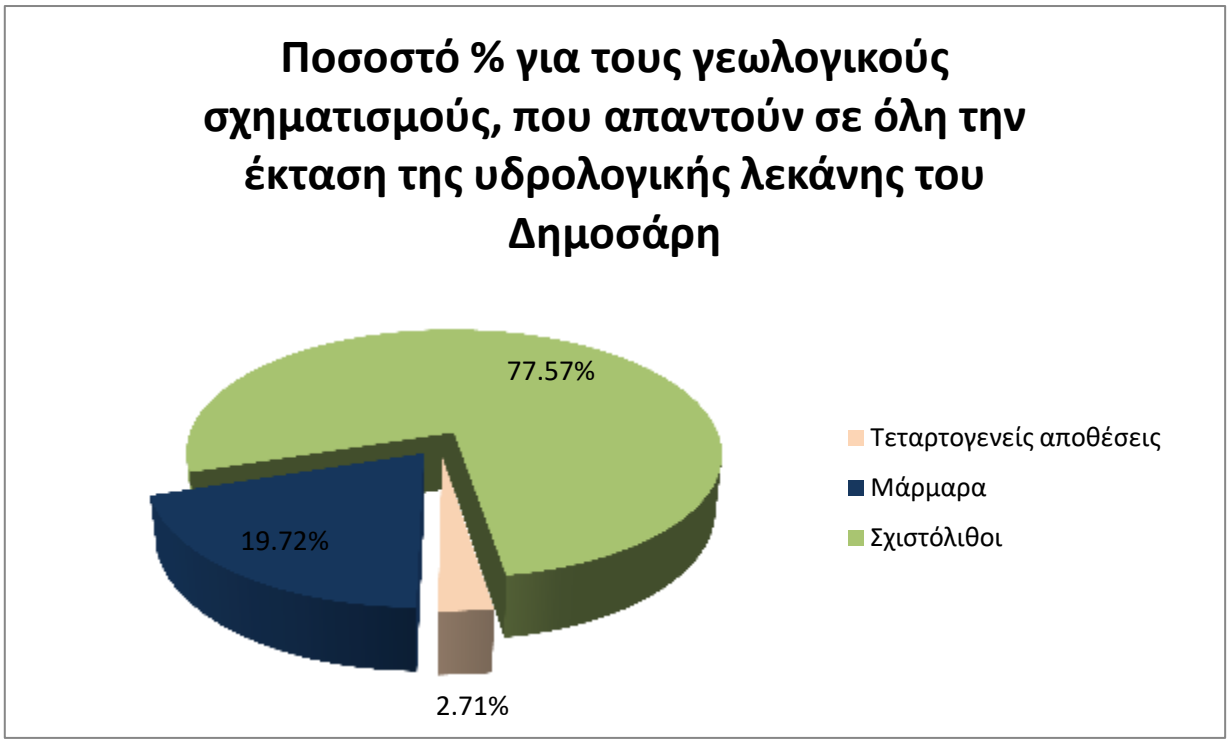
Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (0.738km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (3.438km^2), Σχιστόλιθους (9.570km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.110km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Στύρων (0.242km^2), καθώς, επίσης, και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Όχης (1.504km^2).

Πίνακας 55	
Υψόμετρο (m)	**> 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.738
Μάρμαρα	3.438
Σχιστόλιθοι	11.426



Εικόνα 6.24: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Γ της υδρολογικής λεκάνης 5.

Πίνακας 56			
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Συνολική Έκταση (km^2)**	**Διακύμανση συντελεστή κατείσδυσης με βάση τη λιθολογική σύσταση (κατά Σούλιος, 2006)**	**Επιλογή συνετελεστή κατείσδυσης για την περιοχή μελέτης**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.808	**10-20%**	15%
Μάρμαρα	5.880	**25-60%**	45%
Σχιστόλιθοι	23.127	**3-7%**	6%
Έκταση περιοχής μελέτης	29.815	-	-



Πίνακας 57. Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται κάθε γεωλογικός σχηματισμός σε σχέση με την έκταση, που καταλαμβάνει και το ύψος βροχόπτωσης, που δέχεται.

	Γεωλογικός σχηματισμός	**Εμβαδόν (km^2)**	**Ύψος βροχόπτωσης (mm)***	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**
ΖΩΝΗ Α (0-200m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.07	308	$21.560*10^3$
	Μάρμαρα	0.560	308	$172.480*10^3$
	Σχιστόλιθοι	1.116	308	$343.728*10^3$
ΖΩΝΗ Β (200-600m)	Μάρμαρα	1.882	562	$1057.684*10^3$
	Σχιστόλιθοι	10.585	562	$5948.770*10^3$
ΖΩΝΗ Γ (600-1.398m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.738	898	$662.724*10^3$
	Μάρμαρα	3.438	898	$3087.324*10^3$
	Σχιστόλιθοι	11.426	898	$10260.548*10^3$

*Το ύψος βροχόπτωσης προέκυψε από το διάγραμμα της βροχοβαθμίδας (Εικ.6.7).

Πίνακας 58. Υπολογισμός κατ'εκτίμηση του όγκου νερού που κατεισδύει στους αντίστοιχους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Γεωλογικοί σχηματισμοί	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**	**Συντελεστής κατείσδυσης που επιλέχθηκε για κάθε λιθολογικό σχηματισμό**	**Όγκος νερού που κατεισδύει μέσω κάθε γεωλογικού σχηματισμού ανάλογα με τον συντελεστή κατείσδυσης του (m^3)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	$684.284*10^3$	15%	$102.643*10^3$
Μάρμαρα	$4317.488*10^3$	45%	$1942.870*10^3$
Σχιστόλιθοι	$16552.498*10^3$	6%	$993.150*10^3$

Όπως παρατηρούμε και στον Πίνακα 58, τα μάρμαρα ως καρστικά μέσα επιτρέπουν μεγαλύτερο όγκο νερού να κατεισδύσει. Ωστόσο, και οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί, αν και καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη έκταση, φέρουν σημαντικό όγκο νερού μέσα από την μάζα τους εξαιτίας των δικτύων διακλάσεων.

Από τον συνολικό όγκο νερού, που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού για την υδρολογική λεκάνη του Δημοσάρη ($21554.270*10^3 m^3$), κατεισδύουν $3038.663*10^3 m^3$, δηλαδή το 14.10%.

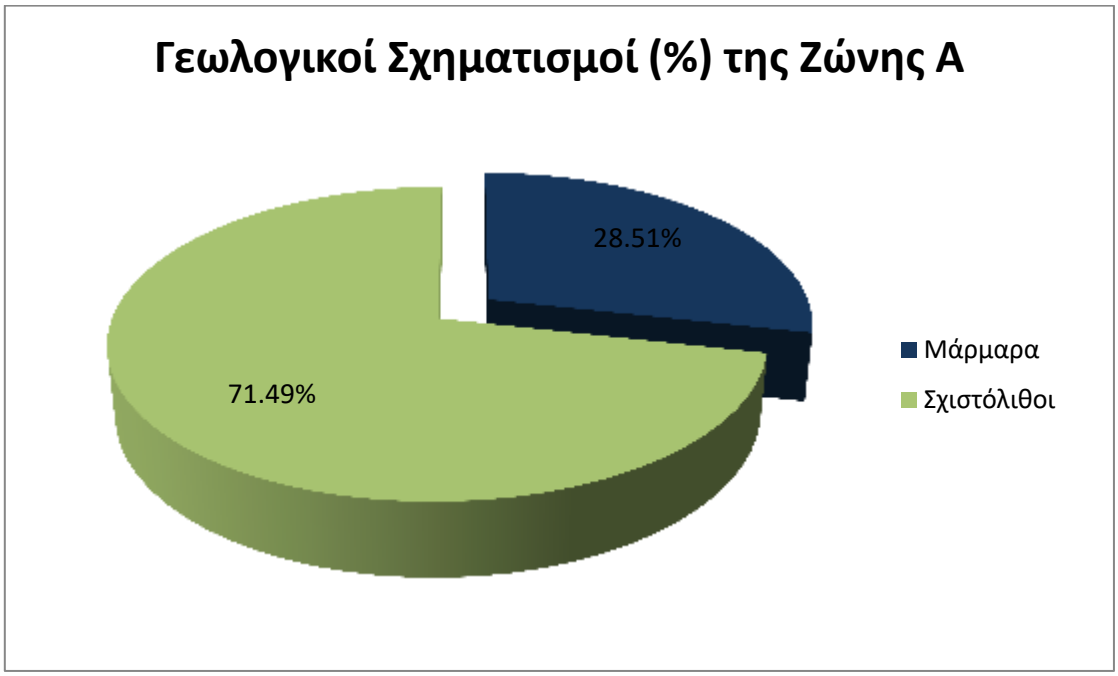
- Υδρολογική Λεκάνη Αγίου Δημητρίου (Drainage Basin 6)

Αναπτύσσεται στο βόρειο τμήμα της Καρυστίας, δίπλα στην λεκάνη του Δημοσάρη και καταλαμβάνει επιφάνεια εμβαδού 42.9km^2. Κατά τη ζωνοποίηση προέκυψε, ότι:

Η Ζώνη Α (Υψόμετρο: 0 - 200m)

Περιλαμβάνει Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (0.368km^2), Σχιστόλιθους (0.657km^2) και Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους Στύρων (0.266km^2).

Πίνακας 59	
Υψόμετρο (m)	**0 - 200**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Μάρμαρα	0.368
Σχιστόλιθοι	0.923

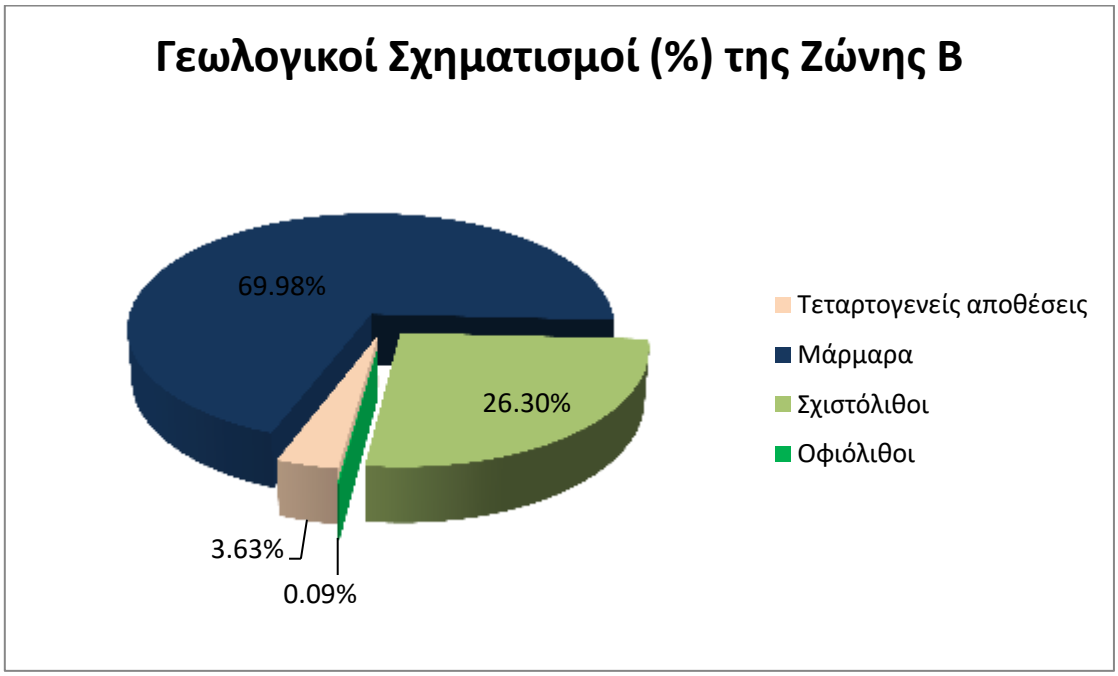


Εικόνα 6.25: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Α της υδρολογικής λεκάνης 6.

Η Ζώνη Β (Υψόμετρο: 200 - 600m)

Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (0.952km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (18.354km^2), Σχιστόλιθους Όχης (0.251km^2), Σχιστόλιθους Στύρων (6.514km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους Στύρων (0.077km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.010km^2), Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους (0.047km^2) και Οφιόλιθους Όχης (0.024km^2).

Πίνακας 60	
Υψόμετρο (m)	**200 - 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.952
Μάρμαρα	18.354
Σχιστόλιθοι	6.899
Οφιόλιθοι	0.024

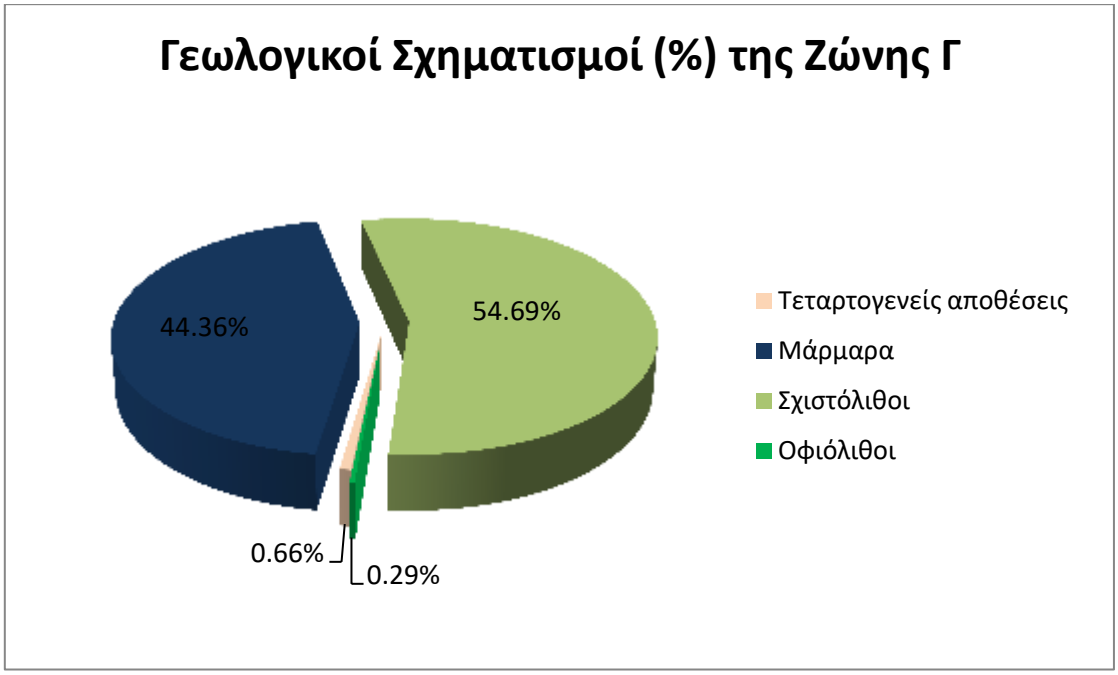


Εικόνα 6.4: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Β της υδρολογικής λεκάνης 6.

Η Ζώνη Γ (Υψόμετρο: > 600m)

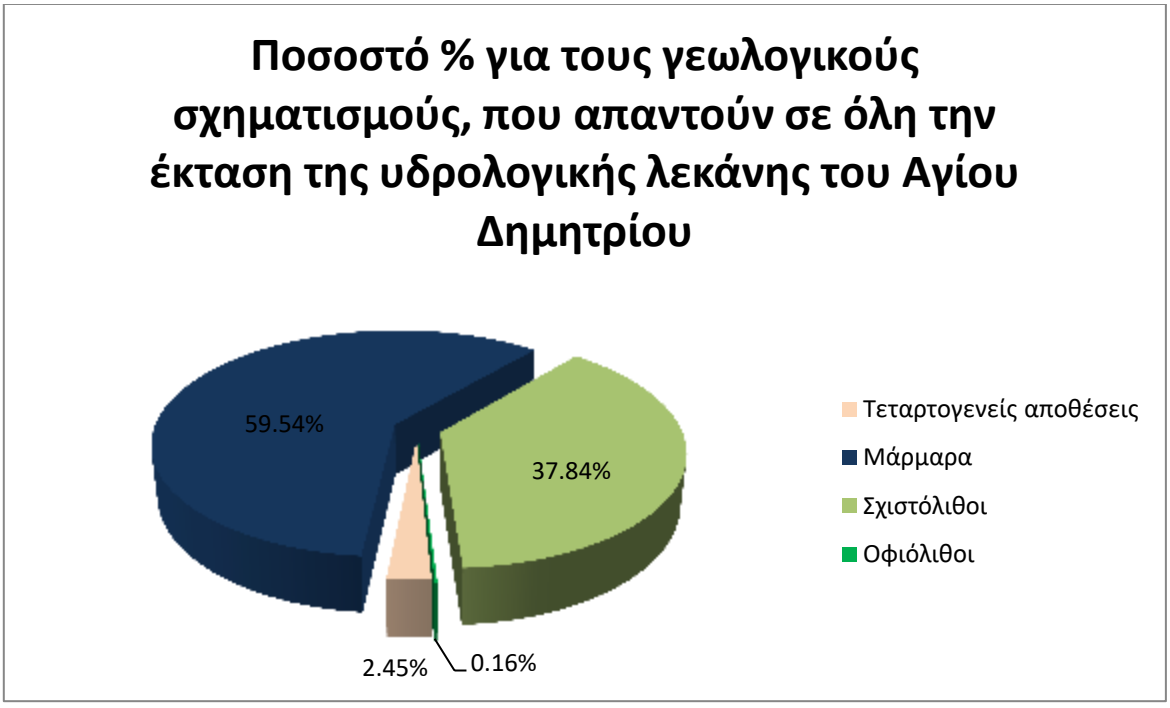
Περιλαμβάνει Τεταρτογενείς αποθέσεις (0.101km^2), Μάρμαρα και σιπολίνες του καλύμματος Στύρων (6.823km^2), Σχιστόλιθους Όχης (0.051km^2), Σχιστόλιθους Στύρων (6.170km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους Στύρων (0.502km^2), Χαλαζιακούς σχιστόλιθους (0.003km^2), Αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους (1.687km^2) και Οφιόλιθους Όχης (0.045km^2).

Πίνακας 61	
Υψόμετρο (m)	**> 600**
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Έκταση (km^2)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.101
Μάρμαρα	6.823
Σχιστόλιθοι	8.413
Οφιόλιθοι	0.045



Εικόνα 6.5: Ποσοστό % των γεωλογικών σχηματισμών, που απαντούν στη Ζώνη Γ της υδρολογικής λεκάνης 6.

Πίνακας 62			
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	**Συνολική Έκταση (km^2)**	**Διακύμανση συντελεστή κατείσδυσης με βάση τη λιθολογική σύσταση (κατά Σούλιος, 2006)**	**Επιλογή συνετελεστή κατείσδυσης για την περιοχή μελέτης**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	1.053	**10-20%**	15%
Μάρμαρα	25.545	**25-60%**	45%
Σχιστόλιθοι	16.235	**3-7%**	6%
Οφιόλιθοι	0.069	**4-8%**	6%
Έκταση περιοχής μελέτης	42.902	-	-



Πίνακας 63. Υπολογισμός του όγκου νερού που δέχεται κάθε γεωλογικός σχηματισμός σε σχέση με την έκταση, που καταλαμβάνει και το ύψος βροχόπτωσης, που δέχεται.

	Γεωλογικός σχηματισμός	**Εμβαδόν (km^2)**	**Ύψος βροχόπτωσης (mm)***	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**
ΖΩΝΗ Α (0-200m)	Μάρμαρα	0.368	308	$113.344*10^3$
	Σχιστόλιθοι	0.923	308	$284.284*10^3$
ΖΩΝΗ Β (200-600m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.952	562	$535.024*10^3$
	Μάρμαρα	18.354	562	$10314.948*10^3$
	Σχιστόλιθοι	6.899	562	$3877.238*10^3$
	Οφιόλιθοι	0.024	562	$13.488*10^3$
ΖΩΝΗ Γ (600-1.398m)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	0.101	898	$90.698*10^3$
	Μάρμαρα	6.823	898	$6127.054*10^3$
	Σχιστόλιθοι	8.413	898	$7554.874*10^3$
	Οφιόλιθοι	0.045	898	$40.410*10^3$

*Το ύψος βροχόπτωσης προέκυψε από το διάγραμμα της βροχοβαθμίδας (Εικ.6.7).

Πίνακας 64. Υπολογισμός κατ'εκτίμηση του όγκου νερού που κατεισδύει στους αντίστοιχους γεωλογικούς σχηματισμούς.

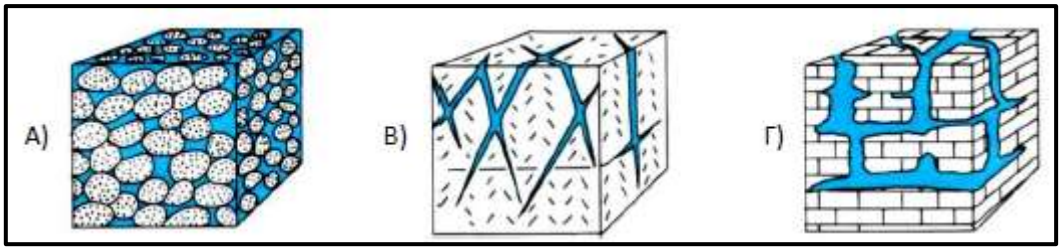
Γεωλογικοί σχηματισμοί	**Όγκος νερού που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού (m^3)**	**Συντελεστής κατείσδυσης που επιλέχθηκε για κάθε λιθολογικό σχηματισμό**	**Όγκος νερού που κατεισδύει μέσω κάθε γεωλογικού σχηματισμού ανάλογα με τον συντελεστή κατείσδυσης του (m^3)**
Τεταρτογενείς αποθέσεις	$625.722*10^3$	15%	$93.858*10^3$
Μάρμαρα	$16555.346*10^3$	45%	$7449.906*10^3$
Σχιστόλιθοι	$11716.396*10^3$	6%	$702.984*10^3$
Οφιόλιθοι	$53.898*10^3$	6%	$3.234*10^3$

Τα μάρμαρα επιτρέπουν μεγαλύτερο όγκο να κατεισδύσει στη λεκάνη του Αγίου Δημητρίου, λόγω της καρστικοποίησης και της έκτασης που φέρουν.

Από τον συνολικό όγκο νερού, που δέχεται η επιφάνεια κάθε σχηματισμού για την υδρολογική λεκάνη του Αγίου Δημητρίου ($28951.362*10^3m^3$), κατεισδύουν $8249.982*10^3m^3$, δηλαδή το 28.50%.

6.3. ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

Πέρα των κλιματικών συνθηκών, της μορφολογίας του εδάφους, του υδρογραφικού δικτύου, της βλάστησης και της επέμβασης του ανθρώπου, στον καθορισμό του υδρολογικού ισοζυγίου και συγκεκριμένα στον συντελεστή κατείσδυσης, μέρος του οποίου θα εκφορτιστεί επιφανειακά υπό μορφή πηγών, υπεισέρχεται και ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας, αυτός της φύσης των σχηματισμών και ιδιαίτερα της ικανότητας να επιτρέπουν τη διείσδυση και την κυκλοφορία του νερού διαμέσου των κενών, είτε πρόκειται για πρωτογενές *πορώδες* (πόροι), είτε για δευτερογενές (ρωγμές, διακλάσεις, ασυνέχειες, καρστ).



Εικόνα 6.28: Είδη πορώδους (porosity). Α) Πρωτογενές – κενά ανάμεσα στους κόκκους, Β) Δευτερογενές – τεκτονικές ασυνέχειες, Γ) Δευτερογενές – καρστ (από Heath, 1984).

Η υδρολιθολογική συμπεριφορά των πετρωμάτων καλείται ως *διαπερατότητα* (permeability) και η κατηγοριοποίηση τους είναι η εξής :

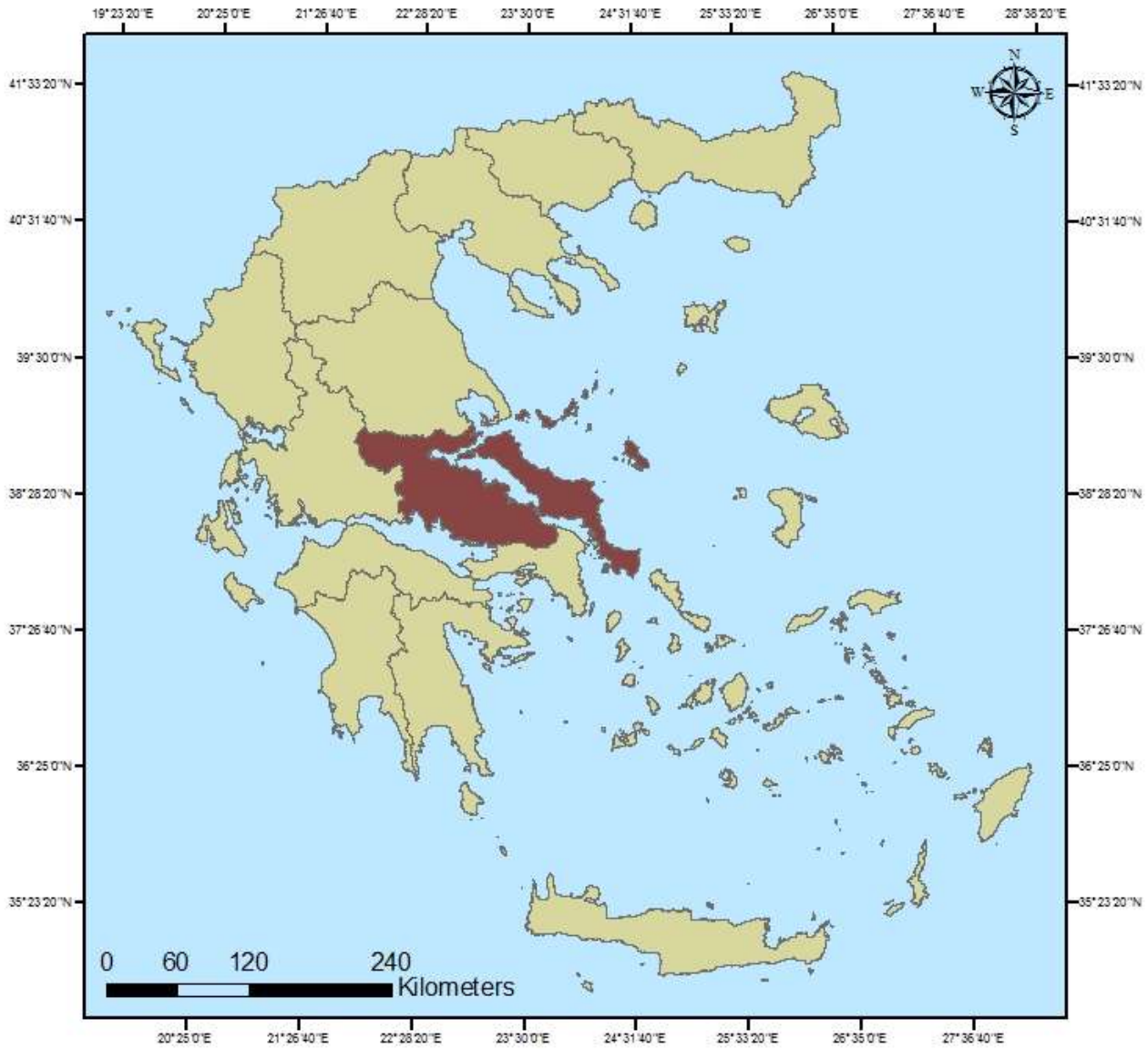
- Υδροπερατοί σχηματισμοί
  1. Μικροπερατοί – κοκκώδεις, όπου το νερό κινείται μέσα από τους πόρους (π.χ. προσχώσεις, κροκαλοπαγή)
  2. Μακροπερατοί – καρστικοί, που δεν φέρουν πόρους, όμως το νερό κινείται μέσα από δίκτυο ρωγμών ή/και έγκοιλα (π.χ. ασβεστόλιθοι – μάρμαρα)
- Αδιαπέρατοι/υδατοστεγή σχηματισμοί, που δεν επιτρέπουν την διέλευση του νερού (π.χ. σχιστόλιθοι)

Για την κατασκευή του υδρολιθολογικού χάρτη της Νότιας Εύβοιας (Εικ.6.33), εξετάστηκε ο γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ (φύλλο «Κάρυστος – Πλατανιστός»/ Latsoudas et al., 1997) και χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας “k”. Συνεπώς, προκύπτει ότι:

- Στους μικροπερατούς σχηματισμούς (Semi – permeable) εντάσσονται με k = 10^{-3} – 10^{-7} m/sec, οι προσχώσεις και τα πλευρικά κορήματα των Τεταρτογενών αποθέσεων κυρίως της λεκάνης της Καρύστου.
- Τα μακροπερατά πετρώματα (Highly permeable), με k = 10^{-1} – 10^{-3} m/sec, είναι τα μάρμαρα – σιπολίνες των καλυμμάτων Στύρων και Όχης.
- Ημι - πέρατοι (Semi – permeable), με k < 10^{-7} m/sec, χαρακτηρίζονται οι σχιστόλιθοι και των δυο καλυμμάτων, που καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα της Νότιας Εύβοιας και οι οποίοι εξαιτίας της τεκτονικής παραμόρφωσης έχουν διαμορφώσει ένα δευτερογενές πορώδες, ικανό στην μεταφορά υπόγειου νερού και στην εκδήλωση πηγών.

6.4. ΠΗΓΕΣ ΟΡΕΙΝΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΟΧΗΣ

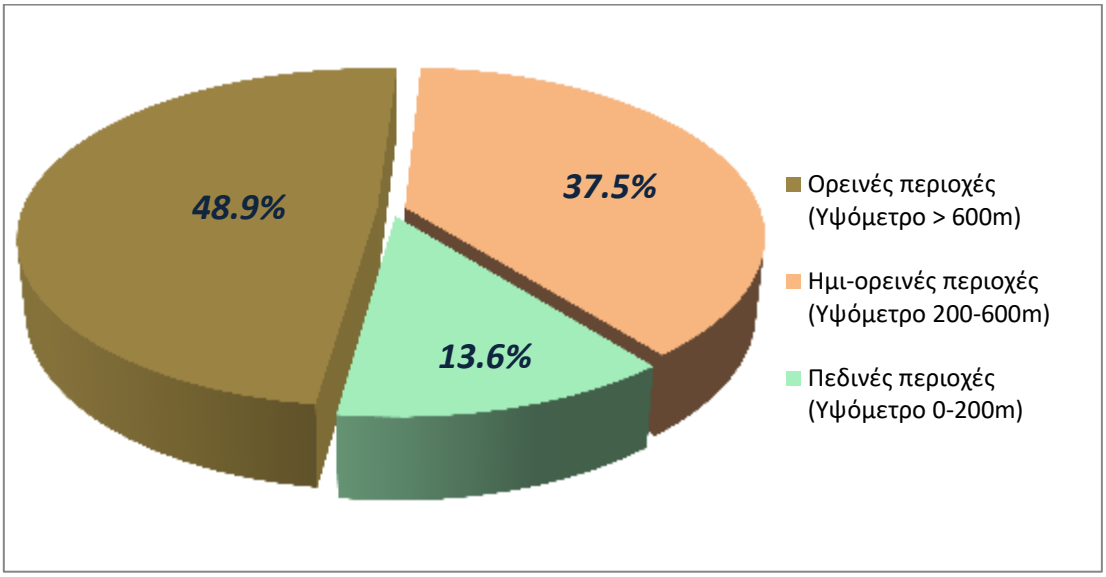
Η Εύβοια μαζί με τμήμα της Στερεάς Ελλάδας, τα νησιά των Βόρειων Σποράδων και τη Σκύρο ανήκουν στο υδατικό διαμέρισμα της *Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας* (Υ.Δ.07) (Εικ.6.29).



Εικόνα 6.29: Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Με έντονο χρώμα το υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (Υ.Δ.07) (δεδομένα από hydroscope).

Σε ποσοστό 17% περίπου των πηγών υπολογίστηκαν οι «εποχιακές», ενώ οι «μόνιμες» (83%) που λειτουργούν καθ'όλη τη διάρκεια του έτους είναι εκείνες, που δίνουν σημαντικές παροχές και χρησιμοποιούνται τόσο για την ύδρευση μικροοικισμών, όσο και για αρδευτικούς σκοπούς. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, πως η πόλη της Καρύστου υδρεύεται από τις πηγές του ποταμού Δημοσάρη, που βρίσκονται στην κορυφή Γιούδα και από τις πηγές της Λάλας, στη ΝΔ παρυφή του συγκροτήματος της Όχης. Τα χωριά Αετός, Μύλοι, Επανοχώρι, Αντιάς και Κόμιτο υδρεύονται από τις ομώνυμες πηγές τους.

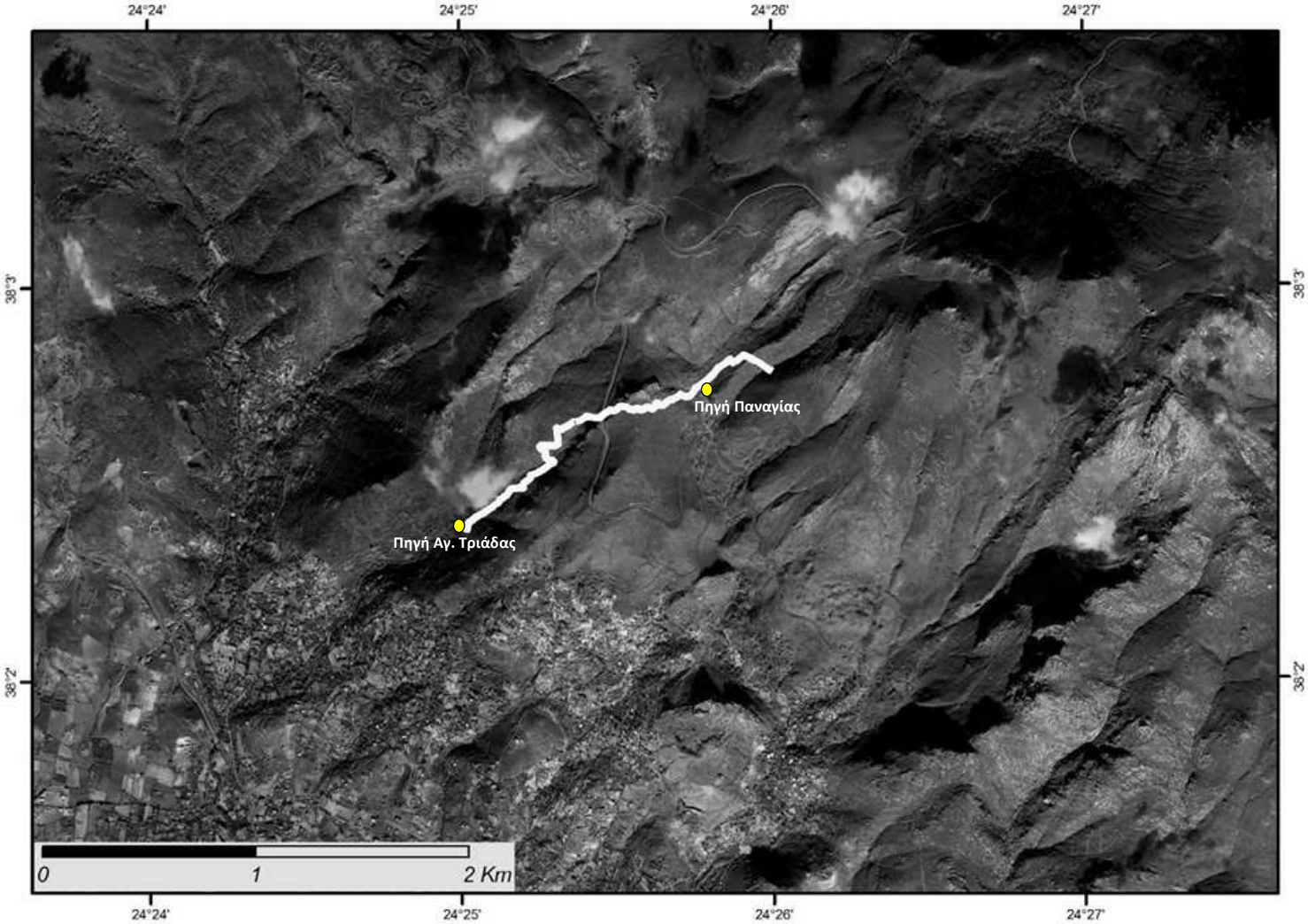
Χαρτογραφήθηκαν ογδόντα οχτώ (88) συνολικά πηγές από τα Καλύβια ως το Κόμιτο με την πλειοψηφία να απαντά στα ορεινά, δηλαδή σε υψόμετρα από 601m ως 1.116m, σε ποσοστό 48.9%, ενώ το 37.5% εμφανίζεται στα ημι-ορεινά (200-600m) και το υπόλοιπο 13.6% στα πεδινά (από 115m ως 197m). Η πλειοψηφία των πηγών χαρτογραφήθηκε στο νοτιοανατολικό σκέλος του μεγα-αντικλίνου της Όχης με εξαίρεση τρεις πηγές βόρεια του χωριού Καλύβια, που ανήκουν στο βορειοδυτικό της σκέλος.



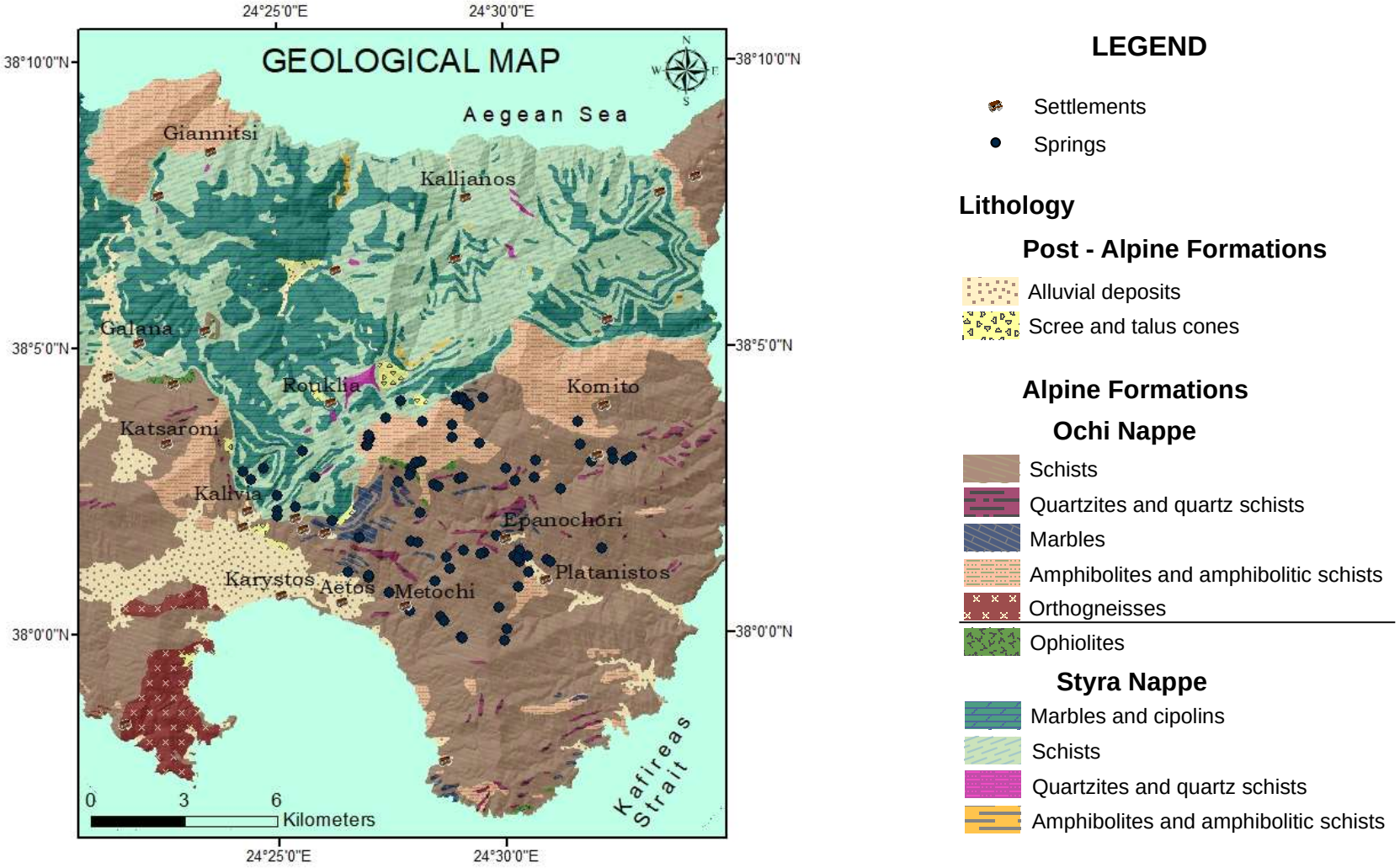
Εικόνα 6.30: Ποσοστό (επί τις %) των καταγραφέντων πηγών βάσει του ανάγλυφου.

6.4.1. Ταξινόμηση πηγών με βάση την υδρολιθολογία

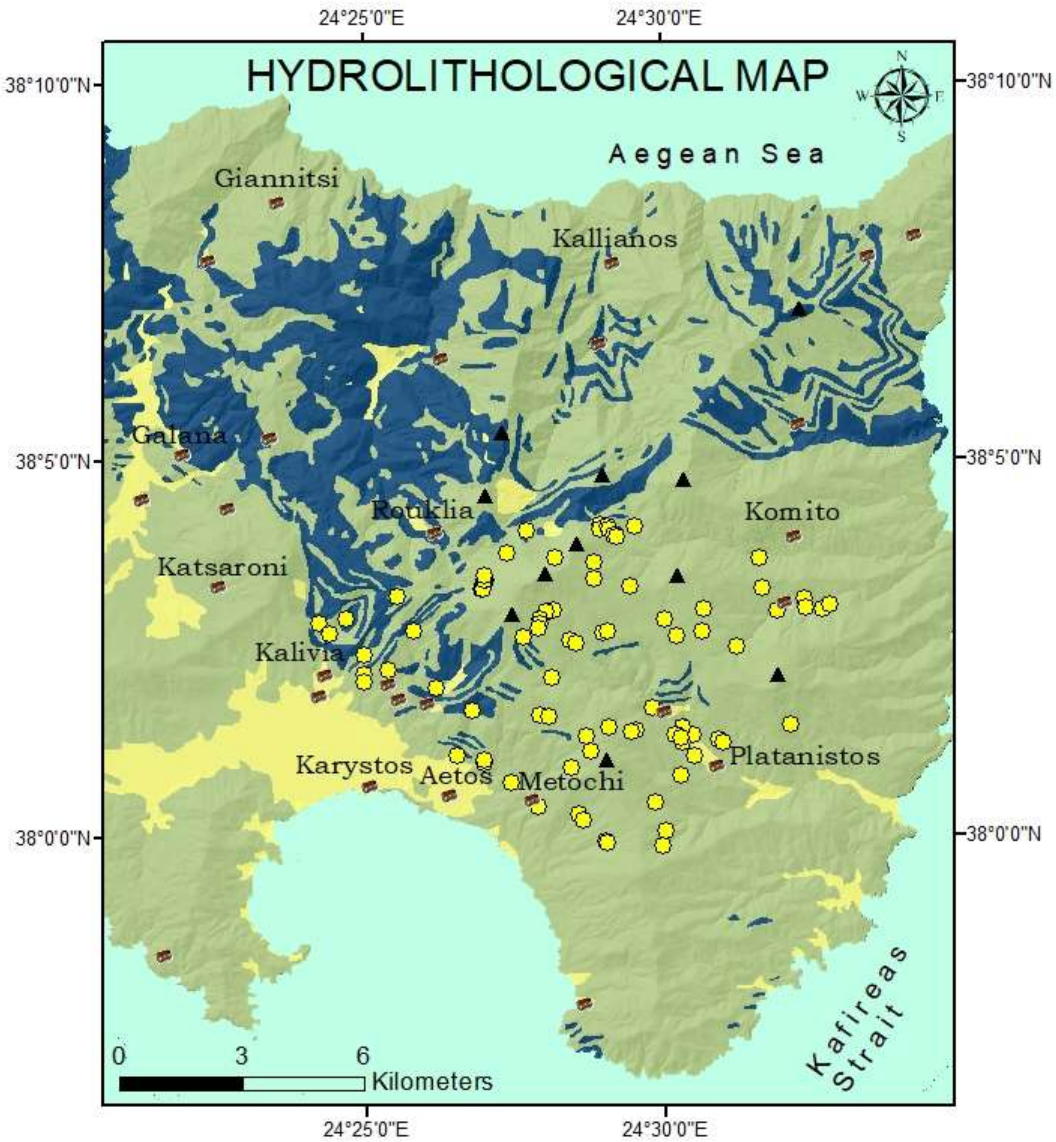
Ένας σημαντικός αριθμός πηγών (δεκαεννιά: 19) συναντάτε στην επαφή μακροπερατών μαρμάρων και αδιαπέρατων σχιστόλιθων και χαρακτηρίζονται ως **πηγές επαφής**. Η ελεύθερη υπόγεια ροή νερού, που χαρακτηρίζει τα μάρμαρα, διακόπτεται στην επαφή με τους υδατοστεγείς σχιστόλιθους, οδηγώντας το σε επιφανειακή εκροή του. Τα έγκοιλα των μαρμάρων, που δημιουργούνται κατά τη φάση διάλυσης του ανθρακικού ασβεστίου, αποτελούν τις οδούς διακίνησης του υπόγειου νερού, διαμορφώνοντας πολλές φορές ένα από τα πιο εντυπωσιακά είδη πηγών, τις **καρστικές**, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τις πηγές του Επανοχωρίου, της Λάλας και της Αγίας Τριάδας. Η ασυνήθιστη, υψηλή συγκέντρωση νερού στην πηγή της Αγίας Τριάδας προκάλεσε το ενδιαφέρον του Γεωλόγου Ε.Βασιλάκη, ο οποίος μέσω γεωλογικής χαρτογράφησης, τηλεπισκόπησης και δεδομένων σπηλαιολογικής εξερεύνησης, κατέληξε στο συμπέρασμα, πως οι υψηλές παροχές οφείλονται στην υπόγεια διασύνδεση δύο γειτονικών υδρολογικών λεκανών μέσα στις οποίες δημιουργήθηκε ένα ιδιαίτερο σπήλαιο εξερευνημένου μήκους 2.400m (Vasilakis & Papadopoulou, 2013 & speleo.gr). Το σπήλαιο, αυτό, σχηματίστηκε στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς των Στύρων και αναπτύχθηκε κατά μήκος του άξονα της μεγα-αντικλινικής δομής της Όχης, που φέρει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Τα εκτατικά ρήγματα, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, που ενεργοποιήθηκαν μετά τη δημιουργία του υπόγειου ποταμού επηρέασαν την διαδρομή του, δημιουργώντας «knick points», που φιλοξενούν υπόγειους καταρράκτες, με τον μεγαλύτερο να φτάνει τα 20m περίπου (Vasilakis & Papadopoulou, 2013).



Εικόνα 6.31: Απεικόνιση της διαδρομής του σπηλαίου της Αγίας Τριάδας (από Vasilakis & Papadopoulou, 2013) και οι θέσεις των πηγών Παναγίας (Δείγμα 1) και Αγίας Τριάδας (Δείγμα 3), που αναλύθηκαν χημικώς.



Εικόνα 6.32: Γεωλογικός χάρτης Νότιας Εύβοιας με την κατανομή των καταγεγραμμένων πηγών ως προς τη λιθολογία των κύριων καλυμμάτων (Όχης & Στύρων) και των Τεταρτογενών αποθέσεων (Τροποποιημένος από τον χάρτη ΙΓΜΕ, Φύλλο Κάρυστος – Πλατανιστός).



LEGEND

- Springs
- Settlements
- Mountain

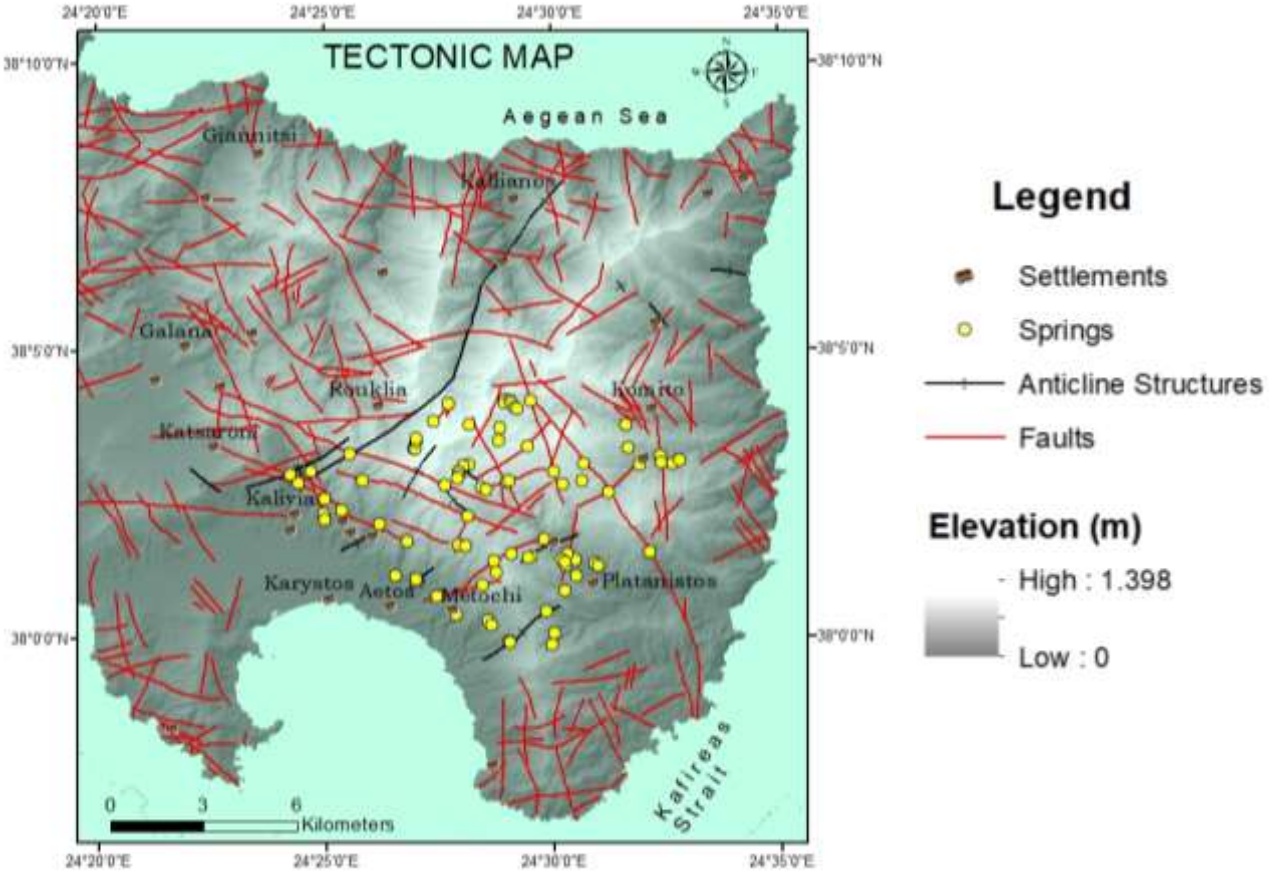
Permeability

- Low
- Moderate
- High

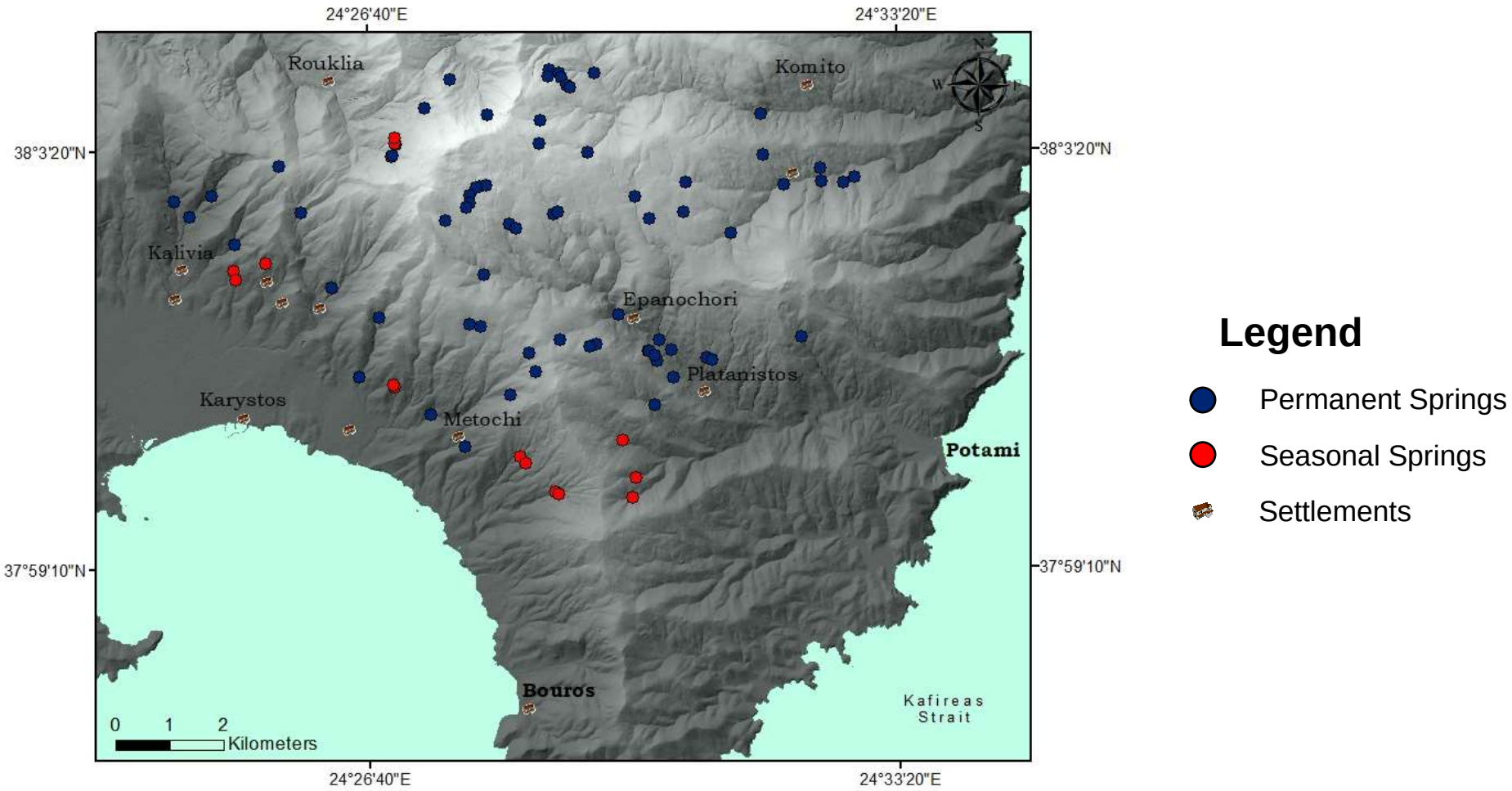
Εικόνα 6.33: Υδρολιθολογικός χάρτης Νότιας Εύβοιας με την κατανομή των καταγεγραμμένων πηγών.

6.4.2. Ταξινόμηση πηγών με βάση την τεκτονική

Εκτός από την υδροφορία των καρστικών, μεταμορφωμένων ανθρακικών πετρωμάτων και του τύπου των πηγών επαφής, που παρουσιάζονται βόρεια (πηγές Λάλας, Αγ.Τριάδας, Μύλων και Αετού) και ανατολικά (πηγές Επανοχωρίου) της πόλης της Καρύστου, έχουμε και πηγές που συνδέονται με το καθεστώς υδροφορίας των διερρηγμένων σχιστολιθικών πετρωμάτων. Πρόκειται, ουσιαστικά, για πηγές, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **ρηγματογενείς**, διότι η παρουσία τους μέσα στους σχιστόλιθους σχετίζεται με την τεκτονική καταπόνηση των τελευταίων, που έχουν υποστεί από ρήγματα και συστήματα διακλάσεων. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ρηγματογενών πηγών είναι οι χαμηλές τους παροχές ακόμα και η στείρευση τους κατά τη διάρκεια του Αύγουστου (Εικ.6.35). Στη μελέτη πεδίου, οι ρηγματογενείς πηγές βρίσκονται διασκορπισμένες στο ορεινό συγκρότημα της Όχης, με τις περισσότερες να καταγράφονται κοντά στις κορυφές του αλλά και από τον οικισμό Μετόχι ως τον Πλατανιστό.



Εικόνα 6.34: Ψηφιοποιημένος χάρτης με τις θέσεις των πηγών βάσει των τεκτονικών δομών.



Εικόνα 6.35: Θέσεις με την εκδήλωση των ογδόντα οχτώ (88) πηγών, που χαρτογραφήθηκαν στο ορεινό συγκρότημα της Όχης. Με κόκκινο χρώμα αποτυπώνονται οι δεκαπέντε (15) πηγές, στις οποίες παρατηρήθηκε στείρευση τον Αύγουστο του 2017.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^{ο} ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

7.1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Τα υπόγεια νερά θεωρούνται ως οι πλέον ανανεώσιμοι πόροι, εξαιτίας της επαναπλήρωσης των αποθεμάτων τους από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις. Αν και η εμφάνιση τους παρουσιάζεται ως τοπική (πηγή), ωστόσο η χωρική τους κατανομή καταλαμβάνει πολύ μεγαλύτερες επιφάνειες υπογείως, διαμορφώνοντας δεξαμενές αποθήκευσης, τόσο επιφανειακών υδροφόρων στρωμάτων, όσο και υδροφόρων σε βάθος. Το σημαντικότερο θέμα στην εκμετάλλευση και στη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η ποιότητα του νερού. Παρόλο που τα υπόγεια νερά είναι λιγότερο εκτεθειμένα στη ρύπανση από ότι τα επιφανειακά, ωστόσο δεν χαρακτηρίζονται χημικώς «καθαρά», διότι φέρουν σε διάλυση διάφορα ιόντα ή και σε αιώρηση σωματίδια, προερχόμενα από τις αντιδράσεις που υλοποιήθηκαν κατά το πέρας ή τη διαμονή τους μέσα στο γεωλογικό υπόβαθρο. Συνεπώς, η διαδρομή και ο χρόνος παραμονής τους μέσα στους γεωλογικούς σχηματισμούς σε συνδυασμό και με τους ανθρωπογενείς παράγοντες μπορούν να αυξήσουν τις πιθανότητες ρύπανσης, θέτοντας την διαδικασία της εξυγίανσης τους ιδιαιτέρως δύσκολη και δαπανηρή. Γι αυτό το λόγο κρίνεται αναγκαία η μελέτη των χαρακτηριστικών εκείνων, που καθορίζουν την ποιότητα του νερού και το κατατάσσουν στις επιμέρους κατηγορίες (Soulios, 2006). Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του νερού (κατά Soulios, 2006) είναι:

- **Φυσικά**: θερμοκρασία, χρώμα, οσμή, θολότητα, TDS & TSS - σύνολο διαλυμένων & αιωρούμενων στερεών
- **Χημικά**:
  - Κύρια ανόργανα ιόντα : Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, NO_3^{-}
  - Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα : $Al^{3+,}$ NH_4^{+}, As^{+}, Ba^{2+}, BO_4^{3-}, B^{3-}, Cu^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, HSO_4^{-}, HSO_3^{-}, CO_3^{2-}, F^{-}, OH^{-}, $H_2PO_4^{-}$, PO_4^{2-}, S_4^{-}, SO_3^{2-}
  - Ολιγοστοιχεία : Sb, Ba, Cr, Co, Pb, Li, Ni, Ru, Se, Ti, U, Zn, Si.
  - Ιχνοστοιχεία : Be, Bi, Cs, Ga, Au, In, Pt, Ra, Ag, Sn, Y, Zr, Yb, Hg
  - Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή : SiO_2
  - Θρεπτικά εισαγόμενα από τον άνθρωπο : ενώσεις αζώτου και φωσφόρου
  - Ανόργανα εισαγόμενα από τον άνθρωπο : As^{3+}, Ba^{2+}, Cd^{2+}, Cr^{6+}, Pb^{2+}, Hg^{2+}, Se, Ag^{2+}, Zn^{2+}
  - Ραδιενέργεια
  - Δείκτες : pH, Eh, αλκαλικότητα-οξύτητα, σκληρότητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα
  - Διαλυμένα αέρια : O_2, N_2, CO_2, H_2S, NH_3, CH_4
  - C.O.D. – Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο
  - B.O.D. – Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο
  - T.O.D. – Ολικά απαιτούμενο οξυγόνο
  - D.O. – Διαλυμένο οξυγόνο
  - T.O.C. – Ολικός οργανικός άνθρακας
  - Φυσικές οργανικές ενώσεις (λιπίδια, πρωτεΐνες, υδρογονάνθρακες)
- **Βιολογικά**: μικρόβια, βακτήρια, μύκητες, ιοί, πρωτόζωα, φύκη, σκώληκες, τροχόζωα, καρκινοειδή

7.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑΣ

7.2.1. Σκληρότητα (Hardness)

Προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, κυρίως ασβεστίου και μαγνησίου, στο υπόγειο νερό. *Μόνιμη* ή *μη ανθρακική* ονομάζεται η σκληρότητα, που οφείλεται κυρίως σε θειϊκά και σε μικρότερο βαθμό σε χλωριούχα, νιτρικά, φωσφορικά, πυριτικά και χουμικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Αντιθέτως, τα ανθρακικά και όξινα ανθρακικά άλατα των δυο αυτών μετάλλων (ασβέστιο και μαγνήσιο) αποτελούν την *παροδική* ή *ανθρακική* σκληρότητα, η οποία αντιστοιχεί και στην ανθρακική αλκαλικότητα, η οποία παρουσιάζει με την σειρά της την ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει τα οξέα. Το άθροισμα μόνιμης και παροδικής μας δίνει την *ολική* σκληρότητα (Soulios, 2006).

7.2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity, EC)

Είναι μια παράμετρος που συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και τη φύση των διαλυμένων ηλεκτρολυτών και η μέτρηση της πρέπει να λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία 25°C. Αυξημένες τιμές της υποδηλώνουν αυξημένες ποσότητες αλάτων, ενώ υπάρχει και μια σχέση σύμφωνα με τον G. Matthess (1973), που προτείνει τον πολλαπλασιασμό της EC (σε μS/cm) με το 0.65, ώστε να βρεθεί η τιμή των διαλυμένων στερεών, παρουσιάζοντας την άμεση συσχέτιση τους (Soulios, 2006).

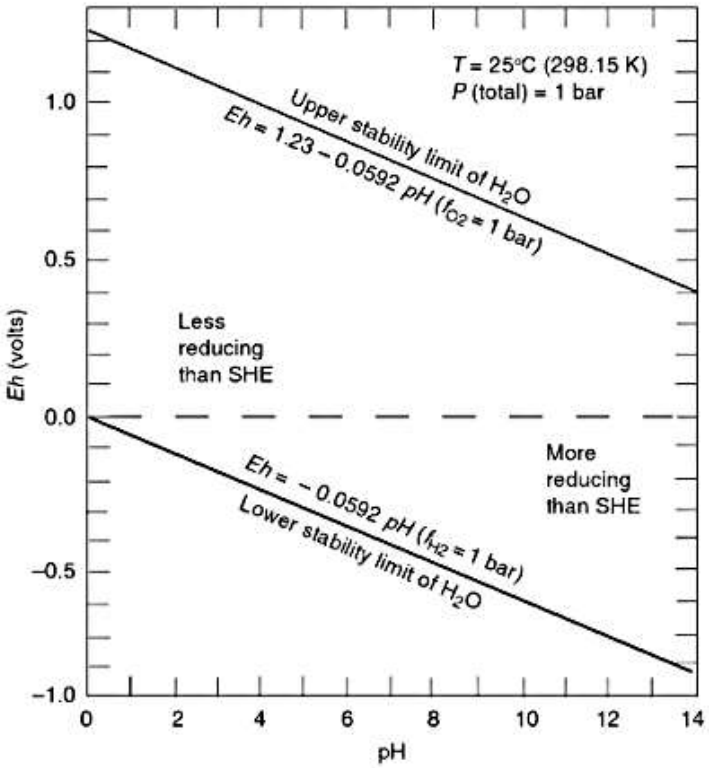
7.2.3. Σύνολο διαλυμένων στερεών (Total dissolved solids, TDS)

Πρόκειται για την συνολική συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων στο νερό, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα διαλυμένα αέρια και τα κολλοειδή, με τις τιμές του να κυμαίνονται μεταξύ 100 και 100.000mg/l. Αποτελεί δείκτη μεταλλικότητας των υπόγειων νερών και η τιμή του αυξάνεται ανάλογα με το χρόνο παραμονής τους στο υπέδαφος, άρα με το μήκος διαδρομής που έχουν ακολουθήσει (Soulios, 2006).

Πίνακας 65. Ταξινόμηση με βάση το T.D.S			
Κατά Hem (1970)		Κατά Davis – DeWiest (1966)	
Γλυκό νερό (fresh)	TDS <1.000mg/l	Γλυκό νερό (fresh)	TDS: 0-1.000mg/l
Μέτρια αλατούχο νερό (Moderate saline)	TDS: 3.000-10.000mg/l	Υφάλμυρο ή γλυφό νερό (brackish)	TDS: 1.000-10.000mg/l
Πολύ αλατούχο νερό (very saline)	TDS:10.000-35.000mg/l	Αλμυρό (salt/saline)	TDS:10.000-100.000mg/l
Υπεραλμυρό (brine)	TDS >35.000mg/l	«Σαλαμούρα» (brine)	TDS >100.000mg/l

7.2.4. Δυναμικό οξειδο-αναγωγής (Redox Potential, Eh)

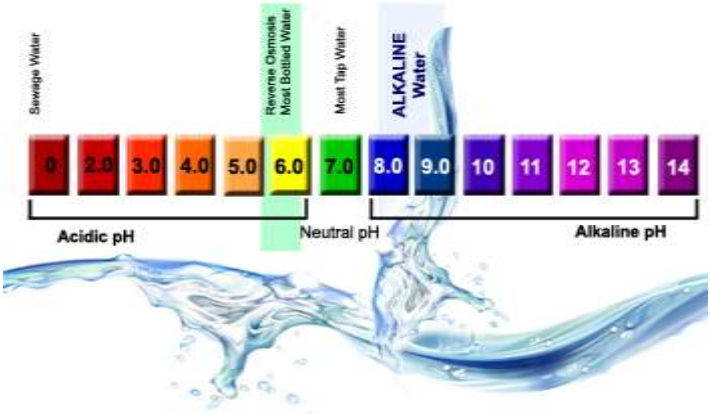
Ο αριθμός των ηλεκτρονίων καθορίζει το δυναμικό οξειδο-αναγωγής, δίνοντας πληροφορίες για την κατάσταση οξείδωσης των στοιχείων του υδατικού διαλύματος, δηλαδή αν η τιμή του δυναμικού είναι θετική, τότε πρόκειται για οξειδωτικό διάλυμα, όμως αν είναι αρνητική, τότε έχουμε αναγωγικό (Soulios, 2006).



Εικόνα 7.1: Διάγραμμα Eh-pH με τα πεδία υπόγειου νερού (από Misra, 2012).

7.2.5. Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH)

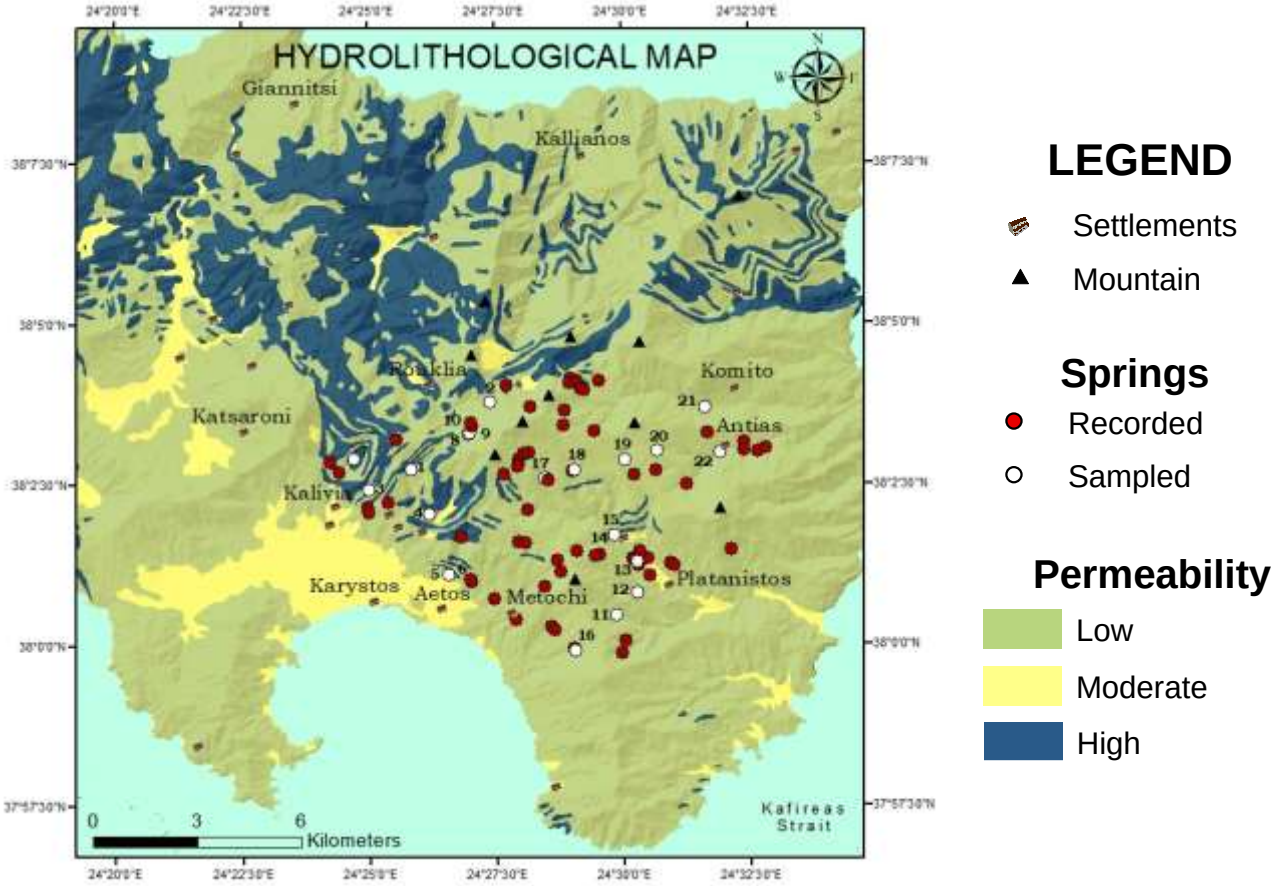
Ο αριθμός των H^+ (πρωτονίων) καθορίζει το pH ενός δείγματος νερού. Σε καθαρό νερό, όπου ο αριθμός των ιόντων H^+ και OH^- είναι ίσος, το pH λαμβάνει την τιμή 7, δηλαδή είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Στην περίπτωση που η τιμή του είναι μικρότερη του 7 τότε το φυσικό νερό χαρακτηρίζεται ως όξινο, ενώ σε αντίθετη περίπτωση ως αλκαλικό. Οι διακυμάνσεις των τιμών του οφείλονται στην πετρολογική σύσταση των σχηματισμών μέσα από τους οποίους ρέουν ή στους ταμιευτήρες, όπου φιλοξενούνται καθώς και στο βάθος που απαντούν (Soulios, 2006).



Εικόνα 7.2: Κλίμακα pH (από R.Andrews).

7.3. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Μετά την απογραφή των σημείων φυσικής επιφανειακής εκφόρτισης υπόγειου νερού, επιλέχθηκαν οι 22 θέσεις (Εικ.7.3) για τη διαδικασία της δειγματοληψίας τους με βάση την παροχή, την λιθολογία της περιοχής τροφοδοσίας και την τεκτονική θέση. Οι πηγές δειγματοληψίας βρίσκονται στα ημι-ορεινά και ορεινά της Όχης καλύπτοντας ένα ποσοστό της τάξεως του 82%, το οποίο διανέμεται ισόποσα και στις δυο κατηγορίες ανάγλυφου, ενώ το 18% συγκεντρώνεται στα πεδινά.



Εικόνα 7.3: Υδρολιθολογικός χάρτης με τις θέσεις των δειγματοληπτικών πηγών.

Στην ύπαιθρο μετρήθηκαν επί τόπου η παροχή, η θερμοκρασία νερού πηγής, η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) και το T.D.S. – Σύνολο διαλυμένων στερεών με τη βοήθεια της φορητής συσκευής LF330/SET Nr. 300 204, ενώ το pH και το Eh – Δυναμικό οξειδοαναγωγής με το pH330i/SET.

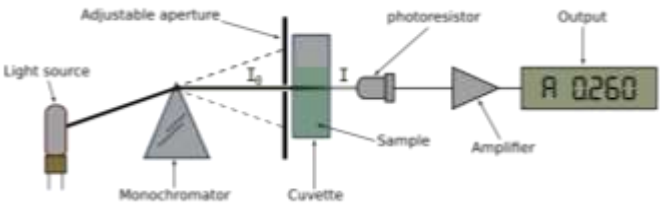
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^{ο} ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ

8.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τις χημικές αναλύσεις των 22 δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε:

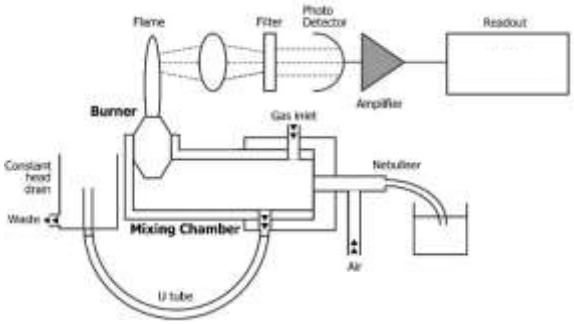
Α) Η μέθοδος των τιτλοδοτήσεων, όπου με τη συμβολή πρότυπων διαλυμάτων και κατάλληλων δεικτών δημιουργούνται έγχρωμα σύμπλοκα και προσδιορίζονται μέσω της ογκομέτρησης και της επεξεργασίας των τελικών όγκων, οι συγκεντρώσεις των εξεταζόντων μεγεθών.

Β) Η μέθοδος της φασματοφωτομετρίας περιλαμβάνει την μέτρηση μιας επιλεγμένης συχνότητας ακτινοβολίας. Μια πηγή εισάγει ακτινοβολία, η οποία μέσω του διαχωρισμού επιθυμητού μήκους κύματος (συχνότητας) από τα υπόλοιπα που παράγονται από την πηγή, μετατρέπεται σε μονοχρωματική. Η ακτινοβολία, αυτή, περνά μέσα από μια κυψελίδα (δοχείο εξέτασης δείγματος), που βρίσκεται τοποθετημένη σε υποδοχή 1cm και όσο το φως απορροφάται, μετριέται από το φωτόμετρο, παρουσιάζοντας την συγκέντρωση της εκάστοτε ένωσης, που μελετάτε.



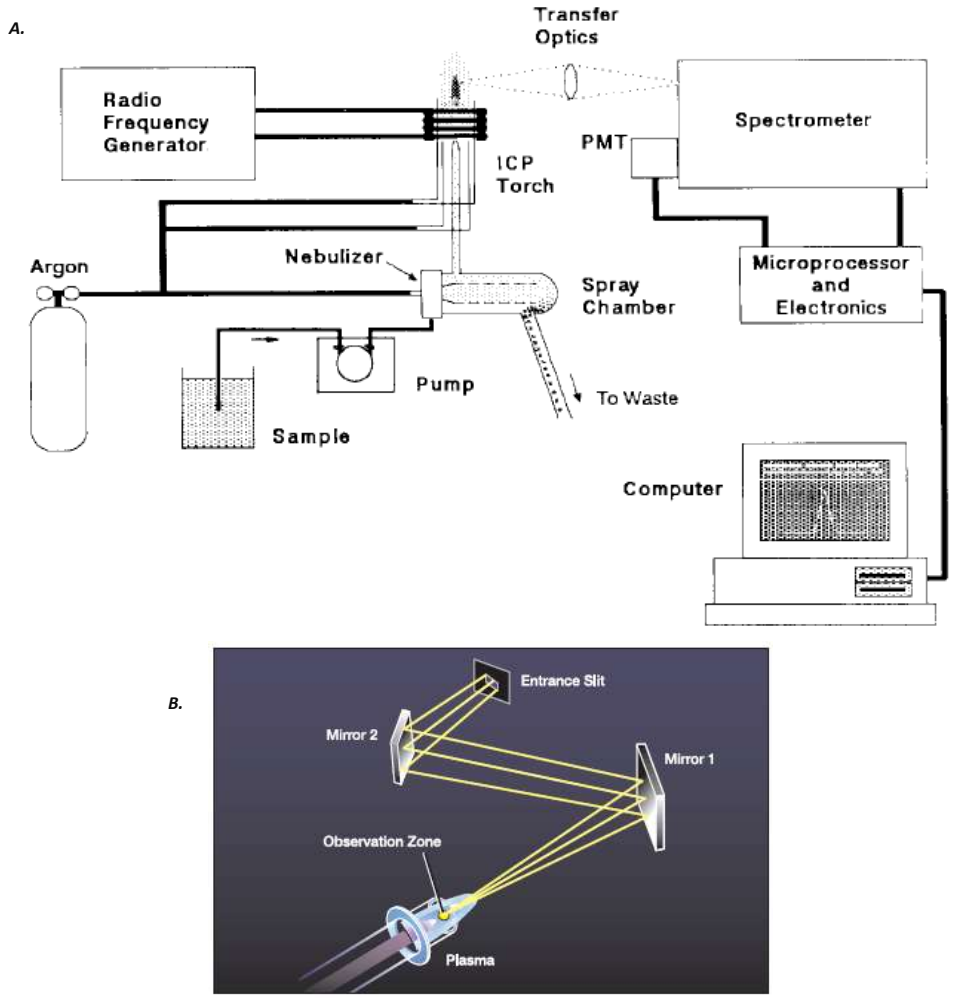
Εικόνα 8.1: Μέθοδος φασματοφωτομετρίας (από Wikipedia).

Γ) Η μέθοδος της φλογοφωτομετρίας αποτελεί την μέθοδο ατομικής εκπομπής για την ανίχνευση μεταλλικών αλάτων (Na, K, Li, Ba και Ca). Το δείγμα εισέρχεται στον εκνεφωτή και έπειτα στη φλόγα. Απομακρύνεται ο διαλύτης και ατομοποιείται το προς ανάλυση στοιχείο (π.χ. $Na^{+} + e^{-} \longrightarrow Na$). Τα άτομα που προκύπτουν διεγείρονται από τη φλόγα και εκπέμπουν χαρακτηριστική ακτινοβολία, η ισχύς της οποίας είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του μεταλλοϊόντος στο εκνεφούμενο διάλυμα. Η ακτινοβολία διέρχεται από τον μονοχρωμάτορα και απομονώνεται το επιθυμητό τμήμα του φάσματος. Το φάσμα, λοιπόν, ανιχνεύεται και καταγράφεται.

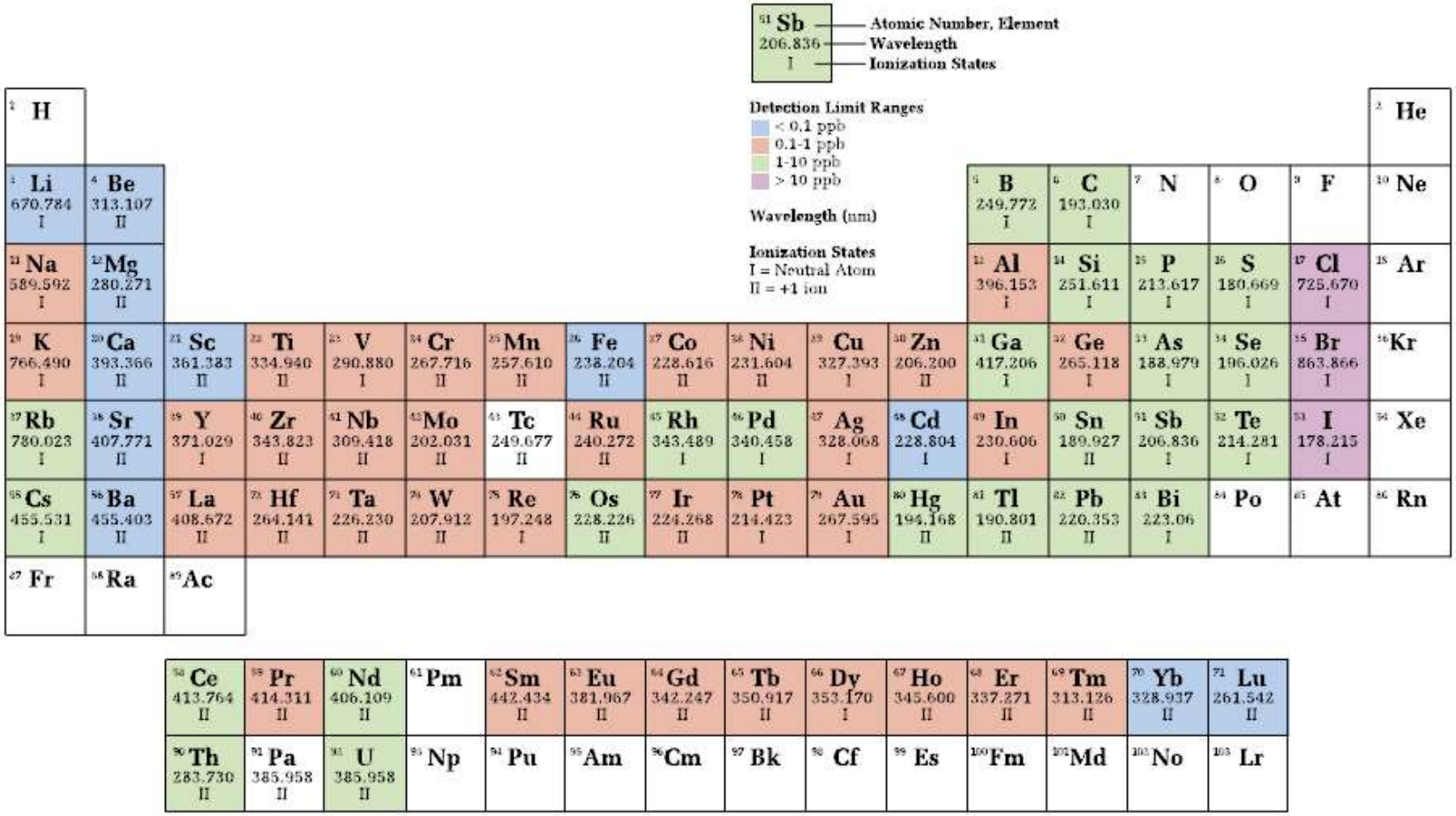


Εικόνα 8.2: Μέθοδος φλογοφωτομετρίας (από Sherwood Scientific).

Δ) Η μέθοδος φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος Αργού (ICP-OES) χρησιμοποιείται για την παραγωγή διεγερμένων ατόμων και ιόντων, που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε μήκος κύματος, που είναι χαρακτηριστικό ενός συγκεκριμένου στοιχείου. Τα δείγματα που αναλύονται, διέρχονται από μια αντλία μέσω ενός νεφελοποιητή σε ένα θάλαμο ψεκασμού. Το παραγόμενο αεροδιάλυμα οδηγείται στο πλάσμα αργού, που παράγεται στο τέλος ενός δακτυλίου με ένα επαγωγικό πηνίο, μέσω του οποίου ρέει εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται, επιταχύνει τα ηλεκτρόνια στις κυκλικές τους τροχιές. Ένα σταθερό πλάσμα διαμορφώνεται μέσα από τον *ιονισμό*, που προκύπτει από την σύγκρουση ατόμων αργού και ηλεκτρονίων. Λόγω θερμικής ενέργειας που λαμβάνουν τα ηλεκτρόνια, οδηγούνται σε υψηλότερες ενεργειακές καταστάσεις. Η μετάπτωση τους σε χαμηλότερη κατάσταση, απελευθερώνει ενέργεια υπό μορφή φωτονίων. Μέσω ενός πρίσματος και ενός κατόπτρου εστίασης, τα εκπεμπόμενα φωτόνια συλλαμβάνονται και οι μετρούμενες εντάσεις συγκρίνονται με τις εντάσεις πρότυπων γνωστής συγκέντρωσης, για να ληφθούν τελικά οι στοιχειώδεις συγκεντρώσεις των άγνωστων δειγμάτων.



Εικόνα 8.3: Α) Μέθοδος φασματομετρίας ICP-OES (από Boss&Fredeen, 2004) και Β) Αξονική παρατήρηση πλάσματος για ανίχνευση παράλληλη με τον κεντρικό άξονα του πλάσματος (από PerkinElmer).



Εικόνα 8.4: Περιοδικός πίνακας των χημικών στοιχείων με τα μήκη κύματος (wavelength) και τα όρια ανίχνευσης (detection limits) τους. Με την μέθοδο ICP-OES δεν μπορούμε να μελετήσουμε από τα Αμέταλλα: H,N,O,F και Ευγενή Αέρια, από τα Μεταλλοειδή: At και από τα Μέταλλα: i) Αλκάλια: Fr, ii) Αλκαλικές γαίες: Ra, iii) Στοιχεία μετάπτωσης: Tc και Po, iv) Λανθανίδες: Pm, v) Ακτινίδες: όλα εκτός από Th και U (από PerkinElmer). Από τα 74 συνολικά εξεταζόμενα στοιχεία του πίνακα, 11 φέρουν όριο ανίχνευσης < 0.1ppb, 36 από 0.1 έως 1ppb, 24 από 1 έως 10ppb και τα υπόλοιπα > 10ppb.

8.1.1. Τιτλοδοτήσεις (Titrations)

- *Ολική Σκληρότητα*

Για τον προσδιορισμό της ολικής σκληρότητας χρησιμοποιήθηκαν κάθε φορά 50ml δείγματος νερού και προστέθηκαν 1ml Hardness1 & 2σταγόνες Hardness2, ενώ η τιτλοδότηση πραγματοποιήθηκε με πρότυπο διάλυμα του αιθυλενοδιαμινοτετραοξικού οξέος (E.D.T.A.) 0.01M.

- *Ανθρακική Σκληρότητα*

Χρησιμοποιήθηκαν 100ml δείγματος και προστέθηκαν 2-3 σταγόνες πορτοκαλόχρουν μεθυλενίου (ως δείκτης), με την τιτλοδότηση να λαμβάνει χώρα με πρότυπο διάλυμα υδροχλωρικού οξέος (HCl) 0.1M.

- Ασβέστιο «Ca^{2+}»

Η τιτλοδότηση έγινε με EDTA 0.01M σε δείγμα 50ml, το οποίο περιείχε και 1δισκίο CalVer της Hach καθώς και 1ml Potassium Hydroxide Solution.

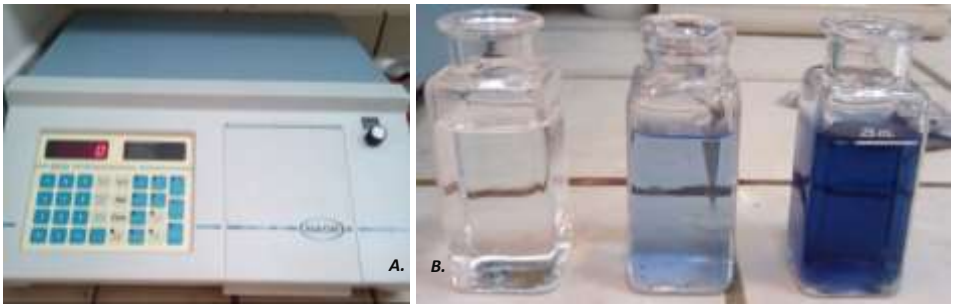
- *Χλώριο «Cl^-»*

Τα 100ml δείγματος, με 4σταγόνες δείκτη διχρωμικού καλίου (K_2CrO_4), τιτλοδοτήθηκαν μέσω χρήσης πρότυπου πυκνού διαλύματος νιτρικού αργύρου ($AgNO_3$) 0.1N.

Εικόνα 8.5: Στάδια τιτλοδότησης χλωρίου στο εργαστήριο Γεωλογίας και Ορυκτολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

8.1.2. Φασματοφωτομετρική απορρόφηση (Spectrophotometry)

Ο προσδιορισμός των αμμωνιακών 'NH_4^+', των νιτρικών 'NO_3^-', των φωσφορικών 'PO_4^{3-}' και των θειϊκών ιόντων 'SO_4^{2-}' καθώς και του διοξειδίου του πυριτίου 'SiO_2' διεξήχθη με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου Hach DR/3000 Spectrophotometer και τη χρήση των αντίστοιχων αντιδραστηρίων. Η λειτουργία του οργάνου λαμβάνει χώρα σε μήκη κύματος από 340nm έως 1000nm και σε θερμοκρασία 10 - 40°C.



Εικόνα 8.6: Α. Φασματοφωτόμετρο Hach DR/300 και Β. Αναλύσεις δειγμάτων με τη βοήθεια αντιδραστηρίων της Hach στο εργαστήριο Γεωλογίας και Ορυκτολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

- NH_4 : Σε 25ml δείγματος νερού προστέθηκαν 3σταγόνες Mineral Stabilizer, 3σταγόνες Polyvinyl Alcool και 1ml Nessler Reagent και προσδιορίστηκαν σε μήκος κύματος 425nm.
- NO_3 : Σε μήκος κύματος 500nm τοποθετήθηκαν 25ml δείγματος με ένα δισκίο NitraVer 5 Nitrate Reagent.
- PO_4 : 25ml δείγματος στο οποίο αναδεύεται ένα δισκίο Phosver 3 Phosphate Reagent σε μήκος κύματος 890nm.
- SO_4 : Σε μήκος κύματος 450nm του προγράμματος βάζουμε 25ml δείγματος με 1 δισκίο SulfaVer 4 Reagent Powder.
- SiO_2 : Σε 25ml δείγματος προσθέτουμε ένα δισκίο Molybdate Reagent for Silica, ένα δισκίο Acid Reagent και ένα δισκίο Citric Acid και προσδιορίζουμε σε μήκος κύματος 410nm.

8.1.3. Φλογοφωτομετρική μέθοδος (Flame photometry)

Χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των στοιχείων του νατρίου (Na) και του καλίου (K) μέσω του οργάνου Flame Photometer, Sherwood model 410. Το μήκος κύματος εκπομπής του νατρίου είναι 589nm με παραγόμενο κίτρινο χρώμα φλόγας, ενώ του καλίου είναι 766nm με παραγόμενο βιολετί χρώμα, σε θερμοκρασίες 1500 – 2000°C. Η συγκεκριμένη μέθοδος για τον προσδιορισμό των αλκαλίων, επιλέχθηκε, διότι α) τα χαρακτηριστικά μήκη κύματος απομονώνονται εύκολα εξαιτίας του ευρέος φάσματος διαχωρισμού και β) τα άτομα φθάνουν σε διεγερμένη κατάσταση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με εκείνες, κατά τις οποίες άλλα στοιχεία διεγείρονται.

Εικόνα 8.7: Φλογοφωτόμετρο Sherwood 410 (από Sherwood Scientific).

8.1.4. Μέθοδος φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος Αργού (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry)

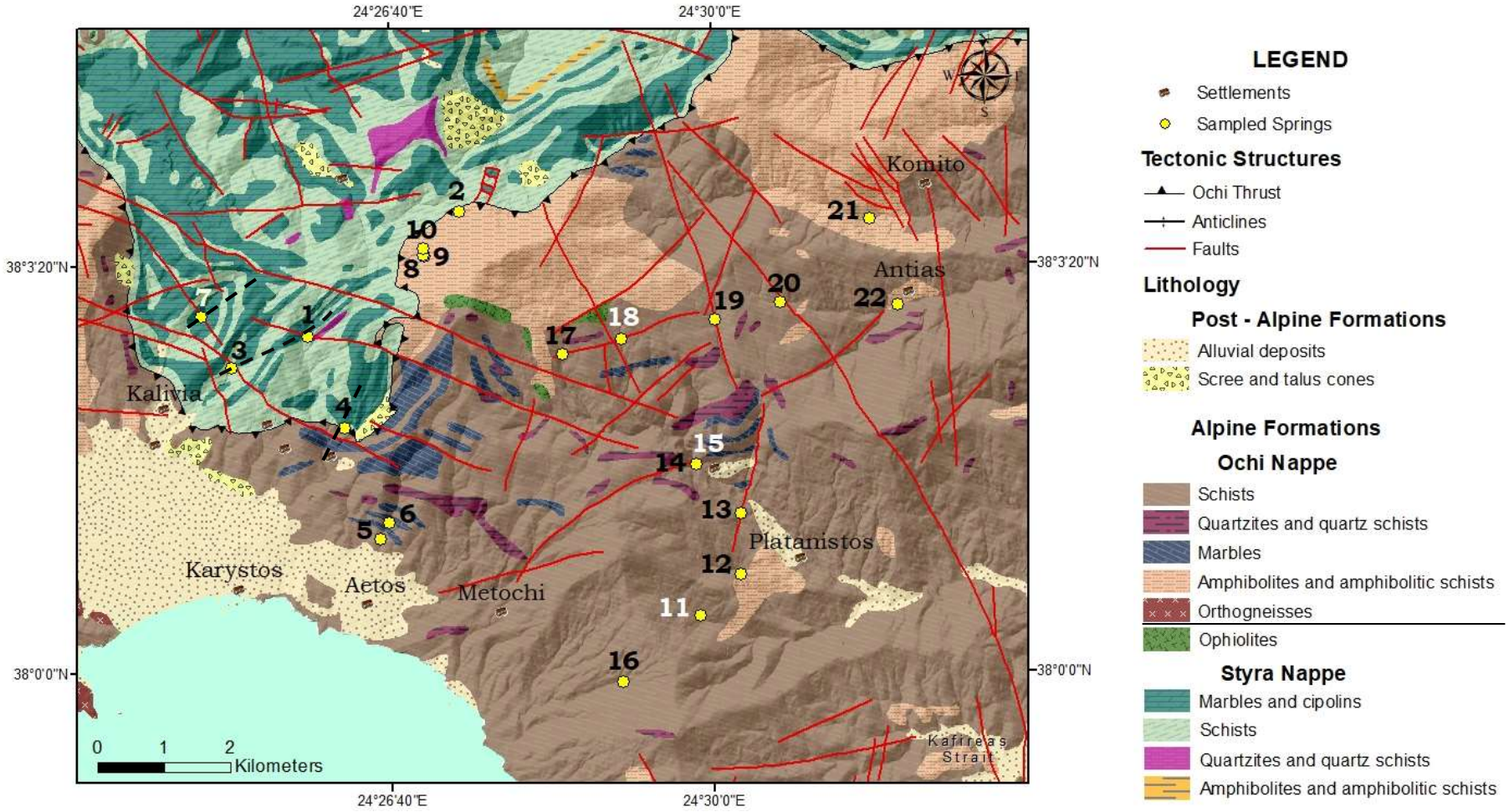
Οι αναλύσεις των δειγμάτων για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων σε Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Tl, U, Zn, Sr, Se, Si, Co και Sb πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του οργάνου Optima 8000 ICP-OES PerkinElmer.

Πίνακας 66. Παράμετροι μεθόδου ανάλυσης χημικών στοιχείων για το ICP-OES PerkinElmer Optima 8000

Parameter	Optimum Condition
Injector	Alumina 2mm
Sample tubing	Standard 0.76mm
Drain tubing	Standard 1.14mm
Quartz torch	Single slot
Sample capillary	Teflon® 1mm
Sample vials	Polypropylene
Source equilibrium delay	10sec
Plasma aerosol type	Wet
Temperature ionized argon plasma	10.000K
Nebulizer start up	Instant
RF Power	1.5 kW
Plasma flow	8 l/min
Outer argon flow	15 l/min
Intermediate argon flow	2 l/min
Inner argon flow & Nebulizer flow	0.7 l/min
Auxiliary flow	0.2 l/min
Sample flow rate	1.1 ml/min
Plasma viewing	Axial, Radial
Processing mode	Peak area
Auto integration (min – max)	10 – 20 sec
Read delay	50 sec
Replicates	2
Background correction	2-point, manual

Εικόνα 8.8: Φασματόμετρο ICP-OES PerkinElmer Optima 8000 στο εργαστήριο Γεωλογίας και Ορυκτολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

8.2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΠΗΓΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



Εικόνα 8.9: Γεωλογικός χάρτης με τις θέσεις δειγματοληψίας. Με λευκό χρώμα αρίθμησης διαχωρίζονται οι πηγές που αναλύθηκα και με τη μέθοδο ICP-OES. Οι διακεκομμένες μαύρες γραμμές αντιστοιχούν στις διευθύνσεις των γεωλογικών τομών για τις πηγές 1 & 3 (Εικ. 8.14), πηγή 4 (Εικ. 8.17) και πηγή 7 (Εικ. 8.23).

ΠΗΓΗ ΠΑΝΑΓΙΑΣ

Η πηγή βρίσκεται ΒΒΑ της πόλης της Καρύστου, σε υψόμετρο 468m. Εμφανίζεται εντός της ενότητας «Στύρων», στην επαφή χαλαζιτών και σχιστόλιθων και σχετίζεται με τεκτονική δομή διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Το υδροφόρο στρώμα είναι τα σιπολινομάρμαρα, που βρίσκονται λίγο ψηλότερα από την εκδήλωση της πηγής. Η συγκεκριμένη πηγή συνδέεται με το σπήλαιο της Αγίας Τριάδας.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 1

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:25:54.84E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:02:50.88N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής

ΥΠΑΡΞΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Μύλων

Εικόνα 8.10: Πανοραμική άποψη με τη θέση της πηγής (π) Παναγίας.

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 13.3
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 13.5
- pH: 7.3
- Eh (mV): 267

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 371

TDS (mg/l): 323

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 146.00
- Ανθρακική : 144.54
- Μόνιμη : 1.46

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	56.0	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	176.9
Μαγνήσιο	Mg^{++}	1.6	**Χλωριούχα**	Cl^-	14.2
Νάτριο	Na^+	18.5	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	11.5
Κάλιο	K^+	1.8	**Νιτρικά**	NO_3^-	3.1
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.483

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 2.2

ΠΗΓΗ ΌΧΗΣ

Η πηγή βρίσκεται ΒΒΑ της πόλης της Καρύστου, στη ΒΔ πλευρά της κορυφής «Προφήτης Ηλίας» και σε υψόμετρο 949m. Εμφανίζεται στην επώθηση των δυο καλυμμάτων, με τεκτονικά υπερκείμενη τη σειρά «Όχης» (μεταβασικά πετρώματα και μεταιζήματα της σειράς «Όχη – Παξιμάδα») και υποκείμενη την ακολουθία Στύρων (σχιστόλιθοι).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 2

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:27:29.454E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:03:55.41N

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Αγίου Δημητρίου (Καρκαλάς)

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 22.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 9.4
- pH: 7.2
- Eh (mV): 248

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 78

TDS (mg/l): 67

Εικόνα 8.11: Πηγή (π) Όχης.

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 22.00
- Ανθρακική : 17.44
- Μόνιμη : 4.56

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	3.2	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	21.4
Μαγνήσιο	Mg^{++}	3.4	**Χλωριούχα**	Cl^-	17.7
Νάτριο	Na^+	10.0	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	3.4
Κάλιο	K^+	0.5	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.8
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 1.050

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.7

ΠΗΓΗ ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ

Η θέση της πηγής βρίσκεται στους δυτικούς πρόποδες της Όχης, σε απόσταση 5km περίπου βόρεια της Καρύστου και σε υψόμετρο 175m. Πρόκειται για μια καρστική πηγή επαφής μαρμάρων/σιπολίνων και σχιστόλιθων του καλύμματος Στύρων με υψηλές παροχές ακόμα και τη θερινή περίοδο. Στην εκδήλωση της συμβάλλουν τόσο οι συνεχείς λιθοστρωματογραφικές εναλλαγές, όσο και οι εκτατικές δομές διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 3

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:25:5.73E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:02:34.056N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Επαφής - Καρστική

ΥΠΑΡΞΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Λάλας

Εικόνα 8.12: Πανοραμική άποψη με τη θέση της πηγής Αγίας Τριάδας και την είσοδο του σπηλαίου της.

Εικόνα 8.13: Πηγή (π) Αγίας Τριάδας.

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): <500.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 11.8
- pH: 7.9
- Eh (mV): 260

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 248

TDS (mg/l): 217

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

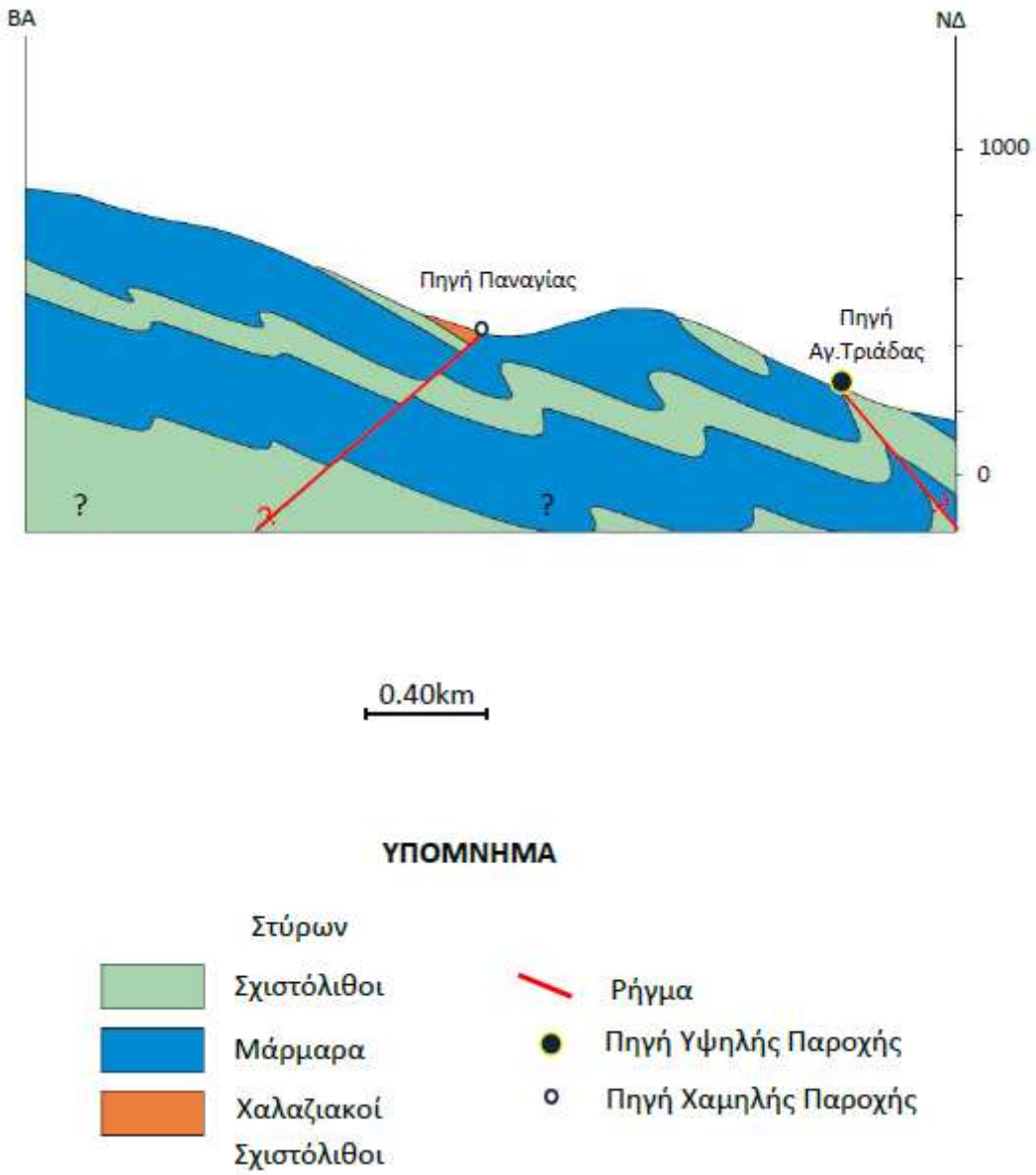
- Ολική : 104.00
- Ανθρακική : 102.17
- Μόνιμη : 1.83

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	34.4	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	125.1
Μαγνήσιο	Mg^{++}	4.5	**Χλωριούχα**	Cl^-	21.3
Νάτριο	Na^+	12.8	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	5.2
Κάλιο	K^+	0.8	**Νιτρικά**	NO_3^-	3.1
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.725

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.6



Εικόνα 8.14: Γεωλογική τομή των πηγών Παναγίας (δείγμα 1) και Αγίας Τριάδας (δείγμα 3) σύμφωνα με τον χάρτη της Εικ. 8.9.

ΠΗΓΗ ΜΥΛΩΝ - ΑΓΙΩΝ ΘΕΟΔΩΡΩΝ

Στον κατάφυτο οικισμό της Γούρνας με τους δεκαπέντε νερόμυλους, στα ΒΑ του Castello Rosso και σε απόσταση 5km από την Κάρυστο βρίσκεται η πηγή των Μύλων (Αγίων Θεοδώρων), μια πηγή ρηγματογενής και επαφής μεταξύ μαρμάρων και σχιστόλιθων της Όχης (σειρά «Κακή Σκάλα»). Απαντά σε υψόμετρο 279m με συνεχή ροή σε όλη τη διάρκεια του έτους.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 4

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:26:18.31E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:02:7.91N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Επαφής – Καρστική & Ρηγματογενής

ΥΠΑΡΞΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Μύλων

Εικόνα 8.15: Πανοραμική άποψη με τη θέση της πηγής Μύλων (Αγίων Θεοδώρων).

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 160.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 13.8
- pH: 7.8
- Eh (mV): 273

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 338

TDS (mg/l): 294

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 170.00
- Ανθρακική : 139.55
- Μόνιμη : 30.45

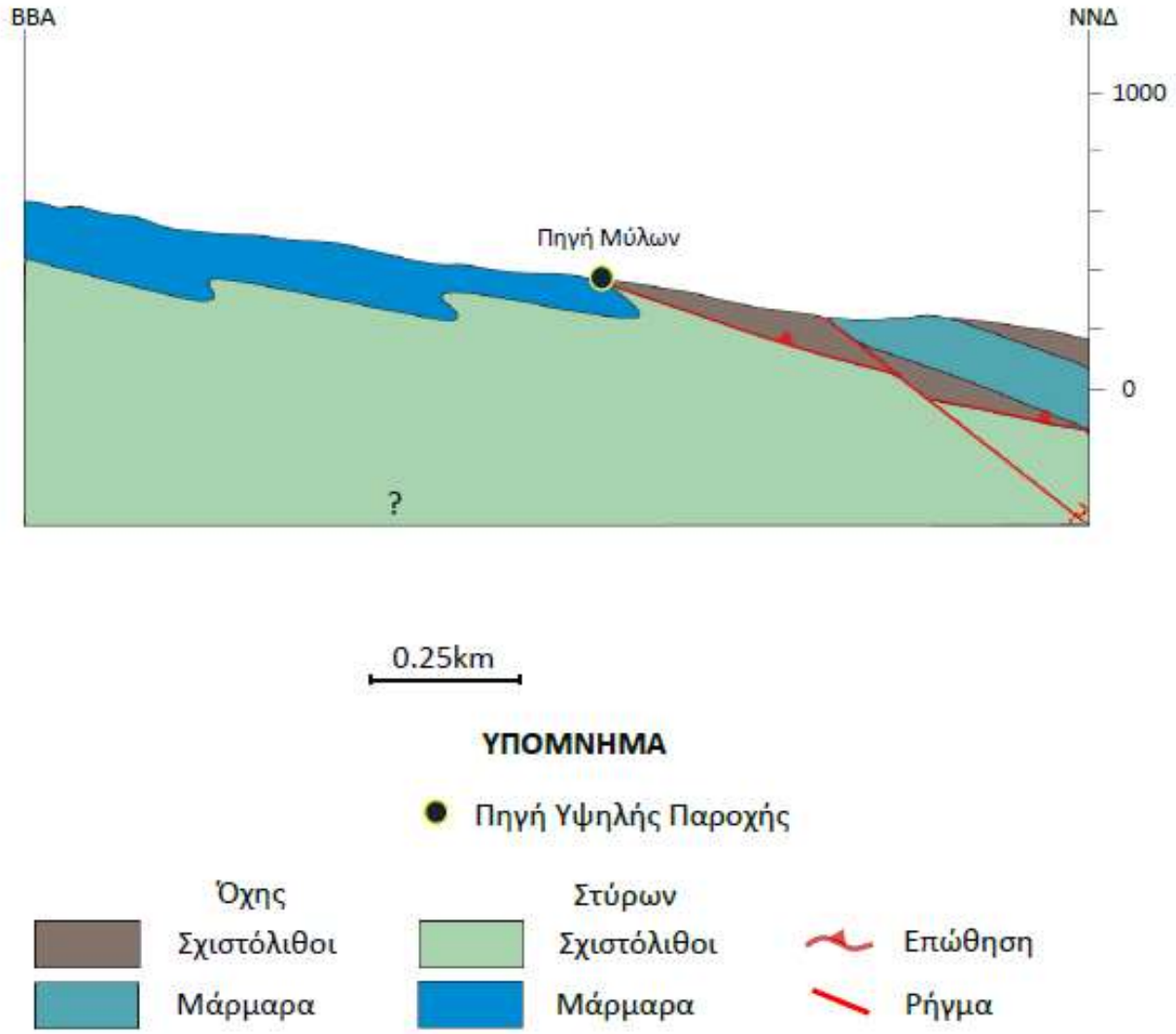
Εικόνα 8.16: Πηγή (π) Μύλων.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	56.0	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	170.8
Μαγνήσιο	Mg^{++}	7.4	**Χλωριούχα**	Cl^-	31.9
Νάτριο	Na^+	15.9	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	6.7
Κάλιο	K^+	0.8	**Νιτρικά**	NO_3^-	0.9
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.105

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.3



Εικόνα 8.17: Γεωλογική τομή της πηγής Μύλων (δείγμα 4) σύμφωνα με τον χάρτη της Εικ. 8.9.

ΠΗΓΗ ΆΝΩ ΑΕΤΟΥ

Τοποθετείται στην επαφή μαρμάρων και σχιστόλιθων Όχης (σειρά «Κακή Σκάλα») στη νότια κλιτύ του ομώνυμου όρους και σε υψόμετρο 116m. Η πηγή εκδηλώνεται μέσα σε σχιστόλιθους, ωστόσο το υδροφόρο στρώμα είναι τα μάρμαρα, που βρίσκονται ανάντη της.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 5

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:26:39.402E

ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ 38:01:14.286N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Επαφής

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Άνω Αετού

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 25.5
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 16.6
- pH: 8.1
- Eh (mV): 265

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 383

TDS (mg/l): 331

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 200.00
- Ανθρακική : 184.41
- Μόνιμη : 15.59

Εικόνα 8.18: Πηγή Άνω Αετού.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	59.2	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	225.8
Μαγνήσιο	Mg^{++}	12.8	**Χλωριούχα**	Cl^-	28.4
Νάτριο	Na^+	15.1	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	8.2
Κάλιο	K^+	0.6	**Νιτρικά**	NO_3^-	2.2
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.128

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.0

ΠΗΓΗ ΆΝΩ ΑΕΤΟΥ

Η δεύτερη πηγή του Άνω Αετού συνδέεται με εναλλαγές μαρμάρων και σχιστόλιθων της Όχης καθώς επίσης και με ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Εμφανίζεται σε υψόμετρο άνω των 120m, στο οποίο κατά θέσεις απαντούν Mn-ούχα μεταλλεύματα.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 6

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:26:39.83E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:01:14.860N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Επαφής & Ρηγματογενής

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Άνω Αετού

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 72.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 18.6
- pH: 8.1
- Eh (mV): 194

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 425

TDS (mg/l): 372

Εικόνα 8.19: Πανοραμική άποψη με τη θέση της πηγής Άνω Αετού.

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 202.00
- Ανθρακική : 189.39
- Μόνιμη : 12.61

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	67.2	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	231.9
Μαγνήσιο	Mg^{++}	8.4	**Χλωριούχα**	Cl^-	35.5
Νάτριο	Na^+	19.3	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	10.9
Κάλιο	K^+	0.8	**Νιτρικά**	NO_3^-	3.1
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{---}) σε mg/l : 0.290

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.4

ΠΗΓΗ ΛΑΛΑΣ

Κάτω από το οροπέδιο των Πλακωτών και τα Στεφάνια της Λάλας, μέσα στο φαράγγι με τα υπεραιωνόβια πλατάνια, βρίσκουμε την συγκεκριμένη πηγή στην επαφή σιπολινομαρμάρων και σχιστόλιθων Στύρων και σε υψόμετρο 141m. Το είδος της συνδέεται και την τεκτονική της περιοχής, δηλαδή βρίσκεται στην συμβολή ενός ρήγματος, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ με την απόληξη της μεγα-αντικλινικής δομής της Όχης, που φέρει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Το υδροφόρο στρώμα είναι τα σιπολινομάρμαρα, οι «πάγκοι» των οποίων ξεχωρίζουν ανάντη της πηγής.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 7

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:24:47.616E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:03:1.518N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Επαφής - Καρστική & Ρηγματογενής

ΥΠΑΡΞΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Λάλας

Εικόνα 8.20: Πανοραμική άποψη με τη θέση της πηγής (π) Λάλας.

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): <500.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 13.9
- pH: 8.3
- Eh (mV): 273

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 309

TDS (mg/l): 265

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 132.00
- Ανθρακική : 129.58
- Μόνιμη : 2.42

Εικόνα 8.21: Παλιό υδραγωγείο Λάλας.

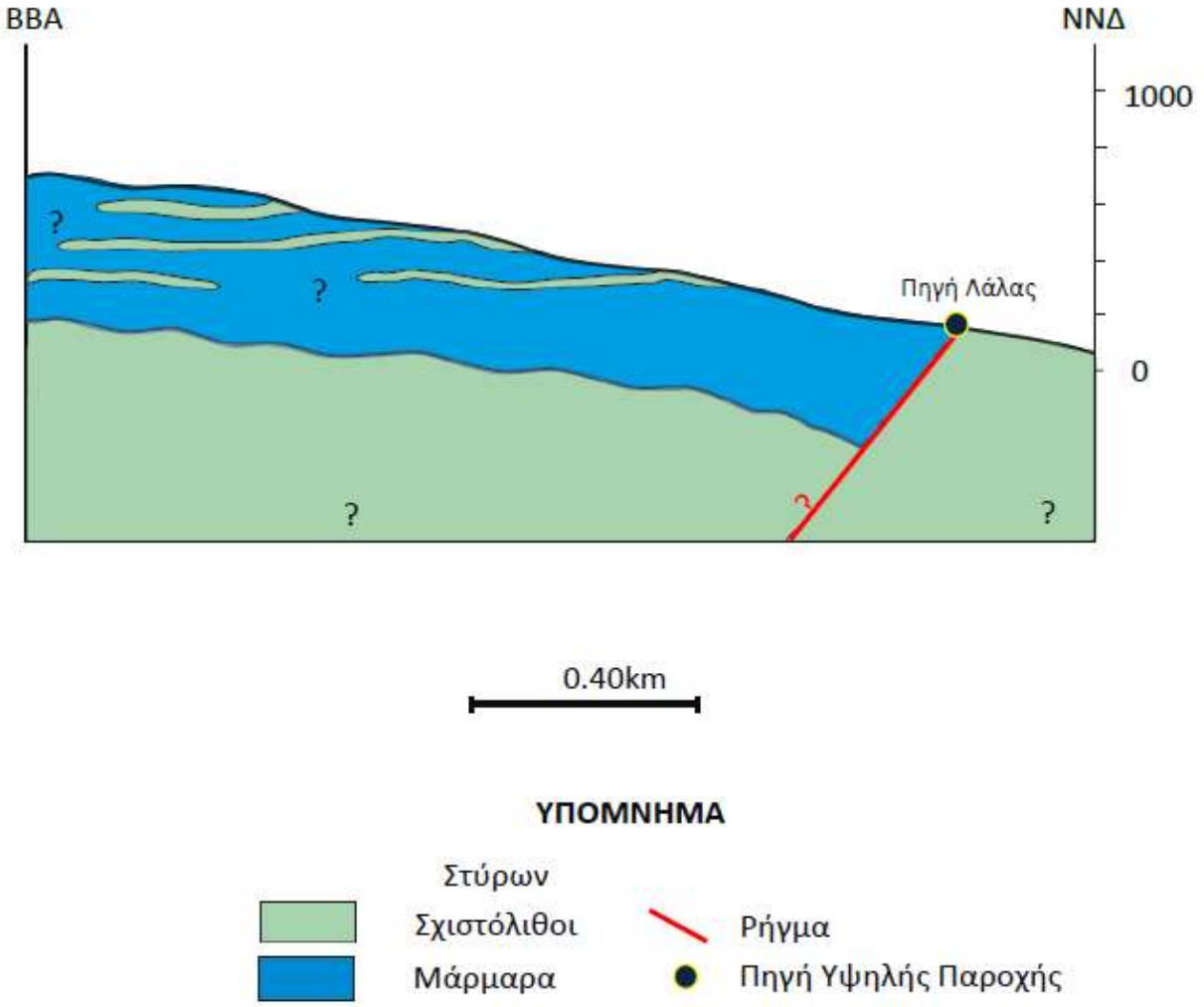
Εικόνα 8.22: Μικρός καταρράκτης κοντά στην πηγή Λάλας.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	47.2	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	158.6
Μαγνήσιο	Mg^{++}	3.5	**Χλωριούχα**	Cl^-	31.9
Νάτριο	Na^+	15.3	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	7.1
Κάλιο	K^+	0.8	**Νιτρικά**	NO_3^-	3.1
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 1.980

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.3



Εικόνα 8.23: Γεωλογική τομή της πηγής Λάλας (δείγμα 7) σύμφωνα με τον χάρτη της Εικ. 8.9.

ΠΗΓΕΣ ΌΧΗΣ

Στα δυτικά του ορεινού συγκροτήματος της Όχης, μέσα στο σύμπλεγμα της απαντά μια σειρά από πηγές που εκφορτίζουν τα αντίστοιχα πρανή της με χαρακτηριστικές εποχιακές διακυμάνσεις στις παροχές τους. Είτε μέσα στα μεταβασικά πετρώματα, είτε μέσα στα μεταιζήματα του συμπλέγματος «Όχης – Παξιμάδας», που ανήκουν στην υδρολογική λεκάνη του Αγίου Δημητρίου, επιλέχθηκαν οι ακόλουθες θέσεις των δειγμάτων 8 έως 10 για αναλύσεις.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 8

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:27:3.954E

ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ 38:03:26.262N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 823 (m)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Αγίου Δημητρίου

Εικόνα 8.24: Πηγή Όχης (δείγμα 8).

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 12.5
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 12.5
- pH: 7.9
- Eh (mV): 245

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 101

TDS (mg/l): 87

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 24.00
- Ανθρακική : 22.43
- Μόνιμη : 1.57

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	4.8	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	27.5
Μαγνήσιο	Mg^{++}	2.9	**Χλωριούχα**	Cl^-	21.3
Νάτριο	Na^+	12.2	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	4.0
Κάλιο	K^+	0.3	**Νιτρικά**	NO_3^-	2.6
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.035

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.6

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 9

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:27:4.662E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:03:26.994N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 836 (m)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Αγίου Δημητρίου

Εικόνα 8.25: Πηγή Όχης (δείγμα 9).

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 5.5
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 14.1
- pH: 7.9
- Eh (mV): 242

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 98

TDS (mg/l): 85

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 36.00
- Ανθρακική : 29.90
- Μόνιμη : 6.10

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	5.6	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	36.6
Μαγνήσιο	Mg^{++}	5.4	**Χλωριούχα**	Cl^-	24.8
Νάτριο	Na^+	12.5	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	5.7
Κάλιο	K^+	0.4	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.0
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.068

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.4

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 10

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:27:7.176E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:03:33.558N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 860 (m)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Αγίου Δημητρίου

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 9.6 (από 3 πηγές μαζί η μία δίπλα στην άλλη)
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 13.8
- pH: 7.9
- Eh (mV): 241

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 87

TDS (mg/l): 75

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 26.00
- Ανθρακική : 19.94
- Μόνιμη : 6.06

Εικόνα 8.26: Δύο εκ των τριών πηγών, για τη συγκεκριμένη γεωγραφική θέση.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	2.8	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	24.4
Μαγνήσιο	Mg^{++}	4.7	**Χλωριούχα**	Cl^-	21.3
Νάτριο	Na^+	12.1	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	9.4
Κάλιο	K^+	0.4	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.0
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.047

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.5

ΠΗΓΗ ΜΕΤΟΧΙΟΥ-ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ

Στα ΝΑ της κορυφής Αετόπετρες, μετά τον μικρο-οικισμό του Μετοχίου, η πηγή απαντά μέσα σε ένα σχιστολιθικό περιβάλλον της Όχης και συγκεκριμένα στην σειρά «Καστρί», σε υψόμετρο 297m. Χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου δείγματος είναι η ημι-διαφανής εικόνα που παρουσιάζει εξαιτίας της σχετικά υψηλής συγκέντρωσης νατρίου. Η εμφάνιση της πηγής συνδέεται με άξονα αντικλινικής δομής διεύθυνσης περίπου ΒΑ-ΝΔ.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

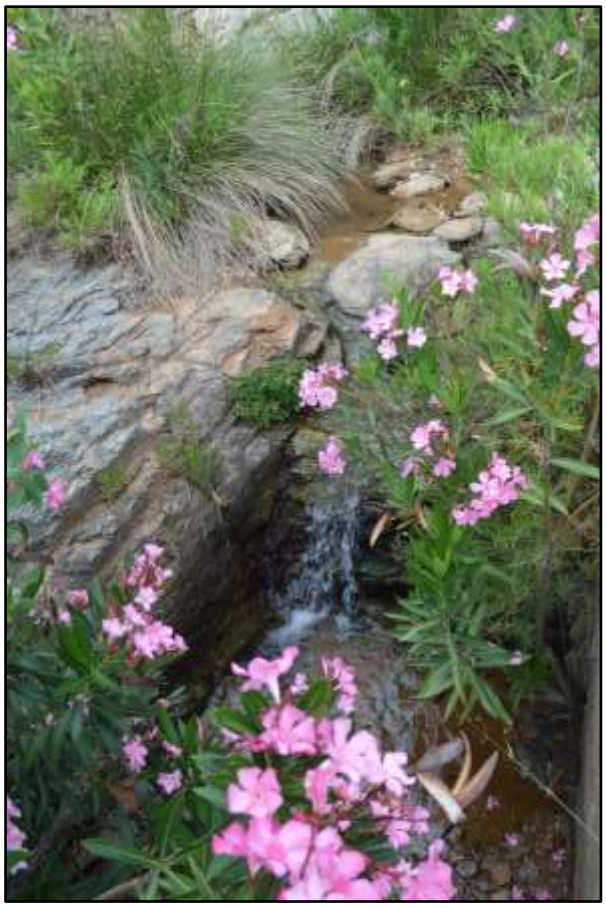
ΔΕΙΓΜΑ: 11

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:29:57.978E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:00:36.168N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 297 (m)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού



Εικόνα 8.27: Πηγή Μετοχίου - Πλατανιστού.

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 5.3
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 18.6
- pH: 7.5
- Eh (mV): 254

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 668

TDS (mg/l): 574

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 222.00
- Ανθρακική : 184.41
- Μόνιμη : 37.59

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	52.8	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	225.8
Μαγνήσιο	Mg^{++}	22.1	**Χλωριούχα**	Cl^-	95.8
Νάτριο	Na^+	63.0	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	38.8
Κάλιο	K^+	1.1	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.0
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.160

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 7.6

ΠΗΓΗ ΜΕΤΟΧΙΟΥ-ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ

Στη γεωλογική σειρά «Καστρί» απαντά και η συγκεκριμένη πηγή, σε υψόμετρο 289m. Μόλις 5km περίπου από τον οικισμό του Πλατανιστού, ανήκει και στην αντίστοιχη λεκάνη απορροής του μαζί με την παραπάνω πηγή.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 12

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:30:22.794E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:00:57.3N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 7.2
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 19.6
- pH: 7.9
- Eh (mV): 196

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 560

TDS (mg/l): 482

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 208.00
- Ανθρακική : 189.39
- Μόνιμη : 18.61

Εικόνα 8.28: Πηγή Μετοχίου – Πλατανιστού.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	58.4	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	231.9
Μαγνήσιο	Mg^{++}	15.3	**Χλωριούχα**	Cl^-	70.9
Νάτριο	Na^+	47.0	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	28.6
Κάλιο	K^+	1.4	**Νιτρικά**	NO_3^-	2.2
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.108

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 3.1

ΠΗΓΗ ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ

Στις ανατολικές πλαγιές των Αετόπετρων, 6 συνολικά πηγές απαντούν μέσα στους σχιστόλιθους (κυρίως χαλαζιακούς) του καλύμματος Όχης και συγκεκριμένα της σειράς «Καστρί», ενώ βορειότερα οι σχιστόλιθοι με τα μεγαμπλοκ ραδιολαριτών ανήκουν στη σειρά «Κακή Σκάλα». Η συγκεκριμένη πηγή χαρτογραφήθηκε σε υψόμετρο 286m και συνδέεται με ρηξιγενής ζώνη διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 13

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:30:34.662E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:01:29.904N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 175.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 15.5
- pH: 8.3
- Eh (mV): 215

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 307

TDS (mg/l): 266

Εικόνα 8.29: Καταρράκτης Πλατανιστού, όπου συγκεντρώνονται τα νερά 6 πηγών.

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 144.00
- Ανθρακική : 114.63
- Μόνιμη : 29.37

Εικόνα 8.30: Πηγές Πλατανιστού.

Εικόνα 8.31: Πηγή Πλατανιστού.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	44.8	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	140.3
Μαγνήσιο	Mg^{++}	7.9	**Χλωριούχα**	Cl^-	35.5
Νάτριο	Na^+	16.5	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	6.5
Κάλιο	K^+	0.7	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.4
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.100

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.3

Εικόνα 8.32: Πανοραμική άποψη των 6 πηγών που διαμορφώνουν τον καταρράκτη στο χωριό του Πλατανιστού.

ΠΗΓΕΣ ΕΠΑΝΟΧΩΡΙΟΥ

Σε μια ανόθευτη περιοχή πυκνής βλάστησης, κοντά στα 30km ανατολικά από την Κάρυστο, διαμορφώνεται το φαράγγι του Επανοχωρίου, από το οποίο διέρχεται ρέμα με κρυστάλλινα νερά, που ξεκινά από τους νότιους πρόποδες του όρους Όχη και εκβάλλει στο Αιγαίο – στην παραλία Ποτάμι. Κάτω από το πέτρινο γεφύρι Αρτινής δόμησης με τον μισογκρεμισμένο νερόμυλο συγκεντρώνονται τα νερά άνω των 12 σε αριθμό πηγών, δυτικά του γραφικού οικισμού Επανοχωρίου, που απέχει 4km βόρεια του Πλατανιστού. Οι υψηλές παροχές (<500.0 m^3/h) οφείλονται στις εναλλαγές μαρμάρων/σιπολίνων, χαλαζιτών και σχιστόλιθων της Όχης. Στις καρστικές πηγές Επανοχωρίου επιλέχθηκαν δύο θέσεις δειγματοληψίας – μία στα ΝΔ πρανή (δείγμα 14) που συνδέεται με μια ρηξιγενή δομή μήκους 3.5km περίπου και διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και μια στα ΒΑ πρανή (δείγμα 15), όπου πρόκειται για μια κατεξοχήν πηγή επαφής μαρμάρων-σχιστόλιθων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 14

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:29:53.27E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:01:54.30N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 362 (m)

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής

ΥΠΑΡΞΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 12.6
- pH: 7.9
- Eh (mV): 239

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 278

TDS (mg/l): 241

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 114.00
- Ανθρακική : 104.66
- Μόνιμη : 9.34

Εικόνα 8.33: Πηγές Επανοχωρίου (δείγμα 14).

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	34.4	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	128.1
Μαγνήσιο	Mg^{++}	6.9	**Χλωριούχα**	Cl^-	28.4
Νάτριο	Na^+	14.5	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	3.5
Κάλιο	K^+	0.6	**Νιτρικά**	NO_3^-	3.5
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.143

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.6

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 15

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:29:53.45E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:01:54.37N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 365 (m)

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Επαφής - Καρστική

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού

Εικόνα 8.34: Πανοραμική άποψη με τη θέση των πηγών Επανοχωρίου.

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 12.9
- pH: 8.4
- Eh (mV): 299

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 401

TDS (mg/l): 350

Εικόνα 8.35: Υψηλές συγκεντρώσεις νερού για τις πηγές Επανοχωρίου.

Εικόνα 8.36: Πηγές Επανοχωρίου (δείγμα 15).

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 118.00
- Ανθρακική : 99.68
- Μόνιμη : 18.32

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	42.4	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	122.0
Μαγνήσιο	Mg^{++}	3.0	**Χλωριούχα**	Cl^-	31.9
Νάτριο	Na^+	14.5	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	4.3
Κάλιο	K^+	0.6	**Νιτρικά**	NO_3^-	2.2
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.158

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.1

ΠΗΓΗ ΜΕΤΟΧΙΟΥ

Μετά τον οικισμό του Μετοχίου και σε υψόμετρο 262m, είναι η συγκεκριμένη πηγή, η οποία απαντά στο νοτιότερο σημείο χαρτογράφησης. Η ορυκτολογική σύσταση των σχιστόλιθων της Όχης (σειρά «Καστρί») και η γεωγραφική θέση (κοντά στο στενό του Καφηρέα) προσδίδουν μια θολερότητα στο δείγμα. Συνδέεται με άξονα αντικλινικής δομής, ίδιας με αυτής που σχετίζεται με την πηγή 11.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 16

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 09/06/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:29:54.41E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:00:4.074N

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Μετοχίου

Εικόνα 8.37: Πηγή Μετοχίου.

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 4.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 19.3
- pH: 8.3
- Eh (mV): 206

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 525

TDS (mg/l): 459

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 150.00
- Ανθρακική : 99.68
- Μόνιμη : 50.32

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	40.8	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	122.0
Μαγνήσιο	Mg^{++}	11.8	**Χλωριούχα**	Cl^-	102.8
Νάτριο	Na^+	59.0	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	32.0
Κάλιο	K^+	0.5	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.0
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.129

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 2.0

ΠΗΓΕΣ ΌΧΗΣ

Στα ανατολικά του ορεινού συγκροτήματος της Όχης απαντά μια σειρά από πηγές που εκφορτίζουν τα αντίστοιχα πρανή της και συνδέονται με εκτατικά ρήγματα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΔ-ΝΑ. Επιλέχθηκαν τέσσερις θέσεις δειγμάτων (17, 18, 19 και 20) άνω των 740m υψόμετρου.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 17

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/07/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:28:34.476E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:02:42.72N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 783 (m)

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής (συνδέεται με ρηξιγενή ζώνη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού

Εικόνα 8.38: Πηγή Όχης (δείγμα 17).

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 6.4
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 19.5
- pH: 7.4
- Eh (mV): 240

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 131

TDS (mg/l): 113

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 40.00
- Ανθρακική : 34.89
- Μόνιμη : 5.11

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	4.0	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	42.7
Μαγνήσιο	Mg^{++}	7.3	**Χλωριούχα**	Cl^-	17.7
Νάτριο	Na^+	16.5	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	7.3
Κάλιο	K^+	0.3	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.4
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.468

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 2.9

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 18

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/07/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:29:6.684E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:02:51.282N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 792 (m)

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής (στη συμβολή ρηξιγενών ζωνών διευθύνσεων ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΑ-ΝΔ)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 22.3
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 18.2
- pH: 8.3
- Eh (mV): 272

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 144

TDS (mg/l): 124

Εικόνα 8.39: Πανοραμική άποψη της πηγής Όχης (δείγμα 18).

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 42.00
- Ανθρακική : 34.89
- Μόνιμη : 7.11

Εικόνα 8.40: Παροχή πηγής.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	11.2	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	42.7
Μαγνήσιο	Mg^{++}	3.4	**Χλωριούχα**	Cl^-	21.3
Νάτριο	Na^+	13.6	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	7.6
Κάλιο	K^+	0.2	**Νιτρικά**	NO_3^-	4.4
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.551

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 1.6

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 19

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/07/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:30:8.328E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:02:59.256N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 810 (m)

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής (συνδέεται με ρηξιγενή ζώνη ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Πλατανιστού (αποστράγγιση Νότιων Πρανών Μηλιάς)

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 24.6
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 16.3
- pH: 8.3
- Eh (mV): 155

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 137

TDS (mg/l): 117

Εικόνα 8.41: Διπλή Πηγή Όχης (δείγμα 19).

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 32.00
- Ανθρακική : 24.92
- Μόνιμη : 7.08

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	7.2	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	30.5
Μαγνήσιο	Mg^{++}	3.4	**Χλωριούχα**	Cl^-	28.4
Νάτριο	Na^+	16.3	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	3.5
Κάλιο	K^+	0.2	**Νιτρικά**	NO_3^-	3.1
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 1.467

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 3.1

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 20

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/07/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:31:1.032E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:03:9.768N

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 745 (m)

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής (συνδέεται με ρηξιγενή ζώνη ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης)

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Αντιάς (Αποστράγγιση ΝΑ πρανών Μηλιάς)

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 8.5
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 19.4
- pH: 7.9
- Eh (mV): 221

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 150

TDS (mg/l): 129

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 44.00
- Ανθρακική : 34.89
- Μόνιμη : 9.11

Εικόνα 8.42: Πηγή Όχης (δείγμα 20).

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	11.2	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	42.7
Μαγνήσιο	Mg^{++}	3.9	**Χλωριούχα**	Cl^-	28.4
Νάτριο	Na^+	16.1	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	4.6
Κάλιο	K^+	0.4	**Νιτρικά**	NO_3^-	2.6
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.240

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 2.4

ΠΗΓΗ ΚΟΜΙΤΟΥ

Σε μια κατάφυτη περιοχή, σε υψόμετρο 451m, παρουσιάζονται υψηλές παροχές για την πηγή Κομίτου, οι οποίες συνδέονται με την λιθολογία του συμπλέγματος της Όχης (μάρμαρα, αμφιβολίτες και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι – σειρά «Καστρί»). Η έντονη τεκτονική καταπόνηση των πετρωμάτων εξαιτίας των ρηγμάτων και των διακλάσεων, κύριας διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, έχει αποτελέσει δίοδο για τα νερά των βόρειων πρανών της κορυφής Μηλιά και των νοτιο/ανατολικών της κορυφής Κερασιά, τα οποία και εκτονώνονται στην συγκεκριμένη θέση. Η πηγή υδρομαστεύεται και καλύπτει τις ανάγκες των λιγοστών κατοίκων του μικρο-οικισμού του Κομίτου.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 21

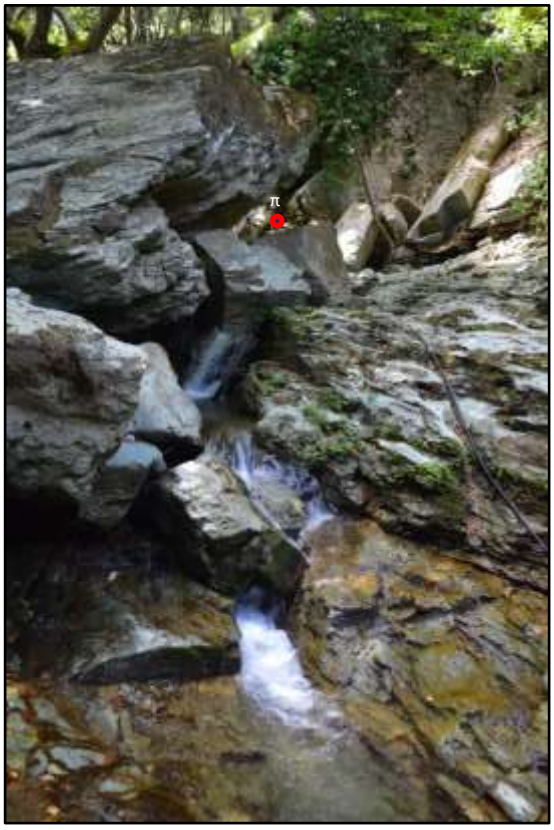
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/07/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:31:46.068E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:03:49.554N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής

ΥΠΑΡΞΗ ΥΔΡΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Κομίτου



Εικόνα 8.43: Πηγή Κομίτου.

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): <500.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 18.5
- pH: 8.3
- Eh (mV): 247

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 162

TDS (mg/l): 139

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 50.00
- Ανθρακική : 44.86
- Μόνιμη : 5.14

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	16.0	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	54.9
Μαγνήσιο	Mg^{++}	2.5	**Χλωριούχα**	Cl^-	21.3
Νάτριο	Na^+	15.6	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	5.9
Κάλιο	K^+	0.3	**Νιτρικά**	NO_3^-	3.5
Αμμωνιακά	NH_4^+	<0.1			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 1.191 **Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή** (SiO_2) σε mg/l : 3.5

ΠΗΓΗ ΑΝΤΙΑΣ

Στο ρέμα της Αντιάς ανάμεσα στις κορυφές Μηλιά και Αηδόνι εμφανίζεται πλήθος πηγών μέσα στους σχιστόλιθους του καλύμματος της Όχης – σειρά «Καστρί», που συνδέονται με ρήγματα τόσο διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, όσο και με ρήγματα εγκάρσιας ως προς τα προηγούμενα διεύθυνσης. Η πηγή του δείγματος 22 χαρτογραφήθηκε σε υψόμετρο 522m, στην επαφή αμφιβολιτών, μαρμαρυγιακών και χαλαζιακών σχιστόλιθων, στην απόληξη μιας ρηξιγενούς ζώνης, διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΔΕΙΓΜΑ: 22

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 03/07/17

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ: ΓΕΩΓΡ.ΜΗΚΟΣ 24:32:3.306E **ΓΕΩΓΡ.ΠΛΑΤΟΣ** 38:03:7.77N

ΕΙΔΟΣ ΠΗΓΗΣ: Ρηγματογενής

ΥΠΟ-ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ: Αντιάς

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/h): 29.0
- ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T (°C): 19.8
- pH: 8.3
- Eh (mV): 210

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm): 259

TDS (mg/l): 223

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ($CaCO_3$ mg/l)

- Ολική : 90.00
- Ανθρακική : 79.74
- Μόνιμη : 10.26

Εικόνα 8.44: Πηγή Αντιάς.

Περιέχει σε mg/l

ΚΑΤΙΟΝΤΑ			ΑΝΙΟΝΤΑ		
Ασβέστιο	Ca^{++}	28.0	**Οξ.Ανθρακικά**	HCO_3^-	97.6
Μαγνήσιο	Mg^{++}	4.9	**Χλωριούχα**	Cl^-	31.9
Νάτριο	Na^+	20.7	**Θειϊκά**	SO_4^{--}	8.6
Κάλιο	K^+	0.5	**Νιτρικά**	NO_3^-	2.6
Αμμωνιακά	NH_4^+	0.01			

Δευτερεύοντα ανόργανα ιόντα (PO_4^{--}) σε mg/l : 0.745

Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή (SiO_2) σε mg/l : 2.4

Πίνακας 67. Αποτελέσματα υδροχημικών αναλύσεων

	ΧΗΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΕΝΩΣΕΙΣ (mg/l)											TDS (mg/l)	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (mg/l)		
	Ca	*Mg*	*Na*	*K*	HCO_3	*Cl*	SO_4	NO_3	NH_4	P_2O_5	SiO_2		*ΟΛΙΚΗ*	*ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ*	*ΜΟΝΙΜΗ*
ΑΝΩΤΑΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΤΑ ΟΡΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΕΕ 98/83 (mg/l)	100	50	200	12	-	250	250	50	0.5	5	-				
ΠΗΓΕΣ															
1. ΠΑΝΑΓΙΑΣ	56.0	1.6	18.5	1.8	176.9	14.2	11.5	3.1	<0.1	0.36	2.2	283.96	146.00	144.54	1.46
2. ΌΧΗΣ	3.2	3.4	10.0	0.5	21.4	17.7	3.4	4.8	<0.1	0.78	1.7	65.18	22.00	17.44	4.56
3. ΑΓ.ΤΡΙΑΔΑΣ	34.4	4.5	12.8	0.8	125.1	21.3	5.2	3.1	<0.1	0.54	1.6	207.74	104.00	102.17	1.83
4. ΜΥΛΩΝ	56.0	7.4	15.9	0.8	170.8	31.9	6.7	0.9	<0.1	0.20	1.3	290.60	170.00	139.55	30.45
5. ΑΕΤΟΥ	59.2	12.8	15.1	0.6	225.8	28.4	8.2	2.2	<0.1	0.10	1.0	352.40	200.00	184.41	15.59
6. ΑΕΤΟΥ	67.2	8.4	19.3	0.8	231.9	35.5	10.9	3.1	<0.1	0.22	1.4	377.32	202.00	189.39	12.61
7. ΛΑΛΑΣ	47.2	3.5	15.3	0.8	158.6	31.9	7.1	3.1	<0.1	0.78	1.3	268.28	132.00	129.58	2.42
8. ΌΧΗΣ	4.8	2.9	12.2	0.3	27.5	21.3	4.0	2.6	<0.1	0.03	1.6	75.63	24.00	22.43	1.57
9. ΌΧΗΣ	5.6	5.4	12.5	0.4	36.6	24.8	5.7	4.0	<0.1	0.05	1.4	95.05	36.00	29.90	6.10
10. ΌΧΗΣ	2.8	4.7	12.1	0.4	24.4	21.3	9.4	4.0	<0.1	0.04	1.5	79.14	26.00	19.94	6.06
11. ΜΕΤΟΧΙΟΥ – ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	52.8	22.1	63.0	1.1	225.8	95.8	38.8	4.0	<0.1	0.12	7.6	503.52	222.00	184.41	37.59
12. ΜΕΤΟΧΙΟΥ – ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	58.4	15.3	47.0	1.4	231.9	70.9	28.6	2.2	<0.1	0.08	3.1	455.78	208.00	189.39	18.61
13. ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	44.8	7.9	16.5	0.7	140.3	35.5	6.5	4.4	<0.1	0.07	1.3	256.67	144.00	114.63	29.37
14. ΕΠΑΝΟΧΩΡΙΟΥ	34.4	6.9	14.5	0.6	128.1	28.4	3.5	3.5	<0.1	0.11	1.6	220.01	114.00	104.66	9.34
15. ΕΠΑΝΟΧΩΡΙΟΥ	42.4	3.0	14.5	0.6	122.0	31.9	4.3	2.2	<0.1	0.12	1.1	221.02	118.00	99.68	18.32
16. ΜΕΤΟΧΙΟΥ	40.8	11.8	59.0	0.5	122.0	102.8	32.0	4.0	<0.1	0.10	2.0	373.00	150.00	99.68	50.32
17. ΌΧΗΣ	4.0	7.3	16.5	0.3	42.7	17.7	7.3	4.4	<0.1	0.35	2.9	100.55	40.00	34.89	5.11
18. ΌΧΗΣ	11.2	3.4	13.6	0.2	42.7	21.3	7.6	4.4	<0.1	0.41	1.6	104.81	42.00	34.89	7.11
19. ΌΧΗΣ	7.2	3.4	16.3	0.2	30.5	28.4	3.5	3.1	<0.1	1.10	3.1	93.70	32.00	24.92	7.08
20. ΌΧΗΣ	11.2	3.9	16.1	0.4	42.7	28.4	4.6	2.6	<0.1	0.22	2.4	110.12	44.00	34.89	9.11
21. ΚΟΜΙΤΟΥ	16.0	2.5	15.6	0.3	54.9	21.3	5.9	3.5	<0.1	0.89	3.5	120.89	50.00	44.86	5.14
22. ΑΝΤΙΑΣ	28.0	4.9	20.7	0.5	97.6	31.9	8.6	2.6	<0.1	0.56	2.4	195.36	90.00	79.74	10.26

8.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Πίνακας 68. Σκληρότητα σε Γερμανικούς Βαθμούς (°dH)

ΠΗΓΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΟΛΙΚΗ	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ	ΜΟΝΙΜΗ
1. ΠΑΝΑΓΙΑΣ	8.20	8.12	0.08
2. ΌΧΗΣ	1.24	0.98	0.26
3. ΑΓ.ΤΡΙΑΔΑΣ	5.84	5.74	0.10
4. ΜΥΛΩΝ	9.55	7.84	1.71
5. ΆΝΩ ΑΕΤΟΥ	11.24	10.36	0.88
6. ΆΝΩ ΑΕΤΟΥ	11.35	10.64	0.71
7. ΛΑΛΑΣ	7.42	7.28	0.14
8. ΌΧΗΣ	1.35	1.26	0.09
9. ΌΧΗΣ	2.02	1.68	0.34
10. ΌΧΗΣ	1.46	1.12	0.34
11. ΜΕΤΟΧΙΟΥ – ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	12.47	10.36	2.11
12. ΜΕΤΟΧΙΟΥ – ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	11.69	10.64	1.05
13. ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	8.09	6.44	1.65
14. ΕΠΑΝΟΧΩΡΙΟΥ	6.40	5.88	0.52
15. ΕΠΑΝΟΧΩΡΙΟΥ	6.63	5.60	1.03
16. ΜΕΤΟΧΙΟΥ	8.43	5.60	2.83
17. ΌΧΗΣ	2.25	1.96	0.29
18. ΌΧΗΣ	2.36	1.96	0.40
19. ΌΧΗΣ	1.80	1.40	0.40
20. ΌΧΗΣ	2.47	1.96	0.51
21. ΚΟΜΙΤΟΥ	2.81	2.52	0.29
22. ΑΝΤΙΑΣ	5.06	4.48	0.58

Για την μετατροπή της σκληρότητας σε Γερμανικούς βαθμούς (°dH) ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Αρχικά μέσω της τιτλοδότησης, υπολογίστηκαν τα ml του ανθρακικού ασβεστίου για την Ολική σκληρότητα, πολλαπλασιάστηκαν για κάθε δείγμα με τον αριθμό «20» για να μετατραπούν σε mg/l και έπειτα διαιρέσαμε με τον αριθμό «17.8» για να προκύψουν οι γερμανικοί βαθμοί.

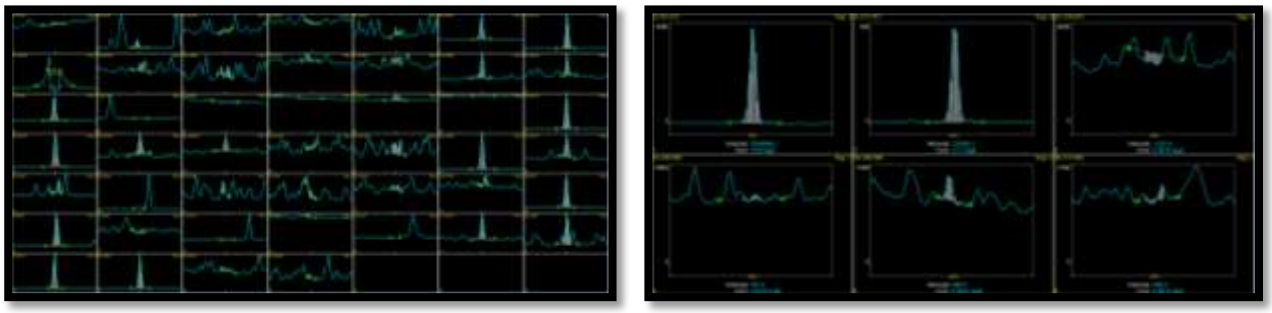
Ομοίως, μέσω τιτλοδότησης βρήκαμε τα ml της ανθρακικής σκληρότητας, που αντιστοιχούν σε meq/l ανθρακικού οξέος, τα οποία και πολλαπλασιάσαμε για κάθε δείγμα ξεχωριστά με τον συντελεστή «2.8», για να υπολογίσουμε σε γερμανικούς βαθμούς την ανθρακική σκληρότητα.

Τέλος, οι γερμανικοί βαθμοί για την μόνιμη σκληρότητα παράχθηκαν μέσω αφαίρεσης των γερμανικών βαθμών ανθρακικής από την ολική σκληρότητα.

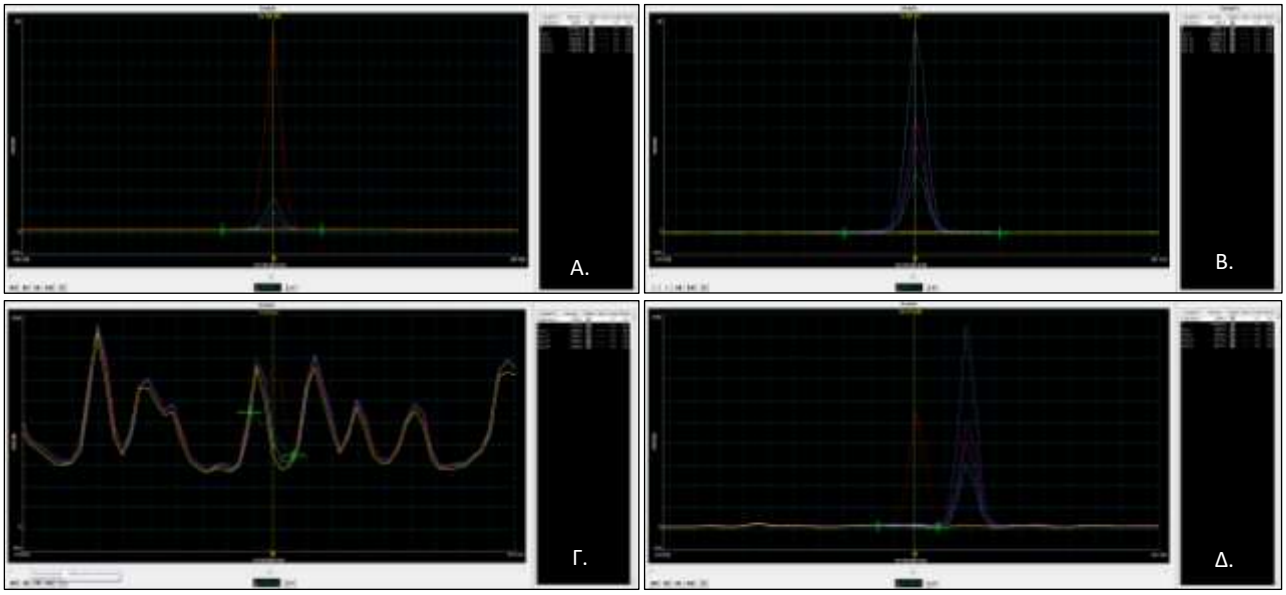
8.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ICP – OES

Για τη βαθμονόμηση του οργάνου δημιουργήθηκαν 10 πρότυπα διαλύματα (Standards), βασισμένα σε 9 αρχικά πρότυπα (Stock standards) της PerkinElmer. Τα αποτελέσματα που διεξήχθησαν, επεξεργάστηκαν (reprocessing) μέσω του λογισμικού WinLab 32 for ICP V 5.5 της PerkinElmer για κάθε ένα από τα 50 μήκη κύματος, που είχαν επιλεχθεί στην αρχική φάση διαμόρφωσης της μεθόδου υπολογισμού των δειγμάτων.

Για την ανάλυση των χημικών στοιχείων στο ICP – OES επιλέχθηκαν 4 πηγές, που αντιπροσωπεύουν τους σχηματισμούς και των δυο καλυμμάτων, καθώς και τους δυο κύριους τύπους υδροφόρων συστημάτων της περιοχής μελέτης. Πιο αναλυτικά, μελετήθηκαν οι πηγές Λάλας (7) και Πλατανιστού (15), που αν και ανήκουν σε καρστικό μέσο, η πρώτη αντιπροσωπεύει τα μεταμορφωμένα ασβεστολιθικά πετρώματα των Στύρων και η δεύτερη της Όχης. Επιπλέον, επιλέχθηκε η πηγή Μετοχίου – Πλατανιστού (11), ως μια από τις νοτιότερες πηγές του σχιστολιθικού περιβάλλοντος της Όχης και η πηγή Όχης (18), η οποία βρίσκεται περίπου στα 800m υψόμετρο, κοντά στο μεταοφιολιθικό σύμπλεγμα.



Εικόνα 8.45: Διαγράμματα με τα μήκη κύματος και τις συγκεντρώσεις κάθε εξεταζόμενου στοιχείου.



Εικόνα 8.46: Διαγράμματα συγκεκριμένων στοιχείων (Α. «Ba» σε μήκος κύματος 455.403nm, Β. «Si» σε μήκος κύματος 251.611nm, Γ. «P» σε μήκος κύματος 213.617nm και Δ. «Ni» σε μήκος κύματος 221.648nm) κατά τη φάση επεξεργασίας (reprocessing) για απαλοιφή παρεμβολών από τα υπόλοιπα στοιχεία, που ανιχνεύονται σε κοντινά μήκη κύματος.

Πίνακας 69. Αποτελέσματα στοιχείων μέσω της φασματομετρίας οπτικής εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος Αργού

Χημικά στοιχεία (Chemical elements)	Analyte (mg/l)	**Sample**	λ (nm)	**Sample**	λ (nm)	**Sample**	λ (nm)	**Sample**	λ (nm)	Detection Limits (PerkinElmer)	
		7		**11**		**15**		**18**		μg/l	mg/l
Αργίλιο (Aluminum)	Al	**0.0303**	396.153	**0.0205**	396.153	**0.0259**	396.153	**0.224**	308.215	1.00	0.001
Αρσενικό (Arsenic)	As	**<0.00001**	188.979	**<0.00001**	188.979	**<0.00001**	188.979	**0.0091**	193.696	1.00	0.001
Βάριο (Barium)	Ba	**0.0093**	455.403	**0.0152**	233.527	**0.0018**	455.403	**0.0052**	455.403	0.03	0.00003
Ασβέστιο (Calcium)	Ca	**56.10**	317.933	**53.60**	317.933	**35.00**	317.933	**65.80**	317.933	0.05	0.00005
Κάδμιο (Cadmium)	Cd	**0.0087**	214.440	**0.0059**	214.440	**0.0063**	214.440	**0.0029**	214.440	0.10	0.0001
Χρώμιο (Chromium)	Cr	**0.0019**	205.560	**0.0006**	267.716	**0.0014**	267.716	**0.0017**	267.716	0.20	0.0002
Σίδηρος (Iron)	Fe	**0.0045**	238.204	**0.0021**	239.562	**0.0018**	239.562	**0.024**	239.562	0.10	0.0001
Κάλιο (Potassium)	K	**0.913**	766.490	**1.70**	766.490	**0.638**	766.490	**0.36**	766.490	1.00	0.001
Λανθάνιο (Lanthanum)	La	**<0.00001**	398.852	**<0.00001**	398.852	**<0.00001**	398.852	**<0.00001**	398.852	0.40	0.0004
Λίθιο (Lithium)	Li	**<0.00001**	670.784	**0.0009**	670.784	**<0.00001**	460.286	**<0.00001**	670.784	0.30	0.0003
Μαγνήσιο (Magnesium)	Mg	**4.37**	285.213	**22.40**	285.213	**5.34**	279.077	**4.52**	285.213	0.04	0.00004
Μαγγάνιο (Manganese)	Mn	**0.0006**	257.610	**0.0009**	257.610	**<0.00001**	257.610	**0.0027**	257.610	0.10	0.0001
Μολυβδαίνιο (Molybdenum)	Mo	**0.0049**	203.845	**0.0011**	202.031	**0.0033**	203.845	**0.0009**	203.845	0.50	0.0005
Νάτριο (Sodium)	Na	**16.70**	330.237	**72.90**	330.237	**16.50**	330.237	**12.80**	330.237	0.50	0.0005
Νικέλιο (Nickel)	Ni	**0.0018**	231.604	**<0.00001**	221.648	**0.0025**	231.604	**0.0017**	231.604	0.50	0.0005
Φώσφορος (Phosphorus)	P	**0.0766**	213.617	**0.0414**	214.914	**0.0818**	213.617	**0.0854**	213.617	4.00	0.004
Μόλυβδος (Lead)	Pb	**0.007**	220.353	**<0.00001**	217.000	**0.0097**	220.353	**0.0074**	220.353	1.00	0.001
Θάλλιο (Thallium)	Tl	**<0.00001**	190.801	**<0.00001**	276.787	**<0.00001**	190.801	**<0.00001**	190.801	2.00	0.002
Ουράνιο (Uranium)	U	**<0.00001**	385.958	**<0.00001**	385.958	**<0.00001**	385.958	**<0.00001**	385.958	10.00	0.01
Ψευδάργυρος (Zinc)	Zn	**0.0236**	213.857	**0.0094**	206.200	**0.0126**	213.857	**0.0275**	206.200	0.20	0.0002
Στρόντιο (Strontium)	Sr	**0.129**	421.552	**0.256**	421.552	**0.0569**	407.771	**0.0527**	407.771	0.05	0.00005
Σελήνιο (Selenium)	Se	**0.0151**	203.985	**<0.00001**	203.985	**<0.00001**	203.985	**0.0138**	203.985	2.00	0.002
Πυρίτιο (Silicon)	Si	**2.56**	251.611	**8.50**	212.412	**3.61**	212.412	**4.70**	212.412	10.00	0.01
Κοβάλτιο (Cobalt)	Co	**0.0140**	238.892	**0.0103**	238.892	**0.0102**	238.892	**0.0102**	238.892	0.20	0.0002
Αντιμόνιο (Antimony)	Sb	**0.0009**	206.836	**0.0014**	206.836	**<0.00001**	206.836	**0.0009**	217.582	2.00	0.002

Τα αποτελέσματα από την μέθοδο φασματομετρίας παρουσίασαν ότι:

1. Τα χημικά στοιχεία λανθάνιο (La) και θάλλιο (Tl), αν και έχουν βρεθεί σε ορυκτολογικές αναλύσεις βιβλιογραφικών αναφορών, στις χημικές αναλύσεις για τα συγκεκριμένα δείγματα δεν ανιχνεύθηκαν.
2. Το ραδιενεργό ουράνιο (U) δεν υφίσταται ως συγκέντρωση σε κανένα δείγμα.
3. Το μαγγάνιο (Mn), ο σίδηρος (Fe), το αργίλιο (Al), το χρώμιο (Cr), το νικέλιο (Ni) και το κοβάλτιο (Co) στο δείγμα 18 προέρχεται από τα κοιτάσματα του οφιολιθικού συμπλέγματος.
4. Το αρσενικό (As) στο δείγμα 18 συνδέεται με τα βασικά οφιολιθικά πετρώματα και τους σχιστόλιθους της Όχης.
5. Το σελήνιο (Se) συνδέεται με τον αλλανίτη των ασβεστιτικών/επιδοτιτικών σχιστόλιθων των Στύρων στο δείγμα 7 και των αμφιβολιτικών σχιστόλιθων της Όχης στο δείγμα 18.
6. Το αντιμόνιο (Sb) υπολογίστηκε στα δείγματα 7,11 και 18, με μέγιστη τιμή στο δείγμα 11, ενώ αναμενόταν να υπερτερεί στη πηγή της Λάλας (δείγμα 7) οφειλόμενες στα εκρηκτικά της εξόρυξης της «λίθου της Καρύστου» των πλέον εγκαταλελειμμένων λατομείων της εν λόγω περιοχής. Η συγκέντρωση του στο δείγμα 11 πιθανόν συνδέεται με τους μεταβασάλτες που απαντούν ανάντη της πηγής.
7. Συγκρίνοντας τις δυο καρστικές πηγές (7 και 15), οι συγκεντρώσεις των στοιχείων του δείγματος 7 υπερβαίνουν τις αντίστοιχες του δείγματος 15, εκτός από τα στοιχεία Mg, Ni, P, Pb και Si, όπου μεγαλύτερες συγκεντρώσεις έχουμε στο δείγμα 15, γεγονός που οφείλεται στον επηρεασμό από τους γεωλογικούς σχηματισμούς της Όχης (επιδοτιτικούς, γλαυκοφανιτικούς και αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους, μεταβασικά και υπερβασικά πετρώματα).
8. Στο διάγραμμα Ni (Εικ.8.46.Δ) με μήκος κύματος 221.648nm παρατηρήθηκε, πως σε όλα τα δείγματα, που εξετάστηκαν, εμπεριέχεται το νιόβιο – Nb.
9. Σύμφωνα με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια της ποιότητας του πόσιμου νερού της ΕΕ (98/83 EC) έχουμε για:
    - Αργίλιο (Al) και Σίδηρο (Fe): 200μg/l
    - Χρώμιο (Cr) και Μαγγάνιο (Mn): 50μg/l
    - Νικέλιο (Ni): 20μg/l
    - Αρσενικό (As), Μολυβδαίνιο (Mo), Μόλυβδο (Pb) και Σελήνιο (Se): 10μg/l
    - Αντιμόνιο (Sb): 5μg/l

    τα τέσσερα δείγματα δεν ξεπερνούν τα συγκεκριμένα όρια.

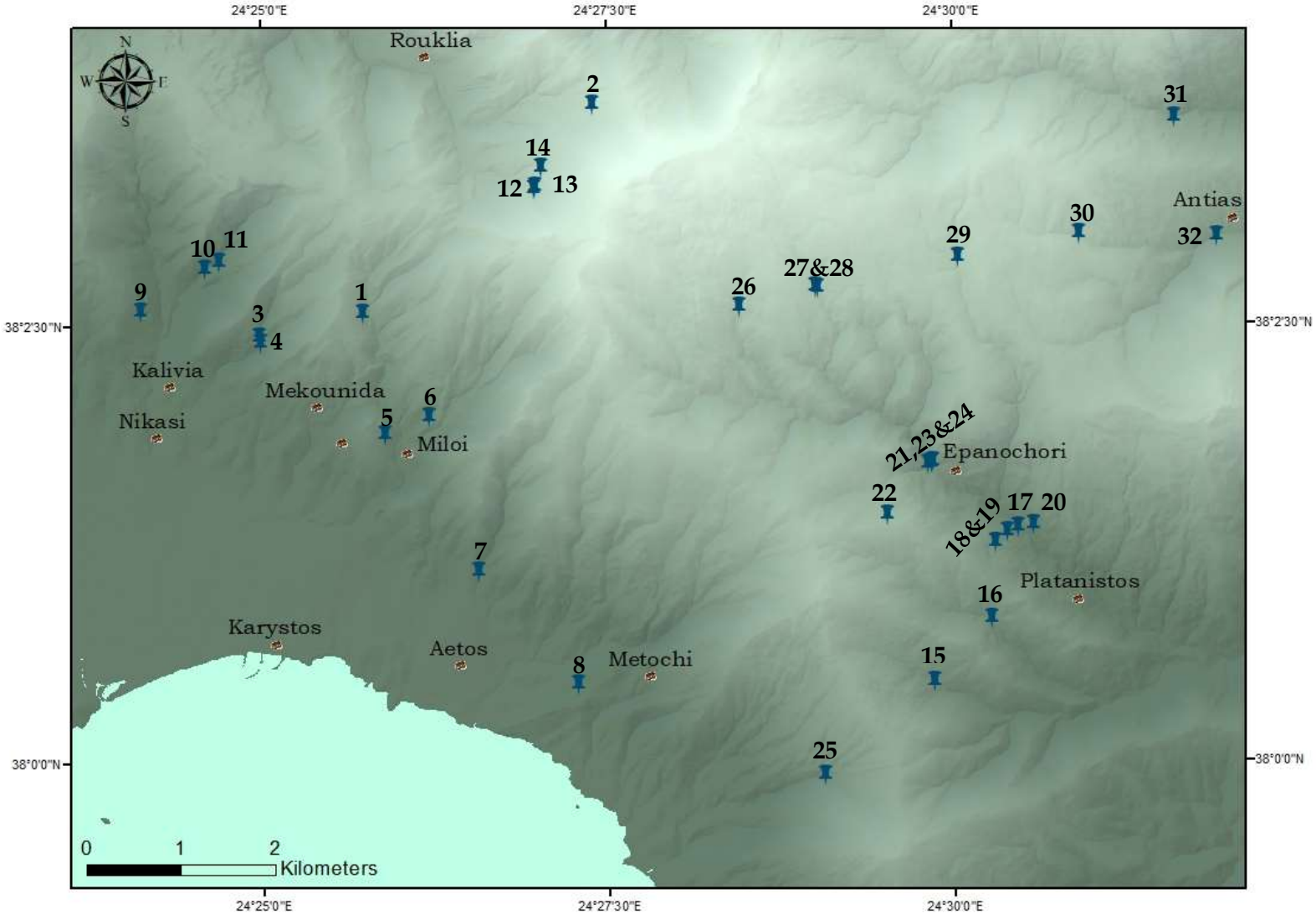
8.5. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΓΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, πολλές από τις δειγματοληπτικές πηγές υδρομαστεύονται και ειδικά ορισμένες με σχετικά υψηλές τιμές παροχής τροφοδοτούν μικροοικισμούς αλλά και την πόλη της Καρύστου (για παράδειγμα η πηγή Λάλας, δείγμα 7). Η ποιότητα του πόσιμου νερού αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της παρούσας διατριβής. Στην χώρα μας, τα όρια ποσιμότητας, που αναφέρονται στον Πίνακα 67 αλλά και στα αποτελέσματα της μεθόδου ICP [9], καθορίστηκαν από την Ελληνική Νομοθεσία με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/Β/11 της 11/07/2001) σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 31/11/1998 (Πίνακας 70). Βασικός στόχος είναι η προστασία της ανθρώπινης υγείας από δυσμενείς επιπτώσεις λόγω ρύπανσης ή/και μόλυνσης των υδάτων, που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών του καταναλωτή.

Πίνακας 70. Ανώτατα επιτρεπτά όρια πόσιμου νερού ΕΕ 98/93

Παράμετροι	***Μονάδα μέτρησης***	***Ανώτατο επιτρεπτό όριο***
Θερμοκρασία (T)	(°C)	25
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	pH	≥6.5 και ≤9.5
Αγωγιμότητα	μS cm^{-1}	2500 (στους 20°C)
Χρώμα και Γεύση	Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Ασβέστιο (Ca)	mg/l	100.0
Μαγνήσιο (Mg)	mg/l	50.0
Νάτριο (Na)	mg/l	200.0
Κάλιο (K)	mg/l	12.0
Χλωρίουχα (Cl)	mg/l	250.0
Θειϊκά (SO_4)	mg/l	250.0
Νιτρικά (NO_3)	mg/l	50.0
Αμμώνιο (NH_4)	mg/l	0.5
Φώσφορος (P_2O_5)	mg/l	5.0
ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ		
Αντιμόνιο (Sb)	μg/l	5.0
Αργίλιο (Al)	μg/l	200.0
Αρσενικό (As)	μg/l	10.0
Μαγγάνιο (Mn)	μg/l	50.0
Μόλυβδος (Pb)	μg/l	10.0
Νικέλιο (Ni)	μg/l	20.0
Σελήνιο (Se)	μg/l	10.0
Σίδηρος (Fe)	μg/l	200.0
Χρώμιο (Cr)	μg/l	50.0

Η σύγκριση του συνόλου των νερών με τα σταθερότυπα ποσιμότητας, αποδεικνύουν, ότι σε καμία πηγή, οι συγκεντρώσεις των κύριων στοιχείων – ενώσεων και των βαρέων μετάλλων δεν υπερβαίνουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια, συνεπώς, είναι κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση.
Ο έλεγχος για την καταλληλότητα των υπόγειων νερών για αρδευτικούς σκοπούς παρουσιάζεται μέσα από το διάγραμμα Richards στο κεφάλαιο 9.2.4.



Εικόνα 8.44: Χάρτης με τις θέσεις λήψεως των εικόνων του κεφαλαίου.

Πίνακας 71			
ΘΕΣΗ	**ΕΙΚΟΝΑ**	**ΘΕΣΗ**	**ΕΙΚΟΝΑ**
1	8.10	17	8.29
2	8.11	18	8.30
3	8.12	19	8.31
4	8.13	20	8.32
5	8.15	21	8.33
6	8.16	22	8.34
7	8.18	23	8.35
8	8.19	24	8.36
9	8.20	25	8.37
10	8.21	26	8.38
11	8.22	27	8.39
12	8.24	28	8.40
13	8.25	29	8.41
14	8.26	30	8.42
15	8.27	31	8.43
16	8.28	32	8.44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^{ο} ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

9.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Πριν παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών στα υδροχημικά διαγράμματα, μετατρέψαμε τα mg/l των χημικών αναλύσεων σε meq/l μέσω των κατάλληλων, για κάθε στοιχείο, συντελεστών, που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (κατά Hem) και εν συνεχεία τα επεξεργαστήκαμε μέσω της ηλεκτρο-ουδετερότητας.

Πίνακας 72. Μετατροπή mg/l σε meq/l (Hem, 1970)

Στοιχείο ή ρίζα	**Σύμβολο**	**Συντελεστής μετατροπής από mg/l σε meq/l**
Αμμώνιο	NH_4	0.05544
Όξινη ανθρακική ρίζα	HCO_3	0.01639
Ασβέστιο	Ca	0.04990
Χλώριο	Cl	0.02821
Μαγνήσιο	Mg	0.08226
Νιτρική ρίζα	NO_3	0.01613
Φωσφορική ρίζα	PO_4	0.03159
Κάλιο	K	0.02557
Νάτριο	Na	0.04350
Θειϊκή ρίζα	SO_4	0.02082

Το σφάλμα των αναλύσεων μπορεί να εντοπιστεί μέσω ελέγχου της «ηλεκτρο-ουδετερότητας» (E.N. : Electro Neutrality).

$$\text{E.N. (\%)} = \frac{\text{Άθροισμα ανιόντων}\left(\frac{meq}{l}\right) - \text{Άθροισμα κατιόντων}\left(\frac{meq}{l}\right)}{\text{Άθροισμα ανιόντων}\left(\frac{meq}{l}\right) + \text{Άθροισμα κατιόντων}\left(\frac{meq}{l}\right)} * 100 \qquad [9.1]$$

Για να θεωρηθεί η ανάλυση αποδεκτή θα πρέπει το σφάλμα να μην ξεπερνά το 5%, ενώ σε αντίθετη περίπτωση τα αποτελέσματα θεωρούνται πεπλανημένα και δεν μπορούν να ληφθούν υπόψη.

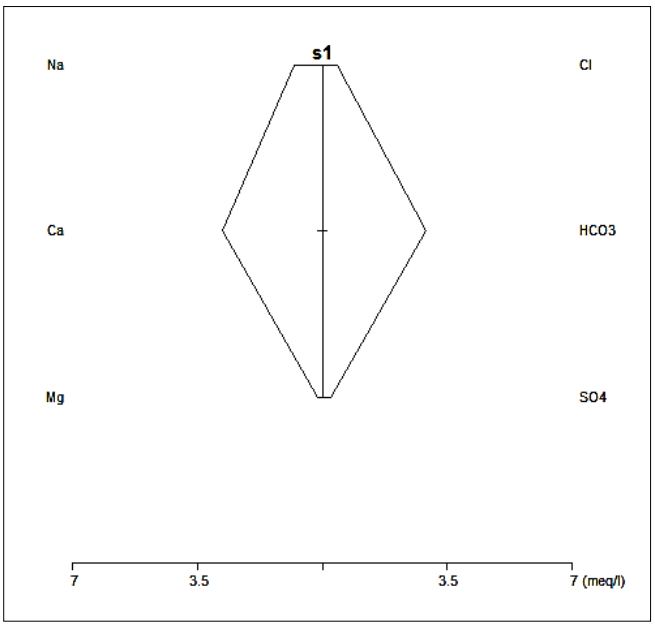
9.2. ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

9.2.1. Διαγράμματα "STIFF"

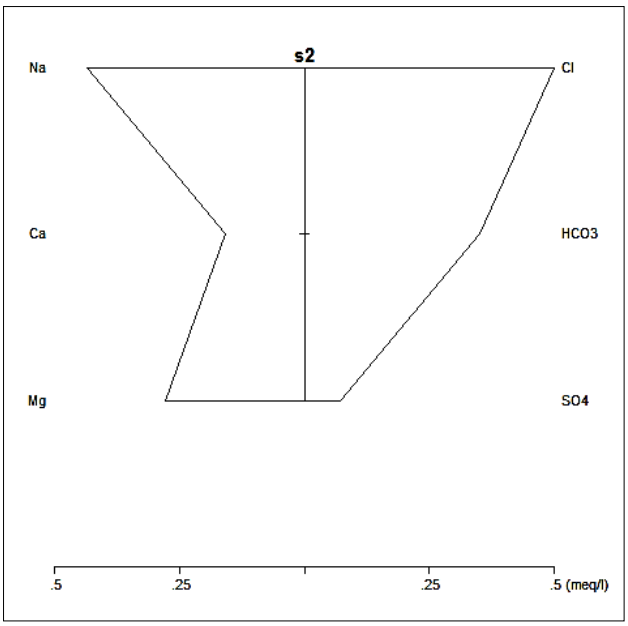
Πίνακας 73.

Δείγμα πηγών	Υδροχημικός τύπος (Ονοματολογία)
1.	Ca – Na – HCO_3 (Ασβεστο-νατριούχο οξυ-ανθρακικό)
2.	Na – Mg – Cl – HCO_3 (Νάτριο-μαγνησιούχο χλωριο/οξυ-ανθρακικό)
3.	Ca – Na – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-νατριούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
4.	Ca – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
5.	Ca – Mg – HCO_3 (Ασβεστο-μαγνησιούχο οξυ-ανθρακικό)
6.	Ca – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
7.	Ca – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
8.	Na – Ca – Mg – Cl – HCO_3 (Νάτριο-ασβεστο-μαγνησιούχο χλωριο/ οξυ-ανθρακικό)
9.	Na – Mg – Ca – Cl – HCO_3 (Νάτριο-μαγνησιο-ασβεστούχο χλωριο/οξυ-ανθρακικό)
10.	Na – Mg – Cl – HCO_3 (Νάτριο-μαγνησιούχο χλωριο/οξυ-ανθρακικό)
11.	Na – Ca – Mg – HCO_3 – Cl (Νάτριο-ασβεστο-μαγνησιούχο οξυ-ανθρακικό/ χλωριούχο)
12.	Ca – Na – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-νατριούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
13.	Ca – Na – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-νατριούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
14.	Ca – Na – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-νατριούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
15.	Ca – Na – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-νατριούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
16.	Na – Ca – HCO_3 – Cl (Νάτριο-ασβεστούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
17.	Na – Mg – HCO_3 – Cl (Νάτριο-μαγνησιούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
18.	Na – Ca – HCO_3 – Cl (Νάτριο-ασβεστούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
19.	Na – Ca – Mg – Cl – HCO_3 (Νάτριο-ασβεστο-μαγνησιούχο χλωριο/οξυ-ανθρακικό)
20.	Na – Ca – HCO_3 – Cl (Νάτριο-ασβεστούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
21.	Ca – Na – HCO_3 – Cl (Ασβεστο-νατριούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)
22.	Na – Ca – HCO_3 – Cl (Νάτριο-ασβεστούχο οξυ-ανθρακικό/χλωριούχο)

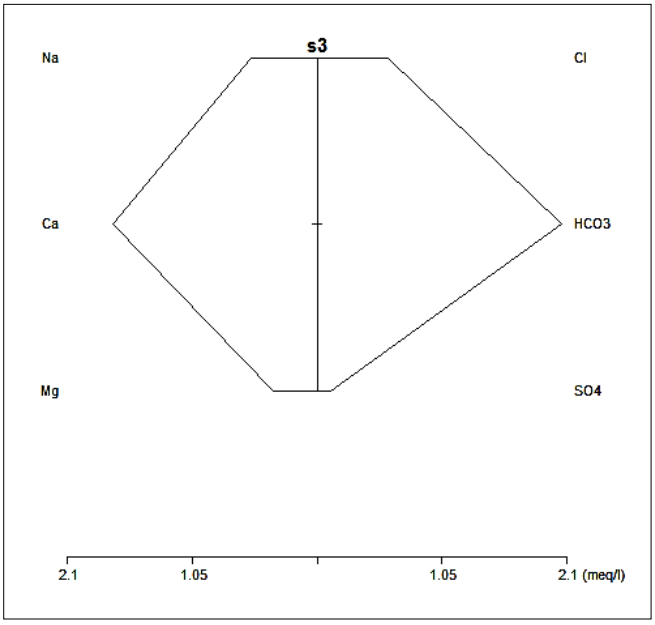
*Η ονοματολογία προκύπτει με βάση τα meq/l των στοιχείων/ριζών των δειγμάτων (s) στα ακόλουθα διαγράμματα Stiff του προγράμματος «AquaChem».



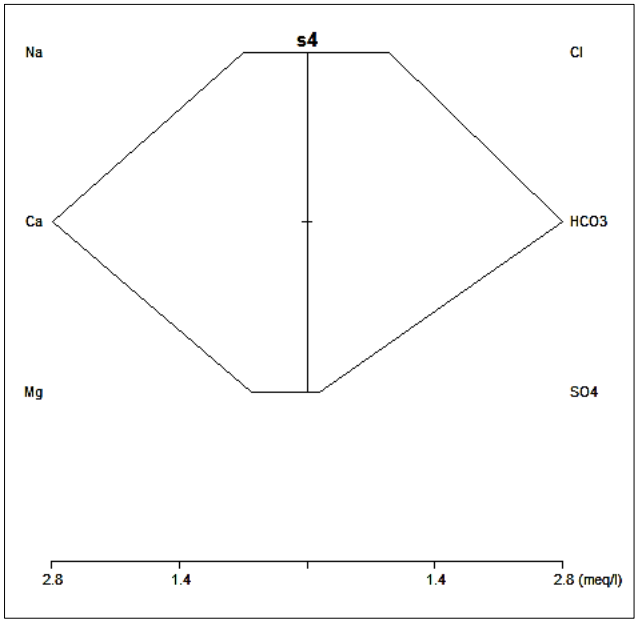
Εικόνα 9.1: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 1.



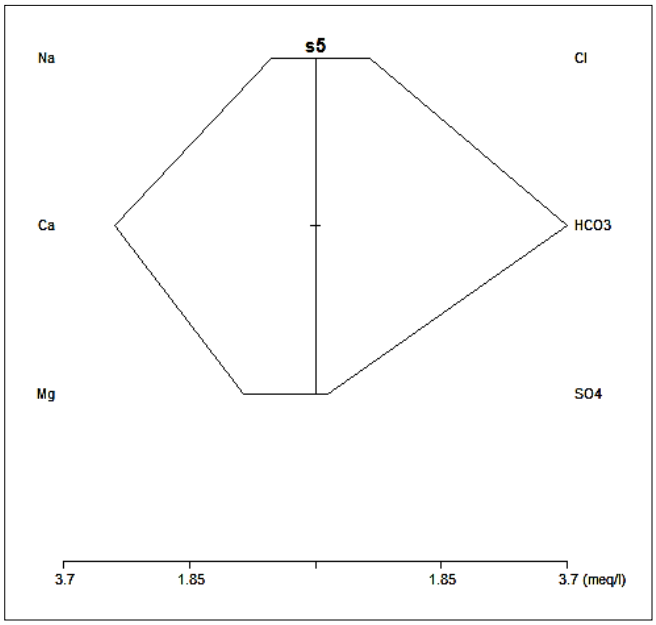
Εικόνα 9.2: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 2.



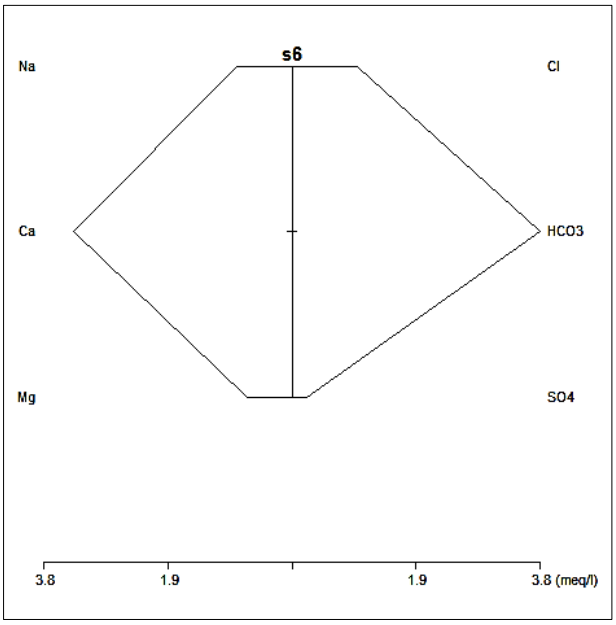
Εικόνα 9.3: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 3.



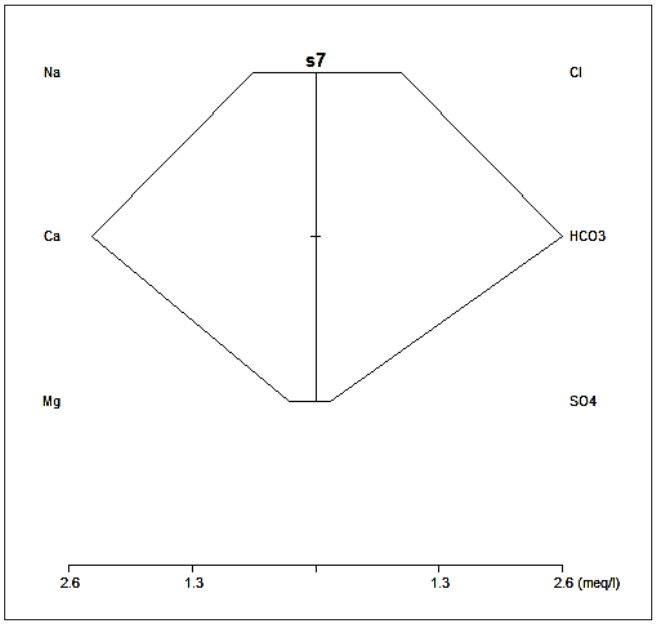
Εικόνα 9.4: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 4.



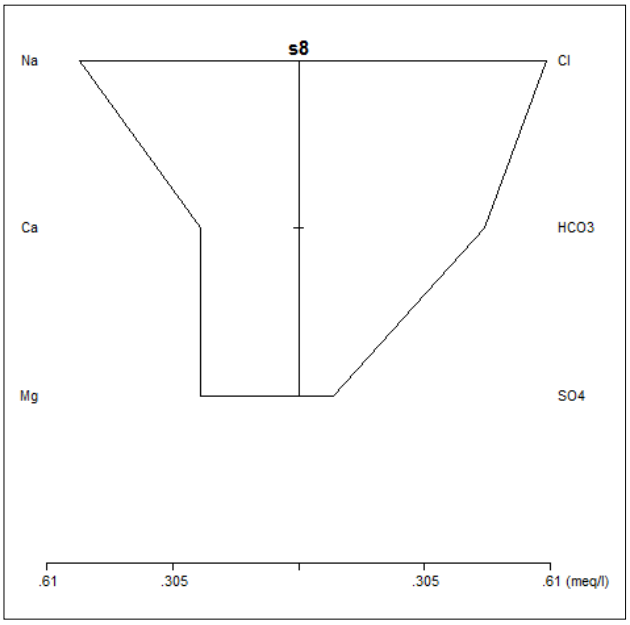
Εικόνα 9.5: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 5.



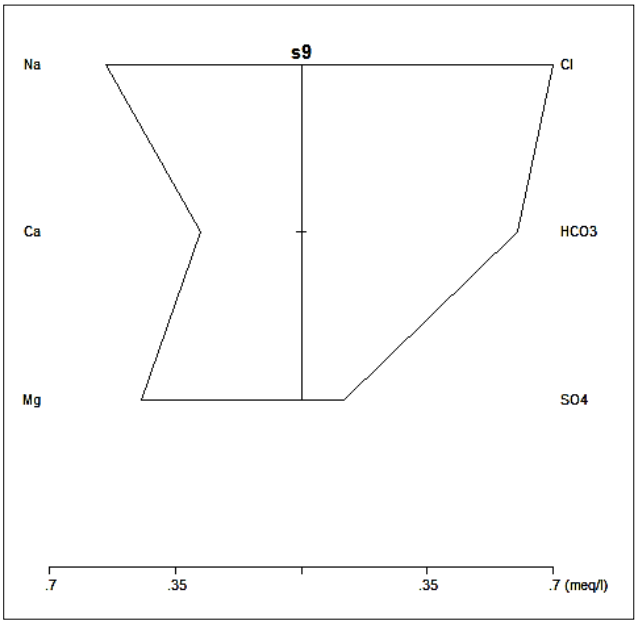
Εικόνα 9.6: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 6.



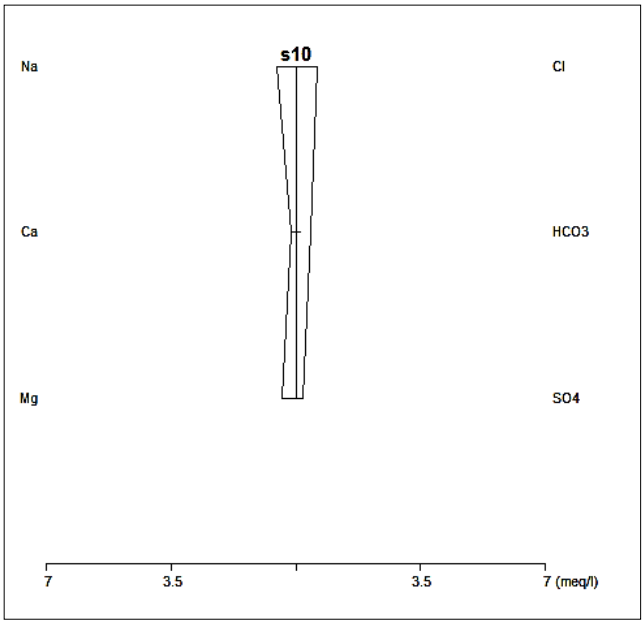
Εικόνα 9.7: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 7.



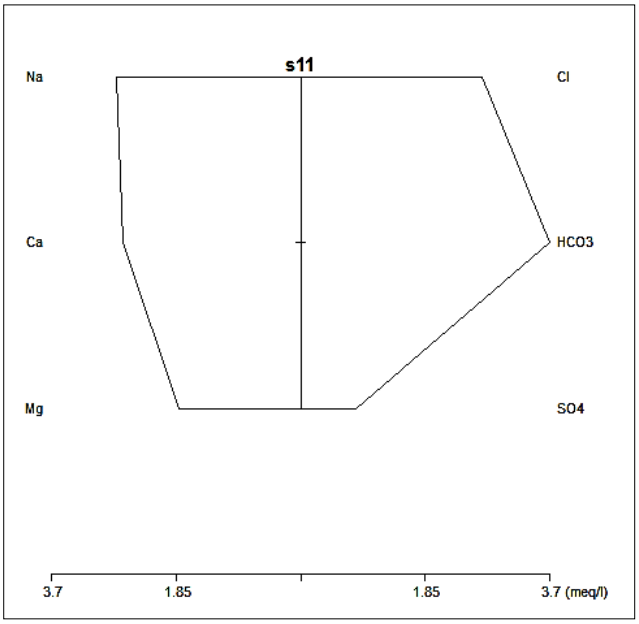
Εικόνα 9.8: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 8.



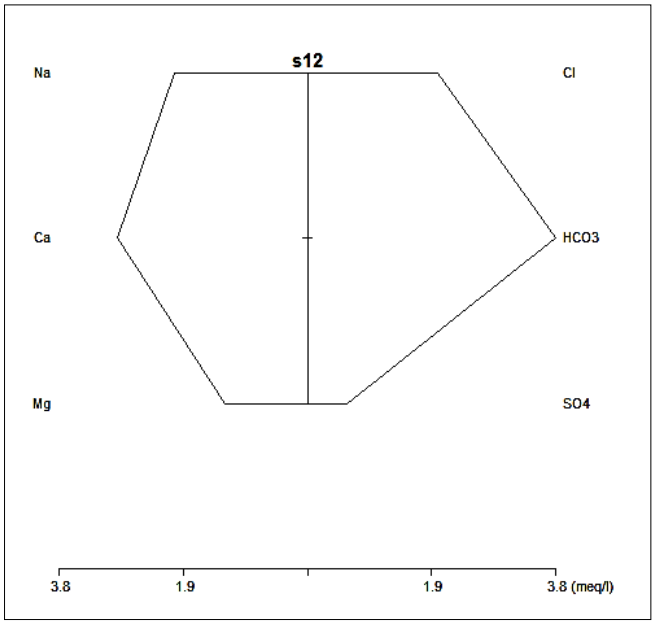
Εικόνα 9.9: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 9.



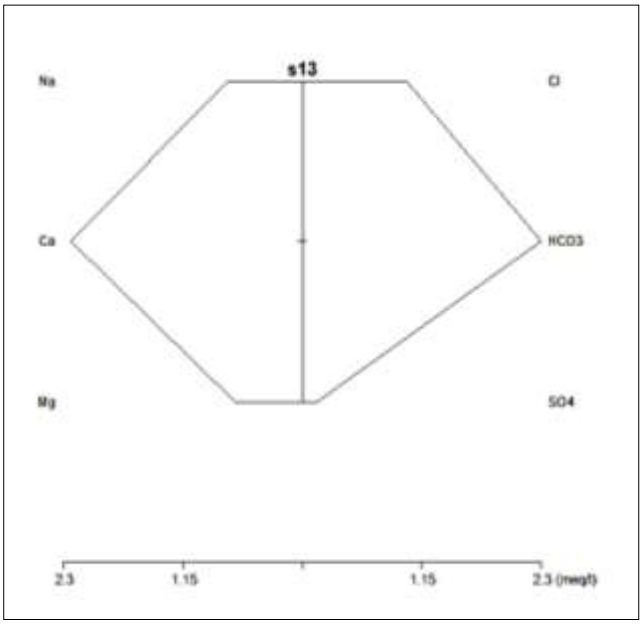
Εικόνα 9.10: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 10.



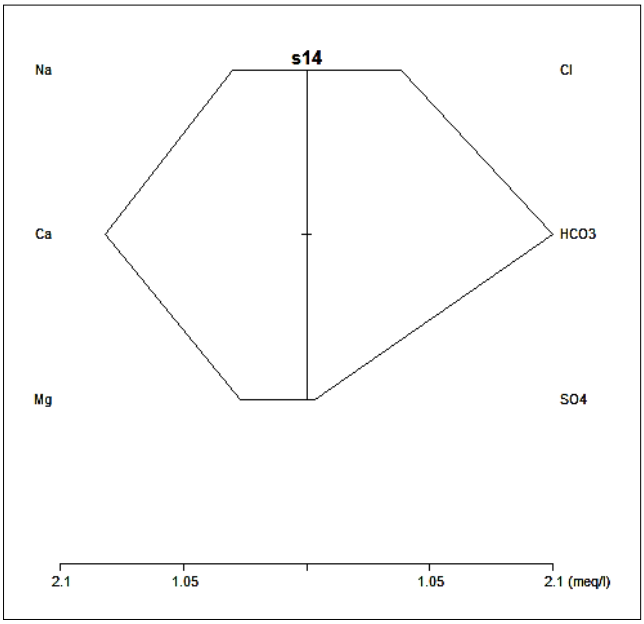
Εικόνα 9.11: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 11.



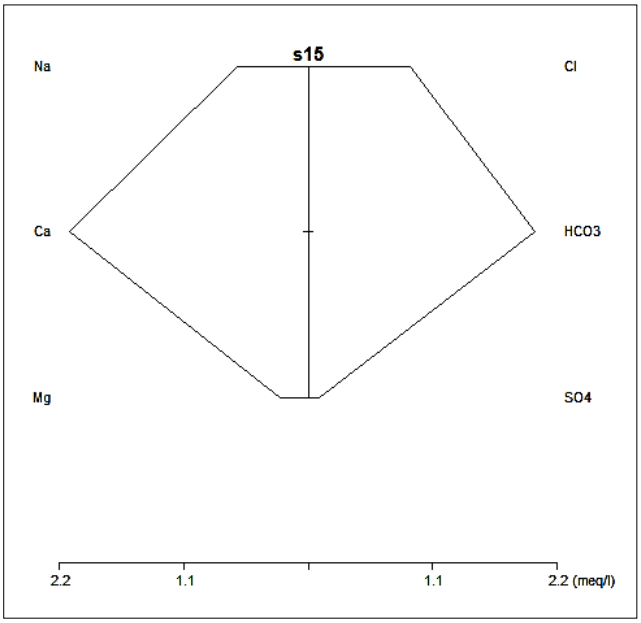
Εικόνα 9.12: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 12.



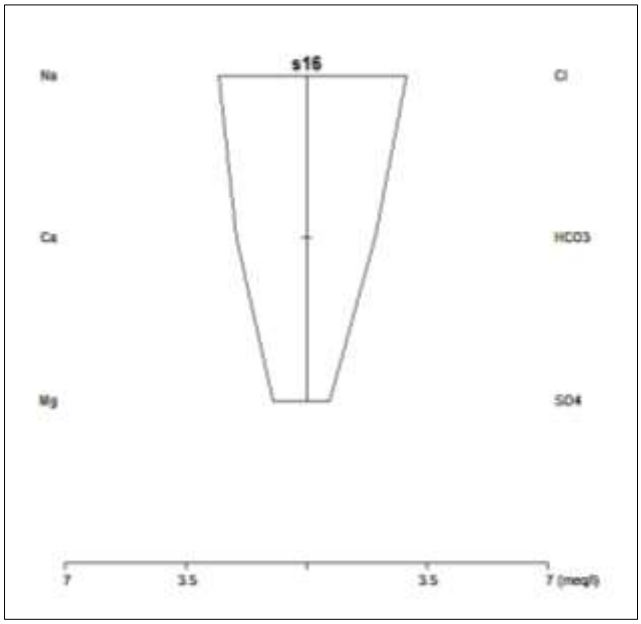
Εικόνα 9.13: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 13.



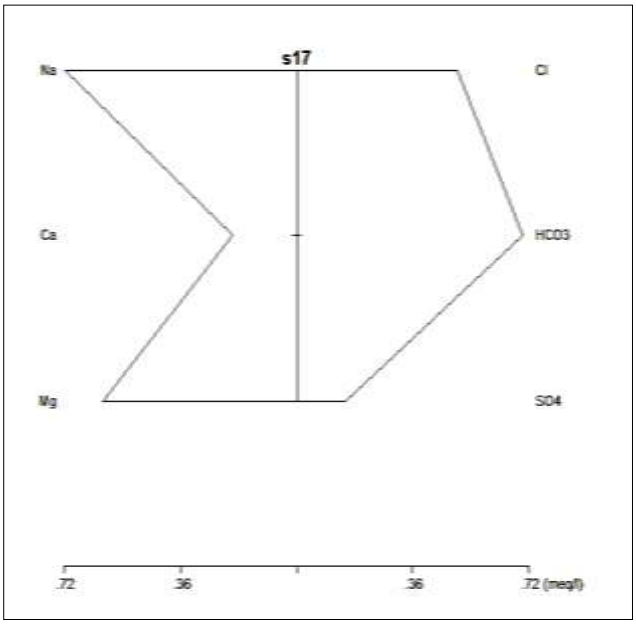
Εικόνα 9.14: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 14.



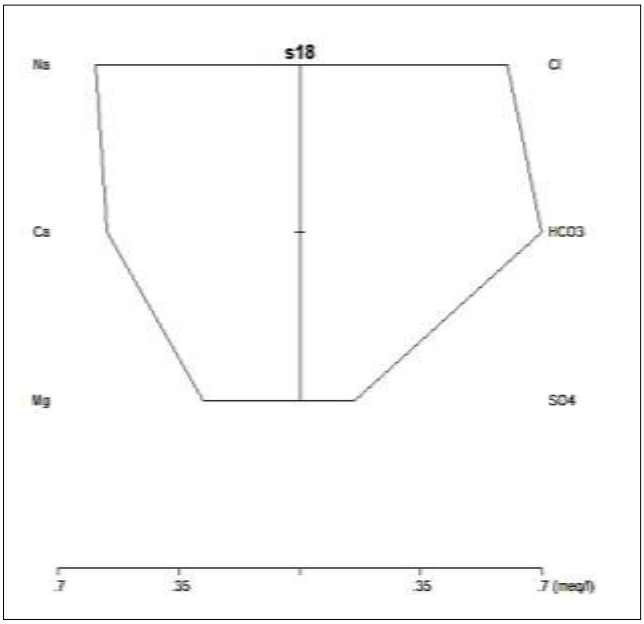
Εικόνα 9.15: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 15.



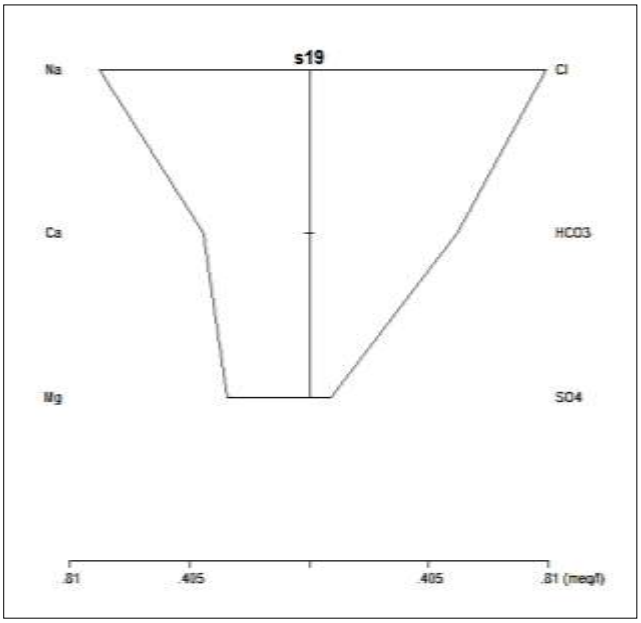
Εικόνα 9.16: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 16.



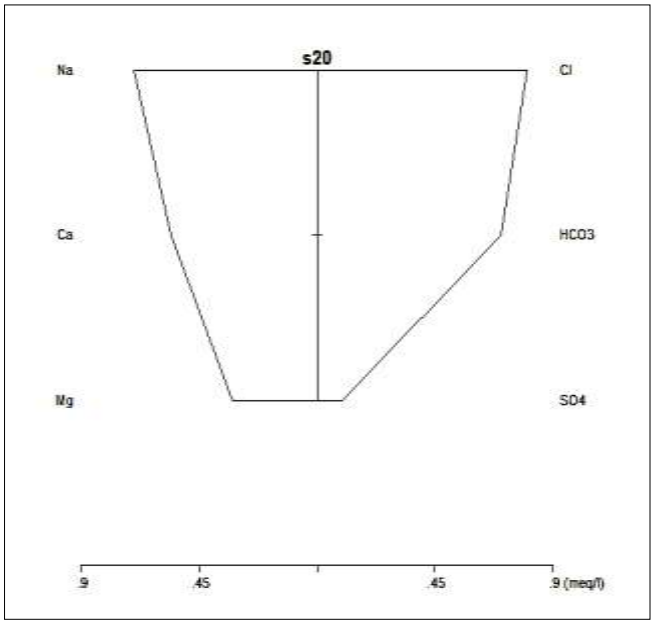
Εικόνα 9.17: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 17.



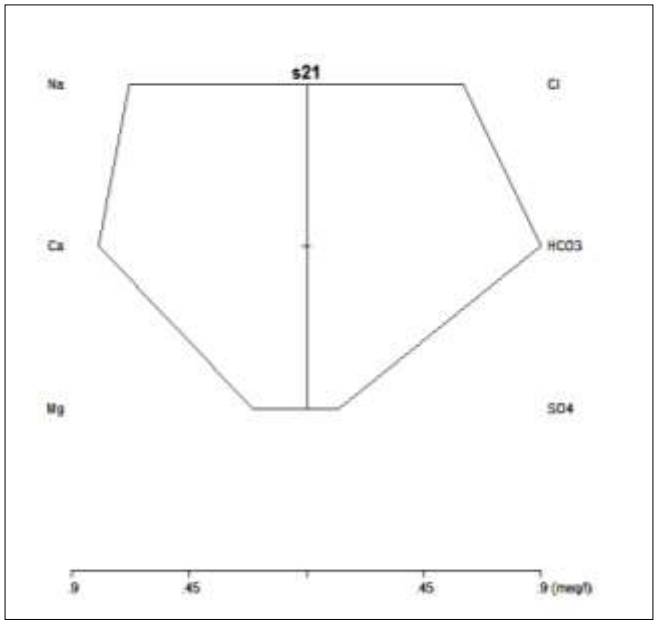
Εικόνα 9.18: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 18.



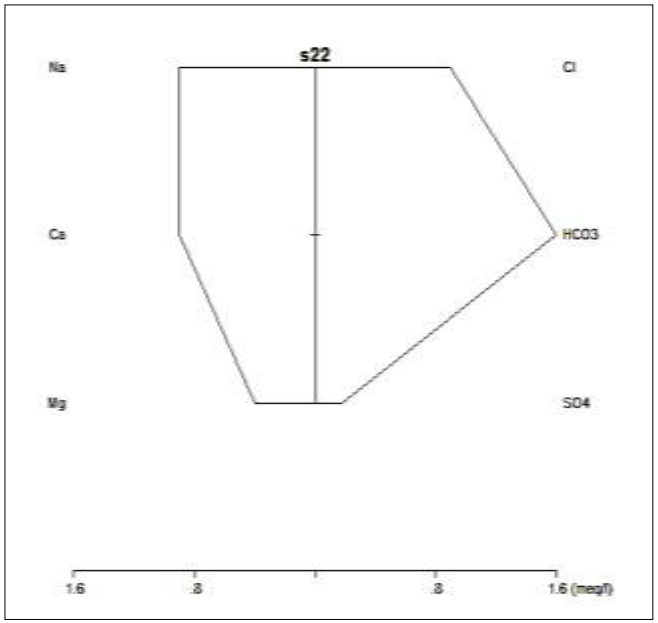
Εικόνα 9.19: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 19.



Εικόνα 9.20: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 20.

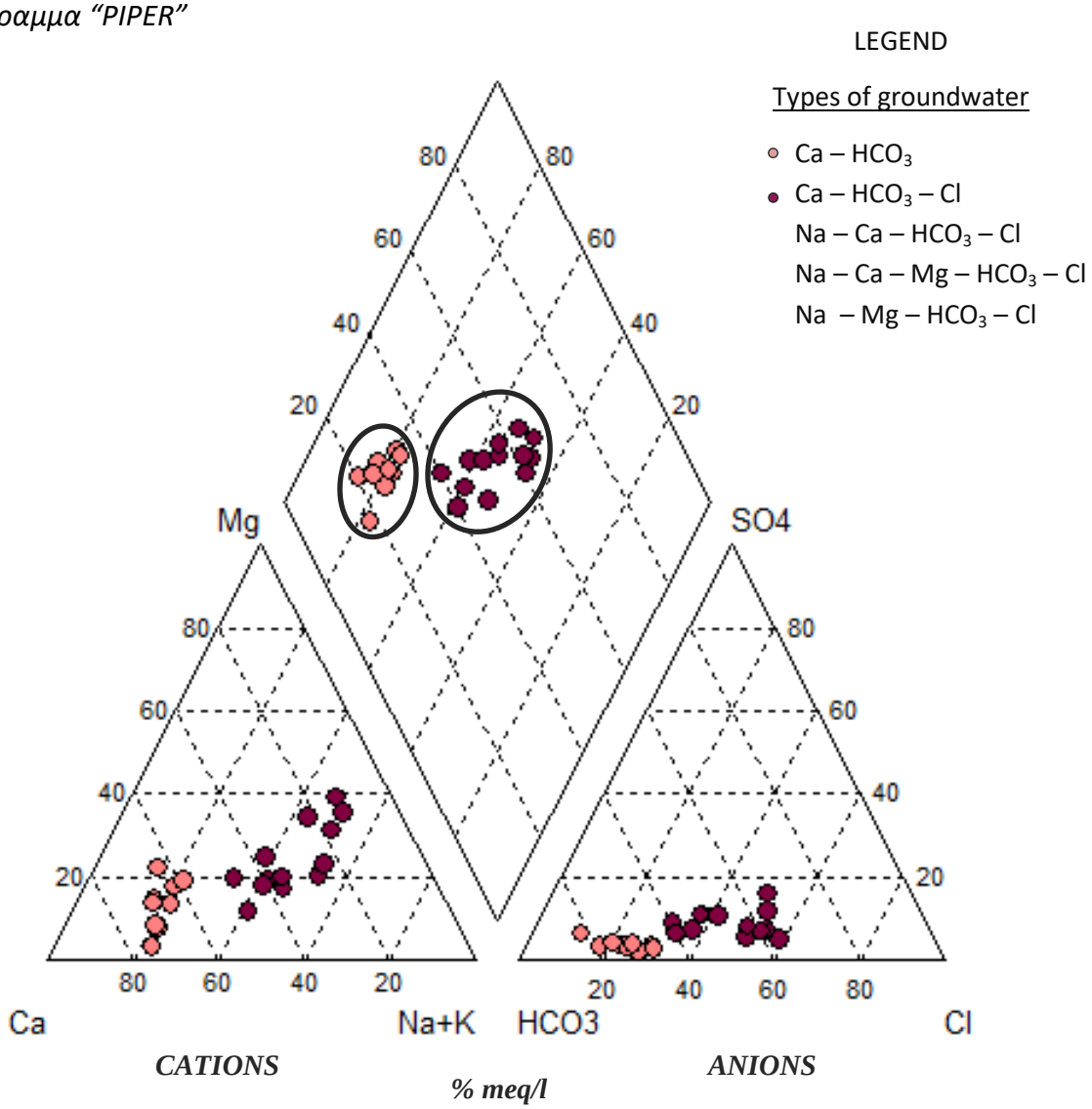


Εικόνα 9.21: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 21.



Εικόνα 9.22: Διάγραμμα Stiff για το δείγμα 22.

9.2.2. Διάγραμμα "PIPER"



Εικόνα 9.23: Κατηγοριοποίηση των τύπων νερού των δειγματοληπτικών πηγών, που αντιπροσωπεύονται με κύκλους στο διάγραμμα Piper, σύμφωνα με τα κύρια ιόντα (χρήση προγράμματος AquaChem).

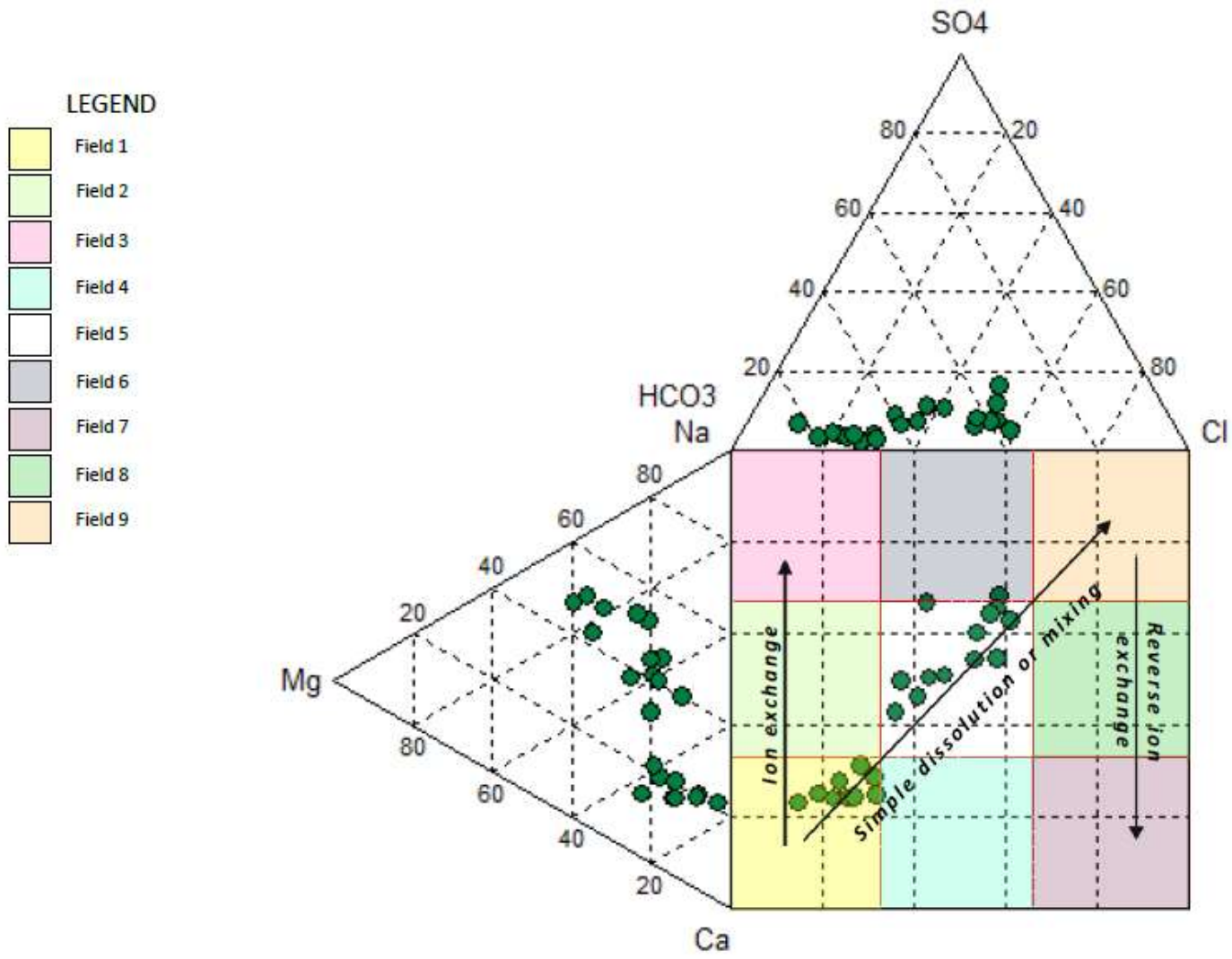
Όπως παρατηρούμε και στο διάγραμμα Piper (Εικ.9.23), τα κυρίαρχα κατιόντα είναι το ασβέστιο (Ca^{++}) και το νάτριο (Na^{+}), ενώ ως προς τα ανιόντα το χλώριο (Cl^{-}) και τα οξυ-ανθρακικά (HCO_3). Πρόκειται ουσιαστικά για δύο κύριες κατηγορίες νερών, με την πρώτη να αναφέρεται στον αλκαλικό/ οξυ-ανθρακικό τύπο, ο οποίος προέρχεται από τους ανθρακικούς σχηματισμούς των μεταμορφωμένων καλυμμάτων της Νότιας Εύβοιας, ενώ ο δεύτερος τύπος περιλαμβάνει τα γαιοαλκαλικά νερά με υψηλό ποσοστό αλκαλίων – νερά μίξης εξαιτίας των λιθοφασικών εναλλαγών μαρμάρων και σχιστόλιθων σε συνδυασμό με θαλάσσια επίδραση (αερομεταφερόμενα σταγονίδια). Πιο συγκεκριμένα, τα νερά των πηγών 1, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14 και 15 φέρουν κυρίως ασβεστούχο ανθρακικό τύπο (Ca – HCO_3), γεγονός που ταυτοποιείται από το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής. Αντιθέτως, οι πηγές 2, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21 και 22 χαρακτηρίζονται από νερά με χημικούς τύπους: Ca – HCO_3 – Cl, Na – Ca – HCO_3 – Cl, Na – Ca – Mg – HCO_3 – Cl και Na – Mg – HCO_3 – Cl.

9.2.3. Διάγραμμα "DUROV"

Στο διάγραμμα Durov αναφέρονται 9 κύρια πεδία (κατά Lloyd et al.,1985), στα οποία κατατάσσονται τα δείγματα με βάση τα υδρογεωχημικά τους χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά, έχουμε:

- Πεδίο 1°: Υπερτερεί το ασβέστιο και τα όξινα ανθρακικά. Πρόκειται για φρέσκα νερά φυσικής αναπλήρωσης, που κατεισδύουν σε ανθρακικά πετρώματα, όπως ασβεστόλιθους, ψαμμίτες.
- Πεδίο 2°: Νερά εμπλουτισμένα με μαγνήσιο, όπου φιλοξενούνται ή έχουν κινηθεί μέσω δολομιτικών σχηματισμών. Κυριαρχεί από ανιόντα η ανθρακική ρίζα, ενώ όταν παρατηρείται αύξηση των ιόντων νατρίου, αρχίζει να ενεργοποιείται ο μηχανισμός της κατιοανταλλαγής (πεδίο 3).
- Πεδίο 3°: Κυριαρχούν τα κατιόντα νατρίου και τα ανιόντα των οξυ-ανθρακικών, με το φαινόμενο της κατιοανταλλαγής να βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη.
- Πεδίο 4°: Επικρατεί το ασβέστιο και είτε η θειική ρίζα, είτε κανένα ανιόν. Στην περίπτωση, που κυριαρχούν τόσα κατιόντα ασβεστίου, όσα και τα ανιόντα των θειικών, τα νερά προέρχονται από ζώνες αναπλήρωσης διαμέσου ηφαιστειακών λαβών ή γύψων. Διαφορετικά πρόκειται για νερά μίξης ή διαλυτοποίησης.
- Πεδίο 5°: Κανένα κυρίαρχο ιόν. Πρόκειται για μικτά νερά ή νερά διαλυτοποίησης.
- Πεδίο 6°: Επικρατεί το νάτριο και η θειική ρίζα ή κανένα άλλο ανιόν. Πρόκειται για υπόγειο νερό που δεν συναντάται πολύ συχνά και είναι τις περισσότερες φορές προϊόν μίξης.
- Πεδίο 7°: Κυριαρχούν το ασβέστιο και το χλώριο (κροκίδωση – καταστροφή εδάφους). Συναντάται σπάνια και μπορεί να προέρχεται από αντίστροφη κατιοανταλλαγή νερών Na-Cl.
- Πεδίο 8°: Κυριαρχεί το χλώριο και κανένα κατιόν. Υπόγεια νερά με το φαινόμενο της κατιοανταλλαγής να βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη
- Πεδίο 9°: Επικρατεί το νάτριο και το χλώριο και πρόκειται για τελικά νερά πεδίου ροής.

Σύμφωνα με την ταξινόμηση των δειγμάτων κατά Durov (Εικ.9.24), διαπιστώνεται ότι, τα νερά της περιοχής έρευνας παρουσιάζουν υδροχημικό τύπο Ca – HCO_3, φρέσκα νερά φυσικής αναπλήρωσης που κατεισδύουν μέσω των μεταμορφωμένων ανθρακικών πετρωμάτων ή κινούνται διαμέσου οφιολιθικών σχηματισμών, ενώ υφίσταται και νερά μικτού τύπου Na–Ca–Mg–HCO_3–Cl–SO_4. Τρεις πηγές είναι κοντά στο πεδίο 6, που επικρατεί το νάτριο και η θειική ρίζα και αφορούν τις νοτιότερες πηγές (11,12 και 16).



Εικόνα 9.24: Κατηγοριοποίηση των τύπων νερού των δειγματοληπτικών πηγών, που αντιπροσωπεύονται με κύκλους στο διάγραμμα Durov, σύμφωνα με τα κύρια ιόντα (χρήση προγράμματος AquaChem).

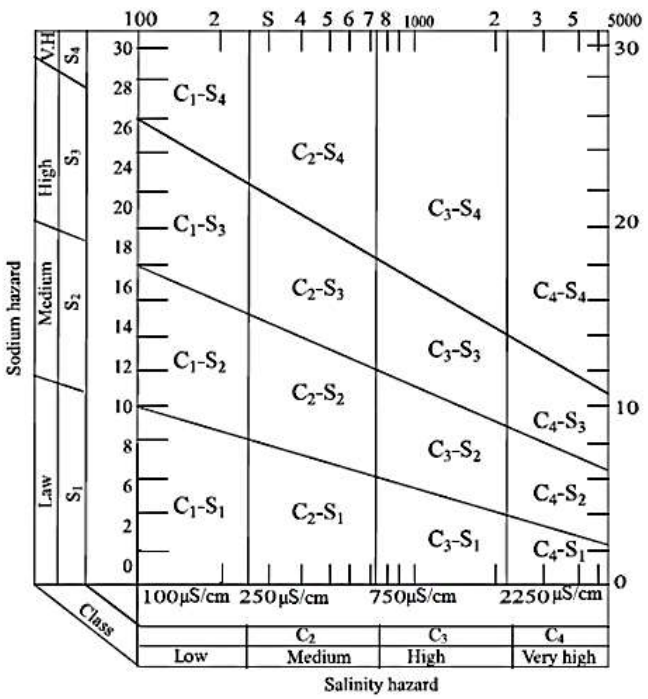
9.2.4. Διάγραμμα "RICHARDS"

Για τον έλεγχο της καταλληλότητας των αρδευτικών νερών σε σχέση με τη φύση και τις ιδιότητες των καλλιεργούμενων εδαφών, εισάγεται το διάγραμμα ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.) και του συντελεστή απορρόφησης νατρίου (S.A.R.: Sodium Absorption Ratio). Ο συντελεστής SAR υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \qquad [9.2]$$

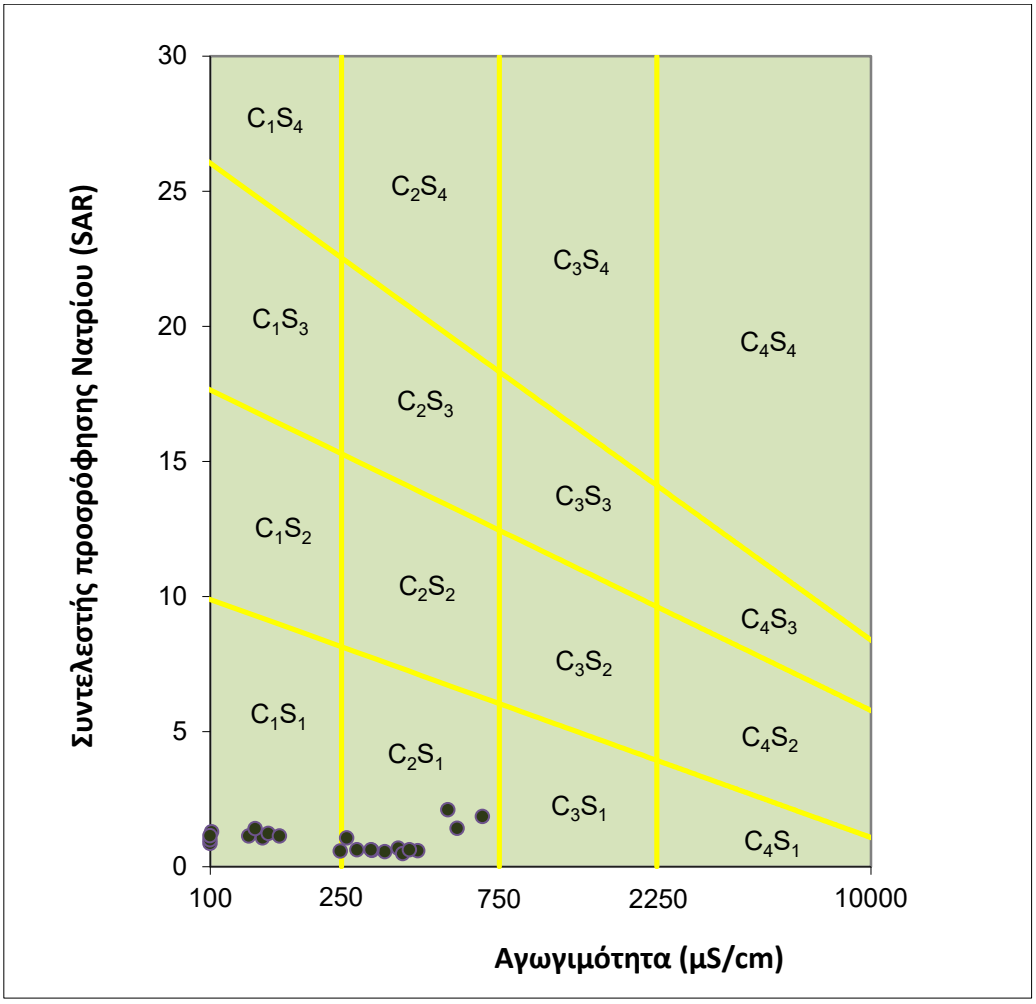
με τις συγκεντρώσεις Na, Ca και Mg να εκφράζονται σε meq/l

Με βάση το ημιλογαριθμικό διάγραμμα (κατά Richards, 1954) μπορούμε να διακρίνουμε 16 κατηγορίες αρδευτικού νερού:



Εικόνα 9.25: Διάγραμμα Richards για την ταξινόμηση αρδευτικών νερών.

- C_1-S_1: Ποιότητα καλή.
- C_1-S_2, C_2-S_1: Ποιότητα καλή μέχρι μέτρια. Το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη, που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης, με επιφύλαξη για ευαίσθητα φυτά.
- C_1-S_3, C_2-S_2, C_3-S_1: Ποιότητα μέτρια έως πολύ μέτρια. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης. Το έδαφος πρέπει να αποστραγγίζεται καλά ή πρέπει να προστίθεται σε αυτό γύψος.
- C_1-S_4, C_2-S_3, C_3-S_2, C_4-S_1: Ποιότητα πολύ μέτρια έως κακή. Πρέπει να αποφεύγεται για χρήση σε ευαίσθητα φυτά και γενικά σε βαριά εδάφη. Μπορεί να χρησιμοποιείται με μέτρα προφύλαξης σε ελαφρά εδάφη, τα οποία αποστραγγίζονται καλά ή προστίθεται γύψος.
- C_2-S_4, C_3-S_3, C_4-S_2: Ποιότητα κακή. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται παρά μόνο για ανθεκτικά φυτά σε ελαφρά εδάφη καλώς αποστραγγιζόμενα, με προσθήκε γύψου.
- C_3-S_4, C_4-S_3, C_4-S_4: Πολύ κακή ποιότητα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση.



Εικόνα 9.26: Εφαρμογή διαγράμματος SAR για τα δείγματα νερού της περιοχής μελέτης.

Όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα 9.26, τα νερά ανήκουν στις κατηγορίες C_1S_1 και C_2S_1, παρουσιάζοντας καλή μέχρι μέτρια ποιότητα. Στην πρώτη κατηγόρια (C_1S_1) ανήκουν τα νερά των πηγών της Όχης, που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα (2,8,9,10,17,18,19) και του Κόμιτου (21), που δεν έχουν επηρεαστεί από ανθρώπινες δραστηριότητες και παρουσιάζουν καλή ποιότητα. Στην κατηγορία (C_2S_1) ανήκουν οι υπόλοιπες πηγές (1,3,4,5,6,7,11,12,13, 14,15,16,20,21,22), χαμηλότερων υψόμετρων, με καλή ως μέτρια ποιότητα και τα νερά τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν με προφύλαξη στα βαριά εδάφη, που δεν αποστραγγίζονται καλά και επίσης, με επιφύλαξη σε ευαίσθητα φυτά. Οι τρεις πιο απομονωμένες πηγές αντιστοιχούν στις νοτιότερες πηγές Μετοχίου – Πλατανιστού (11,12 και 16), στις οποίες παρουσιάζεται πέρα του γεωλογικού εμπλουτισμού, επηρεασμός από αερομεταφερόμενα σωματίδια θαλάσσιας προέλευσης.

9.3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

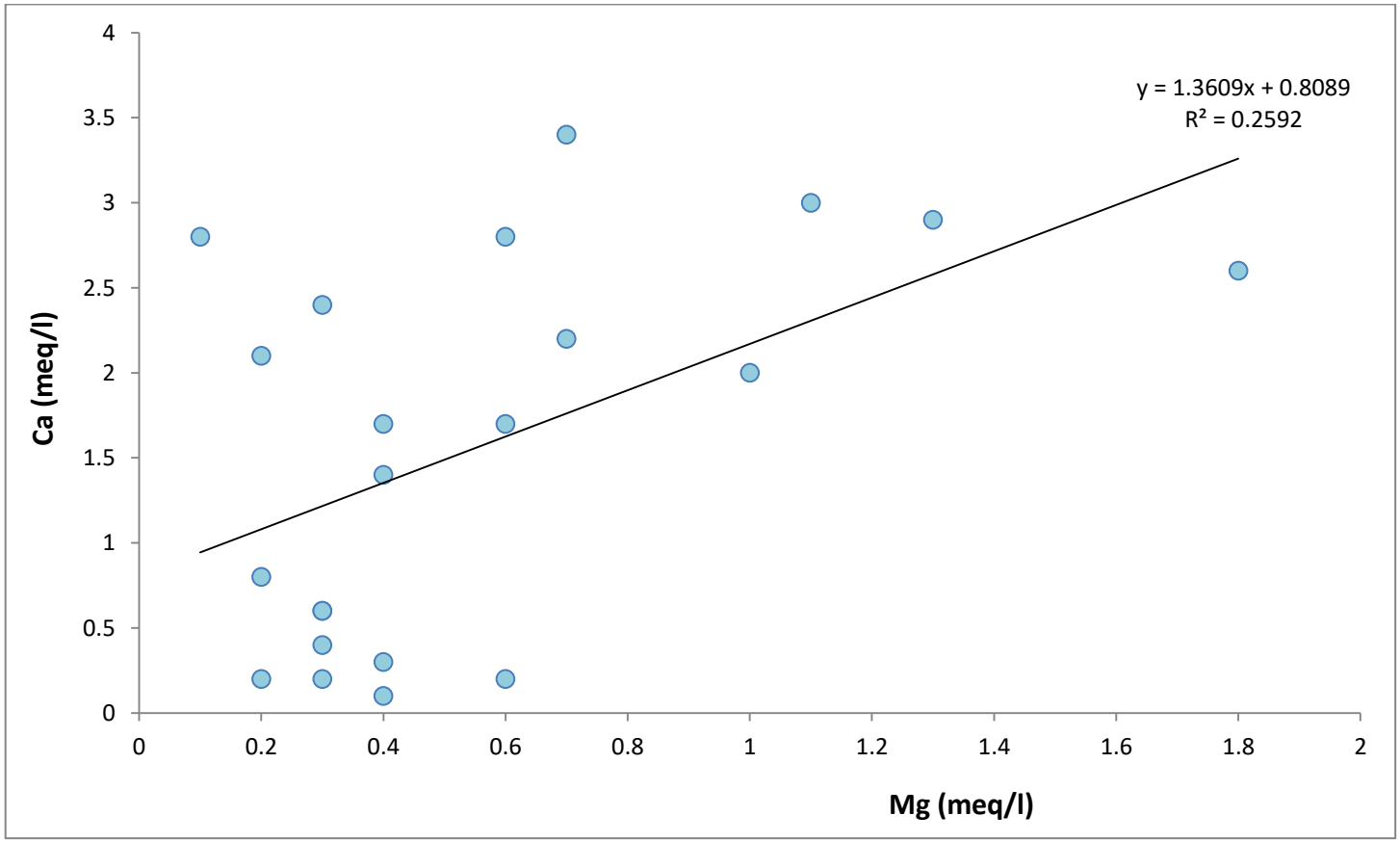
- Με βάση τους ιοντικούς λόγους (κατά Σούλιος, 2006)

Οι τιμές των ιοντικών λόγων είναι μια ένδειξη προέλευσης του υπόγειου νερού σε σχέση με τους γεωλογικούς σχηματισμούς μέσα από τους οποίους είτε αποθηκεύεται, είτε διέρχεται, αλλά παρά ταύτα εμπλουτίζεται με στοιχεία από την ορυκτολογική τους σύσταση. Επιπλέον, πρόκειται για λόγους που μας πληροφορούν για το βαθμό ανανέωσης του υπόγειου νερού ή και ακόμα για την ανάμιξη του με θαλασσινό.

Πίνακας 74. Λόγος Μαγνησίου (Mg) – Ασβεστίου (Ca), που συνδέεται με τη φύση των πετρωμάτων από τα οποία προήλθε το υπόγειο νερό

Δείγμα πηγών	Mg/Ca	Προέλευση νερού από
1	0.046	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
2	1.765	Υδροφόρο οφιολιθικών σχηματισμών
3	0.214	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
4	0.219	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
5	0.357	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
6	0.207	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
7	0.123	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
8	1.010	Υδροφόρο οφιολιθικών σχηματισμών
9	1.585	Υδροφόρο οφιολιθικών σχηματισμών
10	2.735	Υδροφόρο οφιολιθικών σχηματισμών
11	0.690	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
12	0.431	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
13	0.291	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
14	0.331	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
15	0.117	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
16	0.477	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
17	3.023	Υδροφόρο οφιολιθικών σχηματισμών
18	0.507	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
19	0.786	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
20	0.578	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
21	0.255	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα
22	0.291	Μεταμορφωμένο ασβεστολιθικό υδροφόρο στρώμα

Όπως παρατηρούμε και στον Πίνακα 74 τα νερά των δειγματοληπτικών πηγών με αριθμό 2, 8, 9, 10 και 17 συνδέονται με το οφιολιθικό σύμπλεγμα της Όχης, γεγονός που επιβεβαιώνεται τόσο από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων και τα υδροχημικά διαγράμματα, όσο και από το γεωλογικό χάρτη και την επιτόπου αυτοψία. Αντιθέτως, τα νερά των υπόλοιπων πηγών προέρχονται από τα μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα των καλυμμάτων Στύρων και Όχης (μάρμαρα/σιπολίνες), με υδροφόρα τα στρώματα των μαρμάρων και εκδήλωση των πηγών είτε στην επαφή τους με τους σχιστόλιθους, είτε μέσα στους τελευταίους, εξαιτίας της τεκτονικής τους παραμόρφωσης.

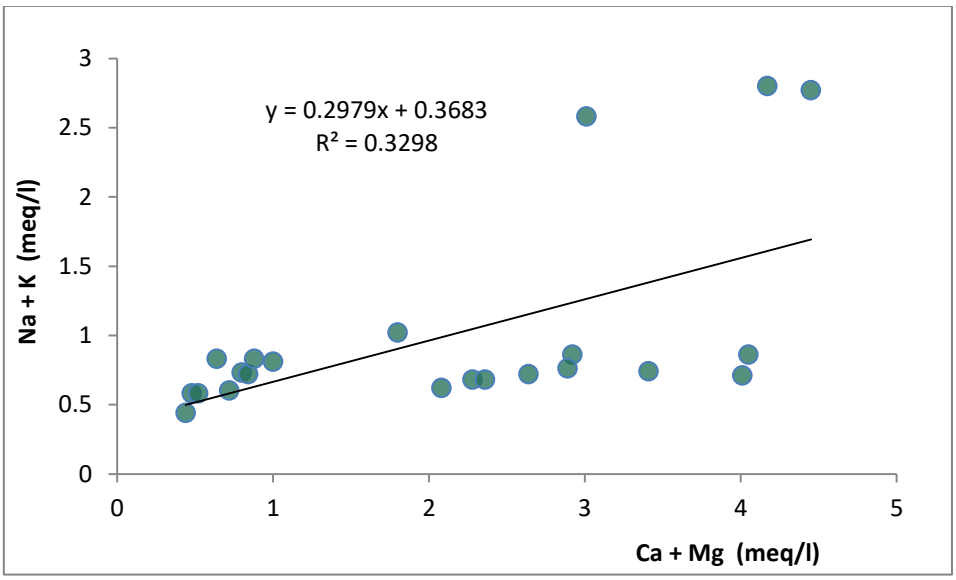


Εικόνα 9.27: Διάγραμμα της ιοντικής σχέσης Mg/Ca.

Πίνακας 75. Ιοντικός Λόγος που σχετίζεται με την τροφοδοσία του υπόγειου νερού

Δείγμα πηγών	(Ca+Mg)/(Na+K)	Η τροφοδοσία του υπόγειου νερού προέρχεται από
1	3.398	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
2	0.996	Παλιό νερό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα
3	3.363	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
4	4.598	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
5	5.683	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
6	4.693	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
7	3.683	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
8	0.827	Παλιό νερό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα
9	1.210	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
10	0.899	Παλιό νερό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα
11	1.608	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
12	1.487	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
13	3.795	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
14	3.349	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
15	3.465	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
16	1.166	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
17	1.107	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
18	1.174	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
19	0.769	Παλιό νερό στα κατάντη τμήματα του υδροφορέα
20	1.061	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
21	1.241	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος
22	1.774	Συνεχή τροφοδοσία υδροφόρου στρώματος

Σύμφωνα με τον Πίνακα 75 τα νερά των πηγών 2,8,10, που απαντούν στην δυτική πλευρά της κορυφής Όχη και τα νερά της πηγής 19, που βρίσκεται νότια της κορυφής Μηλιά, προέρχονται από τα κατάντη τμήματα του υδροφορέα (ως προς τη διεύθυνση ροής), ενώ τα υπόλοιπα επειδή παρουσιάζουν τιμές λόγων μεγαλύτερων της μονάδας, είναι νερά συνεχούς τροφοδοσίας.



Εικόνα 9.28: Διάγραμμα της ιοντικής σχέσης (Ca+Mg)/(Na+K).

- Με βάση το διάγραμμα Piper & Durov

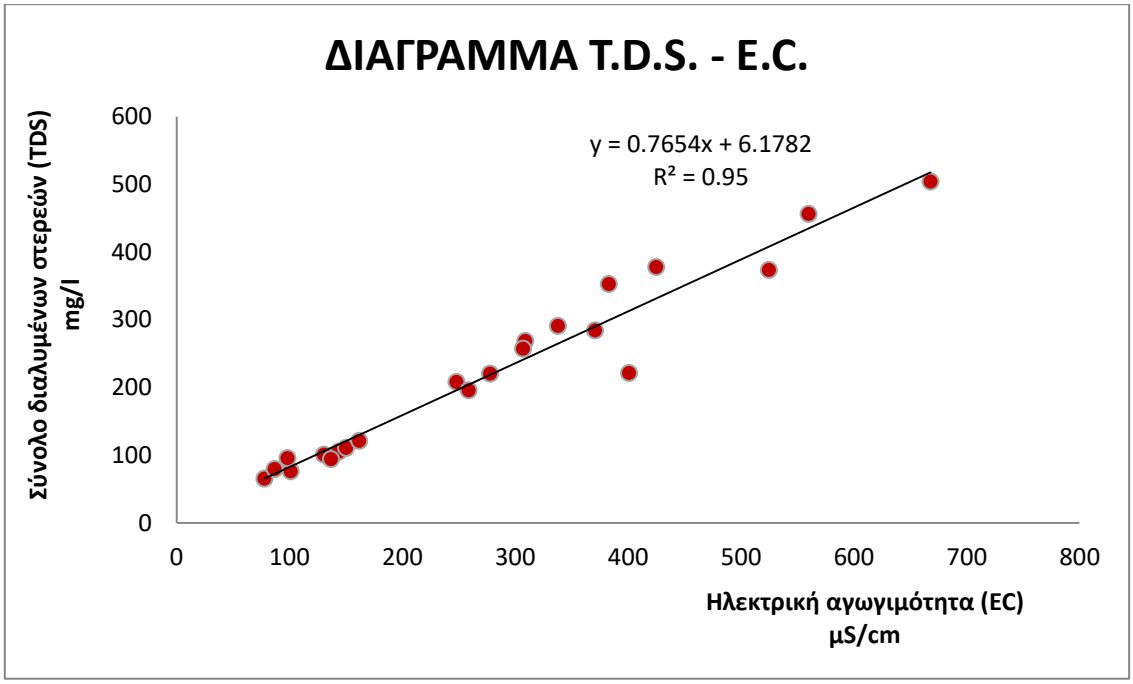
Ο χώρος μελέτης περιλαμβάνει υπόγεια νερά φυσικής αναπλήρωσης, τα οποία διατηρώντας τον οξυ-ανθρακικό τους χαρακτήρα (Ca-HCO_3 τύπος νερού), αύξησαν το ποσοστό τους σε αλκάλια κατά το χρόνο παραμονής τους μέσα στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς, εμπλουτίστηκαν κυρίως με ιόντα νατρίου και εξελίχθηκαν σε μικτού τύπου (Na-Ca-Mg-HCO_3-Cl τύπος νερού).

- Με βάση το pH

Τα νερά των πηγών δειγματοληψίας παρουσιάζουν pH από 7.2 έως 8.4, δηλαδή τιμές μεγαλύτερες από 7, οπότε χαρακτηρίζονται και ως αλκαλικά, γεγονός που οφείλεται στα μεταμορφωμένα πετρώματα μέσα από τα οποία ρέουν και εμπλουτίζονται με στοιχεία από την πετρολογική τους σύσταση.

- Με βάση το T.D.S.

Πρόκειται για έναν δείκτη που σχετίζεται με τη διαδρομή του υπόγειου νερού που έχει ακολουθήσει μέσα στο υπέδαφος καθώς και με το χρόνο παραμονής του σε αυτό. Επειδή οι τιμές που παρουσιάζει είναι μικρότερες από 1.000mg/l, το νερό των πηγών είναι «γλυκό» (κατά Hem & Davis – D.Wiest), με «καλή» γεύση. Επιπλέον, μικρή ποσότητα διαλυμένων στερεών, άρα και μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα, συνεπάγεται και με νερό προερχόμενο από γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και πρασινοσχιστόλιθους, με υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου από τα κύρια ιόντα, πυριτίου και μαγγανίου από τα δευτερεύοντα.



Εικόνα 9.29: Γράφημα συσχέτισης Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (μS/cm) και T.D.S. (mg/l).

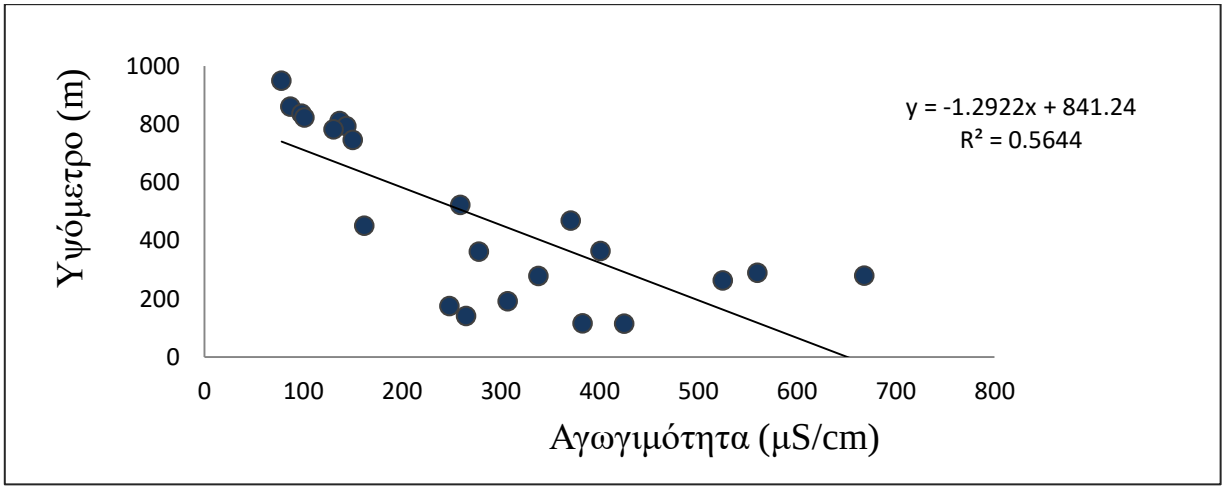
➢ Με βάση την σκληρότητα

Πίνακας 76. Σκληρότητα – Ισοδύναμο $CaCO_3$ σε mg/l

Χαρακτηρισμός νερού	**Κατά Sawyer – Mc Carty (1967)**	**Πηγή δειγματοληψίας**	**Κατά Hem (1970)**	**Πηγή δειγματοληψίας**
Μαλακό	0 – 75	Αριθμός δείγματος: 2,8,9,10,17,18,19,20,21	0 – 60	Αριθμός δείγματος: 2,8,9,10,17,18,19,20,21
Μέτρια σκληρό	76 – 150	Αριθμός δείγματος: 1,3,7,13,14,15,16,22	61 – 120	Αριθμός δείγματος: 3,14,15,22
Σκληρό	151 – 300	Αριθμός δείγματος: 4,5,6,11,12	121 – 180	Αριθμός δείγματος: 1,4,7,13,16
Πολύ σκληρό	> 300		> 180	Αριθμός δείγματος: 5,6,11,12

➢ Με βάση την αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα φέρει τιμές από 78 ως 425 μS/cm με τις υψηλότερες να παρουσιάζονται σε χαμηλά υψόμετρα, κυρίως στα πεδινά, ενώ οι χαμηλότερες στα ορεινά, συνεπώς σχετίζεται με το χρόνο παραμονής και διαδρομής του υπόγειου νερού μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα. Με τις χαμηλές τιμές συνεπάγεται μικρός χρόνος παραμονής, άρα και ανανέωση του νερού ανά τακτά χρονικά διαστήματα, αντιθέτως οι υψηλές τιμές προδικάζουν μιας μεγάλης διάρκειας μετακίνηση μέσα από τους γεωλογικούς σχηματισμούς (Εικ.9.30).



Εικόνα 9.30: Γράφημα συσχέτισης Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (μS/cm) και Υψόμετρου (m). Η αύξηση του υψόμετρου σχετίζεται με προοδευτική μείωση των τιμών της αγωγιμότητας.

9.4. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα στοιχεία από τις υδροχημικές αναλύσεις δειγμάτων υπόγειου νερού του ορεινού συγκροτήματος της Όχης παρουσιάζουν, πως η προέλευση τους σχετίζεται με το γεωλογικό υπόβαθρο των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της Νότιας Εύβοιας και σε πολύ μικρότερο βαθμό από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις ή/κ΄θαλάσσια επίδραση. Από τις ορυκτολογικές αναλύσεις των σχηματισμών και των δύο καλυμμάτων – Στύρων και Όχης – στις μελέτες των Bavay et al. (1980) και της Μουστάκα (2011), καθώς και από τον χημικό τύπο των πυριτικών ορυκτών της σελίδας geo.auth.gr προκύπτει ότι:

9.4.1. Για κύρια χημικά στοιχεία

- Ασβέστιο

Η κύρια προέλευση του είναι από τον **ασβεστίτη** [$CaCO_3$] των μεταμορφωμένων ανθρακικών πετρωμάτων – μάρμαρα των καλυμμάτων Στύρων και Όχης. Επιπλέον, εμπεριέχεται μέσα σε **ασβεστονατριούχους άστριους** [(K,Na,Ca, Fe^{3+})(Al,Si)$_3$ O_8] (μεταβασάλτες και σε όλα τα λιθολογικά συστήματα Στύρων και Όχης), σε **πλαγιόκλαστα/ανορθίτες** [$Ca(Al,Si)_2O_8$] (μεταγάββροι), σε **πυρόξενους** [(Na,Ca,Fe^{2+},Mg)(Fe^{2+},Fe^{3+},Mg,Al,Cr,Ti,Mn^{2+})(Si,Al,Fe^{3+})$_2O_6$] (μεταβερλίτες, μεταβασάλτες και μεταγάββροι), κυρίως **αυγίτη** [(Ca,Mg,Fe,Ti, Al, Na)$_2$(Al, Si)$_2O_6$] (μεταγάββροι, μεταβασάλτες και περιδοτίτες), **ομφακίτη** [(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)Si_2O_6] (χαλαζίτες, μεταβασικά και υπερβασικά) και **διοψίδιο** [$CaMgSi_2O_6$] (περιδοτίτες), σε **γρανάτες/ανδραδίτες** [$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$] (σερπεντινίτες), σε **τιτανίτη** [$CaTiSiO_5$] (οφιολιθικό σύμπλεγμα Όχης), σε **λωζονίτες** [$CaAl_2Si_2O_7(OH)_2.H_2O$] (κυανοσχιστόλιθοι, μεταβασάλτες και μεταβασικά σειράς Καστρίου), σε **πουμπελλυϊτες** [Ca_2(Fe^{3+},Mg,Fe^{2+},Mn)(Al,Fe^{3+},Mn^{3+})$_2$(OH)$_2$(SiO_4)$Si_2O_7.H_2O$] (σχιστόλιθοι Όχης, μεταβασάλτες και μεταγάββροι), σε **αμφιβόλους** [(Na,K)(Na,Ca,Fe^{2+},Li,Mn^{2+},Al)$_2$(Li,Na,Mg,Fe^{2+}, Mn^{2+},Zn,Co,Ni,Al,Cr^{3+},Ti)$_5Si_8O_{22}$(OH,F,Cl)$_2$] (σχιστόλιθοι Όχης, μεταβερλίτες, μεταγάββροι, μεταβασάλτες, μάρμαρα και σχιστόλιθοι Στύρων) κυρίως **ακτινόλιθο** [$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$] (κυανοσχιστόλιθοι, μεταβασικά και υπερβασικά), **τρεμολίτη** [$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$] (υπερβασικά) και **κεροστίλβη** [(Ca,Na,K)$_2$(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Al)$_5Si_6$(Al,Si)$_2O_{22}$(OH,F)$_2$] (αμφιβολίτες, αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι και μεταβασάλτες), σε **μαρμαρυγίες** [(K,Na,Ca)$_2$(Al,Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Mn^{2+},Cr^{3+},Ti)$_{4-6}$(Si,Al)$_8O_{20}$(OH,F)$_4$] (μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι Στύρων, μεταβασικά και μεταιζήματα Όχης) καθώς και σε ορυκτά της ομάδας του **επίδοτου** [(Ca,Mg,Mn,Na,K)$_4$(Al,Ti,Fe^{3+})$_6$(Si,Al)$_2O_{24}$OH] (σχιστόλιθοι Στύρων και Όχης, μεταβασάλτες και μεταγάββροι) κυρίως **πιεμοντίτες** [Ca_2(Al,Mn^{3+},Fe^{3+})$_3Si_3O_{12}$(OH)] (σχιστόλιθοι EBU, χαλαζίτες, μεταβασάλτες και μεταγάββροι), **αλλανίτες** [(Ca,La,Ce,Y)$_2$(Al,Fe^{3+},Mg)$_3$(SiO_4)$_3$OH] (ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι Στύρων, αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι Όχης, χαλαζίτες, μεταβασίτες και μεταβασάλτες) και **(κλινο-)ζωϊσίτες** [Ca_2(Al,Fe)$_3Si_3O_{12}$(OH)] (μεταβασάλτες και μεταιζήματα Όχης).

- Μαγνήσιο

Το συγκεκριμένο στοιχείο, αν και υφίσταται σε μικρή αναλογία στους **άστριους**, στους **αμφιβόλους**, στους **πυρόξενους/ενστατίτη** [$MgSi0_3$] και **υπερσθενή** [(Mg,Fe)SiO_3], στους **μαρμαρυγίες** και στο **επίδοτο**, απαντά κυρίως σε **γρανάτες** [(Mg,Fe^{2+},Mn,Ca)$_3$(Al,Cr,Fe^{3+})$_2$ (SiO_4)$_3$]

(γλαυκοφανιτικοί σχιστόλιθοι, μεταιζήματα και υπερβασικά Όχης), σε **ολιβίνη** [$(Mg,Fe)SiO_4$] (μεταγάββροι, μεταβασάλτες και περιδοτίτες), σε **σερπεντίνη** [$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$] (περιδοτίτες) και σε **χλωρίτη** [$(Mg,Al,Fe^{2+},Fe^{3+})_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$] (εντός κυρίως των σιπολίνων Στύρων, μάρμαρα και σχιστόλιθοι, μεταγάββροι και μεταβασάλτες).

- Νάτριο και Κάλιο

Η παρουσία των δυο, αυτών, αλκαλίων συνδέεται με τους **άστριους** και συγκεκριμένα το νάτριο με τον **αλβίτη** [$NaAlSi_3O_8$], ενώ το κάλιο με το **ορθόκλαστο** και τον **μικροκλινή** [$KAlSi_3O_8$]. Επιπροσθέτως, το νάτριο απαντά στον **αλίτη** [NaCl], στους **νατριούχους αμφιβόλους**: ***ρεϊβεκίτη*** [$Na_2(Fe,Mg)_3Fe_2Si_80_{22}(OH)_2$], ***γλαυκοφανή*** [$(K,Na)(Mg,Fe,Al)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$], ***κροσσίτη*** [$Na_2(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})_2Si_8O_{22}(OH)_2$] και ***κεροστίλβη*** (γλαυκοφανιτικοί σχιστόλιθοι, μεταβασικά και υπερβασικά), στους **κλινοπυρόξενους**: ***ομφακίτη***, ***αιγιρίνη*** [$NaFe^{3+}(Si_2O_6)$](μεταβερλίτες, μεταβασάλτες και μεταγάββροι) και **ιαδεϊτη** [$NaAlSi_2O_6$] (σερπεντινίτες).

Το κάλιο συναντάται στον **συλβίτη** [KCl], στους **μαρμαρυγίες**: ***στιλπνομέλα*** [$K(Fe,Al)_{10}Si_{12}O_{30}(OH)_{12}$], ***φεγγίτη*** [$K(Al,Mg)_2(OH)_2(Si,Al)_4O_{10}$], ***βιοτίτη*** [$K(Mg,Fe)_3(Al,Si_3)O_{10}(OH)_2$] και ***μοσχοβίτη*** [$K,Al_2(Al,Si_3)O_{10}(OH)_2$] (γνεύσιοι, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, μεταβασικά και υπερβασικά), στους **αμφιβόλους**: **γλαυκοφανή** και **κεροστίλβη**, στους **άστριους: αδουλάριο** [$KAlSi_3O_8$]. Η παρουσία τους στην σύσταση του νερού σχετίζεται πέρα της ορυκτολογίας των γεωλογικών σχηματισμών, με την διείσδυση της θάλασσας ή με αερομεταφερόμενα σταγονίδια από την θάλασσα, διότι μελετάμε πηγές του νότιου τμήματος της νήσου Ευβοίας.

- Χλώριο

Η κύρια προέλευση του είναι τα **αργιλικά ορυκτά**, ενώ συνάμα αποτελεί ένδειξη **επίδρασης από την θάλασσα**. Προέρχεται και από τα **ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα**.

- Όξινα ανθρακικά ιόντα

Όπως διαπιστώσαμε και προηγουμένως, αποτελεί το πλέον επικρατέστερο ανιόν στα γλυκά υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης. Προέρχεται από τη **διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων**.

- Νιτρικά ιόντα

Προέρχεται κυρίως από την ελεύθερη απόρριψη κτηνοτροφικών αποβλήτων - **περιττώματα ζώων** και πιθανότατα σε μικρότερο ποσοστό από αγροτική δραστηριότητα - **λιπάσματα** λόγω της πολύ περιορισμένης χρήσης στα υψόμετρα, που απαντούν οι πηγές, εξαιτίας των χαμηλών συγκεντρώσεων, που υπολογίστηκαν.

- Θειϊκά ιόντα

Είναι ανιόντα από οξείδωση θειούχων ενώσεων των αργιλικών πετρωμάτων και πιθανότατα προϊόντα από την περιορισμένη χρήση **θειικών λιπασμάτων.**

- Φωσφορικά ιόντα

Τα συναντάμε με διάφορες μορφές: PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^{-}$. Η παρουσία τους σχετίζεται συνήθως με τη χρήση **φωσφορικών** λιπασμάτων, που, ωστόσο, οι χαμηλές συγκεντρώσεις των εργαστηριακών αναλύσεων παρουσιάζουν περιορισμένη χρήση για την περιοχή μελέτης. Ο κύριος εμπλουτισμός

προέρχεται από το γεωλογικό υπόβαθρο, επειδή συνδέονται με ορυκτά όπως ο ολιβίνης, ο κλινοπυρόξενος, η αμφίβολος και οι άστριοι.

9.4.2. Για λοιπά χημικά στοιχεία ή ενώσεις

- Ολικός Σίδηρος

Συναντάται με τη δισθενή και τρισθενή μορφή του και συνδέεται με τα **μαγματικά πετρώματα** της Όχης. Πιο συγκεκριμένα, ο σίδηρος υφίσταται σε **επίδοτο**, **πιεμοντίτη** και **αλλανίτη**, σε **ολιβίνη** και **γρανάτες/αλμανδίνη** [$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$] (σχιστόλιθοι και γνεύσιοι), σε **πυρόξενους** και **αμφιβόλους**: **ακτινόλιθο**, **κεροστίλβη**, **γλαυκοφανή** και **ρεϊβεκίτη**, σε **μαρμαρυγίες**: **βιοτίτη** και **στιλπνομέλα**, σε **σερπεντίνη** και **χλωρίτη** καθώς, επίσης, σε **αιματίτη** [Fe_2O_3] .

- Αργίλιο

Μαγματικά πετρώματα πλούσια σε **αργιλοπυριτικά ορυκτά** και πυριτικά πετρώματα πλούσια σε **αστρίους** αποτελούν την πηγή του αργιλίου. **Αλκαλιούχοι άστριοι** και **πλαγιόκλαστα**, **μαρμαρυγίες**: **βιοτίτης**, **μοσχοβίτης** και **στιλπνομέλας**, **αμφίβολοι**: **κεροστίλβη** και **γλαυκοφανής**, **κλινο-πυρόξενοι: αυγίτης** και **ομφακίτης**, **αργιλοπυριτικά**, **γρανάτες** και **επίδοτο** φέρουν στη σύσταση τους το συγκεκριμένο στοιχείο.

- Αρσενικό

Συνδέεται κυρίως με τα **σχιστολιθικά και οφιολιθικά πετρώματα της Όχης και σε μικρότερο βαθμό με τα μάρμαρα**. Πιο συγκεκριμένα έχει ανεφερθεί από τους Gamaletsos et al. (2013) και συνδέεται με Mn–ούχα πυριτικά ορυκτά και όχι θειούχα, όπως **As–αρδενίτης** [$Mn^{2+}_4(Al,Mg)_6(OH)_6(AsO_4)(SiO_4)_2Si_3O_{10}$] (fr.wikipedia.org/wiki/Ardennite-(As)).

- Βάριο

Συναντάται σε **άστριους, ασβεστιτικά** και **αργιλοπυριτικά ορυκτά**. Στο οφιολιθικό σύμπλεγμα φέρει μικρές συγκεντρώσεις, επειδή υπερισχύουν το ασβέστιο και το μαγνήσιο.

- Κάδμιο

Προέρχεται από **αργιλικά ορυκτά** και πιθανότατα από **ανθρωπογενείς δραστηριότητες – περιορισμένη χρήση λιπασμάτων**.

- Χρώμιο

Υπάρχει στη σύσταση **σχιστολιθικών**, **βασικών** (μεταβασάλτες) και **υπερβασικών** (περιδοτίτες) **πετρωμάτων**.

- Νικέλιο και Κοβάλτιο

Αποτελούν στοιχεία των υπερβασικών πετρωμάτων της Όχης, σε ορυκτά, όπως ο **σερπεντίνης,** αλλά υφίσταται και στο **χλωρίτη**.

- Πυρίτιο

Στοιχείο των **πυριτικών** και **αργιλικών ορυκτών**, αλλά και υπό μορφή διοξειδίου του πυριτίου [SiO_2] σε **χαλαζίτες** της Όχης.

- Στρόντιο

Συνδέεται με **ασβεστιτικά** και μερικά **αργιλοπυριτικά ορυκτά**, καθώς, επίσης, και με **άστριους**.

- Φώσφορος

Πηγή φωσφόρου τα πυριτικά ορυκτά του συμπλέγματος της Όχης.

- Λανθάνιο

Πηγή του συγκεκριμένου στοιχείου αποτελεί ο **αλλανίτης** των ασβεστιτικών σχιστόλιθων του καλύμματος των Στύρων και των χαλαζιτών, μεταβασιτών, μεταβασαλτών και αμφιβολιτικών σχιστόλιθων του καλύμματος της Όχης.

- Μαγγάνιο

Συνδέεται με **Fe-Mn-ούχα κοιτάσματα** ΒΑ της Καρύστου και ανατολικά της κορυφής της Όχης, καθώς και με μεταμορφωμένα πετρώματα πλούσια σε **επίδοτο**: **πιεμοντίτη**, σε **μαρμαρυγία** και **αμφίβολο**: **κεροστίλβη**, σε **βραουνίτη** [$(Mn,Fe)_2O_3MnSiO_3$] και σε **γρανάτη/σπεσσαρτίνη** [$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$]. Ο σπεσσαρτίνης απαντά σε πιεμοντιτικούς σχιστόλιθους και πυροξενικό χαλαζίτη της Όχης. Η Mn ποικιλία του γρανάτη έχει αναφερθεί και από τους Reinecke et al. (1985) σε Fe-Mn-ούχα μεταιζήματα της Άνδρου.

- Σελήνιο

Βρίσκεται στη σύσταση του **αλλανίτη** των ασβεστιτικών, μαρμαρυγιακών και αμφιβολιτικών σχιστόλιθων, των μεταβασαλτών και των χαλαζιτών.

- Μόλυβδος

Είναι από τα στοιχεία που συνδέονται κυρίως με την βιομηχανία. Ωστόσο, επειδή στην περιοχή μελέτης κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, η προέλευση του εστιάζεται στα **αργιλικά ορυκτά**.

- Θείο και Αντιμόνιο

Και τα δυο, αυτά, στοιχεία σχετίζονται με **θειούχα ορυκτά** και **ανθρωπογενή δραστηριότητα** (εκρηκτικά λατομείων). Επιπλέον, το θείο μπορεί να προέλθει από **πυριτικά ορυκτά**.

- Ψευδάργυρος

Με τα **μαγματικά πετρώματα** συνδέεται και ο ψευδάργυρος, ο οποίος μπορεί να υπάρχει και σε μικρές συγκεντρώσεις στην **ατμόσφαιρα**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^{ο} ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο ορεινό συγκρότημα της Όχης, δομούμενο από υψηλής πίεσης πετρώματα, εκδηλώνεται πλήθος πηγών. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η εξακρίβωση του τρόπου διασύνδεσης της γεωλογίας και της τεκτονικής με τον μηχανισμό εκδήλωσης των πηγών αλλά και με τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά τους.

Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν ογδοντά οχτώ (88) πηγές – δέκα (10) στο κάλυμμα των Στύρων, ενώ οι υπόλοιπες στο κάλυμμα της Όχης – από το χωριό Καλύβια έως τον μικρο-οικισμό του Κομίτου, με την πλειοψηφία να εμφανίζεται από τα 249 ως τα 1.130m υψόμετρο. Από παρατηρήσεις πεδίου και μέσω της κατασκευής υδρολιθολογικού χάρτη προέκυψαν δύο κύριοι τύποι υδροφόρων συστημάτων, αφού η μεσαίου βαθμού περατότητα των Τεταρτογενών αποθέσεων επηρεάζει κατά κόρον τον υδροφόρο της νεοτεκτονικής λεκάνης της Καρύστου.
Ο πρώτος αφορά την υδροφορία των καρστικών μέσων με τον εμπλουτισμό της ανθρακικής μάζας να συντελείται άμεσα μέσω της επιφανειακής κατείσδυσης. Τα έγκοιλα, που διαμορφώνονται από την διάλυση του ανθρακικού ασβεστίου, αποτελούν τις διόδους διακίνησης ή/κ' αποθήκευσης του υπόγειου νερού, τα οποία μαζί με το δευτερογενές πορώδες, που προκύπτει από τη δράση ρηγμάτων και διακλάσεων, συντελούν στην μακροπερατότητα των μαρμάρων. Στην περιοχή έρευνας, η εκφόρτιση του εν λόγω υδροφορέα πραγματοποιείται μέσω των πηγών Λάλας, Αγίας Τριάδας, Παναγίας, Μύλων, Αετού και Πλατανιστού – Επανοχωρίου, που αναβλύζουν καθ'όλη τη διάρκεια του έτους με υψηλές τιμές παροχών (κατά μέσο όρο Q > 100m^3/h) συμβάλλοντας και στην επιφανειακή απορροή. Χαρακτηριστικό γνώρισμα τους είναι η διακύμανση στην παροχή, με άμεση απόκριση του συστήματος, δηλαδή αύξηση των τιμών της, μετά από κάθε βροχόπτωση, όπως διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια της έρευνας. Σύμφωνα με την Εικόνα 10.1, η παροχή της πηγής Μύλων (δείγμα 4), αυξήθηκε στη διάρκεια ενός μήνα περίπου, λόγω βροχόπτωσης από τα μέσα έως τα τέλη Μαΐου (δεδομένα από meteo.gr).

Εικόνα 10.1: Αύξηση τιμής παροχής, που προέρχεται από τα μάρμαρα των ΝΔ παρυφών της Νεράιδας στην πηγή Μύλων από τον Μάιο, που έγινε η καταγραφή της έως τον Ιούνιο, που πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία της.

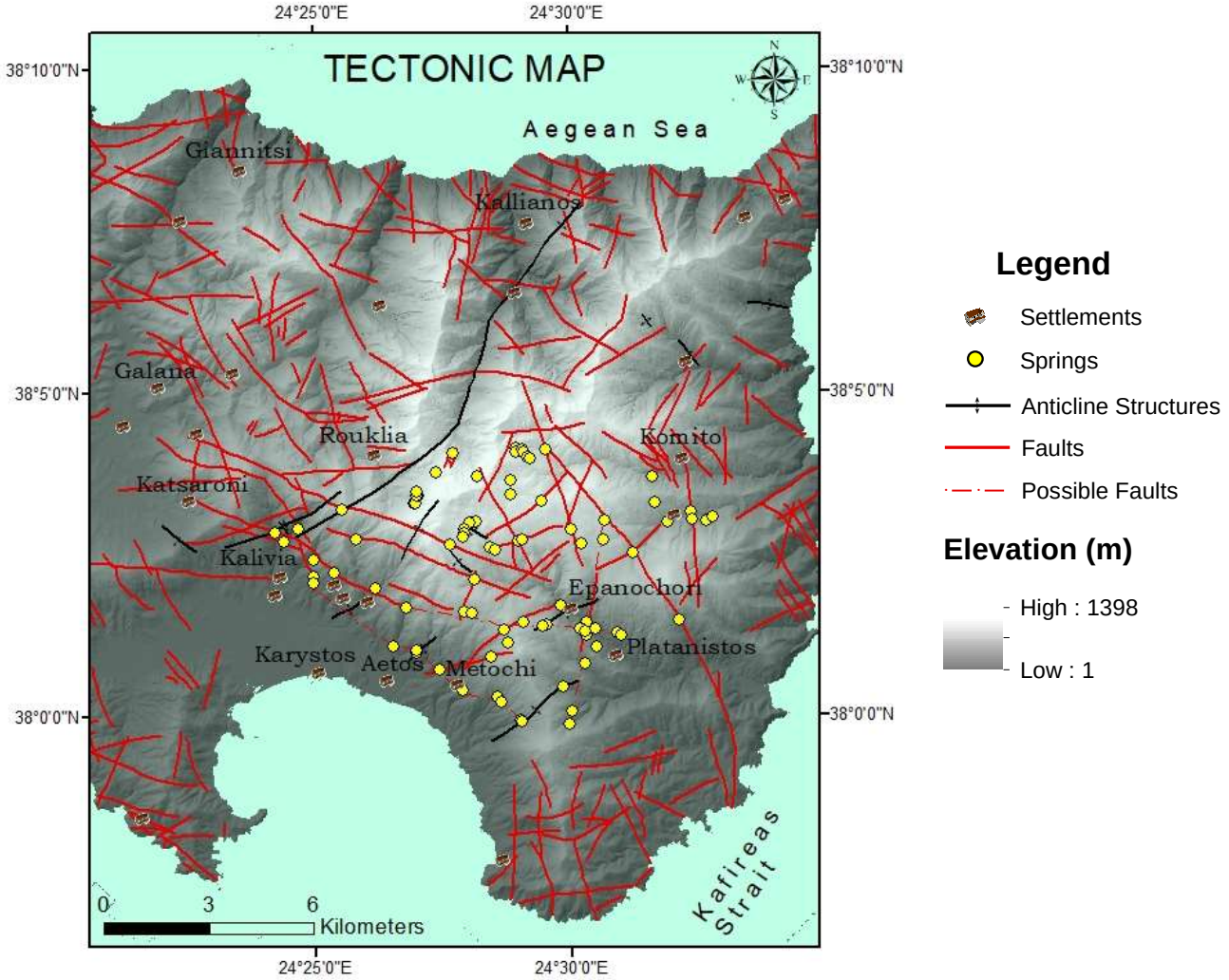
Στις αρχές Ιουνίου, που πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία για την πηγή της Λάλας (δείγμα 7), η υψηλή παροχή, που συνδέεται με τους μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς ανάντη της, στην περιοχή «Πλακωτά», προέκυψε, κατόπιν βροχόπτωσης στα τέλη Μαΐου (δεδομένα από meteo.gr), ενώ η μείωση της δύο μήνες αργότερα (Αύγουστος του 2017) οφείλεται στον ελάχιστο έως μηδενικό όγκο κατακρημνισμάτων, που σημειώθηκε τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο (Εικ.10.2).

Εικόνα 10.2: Διακύμανση παροχής για την πηγή Λάλας κατά την θερινή περίοδο του 2017.

Η διακύμανση, που σημειώθηκε στις πηγές Επανοχωρίου (Εικ.10.3), συνδέεται με μικρότερο όγκο βροχής και καθόλου χιονόπτωση για τη χειμερινή περίοδο του 2018, συγκριτικά με τα δεδομένα της περιοχής για το έτος 2017.

Εικόνα 10.3: Διακύμανση παροχής για τις πηγές Επανοχωρίου, λόγω διαφοροποίησης στον όγκο κατακρημνισμάτων, που σημειώθηκε για κάθε έτος ξεχωριστά.

Ο δεύτερος τύπος συνδέεται με την υδροφορία διερρηγμένων σχηματισμών. Οφιολιθικά πετρώματα, γνεύσιοι και σχιστόλιθοι, που χαρακτηρίζονται βιβλιογραφικά ως υδατοστεγείς, εξαιτίας του έντονου τεκτονισμού, δύναται να εμφανίζουν σχετική υδροπερατότητα και υδροφορία. Το νερό διακινείται προς βαθύτερους ορίζοντες μέσω των ζωνών διάρρηξης και διακλάσεων διαμορφώνοντας σχετική υδροφορία μέσω ασυνεχειών. Οι πηγαίες αναβλύσεις, που συνδέονται με την τεκτονική καταπόνηση της συμπαγούς μάζας, παρουσιάζουν χαμηλές τιμές παροχών (κατά μέσο όρο Q < 50m^3/h) λόγω της αδυναμίας σχηματισμού εκτεταμμένου υδροφόρου ορίζοντα. Από τον μηχανισμό λειτουργίας των πηγών προκύπτει, ότι δεκαεννιά (19) πηγές εκδηλώνονται στην επαφή μακροπερατών μαρμάρων και ημιπερατών σχιστόλιθων (21.6% του συνόλου), ενώ οι περισσότερες συνδέονται με τις τεκτονικές δομές (ρήγματα, διακλάσεις, άξονες αντικλίνων) του ορεινού συγκροτήματος της Όχης (78.4%), γεγονός που παρουσιάζεται και κατά την προβολή των θέσεων τους πάνω στον τεκτονικό χάρτη (Εικ.10.4).



Εικόνα 10.4: Τεκτονικός χάρτης με τις θέσεις των 88 πηγών.

Η γραμμικότητα των θέσεων των πηγών πιθανότατα σχετίζεται με προέκταση των ήδη υφιστάμενων ρηξιγενών ζωνών, γεγονός που μπορεί να εξεταστεί μέσω δορυφορικών εικόνων.

Η τεκτονική μελέτη και ανάλυση της περιοχής παρουσίασε πλαστικές δομές διαφόρων ειδών (ισοκλινείς, κεκλιμένες και κατακεκλιμένες, ήπια βυθιζόμενες, περιοδικές και μη, γωνιώδεις, κλειστές, πτυγματικές, λοξοζωνικές, απλής άρθρωσης, καμπύλωσης και ροής, δυσαρμονικές, ομόκεντρες πτυχές) και τύπων (Z- κυρίως και S- σε τοπική κλίμακα) με κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, παράλληλη στη μεγα-αντικλινική δομή της Όχης, αλλά και εγκάρσια σε αυτή (ΒΒΔ-ΝΝΑ διευθύνσεως) σε ορισμένες θέσεις. Η ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση του άξονα κύριας πτύχωσης έχει αναφερθεί και σε άλλες μελέτες της Νότιας Εύβοιας (Bavay et al., 1980, Stamatis et al., 2005, Ring et al., 2007, Xypolias et al., 2012), καθώς, επίσης, και σε άλλες περιοχές, όπως είναι οι Βόρειες Κυκλάδες – Άνδρος, Τήνος, Μύκονος (Mehl et al., 2007, Lacombie et al., 2013) και στην Κέα (Iliopoulos et al., 2011). Τρεις πηγές απαντούν στο ΒΔ σκέλος της μεγα-αντικλινικής δομής της Όχης, ενώ η πλειοψηφία απαντά στο ΝΑ της σκέλος. Στο περίπλοκο, αυτό, σκηνικό, που διαμορφώνεται στο ανατολικό ρηξιτέμαχος του ρήγματος αποκόλλησης Αττικής – Οκτωνιάς (Papanikolaou & Papanikolaou, 2007, Bradley, 2012) προστίθενται τρία (3) συστήματα ρηγμάτων, σε ένα εκτατικό καθεστώς, διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, στο χώρο των Κυκλάδων. Κατά το στάδιο μετάβασης από όλκιμες σε ημιπλαστικές έως θραυσιγενείς συνθήκες διαμορφώθηκαν κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ (Ring et al., 2007, Xypolias et al.,2012), η οποία προκύπτει και από μετρήσεις πεδίου, που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης – από Καλύβια έως Κόμιτο με μέση τιμή 25°/164°. Κανονικού χαρακτήρα δομές φέρουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ με μέση τιμή 30°/056° και 20°/230°, αλλά υφίσταται και εγκάρσιες τους διευθύνσεις, ΒΑ-ΝΔ με στοιχεία 20°/136°. Και τα δυο, αυτά, συστήματα ρηγμάτων σύμφωνα με την βιβλιογραφία (Xypolias et al., 2012) αναπτύχθηκαν κατά το τελευταίο παραμορφωτικό στάδιο. Για τις συγκεκριμένες διευθύνσεις ρηξιγενούς παραμόρφωσης έχει πραγματοποιηθεί αναφορά σε μελέτες στο Πήλιο (Papanikolaou & Migiros, 2008), στην Τήνο και στην Άνδρο (Mehl et al., 2007, Stournaras et al., 2007). Τα συστήματα διακλάσεων, που δρουν τόσο στα μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα, όσο και στο σχιστολιθικό σύνολο, φέρουν διεύθυνσεις ΒΔ-ΝΑ (με στοιχεία μέσης τιμής: 70°/054°) και ΒΑ-ΝΔ (με στοιχεία μέσης τιμής: 65°/130°). Ίδιες διευθύνσεις έχουν βρεθεί στα διερρηγμένα της Τήνου από τους Stournaras et al. (2007). Ωστόσο, επειδή οι μετρήσεις των διακλάσεων πραγματοποιήθηκαν σε συγκεκριμένες θέσεις και όχι σε όλη την έκταση της εξεταζόμενης περιοχής, πιθανότατα υφίσταται και άλλα συστήματα διακλάσεων με διευθύνσεις Β-Ν ή/κ' Α-Δ, οι οποίες έχουν σχολιαστεί στους διερρηγμένους σχηματισμούς της Όσσας (Stamatis & Migiros, 2004), της Κέας (Iliopoulos et al., 2011) και του Πεντελικού (Mariolakos & Papanikolaou, 1973).

Η έννοια, βέβαια, των πηγών αποκτά νόημα μέσα από την κατείσδυση, δηλαδή του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, που θα εισέλθει στο υπόβαθρο και ακολουθώντας μια πορεία θα εκφορτιστεί επιφανειακά. Για την εκτίμηση, λοιπόν, της κατείσδυσης εξετάσθηκαν στοιχεία – όγκος βροχής σε mm και θερμοκρασία σε °C από τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών/Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος (ΕΑΑ/ΙΕΠ) (Παξιμάδα, Καβοντόρο και Στύρα). Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει, πως οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής μελέτης έχουν ως κύριο γνώρισμα την εναλλαγή μιας θερμής και ξηρής περιόδου, που αρχίζει από το Μάιο έως τον Σεπτέμβριο και μιας ψυχρής και υγρής περιόδου, που ξεκινά

ουσιαστικά από τον Οκτώβριο. Ο μήνας Ιανουάριος φέρει τις μικρότερες τιμές θερμοκρασίας, λόγω των χιονοπτώσεων, που έλαβαν χώρα ιδιαίτερα τα έτη 2015 και 2017. Μάλιστα, το 2017 είναι ένα έτος που μας απασχολεί ιδιαίτερα, διότι η μελέτη και η δειγματοληψία των πηγών πραγματοποιήθηκε αρχές της θερμής του περιόδου, με τα χιόνια της ψυχρής, που κάλυψαν ως και το λιμάνι της Καρύστου να συντελούν όχι απλά στην εκδήλωση των πηγών αλλά και ειδικότερα στις τιμές των παροχών τους. Οι μέγιστες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν, όπως ήταν φυσικό, στην θερινή περίοδο (Ιούνιος – Αύγουστος), όπου χαρακτηρίζεται και από το μικρότερο έως μηδενικό ύψος βροχής. Σύμφωνα και με τις ογδόντα οχτώ (88) πηγές κατασκευάστηκαν έξι (6) υδρολογικές λεκάνες (Καρύστου, Πλατανιστού, Αντιάς, Κομίτου, Δημοσάρη και Αγίου Δημητρίου) (Εικ.10.7), με τις δέκα (10) από τις έντεκα (11) κορυφές του ορεινού συγκροτήματος της Όχης (Όχη, Γιούδα, Σαμάρι, Νεράιδα, Κερασιά, Μηλιά, Αηδόνι, Αετόπετρες, Τσιγκαθιά και Μπούμπλια) – εκτός της «Πρόκας» στο ακρωτήρι του Καφηρέα – να διαμορφώνουν τον υδροκρίτη τους. Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 77, ο όγκος νερού, που δέχεται κάθε λεκάνη, είναι άρρηκτα συνυφασμένος με το εμβαδόν της, καθώς και με τους γεωλογικούς σχηματισμούς της.

Πίνακας 77

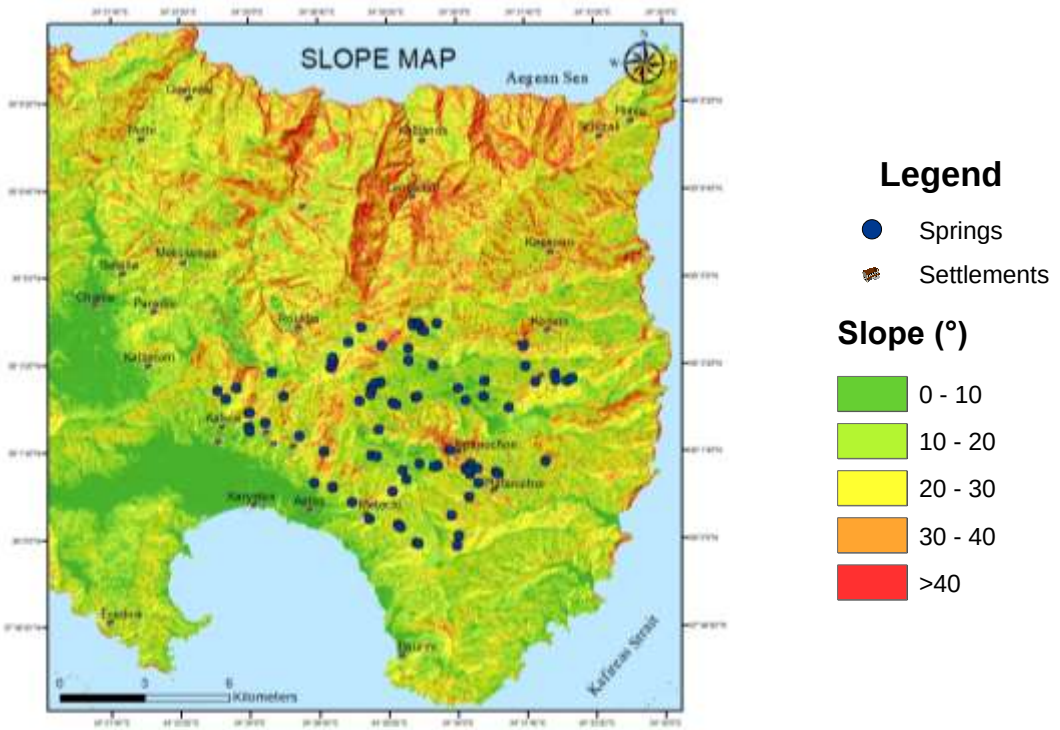
	ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ (km^2)	ΚΥΡΙΑΡΧΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΔΕΧΕΤΑΙ ΟΛΗ Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ($*10^3$ m^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΚΑΤ'ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΕΙΣΔΥΕΙ ($*10^3$ m^3)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%) ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ
1	ΚΑΡΥΣΤΟΥ	71.2	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	32080.632	3912.798	12.20
2	ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΟΥ	34.9	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	22375.548	1591.023	7.11
3	ΑΝΤΙΑΣ	10.9	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	7063.668	423.820	6.00
4	ΚΟΜΙΤΟΥ	16.2	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	12240.374	1122.466	9.17
5	ΔΗΜΟΣΑΡΗ	29.8	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	21554.270	3038.663	14.10
6	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	42.9	ΜΑΡΜΑΡΑ	28951.362	8249.982	28.50

Ξεκινώντας από τη μικρότερη κατείσδυση (6%) στη λεκάνη της Αντιάς, η οποία σχετίζεται με την μικρή έκταση, που καταλαμβάνει αλλά και με την σχιστολιθική μάζα της Όχης, που την καλύπτει εξ ολοκλήρου. Μέσα στη συγκεκριμένη λεκάνη καταγράφηκαν εννιά πηγές, μόνιμες και με μικρή παροχή λόγω του γεωλογικού υπόβαθρου. Μεγαλύτερο ποσοστό κατείσδυσης φέρουν οι λεκάνες Αγίου Δημητρίου, Δημοσάρη και Καρύστου. Αυτό που παρατηρείται είναι, ότι ο κυρίαρχος γεωλογικός σχηματισμός παίζει καταλυτικό ρόλο στην κατείσδυση και δευτερευόντως η έκταση των λεκανών. Ιδιαίτερα για την λεκάνη Αγίου Δημητρίου, που δομείται κατά πλειοψηφία από μάρμαρα – σιπολίνες του καλύμματος Στύρων έχουμε κατείσδυση κοντά στο 30% (έντονα καρστικοποιημένοι ανθρακικοί σχηματισμοί). Συγκριτικά με τις άλλες δύο λεκάνες, αναμενόταν η λεκάνη της Καρύστου λόγω της έκτασης της να φέρει μεγαλύτερο ποσοστό κατείσδυσης, γεγονός που δεν υφίσταται. Αυτό οφείλεται στον δεύτερο σε κυριαρχία γεωλογικό σχηματισμό, όπου για

την λεκάνη του Δημοσάρη είναι τα μάρμαρα των Στύρων, ενώ για την λεκάνη της Καρύστου οι Τεταρτογενείς αποθέσεις (διαφοροποίηση λόγω περατότητας – στην περίπτωση της λεκάνης του Δημοσάρη έχουμε μακροπερατούς σχηματισμούς, ενώ στης Καρύστου ημι-περατούς). Συγκρίνοντας τις δυο εναπομείναντες λεκάνες Πλατανιστού και Κομίτου με κατείσδυση μικρότερη από 10%, ο κυρίαρχος σχηματισμός, όπως διακρίνουμε είναι οι σχιστόλιθοι. Το θέμα, που προκύπτει, είναι για ποιο λόγο, αν και η λεκάνη του Πλατανιστού φέρει διπλάσια έκταση, έχει χαμηλότερη τιμή κατείσδυσης. Στο ποσοστό κατείσδυσης του Κομίτου συμβάλλουν ενεργά τα μάρμαρα της Όχης και των Στύρων, που απαντούν κοντά στο κορυφαίο του υδροκρίτη της. Ωστόσο, εξετάστηκαν και οι θέσεις των πηγών για κάθε μια λεκάνη. Στην λεκάνη του Πλατανιστού χαρτογραφήθηκαν τριάντα τρεις (33) συνολικά πηγές, ενώ στο Κόμιτο έντεκα (11). Από τις τριάντα τρεις (33) πηγές του Πλατανιστού, οι δώδεκα (12) εκδηλώνονται μέσα σε αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους της Όχης, ενώ οι υπόλοιπες σε σχιστόλιθους (17 πηγές) και μάρμαρα (4 πηγές). Από τις έντεκα (11) πηγές του Κομίτου, μόνο μία (1) πηγή βρίσκεται σε σχιστόλιθους της Όχης, ενώ οι υπόλοιπες συνδέονται κυρίως με τα μάρμαρα Στύρων (3 πηγές) και με τους αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους της Όχης (7 πηγές). Συμπεραίνουμε, πως οι αμφιβολίτες – αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι είναι πιο διερρηγμένοι και επιτρέπουν μεγαλύτερο όγκο νερού να κατεισδύσει μέσα από τη μάζα τους, γεγονός, που πιστοποιείται από τα ρήγματα του γεωλογικού χάρτη και στην ύπαιθρο, από δίκτυα διακλάσεων, που φέρουν.

Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε, πως στη διαδικασία της κατείσδυσης, παίζουν πέρα της λιθολογίας και άλλοι παράγοντες καθοριστικό ρόλο, όπως για παράδειγμα η φυτοκάλυψη, η κατανομή και η ένταση των βροχοπτώσεων, η παρουσία ή μη χιονιού και η μορφολογική κλίση. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας από την κάλυψη γης, η μεγαλύτερη έκταση στην περιοχή μελέτης καλύπτεται από σκληροφυλλική βλάστηση, ενώ οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις, που ευνοούν μέσω των ριζικών συστημάτων την κατείσδυση, απαντούν μεμονωμένα στη δυτική πλευρά της Όχης, στον Πλατανιστό, στην Αντιά και στο Κόμιτο. Η μακία βλάστηση εξαιτίας της πυκνής διάπλασης της σε ορισμένες θέσεις, διαμορφώνει ένα «αδιαπέρατο κάλυμμα» στην επιφάνεια του εδάφους, περιορίζοντας την διαδικασία της κατείσδυσης. Ωστόσο, επειδή αρκετές πηγές χαρτογραφήθηκαν σε θέσεις, όπου καλύπτονται από το συγκεκριμένο τύπο βλάστησης, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, πως οι εκφορτίσεις συνδέονται με τεκτονικές δομές, γεγονός, που διαπιστώθηκε και στην ύπαιθρο. Τα απογυμνωμένα μέρη, που συμβάλλουν στην διήθηση του νερού, καλύπτουν μια μεμονωμένη έκταση βόρεια του μικρο-οικισμού Καλυβίων σε ποσοστό 0.20%, όπως προκύπτει από τον χάρτη χρήσεων γης. Επιπλέον, οι μορφολογικές κλίσεις με μέση τιμή στις 25°, ευνοούν ως ένα βαθμό την κατείσδυση, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές κλίσεων επιτρέπουν την επιφανειακή απορροή. Σύμφωνα και με τον χάρτη της Εικόνας 10.5, παρατηρούμε, πως οι περισσότερες πηγές εκδηλώνονται σε ήπιες κλίσεις (0 - 30°), χωρίς να λείπουν και εκείνες σε πιο απότομα πρανή, με κλίσεις μεγαλύτερες των 30°, λόγω της δράσης της τεκτονικής. Η μελέτη και η καταγραφή θέσεων πηγών στο Βόρειο τμήμα της Καρυστίας, όπου οι μορφολογικές κλίσεις είναι απότομες και με το υπόβαθρο να δομείται κυρίως από μάρμαρα/σιπολινομάρμαρα του καλύμματος Στύρων, θα μπορούσε να συγκριθεί με τις ήδη εξεταζόμενες συνθήκες, που επικρατούν στο Νότιο τμήμα, στην περιοχή έρευνας μας, που καλύπτεται ως επί το πλείστον από

σχηματισμούς της Όχης, αναδεικνύοντας ακριβώς το βαθμό με τον οποίο η λιθολογία, η τεκτονική και η μορφολογία του εδάφους συνδέονται και επηρεάζουν τις παραμέτρους του υδατικού ισοζυγίου (την απορροή και την κατείσδυση).



Εικόνα 10.5: Χάρτης μορφολογικών κλίσεων σε μοίρες με τις θέσεις εκδήλωσης των πηγών.

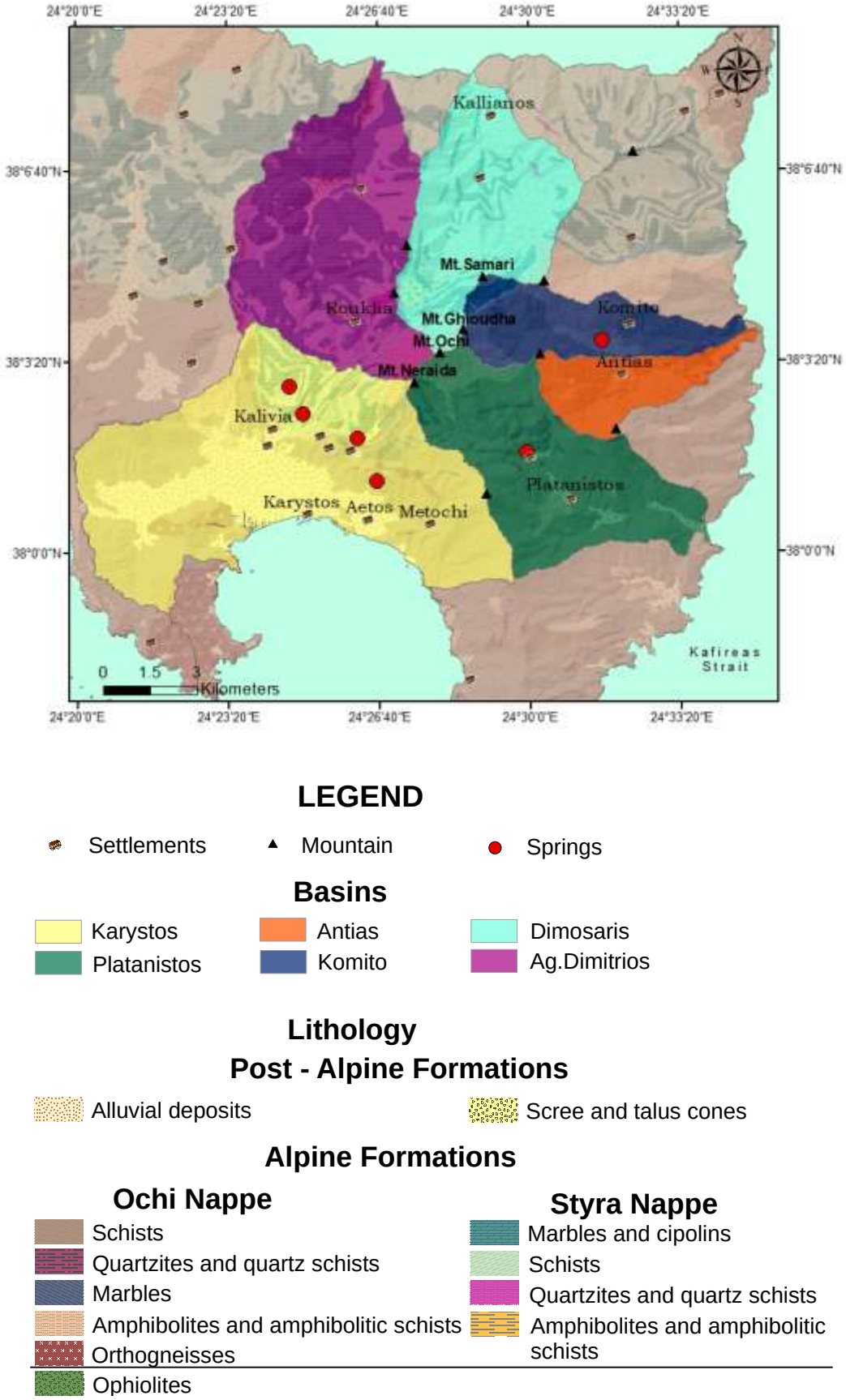
Όσον αφορά την κατανομή των βροχοπτώσεων έχουμε μια σχετική εικόνα ως προς τις εποχιακές διακυμάνσεις, όπως αυτές καταγράφηκαν από τους σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στη Νότια Εύβοια, ωστόσο η εξέταση δεδομένων και από άλλους μετεωρολογικούς σταθμούς (για παράδειγμα τον σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας/ ΕΜΥ στην Κάρυστο) με μεγαλύτερη διάρκεια λειτουργίας θα παρουσίαζε μια πιο ολοκληρωμένη άποψη. Η ένταση των βροχοπτώσεων σε θεωρητικό πλαίσιο είναι ιδανικές για τον εμπλουτισμό των υδροφόρων συστημάτων, όταν είναι μικρής έντασης και μεγάλης διάρκειας. Πρακτικά, ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν μπορεί να εξακριβωθεί, οπότε εστιάζουμε στην παρουσία του χιονιού, που χαρακτήρισε το 2017 και σίγουρα αποτέλεσε έναν σπουδαίο παράγοντα ως προς την κατείσδυση, μετά την λιθολογία και την τεκτονική. Σε ένα οποιοδήποτε άλλο έτος, που μπορεί να χαρακτηρίζεται από ξηρασία και όχι από χιονοπτώσεις ή μεγάλο όγκο κατακρημνισμάτων δεν αναμένονται οι παροχές, που μετρήθηκαν το 2017 και πιθανότατα, ούτε και να εκδηλώνονται σε όλες τις θέσεις, οι πηγές, που χαρτογραφήθηκαν.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η κατείσδυση αντιπροσωπεύει την ποσότητα των κατακρημνισμάτων, που διακινείται ή/και αποθηκεύεται μέσα στο γεωλογικό υπόβαθρο. Από τις μετρήσεις υπαίθρου των φυσικο/χημικών χαρακτηριστικών των είκοσι δύο (22) δειγματοληπτικών πηγών προέκυψαν υψηλές παροχές στις πηγές Λάλας, Αγίας Τριάδας, Μύλων, Αετού, Πλατανιστού

και Κομίτου. Όπως είναι φυσικό, τα καρστικά μέσα, λόγω της ταχέως εκφόρτισης του συστήματος, παρουσιάζουν υψηλές τιμές παροχών, από νερό που κατεισδύει ή βρίσκεται αποθηκευμένο στα έγκοιλα τους. Ωστόσο, οι ποσότητες νερού, που εκφορτίζονται, συνδέονται άμεσα με την έκταση των μεταμορφωμένων ανθρακικών σχηματισμών στα ανάντη της κάθε πηγής. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον, παρουσιάζουν οι υψηλές συγκεντρώσεις νερού στην πηγή της Αγίας Τριάδας, που, όπως διαπιστώθηκε από τους Vasilakis & Papadopoulou (2013) είναι απόρροια υπόγειας διασύνδεσης δύο γειτονικών υδρολογικών λεκανών. Οι υψηλές παροχές για την πηγή Λάλας οφείλονται στο μεγάλο όγκο των μαρμάρων, που χαρακτηρίζει την ανάντη περιοχή της, στην περιοχή «Πλακωτά» (Εικ.10.6).

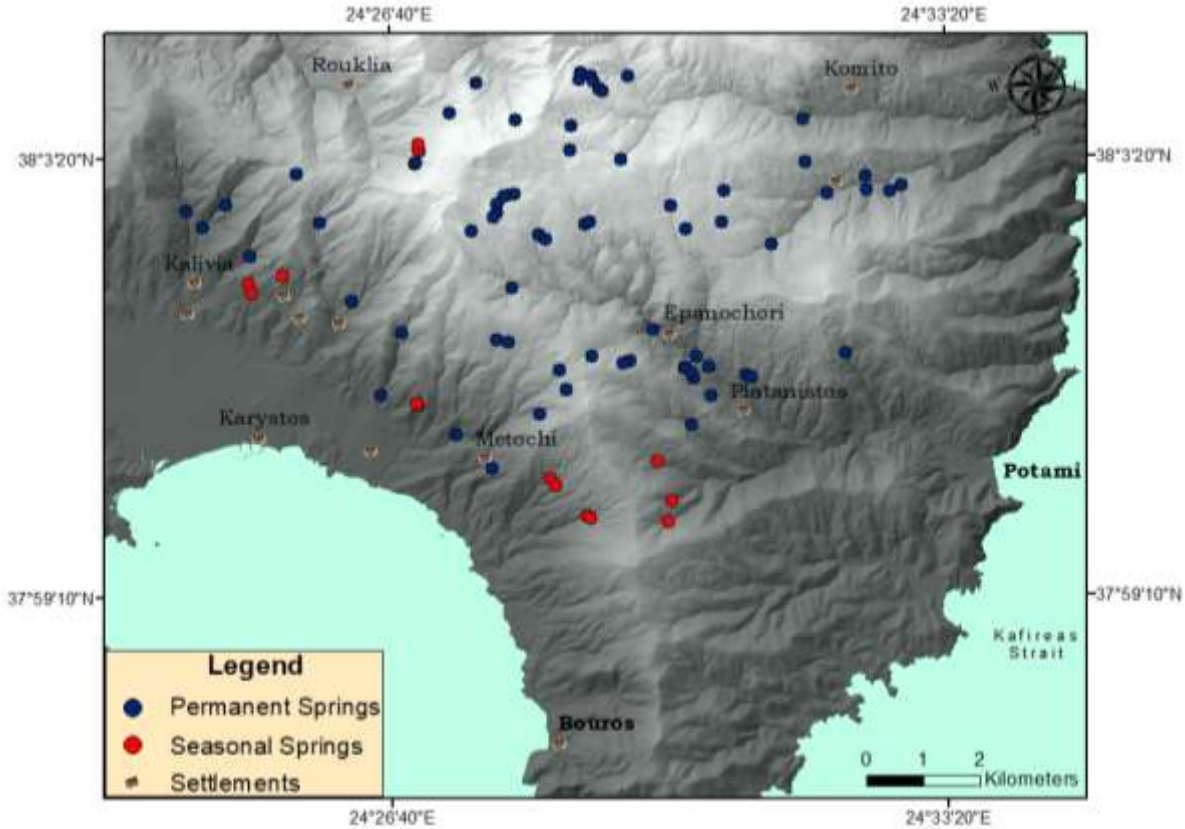
Εικόνα 10.6: Πάγκοι μαρμάρων σε εναλλαγές με τους σχιστόλιθους του καλύμματος Στύρων στην ανάντη περιοχή της πηγής Λάλας – θέση «Πλακωτά».

Οι παροχές, οι οποίες χαρακτηρίζουν τις πηγές Μύλων και Αετού, προκύπτουν από την έκταση των μαρμάρων των καλυμμάτων Στύρων και Όχης στις ΝΔ παρυφές του όρους «Νεράιδα» (Εικ.10.7). Η υψηλή, ωστόσο, παροχή στις πηγές του Επανοχωρίου δεν συνάδει με την μικρή έκταση των μαρμάρων του καλύμματος της Όχης, που απαντά στην περιοχή. Πιθανότατα να οφείλεται σε πλευρική τροφοδοσία από γειτονική υδρολογική λεκάνη και συγκεκριμένα την λεκάνη της Καρύστου, με τις ΝΑ κλίσεις να ενισχύουν το συγκεκριμένο ενδεχόμενο. Ωστόσο, οι συγκλινικές και αντικλινικές δομές περιπλέκουν το ιδιόμορφο σκηνικό, που επικρατεί στο σύμπλεγμα της Όχης, οπότε το πρόβλημα, για το αν πρόκειται για ένα ενιαίο καρστικό σύστημα από τη Λάλα ως τον Πλατανιστό μπορεί να εξακριβωθεί μόνο μέσω της διαδικασίας των ιχνηθετήσεων αλλά και πιθανότατα και μέσω της ανάλυσης δειγμάτων νερού στη μέθοδο του ICP-OES από πηγές, που απαντούν στην ενδιάμεση περιοχή τους, όπως για παράδειγμα την πηγή των Μύλων ή του Αετού. Τέλος, για την πηγή του Κομίτου, οι υψηλές παροχές, δικαιολογούνται ως ένα βαθμό από την έκταση των μαρμάρων, που απαντούν μεταξύ των βουνών «Γιούδα» και «Σαμάρι», αλλά και από την έντονα κατακερματισμένη μάζα των αμφιβολιτικών σχιστόλιθων, μέσα στην οποία εκδηλώνεται η επιφανειακή αυτή εκφόρτιση νερού, χωρίς, ωστόσο, να εκλείπει η υπόνοια, πως και σε αυτή την περίπτωση υφίσταται πλευρική τροφοδοσία από γειτονική λεκάνη και μάλιστα από την λεκάνη, που βρίσκεται βόρεια της (Εικ.10.7), εξαιτίας των κλίσεων των σχηματισμών των Στύρων, που είναι προς Νότο.



Εικόνα 10.7: Γεωλογικός χάρτης με τις κυριότερες υδρολογικές λεκάνες της Καρυστίας και τις πηγές με τις μεγαλύτερες παροχές.

Από τις ογδόντα οχτώ (88) συνολικά πηγές, σε ποσοστό 83% έχουμε τις μόνιμες, ενώ το υπόλοιπο αντιστοιχεί στις εποχιακές. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, πως για δεκαπέντε (15) πηγές παρατηρήθηκε στείρευση τον μήνα Αύγουστο, γεγονός, το οποίο για ορισμένες δικαιολογείται από τις υψηλές θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας και από τις πολύ μικρές τιμές παροχής, που έφεραν στη φάση καταγραφής τους. Ωστόσο, για έξι (6) από αυτές, από το Μετόχι έως τον Πλατανιστό, η στείρευση μπορεί να οφείλεται και σε ανθρώπινη δραστηριότητα. Πρόκειται για μια περιοχή, όπου σύμφωνα και με τον χάρτη χρήσεων γης φέρει μη οργανωμένες κτηνοτροφικές μονάδες με την κάλυψη των αναγκών τους να πραγματοποιείται πιθανότατα μέσα από πηγάδια ή γεωτρήσεις. Συνεπώς, η διακοπή στη λειτουργία των πηγών ίσως να οφείλεται σε άντληση και υποβιβασμό της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από το επίπεδο ανάβλυσης τους. Η καταγραφή σημείων υδροληψίας θα έφερε πιο ξεκάθαρη εικόνα, για το τι πραγματικά συμβαίνει. Επιπλέον, επειδή η γεωγραφική τους θέση είναι στο νοτιότερο σημείο, που καλύπτεται από σχιστόλιθους του καλύμματος της Όχης, ο μη εκτεταμμένος υδροφόρος ορίζοντας των γεωλογικών, αυτών, σχηματισμών μπορεί να μην επιτρέπει το νερό να φτάσει ως εκεί, αφού το τέλος της θερινής περιόδου χαρακτηρίστηκε από μηδενικό όγκο βροχής και άρα η ποσότητα του νερού, που βρισκόταν στον υδροφορέα εκφορτίστηκε σε πηγές υψηλότερου υψόμετρου. Η τεκμηρίωση του συγκεκριμένου ισχυρισμού προκύπτει από την απουσία πηγών κατά την φάση χαρτογράφησης τους, στην περιοχή, που εξετάστηκε από τον οικισμό «Μπούρος» έως την παραλία «Ποτάμι» του Πλατανιστού (Εικ.10.8).



Εικόνα 10.8: Χάρτης με τις θέσεις εκδήλωσης των πηγών – με κόκκινο χρώμα είναι οι πηγές, όπου παρατηρήθηκε στείρευση τον Αύγουστο του 2017, ενώ για τον ίδιο μήνα δεν χαρτογραφήθηκε πηγή από την περιοχή του Μπούρου έως την παραλία Ποτάμι.

Ο χημισμός των υπόγειων νερών διαμορφώνεται από το γεωλογικό υπόβαθρο. Η παρουσία εναλλαγών σχιστόλιθων και μαρμάρων στα δυτικά και η επικράτηση σχιστολιθικών και οφιολιθικών σχηματισμών στα βόρεια και ανατολικά διαφοροποιούν τον υδροχημισμό μεταξύ των πηγών, με την πλειοψηφία (59.1%) να είναι μικτού τύπου και να καθορίζονται από τις φάσεις Na – Ca – HCO_3 – Cl, Ca – HCO_3 – Cl, Na – Mg – HCO_3 – Cl και Na – Ca – Mg – HCO_3 – Cl, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό αντιστοιχεί σε Ca – HCO_3 τύπο (φρέσκα νερά). Τρεις δειγματοληπτικές πηγές (1, 3 και 7) απαντούν μέσα στο κάλυμμα των Στύρων και η προέλευση των στοιχείων τους προέρχεται κυρίως από τα μάρμαρα – υπερισχύει το ασβέστιο και η οξυ/ανθρακική ρίζα –, από τα ορυκτά των σιπολίνων (μαρμαρυγίες: βιοτίτης, μοσχοβίτης, χλωρίτης) και των σχιστόλιθων (αλλανίτης, μαρμαρυγίες, αμφίβολοι: γλαυκοφανής, ασβεστονατριούχοι άστριοι: αλβίτης). Οι υπόλοιπες πηγές χαρτογραφήθηκαν στο κάλυμμα της Όχης, οπότε και ο εμπλουτισμός σε στοιχεία προέρχεται κατά βάση από τα πυριτικά ορυκτά των σχιστόλιθων, των βασικών και υπερβασικών της πετρωμάτων και σε μικρότερο βαθμό από τους μεταμορφωμένους ανθρακικούς σχηματισμούς, που περιορίζονται στα χωριά Μύλοι, Αετό, Πλατανιστό και Κόμιτο, οπότε και επηρεάζουν τις συγκεκριμένες πηγές τους. Άστριοι, χαλαζίας, πυρόξενοι, αμφίβολοι, επίδοτο και μαρμαρυγίες είναι από τα κυριότερα ορυκτά του συμπλέγματος της Όχης και ο εμπλουτισμός των νερών των πηγών της προέρχεται μέσα από αυτά.

Από την μελέτη των δεδομένων, ιδιαίτερα του μετεωρολογικού σταθμού «Παξιμάδα» παρατηρήθηκε, πως ο όρμος της Καρύστου επηρεάζεται από Νότιους, Νοτιοανατολικούς και Νοτιοδυτικούς ανέμους, που πνέουν στην περιοχή. Για τον λόγο, αυτό, τρεις πηγές, Μετοχίου – Πλατανιστού (11, 12 και 16) παρουσιάζουν επίδραση και από θαλάσσια αερομεταφερόμενα σωματίδια εξαιτίας της γεωγραφικής τους θέσης – ανατολικά της Καρύστου, γεγονός που προκύπτει από τις υψηλές συγκεντρώσεις σε νάτριο, χλώριο και θειικά – υπερισχύουν της μέσης τιμής των υπόλοιπων πηγών κατά 4 με 5 φορές.

Οι πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις σε φωσφορικά (PO_4^{3-}), νιτρικά (NO_3^-) και αμμωνιακά (NH_4^+) ιόντα, που χρησιμοποιούνται γενικώς ως δείκτες ανόργανης ρύπανσης, παρουσιάζουν την μη ύπαρξη επιφανειακών επιδράσεων. Η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι πολύ περιορισμένη στα υψόμετρα, που χαρτογραφήθηκαν οι πηγές, γι’ αυτό το λόγο οι χαμηλές συγκεντρώσεις συνηγορούν υπέρ μιας καλής ποιότητας υπόγεια νερά. Τα μικρά περιβόλια – κήποι, που «ανθίζουν» ανάμεσα στα σπίτια των εναπομείναντων κατοίκων, αφού οι μικροοικισμοί πλέον δεν φέρουν μεγάλο αριθμό μόνιμου πληθυσμού, δεν χρήζουν ιδιαίτερης σημασίας, διότι τα περισσότερα είναι υψομετρικά χαμηλότερα από τις θέσεις των πηγών, οπότε και δεν μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα τους. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων (NO_3^-) συνδέονται με περιττώματα ζώων, αφού κοντά σε αυτές τις πηγές υπάρχουν βοσκοτόπια, όπως παρατηρήθηκε στην ύπαιθρο αλλά επιβεβαιώθηκε και από τον χάρτη χρήσεων γης. Επιπλέον, τα φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-}) και ο φώσφορος (P) προκύπτουν μέσω εμπλουτισμού των υδάτων από το γεωλογικό υπόβαθρο και συγκεκριμένα τα πυριτικά ορυκτά του συμπλέγματος της Όχης, ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις μπορεί να προέρχονται από πολύ περιορισμένη χρήση λιπασμάτων στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης, που απαντούν μαζί με τμήματα φυσικής βλάστησης από Καλύβια έως Μύλους, Αετό έως Μετόχι, Πλατανιστό, Αντιά

και Κόμιτο. Η χημική ανάλυση δειγμάτων νερού από γεωτρήσεις στον Κάμπο της Καρύστου θα παρουσίαζε τον βαθμό της ανθρώπινης παρέμβασης στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα των Τεταρτογενών της αποθέσεων. Πρόκειται, για μια περιοχή με σύνθετες καλλιέργιες, με τις συγκεντρώσεις σε νιτρικά, φωσφορικά και θειικά ιόντα, αλλά και σε βαρέα μέταλλα να είναι πολύ υψηλότερες, λόγω της χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, συγκριτικά με τις αντίστοιχες, που υπολογίστηκαν για τις πηγές μας. Οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στον εκμεταλλευόμενο φρεάτιο υδροφορέα του Κάμπου της Καρύστου προέκυψαν από τα αποτελέσματα των υδροχημικών αναλύσεων των Stamatis et al. (2005).

Ιδιαίτερης προσοχής χρήζουν τα αποτελέσματα για βαρέα μέταλλα μέσω της φασματομετρικής μεθόδου, που μπορεί να εξετάσει συγκεντρώσεις έως και μg/l. Ξεκινώντας με το πυρίτιο (Si) χαρακτηρίζει και τα τέσσερα δείγματα (7, 11, 15 και 18), αφού οι γεωλογικοί σχηματισμοί φέρουν πυριτικά ορυκτά, ωστόσο μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αναμέναμε στην πηγή 15, επειδή εκατέρωθεν της απαντούν χαλαζίτες και χαλαζιακοί σχιστόλιθοι. Ωστόσο, μεγαλύτερες έφερε το δείγμα 11 της πηγής Μετοχίου - Πλατανιστού, γεγονός που σχετίζεται με το χρόνο παραμονής του υπόγειου νερού και την διαδρομή, που ακολούθησε έως την εκφόρτιση του. Ακόμα, τέσσερα στοιχεία – βάριο (Ba), κάδμιο (Cd), μόλυβδος (Pb) και στρόντιο (Sr) συνδέονται με τα πυριτικά αλλά και με τα ανθρακικά ορυκτά και των δύο καλυμμάτων (Στύρων και Όχης).

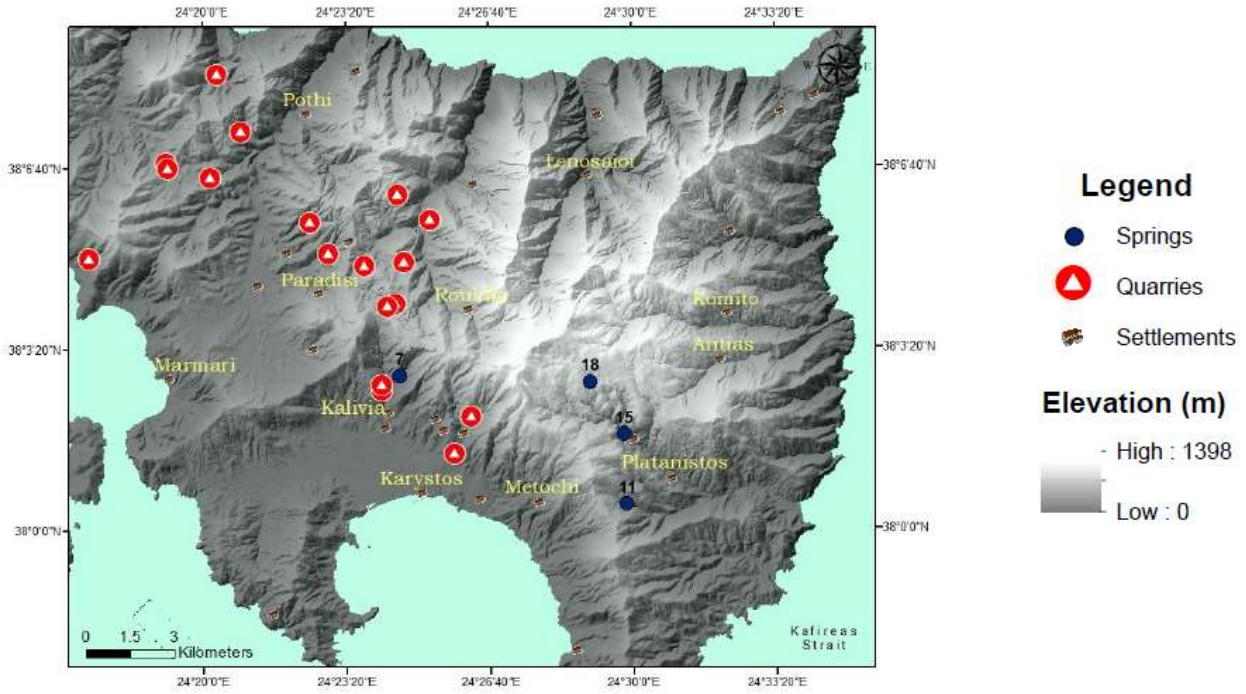
Οχτώ (8) στοιχεία (Al, As, Cr, Fe, Mn, Ni, P, Co) ανιχνεύτηκαν στην πηγή της Όχης (δείγμα 18) και συνδέονται με την σύσταση και τα κοιτάσματα του οφιολιθικού συμπλέγματος της. Αρχικά, το μαγγάνιο (Mn) οφείλεται στον σπεσσαρτίνη των πιεμοντιτικών σχιστόλιθων της Όχης, αλλά και στα Fe-Mn κοιτάσματα της (Εικ.10.9), γεγονός που αποδεικνύεται και από τις συγκεντρώσεις σιδήρου (Fe) στην ίδια πηγή. Αν υπήρχε δυνατότητα να εξεταστούν και άλλα δείγματα στο ICP-OES, υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου θα έφεραν και οι πηγές του Αετού, λόγω των Fe-Mn ούχων κοιτασμάτων της, που απαντούν ανάντη της. Με την Fe-Mn μεταλλοφορία των υπερβασικών πετρωμάτων σχετίζεται και το αρσενικό (As), που ανιχνεύθηκε μόνο στο συγκεκριμένο δείγμα. Συνδέεται με τον As – αρδενίτη, όπου μαζί με χαλαζία, πιεμοντίτη, Mg-χλωρίτη, αιματίτη, ρουτίλιο και τιτανίτη χαρακτηρίζουν τα πυριτικά ορυκτά της Νότιας Εύβοιας και συγκεκριμένα του οικισμού «Μύλων», όπως προέκυψε από την γεωλογική μελέτη των Gamaletsos et al. (2013). Συνεπώς, αντίστοιχες συγκεντρώσεις αναμένεται να υπολογιστούν στα δείγματα των πηγών Μύλων και Αετού (4, 5 και 6). Ο φώσφορος (P), σύμφωνα με την βιβλιογραφία (Brunet & Chazot, 2001, Grant & Kohn, 2013) συνδέεται με ολιβίνη, αμφίβολο, άστριους και κλινοπυρόξενο. Παρόμοιες συγκεντρώσεις αναμένουμε και στις πηγές, που απαντούν μέσα ή στα κατάντη των αμφιβολιτών – αμφιβολιτικών σχιστόλιθων της Όχης. Οι συγκεντρώσεις των στοιχείων: αργίλιο (Al), κοβάλτιο (Co), νικέλιο (Ni) και χρώμιο (Cr) σχετίζονται και αυτές με τα κοιτάσματα του συμπλέγματος. Επειδή η μέθοδος του ICP-OES δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί για όλα τα δείγματα, αντίστοιχες συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων στοιχείων αναμένεται να φέρουν και τα δείγματα των πηγών της Όχης (2, 8, 9, 10, 17, 19 και 21), που χαρτογραφήθηκαν μέσα στο σύμπλεγμα, με την πηγή 17 να φέρει τις μεγαλύτερες εξαιτίας της έκτασης των οφιόλιθων, που απαντά ανάντη της.

Εστιάζοντας στο χρώμιο (Cr), αν και βρέθηκε στην πηγή 18 εξαιτίας των υπερβασικών πετρωμάτων, ωστόσο, υπερτερεί ως συγκέντρωση στην πηγή της Λάλας (δείγμα 7), γεγονός που οφείλεται στους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους του καλύμματος των Στύρων.

Εικόνα 10.9: Σπεσσαρτινικός σχιστόλιθος Όχης (αριστερά) και Fe-Mn ούχα κοιτάσματα σε σχιστόλιθους της Όχης (δεξιά).

Το σελήνιο (Se) ανιχνεύτηκε σε δύο μόνο δείγματα των πηγών Λάλας (7) και Όχης (18) και συνδέεται ορυκτολογικά με τους ασβεστιτικούς, μαρμαρυγιακούς και επιδοτιτικούς σχιστόλιθους των Στύρων και τους αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους της Όχης.

Το αντιμόνιο (Sb) συνδέεται με ανθρώπινη δραστηριότητα και συγκεκριμένα με την χρήση εκρηκτικών για την εξόρυξη της Καρυστίας Λίθου. Ανιχνεύτηκε σε τρία (7, 11 και 18) από τα τέσσερα δείγματα, με την μέγιστη συγκέντρωση στο δείγμα 11, εξαιτίας των λατομείων που απαντούν ΒΔ του Μετοχίου. Αναμενόταν να βρεθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις στην πηγή 7, διότι στην ανάντη περιοχή υπάρχει μεγάλος αριθμός λατομείων (Εικ. 10.10). Οι χαμηλές συγκεντρώσεις, όμως αποδεικνύουν, πως τα λατομεία πλέον δεν λειτουργούν με τους ρυθμούς παλαιότερων χρόνων, με την πλειοψηφία τους να έχουν πλέον εγκαταληφθεί και επιπλέον, αναφερόμαστε σε μια καρστική πηγή, που αντιστοιχεί σε υδροφόρο μέσο, το οποίο συνεχώς ανανεώνεται.



Εικόνα 10.10: Θέσεις λατομείων της Νότιας Εύβοιας και οι θέσεις των δειγματοληπτικών πηγών, που αναλύθηκαν με τη μέθοδο του ICP-OES.

Πέρα του εμπλουτισμού των υπόγειων υδάτων από ορυκτά του γεωλογικού υπόβαθρου, ιδιαίτερη σημασία έχουν και οι παράμετροι υδροχημείας. Από τις μετρήσεις πεδίου, προέκυψε το εύρος τιμών του pH (7.2 – 8.4), το οποίο παρουσιάζει ελαφρά αλκαλικά νερά. Ο αλκαλικός χαρακτήρας των υπόγειων νερών της Καρυστίας προέκυψε και στην μελέτη των Stamatis et al. (2005) με το pH να φέρει τιμές από 7.5 έως 8.2. Ως προς το T.D.S., οι τιμές κυμαίνονται από 65.2 έως 503.5 mg/l, ενώ στην μελέτη των Stamatis et al. (2005) από 207.7 έως 604.8 mg/l. Οι τιμές T.D.S μικρότερες των 200mg/l, που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη σχετίζονται με τις πηγές της Όχης, οι οποίες βρίσκονται σε υψηλά υψόμετρα, δηλαδή οι πηγές 2, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 20, καθώς, επίσης και οι πηγές της Αντιάς (22) και του Κομίτου (21), οι οποίες δεν εξετάστηκαν στην γεωλογική έρευνα του 2005. Ως προς το Eh, οι τιμές παρουσιάζουν οξειδωτικό χαρακτήρα (155 – 299mV), γεγονός, που χαρακτηρίζει και τα υπόγεια νερά της Άνδρου (Filippidis et al., 2016). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), που συνδέεται και με το σύνολο των διαλυμένων στερεών, φέρει τιμές από 78 ως 425 μS/cm, με τις υψηλότερες να παρουσιάζονται σε χαμηλά υψόμετρα, κυρίως στα πεδινά, ενώ οι χαμηλότερες στα ορεινά. Πρόκειται, για μια παράμετρο, η οποία σχετίζεται με το χρόνο παραμονής του υπόγειου νερού μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα. Με τις χαμηλές τιμές στα υψηλά υψόμετρα συνεπάγεται μικρός χρόνος παραμονής, άρα και ανανέωση του νερού ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η συνεχής τροφοδοσία και ανανέωση των πηγών αποδεικνύεται βέβαια, τόσο από τις μικρές τιμές T.D.S, όσο και από τον ιοντικό λόγο (Ca+Mg)/(Na+K). Αντιθέτως, οι υψηλές τιμές της αγωγιμότητας προς την πεδινή ζώνη προδικάζουν μιας μεγαλύτερης διάρκειας μετακίνηση μέσα από τους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Τέλος, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε, το γεγονός, πως η περιοχή μελέτης από τα Καλύβια έως το Κόμιτο και γενικότερα το ορεινό συγκρότημα της Όχης, ανήκει στο δίκτυο ζωνών προστασίας των οικοσυστημάτων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (Natura 2000). Ο έλεγχος της ποιότητας των υπόγειων νερών είναι μείζονος σημασίας, όχι μόνο για την διατήρηση της βιοποικιλότητας, αλλά και για την ίδια την υγεία του ανθρώπου, αφού πολλές πηγές υδρεύουν τους μικροοικισμούς, αλλά και την ίδια την πόλη της Καρύστου. Για το λόγο, αυτό, ελέγχθηκαν τα αποτελέσματα από τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων νερού, συγκρίθηκαν με τα σταθερότυπα ποσιμότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κατατάχθηκαν σύμφωνα με το διάγραμμα Richards. Προέκυψε, ότι τα υπόγεια νερά είναι κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση και παρουσιάζουν καλή (2, 8, 9, 10, 17, 18, 19 και 21) έως μέτρια (1, 3, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20 και 22) ποιότητα για αρδευτικούς σκοπούς. Ωστόσο, αν υπήρχε δυνατότητα, θα έπρεπε να εξετασθεί και το δείγμα από την πηγή Δημοσάρη, η οποία υδρεύει την πόλη της Καρύστου μαζί με την πηγή της Λάλας. Αναμένεται να παρουσιάσει καλή ποιότητα υπόγειου νερού εξαιτίας του υψόμετρου (1.130m), επηρεασμένη εντούτοις σε συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων από τους διάσπαρτους, μη οργανωμένους βοσκότοπους, που υπάρχουν εκατέρωθεν της και σε βαρέα μέταλλα, που συνδέονται με το οφιολιθικό σύμπλεγμα της Όχης, λόγω της γειτνίασης της με αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^{ο} ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας

Στην περιοχή μελέτης, από τη διεξαγωγή της έρευνας μας, τόσο στην ύπαιθρο, όσο και στο εργαστήριο, προκύπτει η έντονη επίδραση της τεκτονικής και της γεωλογίας ως προς το είδος, την παροχή και τον υδροχημισμό των πηγών των μεταμορφωμένων σχηματισμών του ορεινού συγκροτήματος της Όχης. Συγκεκριμένα, το 80% περίπου των ογδόντα οχτώ (88) πηγών χαρτογραφήθηκε κυρίως σε θέσεις ρηγμάτων αλλά και αξόνων πτυχών και το 60% από τις είκοσι δύο (22) δειγματοληπτικές πηγές φέρει μικτό τύπο νερού, γεγονός που αποδεικνύει την υπεροχή της τεκτονικής στη διαμόρφωση κατάλληλων υδρογεωλογικών συνθηκών στη Νότια Εύβοια.

Η τεκτονική ανάλυση των δομών στο δίκτυο Schmidt παρουσιάζει την πρώτη φάση παραμόρφωσης με άξονα πτυχών ΒΑ-ΝΔ και μια μεταγενέστερη, δεύτερη φάση με διεύθυνση άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Τα ρήγματα του τελευταίου παραμορφωτικού σταδίου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κύριες διευθύνσεις, παράλληλα με την κύρια διεύθυνση πτύχωσης (ΒΑ-ΝΔ), που απαντούν ανατολικά του ορεινού συγκροτήματος της Όχης, ενώ η πλειοψηφία των ρηγμάτων φέρει εγκάρσια διεύθυνση, δηλαδή ΒΔ-ΝΑ, διαμορφώνοντας και την νεοτεκτονική λεκάνη της Καρύστου. Αναγνωρίστηκαν και μετρήθηκαν ρηξιγενείς δομές και ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης. Δύο είναι οι διευθύνσεις των διακλάσεων, ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ, που απαντούν τόσο στα μεταμορφωμένα ανθρακικά πετρώματα, όσο και στους σχιστόλιθους των δύο καλυμμάτων – Στύρων και Όχης και οι οποίες είναι υπαίτιες για την διαμόρφωση του δευτερογενούς πορώδες τους.

Στο μεσογειακό, ξηρό και υγρό κλίμα, που επικρατεί, μέσα από την εκτίμηση της κατείσδυσης προέκυψε, όπως ήταν φυσικό, τα καρστικά μέσα να επιτρέπουν μεγαλύτερο όγκο νερού να κατεισδύει σε βάθος, ενώ οι επικρατέστεροι, ως προς την γεωλογία, σχιστόλιθοι επιτρέπουν την διέλευση του νερού μέσα από τη μάζα τους εξαιτίας του δευτερογενούς πορώδους, που σχηματίζεται κατά την φάση παραμόρφωσης τους. Η διηθητικότητα των διερρηγμένων σχηματισμών σχετίζεται με τις τεκτονικές δομές, με τους αμφιβολίτες – αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους λόγω του έντονου δικτύου ρηγμάτων και διακλάσεων να επιτρέπουν μεγαλύτερο όγκο να κατεισδύσει μέσα από τη μάζα τους.

Οι υδροχημικές αναλύσεις υπέδειξαν, πως τα κυρίαρχα κατιόντα είναι το ασβέστιο (Ca^{++}) και το νάτριο (Na^{+}), ενώ ως προς τα ανιόντα τα οξυ-ανθρακικά (HCO_3^{-}) και το χλώριο (Cl^{-}). Πρόκειται για αλκαλικά/οξυ-ανθρακικά νερά προερχόμενα από τους ανθρακικούς σχηματισμούς και γαιοαλκαλικά με υψηλό ποσοστό συμμετοχής αλκαλίων – νερά μίξης εξαιτίας των λιθοφασικών εναλλαγών μαρμάρων και σχιστόλιθων. Πιο συγκεκριμένα, τα νερά των πηγών 1, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14 και 15 των καρστικών μέσων φέρουν κυρίως ασβεστούχο ανθρακικό τύπο ($Ca – HCO_3$), γεγονός που ταυτοποιείται από το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής (μάρμαρα). Αντιθέτως, οι πηγές 2, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21 και 22 χαρακτηρίζονται από νερά με χημικούς τύπους: $Ca – HCO_3 – Cl$, $Na – Ca – HCO_3 – Cl$, $Na – Ca – Mg – HCO_3 – Cl$ και $Na – Mg – HCO_3 – Cl$. Συνεπώς, ο

χώρος μελέτης περιλαμβάνει φρέσκα νερά τροφοδοσίας, τα οποία διατηρώντας τον οξυ-ανθρακικό τους χαρακτήρα, αύξησαν το ποσοστό τους σε αλκάλια κατά το χρόνο παραμονής τους μέσα στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς, εμπλουτίστηκαν κυρίως με ιόντα νατρίου και εξελίχθηκαν σε μικτού τύπου. Οι δύο βασικοί τύποι νερού (φρέσκα-φυσικής αναπλήρωσης και μίξης) προκύπτουν από τα υδροχημικά διαγράμματα (Stiff, Piper και Durov).

Το καρστικό υδροφόρο σύστημα, πέρα του ασβεστούχου οξυ-ανθρακικού τύπου νερού, παρουσιάζει:
α) υψηλή περατότητα, η οποία οφείλεται στη διάλυση του ανθρακικού ασβεστίου και στο δευτερογενές πορώδες κατά τη δράση της θραυσιγενούς παραμόρφωσης,
β) ανάπτυξη μεγάλης ταχύτητας του υπόγειου νερού λόγω της καρστικοποίησης των μαρμάρων και εκφόρτιση του με υψηλή τιμή παροχής, ιδιαίτερα μετά από εποχιακές διακυμάνσεις, που σχετίζονται με τον όγκο των κατακρημνισμάτων, που κατεισδύει αλλά και με την έκταση των ανθρακικών σχηματισμών στην ανάντη, της πηγής, περιοχή,
γ) χαμηλή θερμοκρασία υπόγειου νερού με εξαίρεση την πηγή 2 της Όχης, που φέρει την ελάχιστη τιμή (9.4°C) εξαιτίας του μεγάλου υψομέτρου (περίπου 1.000m) και της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, που επικρατούσε την ημέρα της δειγματοληψίας,
δ) υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, που συνδέεται με το χρόνο παραμονής, ακολουθώντας μια μεγαλύτερη υπόγεια διαδρομή έως την εκφόρτιση του σε χαμηλά υψόμετρα, στα οποία έχει χαρτογραφήθει.

Το υδροφόρο σύστημα των διερρηγμένων σχηματισμών με τον μικτό τύπο νερού χαρακτηρίζεται από:
α) μικρές τιμές παροχής λόγω της μικρής περατότητας του,
β) υψηλή τιμή θερμοκρασίας νερού συγκριτικά με τις αντίστοιχες των καρστικών, γεγονός που οφείλεται στην προέλευση του από ανώτερους ορίζοντες και όχι βαθύτερους,
γ) χαμηλές τιμές αγωγιμότητας και διαλυμένων στερεών εξαιτίας του μικρού χρόνου παραμονής του υπόγειου νερού τους μέσα στον εν λόγω υδροφόρο ορίζοντα.

Στις τρεις νοτιότερες πηγές – 11, 12 και 16 – που ανήκουν στο υδροφόρο σύστημα των διερρηγμένων σχηματισμών, τα νερά τους φέρουν υψηλές συγκεντρώσεις σε νάτριο (Na^+), χλώριο (Cl^-) και θειικά (SO_4^{2-}), άρα και αυξημένες τιμές T.D.S, γεγονός που οφείλεται στη γεωγραφική τους θέση - εκτεθειμένες στους Νότιους ανέμους της ανοιχτής θάλασσας του Αιγαίου και επηρεασμένες από θαλάσσια αερομεταφερόμενα σωματίδια.

Στις υψομετρικά υψηλότερες πηγές, ειδικότερα στην 18, τα αποτελέσματα της μεθόδου του ICP-OES παρουσιάζουν την επίδραση του ορυκτολογικού πλούτου και των κοιτασμάτων του οφιολιθικού συμπλέγματος της Όχης.

Οι τιμές του pH κυμαίνονται από 7.2 έως 8.4 παρουσιάζοντας τον ελαφρά αλκαλικό χαρακτήρα των υπόγειων νερών.

Επιπροσθέτως, «μαλακό» από άποψη σκληρότητας χαρακτηρίζεται το νερό των πηγών της Όχης (2, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 20 και 21), που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, ενώ όσο κατευθυνόμαστε υψομετρικά χαμηλότερα προς τα πεδινά, τόσο το νερό μεταπίπτει σε «μέτρια σκληρό» (1, 3, 7, 13, 14, 15, 16 και 22) έως «σκληρό» (4, 5, 6, 11 και 12).

Τέλος, επειδή τα νερά των πηγών χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς, καθώς, επίσης, η περιοχή μελέτης εντάσσεται στο Natura 2000, κρίθηκε αναγκαία η εξέταση τους ως προς την καταλληλότητα για χρήση. Το διάγραμμα Richards φανέρωσε καλή έως μέτρια ποιότητα για άρδευση και η σύγκριση των τιμών κύριων και δευτερευόντων στοιχείων, ενώσεων, βαρέων μετάλλων και επιλεγμένων ιχνοστοιχείων με τα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσίασε κατάλληλα νερά και για ανθρώπινη κατανάλωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alsop, G.I. and Holdsworth, R.E. (2007). Flow perturbation folding in shear zones. Geological Society, London, Special Publications, vol.272, p. 75-101.

Aravadinou, E., Xypolias, P., Chatzaras, V., Iliopoulos, I. and Gerogiannis, N. (2015). Ductile nappe stacking and refolding in the Cycladic Blueschist Unit: insights from Sifnos Island (South Aegean Sea). International Journal of Earth Sciences, vol.105, pp. 2075-2096.

Avigad, D. and Garfunkel Z. (1991). Uplift and exhumation of high-pressure metamorphic terrains: the example of the Cycladic Blueschist Belt (Aegean Sea). Tectonophysics, 188, 357-372.

Avigad, D., Garfunkel, Z., Jolivet L. and Azañón, J. (1997). Back arc extension and denudation of Mediterranean eclogites. Tectonics, vol.16, No 6, p. 924-941.

Avigad, D., Baer, G. and Heimann, A. (1998). Block rotations and continental extension in the central Aegan Sea: palaeomagnetic and structural evidence from Tinos and Mykonos (Cyclades, Greece). Earth and Planetary Science Letters, 157, 23-40.

Avigad, D., Ziv, A. and Garfunkel, Z. (2001). Ductile and brittle shortening, extension – parallel folds and maintenance of crustal thickness in the central Aegean (Cyclades, Greece). Tectonics, vol.20, p. 277-287.

Bavay, P. and Romain-Bavay, D. (1980). L'unité de Styra - Ochi: un ensamble métamorphique de type schistes bleus d'age alpin dans le massif d'Attique – Cyclades (Eubée du Sud, Grece). Theses 3e cycle, Université de Paris – Sub, Paris, pp.370.

Behr, W.M. and Platt, J.P. (2011). A naturally constrained stress profile through the middle crust in an extensional terrane. Earth and Planetary Science Letters, vol.303, p. 181-192.

Best, M.G. (2003). Igneous and Metamorphic Petrology. Blackwell Science Ltd, 2nd edition, p. 717.

Blake, M.C.J., Bonneau, M., Geyssant, J., Kienast, J.R., Lepvrier, C., Maluski, H. and Papanikolaou, D. (1981). A geologic reconnaissance of the Cycladic Blueschist Belt, Greece. Geological Society of America Bulletin 92, 247-254.

Bonazzi, P., Menchetti, S. and Reinecke, T. (1996). Solid solution between piemontite and androsite – (La), a new mineral of the epidote group from Andros Island, Greece. Americal Mineralogist, vol.81, p. 735-742.

Boss, B.C. and Fredeen, K.J. (2004). Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. PerkinElmer Life and Analytical Sciences, 3rd Edition.

Bradley, K.E. (2012). The roof of the Cyclades: A structural, stratigraphic and paleomagnetic study of Neogene extensional tectonics in Central Greece. PhD Thesis in Geology, Massachusetts Institute of Technology, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, p. 296.

Bradley, K.E., Vassilakis, E., Weiss, B.P. and Rouden, L.H. (2013). A re – assessesment of the shallow paleomagnetic inclinations of the Western Cyclades, Greece. Bulletin of the Geological Society of Greece, 47, 498-507.

Brun, J.P. and Faccenna, C. (2008). Exhumation of high – pressure rocks driven by slab rollback. Earth and Planetary Science Letters, 272, 1-7.

Brunet, F. and Chazot, G. (2001). Partitioning of phosphorus between olivine, clinopyroxene and silicate glass in a spinel Iherzolite xenolith from Yemen. Chemical Geology 176, 51-72.

Bryan, K. (1919). Classification of springs. The Journal of Geology, vol.27, No 7, pp. 522-561.

Bucher, K. and Grapes, R. (2011). Petrogenesis of metamorphic rocks. 8th Edition, Berlin: Springer, p. 428.

Chatzaras, V., Dörr, W., Finger, F., Xypolias, P. and Zulauf, G. (2013). U-Pb single zircon ages and geochemistry of metagranitoid rocks in the Cycladic Blueschists (Evia Island): Implications for the Triassic tectonic setting of Greece. Tectonophysics, 595-596, 125-139.

Chemenda, A.I., Mattauer, M., Malavieille, J. and Bokun, A.N. (1995). A mechanism for syn – collisional rock exhumation and associated normal faulting: Results from physical modelling. Earth and Planetary Science Letters, 132, 225-232.

Colliston, W.P. and Schoch, A.E. (2013). Wrench – shearing during the Namaqua Orogenesis – Mesoproterozoic late stage deformation effects during Rodinia Assembly. Precambrian Research 233, 44-58.

Doutsos, T. and Kokkalas, S. (2001). Stress and deformation patterns in the Aegean region. Journal of Structural Geology, 23, 455-472.

Dürr, S., Altherr, R., Keller, J., Okrusch, M. and Seidel, E. (1978). The median Aegean crystalline belt: stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism. In: Alps, Appenines, Hellenides (eds Closs, H., Roeder, D.H. and Schmidt, K.), pp. 455-477. Inter – Union Commission on Geodynamics Report 38, Schweizerbart, Stuttgart.

EEC 98/83, (1998). Council Directive 98/83/EC (Drinking Water Directive), European Commission, Brussels.

Filippidis, F., Stamatis, G. and Mantaloufa, I. (2016). Hydrogeochemistry for the assessment of groundwater quality of springs on Andros: An island of the Cyclades complex, Greece. Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. 50, p. 691-700.

Fossen, H. (2010). Structural Geology. 1st Edition, Cambridge University Press, p.463.

Gamaletsos, P. (2013). Geological Sources of As in the Environment of Greece: A review. Threats to the Quality of Groundwater Resources, pp. 77-113.

Gautier, P., Brun, J.P. and Jolivet, L. (1993). Structure and kinematics of upper Cenozoic extensional detachment on Naxos and Paros (Cyclades Islands, Greece). Tectonics, vol.12, p. 1180-1194.

Gautier, P. and Brun J.P. (1994). Crustal – scale geometry and kinematics of late – orogenic extension in the central Aegean (Cyclades and Evia Island). Tectonophysics, 238, 399-424.

Ghosh, S.K. (1993). Structural Geology: Fundamentals and Modern Developments. 1st Edition, Pergamon Press, p.598.

Grant, T.B. and Kohn, S.C. (2013). Phosphorus partitioning between olivine and melt: An experinmental study in the system Mg_2SiO_4 – $Ca_2Al_2SiO_9$ – $NaAlSi_3O_8$ – $Mg_3(PO_4)_2$. American Mineralogist, vol.98, p. 1860-1869.

Grasemann, B., Schneider, D.A., Stöckli, D.F. and Iglseder, C. (2012). Miocene bivergent crustal extension in the Aegean: Evidence from the western Cyclades (Greece). Lithosphere, 4, 23-39.

Heath, R.C. (1983). Basic ground – water hydrology. 1st Edition, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2220.

Hem, J.D. (1985). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 3rd Edition, U.S. Geological Survey Water – Supply Paper 2254, p.263.

Hinsbergen, D.J.J., Zachariasse, W.J., Wortel, M.J.R. and Meulenkamp, J.E. (2005). Underthrusting and exhumation: A comparison between the External Hellenides and the “hot” Cycladic and “cold” South Aegean core complexes (Greece). Tectonics, vol.24.

Huet, B., Pourhiet, L.L., Labrousse, L., Burov, E. and Jolivet L. (2011). Post – orogenic extension and metamorphic core complexes in a heterogeneous crust: the role of crustal layering inherited from collision. Application to the Cyclades (Aegean domain). Geophysical Journal International, 184, 611-625.

Huet, B., Labrousse, L., Monié, P., Malvoisin, B. and Jolivet, L. (2014). Coupled phengite $^{40}Ar - ^{39}Ar$ geochronology and thermobarometry: P – T – t evolution of Andros Island (Cyclades, Greece). Geological Magazine, vol.152, 711-727.

Husson, O. (2013). Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunitites for agronomy. Plant Soil 362, 389-417.

Iglseder, C., Grasemann, B., Rice, A.H.N., Petrakakis, K. and Schneider, D. (2011). Miocene south directed low- angle normal fault evolution on Kea Island (West Cycladic Detachment System, Greece). Tectonics, vol.30, TC4013.

Iliopoulos, V., Lozios, S., Vassilakis, E. and Stournaras, G. (2011). Fracture pattern analysis of hardrock hydrogeological environment, Kea Island, Greece. Lambrakis, N., Stournaras, G. and Katsanou, K. (eds.) Advances Research of Aquatic Environment, proc. 9th International Hydrogeological Congress of Greece and 4th MEM Workshop on Fissured Rocks Hydrology, p.113-121.

Jolivet, L. and Patriat, M. (1999). Ductile extension and the formation of the Aegean Sea. Geological Society, London, Special Publications, vol.156, p. 427-456.

Jolivet, L., Faccenna, C., Goffé, B., Burov, E. and Agard, P. (2003). Subduction tectonics and exhumation og high-pressure metamorphic rocks in the Mediterranean orogens. American Journal of Science, vol.303, p. 353-409.

Jolivet, L., Rimmelé, G., Oberhänsli, R., Goffé, B. and Candan, O. (2004). Correlation of sun-orogenic tectonic and metamorphic events in the Cyclades, the Lycian nappes and the Menderes massif. Geodynamic implications. Bulletin de la Société Géologique de France, vol.175, pp. 217-238.

Jolivet, L., Faccenna, C. and Piromallo, C. (2009). From mantle to crust: Stretching the Mediterranean. Earth and Planetary Science Letters, 285, 198-209.

Jolivet, L., Lecomte, E., Huet, B., Denéle, Y., Lacombe, O., Labrousse, L., Pourhiet, L.L., and Mehl, C. (2010). The North Cycladic Detachment System. Earth and Planetary Science Letters, 289, 87-104.

Jolivet, L., Trotet, F., Monié, P., Vidal, O., Goffé, B., Labrousse, L., Agard, P., and Ghorbal, B. (2010). Along - strike variations of P-T conditions in accretionary wedges and syn-orogenic extension, the HP-LT Phyllite-Quartzite Nappe in Crete and the Peloponnese. Tectonophysics, 480, 133-148.

Jolivet, L. and Brun, J.P. (2010). Cenozoic geodynamic evolution of the Aegean. International Journal of Earth Sciences, vol.99, pp. 109-138.

Jolivet, L., Faccenna, C., Huet, B., Labrousse, L., Pourhiet, L.L., Lacombe, O., Lecomte, E., Burov, E., Denéle, Y., Brun, J.P., Philippon, M., Paul, A., Salaün, G., Karabulut, H., Piromallo, C., Monié, P., Gueydan, F., Okay, A.I., Oberhänsli, R., Pourteau, A., Augier, R., Gadenne, L. and Driussi, O. (2013). Aegean tectonics: Strain localization, slab tearing and trench retreat. Tectonophysics, 597-598, 1-33.

Kallergis, G.A. (2000). Applied – Environmental Hydrogeology (in Greek). Technical Chamber of Greece, vol.2, p. 345.

Kallergis, G.A. (2001). Applied – Environmental Hydrogeology (in Greek). Technical Chamber of Greece, vol.3, p. 433.

Katsikatsos, G. and Kollmann, H.A. (1987). An Upper Cretaceous Mollusc Fauna from the marbles of Almyropotamos (Euboea, Greece). Annalen des Naturhistorisches Museum Wien, 88, 103-116.

Katsikatsos, G. (1992). Geology of Greece (in Greek). University of Patras, p.451.

Katzir, Y., Avigad, D., Matthews, A., Garfunkel, Z. and Evans, B.W. (2000). Origin, HP/LT metamorphism and cooling of ophiolitic mélanges in Southern Evia (NW Cyclades), Greece. Journal of Metamorphic Geology, 18, 699-718.

Katzir, Y., Garfunkel. Z., Avigad D. and Matthews.A. (2007). The geodynamic evolution of the Alpine origin in the Cyclades (Aegean Sea, Greece): insights from diverse origins and modes of emplacement of ultramafic rocks. Geological Society, London, Special Publications, vol.291, p.17-40.

Killias, A., Frisch, W., Avgerinas, A., Dunkl, I., Falalakis, G. and Gawlick, H.J. (2010). Alpine architecture and kinematics of deformation of the Northern Pelagonian nappe pile in the Hellenides. Austrian Journal of Earth Sciences, vol.103, 4-28.

Kokkalas, S. (2001). Tectonic evolution and stress field of the Kymi – Aliveri Basin, Evia Island, Greece. Bulletin of the Geological Society of Greece, vol.XXXIV, 243-249.

Kokkalas, S. and Aydin, A. (2012). Is there a link between faulting and magmatism in the south – central Aegean Sea? Geological Magazine, pp. 1-32.

Lacombe, O., Jolivet, L., Pourhiet L.L., Lecomte, E. and Mehl, C. (2013). Initiation, geometry and mechanics of brittle faulting in exhuming metamorphic rocks: insights from the northern Cycladic islands (Aegean, Greece). Bulletin de la Societe Geologique de France, 184, 383-403.

Latsoudas, C. and Triantaphyllis, M. (1997). Geological map of Greece (1:50.000), Sheet Karistos-Platanistos. Institute of Geology and Mineral Exploration, Athens.

Li, Z.H., Xu Z. and Gerya T. (2012). Numerical geodynamic modeling of continental convergent margins. Earth Sciences, InTech.

Liati, A., Skarpelis, N. and Fanning, C.M. (2013). Late Permian – Early Triassic igneous activity in the Attico Cycladic Belt (Attica): New geochronological data and geodynamic implications. Tectonophysics, 595-596, 140-147.

Lloyd, J.W. and Heathcote, J.A. (1985). Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater: An introduction. Clarendon Press, Oxford, England, p.296.

Marinos, G. and Petrascheck, W.E. (1956). Laurium. Geological and Geophysical Research, 4, p. 1-247, Institute for Geology and Subsurface Research, Athens.

Mariolakos, I. and Papanikolaou, D. (1973). Observations on the Structural Geology of Western Pentelikon – Attica (in Greek). Bulletin of the Geological Society of Greece, vol.10, 134-179.

Mariolakos, I. and Papanikolaou, D. (1987). Deformation pattern and relation between deformation and seismicity in the Hellenic Arc (in Greek). Bulletin of the Geological Society of Greece, 19, 59-76.

Matiatos, I., Alexopoulos, A. and Godelitsas, A. (2014). Multivariate statistical analysis of the hydrogeochemical and isotopic composition of the groundwater resources in northeastern Peloponnessus (Greece). Science of the Total Environment, 476-477, 577-590.

Mavridis, F. and Tankosic, Z. (2009). The Ayia Triadha cave, Southern Euboea: finds and implications of the earliest human habitation in the area (A preliminary report). Mediterranean Archaeology and Archaeometry, vol.9, pp. 47-59.

Mehl, C., Jolivet, L., Lacombe, O., Labrousse, l. and Rimmele, G. (2007). Structural evolution of Andros (Cyclades, Greece): a key to the behaviour of a (flat) detachment within an extending continental crust. Geological Society, London, Special Publications, v.291, p.41-73.

Menant, A., Jolivet, L., Augier, R. and Skarpelis, N. (2013). The North Cycladic Detachment System and associated mineralization, Mykonos, Greece: Insights on the evolution of the Aegean domain. Tectonics, vol.32, 433-452.

Menant, A., Jolivet, L. and Vrielynck, B. (2016). Kinematic reconstructions and magmatic evolution illuminating crustal and mantle dynamics of the eastern Mediterranean region since the late Cretaceous. Tectonophysics, 675, 103-140.

Migiros, G., Stournaras, G., Stamatis, G., Evelpidou, N., Botsialas, C., Antoniou, V. and Vassilakis, E. (2008). Geological and tectonic study of the fissured rocks of the Hellenides and their hydrogeological pattern. 8th International Hydrogeological Congress of Greece, p. 67-94.

Misra, K.C. (2012). Introduction to Geochemistry: Principles and Applications. Wiley – Blackwell, p.438.

Moustaka, E. (2011). Structural analysis and geochemical study of minerals of the metamorphic rocks of Mt. Ochi, Southern Evia (in Greek). MSc Thesis, Faculty of Geology and Geoenvironment. NKUA, Athens, 169.

Nüchter, J.A. (2015). Open fissure folds record coseismic loading and postseismic stress relaxation. Journal of Structural Geology, 72, 1-14.

Papadopoulou, S., Aravadinou, E., Karavoulia, C. and Xypolias, P. (2016). The tectonostratigraphy of Cycladic blueschist unit on Sikinos and Sifnos: Implication for the Mesozoic tectonic setting. Bulletin of the Geological Society of Greece, vol.L, p. 114-123.

Papanikolaou, D., Sabot, V. and Papadopoulos, T. (1981). Morphotectonics and seismicity in the Cyclades, Aegean Sea. Zeitschrift für Geomorphologie, N.F. Supplementband, 40, 165-174.

Papanikolaou, D. (1981). Remarks on the kinematic interpretation of folds some cases of the Western Swiss Alps and of the Hellenides. Annales Géologique des Pays Helleniques, 30, 741-762.

Papanikolaou, D. (1984). The three metamorphic belts of the Hellenides: A review and a kinematic interpretation. Geological Society, London, Special Publications, 17, 551-561.

Papanikolaou, D. (1986). Late Cretaceous Paleogeography of the metamorphic Hellenides. Geological and Geophysical Research, IGME, Special Issue, pp. 315-328.

Papanikolaou, D. (1987). Tectonic evolution of the Cycladic Blueschist Belt (Aegean Sea, Greece). Chemical Transport in Metasomatic Processes, pp. 429-550.

Papanikolaou, D., Lykousis, V., Chronis, G. and Pavlakis, P. (1988). A comparative study of neotectonic basins across the Hellenic Arc: the Messiniakos, Argolikos, Saronikos and Southern Evoikos Gulfs. Basin Research, 1, 167-176.

Papanikolaou, D. (1988). The Medial tectono-metamorphic belt of the Hellenides (in Greek). Bulletin of the Geological Society of Greece, 20, 101-120.

Papanikolaou, D., Chronis, G., Lykoussis, B., Pavlakis, P., Roussakis, G. and Syskakis, D. (1989). Submarine Neotectonic map of Southern Evoikos Gulf. Scale 1/100.000, EPPO-NCMR-University of Athens.

Papanikolaou, D. and Lozios, S. (1990). Comparative neotectonic structure of high (Korinthia – Beotia) and low rate (Attica – Cyclades) activity (in Greek). Bulletin of the Geological Society of Greece, 26, 47-66.

Papanikolaou, D. and Danamos, G. (1991). Correlation of the geotectonic position of Kythira and Cyclades within the geodynamic evolution of the Hellenic Arc (in Greek). Bulletin of the Geological Society of Greece, 25, 65-79.

Papanikolaou, D. and Logos, E. in collaboration with Ganas, A., Kokoromytis, A. and Spyridonos, E. (1991). Tectonic models of the Cycladic Metamorphics and their application to Hydrogeology: Andros, Siphnos and Donoussa (in Greek). Bulletin of the Geological Society of Greece, 27, 147-164.

Papanikolaou, D. (1993). Geotectonic evolution of the Aegean. Bulletin of the Geological Society of Greece, 28, 33-48.

Papanikolaou, D., Lozios, S., Soukis, K. and Skourtsos, E. (2004). The geological structure of the Allocthonous "Athens Schists" (in Greek). Bulletin of the Geological Society of Greece, 36, 1550-1559.

Papanikolaou, D. and Papanikolaou, I. (2007). Geological, geomorphological and tectonic structure of NE Attica and seismic hazard implications for the northern edge of the Athens Plain. Bulletin of the Geological Society of Greece, 40, 425-438.

Papanikolaou, D. (2010). Major paleogeographic, tectonic and geodynamic changes from the last stage of the Hellenides to the actual Hellenic Arc and trench system. Bulletin of the Geological Society of Greece, XLIII, 71-85.

Papanikolaou, D. (2015). Geology of Greece (in Greek). Patakis Edition, p.448.

Papanikolaou, I. and Migiros, G. (2008). Brittle deformation and hydrogeological pattern of the eastern Pelion area (Tsangarada). 8th International Hydrogeological Congress of Greece – 3rd MEM Workshop on Fissured rocks hydrology, Athens, vol.1, p. 347-360.

Papapetrou – Zamani, A. (1995). Geomorphology (in Greek). Symmetria Publications, Athens.

Philippon, M., Brun, J.P. and Gueydan, F. (2012). Deciphering subduction from exhumation in the segmented Cycladic Blueschist Unit (Central Aegean, Greece). Tectonophysics, 524-525, 116-134.

Philippon, M., Gueydan, F., Pitra, P. and Brun, J.P. (2013). Preservation of subduction – related prograde deformation in lawsonite pseudomorph – bearing rocks. Journal of Metamorphic Geology, 31, 571-83.

Platt, J.P. (1993). Exhumation of high – pressure rocks: a review of concepts and processes. Terra Nova 5, 119-133.

Reinecke, T. (1986). Phase relationships of sursassite and other Mn-silicates in highly oxidized, high – pressure metamorphic rocks from Evvia and Andros Islands, Greece. Contributions to Mineralogy and Petrology, 94, 110-126.

Ring, U. and Layer, P. W. (2003). High-pressure metamorphism in the Aegean, eastern Mediterranean: Underplating and exhumation from the Late Cretaceous until the Miocene to Recent above the retreating Hellenic subduction zone. Tectonics, vol.22, No.3, 1022.

Ring, U., Glodny, J., Will, T. and Thomson S. (2007). An Oligocene extrusion wedge of blueschist-facies nappe on Evia, Aegean Sea, Greece: implications for the early exhumation of high-pressure rocks. Journal of the Geological Society, London, vol.164, pp.637-652.

Sakellariou, D., Mascle, J. and Lykousis, V. (2013). Strike slip tectonics and transtensional deformation in the Aegean region and the Hellenic arc: Preliminary results. Bulletin of the Geological Society of Greece, 47, 647-656.

Shaked, Y., Avigad, D. and Garfunkel, Z. (2000). Alpine high-pressure metamorphism at the Almyropotamos window (Southern Evia, Greece). Geological Magazine 137 (4), pp. 367-380.

Shaw, J.H., Bilotti, F. and Brennan P.A. (1999). Patterns of imbricate thrusting. Geological Society of America Bulletin 111, 1140-1154.

Soulios, G. (2004). General hydrogeology (in Greek). University Studio Press, vol.3, p. 250.

Soulios, G. (2006). General hydrogeology (in Greek). University Studio Press, vol.4, p. 233.

Soulios, G. (2007). General hydrogeology (in Greek). University Studio Press, vol.1, p. 295.

Soulios, G. (2010). Springs (Classification, Function, Capturing). Bulletin of the Geological Society of Greece, vol.43, 196-215.

Spanos, D., Koukouvelas, I., Kokkalas, S. and Xypolias, P. (2010). Patterns of ductile deformation in Attico-Cycladic Massif. Bulletin of the Geological Society of Greece, vol.43, 368-378.

Spencer, J.E. (1984). Role of tectonic denudation in warping and uplift of low – angle normal faults. Geology, 12, 95-98.

Stamatis, G. and Migiros, G. (2004). Relation of brittle tectonics and aquifer existence of Ossa Mt. hard rocks (E.Thessaly, Greece) (in Greek). Bulletin of the Geological Society, vol. XXXVI, 2077-2086.

Stamatis, G., Vitoriou, A. and Zaggana, E. (2005). Hydrogeological conditions and groundwater quality of Karystia crystalline-schist masses (S. Euboea). 7th Hellenic Hydrogeological Conference, Athens, 463-470.

Stamatis, G. (2010). Groundwater quality of the Ag.Paraskevi/Tempi valley karstic springs-Application of a tracing test for research of the microbial pollution (Kato Olympos/NE Thessaly). Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. 43, 1868-1877.

Stournaras, G., Migiros, G., Stamatis, G., Evelpidou, N., Botsialas, K., Antoniou, B. and Vasilakis, E. (2007). The fractured rocks in Hellas. Krásný, J. and Sharp, M.J. (eds.), Groundwater in fractured rocks, vol.9, Taylor and Francis, p.133-149.

Suk, M. (1983).Petrology of Metamorphic Rocks. Developments in Petrology, vol. 9, 1st Edition. Geological Survey, Prague, Czechoslovakia.

Tirel, C., Gautier, P., Van Hinsbergen, D.J.J. and Wortel M.J.R. (2009). Sequential development of interfering metamorphic core complexes: numerical experiments and comparison with the Cyclades, Greece. The Geological Society, London, Special Publications, 311, 257-292.

Vasilakis, E. and Vlachou, S. (1995). Operation mechanisms of southern Evia springs (in Greek). BSc Thesis, Faculty of Geology. NKUA, Athens, 125.

Vasilakis, E. and Papadopoulou-Vrynioti, K. (2013). The tectonic control of an underground river network, Agia Triada cave (Karystos, Greece). 16th International Congress of Speleology, vol.3.

Vavassis, I., Bono, A., Stampfli, G.M., Giorgis, D., Valloton, A. and Amelin, Y. (2000). U-Pb and Ar-Ar geochronological data from the Pelagonian basement in Evia (Greece): geodynamic implications for the evolution of Paleotethys. Swiss Journal of Geosciences Supplement, 80, 21-43.

Vlami, V. (2006). The region of Ochi, GNTO, Prefecture of Evia (in Greek). Oikos Nature Management, p.64.

Voudouris, P., Katerinopoulos, A., Kilias S., Melfos, V., Detsi, K. and Vastardi, A. (2005). Mineralogical and fluid inclusion studies in tension gashes and quartz veins from Southern Evia Island (in Greek). 2nd Congress of the Economic Geology Committee, Mineralogy and Petrology, Thessaloniki, p.29-38.

Whitney, D.L., Teyssier, C., Rey, P. and Buck, W.R. (2012). Continental and oceanic core complexes. Geological Society of American Bulletin, vol.125, pp. 273-298.

Xypolias, P., Kokkalas, S. and Skourlis, K. (2003). Upward extrusion and subsequent transpression as a possible mechanism for the exhumation of HP/LT rocks in Evia Island (Aegean Sea, Greece). Journal of Geodynamics, 35, 303-332.

Xypolias, P., Spanos, D., Chatzaras, V., Kokkalas, S. and Koukouvelas, I. (2010). Vorticity of flow in ductile thrust zones: examples from the Attico-Cycladic Massif (Internal Hellenides, Greece). Geological Society, London, Special Publications, v.335, p.687-714.

Xypolias, P., Iliopoulos, I., Chatzaras, V. and Kokkalas, S. (2012). Subduction and exhumation related structures in the Cycladic Blueschists: Insights from south Evia Island (Aegean region, Greece). Tectonics, vol.31.

Xypolias, P. and Alsop, G.I. (2014). Regional flow perturbation folding within an exhumation channel: A case study from the Cycladic Blueschists. Journal of Structural Geology, 62, 141-155.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

https://www.precisionnutrition.com/alkaline-water-legit-or-hoax

http://www.geol.ucsb.edu/faculty/hacker/geo102C/lectures/part2.html

http://www.oikoskopio.gr/map/

http://www.geo.auth.gr/106/8_silicates.htm

http://www.sherwood-scientific.com/flame/flameanalysis.html

http://www.meteo.gr/

http://www.canammachinery.com/data/Images/15563_53268.pdf

https://www.perkinelmer.com/Content/relatedmaterials/brochures/bro_worldleaderaaicpmsicpms.pdf

https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/TCH_Flat-Plate-Plasma-Sys_010468B_01.pdf

http://cheminnerweb.ukzn.ac.za/Libraries/CHEM340/ICP-OES.sflb.ashx

http://geologylearn.blogspot.gr/2015/12/tapping-groundwater-supplies.html

https://nd.water.usgs.gov/ukraine/english/pictures/watercycle.html

https://www7.in.tum.de/~esparza/Talks/lata14.pdf

http://www.speleo.gr/gr/arxeio/arx_agia_triada.htm

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AF%CF%81%CF%86%CF%85%CF%82

https://en.wikipedia.org/wiki/Strahler_number

http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=sjxCZf0QceY%3d&tabid=503

http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=iIe61%2fEm2Mc%3d&tabid=432

http://www.data.gov.gr/dataset/xartes-kalypshs-ghs-corine-land-cover-gia-ta-eth-2006-and-2012

http://geodata.gov.gr/dataset/udatika-diamerismata-hydroscope-gr

http://geodata.gov.gr/dataset/to-diktuo-natura-2000-kai-prostateuomenes-periokhes

https://earthexplorer.usgs.gov/

http://goevia.com/el/eviagr/natural-island/evia-natura-2000

http://kireas.org/smf/index.php?topic=674.0;wap2

http://www.naturagraeca.com/ws/122,184,215,1,1,%CE%8C%CF%87%CE%B7

http://www.dimoskarystou.gr/

https://fr.wikipedia.org/wiki/Ardennite-(As)