



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



Γεωλογική αποτίμηση της ευρύτερης περιοχής της Εθιάς στα Αστερούσια Όρη στη νήσο Κρήτη

Στρωματογραφική, τεκτονική, υδρολογική και υδρογεωλογική καταγραφή

Γεώργιος Τζωρμπατζάκης

Ιωάννης Τζωρμπατζάκης

Επίβλεψη:

Χαράλαμπος Κράνης, Επικ. Καθηγητής

Εμμανουήλ Σκούρτσος, Επικ. Καθηγητής

Αθήνα 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εκφράζουμε τις ευχαριστίες μας σε όλους εκείνους, που συνέβαλλαν στην επιτυχή διεκπεραίωσή της.

Καθοριστικό ρόλο στην περάτωση της εργασίας είχαν οι επιβλέποντες καθηγητές μας, Κράνης Χαράλαμπος και Σκούρτσος Εμμανουήλ . Η συμβολή τους σε διάφορες φάσεις της εργασίας ήταν καθοριστική και ιδιαίτερα σημαντική. Εκφράζουμε, λοιπόν, τις θερμές μας ευχαριστίες για την εμπιστοσύνη που επέδειξαν στα πρόσωπα μας, το σύνολο των χρήσιμων συμβουλών και βιβλιογραφικών στοιχείων που μας παρείχαν, το απaráμιλλο ενδιαφέρον και την προθυμία που επέδειξαν να συμβάλουν και να βοηθήσουν τόσο σε εργασίες υπαίθρου όσο και στο σύνολο των εργασιών που χρειάστηκαν για την επιτυχή ολοκλήρωσή της. Καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής ήταν εκεί για να μας λύσουν όλες τις απορίες και να μας κατευθύνουν σωστά στην αναζήτηση της γνώσης. Κλείνοντας, ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζουμε για τη διαμεσολάβησή τους σε σημαντικούς επιστημονικούς φορείς, με σκοπό την ανάπτυξη και μελέτη δειγμάτων μικροσκοπίου.

Επίσης, σπουδαία κρίνεται και η συμβολή του καθηγητή κ. Αλεξόπουλου Απόστολου. Ο εν λόγω καθηγητής συμμετείχε μαζί με τους επιβλέποντες σε ασκήσεις υπαίθρου στην περιοχή. Μ' αυτό τον τρόπο παρείχε με τη σειρά του σημαντικές κι εποικοδομητικές πληροφορίες για την ερμηνεία των λιθολογικών χαρακτήρων των σχηματισμών και των μεταξύ τους επαφών. Επιπρόσθετα, συνέβαλλε βιβλιογραφικά κατά τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας.

Παράλληλα, ευχαριστούμε και πολλούς από τους καθηγητές του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών, οι οποίοι παρείχαν σημαντικά επιστημονικά εφόδια που αξιοποιήσαμε στην ανάπτυξη και συγγραφή της εργασίας.

Σημαντικές είναι και οι ευχαριστίες μας, ως προς τον κύριο Γαλανάκη Δημήτριο, γεωλόγο της Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ε.Α.Γ.Μ.Ε). Πιο συγκεκριμένα, τον ευγνωμονούμε για την πραγματοποίηση των παλαιοντολογικών τομών και την μετέπειτα μικροσκοπική μελέτη τους από τον υποψήφιο διδάκτορα κύριο Μοφόρη Λεωνίδα, καθώς και για σημαντικά βιβλιογραφικά στοιχεία που μας παρείχε.

Σ' αυτό το σημείο εκφράζουμε τις ευχαριστίες μας και στους συμφοιτητές μας Ιωάννη Τσιμπίδη, Μαρία Μαρουλάκη και Νικόλαο Καλαμαρά. Οι συγκεκριμένοι συμμετείχαν σε κάποιες από τις ασκήσεις υπαίθρου και βοήθησαν με τις γεωλογικές προσεγγίσεις και ιδέες τους.

Κλείνοντας, εκφράζουμε την εκτίμησή μας και την ευγνωμοσύνη μας, για την στήριξη και τα εφόδια που μας παρείχε η οικογένεια μας σε όλους του τομείς της ζωής μας, όπως και σε αυτόν των σπουδών μας. Χωρίς την συμβολή των οποίων δεν θα είχε επιτευχθεί η συγγραφή καμίας εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ευρύτερη περιοχή της Εθιάς, περιλαμβάνει τμήμα των Αστερουσίων ορέων και τμήμα της πεδιάδας της Μεσαράς, παρουσιάζοντας έντονο γεωλογικό ενδιαφέρον. Ιδιότυπες γεωλογικές φάσεις που χαρτογραφούνται στην περιοχή οδηγούν στην περιγραφή μίας ιδιόμορφης γεωλογικής ενότητας, που παίρνει τ' όνομα της από τον οικισμό Εθιά. Παλαιογεωγραφικά χαρακτηρίζει ένα μεταβατικό χώρο μεταξύ της παλαιόπλατφόρμας της Τρίπολης και του παλαιό-ωκεανού της Πίνδου. Αξίζει να σημειωθεί ότι την θεωρούμε ομόλογη με την σειρά της Πίνδου η οποία χαρτογραφείται στην ομώνυμη οροσειρά. Ωστόσο, οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στην περιοχή μελέτης είναι ικανές να την διακρίνουν απ' όλες τις υπόλοιπες ομόλογες εμφανίσεις στον Ελλαδικό χώρο. Στην περιοχή μελέτης χαρτογραφούμε τα ιζήματα της ενότητας Εθιάς, επωθημένα στον φλύσχη της ενότητας Τρίπολης, ενώ στην Εθιά επωθούνται η ενότητα Άρβης και οι οφιόλιθοι του Αξιού. Η τοποθέτησή τους είναι προς νότο ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις φαίνεται να τείνουν προς νοτιοδυτικά. Ο τεκτονισμός των σχηματισμών είναι ιδιαίτερα εκτεταμένος, ενώ παρουσιάζεται εντονότερος στις υψηλότερες τεκτονικά ενότητες. Αντίθετα, τα ανθρακικά της Τρίπολης δεν παρουσιάζουν ανάλογη παραμόρφωση. Σε γενικές γραμμές, παρατηρούμε πλαστικές δομές διεύθυνσης Α-Δ, οι οποίες φαίνεται πως επηρεάζουν κάποιες παλαιότερες δομές Β-Ν. Παράλληλα, δεν απουσιάζουν και οι ρηξιγενείς δομές, όπως υποδηλώνουν τα ανάστροφα αλλά κυρίως ποικίλης κλίμακας κανονικά ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ και Β-Ν ή ΒΑ-ΝΔ, τα τελευταία φαίνεται να είναι νεότερα. Συνοψίζοντας, διαπιστώνουμε ότι η γεωλογία στην περιοχή μελέτης είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και οι θεωρίες που αναπτύσσονται είναι συζητήσιμες. Αντίστοιχη κατάσταση αποτυπώνεται στα υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία. Ο ορεινός όγκος χαρακτηρίζεται από περιορισμένους κι απομονωμένους ταμιευτήρες. Οι λεπιώσεις των σχηματισμών της Εθιάς όσο και οι αλλεπάλληλες πυριτικές ενδιαστρώσεις, δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη εκτεταμένων υπόγειων υδροφοριών. Στην πλειοψηφία τους χαρακτηρίζονται από μέση ποιοτική κατάσταση και μειωμένη ποσοτική αναπλήρωση. Η εικόνα είναι τελείως διαφορετική στο βόρειο τμήμα της χαρτογράφησης, στον κάμπο της Μεσαράς, όπου εκτεταμένες υπόγειες υδροφορίες αναπτύσσονται στα μεταλλικά ιζήματα της λεκάνης. Οι εν λόγω υδροφόροι δέχονται αρκετά υψηλές πιέσεις, εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης. Όσον αφορά τους επιφανειακούς υδατικούς πόρους, είναι κι εκείνοι περιορισμένοι, λόγω των κλιματικών και γεωλογικών χαρακτήρων της περιοχής.

ABSTRACT

The wider area of Ethia includes part of the Asterousia mountains and part of the Messara plain, presenting intense geological interest. Unusual geological phases, that are mapped in the area, lead to the description of a different geological unit, which takes its name from the area of Ethia. The sequence characterizes a transitional palaeogeographic space between the Tripoli's palaeo-platform and the Pindos' palaeo-ocean. It is considered homologous with the unit of Pindos, but the differences observed in the study area are significant and able to distinguish it from all the similar occurrences in Greece. In the study area we map the sediments of Ethia Unit, overthrust Tripoli's unit, while in Ethia the Arvi Unit and the ophiolites of Axios are overthrust. The geological settings of the units are towards the South, however, in some cases they seem to direct towards the South-west. Generally, we observe plastic structures East-West, that seem to affect some more ancient structures North-South. At the same time, we observe tectonic structures like for example normal and reverse faults East-West, North-South and some newer ones Northeast-Southwest. Hydrogeological and hydrological data are significantly complicated, due to the tectonic evolution. The mountain area is characterized by limited and isolated water reservoirs. They present medium quantitative and qualitative condition with reduced refilling. The image is completely different in the north part of the map, where extensive underground water capacities are developed within the quaternary sediments of the basin. Those capacities are under the regime of overexploitation. As far as the overground water supplies, they are also limited, due to the climatic and geological characteristics of the area.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

➤ Ελληνικές συντομεύσεις (Με αλφαβητική σειρά):

A.Y — Απόλυτο Υψόμετρο

A.Y.B.Σ — Απόλυτο Υψόμετρο Βάθος Σωλήνωσης

A.Y.Yδ.Σ — Απόλυτο Υψόμετρο Υδροστατικής Στάθμης

B.Σ — Βάθος Σωλήνωσης

E.A.Γ.Μ.Ε — Ελληνική Αρχή Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

εκ. — εκατομμύρια ή εκατομμύριο

ΕΜΠ — Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

E.M.Y. — Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

H.Π.A — Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Λ.Υ.Σ. — Λιμναία Υδατικά Συστήματα

ΜΔΥΠΚ — Μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης

Μ.Τ.ΕΚ — Μουρνια Τρεις Εκκλησιές

Πα.Υ.Σ. — Παράκτια Υδατικά Συστήματα

Π.Δ. — Προεδρικό Διάταγμα

ΠΕ.Σ.Δ.Α. — Περιφερειακός Σχεδιασμός για τη Διαχείριση στερεών Αποβλήτων

Π.Τ.ΕΚ — Πρινιάς Τρεις Εκκλησιές

Π.Υ.Σ. — Ποτάμια Υδατικά Συστήματα

Σ.Δ.Λ..Α.Π. — Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών

Υ — Υδροληψία

Υδ.Σ — Υδροστατική Στάθμη

Υ.Π.Ε.Ν — Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Υ.Σ. — Υδατικά Συστήματα

Υ.Υ.Σ. — Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

ΦΕΚ — Εφημερίδα της Κυβερνήσεως

Ν.Λ.Η. — Νότια Λεκάνη Ηρακλείου

➤ Αγγλικές συντομεύσεις (Με αλφαβητική σειρά):

GR — Greece

CHNF — Central Heraklion Normal Fault

➤ Σημεία ορίζοντα

B — North/Βορράς

N — South/Νότος **Δ** — West/Δύση **A** — East/Ανατολή

*Από το συνδυασμό των ανωτέρων προκύπτουν διάφορες συντομεύσεις που αφορούν τον προσανατολισμό/διεύθυνση στρωμάτων, δυνάμεων, κινήσεων και λοιπών γεωλογικών μηχανισμών και εννοιών. Ενδεικτικά αναφέρονται δύο παραδείγματα:

ΒΔ — ΒόρειοΔυτικά **ΝΑ** — ΝότιοΑνατολικά

ΣΚΟΠΟΣ

Στα πλαίσια της ενασχόλησης μας με την περάτωση της συγκεκριμένης ερευνητικής διπλωματικής εργασίας, μας δόθηκε η ευκαιρία να πραγματοποιούμε ένα ευρύ φάσμα γεωλογικών εννοιών. Η επιλογή να χαρτογραφήσουμε την περιοχή δεν ήταν τυχαία, αφού αξιολογήσαμε με τον πλέον ασφαλέστερο τρόπο διάφορα δεδομένα κι όλο το γεωλογικό περίβλημα της περιοχής. Ένα περίβλημα το οποίο χρησιμοποιείται ως αφετηρία για την επίλυση διαφόρων άλλων θεμάτων κι απόψεων. Συνεπώς, ο γενικότερος σκοπός της εργασίας είναι να εντυπώσουμε σ' ένα ευρύ φάσμα γεωλογικών εννοιών κι αντικειμένων. Αναλυτικότερα, μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στους εξής επί μέρους στόχους:

- ✓ Χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής της Εθιάς, όπως αποτυπώνεται στο μεγαλύτερο τμήμα του Φύλλου Αχεντριάς του Ε.Α.Γ.Μ.Ε..
- ✓ Αξιολόγηση, περιγραφή, ερμηνεία και χαρτογράφηση των λιθολογικών χαρακτήρων που συνιστούν την ακολουθία που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως Εθιάς – Πίνδου.
- ✓ Μία γενικότερη κι απλουστευμένη περιγραφή της γεωλογικής ενότητας της Τρίπολης.
- ✓ Ερμηνεία της επαφής των δυο διακριτών μεταξύ τους ενοτήτων της περιοχής.
- ✓ Αναλυτική περιγραφή των ιζηματολογικών και παλαιοντολογικών χαρακτήρων της Εθιάς, ερμηνεία παλαιό-περιβάλλοντος από το Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο.
- ✓ Απλουστευμένη λιθολογική απόδοση της ενότητας της Άρβης και του παλαιό-χώρου αυτής.
- ✓ Απλουστευμένη λιθολογική απόδοση των οφιολίθων και της προέλευσης αυτών.
- ✓ Αξιολόγηση, περιγραφή, ερμηνεία και χαρτογράφηση των επαφών των διακριτών μεταξύ τους σχηματισμών.
- ✓ Περιγραφή και βιβλιογραφική αξιολόγηση των μεταλλικών σχηματισμών της πεδιάδας της Μεσαράς .
- ✓ Υδρογεωλογική και υδρολογική αξιολόγηση όλης της χαρτογραφήσιμης έκτασης .
- ✓ Καταγραφή των πηγών, των γεωτρήσεων, των δεξαμενών, των λιμνών και όλων των ποταμών.
- ✓ Καταγραφή υπόγειων υδροφόρων και διάκριση σε επιμέρους κατηγορίες.
- ✓ Ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση ταμιευτήρων και αποθεμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1. Γεωδυναμικό πλαίσιο.....	11
1.1.1. <i>Αλπικό ορογενετικό σύστημα Τηθύος.....</i>	<i>11</i>
1.2. Γεωλογία Ελλάδος.....	13
Κεφάλαιο 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΡΗΤΗΣ	18
2.1. Γεωλογική τοποθέτηση Κρήτης	18
2.2. Τεκτονο-Στρωματογραφική διάρθρωση Κρήτης	19
2.3. «Τεκτονικό Αποτύπωμα» στο Νησί.....	23
2.3.1. <i>Κρητική Λεκάνη και Νότια Λεκάνη Ηρακλείου</i>	<i>25</i>
▪ Κρητική Λεκάνη	25
▪ Νότια Λεκάνη Ηρακλείου (Ν.Λ.Η.) ή Λεκάνη Μεσαράς	26
2.3.2. <i>Το παράλογο της γεωτεκτονικής ανάπτυξης της νήσου</i>	<i>27</i>
2.5. Υδρολογικό/Μετεωρολογικό αποτύπωμα.....	29
2.6. Υδρογεωλογικό αποτύπωμα.....	31
2.7. Υδατικά Συστήματα Κρήτης (Υ.Σ.Κ).....	32
▪ Λιμναία Υδατικά Συστήματα (Λ.Υ.Σ.):.....	32
▪ Ποτάμια Υδατικά Συστήματα (Π.Υ.Σ.):	33
▪ Παράκτια Υδατικά Συστήματα (Πα.Υ.Σ.):.....	33
▪ Υπόγεια Υδατικά Συστήματα (Υ.Υ.Σ.):	33
Κεφάλαιο 3. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	35
3.1. Γεωγραφική τοποθέτηση.....	35
3.2. Βιβλιογραφική περιγραφή αλπικών γεωτεκτονικών ενότητων	37
3.2.1. <i>Ενότητα Τρίπολης.....</i>	<i>37</i>
3.2.2. <i>Ενότητα Πίνδου-Εθιάς.....</i>	<i>38</i>
3.2.3. <i>Ενότητα Άρβης</i>	<i>43</i>
3.2.4. <i>Οφιολιθικό κάλυμμα.....</i>	<i>45</i>
3.3. Βιβλιογραφική περιγραφή μεταλλικών σχηματισμών στην λεκάνη της Μεσαράς.....	46
3.4. Στρωματογραφικές και τεκτονικές παρατηρήσεις αλπικών σχηματισμών.....	47
3.4.1. <i>Σχολιασμός καθορισμένων θέσεων και περιοχών</i>	<i>48</i>
▪ Περιγραφή αμφιβόλου προέλευσης γεωλογικού σχηματισμού στο δυτικό όριο της παραλίας των Τριών Εκκλησιών.....	48
▪ Περιγραφή νότιου μετώπου των Αστερουσίων	48
▪ Περιγραφή κλαστικού σχηματισμού Δυτικά και Νότια των Παρανύμφων	50
3.4.2. <i>Σχολιασμός διαδρομών και οριζοντιογραφίες δρόμων</i>	<i>51</i>
▪ Περιγραφή παραλιακού μετώπου Τρεις Εκκλησιές - Βουϊδομάτης.....	52
▪ Γεωλογικός σχολιασμός διαδρομής Ροτάσι - Εθιά:	55
▪ Χωματόδρομος προς Αγία Ειρήνη, Περβόλα.....	58
▪ Γεωλογικός σχολιασμός Φαραγγιού της Περβόλας.....	61
▪ Χωματόδρομος Εθιάς προς «Βίγλα».....	64

▪ Γεωλογικός σχολιασμός διαδρομής Εθιά – Ανάληψη.....	69
▪ Γεωλογικός σχολιασμός διαδρομής ΜΤΕΚ:	72
▪ Περιγραφή διαδρομής ΠΤΕΚ.....	73
▪ Περιγραφή οδοιπορικής διαδρομής Εθιά-Αχεντριά:	76
3.4.3. Σχολιασμός Περιοχών μέσω σχεδιαστικών Γεωλογικών Τομών	77
▪ Γεωλογική στρωμάτωση ανατολικότερα της θέσης «Βίγλα» στο Νοτιοανατολικό τμήμα του Χάρτη.....	77
3.5. Στρωματογραφικές και τεκτονικές παρατηρήσεις Μεταλλικών σχηματισμών.....	83
3.6. Συγκεντρωτικά στοιχεία.....	84
3.6.1. Αναθεωρημένος γεωλογικός χάρτης (κλίμακα: 1:25.000 και 1:50:000).....	85
3.6.2. Γεωλογικές τομές και εικόνες τεκμηρίωσης γεωλογικού χάρτη.....	85
3.6.3. Γεωλογική στήλη της γεωλογικής ενότητας Εθιάς.....	85
3.6.4. Εξέλιξη της περιοχής μελέτης.....	89
▪ Πρώτη φάση μέχρι το Κρητιδικό	89
▪ Η εξέλιξη στο Ανώτερο Κρητιδικό.....	90
▪ Η εξέλιξη στο Παλαιόκαινο - Μέσο Ηώκαινο.....	91
▪ Η εξέλιξη στο Ανώτερο Ηώκαινο	91
▪ Η εξέλιξη στο Ολιγόκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο	92
▪ Η εξέλιξη στο Μειόκαινο	92
▪ Η εξέλιξη στο Πλειόκαινο.....	93
▪ Η εξέλιξη στο Τεταρτογενές	94
Κεφάλαιο 4. ΥΔΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ.....	95
4.1. Υδατικά στοιχεία.....	95
4.1.1. Λιμναία Υδατικά Συστήματα	95
4.1.2. Ποτάμια Υδατικά Συστήματα	95
4.1.3. Παράκτια Υδατικά Συστήματα	98
4.1.4. Υπόγεια Υδατικά Συστήματα	98
4.2. Υδρολογικά στοιχεία.....	100
4.2.1. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα(P).....	103
4.2.2. Εξατμισοδιαπνοή (E)	104
4.3. Υδρογεωλογικά στοιχεία	104
4.3.1. In situ παρατηρήσεις πορώδους και υδραυλικής αγωγιμότητας.....	106
4.3.2. Συντελεστής Κατείσδυσης (I)	108
4.3.3. Ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα.....	112
4.4. Μηχανισμοί λειτουργίας πηγών	113
4.5. Επιμέρους διάκριση υπόγειων υδροφόρων.....	115
4.5.1. Πεδιάδα Μεσαράς, λεκάνη Χάρακα	115
▪ Αλλουβιακός υδροφορέας (SL) (GR85).....	116
▪ Πλειστοκαινικός υδροφορέας (GR85)	117
▪ Νεογενής υδροφορέας (GR86).....	117
4.5.2. Αστερούσια Όρη	118

▪ Καρστικοί υδροφορείς «Πίνδου – Εθιάς» (Τύπος 1.).....	118
▪ Ρηγματώδης - Καρστικός (ανθρακικός) υδροφορέας Τρίπολης (Τύπος 2.).....	120
▪ Υδροφορίες αδιαπέρατων σχηματισμών (Τύπος 3.).....	120
▪ Αλλουβιακός υδροφορέας (Τύπος 4.).....	121
4.6. Υδροληπτικά έργα.....	121
4.6.1. Διαγράμματα Υδροστατικής Στάθμης (Υ.Σ) και Βάθους Σωλήνωσης (Β.Σ)	121
▪ Οροσειρά.....	122
▪ Λεκάνη	124
4.6.2. Εκτενέστερη ερμηνεία υποομάδων.....	126
▪ Υπο-ομάδα «οροπέδιο Περβόλας»	126
▪ Υπο-ομάδα «Καταρράκτη Αμπά».....	129
▪ Υπο-ομάδα «Ροτάσι - Μεσοχωριό».....	131
▪ Υπο-ομάδα «Χάρακας –Πύργος»	133
4.7. Συγκεντρωτικά στοιχεία.....	136
4.7.1. Υδρολογικά	136
4.7.2. Υδρογεωλογικά	137
Κεφάλαιο 5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	142
Κεφάλαιο 6. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ - ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ.....	147
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	149
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	155

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γεωδυναμικό πλαίσιο

Η «Θεωρία των Λιθοσφαιρικών Πλακών», αναπτύχθηκε από σεισμολογικά κι άλλα δεδομένα, λύνοντας πλήθος προβλημάτων που μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή απασχολούσαν την επιστημονική κοινότητα. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου έχουν δράσει ένα πλήθος συμπιεστικών κι εφελκυστικών δυνάμεων, αποτέλεσμα της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών, όπου σε συνδυασμό με τις εξωγενείς διεργασίες διαμορφώνουν τη γήινη επιφάνεια. Πιο συγκεκριμένα, επιδρούν στη γη προκαλώντας ανύψωση ή ταπείνωση του ανάγλυφου. Η ανύψωση οφείλεται κυρίως σε συμπιεστικές δυνάμεις (συμπιεστικό καθεστώς), δηλαδή σύγκρουση των λιθοσφαιρικών πλακών. Επίσης, παρατηρείται σε περιοχές διάνοιξης ή δημιουργίας ωκεάνιας λιθόσφαιρας στις λεγόμενες μεσοωκεάνιες ράχες (εφελκυστικό καθεστώς), καθώς και στο εσωτερικό πλακών με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα ηφαίστεια της Χαβάης με την άνοδο βασαλτικού μάγματος από την ασθενόσφαιρα («Hot Spots»). Από την άλλη πλευρά, η ταπείνωση είναι αποτέλεσμα εφελκυστικών δυνάμεων (εφελκυστικό καθεστώς), οι οποίες συνήθως εκφράζονται στην επιφάνεια με την ανάπτυξη κανονικών ρηγμάτων στον ηπειρωτικό φλοιό και τη δημιουργία μεσοωκεάνιας ράχης στον ωκεανό.

1.1.1. Αλπικό ορογενετικό σύστημα Τηθύος

Η Ελλάδα αποτελεί τμήμα του αλπικού ορογενετικού συστήματος της Τηθύος, μίας ορεινής αλυσίδας με διεύθυνση ανατολή-δύση που εκτείνεται από την Πορτογαλία (ανατολικό άκρο) έως την Ινδονησία (δυτικό άκρο). Η δημιουργία της προήλθε από τη σταδιακή σύγκρουση δύο ηπειρωτικών πλακών, της Ευρασίας βόρεια και της Γκοντβάνας νότια. Τα ιζήματα που απαρτίζουν το εν λόγω ορογενετικό σύστημα, αποτελούν κυρίως Μεσοζωικές ή Καινοζωικές αποθέσεις, ενός παλαιό-ωκεανού ανάμεσα στις δύο πλάκες, ο οποίος ονομάστηκε από τον Suess (1885-1909), «Τηθύς» (Εικόνα 1.1-1).

Ειδικότερα, το ορογενετικό σύστημα της Τηθύος διακρίνεται είτε σε περιοχές είτε σε τόξα όπως για παράδειγμα Ελληνίδες ή ελληνικό τόξο αντίστοιχα, ανάλογα με την γεωγραφική τους θέση. Τις περισσότερες φορές τα τμήματα που συνθέτουν κάθε τόξο είναι ευθύγραμμα αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις δύναται να είναι καμπυλωτά όπως συμβαίνει στον Ελληνικό χώρο. Μία επιπλέον διάκριση είναι εκείνη που χωρίζει το ορογενετικό σύστημα της Τηθύος σε δύο κλάδους ένα νότιο κι ένα βόρειο. Σε όλο το μήκος του βόρειου κλάδου η σύγκρουση έχει επέλθει, σε αντίθεση με το νότιο όπου σε ορισμένα τμήματα διατηρείται ο ωκεάνιος φλοιός της Τηθύος. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι κίνηση είναι αντίθετη στα δύο περιθώρια, με το νότιο να μετατοπίζεται προς νότο και το βόρειο προς βορρά.

Η Ελλάδα τοποθετείται στο δυτικό τμήμα του αλπικού συστήματος, αποτελώντας μέρος του νοτίου κλάδου. Το ελληνικό τόξο έχει έκταση περίπου ίση με 1.500km και καμπυλωτή μορφή, δυτικά έχει διεύ-

θυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, στην Κρήτη κάμπτεται με διεύθυνση Α-Δ, ενώ στο ανατολικό άκρο ακολουθεί ΒΑ-ΝΔ πορεία. Στο ανατολικό άκρο η υποβύθιση της Τηθύς συνεχίζεται μέχρι και σήμερα όπου θα αναφερθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια.

Τα ιζήματα που συγκεντρώθηκαν στον παλαιογεωγραφικό ωκεάνιο χώρο της Τηθύς από το Τριαδικό μέχρι το Ανώτερο Ιουρασικό έως και το Κατώτερο Καινοζωικό, δομούν το μεγαλύτερο μέρος του αλπικού ορογενούς (Smith 1971, Dervourt 1972). Τα τελευταία χρόνια αρκετοί είναι οι επιστήμονες που υποστηρίζουν την ύπαρξη δύο παλαιό-ωκεανών στον εν λόγω παλαιογεωγραφικό χώρο (Dewey et al.1973, Bocalleti et al.1974, Hsu & Bernoulli 1978, Sengor 1979/1984, Mountrakis 1983).

Ειδικότερα, αναφέρουν ένα ωκεανό μεταξύ της Κιμμέριας ηπείρου και της Ευρασίας ο οποίος λειτούργησε στον Παλαιοζωικό και ονομάστηκε Παλαιό-Τηθύς και τον ωκεανό της Τηθύς ή Νέο- Τηθύς νοτιοδυτικότερα (Εικόνα 1.1-1.). Καθοριστικό παράγοντα στα γεωτεκτονικά γεγονότα που ακολούθησαν διαδραματίζει η μικροπλάκα της Απουλίας (Dercourt et al. 1986) και κάποιες άλλες μικροπλάκες, με τις σχετικές τους κινήσεις να συμβάλουν στη διαμόρφωση της περιοχής.



Εικόνα 1.1-1. Παλαιογεωγραφική τοποθέτηση Παλαιο-Τηθύς και Τηθύς (<https://www.geodifhs.com>)

Αναλυτικότερα, πριν από σχεδόν 200 εκατομμύρια χρόνια η Ελλάδα ήταν μέρος του υπό εξέλιξη ωκεανού της Τηθύς (Εικόνα 1.1-1). Αποτελούσε τμήμα ωκεάνιου φλοιού με μορφή που δεν προσομοιάζε στη σημερινή εικόνα του χώρου. Εντός του ωκεάνιου χώρου είναι πιθανό να εντοπιζονταν τμήματα χέρσου (εξωτικά πεδία), τα οποία αποτελούσαν αποκομμένα ηπειρωτικά τεμάχια. Κατά την διάρκεια του γεωλογικού χρόνου και πριν από 150 εκατομμύρια χρόνια (Ανώτερο Ιουρασικό) η διάνοιξη της Τηθύς διακόπτεται και αρχίζει το σταδιακό κλείσιμο του ωκεανού όπου συνεχίζεται έως και σήμερα. Η σύγκλιση που επακολούθησε άρχισε να διαμορφώνει τον Ελλαδικό χώρο, με την τοποθέτηση των εσωτερικότερων πεδίων στην προελαύνουσα πλάκα της Ευρασίας. Η σύγκλιση συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με την τοποθέτηση των εξωτερικότερων πεδίων της Τηθύς.

Το εναπομείναν τμήμα του ωκεανού της Τηθύος εντοπίζεται στην Ανατολική Μεσόγειο και ειδικότερα στο Ιόνιο πέλαγος, με την υποβύθιση να βρίσκεται σε εξέλιξη. Ο εν λόγω υπολειμματικός ωκεανός θεωρείται ο παλαιότερος στον κόσμο. Στα υπόλοιπα τμήματα έχει επέλθει η σύγκρουση των περιθωρίων με αποτέλεσμα να σχηματίζονται εφελκυστικές λεκάνες. Συμπερασματικά, η Ελλάδα αποτελεί το μόνο τμήμα του αλπικού συστήματος όπου παρουσιάζει όλα τα γεωδυναμικά χαρακτηριστικά ενός υπό-εξέλιξη ορογενετικού τόξου.

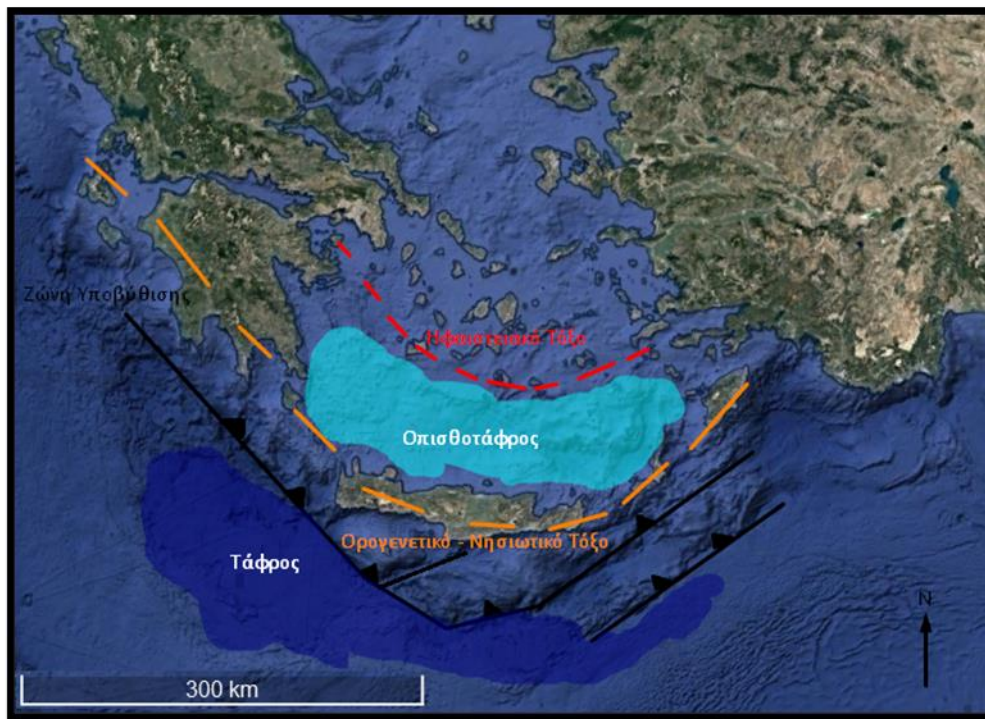
Το άνοιγμα και το μετέπειτα κλείσιμο της Τηθύος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα του «Κύκλου Wilson». Η θεωρία αυτή, που πήρε τ' όνομα της από τον John Tuzo Wilson (1908-1993), έναν από τους πρωτεργάτες για την ευρύτερη αποδοχή της θεωρίας των τεκτονικών πλακών, περιγράφει την εξέλιξη του φλοιού της Γης και ειδικότερα πως από έναν ενιαίο ηπειρωτικό φλοιό μπορούμε να οδηγηθούμε στη διάσπαση του, στη μετέπειτα δημιουργία ωκεάνιας λιθόσφαιρας και στο τελικό κλείσιμο/συνένωσης των ηπειρωτικών περιθωρίων. Ο κύκλος Wilson μπορεί να αναλυθεί σε 5 κύρια στάδια όπου κάθε στάδιο μπορεί να περιέχει επιμέρους υπό-στάδια. Αρχικά έχουμε τη διάνοιξη ηπειρωτικού φλοιού και τη δημιουργία τάφρου (1ο). Έπειτα, ακολουθεί η δημιουργία μεσοωκεάνιας ράχης και ωκεάνιας λιθόσφαιρας (2ο). Στη συνέχεια και τα δύο περιθώρια ή ένα από τα δύο γίνεται ενεργητικό και αρχίζει το σταδιακό κλείσιμο (3ο) έως και την τελική υποβύθιση της μεσοωκεάνιας ράχης (4ο). Τέλος, έπεται το τελικό κλείσιμο του ωκεανού και η σύγκρουση των ηπειρωτικών περιθωρίων (5ο). Ένας κύκλος για να ολοκληρωθεί μπορεί να διαρκέσει από 300 έως και 500 εκατομμύρια χρόνια με τον ωκεανό της Τηθύος να βρίσκεται στο 5ο στάδιο, όπου σε κάποια τμήματα έχει επέλθει η σύγκρουση ενώ σε άλλα συνεχίζεται η υποβύθιση ωκεάνιου φλοιού.

1.2. Γεωλογία Ελλάδος

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται κυρίως από έντονο ανάγλυφο όπου σε πολλές περιπτώσεις απότομες βουνοκορφές υψώνονται εντός παραλιακών ζωνών. Φαράγγια διασχίζουν και διατέμνουν τα όρη, καταλήγοντας στην θάλασσα διαμορφώνοντας εντυπωσιακές παραλίες, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις οδηγούν σε απέραντες κοιλάδες διαμορφώνοντας ένα πολυσχιδές δίκτυο ποταμών και παραποτάμων. Επιπλέον, εντυπωσιακό είναι και το υδρογραφικό δίκτυο που αναπτύσσεται στα οροπέδια, με καταβόθρες και σπήλαια να αποστραγγίζουν την επιφανειακή ροή. Οι καρστικές μορφές (σπήλαια, καταβόθρες) συναντώνται συχνά στην ενδοχώρα από την υψηλότερη κορυφή μέχρι και κάτω από το επίπεδο της θάλασσας εξαιτίας της φύσης των πετρωμάτων (ανθρακικά πετρώματα) και της διακύμανσης του βασικού επιπέδου στο γεωλογικό χρόνο. Κλείνοντας, το έντονο ανάγλυφο που συναντάμε στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας αποδίδεται σε ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες.

Από γεωλογική σκοπιά η Ελλάδα χαρακτηρίζεται ως εν ενεργεία χώρος υποβύθισης ωκεάνιας λιθόσφαιρας και σύγκρουσης ηπειρωτικών πλακών. Η γεωμορφολογική εικόνα είναι αποτέλεσμα της μετανάστευσης της ζώνης υποβύθισης προς νότο, την οποία συναντάμε σήμερα στον υποθαλάσσιο χώρο νότια της Κρήτης (Εικόνα 1.2-1). Στον απόηχο της σύγκλισης έχουμε την προσάρτηση ιζηματογενών ακολουθιών είτε απευθείας στο πρίσμα προσαύξησης είτε με βύθιση και επακόλουθη μεταμόρφωση και επανεμφάνιση τους στην οπισθοτάφρο ή στο μέτωπο του ορογενούς, αποτέλεσμα εφελκυστικών πεδίων.

Οι δομές που παρατηρούνται στην Ελλάδα είναι αντίστοιχες με εκείνες σε όλες τις ζώνες υποβύθισης ανά την υφήλιο. Όσον αφορά την Ελλάδα με βάση τον Angelier (1979) το νησιωτικό και ορογενετικό τόξο ταυτίζονται και περιλαμβάνουν τα Δωδεκάνησα, την Κρήτη και την Πελοπόννησο. Το ηφαιστειακό τόξο εντοπίζεται στο βόρειο περιθώριο του Κρητικού πελάγους και περιλαμβάνει τα ηφαίστεια της Σαντορίνης, της Μήλου, των Μεθάνων, της Νισύρου και εκείνο στο Σουσάκι. Κλείνοντας, η σημερινή τάφρος βρίσκεται στο Ιόνιο πέλαγος και νότια της Κρήτης με την οπισθοτάφρο να οριοθετείται μεταξύ του ορογενετικού και του ηφαιστειακού τόξου (Εικόνα 1.2-1.).



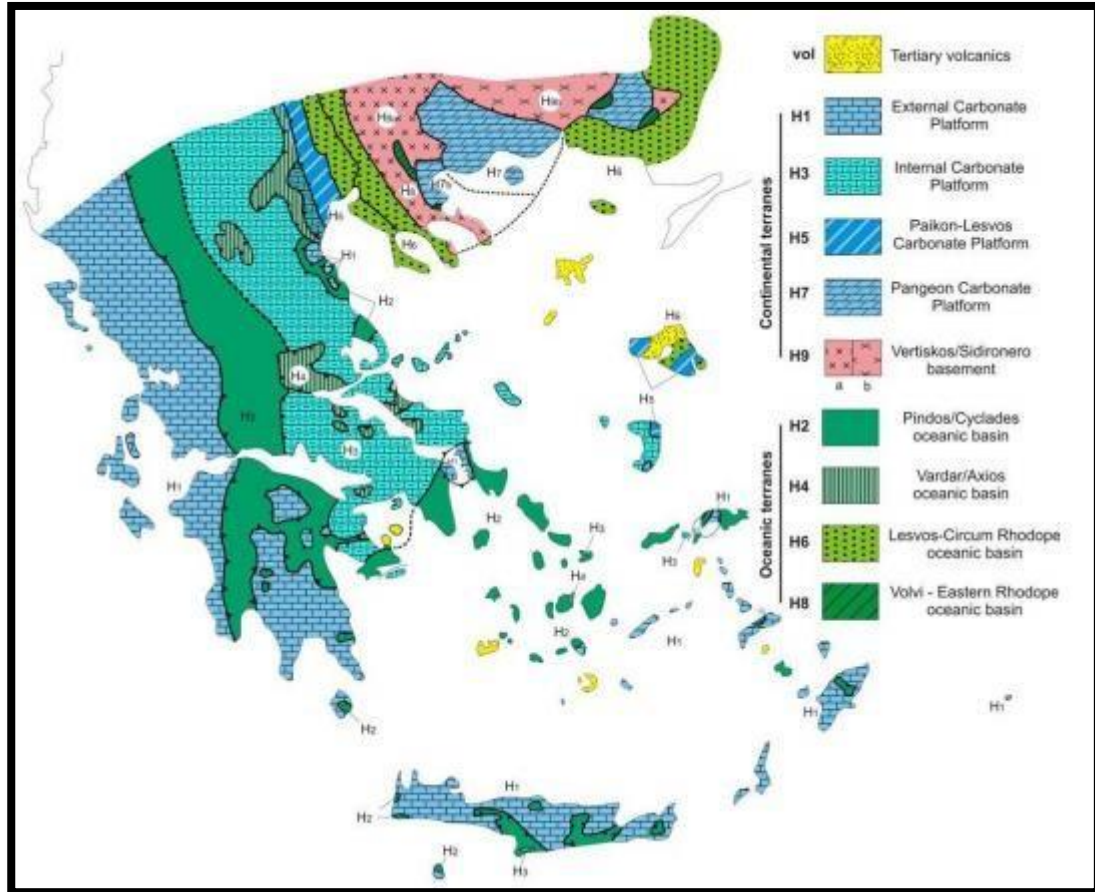
Εικόνα 1.2-1. Επιμέρους τμήματα Ελληνικής Ζώνης Υποβύθισης.
 Πηγή υποβάθρου: Google Earth. Εφαρμογή επεξεργασίας εικόνας: Lightshot

Η μετανάστευση της ζώνης υποβύθισης προς νότο σε συνδυασμό με την επικράτηση της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών, οδήγησαν πλήθος επιστημών να διακρίνουν τον Ελλαδικό χώρο σε γεωτεκτονικές ζώνες έχοντας ως εφόδιο την πρωταρχική διάκριση του Rentz (1947) και του Aubouin (1967), με βάση παλαιογεωγραφικά και γεωτεκτονικά κριτήρια. Χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε ζώνης είναι ότι απαρτίζεται από μία ή περισσότερες γεωτεκτονικές ενότητες.

Επομένως, ο Παπανικολάου (2015) διακρίνει τις εξής ζώνες/πεδία (Εικόνα 1.2-2.) :

- Την εξωτερική ζώνη των Ελληνίδων (Ηπειρωτικός φλοιός) - H1 πεδίο (Νοτιότερο)
- Την ζώνη της Πίνδου (Ωκεάνιος φλοιός) -H2 πεδίο
- Την εσωτερική ζώνη των Ελληνίδων (Ηπειρωτικός φλοιός) - H3 πεδίο
- Την ζώνη του Αξιού (Ωκεάνιος φλοιός) - H4 πεδίο
- Την ζώνη της Λέσβου - Πάικου (Ηπειρωτικός φλοιός) - H5 πεδίο

- Την ζώνη της Λέσβου - Περιοδοπικής (Ωκεάνιος φλοιός) - H6 πεδίο
- Την ζώνη του Παγγαίου (Ηπειρωτικός φλοιός) - H7 πεδίο
- Την ζώνη της Βόλβης - Ανατολικής Ροδόπης (Ωκεάνιος φλοιός) - H8 πεδίο
- Την ζώνη της Ροδόπης (Ηπειρωτικός φλοιός) - H9 πεδίο (Βορειότερο)

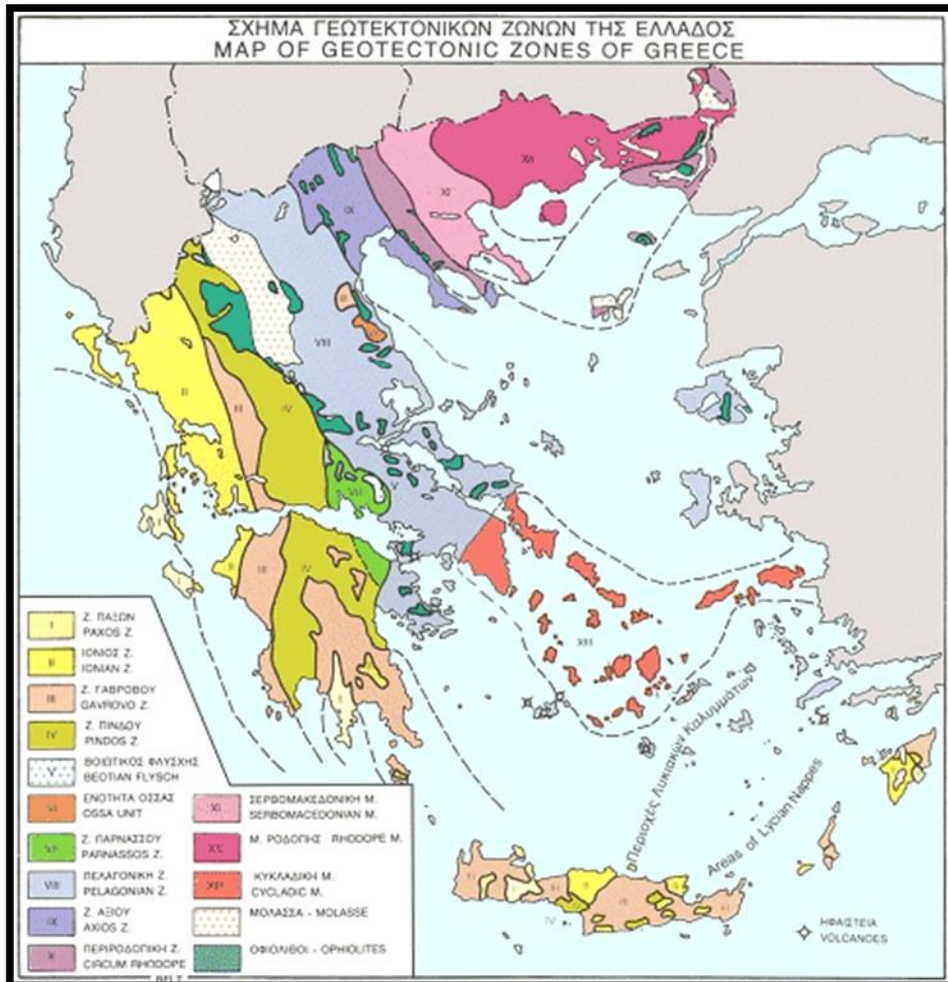


Εικόνα 1.2-2. Ο χάρτης των τεκτονο-στρωματογραφικών πεδίων από Παπανικολάου (1989, 1997, 2013).

Αξίζει να σημειωθεί πως αρκετές είναι οι επιστημονικές προσεγγίσεις που με βάση γεωτεκτονικά κριτήρια αναφέρουν την εξής διάκριση (Brunn, 1960, Aubouin, 1965, Mountrakis et al., 1983, Fassoulas, 1995) (Εικόνα 1.2-3.) :

- Γεωτεκτονική ζώνη Παξών (ή Προαπούλια), H1 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Ιόνιος (ή Αδριατικοϊόνιος), H1 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική Ζώνη Γαβρόβου - Τριπόλεως, H1 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Ωλονού - Πίνδου, H2 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας, H3 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Υποπελαγονικής - Ανατολικής Ελλάδας, H3 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Αττικοκυκλαδικής, H3 κατά Παπανικολάου.

- Γεωτεκτονική ζώνη Πελαγονικής, Η3 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Αξίου, , Η4 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Περιροδοπικής, Η6 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Σερβομακεδονικής, Η7 κατά Παπανικολάου.
- Γεωτεκτονική ζώνη Ροδόπης, Η8 και Η9 κατά Παπανικολάου.



Εικόνα 1.2-3. Γεωτεκτονικές ζώνες Ελλάδος, κατά Mountrakis et al. (1983). (Από <https://www.orykta.gr>)

Σημειώνεται ότι με τον όρο «Γεωτεκτονική Ενότητα» αναφερόμαστε σε ιζήματα τα οποία αποτέθηκαν σ' ένα κοινό παλαιογεωγραφικό χώρο και αποτελούν επιμέρους διάκριση μίας γεωτεκτονικής ζώνης. Για παράδειγμα η γεωτεκτονική ζώνη Ωλονού – Πίνδου χαρακτηρίζεται από την γεωτεκτονική ενότητα της Πίνδου, της Εθιάς, του Αγριδακίου και άλλα. Η εν λόγω διάκριση έγκειται σε διαφορετικά παλαιογεωγραφικά χαρακτηριστικά αλλά με τον κύριο χώρο ιζηματογένεσης να παραμένει σχετικά σταθερός (γεωτεκτονική ζώνη).

Στον Ελληνικό γεωλογικό χώρο και στους αλπικούς σχηματισμούς δύναται να εφαρμοστούν επιμέρους διακρίσεις. Μία από αυτές αφορά τη συμμετοχή ή όχι των ενοτήτων στην Παλαιό-αλπική Ορογένεση και εκφράζεται με τους όρους Εξωτερικές κι Εσωτερικές Ελληνίδες. Οι Εσωτερικές Ελληνίδες έχουν συμ-

μετάσχει στην Πρώιμη Αλπική Ορογένεση στο Ανώτερο. Ιουρασικό - Κατώτερο. Κρητιδικό, με την παρουσία χαρακτηριστικής ασυμφωνίας στο Κενομάνιο. Άλλες κατηγοριοποιήσεις σχετίζονται με το βαθμό μεταμόρφωσης ή με τα τεκτονομεταμορφικά πεδία ή ακόμα και με τις γεωτεκτονικές ζώνες.

Μία ακόμα γενικότερη διάκριση πραγματοποιείται με σημείο αναφοράς τον αλπικό κύκλο ορογένεσης, διακρίνοντας προαλπικούς, αλπικούς και μετααλπικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα ο ελλαδικός χώρος αποτελείται από ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών οι οποίοι αποτέθηκαν, συμπαγοποιήθηκαν και τοποθετήθηκαν στη σημερινή τους θέση, υπό το πρίσμα ενός περίπλοκου γεωτεκτονικού πλαισίου, τα τελευταία 300 εκατομμύρια χρόνια.

Οι προαλπικοί σχηματισμοί προϋπήρχαν της Τηθύος, αποτελώντας ηπειρωτικό φλοιό Γκοντβανικής προέλευσης, ο οποίος τοποθετείται παλαιογεωγραφικά υποκείμενα των Μεσοζωικών ακολουθιών του «Αλπικού Κύκλου», που υπέρκεινται ασύμφωνα (Papanikolaou 1989). Πρόκειται, ως επί το πλείστον για μεταμορφωμένες ιζηματογενείς ακολουθίες παλαιοζωικής ηλικίας με ηφαιστειακές διεισδύσεις. Παλαιογεωγραφικά τοποθετούνται στα περιθώρια της Τηθύος, ενώ σήμερα εντοπίζονται στα όρια του Ελλαδικού χώρου ή έξω απ' αυτά. Η εμφάνιση αυτών στο εσωτερικό του ελλαδικού χώρου, οφείλεται σε μεγάλης διάρκειας και έντασης εφελκυστικών πεδίων.

Από την άλλη πλευρά με τον όρο αλπικοί σχηματισμοί αναφερόμαστε σε όλους εκείνους τους άλλοτε νηρητικούς κι άλλοτε πελαγικούς σχηματισμούς που αποτέθηκαν και συμπαγοποιήθηκαν στα πλαίσια του αλπικού κύκλου. Παλαιογεωγραφικά τοποθετούνται στον παλαιό-ωκεανό της Τηθύος ανάμεσα σε δύο ηπειρωτικές πλάκες την Ευρασιατική και την Γκοντβανική. Έχουν ηλικία μεσοζωική-καινοζωική και αποτελούν κατά κανόνα συνεχείς στρωματογραφικές ακολουθίες, με ορισμένες εξ αυτών να χαρακτηρίζονται από ασυμφωνίες. Η σχετική παλαιογεωγραφική θέση τους και οι παλαιό-γεωμορφολογικές δομές ορίζουν το παλαιό-περιβάλλον του εκάστοτε σχηματισμού (κοντά στα περιθώρια νηρητική μακριά από αυτό πελαγική ιζηματογένεση).

Τέλος,, οι μετααλπικοί σχηματισμοί περιλαμβάνουν στρώματα που τοποθετούνται ασύμφωνα πάνω στην αλπική δομή και σχηματίστηκαν μετά την ετεροχρονισμένη τοποθέτηση των αλπικών σχηματισμών. Η προέλευση τους είναι κυρίως χερσαία, λιμναία, ποταμολιμναία και λιγότερο θαλάσσια. Τα υλικά που τα απαρτίζουν είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης των περιβαλλόντων, κυρίως αλπικών, σχηματισμών που τις εκάστοτε περιόδους βρισκόταν εκτεθειμένοι στις εξωγενείς διεργασίες. Γεωγραφικά εντοπίζονται στην οπισθοχώρα του σημερινού ελληνικού τόξου, ενώ στη χέρσο είναι πιθανό να βρεθούν και σε μεγάλα υψόμετρα λόγω ανάλογων γεωτεκτονικών κινήσεων (ύστερο-ορογενετικές).

Κεφάλαιο 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

2.1. Γεωλογική τοποθέτηση Κρήτης

Η Κρήτη είναι ένα από τα μεγαλύτερα σε έκταση νησιά της Μεσογείου και το μεγαλύτερο της Ελλάδας. Συναντάται στην Ανατολική Μεσόγειο και στο νότιο τμήμα του ελλαδικού χώρου. Γεωλογικά τοποθετείται στο νοτιότερο τμήμα του ελληνικού τόξου, στην προελαύνουσα πλάκα της ζώνης υποβύθισης, καθιστώντας τη μία ιδιαίτερη περιοχή από γεωτεκτονική σκοπιά. Ένα συνονθύλευμα σχηματισμών από διαφορετικούς παλαιογεωγραφικούς χώρους, ορίζουν τη γεωλογία του νησιού. Γενικότερα τα εντατικά πεδία, που από το Ανώτερο Κρητιδικό μέχρι σήμερα τοποθετούν και παραμορφώνουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς, σχετίζονται με την προοδευτική σύγκλιση του περιθωρίου. Αυτή η κατάσταση αποτυπώνεται στο πλήθος των ρηγμάτων και των σεισμών που από το Τεταρτογενές μέχρι σήμερα διαμορφώνουν το νησί.

Οι αλπικές ενότητες που χαρτογραφούνται στην Κρήτη τοποθετούνται κυρίως στις «Εξωτερικές Ελληνίδες», ενώ διακρίνονται μεταξύ τους σε μεταμορφωμένες κι αμεταμόρφωτες. Πρόκειται για ενότητες με διαφοροποιήσεις στον βαθμό μεταμόρφωσης, την στρωματογραφία και τις παρατηρούμενες τεκτονικές δομές, συγκριτικά με τις αντίστοιχες ενότητες στην Ηπειρωτική Ελλάδα, τις Κυκλάδες και την Πελοπόννησο. Σύμφωνα με τον Παπανικολάου οι ενότητες Κρήτης- Μάνης, Φυλλιτών-Χαλαζιτών, Τρίπολης, Πίνδου, Εθιάς, Μαγκασά, Λέντα και Άρβης, εντάσσονται στην εξωτερική τεκτονοστρωματογραφική ζώνη της Πελοποννήσου-Κρήτης και στα πεδία H1 και H2 (Εικόνα 1.1-2). Συχνά όμως κάποια από τα ανώτερα καλύμματα είναι μεταμορφωμένα και συνδέονται με τις Εσωτερικές Ελληνίδες και τη ζώνη της Πελαγονικής¹ βορειότερα (Aubouin & Dercourt, 1965, Papanikolaou, 2014, Tortorici et al., 2012). Τέτοια καλύμματα είναι των Αστερουσίων, της Βάτου, της Μιαμού, της Πρέβελης κι άλλα. Επιπροσθέτως, σημειώνεται πως πρόκειται για ενότητες με συνεχείς στρωματογραφικές κολώνες, μ' ένα κύριο τεκτονισμό κατά την αλπική φάση ορογένεσης στο διάστημα Ηώκαινο-Μειόκαινο. Για την ενότητα Τρυπαλίου και τους αμφιβολίτες Σητείας οι απόψεις είναι συγκεχυμένες και ποικίλουν.

Από την άλλη πλευρά σημειώνεται ότι κάποιες επιστημονικές προσεγγίσεις αναφέρουν προ-αλπικές εμφανίσεις στο νησί. Ειδικότερα, πιθανοί προ-αλπικοί σχηματισμοί στην Κρήτη θεωρούνται τα στρώματα Φόδελε, Σισσών και οι αμφιβολίτες Σητείας, ενώ οι ερμηνείες και για κάποια άλλα στρώματα τα συγχέουν πολλές φορές με Προ-αλπική ιστορία, π.χ. Τρυπαλίου. Τόσο απολιθώματα όσο και μεταμορφικές ηλικίες φανερώνουν τη συσχέτισή τους με την Βαρίσκια ορογένεση.

Παράλληλα, δεν είναι λίγες οι φορές που επιστήμονες έχοντας εργαστεί στο νησί περιγράφουν

¹Η Πελαγονική ζώνη συσχετίζεται με το κάλυμμα της Λυσίας ανατολικά (Robertson et al., 1996), ενώ τόσο η Πελαγονική όσο και η Λυσία εικάζεται ότι αποτελούσαν μία ενιαία μικροήπειρο κατά το Κρητιδικό (Ring & Layer, 2003, Gessner et al., 2011).

σηματισμούς από τους οποίους απουσιάζουν αλπικές δομές και καλύπτουν μεγάλο τμήμα του νησιού. Οι συγκεκριμένοι είναι αποτέλεσμα της δράσης των εξωγενών διεργασιών στις αλπικές ακολουθίες που ενσωματώνονταν στο πρίσμα. Η προέλευση τους είναι κυρίως χερσαία, λιμναία, ποταμολιμναία και λιγότερο θαλάσσια, ενώ από την ερμηνεία τους προκύπτουν διάφορα στοιχεία που αφορούν τις θαλάσσιες διακυμάνσεις (γύψοι του Μεσσηνίου κι άλλα) και την τεκτονική του νησιού (υστερο-ορογενετική). Οι βασικότεροι μεταλλικοί σχηματισμοί της Κρήτης είναι οι Πρίνα (παλαιότερος), Τεφελίου και Βρυσσών, Ελληνικού, Φοινικιά και Αγίας Γαλήνης.

Παράλληλα γίνεται λόγος και για εμφανίσεις μη συνεκτικοποιημένων ιζημάτων, νεογενούς και τεταρτογενούς ηλικίας, όπως για παράδειγμα αλλουβιακές, προσχωσιγενείς αποθέσεις κι άλλα. Τα εν λόγω ιζήματα ορίζονται σαφώς ως μεταγενέστερα του αλπικού κύκλου αλλά δεν δύναται να οριστούν ως μετα-αλπικοί σχηματισμοί. Η κύρια διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι αποτελούν κατά βάση μη συνεκτικοποιημένα ιζήματα, ενώ ο όρος σχηματισμός αναφέρεται σε συνεκτικό ίζημα.

2.2. Τεκτονο-Στρωματογραφική διάρθρωση Κρήτης

Στο σημείο αυτό προσεγγίζεται συνολικά η στρωματογραφική διάρθρωση της Κρήτης, γίνεται αναφορά στην «Κρητική Αποκόλληση» και περιγράφονται οι κύριες ενότητες του νησιού από την κατώτερη στην ανώτερη. Παρατίθενται συνοπτικά μονάχα εκείνα τα στοιχεία που κρίνονται απαραίτητα να εισαγάγουν τον αναγνώστη σε μία συνολική τεκτονο-στρωματογραφική προσέγγιση της νήσου.

Οι σχηματισμοί και τα πετρώματα που παρατηρούνται στο νησί ομαδοποιούνται σ' ένα «Ανώτερο» κ' ένα «Κατώτερο» τμήμα, με την διάκριση να έγκειται στο βαθμό μεταμόρφωσης που παρατηρείται. Η ζώνη επαφής των δύο τμημάτων καλείται βιβλιογραφικά «Κρητική Αποκόλληση» (Creutzburg & Seidel 1975, Bonneau 1984, Seidel et al., 1982, Fassoulas 1995, Thomson et al., 1998, Fassoulas et al., 1994, Jolivet et al., 1996, Kiliass et al., 1994, Papanikolaou & Vasilakis, 2010, Rahl et al., 2005, Ring et al., 2001, Ring & Reischmann, 2002, Seidel et al., 2007, Thomson et al., 1999, Van Hinsbergen & Meulenkamp, 2006.). Η κινηματική της οποίας είναι συζητήσιμη, με τις θεωρίες που την προσεγγίζουν να είναι πολλές και να ποικίλουν. Ενδεικτικά, κάποιες από αυτές προτείνουν ότι η «Κρητική Αποκόλληση» ήταν ενεργή σ' ένα εκτεταμένο εφελκυστικό πεδίο που οδήγησε στην εκταφή του πυρήνα του Νοτίου Αιγαίου (Van Hinsbergen & Meulenkamp, 2005, Ring et al., 2001, Papanikolaou & Vasilakis, 2010, Ring & Layer, 2003, Fassoulas, 1999, Fassoulas et al., 1994, Jolivet et al., 1996, Listeret et al., 1984). Άλλες θεωρίες υποστηρίζουν ότι πρόκειται για ένα κανονικό ρήγμα στο πρίσμα προσαύξησης που ήταν ενεργό κατά τη σύγκλιση (Jolivet et al., 2010, Ring et al., 2007, Xypolias & Kokkalas, 2006, Brun & Faccenna, 2008). Τέλος, ποιο πρόσφατες μελέτες συνηγορούν στο γεγονός ότι πρόκειται για ένα ανάστροφο ρήγμα προς νότο (Chatzaras et al., 2006, Craddock et al., 2009, Klein et al., 2012, Ring & Yngwe, 2018, Zulauf et al., 2008). Στον αντίποδα κάποια προγενέστερα μοντέλα υποστηρίζουν ότι οι ενότητες του «Κατώτερου Τμήματος» δεν έχουν υποστεί μετακίνηση και παραμένουν στη σχετικά αυτόχθονη θέση τους. Οι μεταμορφωμένες γεωλογικές ενότητες που απαρτίζουν το «Κατώτερο Τμήμα» της «Κρητικής Αποκόλλησης» είναι: η Κρήτης-Μάνης, Τρυπάλι, Φυλλιτών-Χαλαζιτών και οι Αμφιβολίτες Σητείας: για τους τελευταίους πολλά ερωτήμα-

τα παραμένουν αναπάντητα. Από την άλλη πλευρά το «Ανώτερο Τμήμα», περιλαμβάνει όλες τις μη μεταμορφωμένες ενότητες και διάφορα καλύμματα που χαρτογραφούνται στο νησί. Στηριζόμενοι στις επίσημες γεωλογικές χαρτογραφήσεις του Ε.Α.Γ.Μ.Ε ακολουθεί μία συνοπτική καταγραφή των ενοτήτων που χαρτογραφούνται στην Κρήτη, ξεκινώντας από την κατώτερη.

Η κατώτερη ενότητα που εντοπίζεται στο νησί είναι η Κρήτης - Μάνης, γνωστή και ως «Σχετικά Αυτόχθονη» ή «Plattenkalk» ή «Μεταμορφωμένη Ιόνια». Ο τελευταίος χαρακτηρισμός χρησιμοποιείται, διότι όπως υποδηλώνει, παρατηρούνται παρόμοιοι λιθολογικοί χαρακτήρες και φάσεις μεταξύ των δύο ενοτήτων με την σημαντικότερη διαφορά να έγκειται στο βαθμό μεταμόρφωσης (Papanikolaou et al., 2010). Η κολώνα της χαρακτηρίζεται από ανθρακικά πετρώματα τα οποία έχουν υποστεί χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση, που τα διαδέχεται ένας ολιγοκαινικός φλύσχος (Fytrolakis, 1972). Δυτικά από το Ηράκλειο διαπιστώνονται σε ασυμφωνία το Ανώτερο Παλαιοζωικό και το Σκύθιο τα οποία καλούνται σχηματισμοί Γαληνού, Φόδελε και Σίσσεσ αντίστοιχα (Ertting et al., 1972).

Στη δυτική Κρήτη τεκτονικά υπερκείμενη εντοπίζουμε την ενότητα Τρυπάλι ή Δυτικής Κρήτης. Ο τελευταίος χαρακτηρισμός είναι ευρέως αποδεκτός και διαδεδομένος, διότι τους σχηματισμούς της ενότητας τους συναντάμε στην δυτικότερη οροσειρά της Κρήτης, τα Λευκά Όρη. Πρόκειται για μία ηφαιστειοιζηματογενή ακολουθία, που χαρακτηρίζεται από χαμηλό βαθμό μεταμόρφωσης. Η ενότητα κλείνει με ιουρασικούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους γνωστούς και ως μάρμαρα Τρυπαλίου (Creutzburg et al., 1977, Kopp and Ott, 1977, Fytrolakis, 1980, Krahl et al., 1983, Ertting et al., 1972, Papanikolaou et al., Seidel et al., 1982, Thomson et al., 1999). Σημειώνεται ότι η ακολουθία και συγκεκριμένα η τοποθέτησή της προβληματίζει την επιστημονική κοινότητα.

Η ενότητα των Φυλλιτών - Χαλαζιτών υπέρκειται τεκτονικά (επώθηση) των δύο ενοτήτων που προαναφέρθηκαν και υπόκειται των τεκτονικά υπερκείμενων λοιπών τμημάτων των Εξωτερικών Ελληνίδων. Σε γενικότερο πλαίσιο, χαρακτηρίζεται από φυλλίτες-χαλαζίτες, κυανοσχιστολιθικού τύπου (HP/LT) και ηλικία μεταμόρφωσης, ολιγοκαινική – κάτω μειοκαινική (Seidel et al., 1982, Thomson et al., 1999).

Ειδική αναφορά γίνεται για τους Αμφιβολίτες Σητείας που εντοπίζονται στην ομώνυμη περιοχή τεκτονικά σφηνωμένοι μεταξύ των Φυλλιτών-Χαλαζιτών και των Ραβδούχων Στρωμάτων της ενότητας της Τρίπολης. Πρόκειται για μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, γενέσιους, αμφιβολίτες και μάρμαρα, μεταμορφωμένα στο Ανώτερο Παλαιοζωικό σε αμφιβολιτική έως ανωτέρα πρασινοσχιστολιθική φάση. Οι παλαιογεωγραφικές προσεγγίσεις και οι διάφορες ερμηνείες για την τοποθέτηση τους και την φύση του σχηματισμού είναι πολλές και ποικίλουν.

Εν συνέχεια, αναφέρεται η ζώνη Τριπόλεως, με τα ραβδούχα στρώματα που απαρτίζουν το κατώτερο τμήμα της πολλές φορές να συγχέονται με τα υποκείμενα πετρώματα των Φυλλιτών- Χαλαζιτών και αυτά των αμφιβολιτών. Οι θεωρίες και οι επιστημονικές προσεγγίσεις γύρω από αυτά τα πετρώματα και τις μεταξύ τους τεκτονο-στρωματογραφικές σχέσεις είναι πολλές και ποικίλουν. Όσον αφορά την ακολουθία της Τρίπολης υπερκείμενα των Ραβδούχων στρωμάτων, έχουμε μία μονότονη νηρητική ανθρακική ακολου-

θία που στο Ηώκαινο μεταβαίνει σε κλαστική φλυσχική ιζηματογένεση. Το κατώτερο τμήμα της κολώνας αναφέρεται σ' ένα ηφαιστειο-ιζηματογενές σύμπλεγμα χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης (Ραβδούχα στρώματα). Σε γενικότερο πλαίσιο είναι αποδεκτό ότι τόσο η Ενότητα Τρίπολης όσο και οι υπόλοιπες που θα παρατεθούν παρακάτω αποτελούν μέρος του «Ανώτερου Τμήματος» και η τεκτονική τους σχέση με το «Κατώτερο» καλείται «Κρητική Αποκόλληση»

Επωθημένη στην ενότητα της Τρίπολης συναντάμε την ακολουθία της Πίνδου. Όσον αφορά το νησί, η εν λόγω ενότητα είναι γνωστή και ως Εθιάς ή Μαγκασά ή Λέντα με τη διαφορά να έγκειται κυρίως στην καθυστερημένη έναρξη της φλυσχογένεσης (Papanikolaou, 2013). Σημειώνεται, ότι η ενότητα της Πίνδου χαρακτηρίζεται ως επί το πλείστον από πελαγικές φάσεις με κάποια ηφαιστειακά αναμεμιγμένα στις κλαστικές σειρές. Η περίπτωση του Λέντα επιδέχεται πολλών προσεγγίσεων και επιστημονικών διαφωνιών, που δεν κρίνεται αναγκαίο να αναφερθούν στην συγκεκριμένη εργασία.

Στη συνέχεια, επωθημένα στις ομόλογες ενότητες της Εθιάς-Λέντα-Μαγκασά-Πίνδου, καθώς και σε αυτή της Τρίπολης παρατηρούμε τα Ανώτερα Καλύμματα, τα οποία περιλαμβάνουν ενότητες όπως της Άρβης, Μιαμού, Βάτου, Αστερουσίων, Πρέβελης και Σπηλίου. Πρόκειται για ιδιόμορφες φάσεις που διατηρούν τα στρωματογραφικά τους χαρακτηριστικά. Ορισμένα από αυτά τα καλύμματα έχουν υποστεί χαμηλού έως υψηλού βαθμού μεταμόρφωση, ενώ μπορεί να περιέχουν τόσο ιζηματογενή όσο και πυριγενή πετρώματα (Seidel et al., 1977, Bonneau, 1984, Fassoulas 1999, Langosch et al., 2000, Tortorici et al., 2012, S.O. Martha et al., 2017 & 2018).

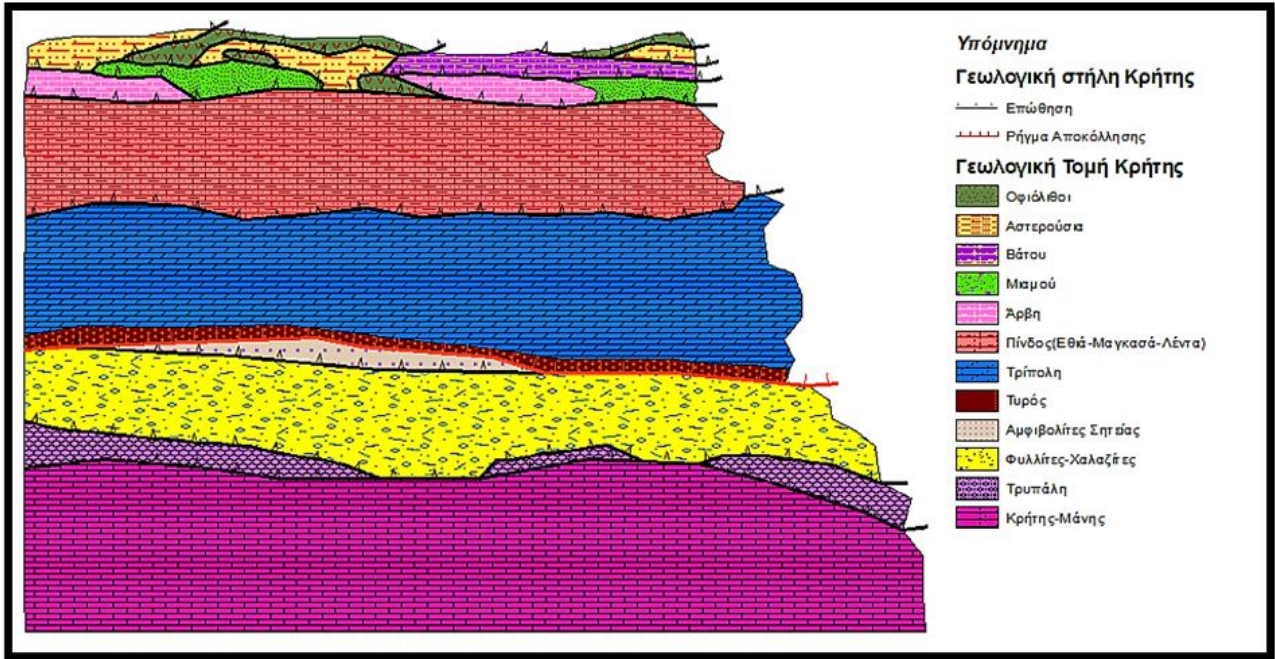
Τεκτονικά υπερκείμενα απ' όλες τις ενότητες ή σε σφήνες μεταξύ των καλυμμάτων συναντώνται οι οφιόλιθοι (Seidel et al., 1977, Bonneau, 1984, Fassoulas, 1999, Tortorici et al., 2012, S.O. Martha et al., 2017). Σημειώνεται, ότι τα ανώτερα μεταμορφωμένα καλύμματα προβληματίζουν ως προς την παλαιογεωγραφική τους θέση. Οι θεωρίες για την εξέλιξη και την τοποθέτηση των τεκτονικών καλυμμάτων είναι συγκεχυμένες και επιδέχονται αμφισβήτησης.

Συνοψίζοντας, ο απολογισμός στην Κρήτη είναι 10 κύριες γεωτεκτονικές ενότητες, με χαρακτηριστικά διαφορετικών επί μέρους παλαιογεωγραφικών χώρων και συνολικό πάχος που ανέρχεται περίπου στα 10-12 χλμ (Papanikolaou & Vasilakis, 2009, Fassoulas et al., 1994, Kiliass et al., 1994). Οι κύριες τεκτονικές επαφές μεταξύ τους είναι επωθήσεις, ενώ δεν απουσιάζουν και οι αποκολλήσεις και τα κανονικά ρήγματα με οριζοντιολισθητική συνιστώσα (Fassoulas et al, 1994, Kiliass et al, 1994, Grasemann, B et al., 2019). Αξίζει να σημειωθεί ότι μερίδα επιστημών διακρίνει επιπλέον καλύμματα στις ανώτερες ενότητες της Κρήτης (Bonneau et al., 1974, Schliestedt & Seidel 1976, Martha et al., 2017 & 2018). Επιπλέον, ο Tortorici (2012) διακρίνει τα ανώτερα τεκτονικά καλύμματα σε τρεις επιμέρους ομάδες.

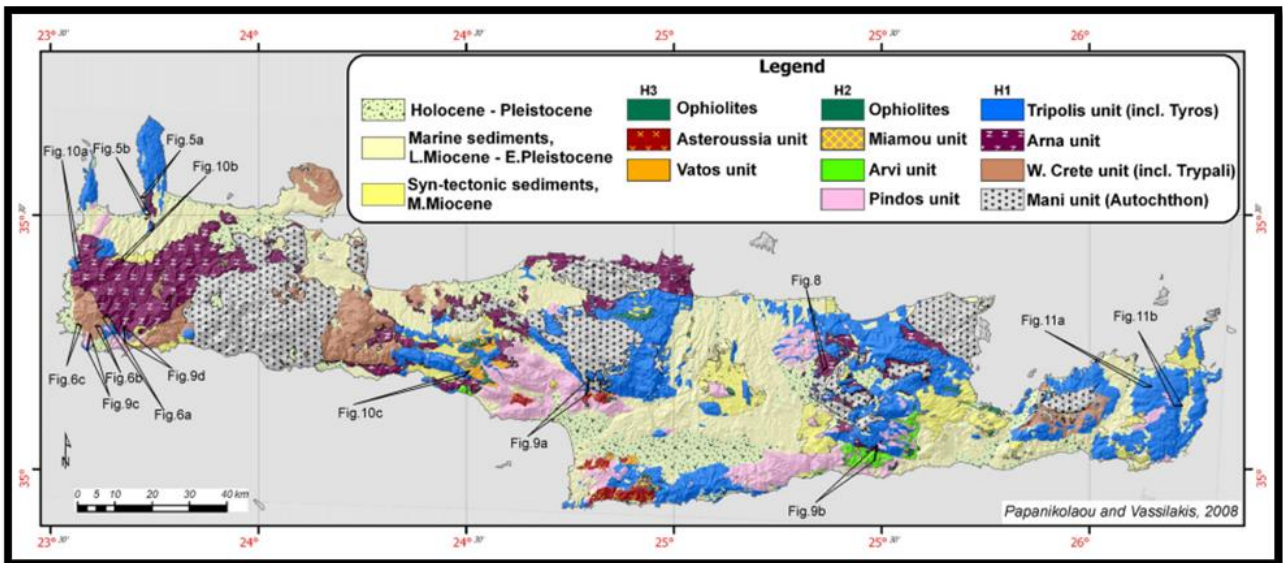
Ο μειοκαινικός εφελκυσμός επηρεάζει τις ακολουθίες, με το πάχος να φαίνεται μικρότερο απ' αυτό που προαναφέρθηκε (Papanikolaou & Vasilakis, 2009, Fassoulas et al. 1994, Kiliass et al 1994). Ποιο συγκεκριμένα, ο παλαιογεωγραφικός χώρος της Κρήτης εκείνη την περίοδο ήταν ένα αρχιπέλαγος με χαμηλές νησίδες και ρηχές θάλασσες (van Hinsbergen and Meulenkamp 2006). Η ανύψωση της νήσου ξεκινάει στο

Κατώτερο Πλειόκαινο, υπό το συμπιεστικό καθεστώς που επικρατεί τότε (van Hinsbergen and Meulenkamp, 2006). Το μέχρι πρότινος εφελκυστικό καθεστώς μετατοπίζεται νοτιότερα ακολουθώντας την προς νότο μετατόπιση του τόξου, η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα παίρνοντας τη σημερινή της μορφή.

Οι συνεχείς λεπιώσεις ενοτήτων, όπως της Εθιάς, παραπλανούν ως προς το πραγματικό τους πάχος. Παράλληλα, σε πολλές περιπτώσεις οι αποκολλήσεις και τα κανονικά ρήγματα διαταράσσουν την κανονική κι αναμενόμενη ακολουθία των σχηματισμών (Papanikolaou & Vasilakis, 2009, Fassoulas et al 1994, Kiliass et al, 1994, Grasemann, et al., 2019). Κλείνοντας, σημειώνεται ότι οι μετάλλικες αποθέσεις επικάθονται ασύμφωνα στους παραπάνω σχηματισμούς, με διαφοροποιήσεις από θέση σε θέση.



Εικόνα 2.2-1. Σύνθετη σχεδιαστική στρωματογραφική διάρθρωση Κρήτης, βασισμένοι σε στοιχεία του Papanikolaou & Vasilakis, 2010.



Εικόνα 2.2-2. Χαρτογραφική γεωλογική απεικόνιση της Νήσου Κρήτης, Papanikolaou & Vasilakis, 2010.]

2.3. «Τεκτονικό Αποτύπωμα» στο νησί

Οι κύριες τεκτονικές επαφές των γεωλογικών ενοτήτων χαρακτηρίζονται ως επωθήσεις, ενώ δεν απουσιάζουν και κανονικά ή πλαγιοκανονικά ρήγματα. Επίσης, μεγάλης κλίμακας αποκολλήσεις καθορίζουν την τεκτονική του νησιού, διαταράσσοντας τις ακολουθίες. Τα στοιχεία αυτά σε συνδυασμό με τις πτυχές και την μεταμόρφωση είναι μερικά μόνο από το «αποτύπωμα» των διαφόρων παραμορφωτικών επεισοδίων που από το Ανώτερο Κρητιδικό μέχρι σήμερα φαίνεται πως επηρεάζουν τις γεωλογικές ενότητες του νησιού.

Το παλαιότερο τεκτονικό/παραμορφωτικό επεισόδιο χρονολογείται στο Ανώτερο Κρητιδικό (Fassoulas, 1997, 2001, Tortorici et al., 2010). Αφορά λέπτυνση του φλοιού, και παρατηρείται κυρίως στα πετρώματα της ενότητας Αστερουσίων, όπου είναι ισόχρονο με την παρατηρούμενη ανωτέρα αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωση (Fassoulas, 1997 & 2001, Fytrolakis 1980).

Στο Παλαιόκαινο το τεκτονικό καθεστώς αλλάζει, αφήνοντας το στίγμα του και αλλοιώνοντας τις προηγούμενες δομές. Είναι ισόχρονο με τη μεταμόρφωση HP/LT που διαπιστώνεται στην ενότητα Πρέβελη (Fassoulas, 1997, 2001). Το εντατικό πεδίο που αναπτύσσεται σχετίζεται με το καθεστώς της υποβύθισης και είναι ανάλογο μ' αυτό του ευρύτερου Κυκλαδικού χώρου (Fassoulas, 1997, 2001).

Στο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο ακολουθεί ένα ευρύτερα συμπίεστικό πεδίο N-S (Fassoulas, 1997, 2001, Hall et al., 2015, Kiliyas et al., 1994, Ring et al., 2001, ten Veen & Meijer, 1998, ten Veen & Postma, 1999, van Hinsbergen & Meulenkamp, 2006, Papanikolaou & Vasilakis 2008, Papanikolaou, 2009, Tortorici et al., 2012). Το διάστημα εκείνο τοποθετούνται με ανάστροφα ρήγματα οι ενότητες της ανώτερης ομάδας και λεπιώνεται η Πίνδος (Fassoulas, 1997, Tortorici et al., 2012 Hall et al, 2015). Ο Bonneau είναι από τους πρώτους που αναφέρεται στο συγκεκριμένο πεδίο, στηριζόμενος στις παρατηρούμενες πτυχές B-N στα πετρώματα των Φυλλιτών- Χαλαζιτών, Τρίπολης και Πίνδου, ενώ οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι στιγματίζονται από ισοκλινήπτύχωση διεύθυνσης A-Δ. Παράλληλα ξεκινάει και η μεταμόρφωση του «Κατώτερου Τμήματος» σε συνθήκες HP/LT (Fassoulas, 1997, Hall et al, 2015). Επιπρόσθετα στην δράση του συγκεκριμένου πεδίου αποδίδονται και κάποιες παρατηρούμενες χαμηλής γωνίας ζώνες διάτμησης (Tortorici et al., 2012).

Μερίδα επιστημών θεωρεί ότι το προηγούμενο πεδίο το διαδέχεται ένα γεγονός που παρουσιάζει μερικές αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις. Σχετίζεται με την «Κρητική Αποκόλληση» και είναι ισόχρονο με την μεταμόρφωση HP/LT του «Κατώτερου Τμήματος» που συνεχίστηκε μέχρι το Ανώτερο Ολιγόκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο (Fassoulas, 1997, Hall et al., 2015) . Στο διάστημα που το εν λόγω τεκτονικό πλαίσιο είναι ενεργό έχουμε πάχυνση του φλοιού και τοποθέτηση προς νότο του «Ανώτερου Τμήματος» στο «Κατώτερο», που συνοδεύεται κι από ισοκλινή πτύχωση A-Δ, διαδικασίες που σχετίζονται με την υποβύθιση της Αφρικής κάτω από την Ευρασία (Fassoulas, 1997, Hall et al., 2015).

Στη συνέχεια, ένα εφελκυστικό γεγονός κατά το Μειόκαινο διατηρεί βυθισμένο το μεγαλύτερο τμήμα της Κρήτης (van Hinsbergen and Meulenkamp 2006) και επηρεάζει τις δομές των προηγούμενων

πεδίων. Προκαλεί έντονη υπό-οριζόντια έκταση Α-Δ και κατακόρυφη λέπτυνση του φλοιού με την άνοδο και αποκάλυψη των «Κατώτερων Τμημάτων» (Fassoulas, 1997 & 2001, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Mountrakis et al., 2012, Kiliyas et al., 1994, D.J.J. van Hinsbergen and J. E. Meulenkamp 2006, Jolivet et al., 1996, Thomson et al., 1998, Marsellos et al., 2010, Ring et al., 2001, ten Veen & Meijer, 1998, ten Veen & Postman, 1999, Papanikolaou & Vasilakis 2008). Το γεγονός καλείται «Κρητική Αποκόλληση» και αποδίδεται στα πλαίσια ενός μοντέλου «Βαρυτικής Κατάρρευσης» (Fassoulas, 2001, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Mountrakis et al., 2012, Kiliyas et al., 1994, D. J. J. van Hinsbergen and J. E. Meulenkamp 2006, Jolivet et al., 1996, Thomson et al., 1998, Ring et al., 2001). Ενώ, χρονολογείται από τα συν- τεκτονικά κροκκαλοπαγή στα Ανώγεια (Moraiti & Alexopoulos, 2000). Η παραμόρφωση στο σύνολο της χαρακτηρίζεται ως ομοαξονική με κάποιες ενδείξεις περιστροφικής σε ορισμένες θέσεις (C. Fassoulas, 1995, Papanikolaou & Kiliyas, 2009), προκαλώντας πλαστική παραμόρφωση στο «Κατώτερο Τμήμα» και θραυσιγενή στο «Ανώτερο» (Mountrakis et al. 2012, Kiliyas et al., 1994, Fassoulas et al., 1995, Jolivet et al., 1996, van Hinsbergen and Meulenkamp 2006). Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο αναπτύσσονται τα κανονικά ρήγματα που ορίζουν τις νεογενείς λεκάνες του νησιού (Mountrakis et al., 2012). Παράλληλα, η συμπίεση μετατοπίζεται σ' έναν ποιο εξωτερικό χώρο (Fassoulas, 1997, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Zachariasse et al., 2011).

Το προηγούμενο εντατικό πεδίο δεν έχει ακόμα αδρανοποιηθεί, ωστόσο κατά την διάρκεια του Ανωτέρου Μειοκαίνου μέχρι το Κατώτερο Πλειστόκαινο ένα νέο πεδίο φαίνεται πως επικρατεί. Παρουσιάζει δομές που σχετίζονται με την πλάγια υποβύθιση της Αφρικής κάτω από την Ευρώπη και την διαφυγή της Τούρκικης μικροπλάκας (Fassoulas, 1997, van Hinsbergen & Meulenkamp 2006). Το συγκεκριμένο εντατικό πεδίο ορίζεται γενικά ως εφελκυστικό, προκαλώντας την περιφερειακή επέκταση του Αιγαίου σε διεύθυνση Β-N, η οποία έχει σημαντικό ρόλο στη διάσπαση και επέκταση του ηπειρωτικού φλοιού στο Κρητικό Πέλαγος (Fassoulas, 1995 & 2001, ten Veen & Meijer, 1998, ten Veen & Postma, 1999, van Hinsbergen & Meulenkamp, 2006, Papanikolaou & Vasilakis 2008, Zachariasse et al., 2011, Le Pichon & Angelier 1979, Mercier et al. 1987, Meulenkamp et al 1988). Ο εφελκυσμός σε συνδυασμό με την διαπιστευμένη θαλάσσια επίκλιση της περιόδου οδηγεί στην περαιτέρω βάθυνση της Κρήτης, με τις περιοχές που παραμένουν εκτεθειμένες στις εξωγενείς διεργασίες να τροφοδοτούν με ιζήματα τις γειτονικές λεκάνες (Fassoulas, 1997, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Mountrakis et al., 2012, Kiliyas et al., 1994, van Hinsbergen and Meulenkamp 2006). Συγχρόνως παρατηρούνται και κάποιες τοπικές και παροδικές συμπίεσεις διευθύνσεων ΒΒΔ-NΝΑ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ (Tortorici et al., 2008, van Hinsbergen and Meulenkamp 2006, Fassoulas, 2001, Ring et al., 2001, ten Veen & Meijer, 1998, ten Veen & Postma, 1999, Hall et al., 2015, Mountrakis et al., 2012, Kiliyas et al., 1994). Συμπερασματικά, το διάστημα αυτό οι συνθήκες είναι ιδιαίτερα περίπλοκες, διαπιστώνονται διαφοροποιήσεις από παλαιό-περιοχή σε παλαιό-περιοχή και ανά χρονικά διαστήματα όπου αλλού επικρατεί ο εφελκυσμός κι αλλού η συμπίεση, μ' αποτέλεσμα τα ρήγματα να διακρίνονται σε κάποιες διακριτές φάσεις (Angelier, 1971, Fassoulas, 2001, Veen & Kleinspehn, 2003, Zachariasse et al., 2011, Kritsotakis, 2009). Η πρώτη χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα διεύθυνσης NE-SW, η οποία διακόπτεται από μία νεότερη φάση με κανονικά ρήγματα που αναπτύσσονται σε διευθύνσεις WNW-ESE και NNE-SSW (Angelier 1975, Meulenkamp et al., 1988, ten Veen & Postma, 1999,

Fassoulas, 2001, ten Veen & Kleinspehn, 2003, Caputo et al., 2010, Kritsotakis, 2009, Tortorici et al. 2012). Από την άλλη πλευρά, η συμπίεση ορίζεται από το πλήθος των ανάστροφων ρηγμάτων με επικρατέστερη κλίση προς τα δυτικά (Fassoulas, 1997, Meulenkamp et al., 1988, van Hinsbergen & Meulenkamp 2006, Tortorici et al. 2012).

Έπειτα καθ' ολική πλειοκαινική συμπίεση οδηγεί στην ανάδυση του νησιού όπως αποτυπώνεται στα ανάστροφα ρήγματα και την πτύχωση Α-Δ που επηρεάζει όλα τα καλύμματα (Bonneau, 1968 Fassoulas, 2001, Ring et al., 2001, ten Veen & Meijer, 1998, ten Veen & Postma, 1999, van Hinsbergen & Meulenkamp, 2006, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Mountrakis et al., 2012, Kiliass et al., 1994). Τα παλαιότερα χρόνια στο προσκήνιο ήταν και η άποψη της ισοστατικής ανύψωσης σ' ένα ευρύτερα εφελκυστικό πεδίο (Angelier et al., 1981). Τέλος, στα πλαίσια των σχετικά νεότερων εντατικών πεδίων έχουμε την ανάπτυξη ιζηματογενών λεκανών στο Νεογενές (Grasemann., Schneider, & Rogowitz., 2019).

2.3.1. Κρητική Λεκάνη και Νότια Λεκάνη Ηρακλείου

Το μεγαλύτερο τμήμα της Κρήτης αποτελούσε μία περιθωριακή λεκάνη (supradetachment basin) στο μέτωπο του Ελληνικού τόξου (van Hinsbergen & Meulenkamp, 2006, Zachariasse et al., 2011, Jonhgsma et al., 1977). Επομένως, η «Ν.Α.Η.» ή «Λεκάνη Μεσαράς» αποτελεί ένα επί μέρους τμήμα με ιδιαίτερα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά στο περιθώριο του Ελληνικού τόξου. Η γεωτεκτονική κατάσταση που επικράτησε οφείλεται στη σύγκλιση της Ευρασιατικής και Αφρικανικής πλάκας, όπου μία παροδική κίνηση της τελευταίας προς νότο, οδήγησε σε σχετική πτώση του ορογενούς και δημιουργία περιθωριακών λεκανών (le Pichon et al., 1982, Gautier et al., 1999, Jolivet, 2001, Fassoulas, 2001, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Mountrakis et al., 2012, Kiliass et al., 1994, D. J. J. van Hinsbergen and Meulenkamp 2006, Jolivet et al., 1996, Thomson et al., 1998, Ring et al., 2001). Τα γεγονότα αυτά χρονολογούνται στο Μειόκαινο και διαμορφώνουν ένα ευνοϊκό πλαίσιο για την διάνοιξη διαφόρων επί μέρους ιζηματογενών λεκανών, οι οποίες αργότερα πληρώνονται και δέχονται υλικό από τις περιοχές που παραμένουν αναδυμένες (Zachariasse et al., 2011, Fassoulas, 997, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Mountrakis et al., 2012, Kiliass et al., 1994, van Hinsbergen and Meulenkamp 2006). Στην επιστημονική κοινότητα για τον χώρο του νησιού οι απόψεις που επικράτησαν είναι δύο: από την μία πλευρά υποστηρίζεται ένα γενικότερο καθεστώς οπισθοτάφρου, ενώ στον αντίποδα αποδεικνύεται η διάνοιξη περιθωριακών λεκανών, συγχρόνως μ' ένα καθεστώς οπισθοτάφρου βορειότερα στο Αιγαίο.

▪ Κρητική Λεκάνη

Σε πρώτη φάση, για την κατανόηση του ευρύτερου χώρου γίνεται αναφορά στην «Κρητική Λεκάνη», βόρεια του νησιού. Η διάνοιξη της, η οποία λαμβάνει χώρα στο Μέσο-Ανώτερο Μειόκαινο στα πλαίσια εφελκυσμού (van Hinsbergen & Meulenkamp, 2006, Zachariasse et al., 2011, Jonhgsma et al., 1977), ακολουθώντας την «Βορειότερη Κρητική Αποκόλληση» (Ring et al., 2001). Το δυτικό περιθώριο της λεκάνης φαίνεται να είναι παράγωγο της «Αποκόλλησης της Ανατολικής Πελοποννήσου» (Papanikolaou and Royden, 2007), ένα γεγονός που λαμβάνει χώρα στο Ανώτερο Μειόκαινο. Συνοψίζοντας, οι ομοιότητες που

παρατηρούνται στο πρότυπο της Κρητικής Λεκάνης με κάποια άλλα στις Κυκλάδες είναι πολλές (Soukis & Papanikolaou, 2004, Ring et al., 2001). Έτσι, προτείνεται η διάνοιξη της λεκάνης σ' ένα περιβάλλον οπισθοτόξου, ως αποτέλεσμα δράσης δύο αντιδιαμετρικών και παράλληλων αποκολλήσεων (Papanikolaou & Vasilakis 2009).

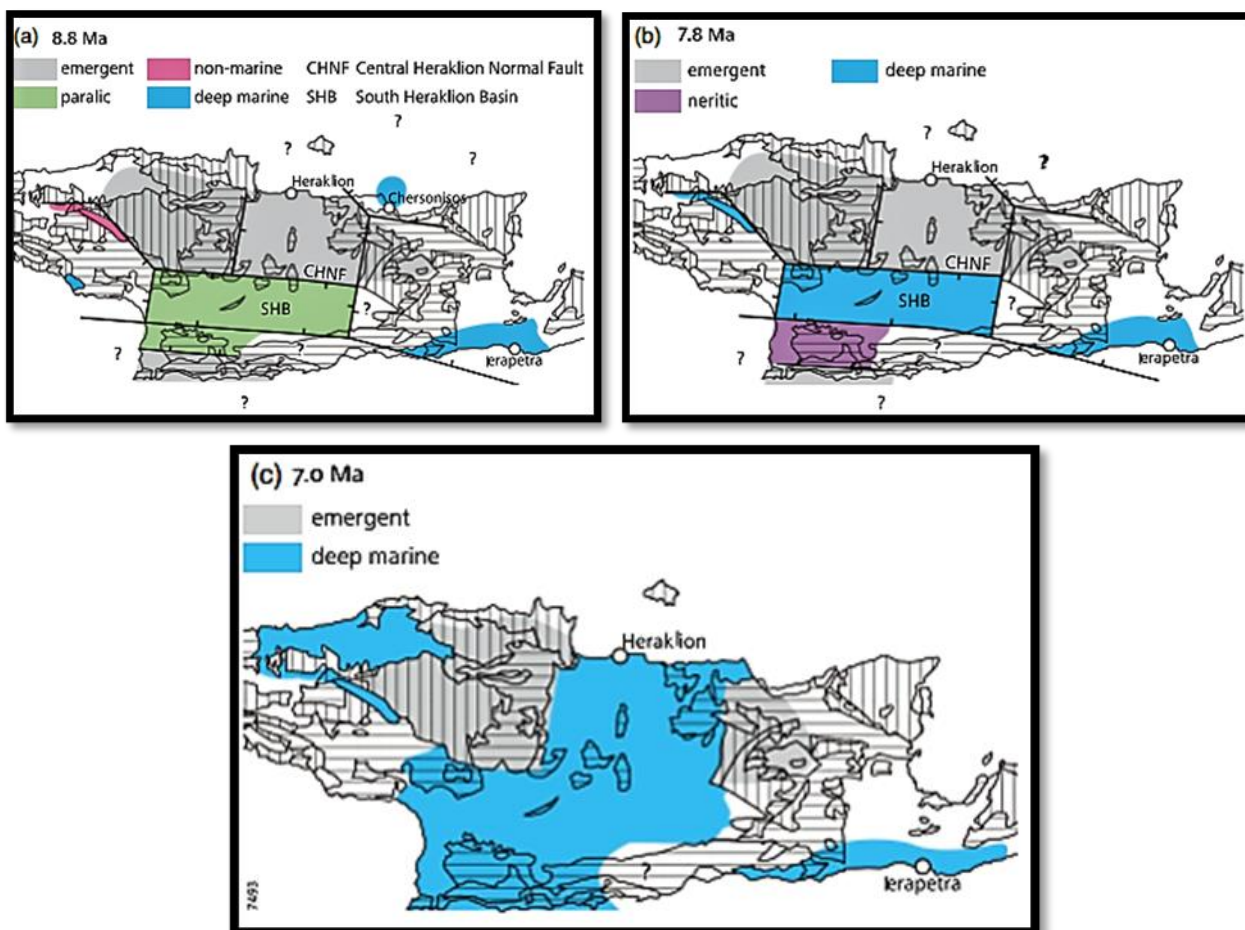
▪ Νότια Λεκάνη Ηρακλείου (Ν.Λ.Η.) ή Λεκάνη Μεσαράς

Παρακάτω παρατίθεται συνοπτικά κι απλουστευμένα η γεωλογική εξέλιξη της σημερινής τάφρου της Μεσαράς ή Νότιας Λεκάνης Ηρακλείου ή λεκάνη Μεσαράς. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται είναι βιβλιογραφικά και βασίζονται κυρίως στην εργασία του Zachariasse et al. το 2011. Κρίνονται απαραίτητα για την κατανόηση του ευρύτερου χώρου των Αστερουσίων και της περιοχής μελέτης (Εικόνα 2.3-1).

Ως «Ν.Λ.Η.» προσδιορίζεται η γεωγραφική περιοχή όπου σήμερα συναντάμε την λεκάνη της Μεσαράς, δυτικά καταλήγει στον ομώνυμο όρμο, ανατολικά οριοθετείται από τον Αναποδάρη ποταμό, βόρεια από το κανονικό ρήγμα του κεντρικού Ηρακλείου και νότια από την οροσειρά των Αστερουσίων. Όσον αφορά το γεωτεκτονικό πλαίσιο ανάπτυξής της, σχετίζεται με αυτό της λεκάνης του Ηρακλείου αποτελώντας υποσύνολο του συγκεκριμένου χώρου. Η διάνοιξη της λεκάνης αρχίζει κατά το Μειόκαινο και συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με το επεκτατικό καθεστώς της περιοχής, τις ανάλογες τάσεις και τα πεδία που αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα της υποβύθισης (Zachariasse et al., 2011, le Pichon et al., 1982, Gautier et al., 1999, Jolivet, 2001, Fassoulas, 2001, Hall et al., 2015, Tortorici et al., 2008, Mountrakis et al., 2012, Kiliass et al., 1994, van Hinsbergen and Meulenkamp 2006, Jolivet et al., 1996, Thomson et al., 1998, Ring et al., 2001).

Η έκφραση των εντατικών πεδίων που ρυθμίζουν τον χώρο αποτυπώνεται σε κάποια τεκτονικά στοιχεία που διαταράσσουν την φυσική συνέχεια των γεωλογικών ακολουθιών (Zachariasse et al., 2011): Βόρεια η «Ν.Λ.Η.» οριοθετείται από το ρήγμα CHNF (Central Heraklion Normal Fault), το οποίο αναπτύσσεται από νωρίς κατά το Μειόκαινο. Στο ύπαιθρο παρατηρείται σε διεύθυνση Α-Δ, όπου φαίνεται ότι ρυθμίζεται από νεότερα ρήγματα ΒΒΑ-ΝΝΔ και συνεχίζει δυτικά μέχρι τους νότιους πρόποδες του Ψηλορείτη, ενώ νότια οριοθετείται από το κανονικό ρήγμα κατά μήκος του βόρειου περιθωρίου, στα Αστερούσια Όρη.

Η ιζηματογένεση στην λεκάνη ξεκινάει στο Ανώτερο Μειόκαινο. Στην αρχή το περιβάλλον είναι θαλάσσιο έως λιμναίο ενώ αργότερα όπου η επέκταση συνεχίζεται η περιοχή της Μεσαράς βαθαίνει, ενώ πριν την τελική ανύψωση κατά το πλειόκαινο, έχουμε ακόμα μεγαλύτερη βύθιση και ολόκληρη η λεκάνη του Ηρακλείου τοποθετείται μερικά μέτρα κάτω από την τότε θαλάσσια στάθμη. Τα ιζήματα που τείνουν να πληρώσουν την λεκάνη προέρχονται από την διάβρωση των περιοχών που παραμένουν αναδυμένες. Οι μηχανισμοί που ελέγχουν τις διαδικασίες είναι ιδιαίτερα σύνθετοι και περίπλοκοι, γι' αυτό παρουσιάζεται ένα εξιδανικευμένο και ιδιαίτερα απλουστευμένο σενάριο. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι τα επί μέρους ρήγματα όπως αυτό που ορίζει το νότιο όριο της «Ν.Λ.Η.», ρυθμίζει διαφορετικά το καθεστώς υποβύθισης και μετέπειτα ανάδυσης διαφόρων τμημάτων του χώρου, όπως αποτυπώνεται στις διαφορετικές ιζηματολογικές φάσεις (Zachariasse et al., 2011).



Εικόνες 2.3-1 (a,b,c). Νότια Λεκάνη Ηρακλείου. Εξελικτικό μοντέλο της Κρήτης τα τελευταία 9 εκ. χρόνια, από Zachariasse et al., 2011.

2.3.2. Το παράλογο της γεωτεκτονικής ανάπτυξης της νήσου

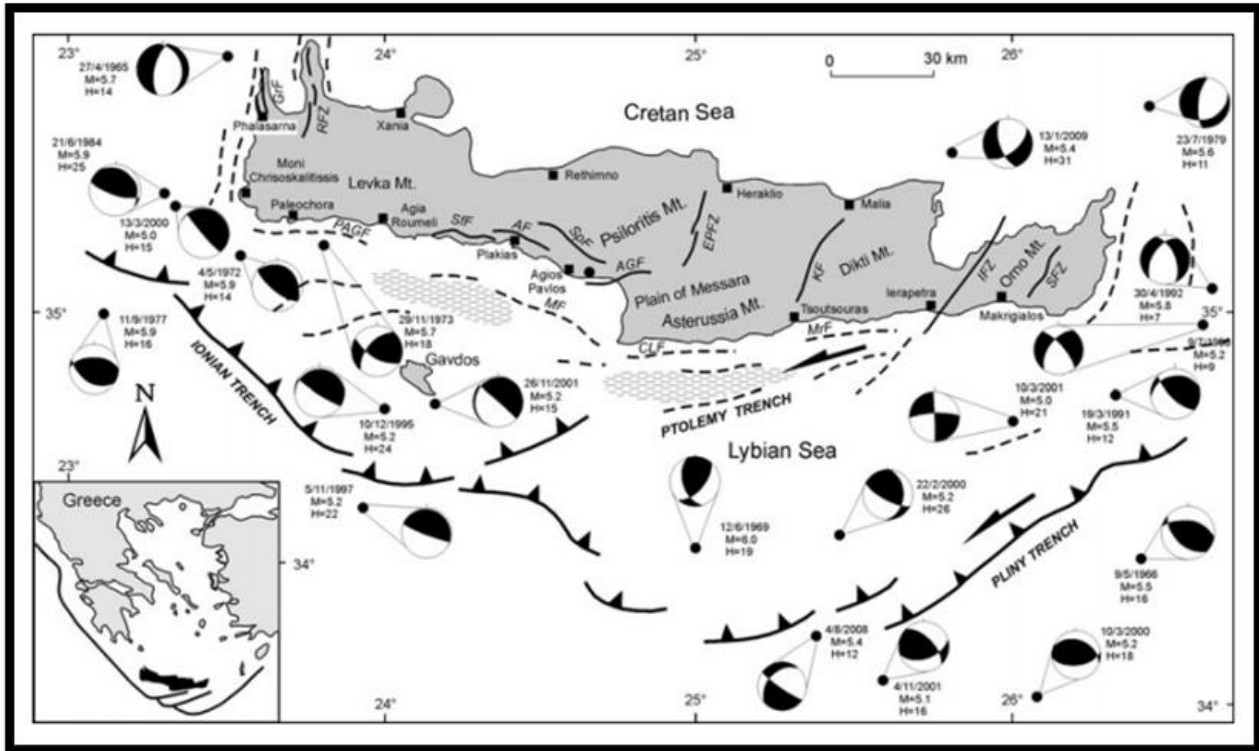
Ο υψηλός βαθμός έκτασης, ο οποίος εκφράζεται από την εμφάνιση της κατώτερης ομάδας σε ορεινούς όγκους της Κρήτης, θα έπρεπε να συνοδεύεται και από ανάλογα εκτεταμένα βυθίσματα. Όμως ένα τέτοιο συμβάν δεν τεκμηριώνεται, καθώς σ' όλα τα μειοκαινικά ή νεότερα ιζήματα δεν παρατηρούνται πελαγικές φάσεις, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων (Zachariasse et al., 2011), ενώ και οι λεκάνες του νησιού που σήμερα είναι πληρωμένες με νερό δεν είναι αξιόλογες. Αντίθετα, στο Αιγαίο υπάρχουν εκτεταμένα βυθίσματα όπως εκείνο της Κρητικής Λεκάνης κι άλλα. Το γεγονός ότι η Κρήτη δεν παρουσιάζει την ίδια εικόνα με το Αιγαίο τεκμηριώνεται ως ισοστατική ανύψωση ή αντιστάθμιση εξαιτίας λέπτυνσης του ηπειρωτικού φλοιού στο Αιγαίο (Βόρεια) και στις νότιες ακτές της Κρήτης (Νότια) (Zachariasse et al., 2011).

2.4. Σεισμικότητα

Η Κρήτη βρίσκεται στο μέτωπο της προελαύνουσας πλάκας, γεγονός που υποδηλώνει την υψηλή σεισμικότητα, που αναμένουμε. Το τεταρτογενές σεισμοί διαφόρων μεγεθών πλήττουν το νησί διαμορφώνοντας το τοπίο, ενώ τα τελευταία χρόνια ορισμένοι απ' αυτούς έχουν προκαλέσει ανυπολόγιστες καταστροφές στον άνθρωπο και το περιβάλλον του. Η ραγδαία ανάπτυξη της σεισμολογίας, έχει οδηγήσει στην κατα-

γραφή και την ερμηνεία πολλών από τους σεισμούς που λαμβάνουν χώρα. Ενώ, σε συνεργασία με την τεκτονική συμβάλουν στην καταγραφή και τον προσδιορισμό πλήθους ενεργών ρηγμάτων και των εντατικών πεδίων (τάσεων) που ασκούνται στο νησί (Εικόνα 2.4-1).

Οι μεγάλης έντασης σεισμικές δονήσεις εκδηλώνονται κατ' εξοχήν στην θαλάσσια περιοχή νότια της Κρήτης (Seismotectonic Atlas Of Greece) και λιγότερο συχνά εντός της χερσαίας έκτασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι εντός της περιοχής μελέτης καταγράφεται πλήθος σεισμών με μεγέθη $M > 4$. Ειδικότερα, έχουν καταγραφεί δύο σεισμοί μεγέθους $M > 5$ (ένας πλησίον του οικισμού Εθιά και ένας στο νότιο άκρο του φαραγγιού της Περβόλας).



Εικόνα 2.4-1. Σεισμοτεκτονικός χάρτης όπως αποτυπώνεται σε σχετική εργασία των Caputo et al. 2010.

Συμπερασματικά, η γεωτεκτονική θέση της Κρήτης αποτυπώνεται στο πλήθος των ρηγμάτων και των σεισμών, που από το Τεταρτογενές έχουν διαμορφώσει και ορίσει την όψη του νησιού. Τα ρήγματα που παρουσιάζουν μία σχετικά πρόσφατη δραστηριοποίηση, δύναται να ομαδοποιηθούν σε δύο επί μέρους συστήματα με προσανατολισμό BBA-NNΔ και ΔΝΔ-ΑΒΑ, αντίστοιχα (Angelier 1975, Meulenkamp et al., 1988, ten Veen & Postma, 1999, Fassoulas, 2001, ten Veen & Kleinspehn, 2003, Caputo et al., 2010). Το μεγαλύτερο ποσοστό των ρηγμάτων χαρακτηρίζονται ως κανονικά με συγκριτικά λιγότερα να είναι ανάστροφα, όπως επισημαίνεται σε εργασίες διαφόρων επιστημών. Γεωγραφικά διάσπαρτα σε όλους του νομούς συναντάμε τα ρήγματα που προκύπτουν από τις ασκούμενες τάσεις BBA-NNΔ, ενώ συγκεντρωμένα κυρίως κατά μήκος των νότιων ακτών της κεντρικής Κρήτης, συναντάμε αυτά της ομάδας ΔΒΔ-ΑΝΑ. Στο σύνολό τους δίνουν σεισμούς μεταξύ με μεγέθη $M=6-7$, ενώ σε ελάχιστες περιπτώσεις φτάνουν $M=7,5$ (Caputo et al., 2010). Κατά κανόνα πιο ισχυρά (σεισμικά) είναι τα ΔΒΔ-ΑΝΑ, τα οποία παρουσιάζουν επί μέρους διαφοροποίηση από την ανατολική στην δυτική Κρήτη (Caputo et al., 2010).

2.5. Υδρολογικό/Μετεωρολογικό αποτύπωμα

«Με την Απόφαση 706/16-07-2010 (ΦΕΚ 1383B/2-9-2010 & ΦΕΚ 1572B/28-9-2010) της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων «περί καθορισμού των Λεκανών Απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους», όπως αυτή τροποποιήθηκε με τα εγκεκριμένα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, έχουν προσδιορισθεί, σε όλη τη χώρα, 46 Λεκάνες Απορροής ποταμών, οι οποίες υπάγονται σε 14 Περιοχές Λεκανών Απορροής Ποταμών (που αντιστοιχούν στον όρο Υδατικά Διαμερίσματα του Άρθρου 3 του ΠΔ 51/2007. Η Κρήτη υπάγεται σ' ένα Υδατικό Διαμέρισμα που περιλαμβάνει 3 Λεκάνες Απορροής Ποταμών (Εικόνα 2.5-1.)» (ΣΔΛΑΠ Κρήτης, 2015):

➤ Ρεμάτων Βορείου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου(GR39), συνολικής έκτασης 3.676,06 km²

➤ Ρεμάτων Νοτίου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου(GR40), συνολικής έκτασης 2.798,2 km²

➤ Ρεμάτων Ανατολικής Κρήτης (GR41), συνολικής έκτασης 1.870,28 km²



Εικόνα 2.5-1. Λεκάνες Απορροής Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης βάσει της Απόφασης αριθμ. οικ. 706 της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ 1383/2-9-2010). Με κόκκινο περίγραμμα η περιοχή μελέτης.

Γενικότερα η Κρήτη χαρακτηρίζεται από ζεστό και ξηρό καλοκαίρι (μεγάλης διάρκειας) με δροσερό και υγρό χειμώνα (μικρής διάρκειας), το λεγόμενο εύκρατο κλίμα. Ανήκει σε δύο κλιματικές ζώνες, στη Μεσογειακή όπου ευρίσκεται το μεγαλύτερο τμήμα της και στη Βόρεια Αφρικανική όπου εντάσσεται η Γαύδος και οι νότιες ακτές της Κρήτης.

Η ατμοσφαιρική υγρασία είναι αυξημένη αποτέλεσμα των ισχυρών ανέμων (μελέμια) και της θαλάσσιας αύρας με θερμότερους μήνες να χαρακτηρίζονται κυρίως ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Η μέγιστη θερμοκρασία στα ορεινά τμήματα προσεγγίζει τους 27°C και παρατηρείται συνήθως τον Αύγουστο, με την ελάχιστη να βρίσκεται υπό το μηδέν μέχρι και -6°C τον Ιανουάριο. Αντίθετα, στα πεδινά τμήματα τα μέγιστα μπορεί να φτάσουν έως και τους 30°C. ενώ τα ελάχιστα κοντά στους 0°C τον Ιανουάριο. Η μέση θερμοκρασία σε ένα ημερολογιακό έτος κυμαίνεται από 18 έως 24°C. Σπάνια και κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες είναι δυνατό να παρατηρούνται και τιμές κοντά στους 40°C. (www.meteo.gr, www.meteo24news.gr)

Από την άλλη τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα παρουσιάζουν μια ανομοιομορφία κατά μήκος του νησιού. Ειδικότερα η βροχοβαθμίδα που παρατηρείται είναι από τις υψηλότερες της Ελλάδας με 61mm βροχής ανά 100 μέτρα υψόμετρο (ΠΕΣΔΑ Περιφέρεια Κρήτης, ΕΜΠ, 2010). Επιπλέον, διακρίνεται αύξηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων από ανατολικά προς δυτικά και από νότια προς βόρεια. Συγχρόνως, η γεωγραφική της θέση με το γεγονός ότι είναι νησί, δεν ευνοούν την ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων νερού μονάχα εκείνων που προσφέρονται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και σε μικρότερο βαθμό από το χιόνι, το χαλάζι ή την υγρασία. Όσο αναφορά το χαλάζι είναι ένα σπάνιο φαινόμενο αλλά όταν εκδηλώνεται προκαλεί μεγάλες οικονομικές καταστροφές. Ο μέγιστος αριθμός ημερών με χαλάζι στην Κρήτη για ένα ημερολογιακό έτος είναι δύο (ΕΜΥ). Από την άλλη το χιόνι στην Κρήτη είναι συχνότερο όπου σ' ένα ημερολογιακό έτος οι μέγιστες ημέρες χιονόπτωσης στις ορεινές περιοχές μπορεί να ξεπερνούν τις 15 (ΕΜΥ).

Στον αντίποδα επικρατούν υψηλές τιμές ηλιοφάνειας, με το μέσο ετήσιο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας να ανέρχεται στις 2700, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται στη νότια Κρήτη ξεπερνώντας τις 3000 (ΠΕΣΔΑ Περιφέρεια Κρήτης, ΕΜΠ, 2010). Επομένως, η εξάτμιση είναι αυξημένη έναντι άλλων περιοχών στην Ελλάδα. Η νέφωση είναι αρκετά υψηλή τους χειμερινούς μήνες με τον Ιανουάριο να χαρακτηρίζεται σε γενικές γραμμές από 3 αίθριες μέρες. Αντίθετα, τους καλοκαιρινούς μήνες οι αίθριες μέρες ανέρχονται σε περίπου 28 τον Ιούλιο. Η ομίχλη(πάχνη) στην Κρήτη είναι ένα σπάνιο φαινόμενο που παρατηρείται κυρίως το χειμώνα σε ορεινές περιοχές. Από την άλλη η εμφάνιση υδροσταγόνων είναι αρκετά συχνή σε ολόκληρη την Κρήτη κυρίως σε περιοχές πλησίον της παράκτιας ζώνης, όπου δεν επικρατούν μέρες ομίχλης. Το μέσο ποσοστό σχετικής υγρασίας είναι περίπου 60% (από βάση δεδομένων της ΕΜΥ, για τα έτη 1955 έως 1997). Επίσης, η επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων είναι Βόρεια-Βορειοδυτικά με την νηνεμία να προσδιορίζει ένα ποσοστό 30% ετησίως. Στον πίνακα 2.5-1 αποτυπώνονται τα κυριότερα κλιματικά δεδομένα για το σύνολο της Κρήτης (www.meteo.gr, ΣΔΛΑΠ Κρήτης ,2015, ΠΕΣΔΑ Περιφέρεια Κρήτης, ΕΜΠ,2010).

Περιοχή	Θερμοκρασία (°C)	Υετός (mm)	Άνεμος	Υγρασία	Ηλιοφάνεια	Ομίχλη	Εξάτμιση
Πεδινή	(0) έως 30	400 - 800	N-NW	Υψηλή	Υψηλή	Σπάνια	Υψηλή
Ορεινή	(-6) έως 27	750 - 1150	N-NW	Υψηλή	Υψηλή	15 days/y	Μέση

Πίνακας 2.5-1. Κλιματικά δεδομένα Κρήτης.

Στην Κρήτη οι ανάγκες για νερό συνοψίζονται σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες καλύπτονται τις στο σύνολό τους από γεωτρήσεις, πηγάδια και φράγματα. Συχνό φαινόμενο είναι και η εκμετάλλευση πηγών με υψηλή παροχή (υδρομάστευση). Οι εν λόγω κατηγορίες είναι οι εξής:

- Υδρευτικές, για τις ανάγκες του εκάστοτε οικισμού (τουριστικές, εμπορικές, προσωπικές κι άλλ-

λα).

- Αγροτικές και ειδικότερα κτηνοτροφικές στις ορεινές και γεωργικές στις πεδινές εκτάσεις.
- Βιομηχανικές, κυρίως από ελαιοτριβεία.

2.6. Υδρογεωλογικό αποτύπωμα

Εκ πρώτης όψεως στην Κρήτη μπορεί να υλοποιηθεί διάκριση σε 3 κύριες ομάδες πετρωμάτων με βάση την υδρολογική τους συμπεριφορά. Οι ομάδες αυτές είναι τα μακροπερατά (καρστικές υδροφορίες), τα μικροπερατά (προσχωσιγενείς υδροφορίες) και τα πρακτικά αδιαπέρατα πετρώματα (Perleros et al., 2003), όπου αναλύονται περαιτέρω στη συνέχεια. Έπειτα, ακολουθεί το υδατικό δυναμικό των κυριότερων υπόγειων υδροφόρων της Κρήτης (ΟΜΔΥΠΚ, 2001) (Πίνακας 2.6-1).

ΥΔΡΟΦΟΡΙΕΣ	Έκταση (km ²)	Μέσο ετήσιο Ύψος βροχής (mm)	Όγκος Κατ/μάτων 10 ⁶ m ³ /έτος	Μέση Κα-τείσδυση(%)	Όγκος κατεισδύ-οντοςγενρού (10 ⁶ m ³ /έτος)
Καρστικές	2.729	1.300	3.549	50	1.788
Νεογενείς/ Προσχωσιγενείς	2.598	693	1.799	20	364
Άλλες	976	780	761	10	81

Πίνακας 2.6-1. Υδατικό δυναμικό κυριότερων υδρογεωλογικών ενότητων Κρήτης. Τα στοιχεία προέρχονται από εκτιμήσεις ισοζυγίων σε περισσότερους από 60 επιμέρους υδρογεωλογικές ενότητες. Πηγή: ΟΜΔΥΠΚ, 2001

Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η έκταση της Κρήτης είναι 8.335 km², η συνολική έκταση των υδροφοριών (όπως αποτυπώθηκε στο πίνακα 2.6-1) είναι 6.303 km². Το έλλειμμα μεταξύ των δύο εκτάσεων καλύπτεται από τους αδιαπέρατους σχηματισμούς που διατηρούν τα φυσικά τους χαρακτηριστικά (τέταρτη κατηγορία) (Kritsotakis, 2009).

Επομένως, στην πρώτη κατηγορία είναι δυνατό να ενταχθούν οι ανθρακικές ακολουθίες της Κρήτης. Στη δεύτερη ενσωματώνονται για παράδειγμα οι τεταρτογενείς προσχωσιγενείς αποθέσεις της λεκάνης της Μεσαράς και μεταλλικοί σχηματισμοί. Στην τρίτη συμπεριλαμβάνονται υδροφορίες όπως για παράδειγμα εκείνες σε γύψους, σε λατυποπαγείς και μειοκαινικούς ασβεστόλιθους ή σε αδιαπέρατα πετρώματα εξαιτίας της παραμόρφωσης και εξωγενών διεργασιών. Κλείνοντας, στη τέταρτη εντάσσονται όλες οι φλυσχοειδείς, κλαστικές, μεταμορφωμένες και πυριτικές ακολουθίες (πρακτικά αδιαπέρατα πετρώματα). Άρα έχει επιτευχθεί μια πρώτη κατηγοριοποίηση και διαχωρισμός των επιμέρους υδρογεωλογικών λεκανών.

Επιπρόσθετα, στην δημιουργία και στη μετέπειτα εξέλιξη ενός πετρώματος σε υδροπερατό, καθοριστικό ρόλο έχουν οι εξωγενείς διεργασίες και ο βαθμός παραμόρφωσης. Ειδικότερα οι εξωγενείς διεργασίες υπό συνθήκες είναι δυνατό να δημιουργήσουν ένα μανδύα αποσάθρωσης με κυμαινόμενο πάχος σ' ένα

σχηματισμό. Ως εκ τούτου είτε αυξάνουν την υδροπερατότητα μέχρι ένα συγκεκριμένο βάθος, είτε δημιουργούν μικρού βάθους φρεάτιους υδροφόρους. Επιπλέον, ανάλογα αποτελέσματα είναι πιθανό να επέλθουν και από την παραμόρφωση που έχει υποστεί ένας γεωλογικός σχηματισμός.

2.7. Υδατικά Συστήματα Κρήτης (Υ.Σ.Κ)

Με τον όρο Υδατικά Συστήματα(ΥΣ) αναφερόμαστε σε μία περιοχή ή γεωγραφική θέση που καλύπτεται από (ή διέρχονται) επιφανειακά ύδατα. Ο ορισμός αυτός αποσκοπεί στην αναγνώριση των εν λόγω περιοχών και στη διάκρισή τους σε επιμέρους συστήματα όπου θα αναλυθούν στη συνέχεια (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση, 2017). Αξίζει να σημειωθεί ότι διακρίνεται ένα επιπλέον υδατικό σύστημα, το μεταβατικό (ζώνη επίδρασης λιμναίων και θαλάσσιων υδάτων), που θεωρήθηκε (στην παρούσα μελέτη) ότι αλληλεπικαλύπτεται από τα επιμέρους τέσσερα υδατικά συστήματα.

Γενικότερα η ποιότητα των υδάτων στην Κρήτη σε μία πρώτη εκτίμηση κρίνεται ως καλή όπως και η ποσοτική τους κατάσταση (Kritsotakis, 2009). Τα προβλήματα που παρατηρούνται κυρίως είναι αυτό της υπαλμύρινσης υπόγειων υδροφόρων και η τοπικά αυξημένη παρουσία διαφόρων χημικών στοιχείων ανθρωπογενούς προέλευσης (νιτρικά και άλλα). Επιπλέον, η υπεράντληση υπόγειων υδροφόρων είναι ένα συχνό φαινόμενο τους θερινούς μήνες, προκαλώντας σχετικά προβλήματα.

Κατά θέσεις παρατηρείται και η από φυσικά αίτια ποιοτική επιβάρυνση των υπόγειων υδάτων. Για παράδειγμα σε περιοχές όπου εντοπίζεται η ακολουθία της Πίνδου είναι πιθανή η αυξημένη συγκέντρωση κατιόντων Mn και Fe. Η αύξηση αυτή εντοπίζεται είτε σε εις βάθος υπόγειους υδροφόρους είτε σε μεταλλικές αποθέσεις λόγω της αποσάθρωσης των μητρικών πετρωμάτων και μεταφορά χημικών στοιχείων δια μέσου της επιφανειακής απορροής. Από την άλλη σε περιοχές με γυψούχα στρώματα παρουσιάζεται μία αυξημένη συγκέντρωση SO και Ca στα ύδατα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να παρουσιάζονται αυξημένες τιμές στη συγκέντρωση ορισμένων στοιχείων, χωρίς όμως να υποδηλώνουν ρύπανση των υδάτων. Στις παραπάνω διαπιστώσεις καταλήγουν πλήθος μελετών που έχουν εκπονηθεί στο νησί από το Ε.Α.Γ.Μ.Ε και ιδιώτες μελετητές όπως και διάφορες επιστημονικές δημοσιεύσεις (Kritsotakis, 2009).

Ειδικότερα τα υδατικά συστήματα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

▪ Λιμναία Υδατικά Συστήματα (Λ.Υ.Σ.):

Στην Κρήτη οι λίμνες είναι ελάχιστες και αυτές που σχηματίζονται είναι μικρής σημασίας μιας και περιέχουν μικρούς όγκους εκμεταλλεύσιμου νερού. Οι περισσότερες εξ αυτών είναι εποχικές και διατηρούνται από αρχές Νοεμβρίου μέχρι τέλη Απριλίου. Τόσο το σχήμα της Κρήτης (επίμηκες με διεύθυνση δύση - ανατολή) όσο και το έντονο ανάγλυφο του νησιού(με διαδοχικές οροσειρές) δεν ευνοούν την ανάπτυξη Λ.Υ.Σ.. Η μεγαλύτερη φυσική λίμνη που εντοπίζεται και διατηρείται όλο το χρόνο είναι η λίμνη Κουρνά καθώς και το τέναγος-λίμνη της Αγιάς, μικρής όμως έκτασης (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση, 2017). Επιπλέον, λιμναίου τύπου υδατικά συστήματα (τεχνητά) έχουν δημιουργηθεί σε διάφορες περιοχές

όπου έχουμε την εκδήλωση ποτάμιων συστημάτων λόγω της παρουσίας υδροληπτικών έργων όπως φράγματα και άλλα. Τέτοια Λιμναίου τύπου Υδατικά Συστήματα είναι η λίμνη στο φράγμα Αποσελέμη, στο φράγμα Πλακιώτισσας, η τεχνητή λίμνη Ζαρού και άλλα.

▪ **Ποτάμια Υδατικά Συστήματα (Π.Υ.Σ.):**

Σε αντίθεση με τα Λ.Υ.Σ., το έντονο ανάγλυφο της Κρήτης δημιουργεί ένα πυκνό κατά θέσεις υδρογραφικό δίκτυο, χειμαρρώδους χαρακτήρα με εποχική διακύμανση στην ροή του (Kritsotakis 2009). Συγχρόνως παρατηρείται η ανάπτυξη πολλών υδρολογικών λεκανών μικρής έκτασης οι οποίες ελέγχονται από την γεωλογία - μορφολογία της εκάστοτε θέσης. Επομένως, τα Ποτάμια Υδατικά Συστήματα είναι συνολικά 15 (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση ,2017). Κάθε Π.Υ.Σ. αποτελείται από επιμέρους υδρολογικές λεκάνες οι οποίες σχηματίζονται από ανεπτυγμένα υδρογραφικά δίκτυα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις μία υδρολογική λεκάνη είναι πιθανό να μην εντάσσεται σε κάποιο από τα Π.Υ.Σ.. Το εν λόγω συμβάν παρατηρείται σε υδρογραφικά δίκτυα με ροή προς Νότο.

▪ **Παράκτια Υδατικά Συστήματα (Πα.Υ.Σ.):**

Με τον όρο Παράκτια Υδατικά Συστήματα αναφερόμαστε στα επιφανειακά ύδατα που εκτείνονται σε απόσταση έως ένα ναυτικό μίλι από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης μέσω της οποίας μετράτε το εύρος των χωρικών υδάτων (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση ,2017). Η Κρήτη είναι νησί της Μεσογείου, επομένως, περιβάλλεται από παράκτια ύδατα. Η παράκτια ζώνη της χωρίζεται σε συνολικά 25 Π.Υ.Σ., εκ των οποίων τα 10 βρίσκονται στην λεκάνη απορροής GR39, τα 6 στο GR40 και τα 9 στο GR41 (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση ,2017).

▪ **Υπόγεια Υδατικά Συστήματα (Υ.Υ.Σ.):**

Στην Κρήτη η υψηλή ετερογένεια γεωλογικών σχηματισμών και ο έντονος τεκτονισμός που υπέστησαν και συνεχίζουν να δέχονται, έχουν οδηγήσει στην ύπαρξη αρκετών υδρογεωλογικών ενοτήτων. Τα συστήματα αυτά σε αρκετές περιπτώσεις είναι δυνατό να επικοινωνούν μεταξύ τους λόγω των ρηγμάτων και ειδικότερα εκείνων με διεύθυνση ανατολή-δύση (Kritsotakis, 2009). Διακρίνονται συνολικά 91 Υ.Υ.Σ. εκ των οποίων τα 34 ανήκουν στο GR39, τα 27 στο GR40 και τα 30 στο GR41.

Οι υδρολογικές λεκάνες στις περισσότερες περιπτώσεις διαφέρουν από τις υδρογεωλογικές, ενώ μία υδρογεωλογική λεκάνη είναι δυνατό να περιλαμβάνει περισσότερες από μία υδρολογικές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η υπόγεια ροή διαφέρει σημαντικά και εξαρτάται από επιπλέον παράγοντες έναντι της επιφανειακής. Το εν λόγω σύστημα αποτελεί την έκφραση του υδρογεωλογικού «αποτυπώματος» της Κρήτης.

Κλείνοντας, η γεωλογία, η τεκτονική και η στρωματογραφία περιπλέκουν την κατάσταση των υδάτων που καταλήγουν σε υπόγειους υδροφόρους. Ο όγκος του κατεισδύοντος νερού είναι υψηλός αφού σχεδόν το 50% των πετρωμάτων της Κρήτης είναι ανθρακικά με έντονα φαινόμενα καρστικοποίησης

και παραμόρφωσης. Ωστόσο σε αρκετές περιπτώσεις δεν διατηρείται για εύλογο χρονικό διάστημα και καταλήγει στην παράκτια ζώνη μέσω υφάλμυρων πηγών. Ενώ όπου διατηρείται είναι πιθανό να χαρακτηρίζεται ως περιορισμένης δυναμικότητας.

Κεφάλαιο 3. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1. Γεωγραφική τοποθέτηση

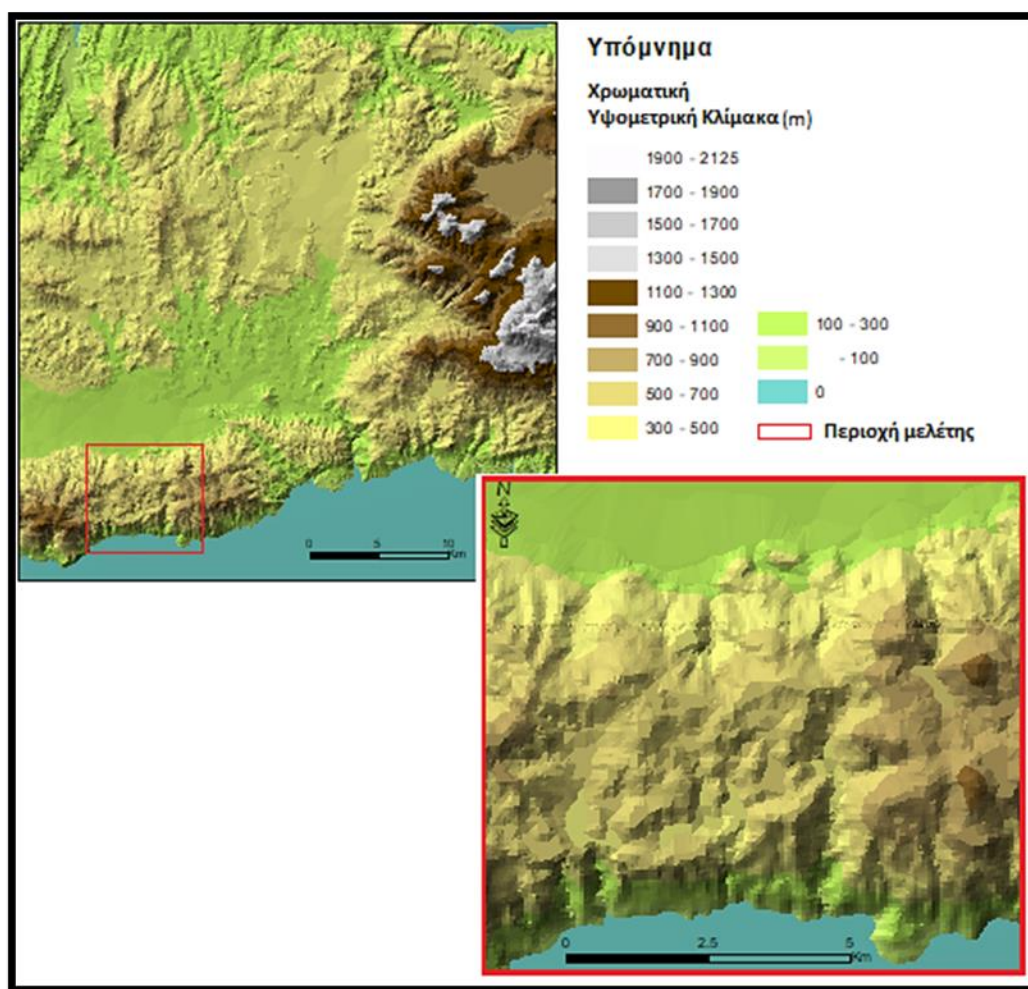
Η περιοχή μελέτης τοποθετείται στη νοτιότερη οροσειρά της Ευρώπης, στον νομό Ηρακλείου στην Κρήτη και συγκεκριμένα στα Αστερούσια. Το μήκος της οροσειράς είναι περίπου 60 χιλιόμετρα και καταλαμβάνει 367 km² χερσαίας έκτασης. Οριοθετείται νότια από το Κρητικό πέλαγος, βόρεια από την λεκάνη της Μεσαράς, ανατολικά από τον Αναποδάρη ποταμό και δυτικά καταλήγει στον Όρμο της Μεσαράς (Εικόνα 3.1-1). Όσον αφορά την περιοχή μελέτης, εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα των Αστερουσίων και καθορίζεται δυτικά από τον Κόφινα, βόρεια από την πεδιάδα της Μεσαράς, ανατολικά από τον οικισμό του Αχεντριά και νότια από το Λιβυκό πέλαγος, καταλαμβάνοντας τμήμα του κάμπου της Μεσαράς έως τα Πραιτόρια (Εικόνα 3.1-1.).



Εικόνα 3.1-1. Οριοθέτηση Αστερουσίων (με άσπρο) και περιοχή μελέτης(με κόκκινο).

Εφαρμογή επεξεργασίας εικόνας: Lightshot

Το υψόμετρο είναι σχετικά χαμηλό συγκριτικά με άλλες οροσειρές στην Ελλάδα, αλλά χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο (Εικόνα 3.1-2. a & b) με φαράγγια και χαράδρες που την καθιστούν εντυπωσιακή και ιδιαίτερα δυσπρόσιτη. Η υψηλότερη κορυφή των Αστερουσίων είναι ο Κόφινας (1231m) (δυτικά από την περιοχή μελέτης) με άλλες αξιοσημείωτες κορυφές να είναι αυτές του Ασφεντιλιά, του Αχεντριά κι άλλες. Στην οροσειρά εντοπίζεται πλήθος καρστικών, τεκτονικών και θαλάσσιων γεωμορφών όπως: δολίνες, «χύτρες», «δακτυλογλυφές», χαράδρες, σπήλαια, αναβαθμίδες, «καθρέπτες» ρηγμάτων, πτυχές και άλλα.



Εικόνα 3.1-2. Υψομετρικός χάρτης κεντρικής Κρήτης. Εστίαση στην περιοχή μελέτης με κόκκινο περίγραμμα.

Πηγή υψομετρικών δεδομένων: <https://www.opendem.info/>

Στην οροσειρά το κλίμα είναι υγρό και θερμό, με σαφώς υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες. Στην περιοχή εκδηλώνεται πλήθος πηγών εκ των οποίων σημαντικός αριθμός έχει κυμαινόμενη παροχή ολόκληρο το έτος. Κατά τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία μειώνεται και οι βροχοπτώσεις είναι έντονες, μ' αποτέλεσμα το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής να αποστραγγίζει αξιόλογες ποσότητες νερού, τόσο προς τη θάλασσα όσο και προς τον κάμπο της Μεσαράς (στον «Αναποδάρη» ποταμό), σχηματίζοντας εντυπωσιακούς καταρράκτες κατά μήκος των φαραγγίων. Τέλος, επισημαίνεται ότι οι χιονοπτώσεις είναι παροδικές ενώ η ταχύτητα του ανέμου ολόκληρο το χρόνο είναι ιδιαίτερα υψηλή. Εκτενέστερη αναφορά σε κλιματολογικά στοιχεία γίνεται στο Κεφάλαιο 4.

Η χλωρίδα και η πανίδα χαρακτηρίζεται από πλήθος ενδημικών φυτών και έμβιων όντων (κυρίως ασπόνδυλα). Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται για την ορνιθοπανίδα στην περιοχή όπου μέχρι στιγμής έχουν καταγραφεί 192 διαφορετικά είδη πουλιών όπως ο Γυπαετός (*Gypaetus Barbatus*), το Όρνιο (*Gyps fulvus*), ο Σπιζαετός (*Hieraetus fasciatus*) και άλλα. Η χλωρίδα απαρτίζεται κυρίως από χαμηλή βλάστηση, ενώ σε ορισμένες θέσεις παρατηρούνται πευκοδάση (Κόφινας, Κουδουμάς και άλλα). Κλείνοντας, ειδικός λόγος γίνεται για τους «φοίνικες του Θεόφραστου» που εντοπίζονται κατά μήκος της νότιας ακτογραμμής, στην περιοχή του Αγίου Νικήτα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η οροσειρά βρίσκεται εντός του δικτύου Natura 2000

και το 2020 εντάχθηκε στο παγκόσμιο δίκτυο Αποθεμάτων Βιόσφαιρας της UNESCO (στοιχεία από την ιστοσελίδα του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης).

3.2. Βιβλιογραφική περιγραφή αλπικών γεωτεκτονικών ενότητων

Στην περιοχή μελέτης χαρτογραφούνται κυρίως οι αλπικοί σχηματισμοί της ενότητας Πίνδου-Εθιάς, οι οποίοι επωθούνται στην ενότητα Τρίπολης. Όσον αφορά τα ανώτερα καλύμματα, χαρτογραφείται εκείνο της Άρβης, για το οποίο οι απόψεις δίστανται, με πολλούς να υποστηρίζουν πως παρουσιάζει χαρακτηριστικά που το καθιστούν ενότητα (Robert & Bonneau, 1982, Palamakumbura et al., 2013, Martha et al., 2018). Επιπρόσθετα, συνυπάρχουν οφιολιθικά συμπλέγματα τα οποία επωθούνται στην ενότητα της Πίνδου-Εθιάς και της Άρβης (Renz 1930, Bonneau 1976). Συγχρόνως διακρίνονται διάφορα είδη νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων αποτέλεσμα καθορισμένων τεκτονικών κινήσεων κι εξωγενών διεργασιών.

Υπενθυμίζεται ότι στο γεωλογικό παρελθόν έχουμε την απόθεση ιζημάτων σ' έναν εκτεταμένο και ιδιαίτερα περίπλοκο παλαιογεωγραφικό χώρο, ο οποίος επηρεάζεται σημαντικά από την γεωτεκτονική «ανησυχία» της ευρύτερης περιοχής. Τα υλικά που συσσωρεύονται, συμπαγοποιούνται μέσω των διαδικασιών της διαγένεσης, ενώ αργότερα θα υποστούν διάφορες σύνθετες διεργασίες ώστε να προκύψουν τελικώς τα πετρώματα, που εκτίθενται στην επιφάνεια και δομούν την περιοχή μελέτης. Σύμφωνα με τον «Παπανικολάου» η ενότητα Γαβρόβου – Τριπόλεως τοποθετείται παλαιογεωγραφικά στην εξωτερικότερη πλατφόρμα, την H1, η ενότητα Πίνδου-Εθιάς, αντιστοιχεί στο εξωτερικότερο τμήμα του ωκεανού της Πίνδου και τον παλαιογεωγραφικό χώρο H2. Στον ίδιο ωκεανό και μερικώς εσωτερικότερα φαίνεται να τοποθετείται η ενότητα της Άρβης. Τέλος, όσον αφορά το κάλυμμα των οφιολίθων μελέτες που έχουν γίνει στο νησί, τους τοποθετούν στην Πελαγονική γεγονός που προδικάζει την προσάρτησή τους στο ηπειρωτικό περιθώριο ήδη από το Ανώτερο Ιουρασικό..

3.2.1. Ενότητα Τρίπολης

Πρόκειται για μία μονότονη νηρητική ανθρακική ακολουθία, η οποία υπέρκειται ενός ηφαίστειο-ιζηματογενούς συμπλέγματος και υπόκειται του φλύσχη. Στα Αστερούσια η ενότητα της Τρίπολης περιγράφεται από τους Tataris (1964) και Mitsouloulos (1961).

Το κατώτερο τμήμα αναφέρεται σ' ένα πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης ηφαίστειο-ιζηματογενές σύμπλεγμα, σε στρωματογραφική συνέχεια με τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους και δολομίτες του Ανωτέρου Τριαδικού. Οι παλαιογεωγραφικές απόψεις που προσεγγίζουν το συγκεκριμένο είναι πολλές και ποικίλουν, ωστόσο δεν κρίνεται αναγκαίο να αναφερθούμε σ' αυτές.

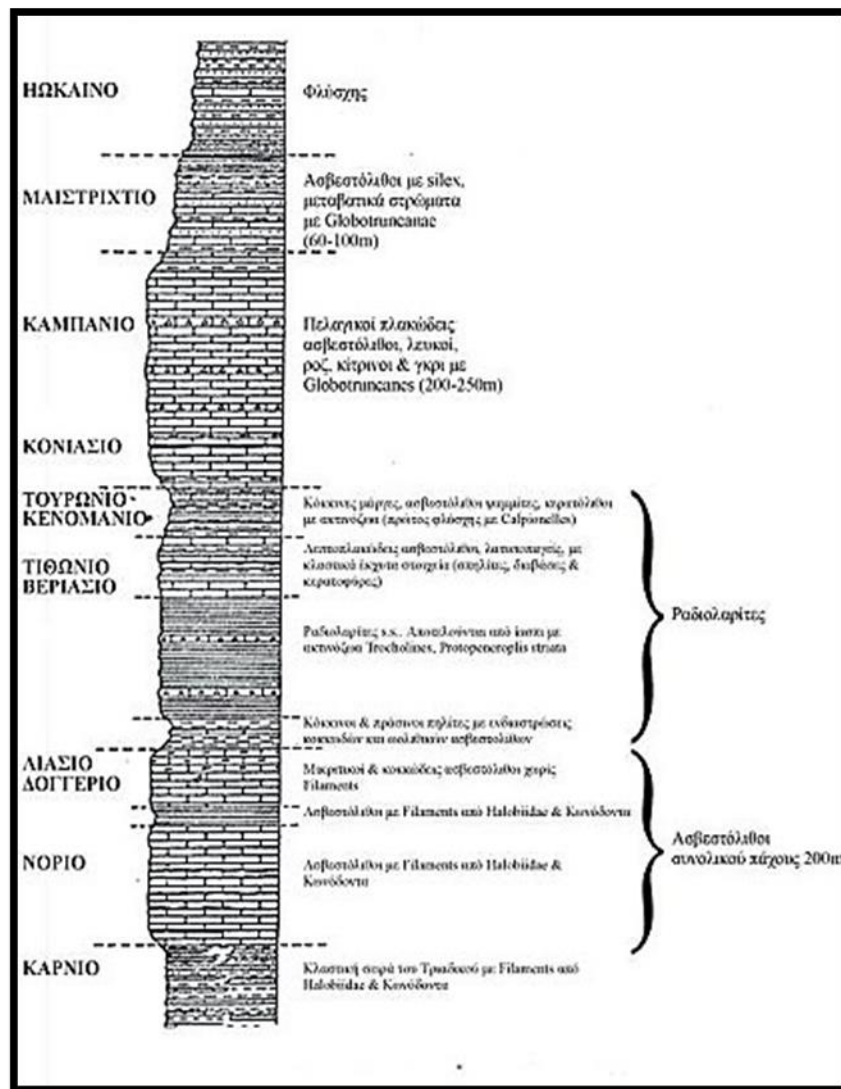
Από το Ιουρασικό μέχρι το Ηώκαινο η κολώνα της ενότητας παρουσιάζει μία μονότονη ανθρακική ιζηματογένεση μεγάλου πάχους. Δείκτες ερμηνείας της ανθρακικής ακολουθίας είναι κυρίως τα απολιθώματα, συμβάλλοντας στη χρονολόγηση της και στον εντοπισμό τυχών αλλαγών στις τότε παλαιογεωγραφικές συνθήκες. Ειδικότερα, στην κορυφή συναντώνται μαύροι βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι με Nummulites, οι οποίοι υπέρκεινται τεφρών έως μαύρων ασβεστολίθων με Rudistes. Στη συνέχεια, μεταβαίνουμε σε δολομί-

τες και παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους με *Orbitolina*, ενώ τελικά μεταπίπτουμε σε ασβεστόλιθους και δολομίτες Ανωτέρου Τριαδικής έως Ιουρασικής ηλικίας. Η εν λόγω διάκριση αποτυπώνεται στο γεωλογικό χάρτη του δυτικού Ταΰγετου (Φύλλο: Καρδαμύλη, Ψώνης & Λατσούδας, 1982). Κλείνοντας, αυτή η ιδιαίτερως παχιά ακολουθία δημιουργεί προβληματισμούς αν αναλογιστεί κανείς τη καθαρά νηρητική φύση του παλαιοχώρου, που δεν ξεπερνούσε σε βάθος τα 200 μέτρα και προσομοίαζε σ' ένα υφαλογενές περιβάλλον. Έτσι η συνεχής και γρήγορη ιζηματογένεση συνοδεύονταν κι από ένα τεκτονικό επεισόδιο βάθυνσης της λεκάνης, που οδήγησε στην απόθεση ανθρακικών ιζημάτων πάχους έως και 4000 μέτρων (Papanikolaou, 2015).

Στο ανώτερο τμήμα της κολώνας έχουμε την μετάβαση από μία αμιγώς ανθρακική και νηρητική ιζηματογένεση σε μία πελαγική και κλαστική ιζηματογένεση η οποία παρουσιάζεται στο ύπαιθρο ως εναλλαγές πηλιτών, μαργών και ψαμμιτών οι οποίες συνιστούν τον φλύσχη της ενότητας. Το ενδιαφέρον σ' αυτή την επαφή είναι ο τρόπος μετάβασης όπου σε ορισμένες θέσεις είναι τυπικός με μεταβατικά στρώματα, ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να είναι τεκτονικός με κρούστες «Hard - Ground» και πιθανή ύπαρξη βωξίτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά θέσεις το ηώκαινικό τμήμα της ανθρακικής ακολουθίας φιλοξενεί βωξίτες. Στο Ανώτερο Ηώκαινο όπου και χρονολογείται το κλαστικό υλικό, σημειώνεται ότι η πλατφόρμα της Τρίπολης έχει αρχίσει η σταδιακή υποβύθιση και η μετέπειτα ενσωμάτωσή της στο πρίσμα προσαύξησης.

3.2.2. Ενότητα Πίνδου-Εθιάς

Ο Παπανικολάου (1986) στηριζόμενος σε διαπιστώσεις του Fleury (1980), αναπαριστά μία αντιπροσωπευτική μέση κατάσταση για την εμφάνιση της Πίνδου στον Ελλαδικό χώρο (Εικόνα3.2-1).



Εικόνα 3.2-1. 1:Φλύσσης 2:Ασβεστόλιθοι με sílex, μεταβατικά στρώματα με *Globotruncanae* (60-100m) 3:Πελαγικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι, λευκοί, ροζ, κίτρινοι & γκρι με *Globotruncanae* (200-250m) 4:Κόκκινες μάργες, ασβεστόλιθοι, ψαμίτες, κερατόλιθοι με ακτινόζωα (πρώτος φλύσσης με *Calpionelles*) 5:Λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι λατυποπαγείς με κλαστικά έγχυτα στοιχεία (σπηλίτες, διαβάσεις & κερατοφύρες) 6:Ραδιολαρίτες s.s. . Αποτελούνται από ίασι με ακτινόζωα *Trocholines*, *Protoreneoplis striata* 7:Κόκκινοι και πράσινοι πηλίτες με ενδιαστρώσεις κοκκωδών και ωλιθικών ασβεστολίθων 8:Μικτικοί και κοκκώδεις ασβεστόλιθοι χωρίς *Filaments* s 9:Ασβεστόλιθοι με *Filaments* από *Halobidae* και *Κωνόδοντα* 10: Ασβεστόλιθοι με *Filaments* από *Halobidae* και *Κωνόδοντα* 11:Κλαστική σειρά του Τριαδικού με *Filaments* από *Halobidae* και *Κωνόδοντα*.

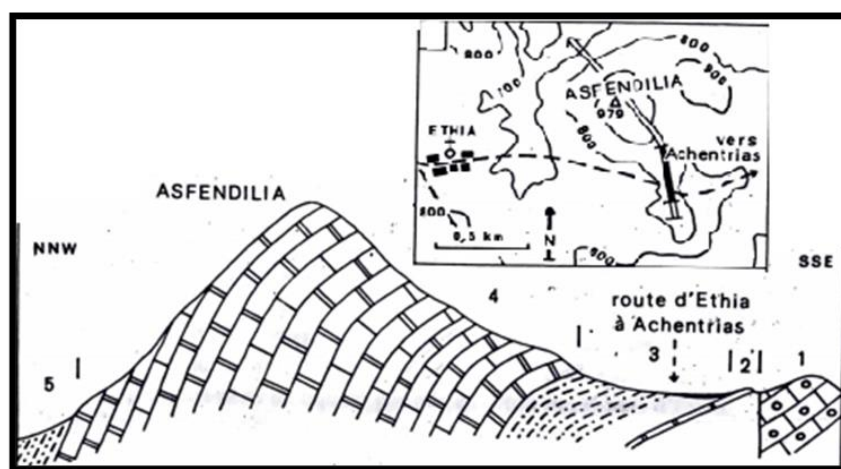
Η περίπτωση της Πίνδου παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες στην Κρήτη, με αποτέλεσμα να μιλάμε για Πίνδο-Εθιά, Πίνδο-Μαγκασά και Πίνδο-Λέντα (Bonneau & Fleury 1971- 1976). Ειδικότερα, στην περιοχή μελέτης αναφερόμαστε και χαρτογραφούμε την ενότητα Εθιάς κι όχι τυπική Πίνδο. Η κύρια διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι στην ενότητα Εθιάς διαπιστώνεται καθυστερημένη έναρξη της φλυσχογένεσης στο Ανώτερο Ηώκαινο (Renz 1940 & 1947 & 1955, Paraskevaidis 1957, Tataris 1964, Abouin & Dercourt & Neumann & Sigal 1965, Seidel 1968 & 1971, Bonneau & Fleury 1971-1976, Hussin & Tee 1982). Επίσης, στο διάστημα Παλαιόκαινο - Μ. Ηώκαινο όπου στην Πίνδο έχουμε φλυσχική ιζηματογένεση, στην Εθιά παρατηρούνται πελαγικές σε εναλλαγές με νηρητικές φάσεις που δείχνουν μία σταδιακή άνοδο του πυθμένα (Paraskevaidis 1957, Tataris 1964, Abouin & Dercourt & Neumann & Sigal 1965, Seidel 1968 &

1971, Bonneau & Fleury 1971-1976, Hussin & Tee 1982). Οι αλλαγές αποδίδονται στη διαφορετική παλαιογεωγραφική τους θέση εντός της αύλακας, η Εθιά πλησιέστερα στο ύψωμα της Τρίπολης και η Πίνδος εσωτερικότερα (Renz 1940 & 1947 & 1955, Paraskevaidis 1957, Tataris 1964, Abouin & Dercourt & Neumann & Sigal 1965, Seidel 1968 & 1971, Bonneau & Fleury 1971-1976, Hussin & Tee 1982). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την καθυστερημένη είσοδο της Εθιάς στην τάφρο και την ανάπτυξη νηρητικών φάσεων στην ακολουθία της.

Η ενότητα της Εθιάς έχει προβληματίσει κι απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα, λόγω των διαφορών που παρατηρούνται από τις αντίστοιχες εμφανίσεις Πινδικού τύπου στην υπόλοιπη Ελλάδα. Οι απόψεις γύρω από τους χαρτογραφησίμους αλπικούς σχηματισμούς της περιοχής και τις μεταξύ τους σχέσεις είναι πολλές και ποικίλουν.

Ο Renz (1940) είναι από τους πρώτους που ασχολείται με την σειρά της Εθιάς, περιγράφοντάς την ως την σχετικά αυτόχθονη της περιοχής. Παρουσιάζει πλήθος μικροαπολιθωμάτων Μαιστρίχτιας ηλικίας, χρονολογώντας την απόθεση του φλύσχη στο Ηώκαινο και περιγράφει γκρι ασβεστόλιθους με Orbitolines που προσομοιάζουν σε εκείνους της Ιόνιας ενότητας. Επιστημονικές μελέτες που ακολούθησαν δεν συμμερίστηκαν την ίδια προσέγγιση. Χαρτογραφούν την αλλόχθονη ενότητα της Εθιάς υπερκείμενη της ενότητας Τρίπολης. Ενώ παλαιογεωγραφικά την τοποθετούν στο εξωτερικό περιθώριο της αύλακας Ωλονού-Πίνδου πλησίον της ζώνης Τριπόλεως (Renz 1940, 1947 & 1955, Paraskevaidis 1957, Tataris 1964, Abouin et al. 1965, Seidel 1968 & 1971, Bonneau & Fleury 1971-1976, Hussin & Tee 1982).

Ειδική αναφορά γίνεται στον Bonneau ο οποίος μαζί με τον Fleury αφιερώνουν τουλάχιστον 5 χρόνια μελετώντας τις εμφανίσεις της Πίνδου στην Κρήτη και ειδικότερα της Εθιάς. Προχωρούν στην περιγραφή χαρακτηριστικού πρώτου φλύσχη και οδηγούνται σε διάφορα συμπεράσματα που συμφωνούν με τις μέχρι εκείνη τη στιγμή διαπιστώσεις των Aubouin et al. (1965). Σημειώνεται ότι Bonneau & Zampetaki το 1975 υποστηρίζουν ότι η σειρά Μαγκασά στην Κρήτη είναι αντίστοιχη με αυτή της Εθιάς. Ακολουθεί η σχηματική τομή του Bonneau & Fleury (1971) στον Ασφεντιλιά όπως αποτυπώθηκε σε σχετική εργασία τους (Εικόνα 3.2-2.).



Εικόνα 3.2-2. Γεωλογική Τομή Ασφεντιλιά (από Bonneau & Fleury 1971). (περισσότερα στο κείμενο)

Στην παραπάνω τομή οι συγγραφείς κατηγοριοποιούν τους εξής σχηματισμούς (από νότια προς βόρεια), όπου τους θεωρούν χαρακτηριστικούς στη στρωματογραφική διάρθρωση της ευρύτερης περιοχής. Ειδικότερα περιγράφουν ένα σχηματισμό χαλικοπαγών και ωλιθικών ασβεστόλιθων με *Protopenelopis striata* (Weynschenk) Ιουρασικής ηλικίας, ο οποίος βρίσκεται στην επιφάνεια αποτέλεσμα ενός ρήγματος διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ (1). Έπειτα, εντοπίζουν πάγκους κερατολιθικούς/πυριτικούς και μικρολατυποπαγών ασβεστόλιθων με *Orbitolines* (2), πιθανολογώντας ότι ο εν λόγω σχηματισμός μπορεί να είναι εκείνος που αναφέρεται βιβλιογραφικά ως «ραδιολαρίτες». Στη συνέχεια, διακρίνουν μία συνεχής σειρά από πηλίτες και ψαμμίτες (3), όπου από βόρεια προς νότια διαιρείται σε :

➤ 30 μέτρα ψαμμιτικού ασβεστόλιθου,

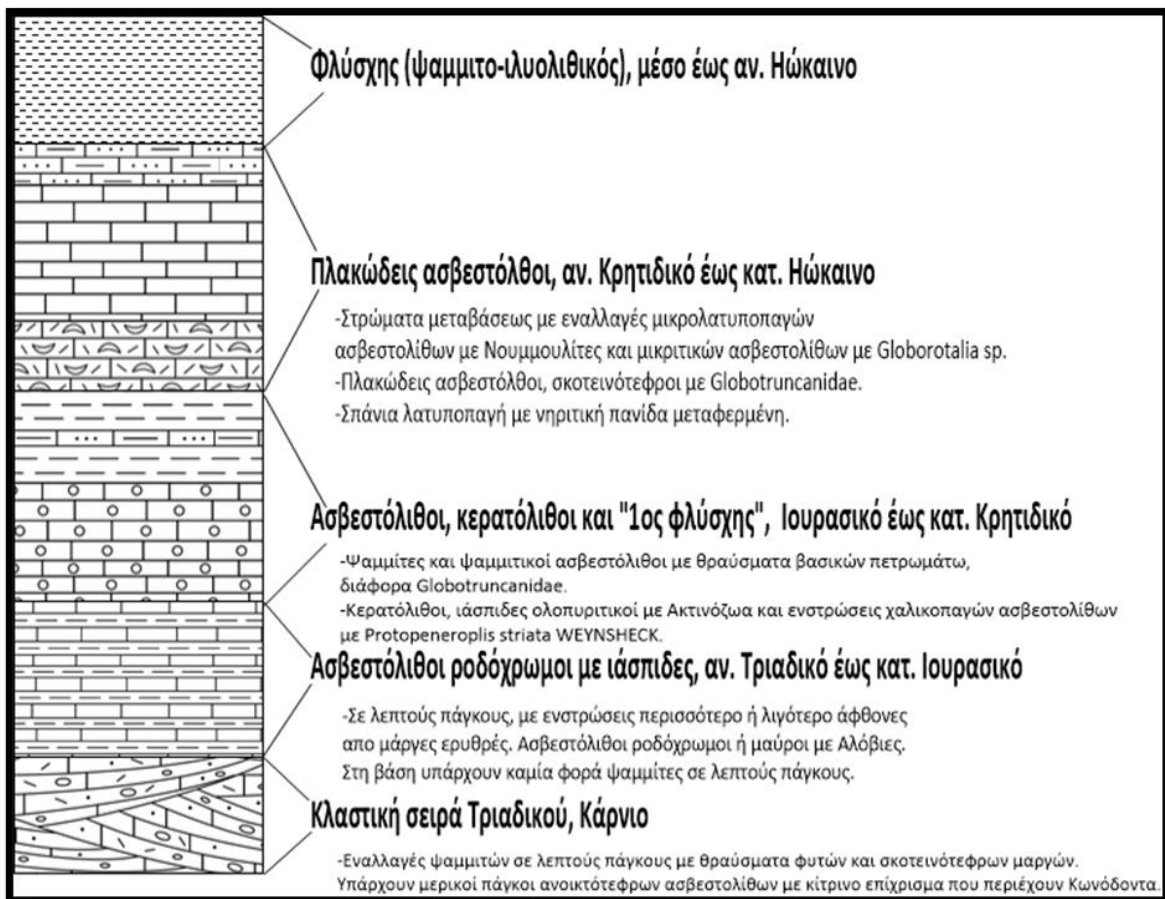
➤ 20 μέτρα λεπτόκοκκου ψαμμίτη σε εναλλαγές με τη φάση «Scaglia», στην βάση των οποίων επισημαίνονται ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι πλούσιοι σε *Hedbergelles*, *Globotruncana stephani turbiriata* Reichel και *Gt.lapparenti inflata* Bolli (ή *Gt.imbricata* Mornod) ηλικίας Κατώτερο Τουρώνιο.

➤ 15 μέτρα λεπτοπλακωδών κίτρινων μαργών στην βάση των οποίων εντοπίστηκε *Globotruncana helvetica* Bom και *Gt. Stephani Gand* με ηλικία ή Κατώτερο Τουρώνιο ή Ανώτερο Τουρώνιο,

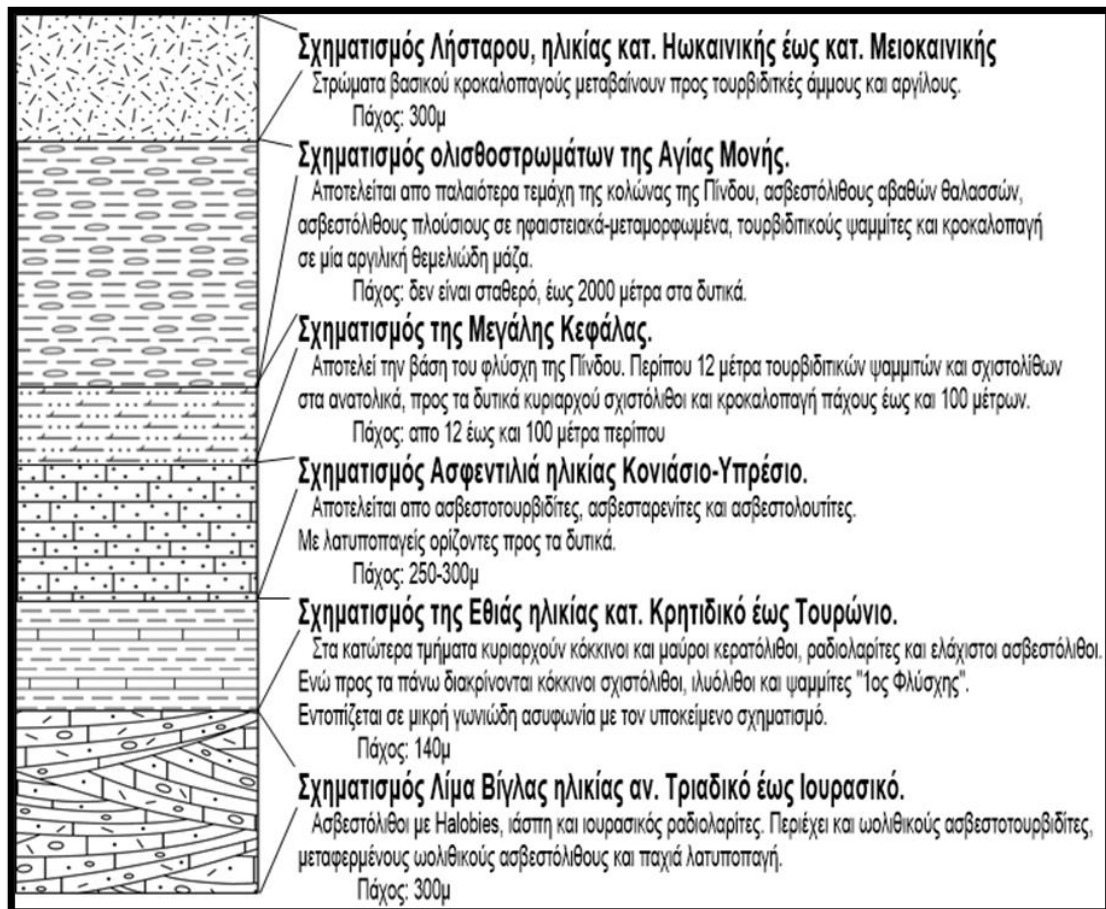
➤ 20 μέτρα μίας πιο καθαρής ψαμμιτικής σειράς με μάργες κι ερυθρούς πηλίτες σειράς ψαμμιτικών άμμων και ερυθρών πηλιτών με μικριτικούς ασβεστόλιθους (σπάνια) που στην κορυφή είναι πλούσιοι σε *Globotruncana helvetica*, *Gt. gr. schneegansi-sigali* και *Gt. Cf. coronata* Bolli ηλικίας Ανώτερο Τουρώνιο - Κατώτερο Σενώνιο. Κλείνει με 20 μέτρα ψαμμιτικών ασβεστόλιθων σε εναλλαγές με κόκκινες και κίτρινες μάργες, όπου αρχίζει με μάργες και προς την κορυφή του Ασφεντιλιά μεταπίπτει σε ασβεστόλιθους.

Έπεται ο σχηματισμός (4), ο οποίος συνίσταται από υπολιθογραφικούς και μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους μεγάλου πάχους (αφθονούν συντρίμια πράσινων βράχων). Στη βάση υπάρχουν *Globotruncana coronata* και *Gt. Lapparenti Brotzen* ηλικίας Κατώτερο Σενώνιο. Περίπου στα 300 μέτρα αφθονούν οι κόνδυλοι και οι ενδιαστρώσεις (*silex*) πυριτιολίθων με *Globotruncana (remaniees)*, *Orbitoides* sp., *Siderolites* sp. & cf. *Sulcoperculina* sp. Ηλικίας Ανώτερο Σενώνιο. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί συνεχίζονται μέχρι το Ανώτερο Σενώνιο, όπου ακολουθεί ο φλύσχης που κλείνει την ενότητα (5).

Ακολουθεί η αποτύπωση της στρωματογραφικής κολώνας της Εθιάς κατά Bonneau, όπως προέκυψε στη γεωλογική χαρτογράφηση από το 1970 έως το 1974 (Εικόνα 3.2-3.) και αποτυπώνεται από τον ΕΑΓΜΕ στο γεωλογικό φύλλο «Αχεντριάς». Επιπλέον, παρατίθεται και η διάκριση των Hussin & Tee (1982), αποτέλεσμα της έρευνάς τους στα Αστερούσια Όρη (Εικόνα 3.2-4.).



Εικόνα 3.2-3. Στρωματογραφική απεικόνιση βασισμένοι σε στοιχεία και παρατηρήσεις του Bonneau 1970-1974.



Εικόνα 3.2-4. Στρωματογραφική απεικόνιση βασισμένη σε στοιχεία και διαπιστώσεις των Hussin & Tee 1982.

Μεταγενέστερα ο Hussin & Tee (1982) υποστηρίζουν ότι η ενότητα της Πίνδου στα Αστερούσια (Ενότητα Εθιάς) αποτελείται από έξι σχηματισμούς ανοιχτής θαλάσσης με ηλικία απόθεσης έως το Μειόκαινο (Εικόνα 3.2-4.). Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι οι φάσεις της Πίνδου έχουν διεύθυνση Β-Ν με τα ανθρακικά ιζήματα να προέρχονται από τα δυτικά και τα πυροκλαστικά από την ανατολή. Η αναφορά αυτή διαφέρει από εκείνη των φασικών μοντέλων όπου τεκμηριώνουν προσανατολισμό Α-Δ. Επιπλέον, απορρίπτουν τη θεωρία περί διαδοχικών επιπτώσεων και υποστηρίζουν την ύπαρξη κατακόρυφων ρηγμάτων στις κύριες επαφές.

Κλείνοντας, ο Creutzburg και Papastamatiou (1969) αναφέρουν στην εργασία τους την ύπαρξη μίας διάπλασης ιζηματογενών πετρωμάτων μαζί με οφιόλιθους και την ονομάζουν «μετ' οφιόλιθων διάπλασιν». Η οποία δεν τεκμηριώθηκε από τους Bonneau & Fleury ή νεότερες μελέτες. Σε περίπτωση όμως που ισχύει, η ερμηνεία και τα συμπεράσματα περιπλέκονται.

3.2.3. Ενότητα Άρβης

Στην Κρήτη σε ορισμένες θέσεις χαρτογραφούνται κάποιες ιδιόμορφες φάσεις που διατηρούν τα στρωματογραφικά τους χαρακτηριστικά κι επωθούνται στις ομόλογες ενότητες Εθιάς - Λέντα - Μαγκασά - Πίνδου. Στο σύνολο τους καλούνται ανώτερα καλύμματα Κρήτης, και περιλαμβάνουν αυτά της Άρβης, των Αστερουσίων, Σπηλιών, Μιαμού», Βάτου», Καμαρών, Βιάννου κι άλλα (Seidel et al., 1977, Bonneau 1984, Fassoulas 1999, Langosch et al., 2000, Tortorici et al. 2012, Martha et al. 2017).

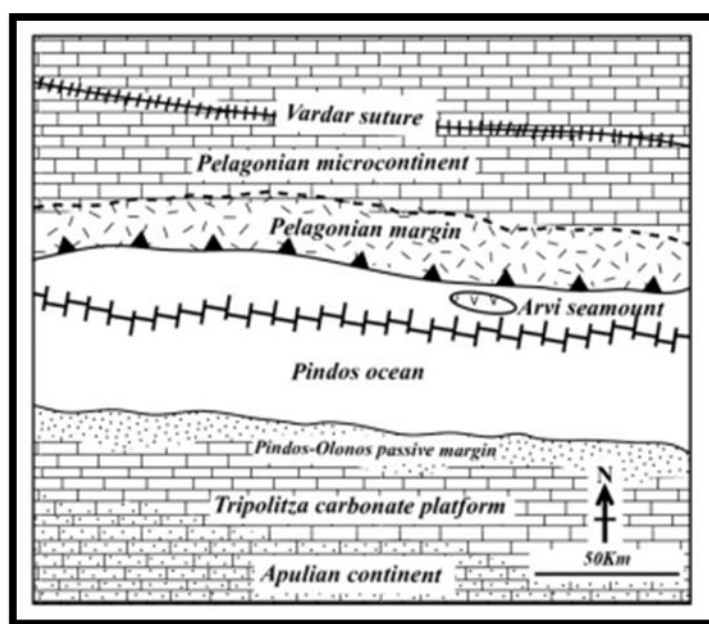
Ορισμένα από αυτά έχουν υποστεί μικρού ή μεγάλου βαθμού μεταμόρφωση στο Κρητιδικό, ενώ μπορεί να περιέχουν τόσο ιζηματογενή όσο και πυριγενή πετρώματα. Τα κατώτερα καλύμματα είναι αμεταμόρφωτα (Bonneau, 1973) ενώ τα ανώτερα έχουν υποστεί μία Ανωτέρου Κρητιδικού κυανοσχιστολιθική μεταμόρφωση (Langosch et al. 2000, Seidel et al. 1977). Ενδιάμεσα αυτών παρουσιάζονται καλύμματα με πρασινοσχιστολιθική μεταμόρφωση (HP/LT) (Fassoulas, 1999, Krahl et al. 1982).

Οι προσεγγίσεις και οι απόψεις που σχετίζονται με τα καλύμματα είναι πολλές και ποικίλουν. Τα καλύμματα Βάτου, Σπηλιού, Μιαμού, Πρέβελης και Άρβης μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν ένα τεκτονικό - οφιολιθικό melange μαζί με τους οφιόλιθους της περιοχής (Robert & Bonneau, 1982, Hsu 1968, Cowan 1985, Langosch et al., 2000, Fassoulas, 2001), βιβλιογραφικά μπορεί να αναφέρεται και ως «Cretan Melange» (Tortorici et al., 2012).

Ο παλαιογεωγραφικός χώρος καθώς και η τοποθέτησή τους παραμένουν ακόμα αμφισβητούμενα, με πολλούς επιστήμονες να έχουν ασχοληθεί με το θέμα χωρίς ωστόσο να καταλήγουν σε μια κοινή παραδοχή. Σύγχρονες προσεγγίσεις διακρίνουν την Ενότητα Άρβης από τα υπόλοιπα καλύμματα (Champod Eric & Vandelli Alessia, 2010, Tataris, 1964, Robert & Bonneau, 1982).

Στην περιοχή μελέτης χαρτογραφείται μονάχα το κάλυμμα της Άρβης, το οποίο θα αναφέρεται ως ενότητα λόγω των σύγχρονων προσεγγίσεων. Η παλαιογεωγραφική της θέση επιδέχεται πολλών θεωριών. Ο Bellini (2002) υποστηρίζει ότι καταλαμβάνει μία θέση μεταξύ της λεκάνης της Πίνδου και του υβώματος

της Τρίπολης, υπό μορφή απομονωμένου υποθαλάσσιου ηφαιστείου. Μία άλλη προσέγγιση δίνει ο Vandeli (2010) που προτείνει μία διάνοιξη του χώρου της Άρβης σε συνθήκες Back-Arc. Η Martha το 2017 αναφέρεται σε ενδοωκεάνια ηφαιστειότητα εντός της Πίνδου στο ΒΔ περιθώριό της. Γενικότερα από το σύνολο των βιβλιογραφικών στοιχείων που διατίθενται η επικρατέστερη άποψη τοποθετεί τον παλαιογεωγραφικό χώρο της Άρβης στον ωκεανό της Πίνδου, σ' ένα βαθύτερο τμήμα της λεκάνης, όπου αναπτύσσεται βασική ηφαιστειότητα στο Αν .Κρητιδικό (Εικόνα 3.2-5).



Εικόνα 3.2-5 Παλαιογεωγραφική σχηματική τοποθέτηση Άρβης όπως αποτυπώνεται σε σχετική εργασία των Palamakumbura et al. το 2013

Οι Davi & Bonneau (1985) είναι από τους πρώτους που χαρτογραφούν την πλήρη ακολουθία της ενότητας. Στην βάση της περιγράφουν ροζ έως γκρι ασβεστόλιθους του Ανωτέρου Τριαδικού. Ακολουθεί μία κλαστική σειρά στο Ιουρασικό και κρεμώδεις ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού με *Globotruncanes*. Στο Μαιστρίχτιο παρατηρούνται «pillow-basalts» σε εναλλαγές με μικριτικούς ασβεστόλιθους και αργίλους, ενώ η ενότητα κλείνει με φλύσχη.

Το 2013 ο Palamakubura και η ομάδα του, χαρτογραφώντας τους σχηματισμούς στην περιοχή της Κάτω Σύμης προτείνουν μία διαφορετική στήλη για την ενότητα. Ειδικότερα, στην βάση περιγράφουν έναν ηφαιστειακό σχηματισμό με βασαλτικές λάβες αναμεμιγμένες με πελαγικά ανθρακικά ιζήματα και «reperites». Στα ανώτερα τμήματα διαπιστώνουν ένα λατυποπαγές με ηφαιστειακούς κλάστες. Στη συνέχεια ακολουθούν ροζ πελαγικοί ασβεστόλιθοι με *Globotruncanes* και η ακολουθία κλείνει με τριτογενή κλαστικά τουρβιδιτικά ιζήματα.

Σε γενικές γραμμές πρόκειται για πελαγικά ιζηματογενή πετρώματα με *Globotruncanes*, έκδηλα ηφαιστειακά στοιχεία και φλύσχη (Bonneau, 1973 & 1976, Tataris 1964, Robert & Bonneau, 1982,

Palamakumbura et al., 2013, Martha et al., 2018).

3.2.4. Οφιολιθικό κάλυμμα

Οι οφιολίθιοι είναι υπόλειμμα ωκεάνιου πυθμένα, που στα πλαίσια υποβύθισης ενός ωκεάνιου χώρου αποσπάστηκαν κι ενσωματώθηκαν στο πρίσμα προσαύξεσης, υπό την μορφή οφιολιθικών καλυμμάτων. Το εν λόγω συμβάν αναφέρεται βιβλιογραφικά ως «εξώθηση οφιολίθων» (Coleman 1971, Dewey & Bird 1971, Zimmerman, 1972, Dewey, 1976).

Είναι το ανώτερο τεκτονικό κάλυμμα της Κρήτης και συναντάται σε διάσπαρτα τμήματα (ως τεκτονικά ράκη) στο κεντρικό τμήμα του νησιού (Fytrolakis 1980, Bonneau 1984, Hall et al., 1984, Tortorici et al., 2012). Εμφανίζεται ως επί το πλείστον στην περιοχή των Αστερουσίων, του Σπηλίου, των Καμαρών-Βορίζων, της Βιάννου και των Ανωγείων-Γωνιών όπου έχει και την πλήρη ανάπτυξή του (Fassoulas, 1995).

Το κάλυμμα των οφιολίθων αντικατοπτρίζεται από βασικά και υπερβασικά πετρώματα όπως για παράδειγμα σερπεντινίτες, περιδοτίτες, δουνίτες, βασάλτες, γάββρους και άλλα (Bonneau 1984, Fassoulas 1995, Koerke et al. 2002, Tortorici et al., 2012) με έντονο τεκτονισμό. Υπερκείμενα αυτών (κατά θέσεις) συναντώνται πελαγικά ιζήματα τα οποία στην Κρήτη χαρακτηρίζονται από ηλικία Ανωτέρου Ιουρασικού έως Κατωτέρου Κρητιδικού (Bonneau, 1976, Fassoulas, 1995).

Οι περιδοτίτες της Κρήτης (εντός του σερπεντινίτη) είναι λερζολιθικής σύστασης με υψηλές συγκεντρώσεις Al_2O_3 και CaO (Koerke et al., 2002). Επιπλέον, το ορυκτό σπινέλιος χαρακτηρίζεται από αντίστοιχες συγκεντρώσεις Al_2O_3 (Koerke et al., 2002). Επομένως, είναι φανερό ότι αντιπροσωπεύουν υλικό υπολειμματικού μανδύα σε καθεστώς slow-spreading ridge / «αργής διάνοιξης ωκεανού», τύπου MORB (Delalaye et al., 1977, Koerke et al., 2002, Pe-Piper & Piper, 2002, Liati et al., 2004), ενώ η κυριαρχία του ορυκτού κερροστίλβη εντός του περιδοτίτη μαζί με τη γεωχημική ταυτότητα του καλύμματος αντικατοπτρίζουν ένα περιβάλλον υποβύθισης άμεσα επηρεασμένο από φαινόμενα ορογένεσης (Seidel et al., 1981, Koerke et al., 2002).

Από το γεγονός ότι σήμερα τα συναντάμε υπερκείμενα στο φλύσχη της Πίνδου-Εθιάς (στη νότια Κρήτη), η ηλικία της εξώθησης - τεκτονικής τοποθέτησης τους θα είναι εντός του Ανωτέρου Ηωκαίνου ή λίγο νεότερη (Bonneau 1984, Papanikolaou 2009). Ραδιοχρονολογήσεις με K / Ar και Pb / U σε πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος έχουν εξάγει ηλικία Μέσο Ιουρασικό έως Κατώτερο Κρητιδικό (140-160 Ma) ενώ τα γεωχημικά χαρακτηριστικά τους δείχνουν περιβάλλον τύπου MORB (Delalaye et al., 1977, Seidel et al., 1981, Koerke et al., 2002, Pe-Piper & Piper, 2002, Liati et al., 2004).

Συγχρόνως, ο Vandelli et al. (2010) αναφέρεται και σε μία μεταμορφική ηλικία οφιολίθων πριν από 90 Ma, σε κερροστίλβες που συνδέονται με μεταμορφικά ιζήματα αμφιβολιτικής φάσης (Stampfli, 2010), την οποία διακρίνει από εκείνη στα 160 Ma. Την εν λόγω μεταμορφική ηλικία την αντιστοιχεί με το κάλυμμα της Λυσίας.

Κλείνοντας, αυτές οι ηλικίες προσομοιάζουν με εκείνες των οφιολίθων της ζώνης του Αξιού, με υπαρκτό ενδεχόμενο συσχέτισης (Bonneau 1984, Koerke et al., 2002, Champod E. & Vandelli A., 2010). Αντίθετα, οι οφιολίθοι που εμφανίζονται στην Ρόδο και στην Κάρπαθο, από ραδιοχρονολογήσεις φαίνεται να συσχετίζονται με την οφιολιθική ουλή της Μέσης Ανατολής, ηλικίας Ανωτέρου Κρητιδικού (90 Ma) και όχι μ' εκείνους της Κρήτης (Delalaye et al., 1977, Koerke et al., 2002, Pe-Piper & Piper, 2002).

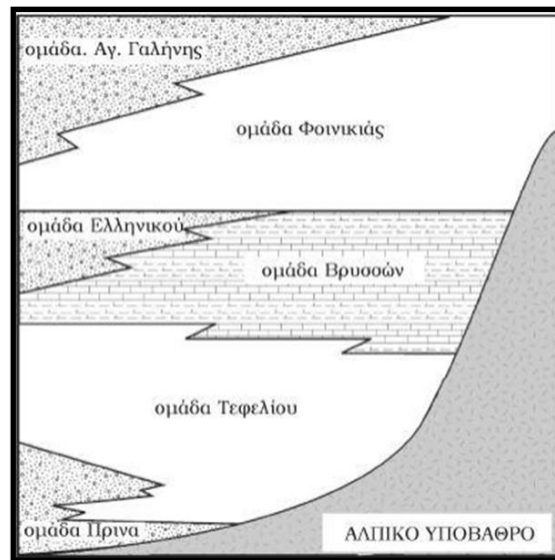
3.3. Βιβλιογραφική περιγραφή μεταλλικών σχηματισμών στην λεκάνη της Μεσαράς

Παρακάτω θα αναφερθούμε στους μετά-αλπικούς σχηματισμούς που εντοπίζονται στην λεκάνη της Μεσαράς. Είναι φανερό ότι υποκείμενα αυτών εντοπίζονται οι αλπικοί σχηματισμοί και ειδικότερα εκείνη της Πίνδου-Εθιάς και Τρίπολης.

Ο νεότερος σχηματισμός της λεκάνης αφορά αλλουβιακές αποθέσεις, κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα, λιγότερο ή περισσότερο συνδεδεμένα. Εντοπίζεται στις κοίτες των ποταμών και στις βόρειες παρυφές των Αστερουσίων (Jonkers & Meulenkamp, 1973-1977, Kritsotakis 2009). Το υλικό προέρχεται από αλπικούς ή μεταλλικούς σχηματισμούς. Σημειώνεται ότι κορήματα και αλλουβιακές αποθέσεις συναντάμε κατά τόπους και στην οροσειρά των Αστερουσίων.

Χρονικά προγενέστερα των συγκεκριμένων αποθέσεων παρατηρούμε ερυθρού χρώματος κροκαλοπαγή ποταμολιμναία προέλευσης, άμμους και αργίλους (παλαιότερες περισσότερο συνεκτικοποιημένες αλλουβιακές αποθέσεις) (Γεωλογικό φύλλο *Επάνω Αρχάνες*, Ε.Α.Γ.Μ.Ε). Τα συγκεκριμένα ιζήματα αφορούν κυρίως διαβρωμένο υλικό από το σχηματισμό της Αγίας Γαλήνης, βόρεια, και τη μάζα των Αστερουσίων νότια. Υποκείμενα αυτών συναντάμε το πλειστοκαινικό σχηματισμό της Αγίας Γαλήνης. Παρουσιάζει παρόμοια λιθολογικά χαρακτηριστικά με τους αλλουβιακούς σχηματισμούς αλλά χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερο βαθμό τσιμεντοποίησης.

Όλα τα προαναφερθέντα ιζήματα επικάθονται ασύμφωνα στους νεογενείς σχηματισμούς της Κρήτης. Επιφανειακά συναντώνται στο βόρειο περιθώριο της λεκάνης, ενώ μέχρι σήμερα έχει διακριθεί πλήθος μεταλλικών σχηματισμών. Μερικοί από τους κυριότερους νεογενείς σχηματισμούς της Κρήτης είναι ο σχηματισμός Φοινικιά, υποκείμενα εντοπίζεται ο σχηματισμός Ελληνικού, ενώ ακολουθούν οι Τεφελίου, Βρυσσών και Πρίνα (Εικόνα 3.3-1.). Αποτελούν κατά βάση ποταμολιμναίους έως λιμναίους σχηματισμούς, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις είναι θαλάσσιας ή ηπειρωτικής φάσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι στους σχηματισμούς Τεφελίου και Βρυσσών περιέχονται οι εβαπορίτες του Μεσσηνίου.



Εικόνα 3.3-1. Σχηματική τομή αναπαράστασης των Νεογενών σχηματισμών της Κρήτης (Meulenkamp, 1979).

Τόσο οι νεότερες αλλουβιακές αποθέσεις όσο και οι παλαιότερες αποτέθηκαν και συνεχίζουν να αποτίθενται σ' ένα ποτάμιο περιβάλλον ελεγχόμενο από τη ροή των εκάστοτε υδρογραφικών δικτύων. Τα εν λόγω υλικά συσσωρεύτηκαν σε παλαιοκοίτες εντός του πλειστοκαινικού σχηματισμού Αγίας Γαλήνης λόγω ευστατικών και τεκτονικών κινήσεων. Από την άλλη ο σχηματισμός της Αγίας Γαλήνης (σχηματισμός Πλειστοκαίνου) είναι ανάλογος με εκείνων των αλλουβιακών αποθέσεων. Αποτέθηκε σ' ένα ποταμολιμναίο παλαιοπεριβάλλον στις ρηξιτάφρους των νεογενών ή και αλπικών σχηματισμών (Kritsothakis, 2009).

Σημειώνεται ότι η γεωμετρία των επαφών οδηγεί στην εμφάνιση της «Αγ. Γαλήνης» βορειοδυτικά, με το κεντρικό πεδινό τμήμα να καλύπτεται από τα Πλειστοκαινικά-Ολοκαινικά ιζήματα και υποκείμενα αυτών να εντοπίζεται ο σχηματισμός Αγίας Γαλήνης. Κοντά στο νότιο περιθώριο της λεκάνης συναντάμε τα κορήματα σε απευθείας επαφή με τους αλπικούς σχηματισμούς που δομούν τα Αστερούσια. Επίσης, οι εν λόγω σχηματισμοί χαρακτηρίζονται από ανομοιομορφία και ετερογένεια σ' ολόκληρο το μήκος και πλάτος τους.

3.4. Στρωματογραφικές και τεκτονικές παρατηρήσεις αλπικών σχηματισμών

Στη συνέχεια, γίνεται περιγραφή των γεωλογικών ενοτήτων που απαντούν στην περιοχή με βάση στοιχεία υπαίθρου και ανάλυση παλαιοντολογικών τομών. Ειδικότερα, προχωράμε σε πετρολογικές, στρωματογραφικές, τεκτονικές και παλαιογεωγραφικές παρατηρήσεις.

Σημειώνεται πως τα στοιχεία των παλαιοντολογικών τομών που αναφέρονται στο κείμενο, παρατίθενται συγκεντρωτικά σε μορφή πίνακα στο Παράρτημα ΙΙΙ (Πίνακας 3.). Ο εν λόγω πίνακας αναπτύχθηκε από τον κ. Λεωνίδα Μόφορη, ενώ οι παλαιοντολογικές τομές παρασκευάστηκαν με την πολύτιμη συνεισφορά του Ε.Α.Γ.Μ.Ε.

3.4.1. Σχολιασμός καθορισμένων θέσεων και περιοχών

▪ Περιγραφή αμφιβόλου προέλευσης γεωλογικού σχηματισμού στο δυτικό όριο της παραλίας των Τριών Εκκλησιών

Προβληματισμό προκαλεί μία χαρτογραφήσιμη ηφαιστειακή μάζα με οφιολιθικό χαρακτήρα στην παραλία του οικισμού των Τριών Εκκλησιών. Ο εν λόγω οφιολιθικός σχηματισμός στερείται εσωτερικής δομής, είναι χαοτικός και τα χρώματα που επικρατούν είναι σκούρα πράσινα έως μαύρα, φαίνεται να βρίσκεται σε τεκτονική επαφή με τα ανθρακικά της ενότητας Τριπόλεως. Η φύση του σχηματισμού θα μπορούσε να αναφέρεται και στην βάση της κολώνας της Τρίπολης, ωστόσο η τεκτονική του θέση μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για κάποιο οφιολιθικό κάλυμμα, αντίστοιχο αυτών που συναντάμε επωθημένα στον φλύσχη της ενότητας Πίνδου στο χωριό του Πρινιάς. Κλείνοντας, παρόμοιου τύπου μάζες συναντώνται και σε άλλα σημεία του παραλιακού μετώπου αλλά με μικρότερο συγκριτικά μέγεθος.

▪ Περιγραφή νότιου μετώπου των Αστερουσίων



Εικόνα 3.4-1. Νότιες παρυφές των Αστερουσίων

Μία συνεχής νηρητική ανθρακική ακολουθία καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του νοτίου πρानούς των Αστερουσίων. Αποτελείται από ασβεστόλιθους, κατά θέσεις δολομιτωμένους, καρστικοποιημένους και έντονα τεκτονισμένους. Πρόκειται για δολομίτες και ασβεστόλιθους, γκριζωπούς έως μαύρους, βιτουμενιούχους, άστρωτοι έως παχυστρωματώδεις, με παρουσία νηρητικών απολιθωμάτων. Η στρώση (όπου εμφανίζεται) κατανέμεται σε παράλληλα επίπεδα, ενώ τις περισσότερες φορές δεν αναγνωρίζεται εσωτερική δομή λόγω ταχείας απόθεσης, χαρακτηριστικό γνώρισμα των ανθρακικών. Φαίνονται να κλίνουν προς τα βόρεια με μικρές κλίσεις περίπου 10-30 μοίρες. Κατά θέσεις είναι δυνατό να παρατηρείται στρώση σε παράλληλους λεπτούς πάγκους μερικών δεκάδων εκατοστών πάχους (θέση παρατήρησης: φαράγγι Μεσοσφήνι) (Εικόνα 3.4-2.). Το εν λόγω συμβάν πιθανότατα προκύπτει λόγω χημικών ή βιοχημικών αλλαγών στις συνθήκες ιζηματογένεσης, αποκλείοντας το σενάριο να πρόκειται για πελαγικές φάσεις. Επίσης, δε φαίνεται

να αντιστοιχεί σε ιζηματογενείς δομές όπως για παράδειγμα στρωματόλιθοι.



Εικόνα 3.4-2. Φαράγγι Μεσοσφήνι

Οι ιζηματογενείς δομές που παρατηρούνται (μακροσκοπικά) είναι οι μικροβιακές λαμίνες ή στρωματόλιθοι. Επίσης, παρατηρούνται παλαιοκαρστικές επιφάνειες συνήθως μικρής αλλά και μεγάλης έκτασης (διαβρωσιγενείς επαφές). Κατά θέσεις εκδηλώνεται χαρακτηριστική κυκλική στρώση μεταξύ λιγότερο απολιθωματοφόρων με απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους ή ασβεστολίθων και δολομιτών. Ακόμα διακρίνονται κρούστες «hard ground» πλησίον στην τεκτονική επαφή του φλύσχη (σπάνια) και άλλα

Σε όλο το μέτωπο η τεκτονική αποτυπώνεται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας ρήγματα που χαρακτηρίζονται από εντυπωσιακούς καθρέπτες με κλίση που κυμαίνεται από 70 έως 85 μοίρες προς N ή NNΔ ή και NA. Διάφορες τεκτονικές δομές είναι παρατηρήσιμες: πρόκειται για γραμμές προστριβής, στυλόλιθους, διακλάσεις κι άλλα. Σημειώνεται, ότι τα ρήγματα δίνουν μεγάλες μετατοπίσεις τις περισσότερες φορές στα πλαίσια των ανθρακικών της ενότητας Τρίπολης. Ωστόσο, εκείνο που προκαλεί έντονο ενδιαφέρον (τεκτονοστρωματογραφικά) είναι το ρήγμα που διατρέχει το παραλιακό μέτωπο των Αστερουσίων σε διεύθυνση ανάπτυξης κατά προσέγγιση Ανατολή-Δύση και μικρή κλίση προς τα Νότια. Το συγκεκριμένο σε πολλές θέσεις που τα κορήματα επιτρέπουν την παρατήρηση φαίνεται να ανυψώνει τα ανθρακικά που δομούν τα νότια πρηνή της οροσειράς, ταπεινώνοντας από την άλλη πλευρά πελαγικά μεταμορφωμένα ή μη ιζήματα που βυθίζονται και χάνονται σε ορισμένες περιπτώσεις κάτω από το επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης. Κλεί-

νοντας, σημειώνεται ότι σπάνια παρατηρούνται λεπιώσεις εντός των ανθρακικών καθώς και πτυχές. Στις περιπτώσεις όπου εντοπίζονται πτυχές είναι κατά κύριο λόγο ανοιχτές (γωνία ανοίγματος > 45 μοιρών) και ισοπαχείς. Συγχρόνως διακρίνεται πλήθος γεωμορφών όπως για παράδειγμα θαλάσσιες αναβαθμίδες (Εικόνα 3.4-9.), φαράγγια, θαλάσσιες εγκοπές, σπήλαια και άλλα.

Από άποψη απολιθωμάτων στα ανώτερα στρώματα διακρίνονται Nummulites, Alveolines (Ηώκαινο έως Κατώτερο Ολιγόκαινο) και άλλα μη αναγνωρίσιμα μικροαπολιθώματα χωρίς τη χρήση μικροσκοπίου (Θέσεις παρατήρησης: στις ανθρακικές μάζες που «εμφανίζονται» μέσα από το φλύσχη ή στα ανθρακικά πλησίον της τεκτονικής επαφής). Σε κατώτερες θέσεις (για παράδειγμα στο δρόμο προς Τρεις Εκκλησιές, στο νότιο πρανές) διακρίνονται θραύσματα ρουδιστών (ανωτέρου κρητιδικής ηλικίας). Από εκεί και έπειτα δεν εντοπίστηκε κάποιο άλλο μακροαπολιθώμα, ενώ η πιθανή παρουσία μικροαπολιθωμάτων είναι ορατή σε όλο το μήκος του πρανούς. Στο παραλιακό μέτωπο διακρίθηκαν απολιθώματα ιουρασικής ηλικίας και ειδικότερα *Megalodon sp* σε μαύρους ασβεστόλιθους της ενότητας (Θέση παρατήρησης: ανατολικά της παραλίας Τρεις Εκκλησιές). Επισημαίνεται ότι λόγω της ύπαρξης μακροαπολιθωμάτων και το γεγονός ότι είναι προπτυχιακή εργασία, δεν θεωρήθηκε απαραίτητη η κατασκευή παλαιοντολογικών τομών από τους εν λόγω ασβεστόλιθους με περαιτέρω ανάλυση φάσεων ιζηματογένεσης και άλλα.

Συνοψίζοντας, τα ανθρακικά που δομούν το νότιο πρανές των Αστερουσιών θεωρούμε πως αντιπροσωπεύουν μία καθαρά νηρητική φάση ιζηματογένεσης μεγάλου πάχους. Το βιολογικό στοιχείο κατά θέσεις είναι έντονο όπως επίσης και οι ιζηματογενείς δομές που παρατηρούνται. Επομένως, συμβαδίζοντας με τα μέχρι στιγμής βιβλιογραφικά δεδομένα, θεωρούμε πως οι εν λόγω ασβεστόλιθοι αντιπροσωπεύουν το ανθρακικό τμήμα της ενότητας Τρίπολης κατώτερου ιουρασικής έως ηώκαινικής ηλικίας.



Εικόνα 3.4-3. Κανονική επαφή.



Εικόνα 3.4-4. Τεκτονική επαφή φλύσχη με ανθρακικά.

▪ Περιγραφή κλαστικού σχηματισμού Δυτικά και Νότια των Παρανύμφων

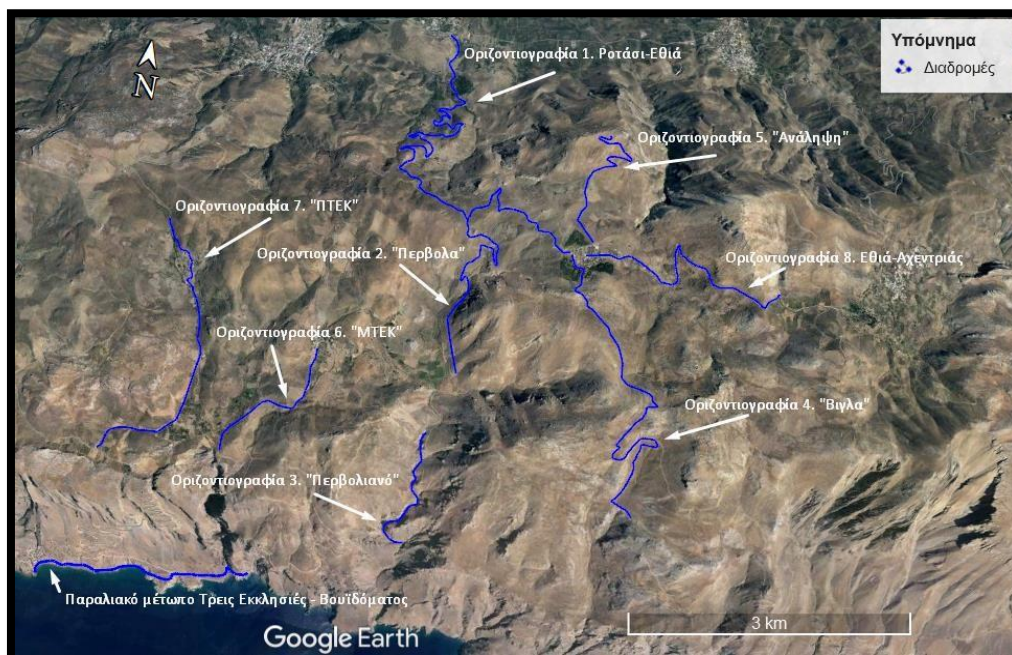
Στην ευρύτερη περιοχή χαρτογραφείται ένας κλαστικός σχηματισμός, κυρίως πηλιτικός με παρεμβολές ψαμμιτικών ενστρώσεων από 3 έως δεκάδες εκατοστά χρώματος κίτρινου - φαιού (Θέση παρατήρησης: Καταρράκτης Αμπά, Παρανύμφοι κι άλλα) (Εικόνα 3.4-5.). Στα κατώτερα τμήματα είναι δυνατό να εντοπίζονται φακοί ή οριζόντες από λατυποπαγείς ασβεστόλιθους με Nummulites (Θέση παρατήρησης: Στην είσοδο του παλαιού δρόμου για Τρεις Εκκλησιές) και τις λατύπες να προέρχονται κυρίως από την ενό-

τητα Εθιάς. Κατά θέσεις παρατηρείται έντονα τεκτονισμένος και παραμορφωμένος με τις αντίστοιχες δομές, δίνοντας την εικόνα άγριου φλύσχη (κατακερματισμένος, μπουντιναρισμένος και άλλα) (Θέση παρατήρησης: Πλησίον της επώθησης της Εθιάς, νότια του χωριού Μουρνιά). Επιπλέον, φαίνεται να έχει μία γενική διεύθυνση κλίσης προς Β ή ΒΔ με την κλίση αυτή καθ' αυτή να μην διατηρείται σταθερή αλλά να είναι κυμαινόμενη από 20 έως 45 μοίρες. Επιπρόσθετα, ανατολικότερα του οικισμού των Παρανύμφων παρατηρούνται ψαμμιτικές μάζες μεγάλων διαστάσεων ενώ κάποιες εκτεταμένου μεγέθους ψαμμιτικές ενδιαιτώσεις παρεμβάλλονται στα πλαίσια της εν λόγω φλυσχικής ακολουθίας. Ο εν λόγω σχηματισμός αποδίδεται σε αυτό που βιβλιογραφικά καλείται ως Φλύσχης Τρίπολης. Η επαφή του φλύσχη με τα ανθρακικά της ίδια ενότητας χαρακτηρίζεται ως τεκτονική (Θέση παρατήρησης: πριν τον κατηφορικό δρόμο των 3 Εκκλησιών) ή κανονική (Θέση παρατήρησης: φαράγγι Αμπά) (Εικόνα 3.4-4. & 3.4-3. αντίστοιχα).



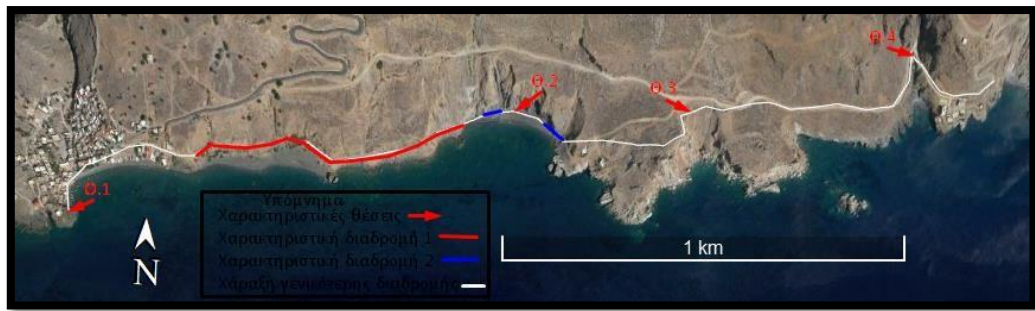
Εικόνα 3.4-5. Φλύσχης ενότητας Τρίπολης

3.4.2. Σχολιασμός διαδρομών και οριζοντιογραφίες δρόμων



Εικόνα 3.4-6. Γεωγραφική τοποθέτηση διαδρομών

▪ **Περιγραφή παραλιακού μετώπου Τρεις Εκκλησιές - Βουϊδομάτης**



Εικόνα 3.4-7. Γεωλογικές σημάνσεις στη διαδρομή Τρεις Εκκλησιές – Βουϊδομάτης

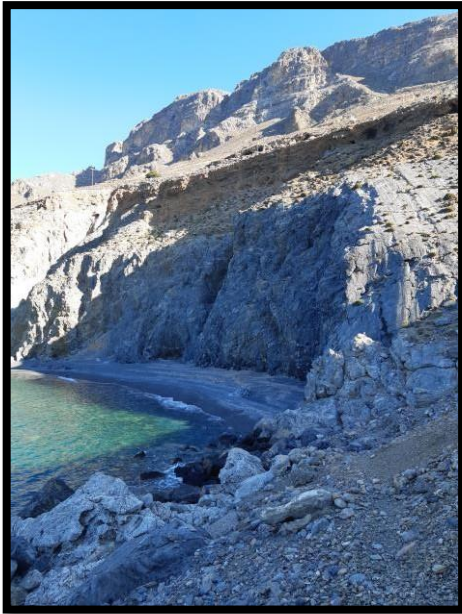


Εικόνα 3.4-8. Το δυτικό μισό της παραλιακής διαδρομής, (περισσότερα στο κείμενο)

Κινούμενοι από το δυτικό άκρο του οικισμού Τρεις Εκκλησιές, αρχικά, διακρίνουμε πυριγενή πετρώματα ηφαιστειακής προέλευσης. Ειδικότερα αναφερόμαστε σε πετρώματα βασικής σύστασης όπως για παράδειγμα γάββρους και βασάλτες (Θέση 1). Εντός του οικισμού και ανατολικά φαίνεται να έρχονται σε τεκτονική επαφή με ανθρακικά της ενότητας Τρίπολης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως σε παλαιότερα πέτρινα τμήματα που διατηρούνται εντός του οικισμού (όπως για παράδειγμα στην παλαιά εκκλησία πάνω στην οποία έχει χτιστεί νέα) οι λίθοι που τα απαρτίζουν είναι τόσο ανθρακικής όσο και ηφαιστειακής προέλευσης.

Βγαίνοντας από το ανατολικό άκρο του οικισμού και κινούμενοι στο χωματόδρομο παράλληλα στο παραλιακό μέτωπο, διακρίνουμε πλήθος ιδιόμορφων σχηματισμών (χαρακτηριστική διαδρομή 1). Όλο το μέτωπο του δρόμου, μέχρι και την παραλία, πιθανόν βρίσκεται σε έντονα τεκτονισμένα ιζήματα. Παρουσιάζουν μεγάλες χρωματικές διαφοροποιήσεις ενώ πετρολογικά απαρτίζονται κατά βάση μάργες χρώματος

γκρι, λίγους ψαμμίτες διαφόρων χρωμάτων, μάργες βυσσινέρυθρες, λίγους πηλίτες, ασβεστόλιθους επίσης ερυθρού χρώματος και ογκώδη βασικά ηφαιστειακά, ενώ κατά θέσεις παρατηρούνται και αργιλικό σχιστόλιθοι. Η εικόνα αυτή του σχηματισμού δεν μας επιτρέπει με βεβαιότητα να διατυπώσουμε το συμπέρασμα ότι πρόκειται για τον φλύσχη της Εθιάς που χαρτογραφείται στα κλαστικά του ομώνυμου οικισμού, διότι θα μπορούσε να αναφέρεται σε κάποιο κάλυμμα. Στην συγκεκριμένη θέση λίγο πριν το πέρας του χωματόδρομου εκδηλώνεται μία πηγή. Σημειώνεται ότι η εμφάνιση αυτή δεν έχει αποτυπωθεί στον χάρτη λόγω της περιορισμένης ανάπτυξης της και την παρουσία κορημάτων.



Εικόνα 3.4-9. Παραλία Κρυγιά Βλυχάδα



Εικόνα 3.4-10. *Megalodon* sp

Στη συνέχεια, ο χωμάτινος δρόμος διακόπτεται και καταλήγει στην παραλία «Κρυγιά Βλυχάδα» (τοπική ονομασία) (Εικόνα 3.4-9.). Η παραλία γεωμορφολογικά χαρακτηρίζεται τεκτονικής προέλευσης όπως συμβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις στα νότια παράλια των Αστερουσίων Ορέων. Σχηματίζεται κατά μήκος ενός κανονικού ρήγματος διεύθυνσης ανάπτυξης Α-Δ με κλίση σχεδόν κατακόρυφη (80 μοίρες) προς Ν, το οποίο παρουσιάζει κατακόρυφο άλμα μερικών εκατοντάδων μέτρων (προσεγγιστικά πάνω από 300 μέτρα). Το υπερκείμενο τέμαχος κατά μήκος της ακτογραμμής απαρτίζεται από μαύρους ασβεστόλιθους του Ιουρασικού με *Megalodon* sp. (θέση 2) (Εικόνα 3.4-10.). Κατά θέσεις τεκμηριώνεται και η ύπαρξη γύψων με μικροκρυσταλλική υφή αναμειγμένα με τριαδικά λατυποπαγή ανθρακικής σύστασης (χαρακτηριστική διαδρομή 2). Αντίθετα, το υποκείμενο τέμαχος απαρτίζεται από ιδιόμορφους σχηματισμούς οι οποίοι αναλύθηκαν εκτενέστερα στην προηγούμενη παράγραφο. Ανηφορίζοντας από το ανατολικό άκρο της παραλίας οι σχηματισμοί που παρατηρούνται είναι πολύμεικτα λατυποπαγή, με κλάστες ανθρακικής κλαστικής και σπανιότερα ηφαιστειακής προέλευσης. Υπερκείμενα των εν λόγω λατυποπαγών συναντάμε πολύ λεπτές πηλιτικές ενδιαστρώσεις, οι οποίες είναι χαοτικές εξαιτίας του τεκτονισμού, ελάχιστες μάργες και ψαμμίτες, ενώ τα βασικά ηφαιστειακά για τα οποία έγινε λόγος από την δυτική πλευρά της παραλίας εδώ δεν παρατηρήθηκαν. Οι ασβεστόλιθοι που εμφανίζονται υπερκείμενοι του κλαστικού υλικού είναι πελαγικής φύσεως με έντονη παρουσία μικροαπολιθωμάτων (Θέση 3). Αξίζει να αναφερθεί πως βρισκόμαστε στο υποκείμενο τέμαχος έως και 150 μέτρα απόσταση από την θέση 3. Εδώ όπου απουσιάζουν τα μεταμορφωμένα και τα

οφιολιθικά στοιχεία, όπως φαίνεται στην χαρτογράφηση έχει χαρτογραφηθεί η σειρά της Εθιάς (Εικόνα 3.4-11.).

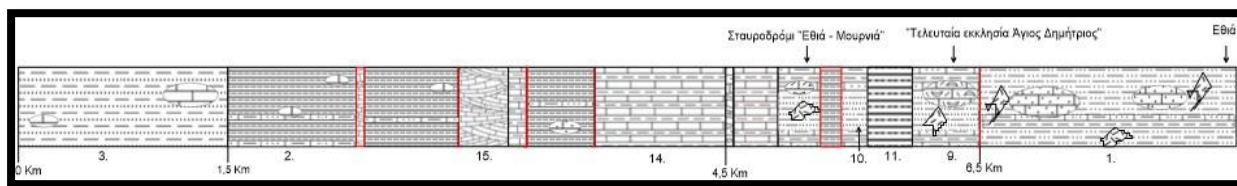


Εικόνα 3.4-11. Ιζήματα Πινδικού Τύπου, περισσότερα στο κείμενο

Στη συνέχεια, αρχίζουμε να κινούμαστε στο μέτωπο του ρήγματος όπου έως τη θέση 4 η διαδρομή καλύπτεται από κορήματα και μεταλλικό παλαιό-παράκτιο υλικό. Ειδικότερα στη θέση 4 υψώνεται το επιβλητικό φαράγγι Μεσοσφήνι το οποίο διατρέχει αποκλειστικά ανθρακικούς σχηματισμούς. Στην νότια είσοδό του οι ασβεστόλιθοι είναι λεπτοπλακώδεις με κλίσεις από 20 έως 45 μοίρες ή και μεγαλύτερες, ενώ παρουσιάζουν κυκλική στρώση, δομές «βεντάλιας» και άλλα.

Κατά μήκος της διαδρομής εντοπίζεται πλήθος ρηγμάτων, κατά κύριο λόγο κανονικών. Τα εν λόγω ρήγματα έχουν αποτυπωθεί με ακρίβεια στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως σε όλο το μήκος της διαδρομής οι αλπικοί σχηματισμού καλύπτονται ασύμφωνα είτε από αποθέσεις κλιτύος είτε από παράκτιες αποθέσεις μεγάλου πάχους με μεγάλη ποικιλία κλαστών. Επιπλέον, όλα τα ανθρακικά της περιοχής χαρακτηρίζονται από ποικιλία μετά-αποθετικών (καρστικών και άλλα) και συναποθετικών ιζηματογενών δομών.

▪ **Γεωλογικός σχολιασμός διαδρομής Ροτάσι - Εθιά:**



Οριζοντιογραφία 1. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου Ροτάσι-Εθιά (περισσότερα στο κείμενο)

Κινούμενοι στον επαρχιακό ανηφορικό δρόμο από το Ροτάσι με τελικό προορισμό την Εθιά, βγαίνοντας από τον οικισμό και για απόσταση περίπου ίση με 1,5km διακρίνουμε μία κλαστική σκουρόχρωμη ακολουθία, αποτελούμενη από εναλλαγές ψαμιτών και πηλιτών καστανού χρώματος (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 3). Οι εναλλαγές επιτυγχάνονται σε λεπτούς πάγκους (μικρότεροι των 10 cm) ψαμιτών και πηλιτών, όπου εκ πρώτης όψεως δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια επικράτηση, ενώ κατά θέσεις και το μαργαϊκό υλικό είναι άφθονο. Η παραμόρφωση είναι έντονη, σχηματίζοντας και χαρακτηριστικές μορφές όπως το λεγόμενο «boudinage», διαφόρων τύπων πτυχές, κι άλλα. Η δομή είναι χαοτική με ποικίλης σύστασης θραύσματα πετρωμάτων. Εντός της κλαστικής ακολουθίας και κοιτώντας είτε δυτικά είτε ανατολικά διακρίνουμε κατά θέσεις την παρεμβολή ανθρακικών τεμαχών (μικρότερων και μεγαλύτερων διαστάσεων), τα οποία στην πλειονότητά τους ερμηνεύονται ως ολισθόλιθοι ποικίλης προέλευσης και διαφόρων ηλικιών. Ο εν λόγω σχηματισμός χαρτογραφείται ως ο ηωκαινικός φλύσχος της ακολουθίας της Εθιάς.

Στη συνέχεια, και για το επόμενο 1 km ο σχηματισμός σε γενικές γραμμές παραμένει ο ίδιος. Εκείνα που κατά θέσεις αλλάζουν είναι ο βαθμός παραμόρφωσης, οι παρεμβολές κι άλλων ποικίλης σύστασης πετρωμάτων ή τεμαχών (ανθρακικής κυρίως σύστασης), ενώ επικρατούν και πιο ανοιχτόχρωμες αποχρώσεις. Ειδικότερα η παραμόρφωση είναι αυξημένη με τις ανάλογες δομές να εντοπίζονται με μεγαλύτερη ευκολία. Αλλαγές στις συνθήκες ιζηματογένεσης προσδίδουν ένα περισσότερο ψαμιτικό χαρακτήρα και διάφορες ιδιόμορφες φάσεις (χρωματικές, λόγω απόθεσης διαφορετικών χημικών στοιχείων) (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 2).

Μετά από 2,5 km, φαίνεται να συναντάμε μία διαφορετική από την προαναφερθείσα κλαστική ομάδα. Πιο συγκεκριμένα, για τα επόμενα περίπου 50m χαρτογραφούμε έναν σχηματισμό που χαρακτηρίζεται από εναλλαγές σε λεπτούς πάγκους ψαμιτών και μαργών, χρώματος μπεζ έως σκοτεινότεφρου, εντός του οποίου παρεμβάλλονται πάγκοι ανοιχτότεφρων ασβεστολίθων με κίτρινη απόχρωση. Είναι φανερό ότι η συγκεκριμένη θέση προσομοιάζει περισσότερο με μία χαοτική δομή, πιθανόν εξαιτίας της μετά-αποθετικής παραμόρφωσης, με τους ασβεστολιθικούς πάγκους να μην παρουσιάζουν μία συνέχεια και το κλαστικό υλικό να είναι έντονα διαβρωμένο (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 15), (Εικόνα 3.4-12.). Η εικόνα που περιγράφεται αποδίδεται στον σχηματισμό που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως το κατώτερο τμήμα της κολώνας της Εθιάς και συγκεκριμένα στο «Κλαστικό Τριαδικό». Η επαφή των δύο ευδιάκριτων κλαστικών για τα οποία έγινε λόγος χαρακτηρίζεται ως εφίπλευση (μικρής κλίσης ανάστροφο ρήγμα), συγκεκριμένα το κλαστικό Τριαδικό τοποθετείτε τεκτονικά πάνω στον κανονικό φλύσχο.



Εικόνα 3.4-12. Κλαστικό Τριαδικό

Ανηφορίζοντας για περίπου 500m επαναλαμβάνεται ξανά το κλαστικό που παρατηρήθηκε στην αρχή (ηφκαινικός φλύσχος), σημειώνεται ότι αφθονούν οι μάργες, τα ψαμμιτικά κι ανθρακικά στοιχεία, επιπλέον εντοπίζονται κάποια ηφαιστειακά, ενώ τα χρώματα είναι γκριζωπά (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 2). Στην συνέχεια, για 300 m ακολουθεί η κλαστική ακολουθία χρώματος μεζ, το "Κλαστικό Τριαδικό" (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 2). Η εναλλαγή που παρατηρείται οφείλεται στην γεωμετρία της επιπέυσης, που χαρακτηρίζει την επαφή των δύο κλαστικών σχηματισμών.

Για τα επόμενα 100 m, περιγράφεται μία «χαρακτηριστική εμφάνιση», με κόκκινες αποχρώσεις, που θα αναλυθεί εκτενώς στην επόμενη παράγραφο (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 14). Στην συνέχεια, ακολουθεί εκ νέου ο κλαστικός σχηματισμός που παρατηρήθηκε στην αρχή για 350m ακόμα (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 2) . Οι εναλλαγές όπως και η προηγούμενη αποδίδεται τόσο στην γεωμετρία της τεκτονικής επαφής όσο και στην γεωμετρία του δρόμου. Η επαφή της «χαρακτηριστικής εμφάνισης» χαρακτηρίζεται ως κανονική με το κλαστικό τριαδικό, εκτιμούμε ότι μεταβαίνουμε σε πελαγικές φάσεις του Ανωτέρου Τριαδικού-Κατωτέρου Ιουρασικού, ενώ με το φλύσχη της ενότητας Εθιάς τεκτονική.

Έπειτα και για περίπου 800 μέτρα ακολουθεί η εμφάνιση που ονομάσαμε «χαρακτηριστική», αποτελείται από εναλλαγές ερυθρών πυριτιολίθων και μαργών με ενστρώσεις ασβεστολίθων (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 14). Η εικόνα του στο ύπαιθρο είναι αρκετά διαφορετική από τους μέχρι τώρα κλαστικούς σχηματισμούς. Υποδηλώνει ένα άβυσσο-πελαγικό περιβάλλον συνοδευόμενο από αλλαγές στις συνθήκες ιζηματογένεσης με επακόλουθο την άλλοτε πυριτική, την άλλοτε ανθρακική ή και κλαστική - (χημική) ιζηματογένεση. Οι πάγκοι τόσο των ασβεστολίθων όσο και των κερατολίθων δεν υπερβαίνουν τα 10 cm, ενώ των μαργών είναι αρκετά λεπτότεροι και δεν ξεπερνούν το 1 cm. Τόσο αυτός ο σχηματισμός όσο και οι

προηγούμενοι χαρακτηρίζονται από υψηλού βαθμού παραμόρφωση με τις αντίστοιχες συμπίεστικές δομές. Η κοκκινωπή αυτή εμφάνιση, εκτιμάμε ότι χρονολογείται στο Τριαδικό- Κατώτερο Ιουρασικό, με τα ανθρακικά που παρατηρούνται να προσομοιάζουνσε εκείνα που βιβλιογραφικά αναφέρονται ως «Ασβεστόλιθοι με Halobies».

Στη συνέχεια και για περίπου 70 μέτρα παρεμβάλλεται ένα χαοτικό κλαστικό υλικό, συνίσταται από ψαμμίτες, ψαμμιτικούς και λατυποπαγείς ασβεστολίθους, πηλίτες και κάποια ηφαιστειακά στοιχεία. Ο τρόπος εμφάνισης του προσομοιάζει σε βαρυτική γλώσσα κατολίσθησης του υπερκείμενου κλαστικού υλικού, η οποία δεν διατηρεί τα στρωματογραφικά της χαρακτηριστικά. Τα επόμενα 300 μέτρα καλύπτονται από την χαρακτηριστική εμφάνιση που προαναφέραμε. Αξίζει να σημειωθεί ότι σ' αυτά τα μέτρα εμπεριέχονται ρηχοί άστρωτοι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι πλούσιοι σε νηρητική πανίδα (βενθονικά τρηματοφόρα) με κοράλλια, φύκη και μικριτικούς ενδοκλάστες εχίνων ηλικίας Ανωτέρου. Ιουρασικού έως Κατώτερο Κρητιδικό (παλαιοντολογική τομή TZ-11.2, Παράρτημα).

Έπειτα, ο «χαρακτηριστικός σχηματισμός» καλύπτεται από έναν κλαστικό με κυρίαρχο το ψαμμιτικό καθώς και το ηφαιστειακό στοιχείο, παρουσία μαργών (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 9+10), ο οποίος εναλλάσσεται μ' έναν καθαρότερο κλαστικό σχηματισμό παρόμοιο με εκείνον που περιγράψαμε αρχικά (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 2). Οι κλαστικές αυτές εμφανίσεις είναι πιθανόν να έδωσαν την βαρυτική γλώσσα κατολίσθησης που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται από ψαμμίτες και ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους, με θραύσματα βασικών πετρωμάτων (Εικόνα 3.4-4. Σχηματισμός 9). Το εν λόγω κλαστικό δεν διατηρεί σταθερά γεωλογικά χαρακτηριστικά και εμφανίζεται μορφολογικά διαφορετικό από θέση σε θέση, με την συνολική απόσταση που εντοπίζεται να είναι περίπου 1,5km. Κατά θέσεις όπως για παράδειγμα στην έξοδο του χωματόδρομου που οδηγεί στην Περβόλα διακρίνονται ασβεστόλιθοι με ραδιολάρια σε λεπτούς πάγκους με εναλλαγές πηλιτών ή και πυριτικών ασβεστολίθων (Εικόνα 3.4-4. Σχηματισμός 11). Παλαιοντολογική τομή στα ανθρακικά του εν λόγω σχηματισμού έδειξε την αφθονία σε ραδιολάρια και sponge spicules ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού (παλαιοντολογική τομή TZ-9.2, Παράρτημα). Ο σχηματισμός που περιγράφεται, φαίνεται να αντιστοιχεί βιβλιογραφικά σε αυτό που αποκαλείται «Πρώτος Φλύσχης» και βρίσκεται σε κανονική επαφή με τον υποκείμενο άσβεστο-πυριτικό χαρακτηριστικό σχηματισμό.

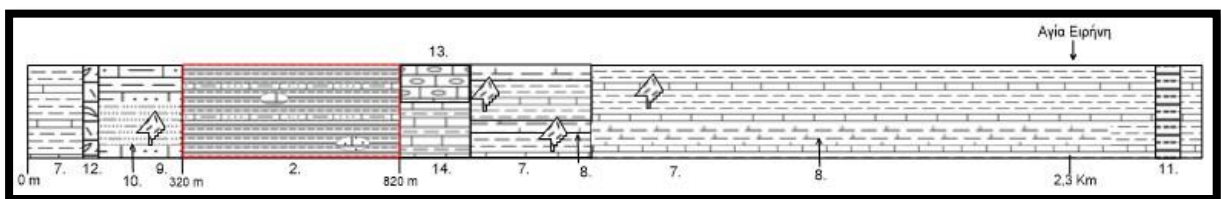
Αξίζει να αναφερθεί ότι στην τελευταία εκκλησία (Άγιος Δημήτριος) που συναντάμε κινούμενοι προς Εθιά, εντοπίζουμε (λίγο έξω από το δρόμο, ανατολικά) μία σειρά από ασβεστολιθικές μάζες στοιχισμένες σε διεύθυνση Α-Δ. Οι εν λόγω ασβεστόλιθοι εκ πρώτης όψεως φαίνεται να είναι άστρωτοι μικριτικοί, ωολιθικοί έως ψευδό-ωολιθικοί με την ύπαρξη νηρητικής πανίδας κοράλλια, φύκη, θραύσματα εχίνων και άλλα. Είναι έντονα κατακερματισμένοι και ανοιχτόχρωμοι. Παλαιοντολογικές τομές έδειξαν την παρουσία Miliolidae, Brachiopods, βενθονικά τρηματοφόρα, βελόνες εχίνων και φύκη ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού έως Κατώτερου Κρητιδικού (παλαιοντολογικές τομές TZ-4, Παράρτημα). Τα συγκεκριμένα ανθρακικά πιθανώς τοποθετούνται σε αυτό που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως «Ανώτερος Δρυμός» και ορίζουν μερικώς βορειότερα και ανατολικότερα από το δρόμο το μέτωπο της επίπλευσης η οποία μέχρι

στιγμής έχει χαρτογραφηθείσε αρκετά σημεία όπου την διατέμνει ο δρόμος.

Από την τελευταία κλειστή στροφή και κινούμενοι δυτικά έως και το χωριό η εικόνα που δίνεται είναι εκείνη ενός άγριου φλύσχη με πλήθος παραμορφωτικών δομών και λιθολογικών φάσεων. Τα πρωτογενή ιζηματογενή του χαρακτηριστικά είναι σπάνιο να διατηρούνται ενώ η παρουσία ηφαιστειακού υλικού είναι έντονη. Εντός αυτού εκδηλώνεται πλήθος πηγών στον απόηχο της υψηλής καταπόνησης του σχηματισμού και των ανθρακικών ολισθόλιθων που παρεμβάλλονται. Απαρτίζεται κυρίως (με σειρά αφθονίας) από λεπτόκοκκους έως αδρόκοκκους ψαμμίτες με ποικιλία χρωματικών τόνων, πηλίτες, ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους και λατυποπαγείς με ανθρακικούς κυρίως κλάστες (Οριζοντιογραφία 1. Σχηματισμός 1).

Κλείνοντας, συνοψίζουμε σε κάποιες γενικότερες παρατηρήσεις οι οποίες είναι οι εξής: Ο τεκτονισμός και η παραμόρφωση που παρατηρείται δεν μας επιτρέπει να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για την πλήρη ακολουθία της ενότητας και την μετάβαση από τον έναν σχηματισμό στον άλλο. Πιο συγκεκριμένα, εικάζουμε ότι τμήματα της κολώνας από το Τριαδικό μέχρι και το Κατώτερο Κρητιδικό πιθανόν απουσιάζουν, εξαιτίας των διαδοχικών μικρότερης κλίμακας τεκτονικών δομών της ενότητας (διαδοχικές επιπτώσεις και πτυχές). Επιπλέον, οι σχηματισμοί που αναφέρθηκαν στις περισσότερες θέσεις είναι κατακερματισμένοι και έντονα διαβρωμένοι. Δυστην φύση των πετρωμάτων και στον τεκτονισμό. Ειδικότερα, πρόκειται για σχηματισμούς με πολλές κλαστικές παρεμβολές οι οποίες εκτεθειμένες στα πρηνή του δρόμου διαβρώθηκαν με σχετική ευκολία. Επίσης, επισημαίνεται πως η κλίση του ορεινού δρόμου για την οποία γίνεται λόγος είναι συνεχώς ανηφορική ένα χαρακτηριστικό που μας βοηθάει στη χαρτογράφηση και παρέχει καλύτερη εικόνα για τις σχετικές επαφές των σχηματισμών. Από την άλλη πλευρά η γεωμετρία του δρόμου, δηλαδή οι συνεχείς στροφές πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά την περιγραφή που προηγήθηκε. Καθώς οι εμφανίσεις δεν συνεπάγονται σε πάχη και οι περιοδικές επαναλήψεις σχηματισμών πολλές φορές οφείλονται στην γεωμετρία του δρόμου πέραν από τις εκάστοτε γεωμετρίες των επαφών.

▪ Χωματόδρομος προς Αγία Ειρήνη, Περβόλα



Οριζοντιογραφία 2. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου Περβόλας (περισσότερα στο κείμενο)

Από την είσοδο του χωματόδρομου, τα πρώτα 135 μέτρα καταλαμβάνονται από μία κλαστικήσειρά. Πρόκειται για ψαμμίτες και ενστρώσεις αρκετά λεπτότερου υλικού χρώματος σκούρο γκρι πουεκ πρώτης όψεως φαίνεται να έχει μία χαρακτηριστική λάμψη (άργιλος) (Οριζοντιογραφία 2. Σχηματισμός 7). Το συγκεκριμένο κλαστικό πιθανολογούμε ότι προσδιορίζει τον πρώτο φλύσχη της ενότητας το οποίο στην άσφαλτο πριν μπούμε στον χωματόδρομο το βρίσκουμε επιπτευμένο στον κανονικό φλύσχη της Εθιάς. Η φύση των κλαστικών σχηματισμών και η εκτεταμένη αποσάθρωση δεν μας επιτρέπει να προχωρήσουμε σε ακριβή συμπεράσματα για την γεωμετρία και την ακριβή θέση της εν λόγω επιπτώσης.

Στη συνέχεια, και για περίπου 10 μέτρα στο δυτικό τμήμα του δρόμου εντοπίζουμε νηρητικούς ασβεστόλιθους πλούσιους σε φύκη, κοράλλια κι άλλα νηρητικά απολιθώματα (Εικόνα 3.4-13.). Τα εν λόγω απολιθώματα τα χρονολογούμε μακροσκοπικά στο Ανώτερο Ιουρασικό, πιθανόν στο τμήμα της κολώνας της Πίνδου που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως «Ανώτερος Δρυμός» (Οριζοντιογραφία 2. Σχηματισμός 12). Θεωρούμε ότι αποτελούν είτε μεταφερμένα αλλόχθονα ανθρακικά τεμάχια, είτε προσδιορίζουν περιοχές που εκείνο το διάστημα για κάποιο λόγο, βρίσκονταν πολύ κοντά στην τότε θαλάσσια στάθμη. Πιο ακριβές συμπέρασμα θα εξαχθεί στο τέλος του κεφαλαίου, αφού παρατεθούν και σχολιαστούν και οι λοιπές εμφανίσεις της περιοχής.



Εικόνα 3.4-13. Νηρητικά απολιθώματα κοράλλια και φύκη

Έπειτα, μεταπίπτουμε σε λατυποπαγείς ασβεστόλιθους στους οποίους δεν διακρίνεται στρώση με τις λατύπες να αποτελούν κυρίως τεμάχια ηφαιστειακών πετρωμάτων και χαμηλού βαθμού μεταμορφωμένων πηλιτών και ψαμμιτών. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί φαίνεται να είναι σε αρμονία και να εναλλάσσονται με μία κλαστική ακολουθία ,ψαμμιτο-ιλυολιθική, με έκδηλα ηφαιστειακά στοιχεία και ποικιλία χρωμάτων. Η εν λόγω ακολουθία έχει πλάτος εμφάνισης περίπου ίσο με 170 μέτρα. Λόγω του τεκτονισμού (λεπιώσεις και κανονικά ρήγματα) αλλά και των κλαστικών σχηματισμών που ήταν επιρρεπείς στις διαδικασίες της αποσάθρωσης η εικόνα που παρουσιάζεται είναι ιδιαίτερα περίπλοκη (Οριζοντιογραφία 2. Σχηματισμός 9).

Κάποια γενικά συμπεράσματα στα οποία μπορούμε να προχωρήσουμε για όσα μέχρι στιγμής περιγράψαμε είναι τα εξής: Πρώτον, όλα τα ανθρακικά που αναφέρονται είναι ιουρασικής ηλικίας. Επιπρόσθετα, οι πηλιτικές με τις ανθρακικές εναλλαγές, μάλλον ορίζουν μεταβατικά στρώματα του Ιουρασικού προς την Κατώτερου Κρητιδικού κλαστική σειρά (βιβλιογραφικά Πρώτος Φλύσσης), κάποιες παρόμοιες εναλλαγές, με επικράτηση ροδόχρωμων ασβεστόλιθων πιθανολογούμε ότι είναι εκείνο που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως «Κατώτερος Δρυμός». Ενώ, οι κλαστικές σειρές όπου περιγράφονται αναφέρονται στον πρώτο φλύσχη. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποια από τα ανθρακικά, ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι και λατυποπαγή ίσως

αποτελούν τμήματα του πρώτου φλύσχη. Οι επαφές των σχηματισμών είναι κανονικές αλλά έντονα πλαστικά παραμορφωμένες, σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα τα κλαστικά έχουν «μασηθεί» από τις πιο ανθεκτικές στην παραμόρφωση ανθρακικές μάζες του Ιουρασικού και του πρώτου φλύσχη.

Από το σημείο αυτό και για 500 μέτρα ο δρόμος τέμνει ένα κλαστικό σχηματισμό ο οποίος μπορεί να χαρακτηριστεί ως φλυσχικός (Οριζοντιογραφία 2. Σχηματισμός 2). Ειδικότερα, απαρτίζεται από πηλίτες (κυριαρχούν), ψαμμίτες και θραύσματα λατυποπαγών ασβεστολίθων με ανθρακικές κροκάλες. Χαρακτηρίζεται από ποικιλία χρωμάτων και μη σταθερό βαθμό παραμόρφωσης, ανάλογα με τα εκάστοτε λιθολογικά χαρακτηριστικά και την κατανομή των τάσεων. Η λιθολογική εικόνα που παρουσιάζει προσομοιάζει σε αυτή του ηωκαινικού φλύσχη της Εθιάς, πάνω στον οποίο εφιππεύονται υπό την μορφή ράκους, όλοι οι ιουρασικοί - κάτω κρητιδικοί σχηματισμοί που περιεγράφηκαν. Η γεωμετρία και η θέση της επαφής είναι και σε αυτή την περίπτωση προσεγγιστική λόγω των δυσκολιών για τις οποίες ήδη έχει γίνει λόγος. Κλείνοντας, αξίζει να σημειωθεί μία τεκτονική επαφή που χαρτογραφείται πλησίον της πρώτης ιδιαίτερα κλειστής στροφής. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύσσεται αξονικά σε διεύθυνση Ανατολή-Δύση, είναι σχεδόν κατακόρυφη και φέρνει σε επαφή τον κανονικό φλύσχη που περιγράψαμε με τον πρώτο φλύσχη. Επισημαίνεται ότι αυτός ο πρώτος φλύσχος είναι ανεξάρτητος από εκείνον που χαρτογραφήσαμε κι αναφέρεται στο τεκτονικό ράκος.

Έπειτα, διακρίνεται μία ακολουθία βιοχημικών ανοιχτού χρώματος ασβεστολίθων για περίπου 150 μέτρα σε εναλλαγές με πηλίτες (Οριζοντιογραφία 2. Σχηματισμός 14). Τα εν λόγω ανθρακικά κλίνουν με μία μέση τιμή 30° ΒΔ. Στα ανώτερα τμήματα παρατηρούνται ψευδοωολιθικοί άστρωτοι ασβεστόλιθοι νηρητικής φύσεως. Η συγκεκριμένη εμφάνιση τοποθετείται στο Ιουρασικό και εφιππεύεται στον φλύσχη που μέχρι πρότινος έκοβε ο δρόμος, η περιοδικότητα αυτή αποδίδεται στην γεωμετρία του ράκους.

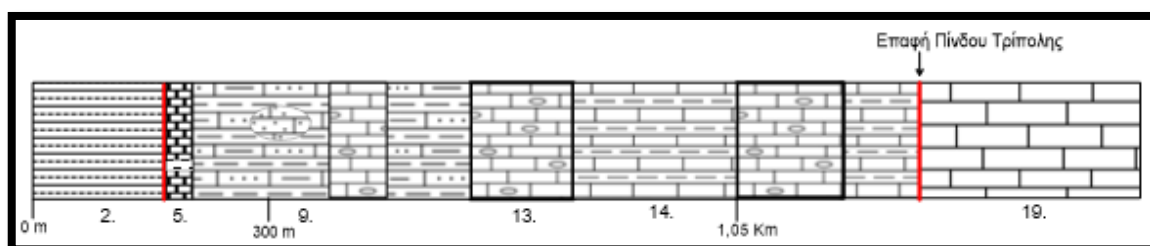


Εικόνα 3.4-14. Πρώτος φλύσχος ενότητας Εθιάς

Προχωρώντας προς την εκκλησία της Αγίας Ειρήνης κυριαρχεί ολοένα και περισσότερο η καθαρά κλαστική ιζηματογένεση (Οριζοντιογραφία 2. Σχηματισμός 7), αποτελούμενη από πηλίτες ή μάργες ερυθρού, πρασινωπού και κιτρινωπού χρώματος σε εναλλαγές με λεπτούς ανοιχτόχρωμους ασβεστολιθικούς πάγκους (Εικόνα 3.4-14.). Λιγότερο συχνά παρεμβάλλονται ψαμμίτες παρόμοιων χρωμάτων ενώ ακόμα σπανιότερη είναι η ύπαρξη ηφαιστειακών τεμαχών. Τα πρηνή του δρόμου για τα οποία γίνεται λόγος χα-

ρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό κατακερματισμού και γενικότερα αποσάθρωσης, πιθανόν εξαιτίας της μεγάλης κλίσης του πρσανούς. Η κλαστική σειρά που περιγράφουμε πιθανόν τοποθετείται σε αυτό που βιβλιογραφικά καλείται «Πρώτος Φλύσσης». Αξίζει να σημειωθεί ότι στο τέλος της διαδρομής εκδηλώνεται μία πηγή της οποίας ο τρόπος λειτουργίας έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 4. Συνεχίζοντας και λίγα μέτρα νοτιότερα από την θέση εκδήλωσης της πηγής δεν παρατηρούμε κάποια αξιοσημείωτη αλλαγή στην ακολουθία. Εκ πρώτης όψεως στο ανατολικό πρανές του δρόμου φαίνεται να υψώνεται το Κρητιδικής έως ηωκαινικής ηλικίας τμήμα της κολώνας αποτελούμενου κυρίως από πελαγικά ανθρακικά διαφόρων φάσεων και λιγότερο συχνά νηρητικά τμήματα. Αντίθετα, στο δυτικό άκρο ο δρόμος είναι παράλληλος σ' ένα ρήγμα με διεύθυνση Β-Ν το οποίο ανυψώνει το ανατολικό τέμαχος.

▪ **Γεωλογικός σχολιασμός Φαραγγιού της Περβόλας**



Οριζοντιογραφία 3. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου στο Περβολιανό

Κατά μήκος του φαραγγιού της Περβόλας η εικόνα που δίνεται είναι εκείνη μία συνεχής εναλλαγή δύο κυρίως σχηματισμών (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 13 & 14). Νότια διακόπτεται από ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης Α-Δ με κλίση μεγαλύτερη των 80 μοιρών, το οποίο φέρνει σε επαφή βιτουμενιούχους και δολομιτωμένους άστρωτους συμπαγείς ασβεστόλιθους (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 19) (νότια) με ασβεστόλιθους πλούσιους σε κονδύλους και ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων και πηλιτών (βόρεια). Από την άλλη βόρεια και στο σημείο όπου αρχίζει το φαράγγι διακόπτεται εξίσου από ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης Α-Δ με κλίση μεγαλύτερη των 80 μοιρών, το οποίο φέρνει σε επαφή έναν αμιγώς κλαστικό σχηματισμό βόρεια (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 2) με ασβεστόλιθους νότια (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 5).

Ειδικότερα οι δύο σχηματισμοί που εντοπίζονται στο φαράγγι της Περβόλας και καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα του έως και το νότιο ρήγμα είναι:

Ένας ανθρακικός κατά βάση σχηματισμός αποτελούμενος από μεσοπλακώδεις συμπαγείς ασβεστόλιθους με παρεμβολές περισσότερο ή λιγότερο άφθονες πυριτικών ενδιαστρώσεων (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 13). Επίσης, στις ανθρακικές στρώσεις παρατηρούνται συχνά κόνδυλοι πυριτόλιθων ή silex. Είναι έντονα πτυχωμένος (παραμορφωμένος) με την παρουσία ισοκλινών πτυχών και πλήθος κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ με κλίσεις μεγαλύτερες των 70 μοιρών και μικρό κατακόρυφο άλμα. Η φάση ιζηματογένεσης τους είναι πελαγική. Εντός αυτού είναι εφικτό να υλοποιηθεί μία επιμέρους διάκριση μεταξύ μίας ανθρακικής μάζας σε πάγκους με σπάνια την παρουσία κερατολιθικού στοιχείου και του σχηματισμού που προαναφέραμε (Εικόνα 3.4-15.).



Εικόνα 3.4-15. Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι ενότητας Εθιάς

Έναν σχηματισμό αποτελούμενο από εναλλαγές σε λεπτούς πάγκους (2 έως 5 cm) ραδιολαριτών, ασβεστολίθων και συμπαγοποιημένων πηλιτών και μαργών. Είναι έντονα πτυχωμένοι και παραμορφωμένος, ενώ στην ύπαιθρο εμφανίζεται ως λεπτοί πάγκοι με πάχος που δεν ξεπερνά τα 2cm χρώματος κυρίως ερυθρού. Μπορεί να θεωρηθεί ανάλογος με τον πρώτο φλύσχη που περιγράψαμε στην διαδρομή Ροτάσι - Εθιά και ειδικότερα στο τμήμα εκείνο που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως ραδιολαρίτες (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 9) (Εικόνα 3.4-16.).



Εικόνα 3.4-16. Ραδιολαρίτες ενότητας Εθιάς

Θεωρούμε ότι είναι παρόμοιος μ' έναν περισσότερο πυριτοπηλιτικό σχηματισμό όπου κυριαρχούν οι ενστρώσεις πηλιτών (ή μαργών) και ροδόχρωμων ασβεστόλιθων με λίγους ραδιολαρίτες. Εντοπίζεται

συχνότερα στα πρηνή του φαραγγιού και χαρακτηρίζεται με τις ίδιες φάσεις και έντασης παραμορφώσεις με τους προηγούμενους σχηματισμούς. Στην ύπαιθρο εμφανίζεται ως εναλλαγές μπλε χρώματος στρωμάτων με ερυθρούς ορίζοντες (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 14) (Εικόνα 3.4-17.).



Εικόνα 3.4-17. Ροδόχρωμοι ασβεστόλιθοι σε εναλλαγές με πηλίτες και λίγους ραδιολαρίτες Ιουρασικής ηλικίας

Όσον αφορά τα πρηνή του φαραγγιού φαίνεται να καλύπτονται από την ίδια ακολουθία σχηματισμών για μεγάλο ύψος. Επικρατούν κυρίως οι πυριτικοί-κλαστικοί σχηματισμοί και λιγότερο οι ασβεστόλιθοι, ενώ ο τρόπος εμφάνισής τους προσομοιάζει με ένα μοντέλο διαδοχικών επιπτεύσεων. Ψηλότερα παρατηρούμε ένα περισσότερο κλαστικό ψαμμιτικό κυρίως σχηματισμό διαφόρων χρωμάτων ο οποίος υπέρκειται του ανθρακικού σχηματισμού (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 9).

Εκ πρώτης όψεως στην ύπαιθρο οι ασβεστόλιθοι με κονδύλους και ενδιστρώσεις πυριτόλιθων φαίνεται να υπέρκεινται της πυριτοπηλιτικής κατά βάση ακολουθίας, με την επαφή τους σε ορισμένες θέσεις να δίνει την εντύπωση ασυμφωνίας. Από την άλλη όμως υπάρχουν και θέσεις όπου ο υποκείμενος σχηματισμός φαίνεται να είναι ο ανθρακικός. Οι εν λόγω «εικόνες» μπορούν να τεκμηριωθούν είτε ως επιπτεύσεις είτε αποτέλεσμα μεγάλης κλίμακας αναστροφών. Ενώ οι ραδιολαρίτες, μπορεί υπό κάποιες προϋποθέσεις να θεωρηθεί ως το κατώτερο τμήμα του σχηματισμού εκείνου που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως «1ος φλύσχης». Επιπρόσθετα, οι βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι προς την κατάληξη του φαραγγιού στη θάλασσα, ανήκουν στην ενότητα Τρίπολης (Οριζοντιογραφία 3. Σχηματισμός 19) και η εμφάνισή τους αποδίδεται στον απόηχο της δράσης του ρήγματος που προαναφέραμε στην πρώτη παράγραφο.

Συνοψίζοντας, κατά πάσα πιθανότητα οι σχηματισμοί που προαναφέρθηκαν (έως και τους βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους), αντιπροσωπεύουν μία ακολουθία ιζημάτων σ' ένα συγκεκριμένο παλαιογεωγραφικό χώρο. Η ιζηματογένεση ήταν καθαρά πελαγική έως αβυσσική (απόθεση πυριτολιθίων, λεπτοπλακωδών ασβεστολιθίων και πηλιτών) με μία φάση πυριτικής (βιογενής) ιζηματογένεσης συνοδευόμενη από αν-

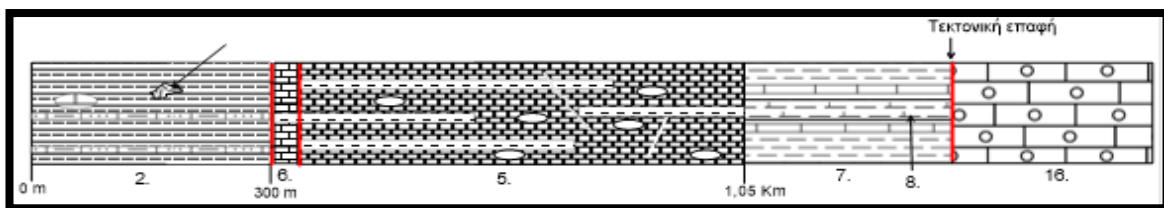
θρακική (βιοχημική) ιζηματογένεση. Η ηλικία τους είναι Μεσοζωική και ειδικότερα φαίνεται να κυμαίνονται από το Ανώτερο Τριαδικό έως και το Κατώτερο Κρητιδικό. Η ανθρακική ακολουθία που περιγράφηκε φαίνεται να τοποθετείται ανάμεσα στους δύο κλαστικούς/πυριτικούς σχηματισμούς για τους οποίους έγινε λόγος, ενώ λόγω του τεκτονισμού κι της παραμόρφωσης φαίνεται να αποσφηνώνονται τα ανθρακικά τεμάχια μέσα στα πυριτοπηλικά ιζήματα.

Γενικά για τα ρήγματα, η ακολουθία κόβεται από κανονικά ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ και κλίσεις μεγαλύτερες των 70 μοιρών προς νότο. Το κατακόρυφο άλμα στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μικρό (έως και 10 μέτρα), ενώ όπου είναι μεγαλύτερο φέρνει σε τεκτονική επαφή τον ανθρακικό με κάποιον πυριτικό σχηματισμό. Οι πτυχές σε γενικές γραμμές είναι ισοκλινείς αναστραμμένες με γενική διεύθυνση αξονικού επιπέδου Α-Δ. Η γενική κλίση της ακολουθίας όπου διατηρείται είναι περίπου 20 μοίρες με διεύθυνση 300-330°ΒΔ.



Εικόνα 3.4-18. Επαφή αμιγώς ανθρακικής ακολουθίας με την κοκκινωπή ακολουθία

▪ Χωματόδρομος Εθιάς προς «Βίγλα»



Οριζοντιογραφία 4. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου «Βίγλας» (περισσότερα στο κείμενο)

Κινούμενοι νότια με αφετηρία τον οικισμό της Εθιάς στον κακοτράχαλο δρόμο προς Άγιο Νικήτα για περίπου 300 μέτρα, παρατηρούμε μία καθαρά κλαστική ακολουθία χρώματος κυρίως σκούρο καφέ έως γκρι (Οριζοντιογραφία 4. Σχηματισμός 2). Ειδικότερα απαρτίζεται από πηλίτες σε λεπτές στρώσεις (έως 1cm) και λίγους ψαμμίτες με παρεμβολές ανθρακικών τεμαχών νηρητικής φύσεως. Σε σπάνιες περιπτώσεις είναι πιθανό να εντοπίζονται ηφαιστειακά τεμάχια βασικής σύστασης. Η παραμόρφωση είναι έντονη με την παρουσία πλήθους πτυχών και μικρής κλίμακας κανονικών ρηγμάτων, ενώ παρουσιάζει χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση. Οι πηλίτες κατά θέσεις έχουν θρυμματιστεί ενώ εμφανίζουν μία λάμψη υποδηλώνοντας πιθανόν μεταμορφικά γεγονότα (αργιλικός σχιστόλιθος). Σε γενικές γραμμές ο εν λόγω σχηματισμός χαρακτηρίζεται από μία γενική κλίση 25° με διεύθυνση 355° . Τα ανθρακικά τεμάχια μπορεί να θεωρηθεί ότι απαρτίζουν τεκτονικές ζώνες και ειδικότερα τεκτονικά λατυποπαγή, διότι όπου εμφανίζονται η εικόνα δύναται να είναι χαοτική. Σε διαφορετική περίπτωση ένα άλλο σενάριο θα μπορούσε να αναφέρεται σε ολισθόλιθους. Ο εν λόγω λοιπόν κλαστικός σχηματισμός μπορεί να θεωρηθεί ανάλογος με εκείνον που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως φλύσχης της ενότητας της Εθιάς.

Συνεχίζουμε την διαδρομή και σε απόσταση 300 μέτρων παρατηρούμε την απευθείας μετάβαση σε μία ανθρακική μάζα. Η μετάβαση χαρακτηρίζεται ως τεκτονική με διεύθυνση προς βορρά, η οποία παρεκκλίνει ελάχιστα προς δύση. Οι κλίσεις της τεκτονικής επαφής φαίνεται να είναι μεγαλύτερες από 45° . Η ανθρακική ακολουθία, χαρακτηρίζεται από μικριτικούς πλακάδες σε λεπτούς πάγκους (περίπου 5 cm πάχους) ασβεστόλιθους πλούσιους σε πυριτικές παρεμβολές και μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους σε εναλλαγές με πηλίτες (Οριζοντιογραφία 4. Σχηματισμός 6 & 5). Οι κλίσεις των ασβεστολίθων σε γενικές γραμμές κυμαίνονται από 20° έως 75° , με μία γενική διεύθυνση 330° ΒΔ. Συμπεραίνουμε, λοιπόν ότι πρόκειται για τα ανθρακικά του Ανωτέρου Κρητιδικού που τεκτονικά έρχονται σε επαφή με τον φλύσχη της Εθιάς (Εικόνα 3.4-19.).



Εικόνα 3.4-19. Τεκτονική επαφή ανθρακικών (c) του κρητιδικού της Εθιάς με τον φλύσχη της ίδιας ενότητας (f), με στοιχεία 70/354.

Αφού αφήσουμε πίσω την τεκτονική επαφή, εντύπωση μας προκαλεί το γεγονός ότι στον δρόμο επικρατούν κλαστικά ιζήματα, είναι προφανές ότι πρόκειται για προϊόν διάβρωσης αλλά τίνο; Αν διευρύνουμε την κλίμακα παρατήρησης, παρατηρούμε ότι το κλαστικό υλικό είναι άφθονο σε όλη την περιοχή και αναμειγμένο με ανθρακικούς ορίζοντες. Συνεπώς, είναι πολύ πιθανόν να πρόκειται για ανθρακικά μεταβατικά στρώματα προς τον φλύσχη. Μπορούμε να αναφέρουμε ότι από κάποια ανθρακικά με λιγότερες πηλιτικές ενδιαστρώσεις, μεταβαίνουμε σε κάποια ανθρακικούς ορίζοντες όπου αφθονούν οι πηλιτικές ενδιαστρώσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι στη θέση αυτή παρατηρούνται και μικρότερης κλίμακας ρήγματα που αναπτύσσονται αντίστοιχα με την κύρια τεκτονική επαφή για την οποία έγινε λόγος, όπου αυτά παρατηρούνται φέρνουν σε επαφή τους ασβεστόλιθους με τις λιγοστές πηλιτικές παρεμβολές με τους ασβεστόλιθους όπου αφθονούν οι πηλιτικές ενδιαστρώσεις. Στα επόμενα 150 μέτρα ο δρόμος διατρέχει κλαστικά ιζήματα τα οποία πιθανόν να αναφέρονται στην διάβρωση των πηλιτικών ενδιαστρώσεων. Αξίζει να σημειωθεί πως οι μικρής κλίμακας κλαστικές εμφανίσεις που εντοπίζονται δεν αποτυπώνονται στην οριζοντιογραφία του δρόμου, το ίδιο ισχύει και για τις λεπιώσεις της ακολουθίας.

Από το σημείο αυτό και για περίπου 1 km ο δρόμος τέμνει εκ νέου ανθρακικούς ορίζοντες με άλλοτε λιγότερο κι άλλοτε περισσότερες πηλιτικές παρεμβολές. Στα 500 μέτρα που έπονται, έχουμε την εμφάνιση μίας σχεδόν επίπεδης ασβεστολιθικής επιφάνειας η οποία φιλοξενείται σ' έναν αντίστοιχο κλαστικό σχηματισμό ανάλογο με πριν. Στην εν λόγω θέση παρατηρείται η επαφή ενός κλαστικού σχηματισμού μικρής έκτασης με τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους. Εικάζουμε πως η επαφή είναι τεκτονική και ειδικότερα επίπλευση του Κρητιδικού της ενότητας. Στα επόμενα 400 μέτρα και έως ότου συναντήσουμε την επόμενη επίπεδη έκταση, διακρίνουμε αντίστοιχα στρώματα με τα προαναφερθέντα. Ως σχηματισμός παρουσιάζεται έντονα πτυχωμένος με πτυχές και ανεπτυγμένος σε λεπτούς εναλλασσόμενους πάγκους πηλιτών κερατολίθων και ασβεστολίθων με πλήθος χαλαζιακών φλεβών (Οριζοντιογραφία 4. Σχηματισμός 5). Παλαιοντολογικές τομές στην αρχή και στο τέλος των 400 μέτρων έδειξαν την αφθονία πλαγκτονικών τρηματοφόρων (*Globigerina*, *Globorotalia*), φύκη και την πιθανή ύπαρξη βενθονικών τρηματοφόρων. Η ηλικία των εν λόγω ανθρακικών θεωρήθηκε Παλαιόκαινο-Ηώκαινο, ενώ ο παλαιογεωγραφικός χώρος θεωρήθηκε τύπου εξωτερικής κατωφέρειας (παλαιοντολογικές τομές TZ-3 & TZ.1 αντίστοιχα, Παράρτημα).

Στο επόμενο διάστημα μέχρι να προσεγγίσουμε την επικείμενη διασταύρωση, παρατηρούμε ότι από κάποιους ανθρακικούς ορίζοντες μεταβαίνουμε σε πηλιτικά και ψαμμιτικά ιζήματα με μαργαϊκούς και λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους με ελάχιστες πυριτικές παρεμβολές. Γενικότερα πρόκειται για μία κλαστική ως επί το πλείστον ακολουθία όπου δεν παρατηρούνται ηφαιστειακά ενώ αφθονούν οι μάργες. Σημειώνεται ότι είναι σημαντικά κατακερματισμένη πιθανόν λόγω του δρόμου και έντονα διαβρωμένη λόγω του λιθολογικού της χαρακτήρα. Η φύση της επαφής της κλαστικής με την ανθρακική ακολουθία χαρακτηρίζεται με μία επιφύλαξη ως κανονική λόγω των κλίσεων των ασβεστολίθων από παρατηρήσεις, σε παρακείμενες θέσεις. Στον δρόμο και τα πρηνή του, ήταν αδύνατο να εξαχθεί οποιοδήποτε συμπέρασμα. Συνεπώς, υποθέτουμε ότι η κλαστική ομάδα για την οποία γίνεται λόγος είναι αυτό που βιβλιογραφικά καλείται «Πρώτος

Φλύσχη» και υπόκεινται των ανθρακικών (Οριζοντιογραφία 4. Σχηματισμός 7 & 8).

Από την διασταύρωση και κινούμενοι νοτιοδυτικά ο δρόμος κόβει συνεχώς μία κλαστική ακολουθία που χαρακτηρίζεται πτυχωμένη και όπου δεν είναι έντονα διαβρωμένη βλέπουμε πηλιτικούς ορίζοντες σε εναλλαγές με πολύ λεπτούς πάγκους μαργαϊκών ασβεστόλιθων. (Οριζοντιογραφία 4. Σχηματισμός 7 & 8) (Εικόνα 3.4-20.). Βρισκόμαστε συνεχώς πάνω σε μία επίπεδη έκταση της οποίας οι λιθολογικοί χαρακτήρες παραμένουν σχετικά ίδιοι ενώ κοιτώντας συνεχώς λίγο υψηλότερα και ανατολικά παρατηρούμε την επαφή των ανθρακικών υπερκείμενα στα κλαστικά ιζήματα του πρώτου φλύσχη.



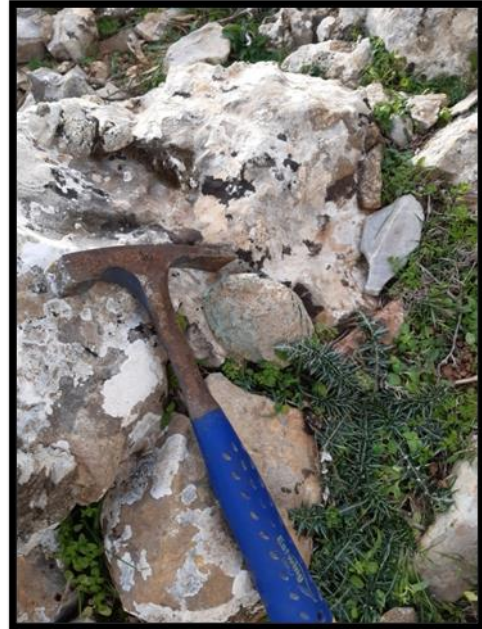
Εικόνα 3.4-20. Λιθολογίες «Πρώτου Φλύσχη»

Περισσότερα στοιχεία για τη μετάβαση από την κλαστική ιζηματογένεση στην ανθρακική ιζηματογένεση, αντλήσαμε ανηφορίζοντας εκτός δρόμου, με κατεύθυνση κάθετα στην διασταύρωση και βόρεια. Προχωρήσαμε, 30 μέτρα ανηφορικά και διατυπώσαμε τις εξής παρατηρήσεις- συμπεράσματα: Ο δρόμος κόβει μία κλαστική ακολουθία όπως έγινε ήδη αναφορά, αφήνοντας πίσω μας τον δρόμο και ανηφορίζοντας δεν υπάρχει κάποια αξιοσημείωτη παρατήρηση για τα πρώτα λιγιστά μέτρα. Το μαργαϊκό υλικό και γενικότερα το κλαστικό υλικό ως προϊόν αποσάθρωσης είναι άφθονο, μία κατάσταση που οφείλετε στις μεγάλες κλίσεις του πρανούς και την φύση του σχηματισμού. Η δομή όπου παρατηρείται δίνει μία γενικότερη κλίση προς τα Βόρεια-Βορειοδυτικά. Όσο πλησιάζουμε την επαφή με τα ανθρακικά παρατηρούνται πολύ λεπτές πηλιτικές ενδιαστρώσεις με κάποιες εξίσου λεπτές ασβεστολιθικές και ψαμμιτικές παρεμβολές. Αργότερα

και σε κανονική επαφή υπερκείμενα των κλαστικών παρατηρούμε μία πολύ ιδιαίτερη λιθολογικά φάση. Πρόκειται για έναν λατυποπαγή ορίζοντα πάχους περίπου 1-4 μέτρων, με λατύπες ποικίλης σύστασης από πηλιτικές, ψαμμιτικές, ανθρακικές, πυριτικές (Εικόνα 3.4-21) και κάποιες ελάχιστες μάλλον οφιολιθικές (Εικόνα 3.4-22). Δεν μπορούμε με βεβαιότητα να πούμε αν πρόκειται για οφιολιθικά στοιχεία ή πράσινου χρώματος πηλίτες.



Εικόνα 3.4-21. Πολύμεικτο Λατυποπαγές



Εικόνα 3.4-22. Πιθανό οφιολιθικό στοιχείο

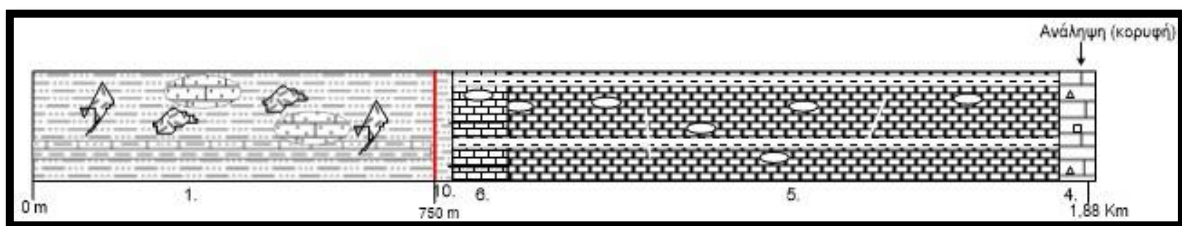
Στην συνέχεια από τους λατυποπαγείς ασβεστολίθους περνάμε σε μεσοστρωματώδεις συμπαγείς ασβεστολίθους πάχους περίπου 3 μέτρων με πυριτικές ενδιαστρώσεις (Εικόνα 3.4-23). Οι πηλιτικές παρεμβολές στους ανθρακικούς αυτούς ορίζοντες απουσιάζουν. Κατευθυνόμενοι όλο και υψηλότερα βρισκόμαστε σε στρωσιγενείς ανθρακικούς ορίζοντες με μικρή κλίση προς τα Βόρεια-Βορειοδυτικά, οι πηλιτικές παρεμβολές μεταξύ των ασβεστολίθων είναι υπαρκτές αλλά είναι μικρού πάχους και χωρίς κάποια ρυθμικότητα άλλοτε είναι περισσότερες κι άλλοτε λιγότερες. Σημειώνεται ότι και οι ανθρακικές στρώσεις άλλοτε έχουν πάχος έως κι 1,5 μέτρο, ενώ άλλοτε έχουν και πολύ μικρότερο, μεταξύ τους μεσολαβούν πηλίτες όπως προαναφέρθηκε. Το συνολικό πάχος των οριζόντων αυτών ανέρχεται περί τα 20 μέτρα και φτάνει μέχρι και την υψηλότερη κορυφή της ανάβασης.



Εικόνα 3.4-23. Ανθρακικός ορίζοντας με πυριτιολιθικές ενδιαστρώσεις

Στο νότιο περιθώριο της «τελευταίας» επίπεδης έκτασης διακρίνεται μία ανθρακική μάζα η οποία δεν φαίνεται εκ πρώτης όψεως ανάλογη με κάποια από τους σχηματισμούς που περιγράψαμε. Ειδικότερα, απαρτίζεται από έντονα κατακερματισμένους ωολιθικούς, μεσοστρωματώδεις συμπαγείς και γκριζωπούς ανοιχτόχρωμους έως σκούρους γκρι ασβεστόλιθους πλούσιους σε μικροαπολιθώματα (βενθονικά τρηματοφόρα), ενώ αναγνωρίστηκε και *Thaumatoporella* sp. Ανώτερης Κρητιδικής έως ηωκαινικής ηλικίας (παλαιοντολογική τομή TZ-2, Παράρτημα) (Οριζοντιογραφία 4. Σχηματισμός 16). Η εν λόγω διαφοροποίηση από τα ανθρακικά που προηγήθηκαν μπορεί να τεκμηριωθεί είτε ως επιφανειακή εμφάνιση των ανθρακικών της ενότητας Τρίπολης Κρητιδικής ηλικίας, είτε ως ιδιόμορφη νηρητική φάση εντός της ενότητας Πίνδου-Εθιάς, είτε ως ανεξάρτητη αποσφηνωμένη ενότητα μεταξύ Εθιάς-Τρίπολης συνοδευόμενη και από τα αντίστοιχα ιζήματα που εμφανίζονται νοτιότερα (παλαιοντολογική τομή TZ-16, Παράρτημα).

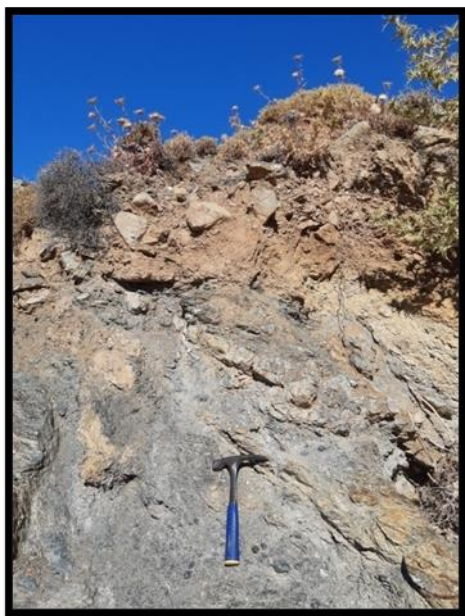
▪ Γεωλογικός σχολιασμός διαδρομής Εθιά – Ανάληψη



Οριζοντιογραφία 5. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου Εθιά-Ανάληψη (περισσότερα στο κείμενο)

Αφήνοντας το αυτοκίνητο στην πλατεία πίσω από τη μεγάλη εκκλησία του χωριού και κινούμενοι πεζή ανεβαίνουμε τον αγροτικό χωματόδρομο που οδηγεί στην «Ανάληψη», σημειώνεται ότι ο δρόμος είναι κακός και σε πολλά σημεία έχει καταστραφεί μετά τις έντονες βροχοπτώσεις του 2020. Λίγο έξω από το χωριό στα πρηνή του δρόμου είναι ευδιάκριτοι διάφοροι πηλιτικοί και ψαμμιτικοί ορίζοντες. Οι δομές που παρουσιάζουν είναι χαοτικές, ο σχηματισμός είναι έντονα πτυχωμένος, τεκτονικά καταπονημένος και σημαντικά αποσφηνωμένος. Το σκηνικό για αρκετά μέτρα δεν αλλάζει, χαρτογραφούνται λεπτόκοκκα κλαστικά ιζήματα όπως μάργες, πηλίτες, και ψαμμίτες. Σεορισμένες θέσεις, παρεμβάλλονται ψαμμιτικοί όγκοι,

ενώ δεν απουσιάζουν και κάποια ηφαιστειακά στοιχεία αναμεμειγμένα στον κλαστικό σχηματισμό. Για το εν λόγω διάστημα επικρατούν κίτρινοι πηλίτες όπου κατά θέσεις διατηρούν τον τεκτονισμό τους. Από την άλλη πλευρά οι μάργες είναι εύθρυπτες και τα χρώματα τους είναι βυσσινόχρωμα και κίτρινα. Συγχρόνως διακρίνονται όγκοι ψαμμιτικών ασβεστολίθων χωρίς κάποια συνέχεια εντός του κλαστικού σχηματισμού. Τα ηφαιστειακά για τα οποία έγινε λόγος με κάποια επιφύλαξη χαρακτηρίζονται ως βασικά. Η εμφάνιση που περιγράφηκε φαίνεται να προσδιορίζει τον « Ηωκαινικό Φλύσχη της Εθιάς», ενώ θα μπορούσε κάλλιστα να θεωρηθεί ως «άγριος φλύσχη» (Οριζοντιογραφία 5. Σχηματισμός 1) (Εικόνα 3.4-24. & 3.4-25.).



Εικόνα 3.4-24. Ηφαιστειακά του φλύσχη της Εθιάς Εικόνα 3.4-25. Πηλίτες του φλύσχη της Εθιάς

Η κλαστική εικόνα διακόπτεται στην πρώτη ανατολική στροφή όπου ξεκινάει η ανάβαση προς την κορυφή της «Ανάληψης». Πριν την διακοπή της αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρείται μία λωρίδα μερικών δεκάδων μέτρων αρκετά λεπτόκοκκου ιζήματος (Οριζοντιογραφία 5. Σχηματισμός 10). Χαρακτηρίζεται από μεγάλο ποσοστό αργίλου και λεπτόκοκκο ασβεστίτη με ποικιλία χρωμάτων (γκρι έως κόκκινο). Έπεται ένας ανθρακικός σχηματισμός έντονα κατακερματισμένος που φαίνεται να υπέρκειται του «φλύσχη της Εθιάς» και της λωρίδας που προαναφέραμε (Εικόνα 3.4-26.). Εικάζουμε πως η συγκεκριμένη επαφή (φλύσχη Εθιάς και ανθρακικών) είναι τεκτονική και ειδικότερα μία εφίπλευση, ενώ η λεπτόκοκκη λωρίδα αντιπροσωπεύει ιζήματα εκείνου που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως «πρώτος φλύσχη», επομένως, η επαφή της με τον υποκείμενο άγριο φλύσχη είναι τεκτονική (εφίπλευση). Ο ανθρακικός σχηματισμός που προσδιορίζεται ως ασβεστολιθικός χαρακτηρίζει τα ανώτερα στρώματα της της Εθιάς, όπως φαίνεται στη συνέχεια της διαδρομής όπου η αρχικά άστρωτη εμφάνιση της επαφής μεταβαίνει σε μία ακολουθία από λεπτοπλακώδεις πολυπτυχωμένους ανοιχτόχρωμους ασβεστόλιθους, με κονδύλους και ενστρώσεις μαύρων πυριτιολίθων. Συχνές είναι οι παρεμβολές πηλιτικών ενδιαστρώσεων εντός των ανθρακικών σχηματισμών καθώς και οι χαλαζιακές φλέβες/έγκοιλα. Η εικόνα αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι και την κορυφή όπου διαδοχικές λεπίσσεις του κορυφαίου τμήματος της κολώνας δομούν το λόφο (Οριζοντιογραφία 5. Σχηματισμός 6 & 5).



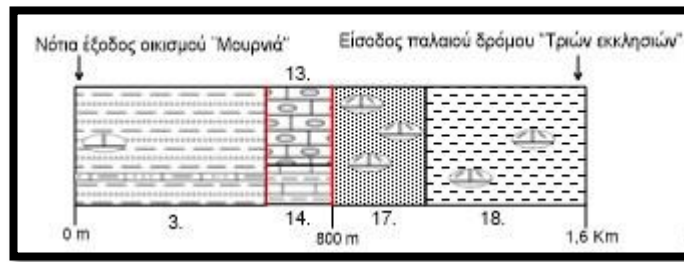
Εικόνα 3.4-26. Εφίπτευση του Κρητιδικού τμήματος της ενότητας της Εθιάς, στον φλύσχη της ίδιας ακολουθίας

Στην κορυφή τα ανθρακικά είναι εμφανώς διαφοροποιημένα. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για συμπαγή, σκουρόχρωμα, και απολιθωματοφόρα (με μη προσδιορίσιμα απολιθώματα) λατυποπαγή. Οι λατύπες είναι κυρίως ανθρακικής και λιγότερο πηλιτικής ή πυριτικής φύσεως. Πρόκειται για μία εμφάνιση που χρονολογείται στο Ανώτερο Κρητιδικό και χαρακτηρίζει ρηχότερη ιζηματογένεση στον χώρο του παλαιοωκεανού. (Οριζοντιογραφία 5. Σχηματισμός 4) (Εικόνα 3.4-27.). Σημειώνεται ότι προσδιορίσαμε αντίστοιχους λατυποπαγείς ασβεστόλιθους και στα λέπη, στην διαδρομή μας μέχρι την κορυφή.



Εικόνα 3.4-27. Προ-φλύσχη ανθρακικά της σειράς της Εθιάς

▪ **Γεωλογικός σχολιασμός διαδρομής ΜΤΕΚ:**



Οριζοντιογραφία 6. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου «ΜΤΕΚ» (περισσότερα στο κείμενο)

Στην νότια έξοδο του χωριού Μουρνια συναντάμε έναν αμιγώς κλαστικό σχηματισμό, φλυσχικού τύπου. Διαπιστώνεται, έντονα πτυχωμένος και μπουντιναρισμένος. Από λιθολογικής πλευράς, πρόκειται για εναλλαγές ψαμμιτών και πηλιτών σε λεπτούς πάγκους διαφόρων φάσεων (ποικιλία χρωμάτων). Σπάνια είναι εφικτό να παρατηρηθούν και ανθρακικές ενδιαστρώσεις. Τον εν λόγω σχηματισμό τον συναντάμε για απόσταση 600 μέτρων από τη νότια έξοδο του χωριού. Θεωρούμε πως αντιστοιχεί στον κανονικό φλύσχη της ενότητας Εθιάς (Οριζοντιογραφία 6. Σχηματισμός 3).

Στη συνέχεια, μεταβαίνουμε σε μία μικρή σε πάχος (περίπου 50 μέτρα) εμφάνιση ασβεστολίθων οι οποίοι υποδηλώνουν ανθρακική ιζηματογένεση. Οι συγκεκριμένοι ασβεστόλιθοι είναι λεπτοπλακώδεις με ανάστροφες πτυχές μεγάλης και μικρής κλίμακας και ρηγματωμένοι. Η εικόνα αυτή παρατηρείται με ευκολία αν κοιτάξουμε το νότιο πρηνές στο σημείο όπου ο δρόμος κινείται με διεύθυνση Α-Δ. Οι εν λόγω ασβεστόλιθοι προσομοιάζουν με εκείνους που παρατηρούνται στην Περβόλα (Οριζοντιογραφία 6. Σχηματισμός 13). Χαρακτηρίζονται από πλήθος χαλαζιακών φλεβών, silex, μικρές κλίσεις (από 15 έως 30 μοίρες) προς ΒΔ και την ύπαρξη μακροαπολιθωμάτων σε σκοτεινότεφρους (σπάνιους) πάγκους ασβεστολίθων. Τα μακροαπολιθώματα αυτά φαίνεται εκ πρώτης όψεως να αντιστοιχούν σε τομές πυριτικών κελυφών. Σε συνέχεια υποκείμενα αυτών εναλλάσσονται σε λεπτούς πάγκους μάργες ερυθρές με ανάλογο χρώματος πυριτολίθων και σπάνια ενδιαστρώσεις ασβεστολίθων (Οριζοντιογραφία 6. Σχηματισμός 14). Όπως και πριν έτσι και τώρα ο εν λόγω σχηματισμός είναι έντονα παραμορφωμένος ενώ έχει μία κύρια διεύθυνση 45° ΒΑ. Θεωρούμε πως αντιστοιχούν στο Ιουρασικό τμήμα της κολώνας της ενότητας Εθιάς ενώ παλαιοντολογική τομή στο ανθρακικό τμήμα έδειξε περιβάλλον λεκάνης και την αφθονία σε ραδιολάρια και filaments (παλαιοντολογική τομή TZ-13, Παράρτημα ΙΙΙ). Επομένως, η επαφή τους με το φλυσχικό σχηματισμό που περιγράψαμε νωρίτερα θεωρούμε πως είναι τεκτονική μιας και απουσιάζει το Κατώτερο Κρητιδικό τμήμα της κολώνας.

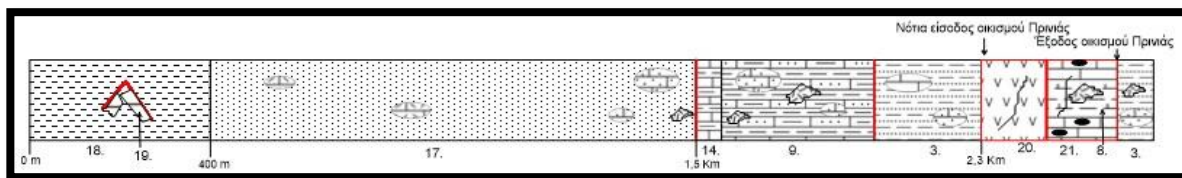
Από το σημείο αυτό και έως την είσοδο για τον παλαιό δρόμο των Τριών Εκκλησιών εκείνο που παρατηρούμε αρχικά είναι την εμφάνιση ενός φλύσχη που έχει όλα τα χαρακτηριστικά για να θεωρηθεί άγριος (Οριζοντιογραφία 6. Σχηματισμός 17). Ο άγριος φλύσχη μεταβαίνει σταδιακά σ' έναν κανονικό φλύσχη χρώματος ωχρού έως καφέ, αποτελούμενο από εναλλαγές λεπτών πάγκων (μικρότεροι των 2 cm) ψαμμιτών και πηλιτών (Οριζοντιογραφία 6. Σχηματισμός 18). Εντός αυτού είναι δυνατό να παρεμβάλλονται

φακοί από νηρητικούς λατυποπαγείς κυρίως ασβεστόλιθους πλούσιους σε νηρητικής πανίδα (Nummulites και άλλα). Οι γενική του κλίση είναι περίπου 30 με 45 μοίρες προς Β (350°). Στο σημείο αυτό με μία σχετική επιφύλαξη εικάζουμε ότι το φλυσχικό αυτό υλικό είναι της ενότητας Τρίπολης, πάνω στον οποίο επωθούνται τα πελαγικά ιζήματα της Εθιάς που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην θέση αυτή ο δρόμος κόβει την επώθηση και είναι χαρτογραφήσιμη στα πρηνή του δρόμου. Ωστόσο δεν πρόκειται για μία καθαρή επιφάνεια αλλά για μία ζώνη κατακερματισμένων ανθρακικών και κλαστικών ιζημάτων, που χαρακτηρίζουν το μέτωπο της επώθησης. Παλαιοντολογική τομή σε ασβεστόλιθο της εν λόγω ζώνης έδειξε την αφθονία σε πλαγκτονικά, βενθονικά τρηματοφόρα και εχινόδερμα ηλικίας Παλαιόκαινο- Ηώκαινο (παλαιοντολογικές τομές TZ-5, Παράρτημα ΙΙΙ). Επομένως, εικάζουμε πως τα εν λόγω ανθρακικά αντιπροσωπεύουν ιζήματα της ενότητας Τρίπολης τα οποία σχηματίστηκαν σε περιβάλλον κατωφέρειας συγχρόνως με την απόθεση του φλύσχη στην τάφρο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά μήκος του συγκεκριμένου τμήματος, αν κοιτάξουμε δυτικά βλέπουμε ότι οι λόφοι έχουν μία κόκκινη απόχρωση. Αυτή η παρατήρηση είναι ικανή να υποδηλώσει και την σχετική τους ηλικία αλλά και την τοποθέτηση του στον παλαιογεωγραφικό χώρο της ενότητας Εθιάς. Στοιχεία που μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα ιζήματα αυτά τοποθετούνται τεκτονικά (επωθούνται), στον υποκείμενο φλύσχη της Τρίπολης. Η εν λόγω επαφή είναι χαρτογραφήσιμη στα πρηνή των λόφων.

Συνοψίζοντας, θεωρούμε ότι το πρώτο κλαστικό που περιγράφεται αντιπροσωπεύει τον τυπικό ηωκαινικό φλύσχη Πίνδου-Εθιάς. Τα ανθρακικά σε συνδυασμό με την πυριτική/κλαστική ακολουθία, προσδιορίζουν το Ιουρασικό της κολώνας Πίνδου-Εθιάς του οποίου η εμφάνιση οφείλεται στην δράση ενός κανονικού ρήγματος διεύθυνσης Α-Δ, για το οποίο δεν εντοπίσαμε επιφανειακά στοιχεία και το υποθέτουμε από τις γεωμετρίες των σχηματισμών, ένα άλλο σενάριο θα μπορούσε να αναφέρεται σε εφίπλευση. Το δεύτερο κλαστικό θεωρούμε ότι αντιπροσωπεύει «άγριο» φλύσχη της ενότητας της Τρίπολης το οποίο είναι κυρίως αποτέλεσμα δράσης της επώθησης της ενότητας Πίνδου-Εθιάς. Κλείνοντας, το τρίτο κλαστικό είναι χαρακτηριστικό ενός τυπικού φλύσχη της ενότητας Τρίπολης.

▪ Περιγραφή διαδρομής ΠΤΕΚ



Οριζοντιογραφία 7. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου ΠΤΕΚ (περισσότερα στο κείμενο)

Στη διαδρομή ΠΤΕΚ κινηθήκαμε στον αγροτικό παράδρομο που κατευθύνεται προς το χωριό του Πρινιά, με την είσοδο στον συγκεκριμένο δρόμο να επιτυγχάνεται από τον ασφαλτοστρωμένο δρόμο Παρανύμφων-Τριών Εκκλησιών. Οι παρατηρήσεις επί της συγκεκριμένης διαδρομής φτάνουν έως και τη βόρεια έξοδο του χωριού.

Ειδικότερα, στα πρώτα 400 μέτρα έχουμε μία κλαστική ακολουθία με γενική κλίση 45μοιρών προς τα ΒΔ (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 18). Περιγράφεται από εναλλαγές ψαμμιτών και πηλιτών χρώματος ωχρού, καστανού έως κίτρινου με πάχη οριζόντων στην πλειονότητά τους μικρότερα των 2 cm. Ο εφελκυσμός του σχηματισμού είναι έντονος, όπως αποτυπώνεται σε σύστημα συζυγών ρηγμάτων κλίσεων από 50 έως 55 μοιρών που εντοπίζονται λίγο μετά την είσοδο μας στο δρόμο. Κατά θέσεις, τα ρήγματα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την επιφανειακή εμφάνιση των υποκείμενων ανθρακικών της ενότητας της Τρίπολης με Nummulites (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 19). Στα επόμενα 1000 μέτρα το πέτρωμα παραμένει το ίδιο αλλά η αναγνώρισή του είναι δυσκολότερη, σ' αυτό συμβάλλουν τόσο η ανθρωπογενής δραστηριότητα (γεωργικές εκτάσεις, όργωμα και άλλα), φυσικά φαινόμενα αποσάθρωσης και διάβρωσης όσο και το ότι βρισκόμαστε όλο και πιο κοντά στο μέτωπο της επώθησης (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 17). Ο σχηματισμός από λιθολογική σκοπιά, είναι ο ίδιος με αυτόν που περιγράψαμε στο τέλος της προηγούμενης διαδρομής.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κατά μήκος της πορείας μας αν κοιτάξουμε Β-ΒΔ, οι λόφοι που υψώνονται εκ πρώτης όψης δομούνται από τον χαρακτηριστικό κοκκινωπό Ιουρασικό σχηματισμό κι έναν ανώτερο αυτού κλαστικό ο οποίος θεωρούμε ότι αντιπροσωπεύει τον Πρώτο Φλύσχη (Ραδιολαρίτες s.s). Επομένως, τα ασύνδετα τεμάχια που καλύπτουν τον φλύσχη θεωρούμε ότι προέρχονται από τους εν λόγω λόφους. Αποτελούν κυρίως ασύνδετο κλαστικό υλικό και τεμάχια χαλικοπαγών ασβεστολίθων. Επομένως, από την θέση αυτή μπορούμε με μία επισφάλεια, να χαρτογραφήσουμε το μέτωπο της επώθησης των σχηματισμών της ενότητας Εθιάς πάνω στον φλύσχη της ενότητας Τρίπολης. Μία επιφάνεια η οποία όπως και σε άλλες περιπτώσεις δεν είναι εύκολα χαρτογραφήσιμη, αποτέλεσμα της πλαστικότητας των σχηματισμών και της εκτεταμένης μετακίνησης του καλύμματος της Εθιάς. Άρα, είναι ορθότερο να διατυπώσουμε ότι η επώθηση αφορά μία τεκτονική μάζα ιζημάτων ποικίλης λιθολογικής σύστασης κι όχι μία σαφώς ορισμένη επιφάνεια.

Μετά από πορεία 1500 μέτρων περίπου μεταβαίνουμε σ' ένα κυρίως πυριτικό-πηλιτικό σχηματισμό (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 14). Αποτελείται από λεπτούς πάγκους ραδιολαριτών, ερυθρών μαργών και ασβεστολίθων με μέγιστο πάχος (σε κάθε πάγκο) τα 5 cm. Το εν λόγω σχηματισμό τον συναντάμε για περίπου 200 μέτρα, ενώ προσομοιάζει με εκείνον που διακρίθηκε στο Περβολιανό και στο δρόμο Ροτάσι προς Εθιά. Επιπλέον, υποθέτουμε ότι είναι ο ίδιος κοκκινωπός σχηματισμός που φαίνεται να δομεί τους λόφους και να χαρακτηρίζει το μέτωπο της επώθησης. Συμπεραίνουμε, ότι σε αυτό το σημείο ο δρόμος κόβει την επώθηση, η οποία χαρακτηρίζεται από την επαφή των δύο αυτών σχηματισμών που προαναφέραμε.

Στην συνέχεια, για τα επόμενα 300 μετρά μεταβαίνουμε σε λιθολογίες περισσότερο κλαστικές, όπου σταδιακά επικρατούν οι πηλίτες (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 9). Ειδικότερα, αφήνουμε πίσω μας τις ερυθρές μάργες και τους ασβεστολίθους, μεταπίπτοντας μέσω κανονικής επαφής σε πυριτικούς ασβεστολίθους με κλαστικές ενδιαστρώσεις και κάποιους ραδιολαρίτες, ενώ αργότερα επικρατεί το κλαστικό υλικό οι πηλίτες και οι ψαμμίτες με ελάχιστες ανθρακικές παρεμβολές ψαμμιτικών ασβεστολίθων. Οι περιγραφές αυτές υποθέτουμε ότι αντιστοιχούν σε ιζήματα του πρώτου φλύσχη. Σημειώνεται ότι η εικόνα

δεν είναι σαφής: η εκτεταμένη παραμόρφωση και αποσάθρωση κάνουν την παρατήρηση ιδιαίτερα δύσκολη.

Έπειτα, το δρόμο φαίνεται να τον διατρέχει κάθετα ένα ρήγμα, το οποίο δεν είναι εμφανές αλλά κινούμενοι είτε στο λόφο δυτικά είτε ανατολικά υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν την παρουσία του. Πιο συγκεκριμένα, μετά από 300 μέτρα περνάμε στον ηφωκαινικό φλύσχη της Εθιάς ο οποίος σε πρώτη φάση δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις από τον κλαστικό σχηματισμό που προσδιορίσαμε ως Πρώτο φλύσχη. Κάποιες πολύ μικρές διαφορές κυρίως όσον αφορά τον βαθμό παραμόρφωσης μας έκαναν να αποδώσουμε διαφορετικό χαρακτηρισμό για τα δύο κλαστικά τα οποία έρχονται σε επαφή εξαιτίας της δράσης του ρήγματος που προαναφέρθηκε. Για τα επόμενα 300 μέτρα το σκηνικό είναι μονότονα κλαστικό (πηλίτες και ψαμμίτες), παραπλεύρως του δρόμου εντοπίζονται κάποιες ανθρακικές παρεμβολές (πιθανόν ολισθόλιθοι), ενώ κατά θέσεις κάποια κροκαλοπαγή και ψαμμιτικές μάζες είναι ορατές (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 3).

Το σκηνικό αλλάζει όταν πλέον έχουμε προσεγγίσει το χωριό του Πρινιά, πράσινοι βράχοι οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως οφιόλιθοι τοποθετούνται τεκτονικά ανώτερα του φλύσχη της Εθιάς (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 20) (Εικόνα 3.4-28.). Πιο συγκεκριμένα, τους εντοπίζουμε υπό την μορφή ράκους υπερκείμενα στον φλύσχη της Εθιάς. Ιδιαίτερη ανάλυση και περιγραφή για τους οφιόλιθους δεν έχει υλοποιηθεί, ενώ αναφέρεται ότι πρόκειται για σερπεντινίτες και σπιλίτες.



Εικόνα 3.4-28. Οφιόλιθοι (σερπεντινίτες) στο χωριό Πρινιάς

Αφού, συνεχίσουμε την πορεία μας και βγαίνοντας από το χωριό συναντάμε επωθημένη πάνω στους οφιόλιθους την ενότητα της Άρβης (Οριζοντιογραφία 7. Σχηματισμός 21). Σε γενικές γραμμές πρόκειται για κάποιες πολύ ιδιόμορφες μαργαϊκές ή ανθρακικές φάσεις χρώματος μπεζ με μαύρους κονδύλους πυριτιολίθων (Εικόνα 3.4-29. & 3.4-30.), που δεν παρατηρήθηκαν σε άλλη θέση, ενώ συναντώνται αναμε-

μιγμένες με κάποια κλαστικά και βασικά ηφαιστειακά ιζήματα. Άξιο αναφοράς είναι πως παλαιοντολογική τομή στα μαργαϊκά ανθρακικά έδειξε την παρουσία ρουδιστών, γεγονός που δημιουργεί πολλά ερωτήματα που δεν δύναται στην συγκεκριμένη εργασία να απαντηθούν (Παλαιοντολογική τομή TZ-10, Παράρτημα). Αξίζει να αναφερθεί πως τόσο οφιόλιθοι όσο και η ενότητα της Άρβης διακόπτονται από διαφόρων γενεών χαλαζιακές κυρίως φλέβες.

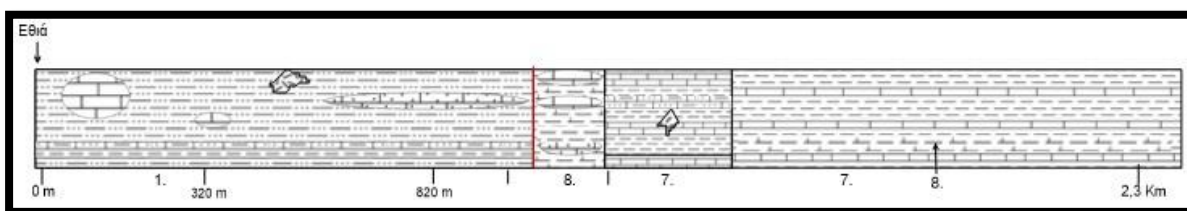


Εικόνα 3.4-29. Κόνδυλοι πυριτιολίθων



Εικόνα 3.4-30. Ανθρακικά της ενότητας Άρβης

▪ **Περιγραφή οδοιπορικής διαδρομής Εθιά-Αγεντριά:**



Οριζοντιογραφία 8. Συνοπτική οριζοντιογραφία δρόμου «Εθιάς-Αγεντριάς» (περισσότερα στο κείμενο)

Από την στιγμή που αφήνουμε πίσω μας το χωριό και κινούμαστε στον επαρχιακό δρόμο προς Αγεντριά, επικρατεί το κλαστικό υλικό ενώ οι ανθρακικές μάζες είναι λιγοστές. Ειδικότερα, τα πρώτα μερικά μέτρα επικρατεί το κλαστικό υλικό, όπου αφθονούν οι πηλίτες και οι μάργες. Μετά την έξοδο από το χωριό σε απόσταση 150 μέτρων στο βόρειο πρανάς του δρόμου χαρτογραφείται μία ανθρακική μάζα η οποία υψώνεται για αρκετά μέτρα. Η φύση της συγκεκριμένη δείχνει μία ποιο νηρητική φάση και αποδίδεται στα πλαίσια ολίσθησης (από άγνωστη προέλευση) όταν η λεκάνη υποβυθιζόταν και δέχονταν το φλυσχικό κλαστικό υλικό. Στο εν λόγω σημείο στη νότια πλευρά του δρόμου στο ρέμα που αναπτύσσεται χαρτογραφείται η κανονική επαφή του φλυσχικού σχηματισμού με το Ανώτερο Κρητιδικό το οποίο αναπτύσσεται στην πλαγιά Νότια του χωριού, η συγκεκριμένη θέση περιγράφεται εκτενέστερα σε άλλο σημείο.

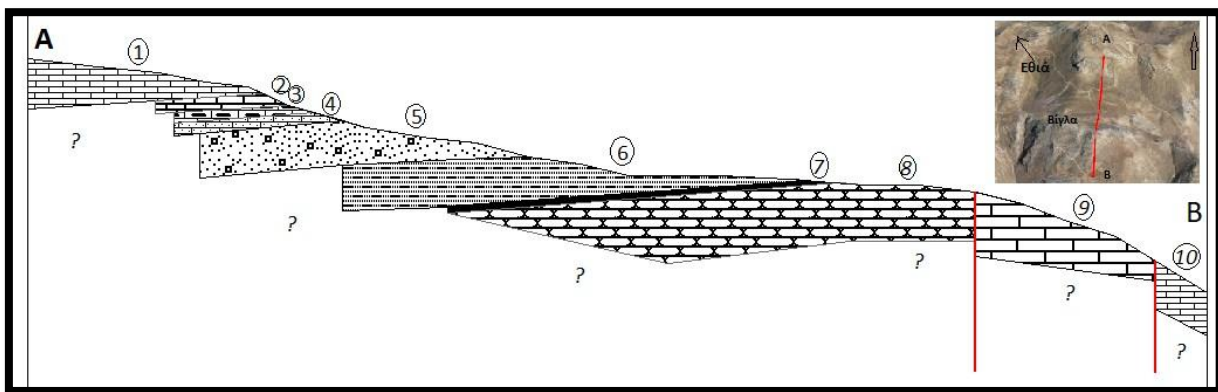
Συνεχίζουμε την πορεία μας και οι διαπιστώσεις δεν αλλάζουν σημαντικά, το κλαστικό στοιχείο είναι άφθονο σε πηλίτες με ψαμμιτικές παρεμβολές και μαργαϊκό υλικό, αναδιαμορφώνουν το σκηνικό. Η δομή τους είναι άλλοτε λιγότερο κι άλλοτε περισσότερο χαοτική. Σε ορισμένα σημεία ανθρακικά και η-

φαιστειακά τεμάχια μικρών διαστάσεων είναι αναμειγμένα στο κλαστικό υλικό. Η εν λόγω εμφάνιση διατηρείται σχετικά σταθερή για τα επόμενα 500 με 700. Με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα φαίνεται πως βρισκόμαστε στον κανονικό φλύσχη της ενότητας Εθιάς (Οριζοντιογραφία 8. Σχηματισμός 1).

Στην πρώτη αριστερή στροφή παρατηρούμε κόκκινα χρώματα πηλιτών και μαργών σε εναλλαγές με ψαμμίτες, ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους και κάποιους πελαγικούς λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους (Οριζοντιογραφία 8. Σχηματισμός 8). Η εμφάνιση είναι έντονα κατακερματισμένη και διαβρωμένη, ο χαοτικός χαρακτήρας των ιζημάτων αποδίδεται στα πλαίσια της τεκτονικής τοποθέτησης τμήματος της κολώνας της Εθιάς στον φλύσχη της ίδιας ενότητας. Ο σχηματισμός όσο απομακρυνόμαστε από το μέτωπο της επαφής, φαίνεται να μεταπίπτει σε περισσότερους ψαμμίτες, κόκκινους πηλίτες, ανθρακικές ενδιαστρώσεις και πυριτικούς οριζόντες με μικρότερο βαθμό παραμόρφωσης (Οριζοντιογραφία 8. Σχηματισμός 7). Στην συνέχεια ο δρόμος ακολουθεί ανηφορική πορεία, όπου οι ανθρακικές ενδιαστρώσεις σταδιακά μειώνονται και η ακολουθία περνάει σε έναν σαφώς πιο λεπτόκοκκο κλαστικό χαρακτήρα με μεγάλους πηλιτικούς πάγκους κυρίως κιτρινωπού χρώματος, όπου παρατηρούνται για αρκετό διάστημα. Αν κινηθούμε ανηφορικά στο πρηνές του δρόμου και ξεπεράσουμε τους πηλίτες, βρισκόμαστε στην Κρητιδικής ηλικίας ανθρακική εμφάνιση της «Εθιάς». Την επαφή του συγκεκριμένου σχηματισμού ο οποίος χαρακτηρίζει τον «πρώτο φλύσχη» με το ανθρακικό τμήμα άνω κρητιδικής ηλικίας, την παρατηρούμε στη βόρεια πλαγιά της κλειστής αριστερής στροφής, ένα σημείο το οποίο περιγράφει και ο Bonneau.

3.4.3. Σχολιασμός Περιοχών μέσω σχεδιαστικών Γεωλογικών Τομών

▪ Γεωλογική στρωμάτωση ανατολικότερα της θέσης «Βίγλα» στο Νοτιοανατολικό τμήμα του Χάρτη



Εικόνα 3.4-31. Σχεδιαστική Γεωλογική τομή στην θέση που φαίνεται πάνω δεξιά στην εικόνα

Η γεωλογική τομή παραπάνω παριστάνει σχεδιαστικά ότι περιγράφεται παρακάτω. Η περιγραφή μας ξεκινάει από τον «Σχηματισμό 1», πρόκειται για έναν ανθρακικό σχηματισμό με κάποιες κλαστικές ενδιαστρώσεις. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για ασβεστόλιθους σε ορισμένες περιπτώσεις μικρολατυποπαγείς με κάποιους κονδύλους κι ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων, ενώ κάποιες πηλιτικές παρεμβολές ανά διαστήματα είναι παρούσες. Η κλίση των ανθρακικών είναι περίπου 40° ΒΔ. Οι ασβεστόλιθοι από σχετικά απολιθώματα χρονολογούνται στο Ανωτέρου Κρητιδικού ανθρακικό τμήμα της ενότητας της Εθιάς.

Ενώ, κατηφορίζοντας βλέπουμε ότι τοποθετούνται πάνω σ' έναν χαρακτηριστικό ανθρακικό ορίζοντα, όπου αφθονούν οι ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων, «Σχηματισμός 2» (Εικόνα 3.4-32). Ο ορίζοντας αυτός είναι χαρακτηριστικός και σημείο αναφοράς για την χαρτογράφηση, καθώς σηματοδοτεί ότι είμαστε κοντά στα κατώτερα κλαστικά στρώματα του Ανωτέρου Ιουρασικού - Κατωτέρου Κρητιδικού. Στην συγκεκριμένη θέση το πάχος του είναι περίπου 20 μέτρα ενώ σε άλλες θέσεις δύναται να είναι και μεγαλύτερο. Ο ορίζοντας αυτός τοποθετείται πάνω σε πολύμεικτα λατυποπαγή με κλάστες ανθρακικής, πηλιτικής, ψαμμιτικής και ίσως κάποιους ηφαιστειακής προέλευσης το πάχος του είναι μικρό της τάξεως των 2 – 3 μέτρων, «Σχηματισμός 3». Οι σχηματισμοί που έχουν περιγραφεί μέχρι αυτή την στιγμή χαρακτηρίζονται από παρόμοια κλίση και οι επαφές τους είναι κανονικές.



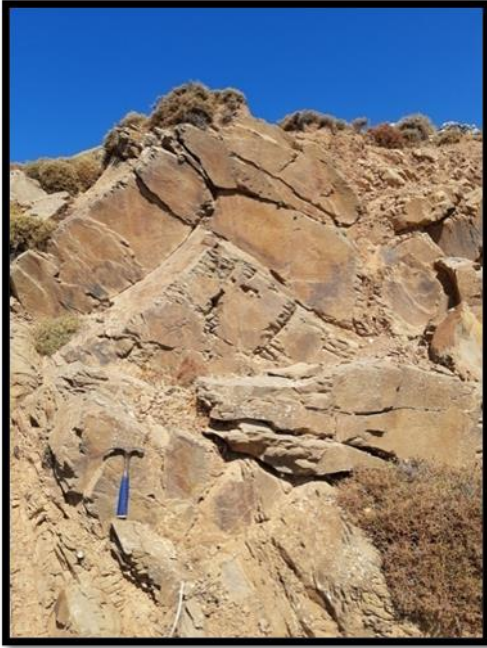
Εικόνα 3.4-32. Κρητιδικά ανθρακικά της Εθιάς με άφθονες πυριτιολιθικές ενδιαστρώσεις.

Ο «Σχηματισμός 4», που ακολουθεί είναι παλαιότερος από τους προαναφερθέντες πρόκειται για μία κλαστική ακολουθία σε εναλλαγές με ανθρακικούς λεπτοστρωματώδεις ορίζοντες και σηματοδοτεί την μετάβαση από την κλαστική ιζηματογένεση του Κατωτέρου Κρητιδικού στην ανθρακική ιζηματογένεση του Ανωτέρου Κρητιδικού - Παλαιοκαίνου. Πιο συγκεκριμένα, τα κλαστικά αναφέρονται σε κίτρινες μάργες και σπανιότερα σε πιο χονδρόκοκκο κλάσμα. Ενώ τα ανθρακικά προσδιορίζονται από ασβεστόλιθους, μαργαϊκούς σε πολλές περιπτώσεις (Εικόνα 3.4-33.).



Εικόνα 3.4-33. Πρώτος Φλύσσης

Στη συνέχεια μεταβαίνουμε σ' έναν κατεξοχήν κλαστικό σχηματισμό, τον υπ' αριθμόν 5. Από βόρεια της νότια διακρίνουμε της εξής επί μέρους ορίζοντες: Έναν ορίζοντα μεγάλου συγκριτικά πάχους με πηλιτικούς πάγκους που ξεπερνούν σε της περιπτώσεις το ένα μέτρο πάχος (Εικόνα 3.4-34). Στην συνέχεια έχουμε λεπτότερους πηλιτικούς πάγκους (της τάξεως εκατοστών) σε εναλλαγές με ψαμμιτικούς ορίζοντες πάχους εκατοστών. Κατά θέσεις αφθονεί το μαργαϊκό υλικό ενώ είναι πιθανόν να παρατηρούνται και Pillow Lavas (Εικόνα 3.4-35.).



Εικόνα 3.4-34. Πηλιτικοί πάγκοι στον πρώτο φλύσχη



Εικόνα 3.4-35. Πρώτος φλύσχη

Στην συνέχεια στρωματογραφικά κατώτερα σε κανονική επαφή με τον προηγούμενο σχηματισμό συναντάμε το σχηματισμό 6 (Εικόνα 3.4-36.). Διακρίνεται από την επικράτηση ροζ έως κόκκινων αποχρώσεων. Πιο συγκεκριμένα από βορειότερα προς νοτιότερα διακρίνεται: Σε μία σειρά κόκκινων μαργών και κόκκινων πηλιτών με κάποιες παρεμβολές αντίστοιχων χρωμάτων μικριτικών ασβεστολίθων και ραδιολαριτών, σε οριζόντες πάχους λίγων εκατοστών. Νοτιότερα επικρατούν περισσότεροι ασβεστόλιθοι σε ορισμένες περιπτώσεις ψαμμιτικοί σε εναλλαγές με κόκκινες μάργες. Ενώ ακόμα νοτιότερα παρατηρούμε χαρακτηριστικούς κερατόλιθους, ιάσπιδες ολοπυριτικούς με ακτινόζωα. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρεμβάλλονται κάποιες μικρολατυποπαγείς ασβεστολιθικές σειρές τα χρώματα που επικρατούν είναι το κόκκινο ενώ κατά θέσεις και πράσινοι ραδιολαρίτες κάνουν την εμφάνισή τους. Οι κλίσεις και σε αυτή την περίπτωση μετρήθηκαν περίπου 40° προς τα ΒΔ.



Εικόνα 3.4-36. Ραδιολαρίτες και κλαστικό υλικό παρουσία κόκκινων ανθρακικών

Κινούμενοι ακόμα νοτιότερα, παρατηρούμε μία χαρακτηριστική τραχιά επιφάνεια που χαρακτηρίζεται από πρασινωπό χρώμα και την παρουσία κάποιων λίγων ασβεστολιθικών τεμαχών. Θα μπορούσε να πρόκειται για μία τεκτονική επιφάνεια (τεκτονικό λατυποπαγές). Στην τομή αναφέρεται ως σχηματισμός 7 και το πάχος είναι πλασματικό διότι στην πραγματικότητα πρόκειται για μερικά εκατοστά (Εικόνα 3.4-37.) .



Εικόνα 3.4-37. «Hard Ground» ή κατακλαστική ζώνη

Η επιφάνεια αυτή ορίζει την επαφή του «Σχηματισμού 6» με τον «Σχηματισμό 8». Ο τελευταίος αναφέρεται σε έναν ανθρακικό σχηματισμό. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται σε ωολιθικούς ασβεστόλιθους με εντυπωσιακής ανάπτυξης κονδύλους πυριτιολίθων (Εικόνα 3.4-38.). Κάποια παχιά λατυποπαγή σε ορισμένες θέσεις είναι ορατά με λατύπες κυρίως ανθρακικής φύσεως. Ο σχηματισμός αυτός αναφέρεται στο Τριαδικό-Ιουρασικό ανθρακικό τμήμα της Εθιάς.



Εικόνα 3.4-38. Ανθρακικά με κονδύλους πυριτιολίθων. Κατώτερο Ιουρασικό

Κινούμενοι όλο και νοτιότερα, χαρτογραφούμε μία χαοτική δομή κατακερματισμένων ανθρακικών, συνδυάζοντας και κάποιες άλλες διαπιστώσεις στην ευρύτερη περιοχή, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για κάποια τεκτονική ζώνη. Νοτιότερα της οποίας χαρτογραφούμε ανθρακικούς μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ορίζοντες με βενθονικά τρηματοφόρα, πελοειδή και ωοειδή, «Σχηματισμός 9». Ο σχηματισμός αυτός χρονολογείται στο Κρητιδικό και λόγω του περιβάλλοντος που προσδιορίστηκε, δηλαδή ρηγή λιμνοθάλασσα, τον χαρτογραφούμε ως ανθρακικό της ενότητας της Τρίπολης. Σημειώνεται ότι δεν μετρήθηκε κλίση.

Η χαρτογράφηση αυτού του σχηματισμού και η επαφή του με τους υπόλοιπους είναι συζητήσιμη και χρήζει εντατικότερης ενασχόλησης και παρατηρήσεων. Εμείς σε αυτή την εργασία προτείνουμε μία προσέγγιση θεωρώντας σε μεγάλο βαθμό εσφαλμένο το γενικευμένο συμπέρασμα του Bonneau για Κρητικά σε όλη την νοτιοδυτική αυτή περιοχή. Σε καμία περίπτωση όμως δεν θεωρούμε απόλυτα σωστή και την προσέγγιση μας, εφόσον δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία.

Ακόμα νοτιότερα παρατηρούμε ότι τα ανθρακικά που προσδιορίζουν τον σχηματισμό εννέα, διακόπτονται κι έρχονται σε επαφή (τεκτονικά) μ' έναν σχηματισμό με σαφώς πιο πελαγικό χαρακτήρα που χαρακτηρίζεται από ανθρακικούς ορίζοντες κι άφθονες κλαστικές ενδιαστρώσεις (Εικόνα 3.4-39.). Λόγω του δύσβατου της περιοχής ο προσδιορισμός της νοτιότερης αυτής σειράς έγινε από μακρινές αποστάσεις, καθώς η προσέγγισή της δεν κατέστη εφικτή.



Εικόνα 3.4-39. Ανθρακικές φάσεις σε εναλλαγές κλαστικές

3.5. Στρωματογραφικές και τεκτονικές παρατηρήσεις Μεταλλικών σχηματισμών

Η λεκάνη του Χάρακα αποτελεί επιμέρους υπολεκάνη της τάφρου της Μεσαράς (Kritsotakis, 2009) και περικλείει όλο το χαρτογραφούμενο τμήμα της πεδιάδας στην παρούσα μελέτη. Στρωματογραφικά φαίνεται να καλύπτεται (επιφανειακά) από ασύνδετα τεμάχια αλπικών σχηματισμών, πινδικής κυρίως προέλευσης.

Πλησίον της οροσειράς των Αστερουσίων κυριαρχούν ανθρακικά τεμάχια διαφόρων μεγεθών. Οι μεγάλοι όγκοι ασβεστιτικές μάζες είναι αποτέλεσμα βαρυτικών καταρρεύσεων, ενώ τα υπόλοιπα τεμάχια ως συνέπεια ελάττωσης της μεταφορικής ικανότητας των υδρογραφικών δικτύων λόγω απότομων αλλαγών στις κλίσεις του εδάφους. Τα εν λόγω τεμάχια βρίσκονται αναμιγμένα μ' ένα κλαστικό (εδαφικό) υλικό προερχόμενο από την χημική αποσάθρωση των ανθρακικών και τη διάβρωση του φλύσχη.

Κινούμενοι προς το εσωτερικό της λεκάνης κυριαρχεί ολοένα και λεπτότερο υλικό. Τυχόν κλάστες μεγαλύτερων μεγεθών είναι πιθανό να συνυπάρχουν ως απόηχο πλημμυρικών φαινομένων. Στο τμήμα αυτό επικρατούν αποθέσεις υλικών προερχόμενα από την αποσάθρωση και την μετέπειτα διάβρωση τόσο των ασβεστολίθων όσο και του φλύσχη. Ειδικότερα δύναται να σχηματίζεται ένα εδαφικό κάλυμμα ερυθρωπού χρώματος το λεγόμενο και ως Terra Rossa.

Η εικόνα αυτή είναι αποτέλεσμα της ολοένα και μειωμένης μεταφορικής ικανότητας των υδρογραφικών δικτύων που ρέουν προς βορρά, λόγω διαφορετικών κλίσεων μεταξύ της Πεδιάδας της Μεσαράς και

των βόρειων πρηνών στα Αστερούσια όρη. Αποτέλεσμα αυτού είναι να παρατηρείται μία διαβάθμιση υλικού (από χονδρόκοκκα σε λεπτόκοκκα) σε διεύθυνση N-B.

Η συνεκτικότητα των αποθέσεων στη λεκάνη του Χάρακα, παρουσιάζει μία διαβάθμιση τόσοοριζόντια όσο και κατακόρυφα. Πιο συγκεκριμένα η τσιμεντοποίησή τους αυξάνει τόσο εις βάθος όσο και κινούμενοι προς νότο. Για την παρατήρηση της εις βάθος αύξησης αρκεί να κινηθούμε εντός μίας διαβρωσιγενής κοίτη, ενώ για τη διαφορά προς νότο αποκλειστικός παράγοντας είναι οι μεγαλύτερες κλίσεις και κατά συνέπεια η ύπαρξη των αλπικών σχηματισμών σε μικρότερο βάθος.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις συνηγορούν στο μοντέλο εξέλιξης ενός αλλουβιακού ριπιδίου (Εικόνα 5.1-2. (6.)), το οποίο φαίνεται να διαμορφώνεται από το ανώτερο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα και να καλύπτει μεγάλο τμήμα της Μεσαράς. Ειδικότερα μπορεί να χαρακτηριστεί από δύο κύριες φάσεις οι οποίες είναι συνέπεια μεταβολών στο βασικό επίπεδο από το Πλειστόκαινο. Σ' ένα παρόμοιο συμπέρασμα φαίνεται να καταλήγει και ο Kritsotakis στην διδακτορική του διατριβή το 2009.

3.6. Συγκεντρωτικά στοιχεία

Στην περιοχή μελέτης η γεωλογία είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Πλήθος διαφόρων εντατικών πεδίων, στιγματίζουν τις γεωλογικές ακολουθίες με ποικιλία τεκτονικών δομών, παραμορφώνοντας, κατακερματίζοντας και τοποθετώντας τα ιζήματα της ενότητας «Εθιάς» και των λοιπών ενοτήτων.

Στην ενότητα Εθιάς εντάσσουμε τους σχηματισμούς εκείνους που χαρακτηρίζονται από τα εξής γενικά χαρακτηριστικά:

- Εκτεταμένη παραμόρφωση, με την εκδήλωση κλειστών, ανεστραμμένων πτυχών μεγάλης ή μικρής έκτασης.
- Έντονο κατακερματισμό με χαοτικές μορφές κυρίως στους κλαστικούς σχηματισμούς.
- Λεπτοπλακώδη ανθρακικά σε εναλλαγές με κλαστικό υλικό ή με ιάσπιδες/κερατόλιθους προσδίδοντας τα χαρακτηριστικά ενός αμιγώς πελαγικού παλαιογεωγραφικού χώρου.
- Έκδηλο ηφαιστειακό στοιχείο στους κλαστικούς ορίζοντες.

Συγχρόνως, ενσωματώνουμε πλήθος ιδιόμορφων νηρητικών φάσεων οι οποίοι εντοπίζονται ανάμεσα στην ακολουθία και τους θεωρούμε μέρη της κολώνας της ενότητας Εθιάς.

Στην ενότητα Τρίπολης εντάσσουμε ένα κλαστικό σχηματισμό με σαφώς μικρότερη παραμόρφωση και την απουσία ιδιόμορφων φάσεων ή ηφαιστειακών στοιχείων. Εντός αυτού είναι πιθανό να παρεμβάλλονται μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με νηρητική πανίδα. Επιπλέον, εντάσσουμε τα ανθρακικά εκείνα που χαρακτηρίζονται από πλήθος νηρητικών απολιθωμάτων και την απουσία πηλιτικών ή πυριτικών ενδιαστρώσεων, ενώ χαρακτηρίζονται από ήπιο βαθμό παραμόρφωσης. Κλείνοντας, διακρίνονται χαρακτηριστι-

κές εμφανίσεις οφιολίθων (για παράδειγμα στον οικισμό «Πρινιάς») και η ιδιόμορφη γεωλογική ενότητα της Άρβης στον ίδιο οικισμό.

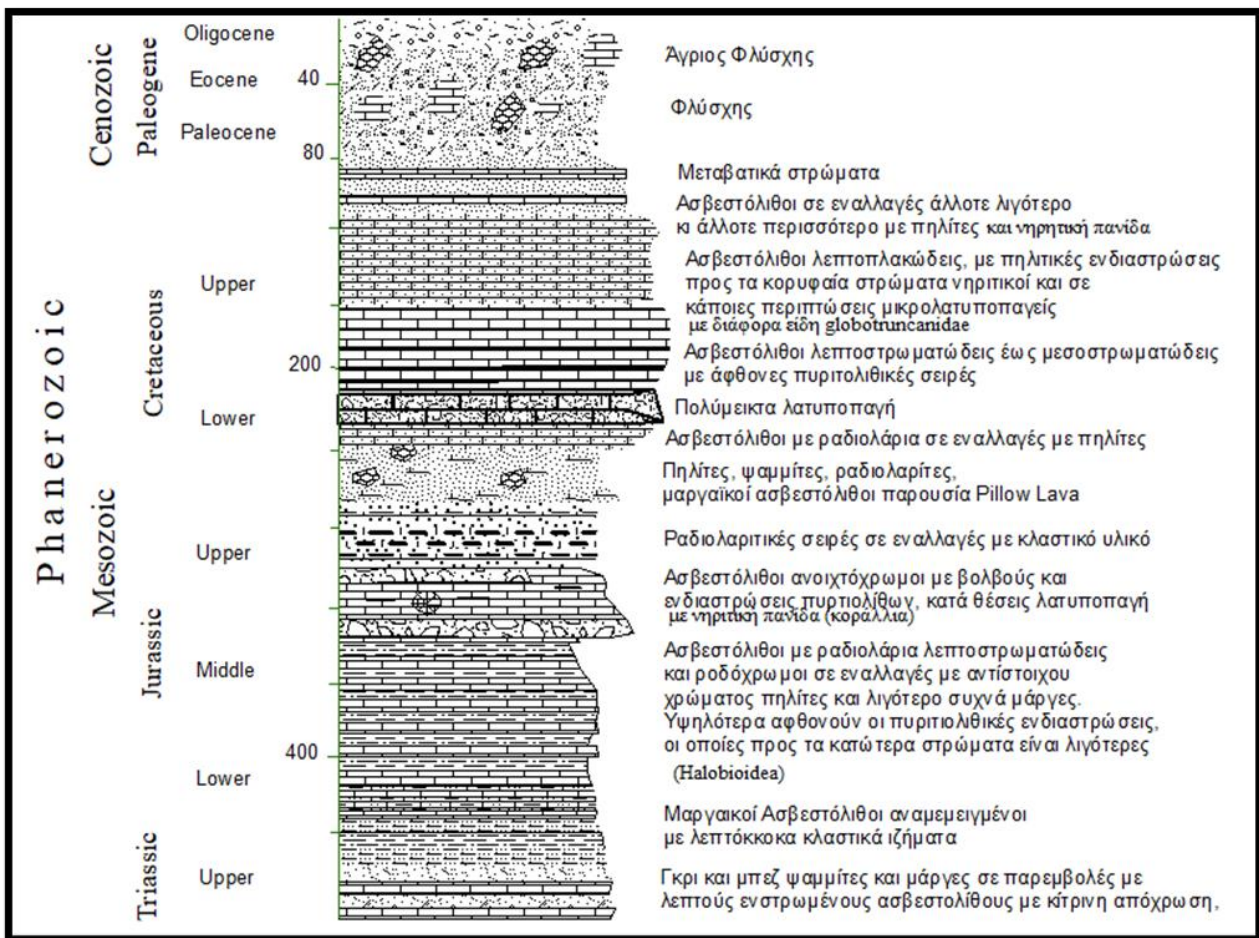
3.6.1. Αναθεωρημένος γεωλογικός χάρτης (κλίμακα: 1:25.000 και 1:50:000)

Παρατίθεται στο Παράρτημα IV.

3.6.2. Γεωλογικές τομές και εικόνες τεκμηρίωσης γεωλογικού χάρτη

Παρατίθεται στο Παράρτημα II (Εικόνες με σημειώσεις) και στο Παράρτημα I (Τομές).

3.6.3. Γεωλογική στήλη της γεωλογικής ενότητας Εθιάς



Εικόνα 3.6-1. Σχηματική Γεωλογική Στήλη της ενότητας Εθιάς, περισσότερα στο κείμενο.

Σ' αυτό το σημείο, πριν προχωρήσουμε σε οποιοδήποτε περαιτέρω σχολιασμό, οφείλουμε να παραθέσουμε μία γεωλογική κολώνα, αντιπροσωπευτική για την ενότητα Εθιάς. Η συγκεκριμένη στήλη έχει προκύψει από εντατική εργασία υπαίθρου. Ορισμένα από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν και διάφορες πληροφορίες, έχουν παρατεθεί παραπάνω, ενώ κάποια άλλα δεν κρίθηκε αναγκαίο να επισημανθούν (Εικόνα 3.6-1.). Παρακάτω συνοψίζεται το σύνολο των παρατηρήσεων και διαπιστώσεων.

Ο παλαιότερος σε ηλικία σχηματισμός που ορίζει το κατώτερο στρώμα της ακολουθίας της ενότητας Εθιάς είναι το «Κλαστικό Τριαδικό». Πρόκειται, για μία ως επί το πλείστον κλαστική σειρά με κάποιες

παρεμβολές λεπτών ενστρωμένων ασβεστολίθων. Όσον αφορά το κλαστικό υλικό, πρόκειται για λεπτούς έως λίγο μεγαλύτερου πάχους πάγκους ψαμμιτών και μαργών. Τα χρώματα που επικρατούν είναι μπλε έως σκοτεινότερα, λόγω του κλαστικού υλικού. Αντίθετα, οι ασβεστόλιθοι είναι ανοιχτόχρωμοι με κίτρινη απόχρωση. Κοντά στην επαφή με τον υπερκείμενο σχηματισμό παρατηρούμε ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους. Οι διαπιστώσεις αυτές έρχονται σε συμφωνία με την περιγραφή που είχε δώσει κι ο Bonneau, με την χρονολόγηση της εμφάνισης να τοποθετείται στο Ανώτερο Τριαδικό, στο Κάρνιο (Seidel 1968 & 1971, Bonneau & Fleury 1971, 1976). Ο παλαιογεωγραφικός χώρος της ενότητας Εθιάς, παίρνει διάσταση από το σημείο αυτό και δείχνει ιζηματογένεση σ' ένα πρόδρομο θαλάσσιο περιβάλλον.

Στο Τριαδικό έως Ανώτερο Ιουρασικό η ιζηματογένεση συνεχίζεται σ' ένα βαθύ θαλάσσιο παλαιογεωγραφικό χώρο. Υπερκείμενη του κλαστικού τριαδικού, χαρτογραφούμε μία εμφάνιση με ανθρακικό, πυριτικό και κλαστικό χαρακτήρα, που χαρακτηρίζεται από κοκκινωπές αποχρώσεις. Η συγκεκριμένη δύναται να χωριστεί σε κάποια επί μέρους μέλη: Πιο συγκεκριμένα, χωρίζεται σ' ένα κατώτερο μέλος με πελαγικούς λεπτοστρωματώδεις ροδόχρωμους ασβεστόλιθους σε εναλλαγές με ερυθρούς πηλίτες ή μάργες και λεπτές πυριτιολιθικές σειρές. Από κάτω προς τα πάνω το ίδιο το μέλος, διακρίνεται από την σταδιακή αφθονία πυριτιολιθικών σειρών, οι οποίες κοντά στην επαφή με το υπερκείμενο μέλος επικρατούν σημαντικά έναντι των κλαστικών κι ασβεστολιθικών σειρών. Στα ανθρακικά τεμάχια, διακρίνουμε κάποια μακροπολιθώματα, που πιθανόν αντιστοιχούν σε πυριτικά κελύφη. Σχετική παλαιοντολογική τομή έδειξε την αφθονία σε ραδιολάρια και filaments. Το δεύτερο μέλος και σχετικά νεότερο ορίζεται από λεπτοστρωματώδη έως μεσοστρωματώδη ανθρακικά με λιγοστές λεπτές ενδιαστρώσεις πηλιτών. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφουμε ασβεστόλιθους ανοιχτόχρωμους και στις περισσότερες περιπτώσεις ωολιθικούς, με εντυπωσιακής ανάπτυξης και κλίμακας βολβούς πυριτιολίθων και πυριτιολιθικές ενδιαστρώσεις. Κατά θέσεις κάποια παχιά λατυποπαγή είναι επίσης διακριτά. Χρονολογήσεις σε ανάλογες θέσεις έδωσαν ηλικίες στο Ιουρασικό.

Αξιοσημείωτες είναι κάποιες νηρητικές ανθρακικές φάσεις που εντοπίζονται διάσπαρτες στην περιοχή σε διάφορες θέσεις. Από παλαιοντολογικές τομές χρονολογούνται στο Ανώτερο Ιουρασικό και φαίνεται να εντάσσονται στο δεύτερο μέλος που περιγράψαμε λίγο νωρίτερα. Η διαπίστωση αυτή δημιουργεί αρκετούς προβληματισμούς για το τότε παλαιό-γεωγραφικό περιβάλλον. Για ασφαλή συμπεράσματα, χρειάζεται σίγουρα πιο εντατική μελέτη των λιθολογιών του Ιουρασικού γενικότερα. Από τη μελέτη που έγινε στα πλαίσια αυτής της εργασίας τα ανθρακικά αναφέρονται σε ασβεστόλιθους, εκ πρώτης όψεως άστρωτους μικριτικούς, ωολιθικούς έως ψευδο-ωολιθικούς μεκοράλλια, φύκη, θραύσματα εχίνων κι άλλα. Είναι έντονα κατακερματισμένοι και ανοιχτόχρωμοι. Παλαιοντολογικές τομές έδειξαν την παρουσία Miliolidae, Brachiopods, βενθονικά τρηματοφόρα, βελόνες εχίνων και φύκη ηλικίας Ανώτερο Ιουρασικό-Κατώτερο Κρητιδικό. Συμπερασματικά, στο διάστημα του Ιουρασικού κάποιες περιοχές στον παλαιογεωγραφικό χώρο της Εθιάς είναι πιο ρηχές. Πιθανολογούμε ότι είτε ορίζουν έναν γειτονικό ενιαίο πιο ρηχό χώρο του παλαιό-ωκεανού πλησίον της πλατφόρμας της Τρίπολης, είτε αποδίδονται στα πλαίσια υποθαλάσσιων απομονωμένων όρων είτε μέγα-ολισθόλιθοι του Ιουρασικού. Σημειώνεται ότι, λόγω της φύσης των πετρωμάτων, δηλαδή της μεγαλύτερης αντοχής τους στην πλαστική παραμόρφωση δεν ακολούθησαν την πτύχωση των λοιπών πελαγικών στρωμάτων της Εθιάς, συνεπώς στην ύπαιθρο προβληματίζουν ως προς την θέση τους.

Των λιθολογιών του Ιουρασικού, υπέρκειται μία πυρίτιό-κλαστική ως επί το πλείστον σειρά. Η οποία από τα παλαιότερα στα νεότερα στρώματα της διακρίνεται στα εξής δύο επί μέρους μέλη:

▪ Ένα παλαιότερο που βρίσκεται σε ασυμφωνία με τα υποκείμενα ανθρακικά του Ιουρασικού και χαρακτηρίζεται από κόκκινες έως μπορντό αποχρώσεις. Στο κατώτερο τμήμα του αναφέρεται σε μαύρους έως κόκκινους κερατόλιθους και ραδιολαρίτες οι οποίοι εναλλάσσονται με ερυθρές μάργες, σπανιότερα παρατηρούμε και κάποιους ανθρακικούς ορίζοντες. Σημειώνεται ότι κατά θέσεις έχουμε και πράσινα ραδιολαριτικά στοιχεία. Στο ανώτερο τμήμα του ίδιου μέλους επικρατούν ιδιαίτερα λεπτοστρωματώδεις ασβεστολιθικές ενστρώσεις σε εναλλαγές με πηλίτες και σπανιότερα κάποιες ραδιολαριτικές σειρές. Το συγκεκριμένο τμήμα συνήθως χαρακτηρίζεται από κοκκινωπές αποχρώσεις.

▪ Το επόμενο μέλος, χαρακτηρίζεται από κιτρινωπές αποχρώσεις και το κλαστικό υλικό επικρατεί. Εξαιτίας της ετερογένειας από θέση σε θέση και της ποικιλίας των λιθολογικών χαρακτήρων που περιγράφουν το μέλος δεν είναι δυνατόν να παρατεθεί μία γενική κι αντιπροσωπευτική σειρά ιζημάτων. Σε γενικές γραμμές η επικρατέστερη λιθολογία είναι οι πηλίτες οι οποίοι σε πολλές περιπτώσεις εναλλάσσονται με λιγιστούς ψαμμίτες, κατά θέσεις περιγράφονται και ψαμμιτικοί έως μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι. Σε ορισμένες θέσεις είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακά κάποια στοιχεία βασικής ηφαιστειότητας (Pillow Lavas) που βρίσκονται αναμειγμένα μέσα στους πηλίτες και στις μάργες της σειράς. Επίσης, κάποια ερυθρά ή πρασινωπά ραδιολαριτικά στοιχεία μπορούν να παρατηρηθούν διάσπαρτα όπως και κάποιες λεπτοστρωματώδεις ασβεστολιθικές ενστρώσεις και λατυποπαγή. Στην επαφή με τον υπερκείμενο σχηματισμό έχουμε εναλλαγές λεπτοστρωματώδων πελαγικών ασβεστολίθων (σε ορισμένες περιπτώσεις ψαμμιτικών) με πηλίτες, στοιχεία που δείχνουν την μετάβαση από την κλαστική ιζηματογένεση στην ανθρακική ιζηματογένεση που ακολουθεί. Κλείνοντας, αξίζει να σημειωθεί πως το μεγάλο πάχος κάποιων πηλιτικών πάγκων σε εναλλαγές με λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους στα ανώτερα στρώματα του δεύτερου μέλους και η παρουσία κάποιων αργιλικών ιζημάτων σκούρου γκρι χρώματος περιγράφεται σε μία θέση εμφάνισης αυτού του μέλους, με κάποιο βαθμό επιφύλαξης.

Οι φάσεις που περιεγράφηκαν ορίζουν την κλαστική σειρά του Κρητιδικού, το πρώτο μέλος φαίνεται να προσδιορίζει αυτό που βιβλιογραφικά καλείται «Ραδιολαρίτες», ενώ το δεύτερο τον «Πρώτο Φλύσχη». Οι φάσεις όπως διαπιστώνουμε κι εμείς δείχνουν μία ανησυχία στον τότε παλαιογεωγραφικό χώρο ο οποίος τοποθετήθηκε πολύ κοντά στην ζώνη υποβύθισης και δέχονταν για ένα διάστημα κλαστικό υλικό. Τα διάφορα ηφαιστειακά στοιχεία πρέπει να μελετηθούν εκτενέστερα για ένα πιο σαφές συμπέρασμα, αλλά κι εκείνα συνηγορούν στο γεγονός ότι ο χώρος ήταν «ανήσυχος». Τα ιζήματα προσδιορίζουν έναν πελαγικό χώρο ιζηματογένεσης, με τα pillow lavas για τα οποία έγινε λόγος να αποδίδονται σε μία ενδοωκεάνια ηφαιστειότητα. Άλλωστε, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το διάστημα εκείνο στον ωκεανό της Πίνδου, έχουμε και την ανάπτυξη ενός επί μέρους ηφαιστειακού περιβάλλοντος όπως αυτό υποδηλώνεται από την γεωλογική ενότητα της Άρβης.

Στο Ανώτερο Κρητιδικό η πλήρωση της λεκάνης με υλικά συνεχίζεται. Εκείνο το διάστημα από την κλαστική σε γενικές γραμμές ιζηματογένεση περνάμε σε μία ως επί το πλείστον ανθρακική. Πιο συγκεκρι-

μένα, διακρίνουμε τους εξής χαρακτηριστικούς για την περιοχή ορίζοντες:

- Ο σχετικά παλαιότερος ορίζοντας σε κανονική επαφή με τα ιζήματα του Κατώτερου Κρητιδικού, αναφέρεται σε πολύμεικτα λατυποπαγή. Οι κλάστες προσδιορίζονται ανθρακικής, πηλιτικής, ψαμμιτικής και σπανιότερα κερατολιθικής σύστασης ή και ηφαιστειακής προέλευσης (δεν επαληθεύτηκε με βεβαιότητα, παρατηρήσαμε δύο κλάστες οι οποίοι πιθανόν αναφέρονται σε οφιόλιθους). Το πάχος του συγκεκριμένου ορίζοντα είναι κυμαινόμενο από λίγα μέχρι δεκάδες μέτρα.

- Ο επόμενος ορίζοντας που διαδέχεται στρωματογραφικά τα λατυποπαγή, αναφέρεται σ' έναν χαρακτηριστικό ανθρακικό ορίζοντα, όπου αφθονούν οι ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων. Το πάχος του συγκεκριμένου ορίζοντα σε ορισμένες θέσεις μπορεί να προσεγγίζει και να ξεπερνάει τα 50 μέτρα, ενώ σε γενικές γραμμές κυμαίνεται σε μερικά δεκάδες μέτρα. Οι πυριτιολιθικές ενδιαστρώσεις είναι εντυπωσιακής κλίμακας και συχνότητας, και είναι το χαρακτηριστικό εκείνο που διακρίνει τον συγκεκριμένο ορίζοντα. Συγχρόνως, αποτελεί και σημείο αναφοράς για την χαρτογράφηση, σηματοδοτώντας ότι βρισκόμαστε κοντά στην επαφή του υποκειμένου κλαστικού με τα υπερκείμενα ανθρακικά ιζήματα.

Η ανθρακική ακολουθία συνεχίζεται μέχρι και το Ηώκαινο όπου η ενότητα θα δεχθεί το φλυσχικό υλικό. Προσδιορίζεται από μικριτικούς πλακάδεις σε λεπτούς πάγκους ασβεστόλιθους και μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους σε εναλλαγές άλλοτε περισσότερο κι άλλοτε λιγότερο με πηλίτες, ενώ κάποιοι κόνδυλοι κι ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων είναι παρών. Στα Ανώτερα προ-φλυσχικά επίπεδα οι ανθρακικές φάσεις έχουν πιο νηρητικούς χαρακτήρες, συνηγορώντας στο γεγονός πως ο παλαιοχώρος εκείνο το διάστημα ήταν ρηχότερος για τα δεδομένα της λεκάνης. Τα χρώματα των ασβεστολίθων είναι πολλά, ενώ αυτά που επικρατούν είναι το γκρι και το λευκό. Οι κλαστικές σειρές έχουν κιτρινωπές αποχρώσεις. Παλαιοντολογικές τομές που έγιναν στα συγκεκριμένα ανθρακικά έδωσαν ηλικίες από το Ανώτερο Κρητιδικό μέχρι και το Ηώκαινο στα Ανώτερα προφλυσχικά στρώματα. Προσδιορίστηκαν, πλήθος πλαγκτονικών τρηματοφόρων (*Globigerina*, *Globorotalia* κ.α.), σε κάποια δείγματα ήταν εμφανή η ύπαρξη βενθονικών τρηματοφόρων, *Thaumatoporella* sp.. Μακροσκοπικά προσδιορίστηκαν στρώματα με διάφορα είδη *Globotruncanidae* κι άλλα μικροαπολιθώματα αγνώστου ταυτότητας.

Στο Ηώκαινο η ανθρακική ιζηματογένεση που αρχίζει στο Κρητιδικό σταδιακά αντικαθίσταται από την κλαστική ιζηματογένεση της τάφρου. Πιο συγκεκριμένα, το διάστημα εκείνο ο παλαιογεωγραφικός χώρος της Εθιάς, αρχίζει να εισέρχεται στην τάφρο και να υποβυθίζεται. Λόγω του γεγονότος ότι η ιζηματογένεση στην Εθιά είχε εν μέρη έναν πελαγικό χαρακτήρα δεν παρατηρούμε κάποιου είδους ασυμφωνία όπως παρατηρείται σε αρκετές νηρητικές ακολουθίες. Ειδικότερα οι ανθρακικές φάσεις του Ανωτέρου Κρητιδικού-Ηωκαίνου, θα ήταν ασφαλέστερο, να πούμε ότι προσδιορίζουν μία κατωφέρεια πιθανόν γειτονική στην νηρητική πλατφόρμα της Τρίπολης. Εξαιτίας των κλαστικών ενδιαστρώσεων που παρατηρούνται σε πολλά στρώματα του κρητιδικού και κατά θέσεις εντονότερα, θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι πρόκειται για κάποια μεταβατικά στρώματα στα πλαίσια ανησυχίας του χώρου από τη σταδιακή είσοδο του στην τάφρο.

Όσον αφορά τους λιθολογικούς χαρακτήρες του φλύσχη που κλείνει την ενότητα αυτοί είναι πολλοί

και ποικίλων. Το γεγονός ότι είναι ιδιαίτερα πτυχωμένοι και τεκτονικά καταπονημένοι δεν μπορεί να μας δώσει μία ασφαλή εικόνα για την λιθολογική διαστρωμάτωση του σχηματισμού. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να τον διακρίνουμε σε δύο μέλη:

Ένα κατώτερο μέλος, όπου χαρακτηρίζεται από τις τυπικές φλυσχικές δομές. Αναφέρεται κυρίως σε πηλιτικές και ψαμμιτικές ενδιστρώσεις, ενώ και ακόμα πιο λεπτόκοκκο κλάσμα είναι παρών, όπως μάργες διαφόρων χρωμάτων. Ποικίλης σύστασης κι αμφιβόλου προέλευσης ασβεστόλιθοι και κάποια κροκαλοπαγή ή λατυποπαγή φαίνεται να βρίσκονται αναμεμιγμένα στα κλαστικά ιζήματα, προσδιορίζοντας αυτά ως ολισθόλιθους. Εξίσου ογκώδης ψαμμιτικοί όγκοι βρίσκονται παρών αναμεμιγμένοι στην λεπτοστρωματώδη κλαστική σειρά.

Ένα ανώτερο μέλος, όπου έχει δομή και χαρακτηριστικά Άγριου Φλύσχη με διάφορους λιθολογικούς χαρακτήρες. Η δομή του είναι ιδιαίτερα χαοτική ψαμμίτες και πηλίτες διαστρώνονται παρουσία άφθονου μαργαϊκού υλικού. Ολισθόλιθοι ποικίλης σύστασης και λιθολογίας βρίσκονται αναμεμιγμένοι στα κλαστικά υλικά του μέλους. Μεγάλων διαστάσεων ανθρακικά τεμάχια, ψαμμίτες και πολλά ηφαιστειακά στοιχεία συνιστούν τμήματα του Φλύσχη. Κατά θέσεις εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι κυριαρχούν αργιλικόι σχιστόλιθοι, αναμεμιγμένοι με τα αμεταμόρφωτα κλαστικά ιζήματα. Οι σχιστόλιθοι είτε μπορούν να εξηγηθούν στα πλαίσια ελαφριάς μεταμόρφωσης του φλύσχη της ακολουθίας, μια θεωρία που έχει πολλές ενστάσεις. Σε διαφορετική περίπτωση εικάζουμε ότι αποτελούν τμήματα ανώτερων καλυμμάτων, που τοποθετούνται τεκτονικά στον φλύσχη της Εθιάς. Πρόκειται για μικρής κλίμακας εμφανίσεις που δεν χαρτογραφούνται και η επαφή τους πολλές φορές είναι συζητήσιμη λόγω της έντονης πλαστικής και τεκτονικής παραμόρφωσης, τέτοιου είδους σχηματισμών.

3.6.4. Εξέλιξη της περιοχής μελέτης

Στηριζόμενοι συν των υπολοίπων και στα βιβλιογραφικά στοιχεία που έχουν παρατεθεί, γίνεται μία προσπάθεια περιγραφής της γεωτεκτονικής εξέλιξης της περιοχής μελέτης. Ξεκινάμε, την ανάλυση από το παλαιότερο γεγονός και κλείνουμε με το σημερινό γεωλογικό καθεστώς. Σημειώνεται, ότι η περιγραφή που ακολουθεί χαρακτηρίζεται από σημαντικό βαθμό σφαλμάτων κι απλουστεύσεων, εξαιτίας, των ελάχιστων δημοσιεύσεων που αφορούν την περιοχή, των γενικότερων γεωλογικών προβλημάτων που επιζητούν λύσεις και την από πλευράς μας αδυναμία πλήρους συλλογής και σε ορισμένες περιπτώσεις ολοκληρωμένης αξιολόγησης στοιχείων υπαίθρου. Επιπρόσθετα, οι συνθήκες που επέβαλε η διασπορά της πανδημίας στην Ελλάδα, λειτούργησαν αρνητικά στην περαιτέρω αξιολόγηση κάποιων στοιχείων.

▪ Πρώτη φάση μέχρι το Κρητιδικό

Στο μακρινό γεωλογικό παρελθόν έχουμε την απόθεση ιζημάτων σ' έναν εκτεταμένο και ιδιαίτερα περίπλοκο παλαιογεωγραφικό χώρο, ο οποίος επηρεάζεται σημαντικά από την γεωτεκτονική «ανησυχία» της τότε περιόδου. Τα υλικά που συσσωρεύονται, συμπαγοποιούνται μέσω των διαδικασιών της διαγένεσης. Ενώ, αργότερα θα υποστούν διάφορες σύνθετες διεργασίες για να προκύψουν τελικώς τα πετρώματα, που εκτίθενται στην επιφάνεια και δομούν το σύνολο του νησιού και την περιοχή μελέτης. Γενικότερα, η επι-

κρατέστερη θεωρία αναφέρεται σ' ένα μοντέλο διάφορων πλατφορμών, που διακρίνονται μεταξύ τους από ευδιάκριτους ωκεάνιους χώρους (Παπανικολάου, 2015). Σύμφωνα με τον ίδιο, η γεωλογική ενότητα Γαβρόβου - Τριπόλεως τοποθετείται παλαιογεωγραφικά στην εξωτερικότερη πλατφόρμα, την Η1. Παράλληλα αυτή της Πίνδου-Εθιάς, αντιστοιχεί στο εξωτερικότερο τμήμα του ωκεανού της Πίνδου τον παλαιογεωγραφικό χώρο Η2, γειτνιάζοντας με την πλατφόρμα Η1. Στον ίδιο ωκεανό μερικώς εσωτερικότερα φαίνεται να τοποθετείται η ενότητα της Άρβης. Τέλος, όσον αφορά το κάλυμμα των οφιολίθων μελέτες που έχουν γίνει στο νησί τους τοποθετούν στον παλαιογεωγραφικό ωκεανό του Βαρδάρη, γεγονός που συνεπάγεται την προσάρτησή τους στο ηπειρωτικό περιθώριο, ήδη από το Ανώτερο Ιουρασικό.

Μέχρι το Κρητιδικό διάφορα ευστατικά και τεκτονικά επεισόδια διαμορφώνουν τον χώρο κι επηρεάζουν την ιζηματογένεση, αφήνοντας το στίγμα τους στις σχηματιζόμενες ακολουθίες της Τρίπολης, της Εθιάς, της Άρβης και των λοιπών ενοτήτων. Γενικά, παρατηρούνται βαθύνσεις, ρηχεύσεις και ηφαιστειότητα που αποδίδονται σε μία περίπλοκη γεωτεκτονική εξέλιξη. Τα γεγονότα αυτά σε συνδυασμό με τις ευστατικές κινήσεις οδηγούν στην απόθεση ευδιάκριτων και διαφορετικών μεταξύ τους σχηματισμών, που διακρίνονται στην κολώνα κάθε γεωλογικής ενότητας. Αν δεν είχαν παρεμβληθεί αυτά, η κάθε στήλη θα παρουσίαζε μία λιθολογική ομοιομορφία. Εξάιρεση αποτελεί η κολώνα της «Τρίπολης», η οποία από το Ιουρασικό μέχρι το Ηώκαινο παρουσιάζει μία μονότονη ανθρακική ιζηματογένεση, η οποία μπορεί να αποδοθεί σε ισοστατικά αίτια ενός εκτεταμένου νηρητικού χώρου. Κρίνεται, σκόπιμο να μην αναφερθούμε περαιτέρω στα γεγονότα αυτά, ούτε στην αυτή καθ' αυτή ακολουθία κάθε ενότητας, αφού τα απαραίτητα στοιχεία και οι πληροφορίες έχουν ήδη παρατεθεί. Παρακάτω, σχολιάζεται η ορογένεση στα πλαίσια της οποία τελικώς τοποθετούνται οι ενότητες, και τα πεδία, που έπειτα διαμορφώνουν την περιοχή μελέτης.

▪ Η εξέλιξη στο Ανώτερο Κρητιδικό

Στο Ανώτερο Κρητιδικό ο χώρος παραμένει «ανήσυχος», η σύγκλιση (1-2cm/yr) που οδηγεί στην υποβύθιση ενοτήτων βορειότερα των Κυκλάδων είναι γεγονός, η φλυσχογένεση στο εσωτερικότερο μέρος της πινδικής λεκάνης έχει ήδη αρχίσει, ενώ το ηφαιστειακό και το νησιωτικό τόξο εντοπίζονται βορειότερα του σημερινού. Εξωτερικότερα, η ιζηματογένεση στην λεκάνη της Πίνδου-Εθιάς συνεχίζεται με την απόθεση πελαγικών ασβεστολίθων που εναλλάσσονται με κάποιες νηρητικές φάσεις και κλαστικό υλικό. Στην πλατφόρμα της Τρίπολης το καθεστώς δεν μεταβάλλεται, νηρητικές ανθρακικές φάσεις συνεχίζουν μέχρι και το Ανώτερο Ηώκαινο.

Ειδική αναφορά γίνεται για την ενότητα της Άρβης, της οποίας η παλαιογεωγραφική θέση επιδέχεται πολλών θεωριών. Ο Bellini (2002) υποστηρίζει ότι καταλαμβάνει μία θέση μεταξύ της λεκάνης της Πίνδου και του υβάματος της Τρίπολης, υπό μορφή απομονωμένου υποθαλάσσιου ηφαιστείου. Μία άλλη προσέγγιση δίνει ο Vandeli (2010) που προτείνει μία διάνοιξη του χώρου της Άρβης σε συνθήκες «Back-Arc». Γενικότερα από το σύνολο των βιβλιογραφικών στοιχείων που διατίθενται η επικρατέστερη άποψη τοποθετεί τον παλαιογεωγραφικό χώρο της Άρβης στον ωκεανό της Πίνδου, σ' ένα βαθύτερο τμήμα της λεκάνης, όπου αναπτύσσεται βασική ηφαιστειότητα στο Ανώτερο Κρητιδικό. Στο διάστημα που ακολουθεί η κολώνα χαρακτηρίζεται από πελαγικούς ασβεστόλιθους που υπέρκεινται των βασικών ηφαιστειακών πετρωμάτων.

Σημειώνεται ότι παλαιότερα του Ανωτέρου Κρητιδικού ιζήματα δεν έχουν χρονολογηθεί στην στήλη της Άρβης. Έτσι, υποστηρίζεται η διάνοιξη του παλαιογεωγραφικού χώρου στο Ανώτερο Κρητιδικό, όπου και αποκτά σημασία.

Στο διάστημα του Ανωτέρου Κρητιδικού μέχρι και το Παλαιόκαινο οι ενότητες της περιοχής βρίσκονται ακόμα στην προ-ορογενετική τους θέση. Αντίθετα το κάλυμμα των Αστερουσίων που συναντάται δυτικότερα από την περιοχή μας φαίνεται να επιδέχεται έντονου ηπειρωτικού εφελκυσμού που προκαλεί την μεταμόρφωσή του.

▪ **Η εξέλιξη στο Παλαιόκαινο - Μέσο Ηώκαινο**

Στην διάρκεια του Παλαιοκαίνου - Μ. Ηωκαίνου η υποβύθιση μεταναστεύει όλο και νοτιότερα, χωρίς ακόμα να παρατηρείται είσοδος στην τάφρο καμίας εκ των ενοτήτων της περιοχής μας. Στο διάστημα αυτό η υποβύθιση ωκεάνιου φλοιού προκαλεί την Κυκλαδική Μεταμόρφωση, η οποία είναι ανάλογη με αυτή που συναντάμε στην Κρήτη, στο κάλυμμα Σπηλίου, το οποίο δεν εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης αλλά αναφέρεται στα πλαίσια κατανόησης του ευρύτερου καθεστώτος.

▪ **Η εξέλιξη στο Ανώτερο Ηώκαινο**

Στο διάστημα αυτό, η εξωτερικότερη χαρτογραφήσιμη ενότητα (Τρίπολης-Γαβρόβου) τοποθετείται ακόμα στην προ-ορογενετική της θέση και εισέρχεται τελευταία στην τάφρο. Αντίθετα στην «Πίνδος-Εθιά» έχει αρχίσει η φλυσχογένεση με την είσοδο της ενότητας στην τάφρο, ενώ προηγουμένως έχει προηγηθεί η είσοδος της «Άρβης» στην τάφρο. Τα γεγονότα αυτά είναι σχετικά ισόχρονα με ευρύτερη κι απλουστευμένη ηλικία στο Ανώτερο Ηώκαινο, ωστόσο η σειρά εισόδου στην τάφρο φαίνεται πως είναι η εξής: πρώτη η Ενότητας της Άρβης, ακολουθεί η Πίνδος-Εθιά, έπεται η Τρίπολη-Γάβροβο και η υποβύθιση συνεχίζεται στο Ολιγόκαινο με τους ακόμα εξωτερικότερους παλαιογεωγραφικούς χώρους. Τα στοιχεία για την χρονική περίοδο κατά την οποία μία ενότητα εισέρχεται στην τάφρο τα αντλούμε από την χρονολόγηση των κατώτερων στρωμάτων του φλύσχη, δηλαδή την έναρξη της φλυσχογένεσης.

Έναρξη φλυσχογένεσης για τις ενότητες της περιοχής μελέτης, όπως αναφέρεται βιβλιογραφικά και επιβεβαιώθηκε εργαστηριακά για την ενότητα Εθιάς:

Πίνδος-Εθιά => Ανώτερο Ηώκαινο

Άρβη => Μέσο Ηώκαινο – Ανώτερο Ηώκαινο

Τριπόλεως-Γαβρόβου => Ανώτερο Ηώκαινο - Κατώτερο Ολιγόκαινο

Σημειώνεται ότι οι ηλικίες που αναφέρονται προσδιορίζουν τα «Κρητικά δεδομένα», δηλαδή το εξωτερικότερο ήμισυ των λεκανών και υβωμάτων, εσωτερικότερα στην λεκάνη της Πίνδου η είσοδος στην τάφρο και η έναρξη της φλυσχογένεσης λαμβάνει χώρα νωρίτερα.

- **Η εξέλιξη στο Ολιγόκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο**

Η είσοδος των ενοτήτων στην τάφρο που συνεχίζει να λαμβάνει χώρα με την είσοδο του «Γαβρόβου - Τριπόλεως», ακολουθείται από την σταδιακή ανάδυσή τους και ενσωμάτωση αυτών στο πρίσμα προσαύξησης. Η σύγκρουση του περιθωρίου της Απούλιας με το Ευρασιατικό οδηγεί σε συμπίεση και σε συνδυασμό με τις ασκούμενες τάσεις στο πρίσμα, που συνεχώς επαυξάνεται, προκαλούν λεπιώσεις, επωθήσεις και ανακάτεμα του τεκτονικού «melange». Ποιο συγκεκριμένα, οι «Οφιόλιθοι» εξωθούνται στην «Αρβη», η οποία επωθείται πάνω στην ενότητα της Πίνδου η οποία με την σειρά της επωθείται στην εξωτερικότερη του Γαβρόβου, με επακόλουθο την συρρίκνωση και πάχυνση του φλοιού. Την δεδομένη στιγμή, αρχίζει και διαμορφώνεται γεωλογικά η περιοχή η οποία θα συνεχίσει να επηρεάζεται, ώστε να προκύψει η σημερινή της εικόνα. Η συμπίεση συνεχίζεται στο Κατώτερο Μειόκαινο με την τελική προς νότο επώθηση όλων των «Ανωτέρων Ενοτήτων». Το ίδιο χρονικό διάστημα ξεκινάει η σε βάθος υποβύθιση των Φυλλιτών - Χαλαζιτών και Κρήτης Μάνης οι οποίες έπειτα θα προσαρτηθούν κάτω από το πρίσμα, προκαλώντας επιπλέον πάχυνση του φλοιού, οι ενότητες λεπιώνονται και πτυχώνονται εκ νέου με την ανάπτυξη δομών Α-Δ στις κατώτερες ενότητες και στις ανώτερες ενότητες οι συγκεκριμένες δομές διαδέχονται τις δομές Β-Ν.

Ειδικότερα, όσον αφορά την ενότητα της Εθιάς από το Ανώτερο Ηώκαινο, όπου και ξεκινάει η υποβύθιση του παλαιογεωγραφικού χώρου, αρχίζει και ο σταδιακός τεκτονισμός των ιζημάτων που ορίζουν την εν λόγω γεωλογική ενότητα. Εξαιτίας της μεγάλης μετακίνηση του καλύμματος της Εθιάς, το οποίο το συναντάμε επωθημένο στον φλύσχη της Τρίπολης, η πλαστική παραμόρφωσή του είναι ιδιαίτερα έντονη. Σ' αυτό σημαντικό ρόλο παίζει και η φύση της ακολουθίας, η οποία χαρακτηρίζεται από πολλές κλαστικές σειρές οι οποίες είναι ανθεκτικές και παραμορφώνονται πλαστικά. Όπως προαναφέρθηκε η γεωμετρία της τεκτονικής τοποθέτησης της μία ενότητας υπερκείμενα της άλλης, είναι προς νότο. Μία κατάσταση που αποτυπώνεται κυρίως στην σχετική γεωμετρία των λεπιώσεων της υπερκείμενης Εθιάς και γενικότερα της κύριας επαφής. Ωστόσο, επιβεβαιώνεται κι από παρατηρούμενες πλαστικές δομές ανάλογης Βορρά-Νότου διεύθυνσης. Από την άλλη πλευρά, οι δομές Α-Δ που παρατηρούνται, είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένων γεγονότων, κατά το Ολιγόκαινο. Οι δομές Α-Δ είναι σχετικά νεότερες από τις δομές Β-Ν, οι οποίες στο σύνολο τους αποδίδονται κυρίως σε πλαστικό χαρακτήρα ο οποίος σε ορισμένες περιπτώσεις εξελίχθηκε σε ρηξιγενείς.

- **Η εξέλιξη στο Μειόκαινο**

Η τάση επαναφοράς της Ελληνικής Ζώνης Υποβύθισης, σε συνδυασμό με τη δυναμική και συνεχιζόμενη υποβύθιση δημιούργησαν ένα ιδιαίτερα περίπλοκο γεωτεκτονικό πλαίσιο, όπου ευνοείται η σταδιακή ανάδυση του «Κατωτέρου Πακέτου» και προσάρτησή του στο μέτωπο του ορογενούς. Το καθεστώς στο Μέσο Μειόκαινο χαρακτηρίζεται από εκτεταμένο εφελκυσμό, που οδηγεί στην κατάρρευση του πρίσματος και την αποκάλυψη των ενοτήτων του «Κατωτέρου Πακέτου», μία κατάσταση που περιγράφεται σύμφωνα με το μοντέλο «Βαρυτικής Κατάρρευσης». Η επαφή του «Κατωτέρου Πακέτου» με το «Ανώτερο Πακέτο», καλείται βιβλιογραφικά «Κρητική Αποκόλληση». Στην περιοχή μελέτης δεν χαρτογραφείται η εν λόγω επαφή και γενικότερα δεν εντοπίζονται πετρώματα του «Κατωτέρου Πακέτου». Ωστόσο, οι αποκολλήσεις

που αναπτύσσονται στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, διαμορφώνουν ολόκληρο τον ευρύτερο χώρο και καθορίζουν την μορφοτεκτονική όψη της νήσου. Στο σύνολό τους, αναπτύσσονται αξονικά σε διεύθυνση Α-Δ με κλίση είτε προς βορρά είτε προς νότο, έτσι διακρίνονται στην νοτιότερη αποκόλληση και την βορειότερη. Εκείνη που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής μελέτης είναι η νοτιότερη αποκόλληση, η οποία βυθίζεται κάτω από τα Αστερούσια και το Λιβυκό Πέλαγος με μικρή κλίση περί τις 20 μοίρες (Paranikolaou & Vasilakis, 2010). Μία γενική εκτίμηση για το Μειόκαινο είναι ότι επηρεάζεται έντονα ολόκληρος ο χώρος του Νοτίου Αιγαίου. Όσον αφορά τους σχηματισμούς του νησιού, στο «Κατώτερο Πακέτο» προκαλείτε πλαστική παραμόρφωση που προοδευτικά εξελίσσεται σε ρηξιγενή. Από την άλλη πλευρά στο «Ανώτερο Πακέτο» αναπτύσσονται ζώνες αποκόλλησης.

Οι γεωλογικές ενότητες έχουν πλέον επωθηθεί, ωστόσο ο εφελκυσμός στο Ανώτερο Μειόκαινο διατηρεί το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού κάτω από την στάθμη της θάλασσας. Ειδικότερα, όσον αφορά την περιοχή μελέτης η λεκάνη της Μεσαράς τοποθετείτε υποθαλάσσια, ενώ τα Αστερούσια παραμένουν υψηλότερα της θαλάσσιας στάθμης, τροφοδοτώντας με ιζήματα την γειτονική λεκάνη. Το διάστημα αυτό έχουμε την συσσώρευση μειοκαινικών ιζημάτων στην Ν.Α.Η. (σημερινή πεδιάδα της Μεσαράς). Καθοριστικό παράγοντα στην διαμόρφωση του παλαιό-χώρου διαδραματίζει το κανονικό ρήγμα στην βάση των βόρειων παρυφών των Αστερουσίων. Το εν λόγω ρήγμα αναπτύσσεται αξονικά σε διεύθυνση Α-Δ με κλίση προς βορρά, είναι σχετικά ισόχρονο με τις αποκολλήσεις και δεν φαίνεται να τις επηρεάζει, πιθανόν έπεται αυτών και οριοθετεί νότια την λεκάνη της Μεσαράς.

▪ Η εξέλιξη στο Πλειόκαινο

Η συνθήκες που επικρατούν σύντομα ανατρέπονται, η έντονη ανύψωση του Πλειοκαίνου έχει ως αποτέλεσμα την ανάδυση της περιοχής. Το κανονικό ρήγμα για το οποίο ήδη έγινε λόγος φαίνεται να συνεχίζει να είναι ενεργό στο διάστημα του Πλειοκαίνου. Χαρτογραφείται στην περιοχή μελέτης κι έχει ουσιαστικό ρόλο στην ταπείνωση του παλαιό-πεδίου της σημερινής Μεσαράς και την ανύψωση των Αστερουσίων. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα ρηγμάτων κι όχι για ένα και μοναδικό. Θεωρείται δεδομένο ότι η παλαιότερη δραστηριοποίηση του συγκεκριμένου τμήματος το κρατάει σκεπασμένο από τα κορήματα και τα νεογενή ιζήματα της λεκάνης. Σε αντίθεση με δυτικότερα, που πιθανόν κάποια ποιο πρόσφατη δραστηριοποίηση του συγκεκριμένου τμήματος δημιουργεί εντυπωσιακούς καθρέπτες, ακόμα ποιο δυτικά συναντάμε την παράκτια επέκταση της λεκάνης μέχρι και την νήσο Γαύδο. Ειδική αναφορά για την εξέλιξη της λεκάνης της Μεσαράς έχει ήδη προηγηθεί στα πλαίσια κατανόησης της νεοτεκτονικής εξέλιξης της Κρήτης, επομένως δεν κρίνεται αναγκαίο να αναφερθούμε περαιτέρω.

Σχετικά με την Εθιά και την ευρύτερη περιοχή, σημειώνεται ότι ο χώρος των Αστερουσίων που χαρτογραφήθηκε παρέμεινε υψηλότερα από την στάθμη της θάλασσας κατά το Μειόκαινο, όπως συνηγορεί η απουσία ανάλογων ιζημάτων. Τα εντατικά πεδία που επιδρούν από το Ανώτερο Μειόκαινο ρηγματώνουν και επαναπτυχώνουν τους σχηματισμούς. Εντυπωσιακό το Ρήγμα Νότια των παρανύμφων που αναπτύσσεται σε διεύθυνση Α-Δ στην κορυφή της οροσειράς με μέση κλίση 70 μοιρών προς βορρά. Επίσης εντυπωσιακά μικρότερα και μεγαλύτερα ρήγματα χαρτογραφούνται σε όλη την περιοχή. Την επιτομή των ρηγμά-

των την συναντάμε στις νότιες πλαγιές των Αστερουσίων. Ειδικότερα, πρόκειται για εκτεταμένες επιφάνειες ρηγμάτων ορίζουν που διαμορφώνουν το νότιο μέτωπο της οροσειράς. Τα συγκεκριμένα κανονικά ρήγματα αναπτύσσονται αξονικά σε διεύθυνση Α-Δ. Επίσης, εντυπωσιακοί είναι οι «καθρέφτες» βόρεια του οικισμού των «Τριών Εκκλησιών» αλλά και κατά μήκος της ακτογραμμής. Τα κανονικά ρήγματα που προαναφέραμε συχνά διακόπτονται από κάποια νεότερα, που αναπτύσσονται αξονικά σε διεύθυνση Βορρά - Νότου. Γενικότερα τα ρήγματα που διαμορφώνουν όλη την νότια πλαγιά της οροσειράς φαίνεται ότι δραστηριοποιήθηκαν «βίαια» μ' αποτέλεσμα οι επιφάνειες να μην έχουν διαβρωθεί, κορήματα να καλύπτουν σχεδόν όλη την πλαγιά και αναβαθμίδες να παρατηρούνται στις νότιες παρυφές που βυθίζονται στην θάλασσα. Οι τελευταίες σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό και με τις ευστατικές κινήσεις του τεταρτογενούς.

Συνοψίζοντας, η περιοχή έχει έντονο τεκτονικό ενδιαφέρον εντυπωσιακές επιφάνειες ρηγμάτων στην ενότητα Τρίπολης, πολλές πτυχές στην ενότητα Εθιάς προκαλούν τον «γεωλογικό θαυμασμό». Ωστόσο η έκταση της εργασίας αυτής, ο μειωμένος χρόνος και η έλλειψη βιβλιογραφικών στοιχείων δεν μας επιτρέπει να εμβαθύνουμε περαιτέρω. Τα πετρώματα της περιοχής μελέτης σίγουρα έχουν επηρεαστεί από το σύνολο των πεδίων που από το Ηώκαινο διαμορφώνουν το νησί, ωστόσο οι δομές και η μελέτη την δεδομένη στιγμή δεν μας επιτρέπει να μιλήσουμε συγκεκριμένα για χαρακτηριστικές πλειοκαινικές δομές στην ευρύτερη περιοχή της Εθιάς.

▪ Η εξέλιξη στο Τεταρτογενές

Στο διάστημα του τεταρτογενούς η περιοχή της Μεσαράς διατηρείται υψηλότερα από τηνθαλάσσια στάθμη, μ' αποτέλεσμα να διαβρώνεται το υδρογραφικό δίκτυο να έχει αναπτυχθεί στηνλεκάνη και να υποσκάπτει τους σχηματισμούς. Πλημμυρικά φαινόμενα στην λεκάνη φαίνεται να έχουν συμβεί στο διάστημα του Τεταρτογενούς. Όσον αφορά τις υδροφορίες, είναι πολλές και η λεκάνη διαθέτει το απαιτούμενο νερό για να τροφοδοτήσει τις μόνιμες και εποχικές καλλιέργειες αλλά και τις ανάγκες των οικισμών.

Όσον αφορά τις λοιπές ενότητες του «Ανωτέρου Πακέτου» που δομούν τα Αστερούσια αυτές από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα παραμένουν εκτεθειμένες σ' όλες τις εξωγενείς διεργασίες. Ποιο συγκεκριμένα, η αιολική διάβρωση είναι έντονη όπως και η αποσάθρωση των ανθρακικών πετρωμάτων της «Πίνδου» και της «Τρίπολης». Εντυπωσιακά σπήλαια, χαράδρες, φαράγγια και καταρράκτες έχουν σμιλευτεί στην οροσειρά. Τα σπήλαια φτάνουν μέχρι και το επίπεδο της θάλασσας αποτέλεσμα πολλές φορές της θαλάσσιας διάβρωσης των πετρωμάτων αλλά και των σχετικών ευστατικών κινήσεων. Λεκάνες πληρωμένες με νεογενή υλικά εντοπίζονται στην κορυφή της οροσειράς, εντός των οποίων πολλές φορές συναντάμε οικισμούς όπως εκείνο των «Παρανύμφων». Επιπρόσθετα, πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων συναντάμε σε κάθε πλαγιά σε κάθε απότομη μορφολογική επιφάνεια, μία συνθήκη που υποδηλώνει την έντονη τεκτονική που διαμόρφωσε τον χώρο και τείνει να εξομαλυνθεί. Τέλος, κατά μήκος των νότιων παρυφών θαλάσσιες αναβαθμίδες υποδηλώνουν την σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης, η οποία οφείλεται σε τεκτονικά κι ευστατικά αίτια που έλαβαν χώρα στο διάστημα του Τεταρτογενούς.

Κεφάλαιο 4. ΥΔΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

4.1. Υδατικά στοιχεία

Η περιοχή μελέτης από «υδατική» σκοπιά εντοπίζεται εντός του ανατολικού περιθωρίου του GR40 (Εικόνα 2.4-1). Οι υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στα Αστερούσια αναλύονται περαιτέρω στη συνέχεια, με μία πρώτη εκτίμηση πως εξαιτίας της γεωγραφικής θέσης και του ανάγλυφου της, αποκλίνει ως προς τις μέσες τιμές άλλων περιοχών της Κρήτης. Συγχρόνως, οι αυξημένες ανάγκες για άρδευση όσο και ύδρευση τα τελευταία χρόνια είναι πιθανό να προκαλούν αρνητικές πιέσεις στους υπόγειους υδροφόρους.

4.1.1. Λιμναία Υδατικά Συστήματα

Στην ευρύτερη περιοχή των Αστερουσίων δεν συναντάται κάποιο φυσικό λιμναίο σύστημα εκτός από τη λίμνη «Κολουμπά» η οποία βρίσκεται στο ανατολικό άκρο των Αστερουσίων, εκτός της περιοχής μελέτης, με νερό μόνο σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων (Εικόνα 4.1-1.α).



Εικόνα 4.1-1. Λίμνη «Κολουμπά» & παράδειγμα γούρνας (β)

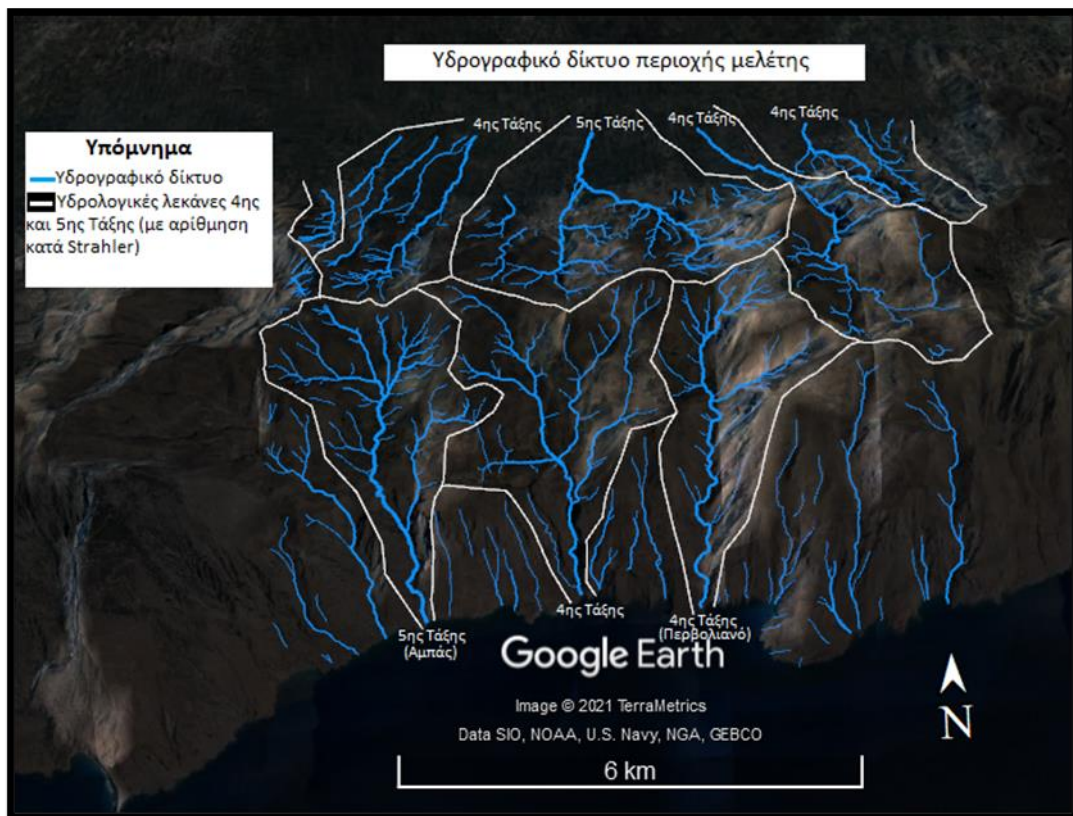
Οι κύριες επιφανειακές εκδηλώσεις στάσιμου νερού στην περιοχή συναντώνται σε θέσεις όπου έχουν υλοποιηθεί έργα συλλογής βρόχινου νερού ή πλησίον σε πηγές. Τα συγκεκριμένα έργα αποσκοπούν στη κάλυψη κτηνοτροφικών ή αγροτικών αναγκών και είναι κυρίως διαφόρων τύπου ομβροδεξαμενές με τις απλούστερες εξ αυτών να είναι οι λεγόμενες γούρνες/στέρνες (Εικόνα 4.1-1.β). Είναι μικρής σημασίας μιας και το ύψος του νερού στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ξεπερνάει το ένα μέτρο εκτός ελαχίστων περιπτώσεων όπου μπορεί να φτάσει έως 4 μέτρα μέγιστο.

4.1.2. Ποτάμια Υδατικά Συστήματα

Το πλησιέστερο στην περιοχή μελέτης Ποτάμιο Υδατικό Σύστημα είναι αυτό του Αναποδάρηποταμού, στο οποίο καταλήγουν όλα τα υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής με ροή προς βορρά και τα οποία εντάσσονται στην λεκάνη απορροής του εν λόγω ποταμού. Αντίθετα, τα υδρογραφικά δίκτυα που σχηματί-

ζονται προς νότο καταλήγουν απευθείας σε παράκτια συστήματα και πιο συγκεκριμένα στο «Ακτές Νότιου Κρητικού Πελάγους – Αστερούσια» όπου θα αναφερθούμε στη συνέχεια. Επομένως, διαπιστώνουμε μία αντιδιαμετρική μορφή με διεύθυνση κίνησης τόσο προς νότο όσο και προς βορρά (Εικόνα 4.1-2).

Τα περισσότερα ποτάμια που αναφέρονται στην περιοχή, είναι ορθότερο να προσδιοριστούν ως χειμάρροι (περίπου το 95%). Οι χειμάρροι δεν υπερβαίνουν την αρίθμηση 3, κατά Strahler (1957) και χαρακτηρίζονται από εφήμερη ροή (Εικόνα 4.1-2). Οι κλάδοι με αρίθμηση 4 και 5 (όπου είναι η μεγαλύτερη αρίθμηση που εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης) μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά τμήματα ποταμών με διαρκή ροή τους περισσότερους μήνες του χρόνου (πλην τους καλοκαιρινούς). Η τροφοδοσία τους επιτυγχάνεται κυρίως από πηγές υπερπλήρωσης που λειτουργούν και μετά το πέρας των βροχοπτώσεων.



Εικόνα 4.1-2. Υδρογραφικά δίκτυα και υδρολογικές λεκάνες περιοχής μελέτης (με αρίθμηση κατά Strahler).

Συγχρόνως, έχουν καθοριστεί οι υδρολογικές λεκάνες των κυριότερων κλάδων της περιοχής (Εικόνα 4.1-2.). Παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες σε έκταση υδρολογικές λεκάνες εντοπίζονται βόρεια, ενώ οι ίδιες λεκάνες αποτελούν επιμέρους τμήματα της μεγαλύτερης σε αρίθμηση κατά Strahler (1957), λεκάνης του Αναποδάρη.

Το μοναδικό ποτάμι που παρατηρήθηκε (in situ) με μόνιμη ροή τους καλοκαιρινούς μήνες είναι το «Περβολιανό» (εικόνα 4.1-3.) (έτος παρατήρησης Ιούνιος 2020). Το Περβολιανό ποτάμι ρέει κατά μήκος της «Περβόλας» μιας σχετικά επίπεδης ημιορεινής περιοχής, η οποία φαίνεται να είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων τεκτονικής (ρήγματα) και καρστικοποίησης. Στη συνέχεια καταλήγει στο Περβολιανό φαράγγι όπου κινείται κατά μήκος των ανθρακικών της ενότητας Εθιάς (Ιουρασική-ηλικίας) δημιουργώντας ένα ε-

ντυπωσιακό τοπίο από μικρούς καταρράκτες λόγω της δράσης κανονικών ρηγμάτων (Εικόνα 4.1-3). Από εκεί και έπειτα αρχίζει να φθίνει έως ότου συναντήσει την τεκτονική επαφή Πίνδου - Τριπόλεως που μέσω αυτής μεταφέρεται στον υπόγειο υδροφορέα της περιοχής. Η συνεχής ροή τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλεται σε μια πηγή υπερπλήρωσης, στην εκκλησία της Αγίας Ειρήνης, που το τροφοδοτεί συνεχώς με εύλογες ποσότητες νερού (Εικόνα 4.1-4) καθώς και σε άλλες πηγές κατά μήκος του φαραγγιού. Το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκε μόνιμη ροή (μονάχα εποχική) και σε άλλα ποτάμια τεκμηριώνεται από την παρουσία ανθρακικών, όπου λειτουργούν ως δίοδοι επιφανειακού νερού σε υπόγεια υδατικά συστήματα, καθώς και της μικρής έκτασης των υδρολογικών λεκανών. Επισημαίνεται ότι και το ποτάμι του «Αμπά» διατηρούσε αρκετά μικρότερης έντασης μόνιμη ροή την ίδια χρονική περίοδο.



Εικόνα 4.1-3. Περβολιανό ποτάμι



Εικόνα 4.1-4. Πηγή Αγίας Ειρήνης

Αξίζει να σημειωθεί ότι η γεωλογία της περιοχής ευθύνεται για μερικές εικόνες που παρατηρούνται κατά μήκος ενός ποταμού. Για παράδειγμα πολλά ποτάμια από ένα σημείο και έπειτα φαίνεται να διακόπτονται ή να στερεύουν αλλά μετά από λίγα μέτρα «ξαναεμφανίζονται» δίνοντας μία εντυπωσιακή εικόνα στα μάτια των ντόπιων (διαλείπουσα ροή). Η διαπίστωση αυτή τεκμηριώνεται από την γεωλογική εικόνα της Κρήτης. Ειδικότερα μέσα σε λίγα μόλις χιλιόμετρα είναι πιθανό να έχουμε μια συνεχής εναλλαγή διαφορετικών γεωλογικών σχηματισμών. Μερικοί εξ αυτών είναι πρακτικά αδιαπέρατοι (όπως οι φλυσχοειδείς ακολουθίες της Εθιάς και της Τρίπολης), ενώ άλλοι περατοί (όπως τα ανθρακικά πετρώματα οποιασδήποτε κολώνας) με αποτέλεσμα να έχουμε την εν λόγω διαπίστωση.

Κλείνοντας, κάθε υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από αρκετούς επιμέρους κλάδους καθιστώντας το σχετικά ανεπτυγμένο. Η μορφή του δικτύου που επικρατεί είναι η δενδριτική και λιγότερο η υποδενδριτική, η γωνιώδης και η ακτινωτή (τοπικά) (Εικόνα 4.1-2). Τόσο η ροή του εκάστοτε δικτύου όσο και η μορφή τους, ελέγχονται πλήρως από γεωλογικούς και ατμοσφαιρικούς παράγοντες. Χαρακτηριστικό είναι το

γεγονός ότι τα ρέματα που ρέουν από τα Αστερούσια, οι ντόπιοι τα αναφέρουν συχνά με την ονομασία «ξεροπόταμος».

4.1.3. Παράκτια Υδατικά Συστήματα

Στα Αστερούσια το Παράκτιο Υδατικό Σύστημα που καταλήγουν όλα τα υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής με ροή προς Νότο είναι το «Ακτές Νοτίου Κρητικού πελάγους-Αστερούσια». Η έκταση του είναι 120,38 τετραγωνικά χιλιόμετρα με περίμετρο 174,36 χιλιόμετρα (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση, 2017) (Εικόνα 4.1-5). Ο πυθμένας είναι βραχώδης και στις περισσότερες θέσεις είναι καλυμμένος από ασύνδετους αποστρωγγλωμένους ανθρακικούς κλάστες διαφόρων μεγεθών. Το βάθος του ξεπερνά τα 40 μέτρα λόγω των ρηγμάτων που υπάρχουν στην περιοχή, ως εκ τούτου η κλίση του βυθού πλησίον της ακτής είναι μεγαλύτερη των 20 μοιρών. Επίσης, στην παράκτια ζώνη διακρίνεται πλήθος θαλάσσιων αναβαθμίδων με κλάστες διαφόρων μεγεθών και ποικίλης σύστασης, οι οποίες προδικάζουν την ύπαρξη ρηγμάτων.



Εικόνα 4.1-5. Παράκτιο υδατικό σύστημα περιοχής μελέτης. Από <http://wfdgis.vpeka.gr/>

Εντός της παράκτιας ζώνης δεν εντοπίζεται κάποιο υδροληπτικό έργο, όπως για παράδειγμα μονάδα υφαλμύρισης ή άλλο. Επιπλέον, δεν υφίστανται μεγάλης κλίμακας ανθρώπινες παρεμβάσεις, εκτός από μερικούς ψαράδες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή, κυρίως του καλοκαιρινούς μήνες όπου η κίνηση είναι αυξημένη. Συνοψίζοντας, στην παρούσα εργασία δεν υλοποιείται κάποια περαιτέρω ανάλυση του εν λόγω Πα.Υ.Σ..

4.1.4. Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

Στην περιοχή μελέτης από τον Περλέρος et al, (2004) την παλαιότερη διάκριση του Ε.Α.Γ.Μ.Ε (1997), την ΜΔΥΠΚ (2001), τον Κριτσωτάκη (2009) και με βάση το ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση (2017), διακρίνονται τα εξής Υ.Υ.Σ.:

- Καρστικό ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΑΓΤΟΥ(GR92):

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΔΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

Φιλοξενείται στα ανθρακικά πετρώματα της ενότητας Εθιάς και εκείνα της Άρβης, εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης χωρίς να παρουσιάζει συνοχή. Ελέγχεται από τεκτονικές επαφές και ειδικότερα από εκείνες με διεύθυνση Α-Δ.

➤ Καρστικό ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ (GR93):

Παρατηρείται στα ανθρακικά της ενότητας Τρίπολης και εκείνα της Εθιάς, ελέγχεται από την τεκτονική επαφή των Αστερουσίων (μέσω κανονικού ρήγματος κλίσεως >60 μοιρών, έως κατακόρυφο) στα βόρεια. Διακρίνεται από το «ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΑΓΓΟΥ» καθώς το Υ.Υ.Σ. που σχηματίζεται «κινείται» προς νότο, επομένως, καταλήγει στο Πα.Υ.Σ. των Αστερουσίων.

➤ Πορώδες ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ (GR85):

Εντοπίζεται εντός της πεδιάδας της Μεσαράς και οριοθετείται νότια από την οροσειρά των Αστερουσίων. Παρατηρείται στις αλλουβιακές και τεταρτογενείς αποθέσεις, κυρίως στους αδρόκοκκους ορίζοντες (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και άλλα). Ο αδιαπέρατος σχηματισμός στο υπέδαφος θεωρείται ένας οριζωντας μαργών κυμαινόμενου πάχους (Kritsotakis & Παυλίδου, 2013).

➤ Ρωγμώδες ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ (GR220):

Στο συγκεκριμένο Υ.Υ.Σ. εντάσσονται όλοι οι πρακτικά αδιαπέρατοι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής, οι οποίοι υπό ορισμένες προϋποθέσεις δύναται να φιλοξενούν υδροφορίες.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο χάρτης των Υ.Υ.Σ. στο νομό Ηρακλείου όπως αυτά απεικονίζονται στο προσχέδιο παράρτημα ΙΙ (20/03/2014) στην 1^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ. Μέχρι σήμερα δεν έχουν υποστεί καμία γενικότερη τροποποίηση ή αλλαγή.



Εικόνα 4.1-6. Υ.Υ.Σ. νομού Ηρακλείου. Από προσχέδιο παράρτημα ΙΙ του ΣΔΔΑΠ Κρήτης (2014). Με κόκκινο πε-
ρίγραμμα η περιοχή μελέτης.

4.2. Υδρολογικά στοιχεία

Τα υδρολογικά/μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης αντλήθηκαν από συνολικά τρεις σταθμούς παρατήρησης (πίνακας 4.2-1.). Οι επιλογή τους υλοποιήθηκε με κριτήριο τη γεωγραφική τους θέση και με τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζουν αντιδιαμετρικά γεωμορφολογικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά. Τα χρονολογικά έτη εξαγωγής των στοιχείων είναι από το 2018 έως το 2020.

Σταθμός	Υψόμετρο(m)	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
Πύργου	280	35.00626° N	25.15350° E
Μεσοχωριού	300	35.00000° N	25.12000° E
Λέντα	15	34.93053° N	24.92500° E

Πίνακας 4.2-1. Γεωγραφικά στοιχεία επιλεγμένων μετεωρολογικών σταθμών (από meteo.gr και cretaweather.gr)

Ειδικότερα οι μετεωρολογικοί σταθμοί του Πύργου και του Μεσοχωριού επιλέχθηκαν καθώς βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης και στις βόρειες παρυφές των Αστερουσίων. Ο σταθμός του Πύργου έχει τοποθετηθεί από την Περιφέρεια Κρήτης με σκοπό τον έλεγχο των υδρογεωλογικών συστημάτων των Αστερουσίων. Τα στοιχεία του αντλήθηκαν από την ανοιχτή βάση δεδομένων της

«Διεύθυνσης Υδάτων Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης». Από την άλλη ο σταθμός στο Μεσοχωριό είναι ιδιωτικός και ανήκει στον Κοζυράκη Μανώλη. Τα στοιχεία του αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα «cretaweather.gr».

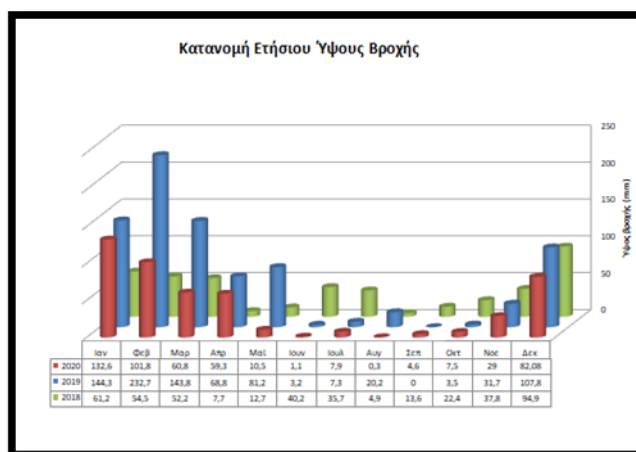
Συγχρόνως επιλέχθηκε και ο μετεωρολογικός σταθμός του Λέντα. Η προτίμηση αυτού του σταθμού έναντι των άλλων που διατηρούνται στο κάμπο της Μεσαράς, έγινε καθώς βρίσκεται στις νότιες παρυφές των Αστερουσίων (αντιδιαμετρικά των άλλων δύο) άρα θα επηρεάζεται και από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Αν και ο εν λόγω σταθμός είναι εκτός της οριοθετημένης περιοχής, θεωρήθηκε αντιπροσωπευτικός για τη νότια πλευρά. Αποτελεί τμήμα του δικτύου αυτόματων σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών που απαρτίζεται συνολικά από 450 μετεωρολογικούς σταθμούς με συνεχή επέκταση. Τα στοιχεία αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων του (meteosearch.meteo.gr).

Στη συνέχεια, παρατίθεται ο πίνακας με τα κυριότερα υδρολογικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς (Πίνακας 4.2-2.). Τα στοιχεία σχηματίστηκαν από το συνυπολογισμό τριών χρονικών περιόδων (2018, 2019, 2020).

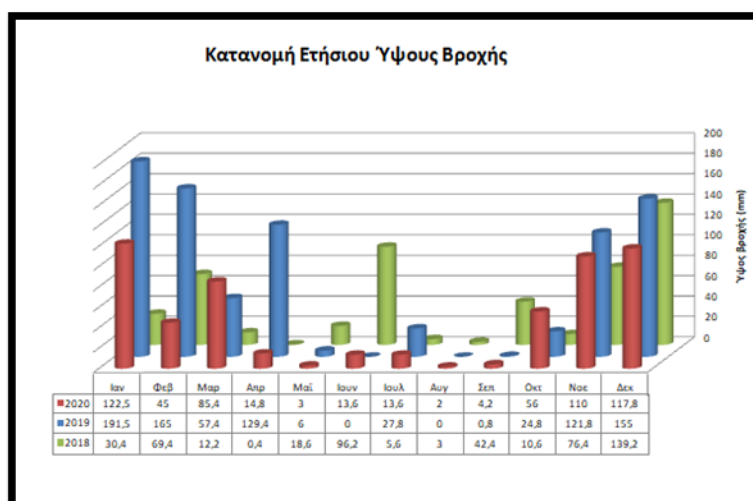
Σταθμός	Μέση Θερμοκρασία (°C)	Ύψος βροχής (mm)	Επικρατούσα δ/νση ανέμου
Πόργου	18,4	593,26	SW ή NE
Μεσοχωριού	18,1	657,3	ENE ή NE
Λέντα	20,6	475,5	SE ή NNE

Πίνακας 4.2-2. Ετήσια υδρολογικά δεδομένα μετεωρολογικών σταθμών (από meteo.gr για Λέντα και από Διεύθυνση Υδάτων Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης για Πόργο και από cretaweather.gr για Μεσοχωριό).

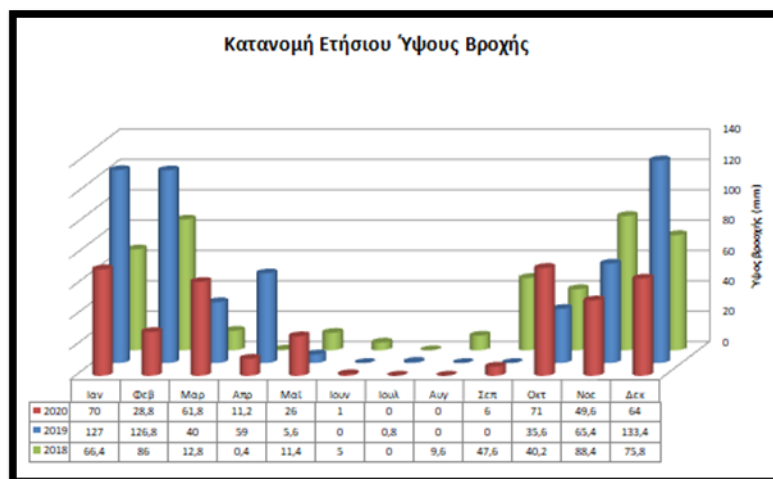
Ακολουθεί η σχηματική αναπαράσταση με μορφή διαγράμματος των μηνιαίων υψών βροχής για κάθε σταθμό σε τρία διαδοχικά έτη (Διάγραμμα 4.2-1, 4.2-2 και 4.2-3).



Διάγραμμα 4.2-1. Σταθμός Πόργου



Διάγραμμα 4.2-2. Σταθμός Μεσοχωριού.



Διάγραμμα 4.2-3. Σταθμός Λέντα.

Ως προς τα έτη διαπιστώνουμε πως το πιο βροχερό (μεταξύ των τριών) ήταν εκείνο του 2019 με τιμές μεγαλύτερες από 800 χιλιοστά στους σταθμούς του Πύργου και του Μεσοχωριού. Το ίδιο έτος στο σταθμό του Λέντα καταγράφηκαν πάνω από 500 χιλιοστά βροχής. Από την άλλη και στους 3 σταθμούς τα έτη 2020 και 2018 φαίνεται να συμβαδίζουν με κάποιες μικρές αποκλίσεις (μικρότερες από 100 χιλιοστά βροχής). Συνεπώς, οι μετρήσεις που σημειώθηκαν το 2019 δεν κρίνονται αντιπροσωπευτικές για την μέση κατάσταση που επικρατεί στην περιοχή.

Αρχικά, παρατηρούμε μία σχετική ομοιομορφία στην κατανομή μεταξύ των μηνών στο εκάστοτε έτος. Ειδικότερα από τον Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο τα ύψη βροχής είναι μικρά έως μηδενικά, με ελάχιστες εξαιρέσεις όπως για παράδειγμα ο Ιούνιος του 2018 στον Πύργο, ο Μάιος του 2019 στο σταθμό του Λέντα και ο Ιούνιος του 2018 στο Μεσοχωριό. Στους υπόλοιπους μήνες παρατηρούμε σταθερά μέσα έως υψηλά ποσοστά με ορισμένες αποκλίσεις όπως για παράδειγμα το μήνα Απρίλιο του 2018 στο σταθμό του Λέντα. Επίσης, το 2019 χαρακτηρίζεται ως ο χρόνος με τα υψηλότερα χιλιοστά βροχής, εμφανίζοντας μεγάλη απόκλιση από τη μέση τιμή στο σταθμό του Πύργου και του Μεσοχωριού και μικρή στον Λέντα (Πίνακας 4.2-2.). Κλείνοντας, τα μέγιστα παρατηρούνται τους χειμερινούς μήνες και τα ελάχιστα τους καλοκαιρινούς. Ο Ιανουάριος σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζεται ο πιο βροχερός, ενώ ο Αύγουστος ο πιο ξηρός.

Αξίζει να επισημανθεί ότι ο Ιούνιος του 2019 στο σταθμό του Μεσοχωριού έχει μεγάλη απόκλιση συγκρινόμενος με τον αντίστοιχο μήνα στο σταθμό του Πύργου. Η απόκλιση αυτή δεν μπορεί να τεκμηριωθεί με μεγάλη ευκολία καθώς οι δύο σταθμοί βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Επομένως, εικάζουμε την ύπαρξη κάποιας αστοχίας στις μία από τις δύο βάσεις δεδομένων, χωρίς όμως να το αποδεχόμαστε καθολικά μιας και υπάρχει πιθανότητα να οφείλεται σε κάποιο τοπικό κλιματικό φαινόμενο. Κλείνοντας, οι μήνες του Οκτωβρίου, του Νοεμβρίου και του Δεκεμβρίου στο σταθμό του Πύργου έχουν προκύψει προσεγγιστικά με αναγωγή ανάμεσα στο έτος του 2019 και τα ανάλογα μηνιαία στοιχεία στο σταθμό του Μεσοχωριού, μιας και μέχρι τις 07/04/2021 δεν είχαν αναρτηθεί στη βάση δεδομένων της αποκεντρωμένης.

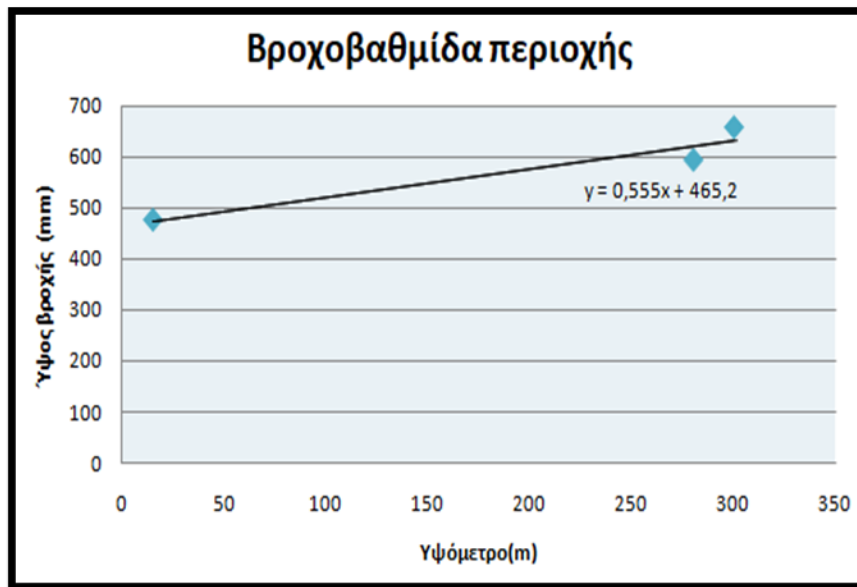
4.2.1. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα(P)

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που δέχεται κατά μέσο όρο η περιοχή μελέτης αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί. Για μεγαλύτερη ακρίβεια έχει υλοποιηθεί μία πρώτη διάκριση σε πεδινή και ορεινή έκταση. Ως ορεινή ορίζεται η μάζα των Αστερουσίων, ενώ ως πεδινή το τμήμα της λεκάνης της Μεσαράς όπου ονομάζεται ως υπολεκάνη Χάρακα (Κριτσωτάκης, 2009).

Περιοχή	Ονομασία	Μέσο Υψόμετρο (m)	Ύψος Βροχής (m/y)	Έκταση (10 ⁶ m ²)	Όγκος Κατακρημνισμάτων (10 ⁶ m ³ /y)
Πεδινή	Υπολεκάνη Χάρακα	244	0,60 (0,66*)	14	9,24 (8,4 + 0,84*)
Ορεινή	Αστερούσια	650	0,83 (0,9545*)	60	57,27 (49,8 + 7,47*)

Πίνακας 4.2-3. Υπολογισμός κατακρημνισμάτων από βροχοβαθμίδα (Διάγραμμα 4.2-4.)

Από τη μέση τιμή του ύψους βροχής για τα τρία χρονολογικά έτη και το υψόμετρο του κάθε σταθμού, κατασκευάζουμε τη βροχοβαθμίδα² της περιοχής (Διάγραμμα 4.2-4).



Διάγραμμα 4.2-4. Βροχοβαθμίδα περιοχής μελέτης

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον τελικό υπολογισμό των κατακρημνισμάτων συνυπολογίστηκε ως ποσοστό συμμετοχής επί του συνολικού όγκου και το νερό υπό μορφή υδρατμών (ομίχλη, υγρασία) ή στερεή (χιόνι, χαλάζι). Για το πεδινό τμήμα το ποσοστό θεωρήθηκε 10% ενώ για το ορεινό 15% (+ 0,84 και 7,47 αντίστοιχα*). Οι υπολογισμοί του πίνακα 4.2.3. αποτυπώνονται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

² Καμπύλη που αποτυπώνει την μεταβολή του ύψους βροχής σε συνάρτηση του υψομέτρου.

4.2.2. Εξατμισοδιαπνοή (E)

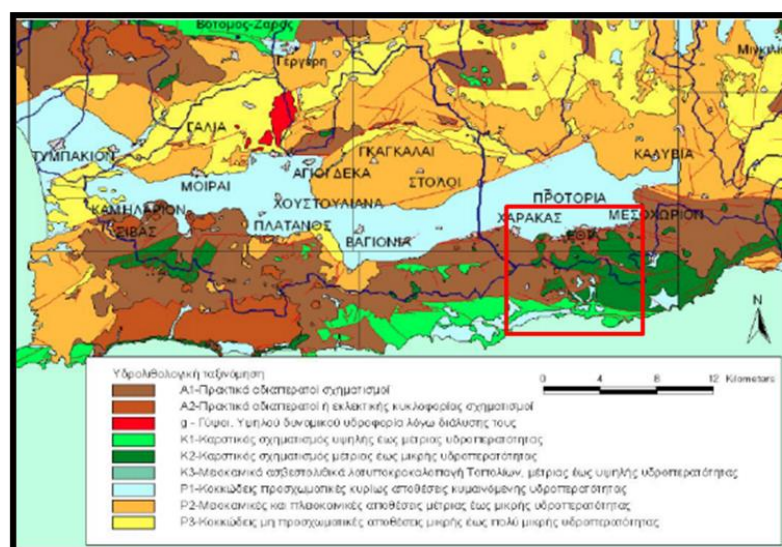
Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιούμε τον εμπειρικό τύπο του Coutagne (1854-1928). Άρα έχοντας τη μέση ετήσια θερμοκρασία (T_μ) από την συνεισφορά τριών σταθμών και το μέσο ετήσιο ύψος (Ρ_μ) σε m, προχωράμε στην επίλυση των τύπων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα εν λόγω αποτελέσματα είναι προσεγγιστικά και είναι πιθανό να χαρακτηρίζονται από κυμαινόμενο μεγάλης κλίμακας σφάλμα. Ειδικότερα οι σταθμοί του Πύργου και του Μεσοχωριού συνεισφέρουν από 47,5% έκαστος και του Λέντα 5% στο τελικό αποτέλεσμα της θερμοκρασίας εντός της πεδινής έκτασης. Από την άλλη στην ορεινή έκταση θεωρήθηκε ότι θα πρέπει να συνυπολογιστεί ένας συντελεστής μείωσης της τιμής ίσος με 3°C και ποσοστό συμμετοχής του Λέντα στο 10% αφού δεν εντοπίστηκε μετεωρολογικός σταθμός εντός της οροσειράς. (Πίνακας 4.2-4., οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στο παράρτημα III).

Περιοχή	Ύψος Κατακρημνισμάτων (m/y)	Μέση θερμοκρασία (°C)	Εξατμισοδιαπνοή(E) (10 ⁶ m ³ /y)
Πεδινή	0,66(0,6 + 0,06*)	18,37	(λ=0,30) 7,41
Ορεινή	0,9545(0,83 + 0,1245*)	15,49	(λ=0,34) 38,68

Πίνακας 4.2-4. Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής (E) (Τύπος Coutagne)

4.3. Υδρογεωλογικά στοιχεία

Στην περιοχή μελέτης εντοπίζεται μία ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών που με βάση την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, συνοδευόμενες από τις αντίστοιχες υποκατηγορίες (Περλέρος, 2004 & Κριτσωτάκης, 2009) (Εικόνα 4.3-1).



Εικόνα 4.3-1. Υδρολιθολογικές Ενότητες στη λεκάνη της Μεσαράς, από Περιφέρεια Κρήτης (2009). Μεκόκκινο οριοθετείται η περιοχή μελέτης.

Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι ανθρακικοί σχηματισμοί (μακροπερατοί), που με τη σειρά τους διακρίνονται σε υψηλή έως μέτρια ή μέτρια έως μικρή υδροπερατότητα(k). Πετρώματα που χαρακτηρίζονται από υψηλό συντελεστή k και εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης είναι τα ανθρακικά της ζώνης Τριπόλεως, ενώ πετρώματα με μέτρια υδροπερατότητα είναι τα ανθρακικά της ζώνης της Πίνδου και εκείνα του καλύμματος της Άρβης. Στα ανθρακικά της ζώνης Τριπόλεως αναπτύσσονται υψηλού δυναμικού υπόγειες υδροφορίες, σε αντίθεση με την δεύτερη υποκατηγορία όπου έχουμε την ανάπτυξη μικρού έως μέτριου δυναμικού, λόγω κυρίως πυριτικών ενδιαστρώσεων. Επιπλέον, λόγω του έντονου τεκτονισμού που έχει υποστεί η περιοχή μελέτης είναι ότι τα ανθρακικά της ενότητας Πίνδου-Εθιάς τροφοδοτούν πλήθος πηγών, ενώ συχνά οι υπόγειες υδροφορίες παρουσιάζονται «αποκομμένες» και χωρίς δυνατότητα επανατροφοδοσίας.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν όλοι οι κοκκώδεις σχηματισμοί (μικροπερατοί) όπου διακρίνονται σε κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας. Μικρής έως μέτριας, οι μειοκαινικές ή πλειοκαινικές αποθέσεις και οι κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής. Στην πρώτη υποκατηγορία εντάσσονται όλες οι αλλουβιακές αποθέσεις, θαλάσσιες αναβαθμίδες καθώς επίσης και τμήματα του πλειστοκαινικού σχηματισμού (ορίζοντες κροκαλοπαγών) που καλύπτει μέρος της εξεταζόμενης περιοχής. Κατά θέσεις είναι πιθανό να εντοπίζονται αξιόλογες υδροφορίες, οι οποίες τυγχάνουν συστηματικής εκμετάλλευσης κυρίως τους θερινούς μήνες. Από την άλλη στην δεύτερη και στην τρίτη υποκατηγορία δεν εντάσσεται κάποιος από τους επιφανειακούς σχηματισμούς που εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης, αλλά περιλαμβάνονται όλοι οι νεογενείς (μεταλπικοί) σχηματισμοί της Κρήτης.

Ακολουθούν οι πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί, οι οποίοι με τη σειρά τους μπορεί να διακριθούν σε εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμούς πολύ χαμηλής υδροπερατότητας και σε χαμηλής έως πολύ χαμηλής υδροπερατότητας σχηματισμούς. Στην εν λόγω βαθμίδα περιλαμβάνονται όλοι οι πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί όπως οι φλυσχικές ακολουθίες της ζώνης της Πίνδου - Εθιάς, ο φλύσχης της Τρίπολης και της Άρβης καθώς και όλα τα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα στην περιοχή μελέτης (οφιόλιθοι). Οι περισσότερες από τις εν λόγω ακολουθίες ανήκουν στη πρώτη κατηγορία καθώς οι εξωγενείς παράγοντες και η παραμόρφωση έχουν επιδράσει στην συνεκτικότητά τους δημιουργώντας αξιόλογες μικρού βάθους υδροφορίες. Από την άλλη τμήματα λιγότερο επηρεασμένα από τους προαναφερόμενους παράγοντες και κυρίως μεταμορφωμένα ή πυριγενή πετρώματα χαρακτηρίζονται ως εκλεκτικής κυκλοφορίας, με τις υδροφορίες που σχηματίζονται να είναι πολύ μικρής δυναμικότητας.

Οι τιμές του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας (k) δίνονται από τον Kallergis (2001) και αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.3-1.).

Σχηματισμοί	Υδροπερατότητα	Τιμή k (m/s)
Ανθρακικοί μακροπερατοί	Μέτρια έως υψηλή	$k \geq 10^{-6}$
	Χαμηλή έως μέτρια	$10^{-9} < k < 10^{-1}$
Κοκκώδεις μικροπερατοί	Χαμηλή έως μέτρια	$10^{-9} < k < 10^{-1}$
	Χαμηλή έως πολύ χαμηλή	$k \leq 10^{-9}$
Πρακτικά αδιαπέρατοι	Χαμηλή	$10^{-9} < k < 10^{-6}$
	Χαμηλής έως πολύ χαμηλή (Εκλεκτικής κυκλοφορίας)	$k \leq 10^{-9}$

Πίνακας 4.3-1. Τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας σε υδροπερατούς σχηματισμούς στην περιοχή μελέτης

Σε αρκετές περιπτώσεις οι υπόγειες υδροφορίες που δημιουργούνται στους εκάστοτε σχηματισμούς φαίνεται να επικοινωνούν με υδροφορίες διαφορετικών κατηγοριών αποτέλεσμα της πληθώρας ρηγμάτων που εντοπίζονται στην περιοχή. Αυτό περιπλέκει ακόμα περισσότερο τόσο την οριοθέτησή τους (όπως έγινε φανερό στο κεφάλαιο 4.1), όσο και την αξιολόγηση και έλεγχο του κάθε Υ.Υ.Σ..

Κατά τον Κριτσωτάκη (2009) αξιόλογες υδροφορίες στην Κρήτη οι οποίες δεν εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης είναι εκείνες σε γύψους και σε ασβεστολιθικά λατυποπαγή Τοπαλίου. Εντάσσονται σε διαφορετικές υδρολιθολογικές ταξινομήσεις και δεν συσχετίζονται με τους προαναφερθέντες υδρολογικούς σχηματισμούς (Εικόνα 4.3-1).

4.3.1. In situ παρατηρήσεις πορώδους και υδραυλικής αγωγιμότητας

Ειδικότερα από in situ παρατηρήσεις μελετήθηκε η ποιότητα των πετρωμάτων και η συνεκτικότητά τους, ενώ δόθηκε μια ποιοτική προσέγγιση του πορώδους (ολικού)³ και της υδραυλικής αγωγιμότητας (υδροπερατότητας, k).

Πιο συγκεκριμένα, οι ασβεστόλιθοι της Εθιάς χαρακτηρίζονται ως έντονα παραμορφωμένοι και τεκτονισμένοι με το πάχος των εμφανίσεων να διαφέρει σημαντικά από τόπο σε τόπο. Οι τριαδικοί ασβεστόλιθοι κατά θέσεις, όπως για παράδειγμα στο Περβολιανό, φαίνεται να έχουν μεγάλο πλάτος εμφάνισης, το οποίο όμως θεωρείται «πλασματικό» και ευθύνεται σε διαδοχικές αναδιπλώσεις/λεπιώσεις. Επίσης, έχουν υποστεί μέσου έως μικρού βαθμού καρστικοποίηση σε σύγκριση με τα ανθρακικά της Τρίπολης. Το πορώδες τους είναι κατά βάση δευτερογενές αποτέλεσμα των ρηγμάτων και των διακλάσεων, που παρατηρούνται διευρυμένες λόγω της κίνησης μετεωρικού νερού. Επομένως, με μία καθαρά ποιοτική προσέγγιση θεω-

³ Διακρίνεται και το πραγματικό πορώδες το οποίο αναφέρεται στα επικοινωνούντα κενά μέσω των οποίων κινείται το νερό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΔΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

ρούμε ότι χαρακτηρίζονται από υψηλό πορώδες με υδραυλική αγωγιμότητα k περίπου ίσο με $10^{5(\pm 2)}$ m/s. Παρόμοια χαρακτηριστικά εμφανίζει και η μικρή σε έκταση ανθρακική μάζα της Άρβης. Της οποίας η υδροφορία θεωρείται μικρής δυναμικότητας και μόνο για τοπική και συγχρόνως εποχική χρήση.

Σε παρόμοιες γραμμές με τα ανθρακικά της Πίνδου-Εθιάς κινούνται και εκείνα της Τρίπολης. Ειδικότερα χαρακτηρίζονται από την παρουσία ρηγμάτων και διακλάσεων που συνοδεύονται από έντονη κατά τόπους καρστικοποίηση. Το φαινόμενο αυτό παρέχει αυξημένο δευτερογενές πορώδες στο σχηματισμό με επακόλουθη αύξηση της υδροπερατότητας. Με μία ποιοτική προσέγγιση και σε σύγκριση με τα ανθρακικά της Εθιάς θεωρούμε ότι παρουσιάζουν τιμές k κυμαινόμενες από 10^{-4} έως 10^{-2} m/s (καλή). Οι περισσότερες πηγές εντοπίζονται πλησίον της παράκτιας ζώνης με πολλές εξ αυτών να χαρακτηρίζονται ως υφάλμυρες. Το εν λόγω γεγονός όμως δεν αναιρεί το αυξημένο δυναμικό των υπόγειων υδροφοριών.

Από την άλλη όλες οι κλαστικές ακολουθίες της Εθιάς, της Τρίπολης και της Άρβης χαρακτηρίζονται έντονα κατακερματισμένες, παραμορφωμένες και τεκτονισμένες. Οι συνθήκες αυτές έχουν δημιουργήσει ένα περιβάλλον ευνοϊκό για κατά τόπους δυναμικές υπόγειες υδροφορίες που σε ορισμένες περιπτώσεις εκδηλώνονται επιφανειακά με τη μορφή πηγών. Οι εν λόγω υδροφορίες τείνουν συστηματικής εκμετάλλευσης μιας και εντοπίζονται στο κεντρικό τμήμα των Αστερουσίων και εντός οικισμών (Εθιά, Μουρνιά, Παρανύμφοι και άλλα). Ο έντονος αυτός κατακερματισμός του κλαστικού υλικού προσφέρει υψηλό δευτερογενές πορώδες κατά θέσεις με υδραυλική αγωγιμότητα περίπου ίσο με $10^{-7(\pm 1)}$ m/s. Αντίθετα, σε άλλες θέσεις η υδροπερατότητα μειώνεται σημαντικά προσεγγίζοντας τιμές περίπου ίσες με 10^{-10} . Τόσο το οφιολιθικό κάλυμμα όσο και οι κερατόλιθοι της Εθιάς μαζί με τους ραδιολαρίτες αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα μειωμένης υδροπερατότητας.

Επιπλέον, σ' ένα παρόμοιο μοτίβο κινούνται οι προσχωματικές και τεταρτογενείς αποθέσεις της περιοχής μελέτης. Η υδραυλική αγωγιμότητα, υπολογίζεται περίπου ίση με $10^{-6(\pm 1)}$ m/s, ως απόρροια της μειωμένης συνεκτικότητας των εν λόγω σχηματισμών (κροκαλοπαγή) και ειδικότερα στο πρωτογενές πορώδες με μικρή τεκτονική επίδραση. Εντός των τεταρτογενών αποθέσεων υπάρχουν και ορίζοντες όπως για παράδειγμα πηλιτών ή αρκετά συνεκτικές άμμοι με τιμές μεγαλύτερες από 10^{-9} , καθώς θεωρούνται πρακτικά αδιαπέρατες ακολουθίες. Όλες οι διαπιστώσεις συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.3-2.).

Γεωλογικοί Σχηματισμοί	Επιμέρους διάκριση	Τιμή k (m/s)	Πορώδες
Ανθρακικά Εθιάς και Άρβης		$10^{-7} \leq k \leq 10^{-3}$	Υψηλό Δευτερογενές
Ανθρακικά Τρίπολης		$10^{-4} \leq k \leq 10^{-2}$	Υψηλό Δευτερογενές

Φλυσχικές ακολουθίες, Οφιόλιθοι, Πυριτικές/πηλιτικές παρεμβολές	Υψηλή παραμόρφωση	$10^{-8} \leq k \leq 10^{-6}$	Χαμηλό Δευτερογενές
	Χαμηλή παραμόρφωση	$k \geq 10^{-9}$	Πρακτικά μηδενικό
Τεταρτογενείς – Νεογενείς αποθέσεις	Οριζοντες κροκαλοπαγών	$10^{-7} \leq k \leq 10^{-5}$	Υψηλό πρωτογενές
	Αδιαπέρατοι οριζοντες	$k \geq 10^{-9}$	Πρακτικά μηδενικό

Πίνακας 4.3-2. Ποιοτική προσέγγιση πορώδους και υδραυλικής αγωγιμότητας k .

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (4.3-1. και 4.3-2.) διαπιστώνουμε ότι οι προσεγγιστικές τιμές συνάδουν με εκείνες που αναφέρονται βιβλιογραφικά.

4.3.2. Συντελεστής Κατείδυσης (I)

Ο συντελεστής κατείδυσης εκφράζει το ποσοστό από το συνολικό όγκο νερού που κατεισδύει (I) στους υπόγειους υδροφόρους. Ειδικότερα η κατείδυση (I) αποτελεί τον έναν από τους τέσσερις συντελεστές του υδρολογικού ισοζυγίου και είναι εκείνος με την υψηλότερη εξάρτηση στις γεωλογικές συνθήκες. Εκφράζεται σε μονάδες μήκους (χιλιοστά), σε μονάδες όγκου (κυβικά μέτρα) είτε ποσοστιαία (%). Οι βασικότεροι παράγοντες που ελέγχουν την κατείδυση μίας περιοχής είναι η υγρασία του εδάφους, η γεωλογική δομή, η φυτοκάλυψη, η ένταση και κατανομή των βροχοπτώσεων (Μπαλτάς, 2017).

Βιβλιογραφικά αναφέρεται ότι ο συντελεστής κατείδυσης στο φλύσχη, στους κερατόλιθους (ραδιολαρίτες), στα μεταμορφωμένα και στα πυριγενή πετρώματα είναι περίπου 3%. Αντίθετα, στις προσχώσεις ή νεογενείς αποθέσεις κυμαίνεται περίπου στο 15% και στα ανθρακικά πετρώματα 50% (Πίνακας 4.3-3) (Καλλέργης, 1999). Τα δεδομένα αυτά πηγάζουν από μέσες τιμές πολλών πετρωμάτων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος.

Συγχρόνως, για την Κρήτη οι Παπαρηγορίου et al. (2001) και ο Περλέρος (2003) γενικότερα θεωρούν ότι οι ανθρακικοί σχηματισμοί παρουσιάζουν κατείδυση από 40 έως 55%, οι πορώδεις σχηματισμοί 10 έως 25%, ενώ οι πρακτικά αδιαπέρατοι από 5 έως 8% (Πίνακας 4.3-3).

Επιμέρους διάκριση σχηματισμών	Κατείδυση (%)
Ανθρακικοί σχηματισμοί	
Καρστικοί σχηματισμοί υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας	50 – 55

Μειοκαινικά ασβεστολιθικά λατυποκροκαλοπαγή, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας	55
Καρστικοί σχηματισμοί μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	40-45
Πορώδεις σχηματισμοί	
Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας	20
Μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	25
Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας	15
Αδιαπέρατοι σχηματισμοί	
Πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας	5
Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας	5 – 8

Πίνακας 4.3-3. Επιμέρους διάκριση σχηματισμών με βάση το συντελεστή Κατείδυσης (Παπαρηγορίου et al. 2001, & Περίλης, 2003)

Όσον αφορά την περιοχή μελέτης θεωρούμε ότι διαφέρει από τις μέσες τιμές. Η διαπίστωση αυτή πηγάζει από τις εξής παρατηρήσεις:

- Η παραμόρφωση είναι έντονη σε αντίθεση με άλλες περιοχές της Ελλάδος, επηρεάζοντας τους αλπικούς σχηματισμούς.
- Τόσο η παραμόρφωση όσο και η καρστικοποίηση δρουν συνδυαστικά, διευρύνοντας τις ασυνέχειες και αυξάνοντας την πυκνότητα και το μήκος τους.
- Μπορεί η επιφανειακή κατείδυση να παρουσιάζεται αυξημένη, αλλά στα ανθρακικά της ενότητας Εθιάς η εις βάθος κατείδυση είναι μειωμένη λόγω πυριτικών και πηλιτικών ενδιαστρώσεων και ειδικότερα στα ανθρακικά Ιουρασικής ηλικίας.

➤ Στις τεταρτογενείς αποθέσεις η χαμηλή συνεκτικότητα και οι παρουσία αδρόκοκκων οριζόντων αυξάνουν σημαντικά το συντελεστή κατείδυσης σε μικρά βάθη. Αντίθετα σε μεγαλύτερα από 20 μέτρα βάθος παρατηρείται ελάττωση λόγω αύξησης της συνεκτικότητας.

➤ Στους αλπικούς κλαστικούς σχηματισμούς διακρίνεται ένας παχύς μανδύας αποσάθρωσης, που φαίνεται να αυξάνει (κατά θέσεις) την περατότητα μέχρι ένα ορισμένο βάθος. Επομένως, κατά τόπους αναμένουμε υψηλότερο από τη μέση τιμή συντελεστή κατείδυσης.

Επομένως, είναι φυσικό να υπάρξει μία σχετική απόκλιση ως προς τις μέσες τιμές (βιβλιογραφικά δεδομένα) της Ελλάδος (Πίνακας 4.3-4.). Ειδικότερα θεωρούμε ότι η παραμόρφωση και η τεκτονική προκαλούν αύξηση έως και 5% από τις μέσες τιμές της Κρήτης. Τοπικά είναι πιθανό να έχουμε αύξηση έως και 10% σε αδιαπέρατους σχηματισμούς εξαιτίας της παραμόρφωσης και της ύπαρξης αποσαθρωμένου μανδύα. Συνδυαστικά η καρστικοποίηση με την παραμόρφωση στα ανθρακικά προκαλούν αύξηση 5% στην ενότητα Εθιάς και 10% στην ενότητα Τρίπολης. Όμως η εν λόγω αύξηση στα ανθρακικά της Εθιάς αντισταθμίζεται από την παρουσία αδιαπέρατων οριζόντων (πυριτικές ενδιαστρώσεις).

Στις τεταρτογενείς αποθέσεις όπου η δράση των παραπάνω παραγόντων είναι πρακτικά μηδενική (ηλικία σχηματισμών: μικρότερη από 2 εκ. χρόνια), καθοριστικό ρόλο έχει η τρίτη παρατήρηση που προκαλεί αύξηση έως και 15% στα πρώτα 20 μέτρα βάθος. Αντίθετα, η καρστικοποίηση (στο σύνολό της) στην περιοχή δε θεωρούμε ότι αποκλίνει σημαντικά από τη μέση τιμή που παρατηρείται στην Ελλάδα, ενώ κατά θέσεις μπορεί να εμφανίζεται και μειωμένη.

Ιζηματογένεση	Επιμέρους διάκριση		Βιβλιογραφικά	Βιβλιογραφικά	Μέση τιμή I
			δεδομένα I (%)	δεδομένα I (%)	(%)
			Ελλάδα	Κρήτη	Περιοχή μελέτης
Χημική	Ανθρακικά	Τρίπολης	50	50-55	60
		Εθιάς -Πίνδου	50	40-45	50 ⁴
		Άρβης	50	40-45	50
	Κερατόλιθοι/Ραδιολαρίτες Εθιάς		3	5-8	8 - (13)
Κλαστική	Φλυσχικές ακολουθίες		3	5-8	8 - (13)
	Οφιόλιθοι		3	5-8	8 - (13)
	Τεταρτογενή ακολουθίες ⁵		15	20	20 - (30)

Πίνακας 4.3-4. Τροποποιημένες τιμές συντελεστή κατείδυσης στην περιοχή μελέτης

⁴ Εις βάθος η κατείδυση μπορεί να μειώνεται έως και 40% λόγω πηλτικών και πυριτικών ενδιαστρώσεων

⁵ Με το βάθος αυξάνεται η συνεκτικότητα και μειώνεται ο συντελεστής κατείδυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΔΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

Στη συνέχεια, παρατίθεται σε μορφή πίνακα (Πίνακας 4.3-5.) ο όγκος κατεισδύοντος νερού στην περιοχή μελέτης στους επιμέρους γεωλογικούς σχηματισμούς καθώς και στο σύνολό της. Δηλαδή υπολογίζεται ο συντελεστής I του υδρολογικού ισοζυγίου. Ειδικότερα έχοντας την επιμέρους επιφανειακή έκταση που καταλαμβάνει ο εκάστοτε γεωλογικός σχηματισμός, υπολογίζουμε τον όγκο νερού (από το συνολικό) που αντιστοιχεί στην εκάστοτε εμβαδομετρούμενη επιφάνεια. Έπειτα, πολλαπλασιάζουμε με τον αντίστοιχο συντελεστή κατείσδυσης και εξάγουμε το επιμέρους νερό που κατεισδύει σε κάθε σχηματισμό. Για το συνολικό όγκο κατεισδύοντος νερού αρκεί να προσθέσουμε τα επιμέρους τμήματα (Πίνακας 4.3-5.). Ως «Προσχωσιγενείς» θεωρήθηκαν όλες οι αλλουβιακές αποθέσεις της λεκάνης Πύργου-Χάρακα καθώς και μικρότερης έκτασης επιφανειακές εξαπλώσεις στην οροσειρά των Αστερουσίων. Αξίζει να αναφερθεί πως ως «Ανθρακικά Εθιάς» ορίζονται οι Ανωτέρου Κρητιδικής ηλικίας ασβεστόλιθοι καθώς επίσης και οι Ιουρασικοί ανθρακικοί σχηματισμοί.

Πέτρωμα	Ανθρακικά Τρίπολης	Ανθρακικά Εθιάς	Αδιαπέρατοι σχηματισμοί	Προσχωσιγενείς αποθέσεις	
Συντελεστής Κατείσδυσης (%)	60%	50%	10%	20-25% ⁶	
Έκταση (10 ⁶ m ²)	7,019	12,548 ⁷	37,081	17,352	
Συνολική έκταση(m ²)	74.000.000 Ορεινής : 60 * 10 ⁶ m ² , Πεδινής έκτασης: 14 * 10 ⁶ m ²				
Ποσοστό συμμετοχής (%)	9,5	17	50,1	23,4	
P (m ³ /έτος)	66.510.000				
Επιμέρους P (m ³ /έτος)	6.318.450	11.306.700	33.321.510	15.563.340	
Όγκος κατεισδύοντος νερού (m ³ /έτος)	Ορεινή Περιοχή				Πεδινή
	3.791.070	5.653.350	3.332.151	745.085	2.516.600
Συνολικός ό-γκος κατεισδύοντος νερού (m ³ /έτος)	Ορεινή Περιοχή				Πεδινή
	13.521.656				2.516.600

Πίνακας 4.3-5. Επιμέρους και συνολικός όγκος κατεισδύοντος νερού

⁶ 20% μέση τιμή στη Πεδινή έκταση, 25% στην Ορεινή.

⁷ εκ των οποίων μία έκταση 150.000 m² αντιστοιχεί σε ανθρακικούς ολισθόλιθους εντός αδιαπέρατων σχηματισμών.

4.3.3. Ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα⁸

Η ταξινόμηση των διαφόρων Υ.Υ.Σ. συνάρτηση του χημισμού τους επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό διαφόρων λόγων (Cl/SO₄, Na/K, Cl/Br, Mg/Ca και άλλα) ή με βάση την περιεκτικότητα καθορισμένων ιόντων. Άλλες διακρίσεις είναι εκείνες που αναφέρονται στη σκληρότητα, στο pH, στο σύνολο των διαλυμένων στερεών και άλλα.

Αναφορικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους των υπογείων νερών είναι ανάλογες με εκείνες των επιφανειακών. Στις φυσικές συνηθέστερα περιγράφονται η στάθμη του υδροφόρου, η θερμοκρασία, το χρώμα, η διαύγεια, η οσμή και η ραδιενέργεια. Αντίστοιχα στις χημικές συνηθέστερα υπολογίζονται το pH, η αγωγιμότητα, η σκληρότητα, η αλκαλικότητα και η συγκέντρωση διαφόρων ιόντων (HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻ κ.α.), αερίων, μετάλλων και οργανικών ενώσεων.

Σχετικά με την χημική και ποσοτική κατάσταση των Υ.Υ.Σ. που εντοπίζονται στην περιοχή, έχει υλοποιηθεί ήδη μία γενική αξιολόγηση στην Ενότητα 4.3.. Επιπλέον, στην παρούσα εργασία δεν προβήκαμε σε «in situ» μετρήσεις και η ειδικότερη αξιολόγηση που ακολουθεί βασίζεται αποκλειστικά σε βιβλιογραφικά δεδομένα.

Πιο συγκεκριμένα το Υ.Υ.Σ. «Καρστικό Πύργου» (GR92) χαρακτηρίζεται με μία σταδιακή υποβάθμιση της υδροστατικής στάθμης από το 2010 και μετέπειτα (Κριτσωτάκης & Παυλίδου, 2013). Θεωρείται πολύ καλής ποιότητας, με χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μικρότερη από 500 μS/cm) (έτη παρατήρησης 2005 έως 2010) (Κριτσωτάκης & Παυλίδου, 2013). Σχετικά με την ποσοτική του κατάσταση οι ίδιοι επιστήμονες θεωρούν ότι παρουσιάζει μία σταθερότητα με πάχος κορεσμένης ζώνης περίπου 80 μέτρα. Στον αντίποδα ο Καλές (2013) στη διπλωματική του εργασία, σχολιάζοντας διαγράμματα διακύμανσης στάθμης από την Περιφέρεια Κρήτης το 2009, εκτιμά ότι το εν λόγω σύστημα βρίσκεται σε κακή ποσοτική κατάσταση. Συνοψίζοντας, για τον έλεγχο του εν λόγω υπογείου συστήματος έχει εγκατασταθεί τηλεμετρικός σταθμός σε υδροφορέα του οικισμού «Πύργος» ο οποίος ελέγχεται από τον ΕΑΓΜΕ (πρώην Ε.Α.Γ.Μ.Ε). Συνοψίζοντας, η ποσοτική και η χημική του κατάσταση χαρακτηρίζεται ως καλή, χωρίς προβλήματα όπως πτώση στάθμης, νιτροποίηση ή άλλα (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση, 2017).

Αντίθετα, το Υ.Υ.Σ. «Καρστικό Παράκτιο Αστερουσίων» (GR93) θεωρείται αρκετά υποβαθμισμένης χημικής κατάστασης (Kritsotakis & Παυλίδου, 2013). Αρχικά, παρουσιάζει αυξημένες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (κατά θέσεις) με μέση τιμή περίπου 5.000 μS/cm (Κριτσωτάκης & Παυλίδου, 2013), όπως φανερώνουν ανάλογες μετρήσεις σε γεώτρηση στην περιοχή του Σκινιά. Οι αυξημένες τιμές από τους εν λόγω επιστήμονες αποδίδονται σε διαλυμένα άλατα θεϊκών ανιόντων φυσικά προερχόμενα από την υπαρκτή γυψούχων στρωμάτων του Τριαδικού. Επιπλέον, πλησίον της παράκτιας ζώνης έχει προέλθει η υ-

⁸ Τα συμπεράσματα από το ΣΔΛΑΠ Κρήτης βασίζονται σε χημικές αναλύσεις από το εν λόγω έργο: «Καταγραφή και αποτίμηση των υδρογεωλογικών χαρακτήρων των υπόγειων νερών και των υδροφόρων συστημάτων της χώρας (Κ.Ε. 7.3.2.1) / Υπόεργο 1: Μελέτη υδροφόρων συστημάτων Ν. Κρήτης. Πηγές. Καρστικοί. Προσχωματικοί υδροφόροι. Ποιοτική καταγραφή Υ.Δ. 13, Υπεύθυνος: Ν. Κουρμούλης»

φαλμύριση του από φυσικά αίτια. Συνοψίζοντας, τόσο η χημική όσο και η ποσοτική του κατάσταση κρίνεται καλή (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση, 2017).

Όσον αφορά το Υ.Υ.Σ. «Πορώδες Χάρακα» (GR86), παρουσιάζει φαινόμενα υπεράντλησης μέχρι το 2008, με αρνητικές επιπτώσεις στους υπόγειους υδροφορείς κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες (Kritsotakis & Παυλίδου, 2013). Την τελευταία δεκαετία η κατάσταση φαίνεται να έχει σταθεροποιηθεί, ενώ χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Επιπλέον, η γεωγραφική τους θέση οδηγεί σε εντατική εκμετάλλευση κυρίως για αγροτικούς σκοπούς και ειδικότερα των αβαθών υδροφόρων. Ως εκ τούτου παρατηρούνται τοπικά αυξημένες ποσότητες νιτρικών (ανθρωπογενούς προέλευσης) και υπερεκμετάλλευση. Τόσο η ποσοτική όσο και η ποιοτική του κατάσταση παραμένει καλή αν και με τοπικά προβλήματα υπεράντλησης, νιτρικών και άλλα (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση, 2017).

Στη συνέχεια, για το «Ρωγμάδες Αστερουσίων» (GR220) δεν βρέθηκε κάποια ειδικότερη ποιοτική ανάλυση πέραν από τα γενικά στοιχεία που αναφέρονται στο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Κρήτης. Ειδικότερα οι γεωτρήσεις που παρατηρούνται φαίνεται να εκμεταλλεύονται βαθύτερους υδροφόρους ανθρακικών σχηματισμών, ενώ τα πηγάδια που εντοπίζονται τροφοδοτούνται από τον εν λόγω υδροφόρο. Λόγω της μικρής δυναμικότητάς του είναι πιθανό σε ορισμένες περιπτώσεις να παρουσιάζεται τοπικά υπερεκμετάλλευση. Κλείνοντας, τόσο η χημική όσο και η ποσοτική του κατάσταση θεωρείται καλή (ΣΔΛΑΠ Κρήτης 1η Αναθεώρηση, 2017).

Εν κατακλείδι σε δημοσιευμένη έκθεση του ΥΠΕΝ το 2012 για την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της χώρας με έτη αναφοράς 2000 έως 2008, καταλήγουμε στο εξής στοιχείο: Όλοι οι υπόγειοι υδροφορείς στην περιοχή θεωρούνται καλής ποιοτικής κατάστασης ως προς την παρουσία νιτρικών, θεικών και χλωριούχων ανιόντων, το pH, την αγωγιμότητα, την συγκέντρωση αρσενικού, καδμίου, μόλυβδου, νικελίου, ολικού χρωμίου και αργίλιου.

4.4. Μηχανισμοί λειτουργίας πηγών

Οι πηγές αποτελούν μέσο εκδήλωσης υπόγειων υδάτων στην επιφάνεια. Εντοπίζονται (κυρίως) στο χαμηλότερο τοπογραφικά σημείο επαφής ενός πρακτικά αδιαπέρατου και ενός περατού σχηματισμού. Ανάλογα με το τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται δύο κύρια είδη πηγών, ενώ ο υδροφόρος που σχηματίζεται μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις ομάδες.

Πιο συγκεκριμένα στις πηγές όπου αποκλειστικός υπεύθυνος δράσης τους είναι η βαρύτητα, ονομάζονται πηγές επαφής. Στις εν λόγω πηγές το υπόγειο νερό κινείται από υψηλά υψομετρικά σημεία σε χαμηλά λόγω της διαφοράς δυναμικού με συνάρτηση την κλίση (υδραυλική κλίση) του υδροπερατού σχηματισμού (Εικόνα 4.4-1 (1.)).

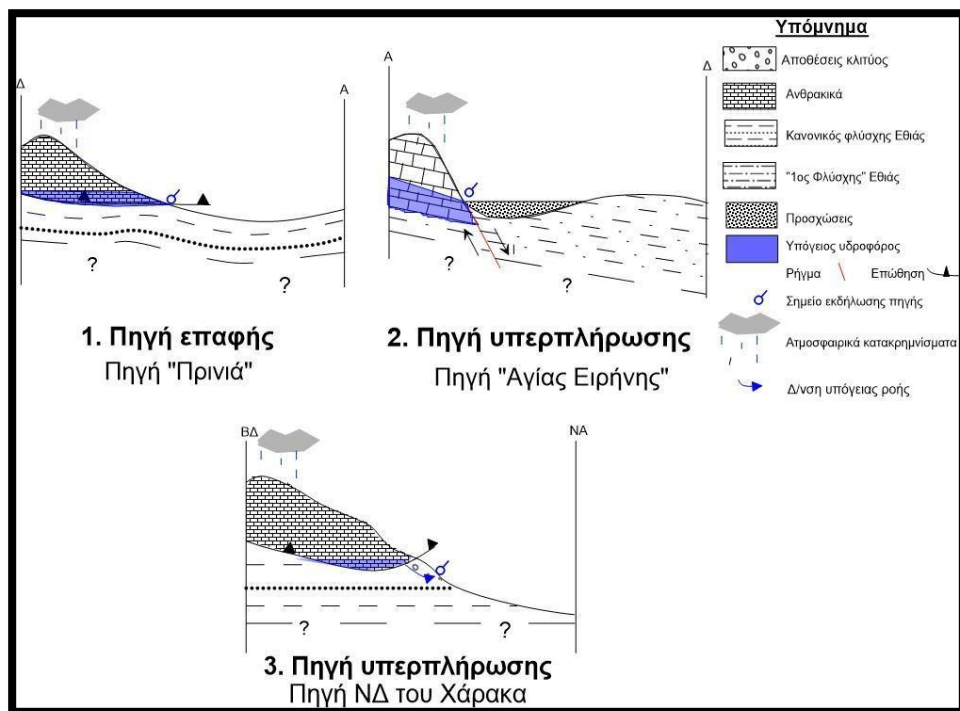
Αντίθετα, στις πηγές όπου για να εκδηλωθούν είναι απαραίτητο η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου να ανέλθει από ένα δεδομένο υψομετρικό σημείο, ονομάζονται πηγές υπερπλήρωσης. Όπως και στην προηγούμενη κατηγορία έτσι και σε αυτή παράγοντας κίνησης των υδάτων είναι η βαρύτητα

,αποτέλεσμα της διαφοράς δυναμικού, που ελέγχεται από την κλίση του υδροπερατού σχηματισμού. Η διάκριση έγκειται στο γεγονός ότι για την εκδήλωσή τους απαιτείται ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα έως ότου η πιεζομετρική επιφάνεια υπερβεί το «σημείο» εκδήλωσης (διαφέρει από πηγή σε πηγή) (Εικόνα 4.4-1. (3.)). Άλλες κατηγορίες πηγών όπως οι ρηματογενείς (Εικόνα 4.4-1 (2.)) ή οι καρστικές, εντάσσονται στις πηγές υπερπλήρωσης ή επαφής.

Είναι φανερό ότι στην περίοδο μίας έντονης βροχόπτωσης, πρώτες εκδηλώνονται οι πηγές επαφής αλλά μετά το πέρας της βροχόπτωσης εξαντλούνται ταχύτερα. Στον αντίποδα οι πηγές υπερπλήρωσης εκδηλώνονται με χρονική καθυστέρηση αλλά έχουν ίση ή μεγαλύτερη διάρκεια.

Σχετικά με τους υπόγειους υδροφορείς μπορεί να εντάσσονται σε συνολικά τρεις τύπους, με γνώμονα τον τρόπο εμφάνισης. Στον πρώτο τύπο περιλαμβάνονται οι ελεύθεροι υδροφορείς, δηλαδή εκείνοι στους οποίους μέχρι και την επαφή του υδροπερατού σχηματισμού στην επιφάνεια δεν παρεμβάλλεται κάποιος αδιαπέρατος σχηματισμός. Αντίθετά, αν παρεμβάλλεται τότε αναφερόμαστε σε υπό πίεση υδροφόρο, ενώ αν ο εν λόγω αδιαπέρατος σχηματισμός παρουσιάζει μικρή περατότητα τότε μιλάμε για μερικώς υπό πίεση υδροφόρο ή υδροφόρο με διαρροές.

Οι πηγές που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης είναι στην πλειοψηφία τους επαφής, με τις υπερπλήρωσης (όπου εκδηλώνονται) να τείνουν συστηματικής εκμετάλλευσης για υδρευτικούς κυρίως σκοπούς. Στη συνέχεια, ακολουθεί η σχηματική αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας των κυριότερων πηγών (Εικόνα 4.4-1).



Εικόνα 4.4-1. Μοντέλα εκδήλωσης κυριότερων πηγών

Η πηγή στην περιοχή της Περβόλας φαίνεται να ελέγχεται από ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης Β-

N, του οποίου απόηχο είναι η άνοδος του ανατολικού τεμάχους και η επιφανειακή εμφάνιση των ανθρακικών. Επιπλέον, καθορίζεται σε μικρότερη ένταση από κανονικά ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ. Η πηγή δύναται να χαρακτηριστεί ως τεκτονική και υπερπλήρωσης με ελεύθερο υπόγειο υδροφόρο (Εικόνα 4.4-1 (2.)). Από την άλλη τόσο η πηγή στον Πρινιά όσο και οι υπόλοιπες προς εκμετάλλευση πηγές φαίνεται να ελέγχονται κυρίως από την γεωμετρία της εκάστοτε τεκτονικής επαφής (επίπευσης ή επώθησης). Επομένως, ανάλογα με την γεωμετρία της μπορεί να είναι είτε υπερπλήρωσης είτε επαφής (Εικόνα 4.4-1 (1.) & (3.) αντίστοιχα).

Κλείνοντας, εκτός των πηγών προς εκμετάλλευση από τον άνθρωπο, αρκετές είναι εκείνες που είναι ζωτικής σημασίας για την πανίδα της περιοχής. Οι πιο χαρακτηριστικές εξ αυτών είναι εκείνη μερικά μέτρα βορειότερα από το κόλπο της Αλυκέβρας, εκείνη πλησίον της εκκλησίας του Αγίου Πνεύματος και άλλες.

4.5. Επιμέρους διάκριση υπόγειων υδροφόρων

Στην περιοχή μελέτης διακρίνεται πλήθος υπόγειων υδροφόρων, με μία γενική επιφανειακή κατηγοριοποίηση να έχει υλοποιηθεί ήδη σε προηγούμενη «ενότητα» (Υ.Υ.Σ.). Παρακάτω γίνεται προσπάθεια περαιτέρω ανάλυσης, κατά βάθος διάκριση και συσχέτισή τους με γεωλογικά στοιχεία. Επιπλέον, αναφέρεται η διάκριση του Κριτσωτάκη (2009) στους υπόγειους υδροφόρους της πεδιάδας της Μεσαράς, πάνω στην οποία στηριχτήκαμε για περαιτέρω διαπιστώσεις. Αξίζει να αναφερθεί πως λόγω των διαφορετικών γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών που διακρίνονται στην περιοχή μελέτης έχει επιτευχθεί μία πρώτη διάκριση μεταξύ «Λεκάνης» και «Οροσειράς».

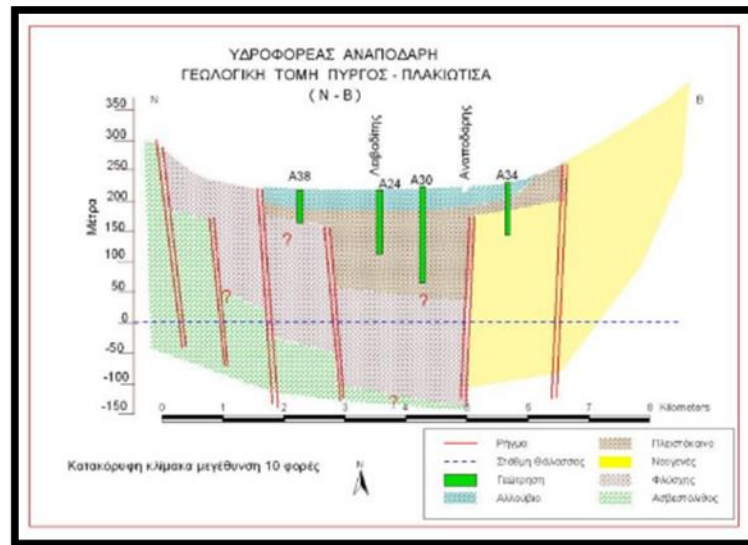


Εικόνα 4.5-1. Χάρτης θέσεων υδρολογικών τομών.

4.5.1. Πεδιάδα Μεσαράς, λεκάνη Χάρακα

Ο Κριτσωτάκης (2009) σε μελέτη του στην πεδιάδα της Μεσαράς διακρίνει τους εξής υδροφόρους (με

σειρά προτεραιότητας) (Εικόνα 4.5-2), τους οποίους συμμεριζόμαστε προσθέτοντας μερικές επιπλέον παρατηρήσεις.



Εικόνα 4.5-2. Τομή N-B από Kritsotakis (2009). Η γεωγραφική της θέση δίνεται στην εικόνα 4.5-1.

▪ **Αλλουβιακός υδροφόρας (SL) (GR85)**

Εντοπίζεται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης και έχει επίμηκες σχήμα με διεύθυνση B-N. Συνίσταται κυρίως από σύγχρονες ποταμιολιμναίες αποθέσεις κροκαλοπαγών, άμμων, ιλυολίθων και αργίλων πάχους μέχρι 40 μέτρων στη λεκάνη του Χάρακα (Kritsotakis, 2009). Παρουσιάζει μικρή συνεκτικότητα και δύναται να διακριθεί σε επιμέρους υδροφόρους (Παπαμικρούλης, 2018). Σε γενικές γραμμές οι υδροφορίες που σχηματίζονται είναι μεταβλητές και δύσκολα προβλέψιμες λόγω της υψηλής ανομοιογένειας των αποθέσεων. Η διάκριση του από τα κατώτερα πλειστοκαινικά ιζήματα (σχηματισμός Αγίας Γαλήνης) είναι περιπλοκή καθώς απαρτίζονται από παρόμοια υλικά. Εκείνο όμως που αλλάζει με το βάθος είναι η αύξηση του βαθμού συνεκτικοποίησης, επομένως, οι υδροφορίες που σχηματίζονται σε μεγαλύτερη βάθος είναι ασθενής.

Όσον αφορά την περιοχή μελέτης (λεκάνη Χάρακα), ο εν λόγω υδροφόρας αρχίζει από τις βόρειες παρυφές των Αστερουσίων και φτάνει μέχρι και το βόρειο άκρο της χαρτογράφησης. Στο νότιο τμήμα του τα υλικά είναι χονδρόκοκκα, προερχόμενα από τη διάβρωση υλικών της ενότητας Εθιάς και Τρίπολης (ασύνδετες αποθέσεις κλιτύος). Η συνεκτικότητα τους είναι σχεδόν μηδενική ενώ τυχόν κενά είναι δυνατό να καλύπτονται από επιφανειακό μανδύα λεπτόκοκκων υλικών. Επομένως, παρουσιάζουν υψηλό πρωτογενές πορώδες και αβαθής φρεάτιες υδροφορίες. Ο Kritsotakis, 2009 αναφέρεται σ' έναν ανάλογο επιμέρους υδροφόρα (εντός των αλλουβιακών αποθέσεων) τον οποίο ονομάζει «πλευρικών κορημάτων ή κώνοι κορημάτων».

Κινούμενοι βόρεια η εικόνα μεταβάλλεται και το υλικό που κυριαρχεί είναι λεπτόκοκκο μεορισμένες παρεμβολές ανθρακικών κλαστών (λόγω πλημμυρικών φαινομένων). Επομένως, αναφερόμαστε σε 'να

μεγάλης έκτασης αλλουβιακό ριπίδιο το οποίο φαίνεται να διαμορφώνεται από το ανώτερο Πλειστόκαινο μέχρι και σήμερα και να καλύπτει το κάμπο της Μεσαράς. Άρα υδροφορέας που σχηματίζεται βορειότερα είναι ο αλλουβιακός (SS).

▪ **Πλειστοκαινικός υδροφορέας (GR85)**

Ο «πλειστοκαινικός υδροφορέας» φιλοξενείται σε πλειστοκαινικά ιζήματα (σχηματισμός Αγίας Γαλήνης) που απαρτίζονται από υλικά ποταμολιμναίας φάσης ποικίλης σύστασης με μέσου βαθμού τσιμεντοποίηση. Ο υδροφορέας που σχηματίζεται θεωρείται καλή ποσοτικής και ποιητικής κατάστασης και μερικώς υποπίεση. Συγχρόνως όμως έχει κυμαινόμενο πάχος εξαιτίας των νεότερων ρηξιτάφρων και δεν είναι συνεχόμενος. Άλλοτε τον συναντάμε σε μεγαλύτερη βάθη και άλλοτε σε χαμηλότερα ενώ σε κάποιες άλλες θέσεις είναι δυνατό να μην εντοπίζεται.

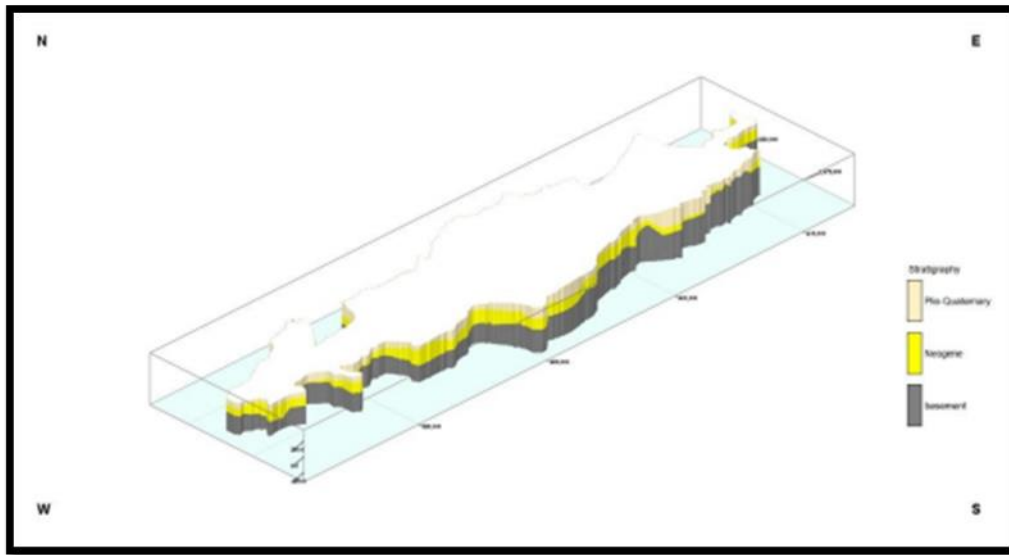
Στην περιοχή μελέτης τα πλειστοκαινικά ιζήματα από γεωτρητικά και γεωφυσικά δεδομένα φαίνεται να διατηρούν το πάχος τους στη λεκάνη του Χάρακα (Kritsotakis 2009), σε αντίθεση με άλλες λεκάνες όπου έχουν διαβρωθεί σημαντικά. Το πάχος τους φαίνεται να κυμαίνεται από 130 μέτρα (στο κεντρικό τμήμα) μέχρι 20 με 30 μέτρα (νότια) (Kritsotakis 2009). Από την άλλη ο φλύσχος απαντά σε βάθη +160 με + 45 μέτρα από την στάθμη της θάλασσας, ενώ οι υποκείμενοι ασβεστόλιθοι από - 50 μέχρι -100 μέτρα βάθος.

▪ **Νεογενής υδροφορέας (GR86)**

Υποκείμενα αυτών εντοπίζονται οι νεογενή σχηματισμοί της Κρήτης οι οποίοι αποτέθηκαν κατά την διάρκεια πρόσφατων εφελκυστικών επεισοδίων που σηματοδότησαν την εξέλιξη του νησιού. Αποτελούνται κυρίως από αργίλους και μάργες με μικρές παρεμβολές (φακούς) κροκαλοπαγών ή ψαμμιτών. Οι υδροφορίες που παρουσιάζουν, εντοπίζονται σε μεγάλα βάθη (200 έως 300 μέτρα), υποπίεση, και πολλές φορές κρίνονται ως ασθενής ή ακατάλληλες λόγω υψηλής συγκέντρωσης NaCl (αλάτων). Επίσης, σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζονται ως αδιαπέρατοι λόγω της σύστασής τους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Kritsotakis (2009) αναφέρεται στην απουσία νεογενών σχηματισμών σε γεωτρητικά δεδομένα στην λεκάνη του Χάρακα όπου τοποθετείται η περιοχή μελέτης. Επομένως, στην εν λόγω λεκάνη είναι εφικτά αδύνατη η ύπαρξη νεογενή υδροφορέα άρα οι βαθύτεροι υδροφόροι είναι πιθανό να ανήκουν σε αλπικούς υδροπερατούς σχηματισμούς. Πιο συγκεκριμένα το αιτιολογεί μ' ένα φαινόμενο αναθόλωσης του προ-νεογενούς αλπικού υποβάθρου στο Μειόκαινο ή παλαιότερα.

Στην εν λόγω διαπίστωση καταλήγει και ο Μορέλας σε διπλωματική του εργασία το 2014. Ειδικότερα, ψηφιοποιώντας μεγάλο αριθμό γεωτρητικών δεδομένων στην λεκάνη της Μεσαράς καταλήγει στην τρισδιάστατη απεικόνιση του γεωλογικού υποβάθρου (Εικόνα 4.5-3), όπου είναι φανερή η απουσία νεογενών σχηματισμών στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης.



Εικόνα 4.5-3. Τρισδιάστατη γεωλογική απεικόνιση από Μορέλας (2014). Με κόκκινο περίγραμμα αποτυπώνεται τοπεδινό τμήμα της περιοχής μελέτης.

4.5.2. Αστερούσια Όρη

Στα Αστερούσια η διάκριση των υπόγειων υδροφοριών είναι πιο σύνθετη από εκείνη στη λεκάνη της Μεσαράς. Αρχικά, συγκρίνοντας απλά και μόνο τη γεωμορφολογία, διαπιστώνουμε ότι στην μία περίπτωση μιλάμε για τάφρο και στην άλλη για οροσειρά. Συνυπολογίζοντας και την γεωλογία είναι φανερό ότι από την μία έχουμε μεταλπικούς σχηματισμούς και από την άλλη κατά βάση αλπικούς σχηματισμούς επηρεασμένους από πλήθος παραμορφωτικών φάσεων.

Πριν προχωρήσουμε σε επιμέρους διάκριση αξίζει να σημειωθεί ότι το περιθωριακό ρήγμα των Αστερουσιών βόρεια λειτουργεί ως φυσική δίοδο κατεισδύοντος νερού των Αστερουσιών προς τον κάμπο της Μεσαράς (Εικόνα 4.7.2.). Νότια στο μεγαλύτερο τμήμα της η ανθρακική ακολουθία της Τρίπολης δεν εμφανίζει κάποιο φυσικό φραγμό. Ως εκ τούτου αξιόλογη ποσότητα υπόγειου νερού δύναται να διαφεύγει στη θάλασσα. Επιπλέον, όλες οι υπόγειες υδροφορίες φαίνεται να ελέγχονται από μία νεότερη φάση κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ, η οποία επιτρέπει την πλευρική κίνησή τους. Άρα η συγκρατούμενη ποσότητα του υπόγειου νερού στα Αστερούσια θα είναι μικρότερη από την αναμενόμενη. Πιο συγκεκριμένα οι υδροφορίες που διακρίνονται (με σειρά προτεραιότητας) είναι οι εξής:

- **Καρστικοί υδροφορείς «Πίνδου – Εθιάς» (Τύπος 1.)**

Σχηματίζεται σε ανθρακικά της Πίνδου - Εθιάς ηλικίας από Ιουρασικής έως και Κρητιδικής ή νεότερης. Φιλοξενείται κυρίως σε λεπτοπλακάδεις πελαγικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Εθιάς Ανωτέρου Κρητιδικής-Ηωκαινικής ηλικίας, σε συμπαγείς μάζες ασβεστολίθων με κονδύλους πυριτιολίθων Τριαδικής έως Ιουρασικής ηλικίας και σε λατυποπαγείς ασβεστόλιθους Ανωτέρου Ιουρασικής έως Κατωτέρου Κρητιδικής ηλικίας. Το δευτερογενές πορώδες εμφανίζεται αυξημένο λόγω της παραμόρφωσης και της καρστικοποίησης. Επιπλέον, τα ανθρακικά της Εθιάς παρουσιάζουν πολλές κλαστικές και πυριτικές ενδιαστρώσεις, ως εκ τούτου η πιθανότητα ύπαρξης ισχυρής ποσοτικά υδροφορίας αναμένεται μικρή. Συγχρόνως οι ενδια-

στρώσεις δρουν αποτρεπτικά στην εις βάθος τροφοδοσία, με αποτέλεσμα να είναι σχεδόν αδύνατη η ταχεία αναπλήρωση των αντλούμενων ποσοτήτων νερού (δυσκολία αναπλήρωσης).

Λόγω των συνεχών και πολλών λεπιώσεων που χαρακτηρίζει το σύνολο της ενότητας, είναι εφικτή η περαιτέρω διάκρισή της σε δύο υποτύπους. Η διαφοροποίηση αυτή είναι απόηχο της πρακτικά μηδενικής επικοινωνίας υδροφοριών του τύπου 1 καθώς και στον τρόπο εμφάνισής τους (βάθος εμφάνισης, τρόπος εκδήλωσης και άλλα). Για παράδειγμα στον υποτύπο 1 εντάσσονται υδροφορίες οι οποίες συναντώνται στο βάθος της επώθησης της ενότητας Εθιάς στην Τρίπολη, ενώ στον υποτύπο 2 υδροφορίες οι οποίες φιλοξενούνται στις «ανώτερες» λεπιώσεις της Εθιάς. Από γεωλογική σκοπιά τα υδροφόρα πετρώματα που εμπεριέχουν τους δύο υποτύπους είναι τα ίδια.

➤ **Υποτύπος 1. Ρηγματώδης**

Πιο συγκεκριμένα οι υδροφορίες που αναπτύσσονται στον υποτύπο 1, βρίσκονται τις περισσότερες φορές υπο-πίεση ή μερικώς υπο-πίεση εκτός ελαχίστων περιπτώσεων όπου μπορεί να δημιουργούνται και ελεύθεροι υδροφόροι με την εκδήλωση πηγών. Θεωρούνται υψηλού δυναμικού με καλής ποιότητας υπόγειο νερό αλλά παρουσιάζουν δυσκολία στον εντοπισμό τους και μετέπειτα αναπλήρωση. Η εκμετάλλευσή τους επιτυγχάνεται αποκλειστικά με γεωτρήσεις ενίοτε μικρού ή μεγάλου βάθους.

Όσον αφορά τη δυσκολία στον εντοπισμό τους, έγκειται στο γεγονός ότι σε αρκετές περιπτώσεις δεν υπάρχουν φυσικά φράγματα που να εμποδίζουν την πλευρική κίνηση του νερού και εν συνεχεία τη διαφυγή του. Επομένως, δύναται να σχηματίζουν πηγές, οι οποίες λειτουργούν ως επαφής χωρίς να υπάρχει δυνατότητα κατακράτησης του κατεισδύοντος νερού. Επίσης, είναι πιθανό το νερό να συγκεντρώνεται σε χαμηλά υψομετρικά περιοχές.

Από την άλλη το γεωλογικό στοιχείο που δεν επιτρέπει την εις βάθος κατείσδυση του νερού και τη συγκέντρωσή του σε μεγαλύτερα βάθη, είναι οι συχνές παρεμβολές πυριτικών ενδιστρώσεων εντός των ανθρακικών ακολουθιών. Επομένως, λόγω των παραπάνω είναι πιθανό να δικαιολογείται ένας μεγάλος αριθμός μη επιτυχημένων γεωτρήσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο μεγάλος αριθμός προσπαθειών για την εύρεση υδρευτικού νερού στον οικισμό της Εθιάς, όπως μας μετέφεραν κάτοικοι του οικισμού.

➤ **Υποτύπος 2. Υδροφορέας τεκτονικών ρακών**

Ο υποτύπος 2 αντιπροσωπεύει όλες τις υπόγειες υδροφορίες οι οποίες δε φαίνεται να επικοινωνούν μεταξύ τους (αποκομμένες) και χαρακτηρίζονται από μικρά βάθη άντλησης. Εντοπίζονται σε διαδοχικές επιπεύσεις / λεπιώσεις της Πίνδου-Εθιάς και αφορούν κυρίως αβαθείς φρεάτιους υδροφόρους οι οποίες εκδηλώνονται με την μορφή πηγών (επαφής ή υπερπλήρωσης). Εντοπίζονται στα ίδια ανθρακικά της ενότητας Εθιάς και στα ανθρακικά της ενότητας Άρβης (μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι). Φιλοξενούνται κυρίως σε μικρής ή μεγάλης έκτασης τεκτονικά ράκη και οφείλονται στο αυξημένο δευτερογενές πορώδες των ασβεστολίθων, αποτέλεσμα της υψηλής παραμόρφωσης και καρστικοποίησης. Η εις βάθος κατείσδυση ελέγχεται πολλές φορές από παρεμβολές πυριτικών ή μαργαϊκών ενδιστρώσεων όπως και στον προηγούμενο.

Οι εν λόγω υπόγειες υδροφορίες είναι ευκολότερες στην εκμετάλλευσή τους μιας και δημιουργούν πηγές υψηλής παροχής συναντώνται σε μικρά βάθη. Από την άλλη η ποσοτική τους κατάσταση δεν είναι εξίσου καλή (λόγω περιορισμένης χωρητικότητας) όπως στον υποτύπο 1, χωρίς ωστόσο να θεωρούνται μη εκμεταλλεύσιμες. Κλείνοντας, η αναπλήρωση τους είναι ευκολότερη μιας και βρίσκονται σε μικρότερη βάθος, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις ο υδροπερατός σχηματισμός εμφανίζει αξιόλογη επιφανειακή εξάπλωση.

▪ **Ρηγματώδης - Καρστικός (ανθρακικός) υδροφορέας Τρίπολης (Τύπος 2.)**

Φιλοξενείται στα ανώτερα ανθρακικά στρώματα της ζώνης Τριπόλεως τα οποία συναντώνται υποκείμενα του φλύσχη στα δυτικά, ενώ επιφανειακά εντοπίζονται στη νότια πλαγιά των Αστερουσίων. Ο εν λόγω υδροφορέας βρίσκεται υπο-πίεση και ελέγχεται πλήρως από τα τεκτονικά επεισόδια του Ηωκαίνου και νεότερα. Η εις βάθος κατείσδυση του νερού δε φαίνεται να συναντάει κάποιο φυσικό εμπόδιο εκ πρώτης όψεως, πέραν από μία επιφάνεια παλαιοκάρστ στα ανώτερα στρώματα (βάση καρστ). Τα πετρώματα που φιλοξενείται παρουσιάζουν υψηλότερο δευτερογενές πορώδες από εκείνα της ενότητας Πίνδου-Εθιάς.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τη νότια πλαγιά έχουμε μία συνεχή ακολουθία ανθρακικών πετρωμάτων η οποία εικάζουμε ότι συνεχίζεται και υποθαλάσσια. Επομένως, το ότι εμφανίζεται υπόγειος υδροφορέας σε υψόμετρο περίπου 500 μέτρων (από στοιχεία γεωτρήσεων), θεωρούμε ότι οφείλεται σε μία επιφάνεια παλαιοκάρστ ή σε κάποιο βωξιτικό ορίζοντα που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα των ασβεστολίθων. Η επιφάνεια αυτή είναι απόηχο της ασύμφωνης απόθεσης του φλύσχη στα ανθρακικά της Τρίπολης λόγω προγενέστερης ανόδου των άνω-ηωκαινικών ασβεστολίθων και έκθεσή τους σε εξωγενείς παράγοντες (δημιουργία παλαιοαναγλύφου). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία στην περιοχή μελέτης συνηγορούν σε ασύμφωνη απόθεση φλύσχη συνοδευόμενη από συν-ιζηματογενή ρήγματα και δημιουργία παλαιοαναγλύφου στα ανθρακικά. Κλείνοντας, αν και η πιθανή ύπαρξη αυτή της επιφάνειας τεκμηριώνει την παρουσία υπόγειου νερού, ο εκμεταλλεύσιμος όγκος δεν αναμένεται αξιόλογος καθώς η στρωματογραφική κολώνα της ενότητας χαρακτηρίζεται από μία συνεχή κολώνα ανθρακικών με απουσία φυσικών εμποδίων.

▪ **Υδροφορίες αδιαπέρατων σχηματισμών (Τύπος 3.)**

Εντοπίζεται στα ανώτερα στρώματα των φλυσχικών ακολουθιών και του οφιολιθικού καλύμματος. Σχηματίζεται κατά κύριο λόγο από επιφανειακές εξωγενείς διεργασίες (αποσάθρωσης και διάβρωσης) και φιλοξενείται στον αποσαθρωμένο μανδύα του πετρώματος. Οι υπόγειες υδροφορίες (όπου δημιουργούνται) είναι μικρής δυναμικότητας και μόνο για τοπική χρήση. Η εκμετάλλευσή τους επιτυγχάνεται με πηγάδια κυμαινόμενου βάθους (έως και 6 μέτρα), ενώ κατά βάση αποτελούν αβαθείς φρεάτιους υδροφόρους. Σε πολλές περιπτώσεις εκδηλώνονται με την μορφή χαμηλής δυναμικότητας πηγών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε θέσεις όπου ο μανδύας αποσάθρωσης παρουσιάζει μεγάλο πάχος και συνυπάρχει με υψηλή παραμόρφωση, είναι δυνατό να φιλοξενούνται αξιόλογες ποσοτικά υπόγειες υδροφορίες. Κλείνοντας, είναι πιθανό να δημιουργούνται μέσου δυναμικού υδροφορίες σε στρώματα ψαμμιτικών ασβεστολίθων, ψαμμιτών και σε οριζόντες ανθρακικών εντός των φλυσχικών ακολουθιών. Παρόμοιες υδροφορίες είναι εφικτό να σχηματίζονται και σε μεγάλης έκτασης ανθρακικής σύστασης ολισθόλιθους.

- **Αλλουβιακός υδροφόρας (Τύπος 4.)**

Σχηματίζεται σε ημιορεινές λεκάνες οι οποίες πληρούνται από λεπτόκοκκα υλικά (άμμους) και ασύνδετα κροκαλοπαγή. Είναι αποτέλεσμα τεκτονισμού και καρστικοποίησης, ενώ τα πληρωμέναυλικά αποτελούν τεμάχη της ενότητας Εθιάς και λιγότερο της Τρίπολης. Εξάιρεση αποτελούν οι αλλουβιακές αποθέσεις νότια του χωριού «Παρανύμφοι», στις οποίες κυριαρχεί κλαστικό υλικό από το φλύσχη της ενότητας Τρίπολης. Προσομοιάζει με εκείνο που παρατηρείται στην λεκάνη της Μεσαράς αλλά το μικρό του πάχος στην οροσειρά των Αστερουσίων δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλης δυναμικότητας υπόγειων υδροφόρων.

Το βάθος του αλλουβιακού υδροφορέα (όπου παρατηρείται) δεν φαίνεται να υπερβαίνει τα 5 μέτρα ενώ έχει μία μέση τιμή 3 μέτρα. Η εκμετάλλευση του επιτυγχάνεται με πηγάδια μικρού βάθους έως και 5 μέτρων, ενώ μπορεί να χαρακτηριστεί ως φρεάτιος υδροφορέας. Ένα ακόμα αποτρεπτικό στοιχείο εκμετάλλευσης του είναι ότι σε αρκετές περιπτώσεις το υπόγειο νερό διαφεύγει κινούμενο νότια, χωρίς την ύπαρξη κάποιου φυσικού φραγμού που να το εμποδίζει. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ανάπτυξης του εν λόγω Υ.Υ.Σ. είναι η περιοχή της Περβόλας, η περιοχή βορειοδυτικά από τον καταρράκτη του Αμπά και άλλα.

4.6. Υδροληπτικά έργα

Εντός της περιοχής μελέτης δεν εντοπίζεται κάποιο μεγάλης κλίμακας υδροληπτικό έργο, όπως για παράδειγμα φράγμα, ενώ οι ανάγκες καλύπτονται εξολοκλήρου από πηγάδια ή γεωτρήσεις και σε ορισμένες περιπτώσεις από πηγές. Συχνά παρατηρούνται και μικρής έκτασης έργα συλλογής μετεωρικού νερού (λιμνοδεξαμενές) στην επιφάνεια αδιαπέρατων σχηματισμών (φλύσχης και άλλα) για τα οποία δεν εντοπίστηκαν κάποια επιπλέον στοιχεία. Τα εν λόγω έργα δεν αποτυπώθηκαν στους πίνακες τους παραρτήματος ΙΙΙ.

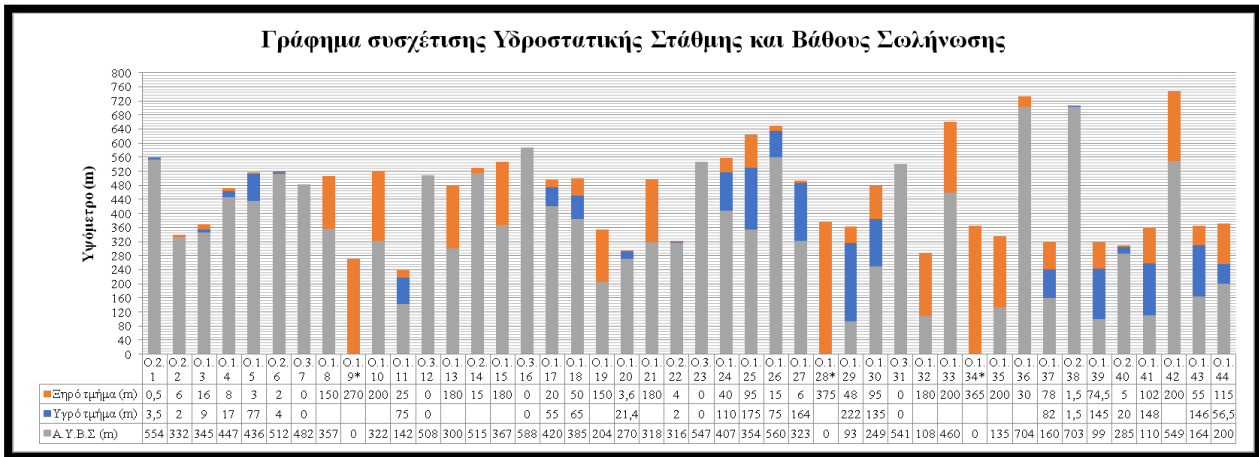
Στους πίνακες «Υδρολογικών Έργων του παραρτήματος ΙΙΙ, αποτυπώνονται οι υφιστάμενες ή αδειοδοτούμενες υδροληψίες στα Αστερούσια Όρη και στη λεκάνη Πύργου-Χάρακα μέχρι 01/12/2020 και είναι αναρτημένες στο πρόγραμμα ΔΙΑΥΓΕΙΑ. Με κόκκινη γραμματοσειρά διακρίνονται εκείνες που έλαβαν άδεια πριν το 2010 χωρίς κάποιο επιπλέον στοιχείο. Επομένως, θεωρούνται ανενεργές αλλά προσμετρήθηκαν για την μείωση τυχόν σφάλματος. Από την άλλη με μπλε γραμματοσειρά επισυνάπτονται αδειοδοτημένα έργα μετά το 2016 τα οποία ή δεν έχουν υλοποιηθεί ή απουσιάζουν τα υδροληπτικά τους στοιχεία ή ήταν ανεπιτυχή. Ειδικότερα στην οροσειρά των Αστερουσίων εντοπίσαμε συνολικά 44 υδροληψίες, εκ των οποίων 5 πηγές, 7 πηγάδια και 32 γεωτρήσεις. Επίσης, 4 γεωτρήσεις θεωρήθηκαν ανενεργές και 3 υποκατασκευή. Από αυτά το 1/3 καλύπτουν υδρευτικές ανάγκες ενώ τα 2/3 αρδευτικές. Στον αντίποδα εντός της λεκάνης Πύργου-Χάρακα παρατηρούνται 78 υδροληψίες, οι οποίες διακρίνονται σε 24 πηγάδια και 54 γεωτρήσεις, ενώ καλύπτουν εξολοκλήρου αρδευτικές ανάγκες. Κλείνοντας, 7 γεωτρήσεις θεωρήθηκαν ανενεργές ή ανεπιτυχής και 2 υποκατασκευή.

4.6.1. Διαγράμματα Υδροστατικής Στάθμης (Υ.Σ) και Βάθους Σωλήνωσης (Β.Σ)

Στη συνέχεια, αποτυπώνονται (σε μορφή γραφήματος) τα υδροληπτικά έργα της εκάστοτε περιοχής

(πεδιάδας και οροσειράς αντίστοιχα), στον οριζόντιο άξονα, ενώ στον κατακόρυφο προβάλλεται το υψόμετρο. Ειδικότερα το γκρι τμήμα έχει ως ελάχιστη υψομετρική βάση 0 m (σε όλες τις υδροληψίες) ενώ περιγράφει το πάχος του μη σωληνωμένου τμήμα. Συγχρόνως, το μπλε τμήμα αφορά την «υγρή» περιοχή, όπου ως «υγρή» ορίζεται το πάχος μεταξύ του Α.Υ.Β.Σ και του μέγιστου ύψους Υδ.Σ. Αντίθετα, ως «ξηρό» τμήμα ορίζεται η απόσταση από το Α.Υ. έως το επίπεδο της Υδ.Σ και συμβολίζεται με πορτοκαλί. Είναι αντιληπτό ότι αν αθροίσουμε τα τρία επιμέρους τμήματα αντλούμε το Α.Υ της εκάστοτε θέσης ενώ αν αθροίσουμε το «ξηρό» και το «υγρό» τμήμα, η τελική τιμή αντιστοιχεί στο μέγιστο Β.Σ.

▪ **Οροσειρά**



Διάγραμμα 4.6-1. Γράφημα συσχέτισης Υδ.Σ & Β.Σ (Οροσειρά)

Αρχικά, παρατηρούμε υδροληπτικά έργα όπου απουσιάζει τόσο το «ξηρό» όσο και το «υγρό» τμήμα. Τα εν λόγω έργα αναφέρονται σε πηγές υπερπλήρωσης ή επαφής (Ο.3.(7, 12, 16, 23, 31)). Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις δεν δίνεται Υδ.Σ, επομένως, αντικατοπτρίζεται μόνο το Β.Σ το οποίο ισούται με το «ξηρό» τμήμα. Συγχρόνως, υπάρχουν υδροληπτικές άδειες όπου το Β.Σ συνεχίζεται υπό του μηδέν (συμβολίζονται με «*»). Όμως θεωρήθηκε σκόπιμο να αποτυπωθούν όλα τα υδροληπτικά έργα με ελάχιστο υψόμετρο 0 μέτρα.

Σε γενικές γραμμές είναι φανερή μία ετερογένεια στο Α.Υ.Υδ.Σ (επαφή μεταξύ «υγρού» και «ξηρού» τμήματος), όπου δίνεται από θέση σε θέση, αποτέλεσμα που αποτυπώνεται και στην ποικιλία των Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων. Επομένως, από το εν λόγω γράφημα είναι εφικτή μία γενική ανάλυση σε υπόγειους υδροφορείς. Διακρίνουμε ένα υδροφόρο βάθους μερικών δεκάδων μέτρων με υψηλή (υψομετρικά) υδροστατική στάθμη (Υδ.Σ), ο οποίος εικάζουμε πως ανήκει στον «Τύπο 3» (για παράδειγμα Ο.2.1, Ο.2.22 και άλλα). Ακολουθούν υδροφόροι μέσου έως μεγάλου βάθους με υψομετρικά υψηλή Υδ.Σ που μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκουν στον «Τύπο 1-Υποτύπο 2» και σπάνια στον «Τύπο 1-Υποτύπο 1» (Ο.1.24, Ο.1.5, Ο.1.17 και άλλα). Στη συνέχεια, εντοπίζονται υπόγειες υδροφόροι μεγάλου βάθους και χαμηλής υψομετρικά Υδ.Σ, οι οποίοι θεωρούμε πως ανήκουν στον «Τύπο 2» ή «Τύπο 1-Υποτύπο 1» (Ο.1.11, Ο.1.39, Ο.1.44 και άλλα). Στο δυτικό άκρο οι υδροφορίες αυτές συναντώνται σε υψηλά υψομετρικά σημεία ενώ είναι μέσου βάθους (Ο.1.5). Μεταξύ αυτών παρεμβάλλονται διάφοροι υδροφόροι των οποίων η κατηγοριοποίηση σε κάποια από τις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες παρουσιάζει δυσκολία, επομένως θεωρούνται

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΔΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ

ως «μεταβατικοί» (Ο.1.26, Ο.1.31 και άλλα). Κλείνοντας, οι πηγές που εντοπίζονται και παρατίθενται στο γράφημα εικάζουμε πως εκφορτίζουν υδροφορείς του «Τύπου 1-Υποτύπος 2», ενώ μικρότερης σημασίας πηγές στην περιοχή μελέτης είναι πιθανότερο να ανήκουν στον «Τύπο 3».

Όσον αφορά το βάθος σωλήνωσης (αυτό καθ' αυτό) κυμαίνεται από 0,5 έως 200 μέτρα, με ορισμένες εξαιρέσεις και χωρίς κάποια επικρατούσα τιμή απόηχο της υψηλής ετερογένειας. Πιο συγκεκριμένα σε αδειοδοτημένα έργα πριν το 2009 παρατηρείται αυξημένο για τα δεδομένα μέγιστο βάθος σωλήνωσης που σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνάει και το βασικό επίπεδο (Ο.1.9 και άλλα). Αντίθετα, σε νεότερα έργα με υψηλότερο από 200 μέτρα Β.Σ φαίνεται να εκμεταλλεύονται έναν κοινό υδροφορέα με εκείνα που έχουν βάθος περίπου 200 μέτρα (Ο.1.24 συγκρινόμενο με Ο.1.25).

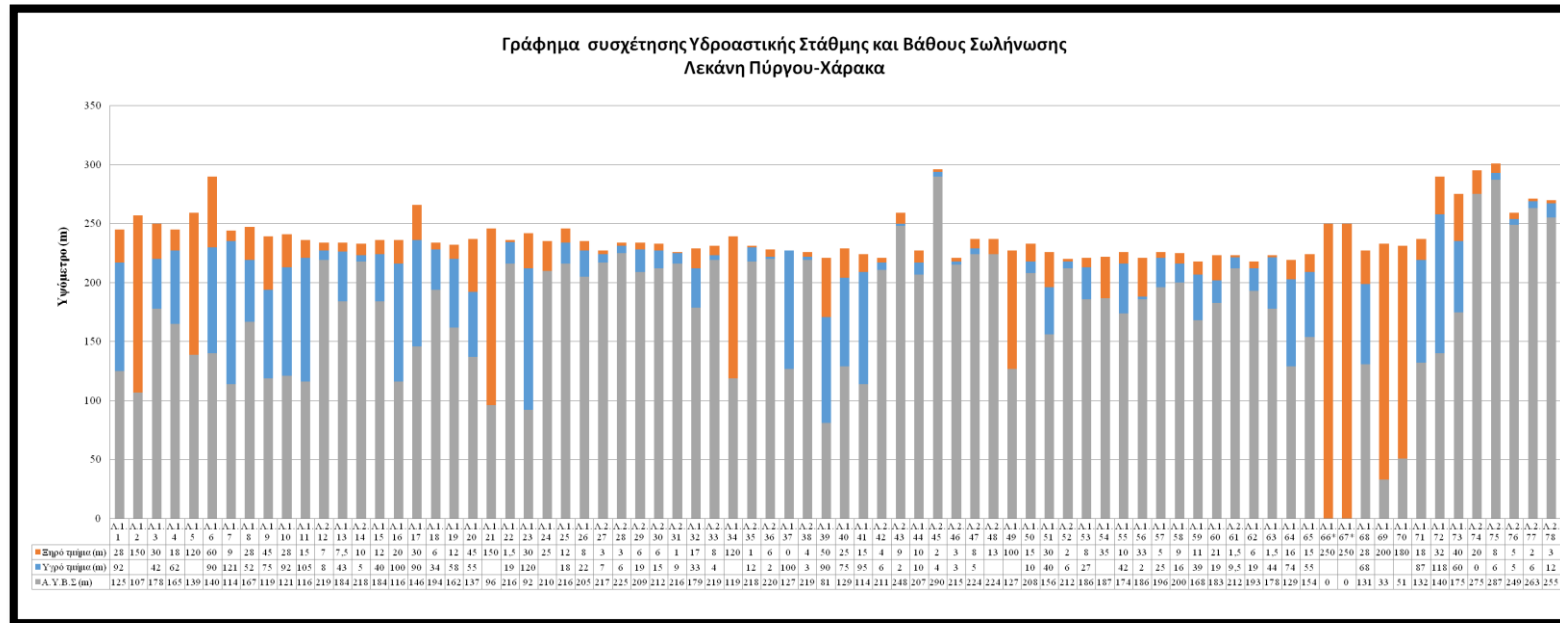
Σχετικά με τις συνολικές απολήψεις από τα έργα που προαναφέρθηκαν προκύπτουν τα παρακάτω στοιχεία. Με βάση τη γενική διάκριση (Υδρογεωλογικός χάρτης), το Διάγραμμα 4.6-1, καθώς και τα στοιχεία της ετήσιας χρήσης νερού (Πίνακας παραρτήματος), είμαστε σε θέση να αναλύσουμε τις ποσότητες που αντλούνται τόσο ειδικά όσο και συνολικά (Πίνακας 4.6-3) στα υδροληπτικά έργα στην οροσειρά των Αστερουσίων.

Η περαιτέρω διάκριση μεταξύ του Τύπου 1 & 2 παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες με βάση τα τωρινά δεδομένα. Επομένως, συνυπολογίστηκαν στην εξαγωγή των απολήψεων. Επιπλέον, δε φαίνεται να υπάρχει κάποια εν ενεργεία υδροληψία σε αλλουβιακούς σχηματισμούς της οροσειράς. Οι φυσικοί λόγοι απουσίας υπόγειων υδροφόρων στον «Τύπο 4» έχουν αναλυθεί στην «Ενότητα 4.5».

Μέγιστη Χρήση/ Απολήψεις (m ³ /y)	Υπόγεια Υδατικά Συστήματα		
	Τύπος 1 & Τύπος 2		Τύπος 3
	Υποτύπος 1 & Τύπος 2	Υποτύπος 2	
	1.102.553	228.308	40.965

Πίνακας 4.6-3. Κατανομή μέγιστης χρήσης ανά τύπο υπόγειου υδροφόρου. Η διάκριση των υδροληπτικών έργων στους τύπους παρουσιάζεται στο Παράρτημα ΙΙΙ.

▪ Λεκάνη



Διάγραμμα 4.6-2. Γράφημα συσχέτισης Υδ.Σ & Β.Σ (Λεκάνη)

Αρχικά, διαπιστώνουμε την απουσία υδροληπτικών έργων χωρίς «υγρό» και «ξηρό» τμήμα, επομένως, στην λεκάνη Πύργου-Χάρακα απουσιάζουν οι πηγές. Όμως παρατηρούνται αντίστοιχα έργα των οποίων το βάθος σωλήνωσης συνεχίζει και σε χαμηλότερα από το μηδέν υψομετρικά σημεία (Λ.1.66*, Λ.1.67*), αλλά θεωρήθηκε σκόπιμη η προβολή όλων των υδροληπτικών έργων με ελάχιστο απόλυτο υψόμετρο ίσο με μηδέν μέτρα. Επιπλέον παρατηρούνται υδροληπτικά έργα όπου δεν δίνεται το «υγρό τμήμα», άρα το Β.Σ είναι ίσο με το «ξηρό» τμήμα (Λ.1.2, Λ.1.5, Λ.1.21, Λ.1.49 και άλλα). Αξίζει να αναφερθεί

πως τις γεωτρήσεις Λ.1.66 & 67 τις θεωρούμε ως μία αφού βρίσκονται σε κοντινή απόσταση και τα στοιχεία τους είναι ίδια πέραν από εκείνο της μέγιστης χρήσης. Κλείνοντας, όπου το βάθος σωλήνωσης είναι μικρό (περίπου 20 μέτρα ή μικρότερο) αναφερόμαστε σε πηγάδια (υδροληπτικά έργα με κωδικό «2», Λ.«2»), ενώ τα εναπομείναντα υδροληπτικά έργα είναι γεωτρήσεις (εκείνα με κωδικό «1»).

Σε αντίθεση με την «Οροσειρά», στην προκειμένη περίπτωση δεν παρατηρείται αντίστοιχης κλίμακας ετερογένεια, ενώ μπορούν να εξαχθούν με σχετική ευκολία επικρατούσες τιμές βάθους υπόγειων υδροφόρων. Ειδικότερα, διακρίνεται ένας υπόγειος επιφανειακός υδροφόρος μικρού βάθους και χαμηλού υψομέτρου ($220\pm 20\text{m}$), ενώ εικάζεται ότι φιλοξενείται στο μη συνεκτικοποιημένο μανδύα των αλλουβιακών αποθέσεων (αλλουβιακός υδροφορέας). Φαίνεται να εντοπίζεται σε βάθος από 2 έως 10 μέτρα μέγιστο. Αξίζει να επισημανθεί πως ο ίδιος υδροφορέας σε γεωτρήσεις πλησίον της οροσειράς παρατηρείται σε μέσο υψόμετρο ($280\pm 20\text{m}$).

Ακολουθούν υδροφορείς ενδιάμεσου βάθους ($60\pm 20\text{m}$) και χαμηλού υψομέτρου Υδ.Σ. Θεωρούμε ότι φιλοξενούνται είτε σε αδρόκοκκους ορίζοντες εντός των αλλουβιακών αποθέσεων είτε στα ανώτερα στρώματα του Πλειστοκαινικού σχηματισμού της «Αγίας Γαλήνης». Ο εν λόγω υδροφορέας δεν φαίνεται ενιαίος ενώ ελέγχεται από κανονικά ρήγματα απόηχο του νεότερου τεκτονικού επεισοδίου στην Κρήτη. Επίσης, είναι πιθανό να δημιουργεί αρκετές επιμέρους απομονωμένες υδροφορίες σε φακούς αδρόκοκκων υλικών εντός των πλειστοκαινικών αποθέσεων. Στα βόρεια πρηνή της οροσειράς δεν εντοπίζεται ανάλογου τύπου υπόγειος υδροφόρος ενώ οι αλλουβιακές αποθέσεις φαίνεται να έρχονται απευθείας σε επαφή με αλπικούς σχηματισμούς.

Έπονται υπόγειες υδροφορίες μεγάλου βάθους ($120\pm 20\text{m}$) και χαμηλού υψομέτρου Υδ.Σ ($200\pm 30\text{m}$), ενώ στο βόρειο πρηνές παρατηρούνται σε μέσο υψόμετρο ($250\pm 30\text{m}$). Λόγω της απουσίας νεογενών σχηματισμών που έχει τεκμηριωθεί από (Kritsotakis, 2009 & Μορέλας, 2014), θεωρούμε ότι αντιπροσωπεύουν υπόγειους υδροφόρους αλπικών σχηματισμών (νότια) ή βαθύτερους υδροφόρους πλειστοκαινικών αποθέσεων (βόρεια).

Υπόγεια υδατικά συστήματα τα οποία δεν εντάσσονται σε κάποια από τις τρεις κατηγορίες θεωρούνται «μεταβατικά» μεταξύ δύο κατηγοριών. Για παράδειγμα οι γεωτρήσεις που ευρίσκονται από 10 έως 40 μέτρα βάθος είναι πιθανό να φιλοξενούνται σε στρώσεις κροκαλοπαγών των πλειστοκαινικών ή ολοκαινικών αποθέσεων, αντίθετα, οι γεωτρήσεις από 80 έως 100 μέτρα βάθος είναι πιθανότερο να ανήκουν στην βάση των Πλειστοκαινικών αποθέσεων και λιγότερο σε αλπικές ενότητες.

Κλείνοντας, οδηγηθήκαμε στις παραπάνω αποκλίσεις καθώς τα τεκτονικά τεμάχια της λεκάνης της Μεσαράς εμφανίζουν υψομετρική ετερογένεια λόγω εφελκυστικών επεισοδίων του Καινοζωικού. Επομένως, είναι πιθανό σε κάποιες θέσεις να σχηματίζονται τάφροι (άραοι υδροφορείς θα συναντώνται σε μεγαλύτερα βάθη), ενώ σε κάποιες άλλες κέρατα (συνάντηση υδροφόρων ψηλότερα). Μία τέτοια εικόνα (τάφρων και κεράτων) είναι αδύνατο να παρατηρηθεί στην ύπαιθρο καθώς όλες οι τάφροι έχουν πλη-

ρωθεί από πλειστοκαινικά - ολοκαινικά ιζήματα. Ως τρόπος τροφοδοσίας των βαθύτερων υπόγειων υδροφόρων θεωρούμε τόσο την εις βάθος διείσδυση μετεωρικού νερού μέσα από ασυνέχειες, καθώς και την επικοινωνία, στα νότια, υπόγειων υδροφόρων των ανθρακικών της Τρίπολης και της Πίνδου-Εθιάς λόγω περιθωριακών ρηγμάτων (επικρατεί)(Εικόνα 4.7-2).

Σχετικά με τις συνολικές απολήψεις που προκύπτουν από τα έργα που προαναφέρθηκαν, αντλούμαι τα παρακάτω στοιχεία. Με βάση τη γενική διάκριση (Υδρογεωλογικός χάρτης), την ειδικότερη (Διάγραμμα 4.6-2) καθώς και τα στοιχεία της ετήσιας χρήσης νερού (Πίνακας Παραρτήματος), είμαστε σε θέση να αναλύσουμε τις ποσότητες που αντλούνται τόσο ειδικά όσο και συνολικά (Πίνακας 4.6-4) στα υδροληπτικά έργα στο τμήμα της λεκάνης Πύργου-Χάρακα.

Μέγιστη Χρήση/ Απολήψεις (m ³ /y)	Αποθέσεις/Σχηματισμοί		
	Αλλουβιακές (GR86)	Πλειστοκαινικοί (GR86)	Βαθύτεροι
	74.195	132.352	964.130

Πίνακας 4.6-4. Κατανομή μέγιστης χρήσης ανά τύπο υπόγειο υδροφόρου. Η διάκριση των υδροληπτικών έργων στους τύπους παρουσιάζεται στο Παράρτημα III.

4.6.2. Εκτενέστερη ερμηνεία υποομάδων

Κάθε υποομάδα αποτελείται από υδροληπτικά έργα τα οποία βρίσκονται εντός μίας καθορισμένης τοποθεσίας ή επιφανειακής έκτασης. Η εν λόγω διάκριση αποσκοπεί στο να αιτιολογηθούν μέσω σχηματικών αναπαραστάσεων γεωτρήσεις οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικές υδροστατικές στάθμες αν και εντοπίζονται σε κοντινές αποστάσεις. Επιπλέον, υλοποιείται προσπάθεια να αιτιολογηθούν υδροληπτικά έργα τα οποία φαίνεται εκ πρώτης όψεως να μη συμβαδίζουν με τη μέχρι πρότινος γεωλογία της περιοχής (Χάρτης Ε.Α.Γ.Μ.Ε, 1984).

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που κάποιο από τα στοιχεία που δίνεται σε κάθε γεώτρηση δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα είναι πιθανό να έχει οδηγήσει και σε πλασματική αξιολόγηση της κατάστασης. Επιπλέον, γεωτρήσεις στις οποίες δεν αναγράφεται υδροστατική στάθμη αλλά αναφέρονται επίσημα από το δήμο ως ύδρευσης ή άρδευσης με μεγάλες ετήσιες παροχές, θεωρήθηκαν ενεργές. Ως γεωλογικός σχηματισμός ορίζεται η επιφανειακή εξάπλωση στο εκάστοτε υδροληπτικό έργο, ενώ προστέθηκε μία επιπλέον κωδική ονομασία Υί όπου Υ (Υδροληψία) και i αντιστοιχεί σ' έναν φυσικό αριθμό ο οποίος χρησιμοποιείται για την αρίθμηση των υδροληψιών σε κάθε υπο-ομάδα.

- **Υπο-ομάδα «οροπέδιο Περβόλας»**

Εντοπίζουμε συνολικά τρία υδροληπτικά έργα στο κεντρικό τμήμα της επίπεδης ημιορεινής έκτασης που σχηματίζεται και δύο γεωτρήσεις στις δυτικές κορυφές τα οποία εκ πρώτης όψεως φαίνεται να

διατηρούν υδραυλική επικοινωνία με αυτά στο οροπέδιο της Περβόλας (Πίνακας 4.6-5).

Κωδικός	Α.Υ	Α.Υ.Υδ.Σ	Α.Υ.Β.Σ	Γεωλογικός σχηματισμός
Ο.1.24 (Υ1)	557	517	407	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
Ο.1.25 (Υ2)	624	529	354	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
Ο.1.27 (Υ3)	493	487	323	Αλλουβιακές αποθέσεις
Ο.1.30 (Υ4)	479	384	249	Αλλουβιακές αποθέσεις
Ο.3.31 (Υ5)	541	541	541	Ανθρακικά Εθιάς

Πίνακας 4.6-5. Υδροληψίες οροπεδίου Περβόλας

Ειδικότερα, η πηγή (Ο.3.31) που εντοπίζεται εκφορτίζει τους υπερκείμενους κρητιδικούς ασβεστόλιθους νότια του οικισμού Εθιάς. Επίσης, είναι υπερπλήρωσης καθώς διατηρείται όλο το χρόνο και με ικανοποιητική παροχή, σε αντίθεση με αντίστοιχες πηγές επαφής στην περιοχή (έτος παρατήρησης 2020). Για τον πιθανό τρόπο λειτουργίας της εν λόγω πηγής έχει υλοποιηθεί εκτενέστερη αναφορά σε προηγούμενη ενότητα. Όσον αφορά τις γεωτρήσεις, είναι συνολικά 4 και η συνδυαστική τους ερμηνεία είναι περίπλοκη και χαρακτηρίζεται από πλήθος υποθετικών διαπιστώσεων.

Πιο συγκεκριμένα οι γεωτρήσεις Ο.1.27 και Ο.1.30 εντοπίζονται εντός του οροπεδίου της Περβόλας. Συγκρίνοντας το βάθος σωλήνωσης και την υδροστατική τους στάθμη διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μία απόκλιση. Η υδροστατική στάθμη στην Ο.1.30 είναι στα 487 μέτρα ενώ στην Ο.1.27 στα 384 μέτρα. Επομένως, ανάμεσα στις δύο πιθανόν να παρεμβάλλεται μία τεκτονική επαφή διεύθυνσης περίπου Α-Δ, της οποίας στοιχεία είναι πιθανό να εντοπίσουμε στα όρια του οροπεδίου. Επίσης, η μεγάλη απόκλιση μεταξύ του βάθους σωλήνωσης και της υδροστατικής στάθμης σε κάθε γεώτρηση φανερώνει ότι οι υπόγειοι υδροφορείς είναι υπο-πίεση.

Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγουμε και συσχετίζοντας τις γεωτρήσεις Ο.1.24 και Ο.1.25. Το στοιχείο όμως που τις διαφοροποιεί από την Ο.1.27 και Ο.1.30 είναι η υψομετρική τους θέση. Γι' αυτό και η υδροστατική τους στάθμη σε γενικές γραμμές είναι βαθύτερα. Ειδικότερα οι γεωτρήσεις Ο.1.30, 24 και 25 φαίνεται να εκμεταλλεύονται έναν υδροφορέα με υδροστατική στάθμη από 487 έως 529 μέτρα (Α.Υ). Σε αντίθεση με την Ο.1.27 της οποίας ο υδροφορέας θεωρούμαι βέβαιο πως είναι άμεσα επηρεασμένος από τεκτονικές κινήσεις.

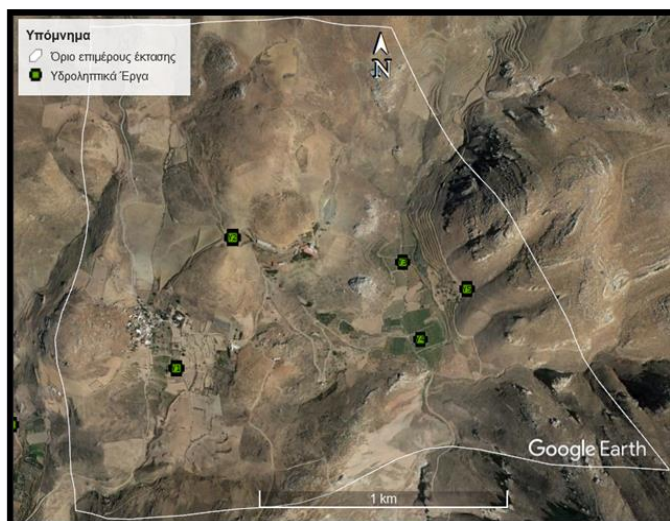
Επομένως, με βάση τα παραπάνω και σχετίζοντας τα στοιχεία και των 4 γεωτρήσεων καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Το οροπέδιο της Περβόλας χαρακτηρίζεται από ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ μικρής ή μεγάλης έκτασης. Τα εν λόγω ρήγματα είναι καλύτερα αντιληπτά στο φαράγγι της Περβόλας, όπου είναι το βασικότερο αίτιο δημιουργίας των καταρρακτών στην περιοχή. Όμως το οροπέδιο της Περβόλας στο κεντρικό του τμήμα απαρτίζεται σχεδόν αποκλειστικά από κλαστικούς σχηματισμούς επιρρεπείς στη διάβρωση, ως εκ τούτου η περιοχή είναι σχεδόν επίπεδη.
- Επίσης, έντονη είναι η παρουσία ρηγμάτων Β-Ν ή ΒΔ-ΝΑ, τα οποία συμβάλλουν στην εξέλιξη των απότομων πρανών τόσο στα ανατολικά όσο και στα δυτικά (γι' αυτό και η υψομετρική διαφορά μεταξύ των γεωτρήσεων).

Στην περίπτωση που θεωρήσουμε ότι οι ανθρακικές μάζες που διακρίνονται εντός της Περβόλας (κοιτώντας δυτικά από την εκκλησία της Αγία Ειρήνης) είναι Ιουρασικής ηλικίας, τότε η επαφή τους με το υποκείμενο κλαστικό σχηματισμό είναι τεκτονική. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κλαστικός σχηματισμός που καλύπτει το οροπέδιο της Περβόλας θεωρείται αντίστοιχος εκείνου που βιβλιογραφικά αναφέρεται ως «Ιος φλύσχης», έπειτα από εκτενείς *in situ* παρατηρήσεις (Κεφάλαιο 3). Έχει επιφανειακή εξάπλωση στο ανατολικό τμήμα του οροπεδίου ενώ στο κεντρικό καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις. Άρα θα σχηματίζεται ένα υπόγειος υδροφόρος στους Ιουρασικούς ασβεστόλιθους της επίπλευσης και ένας ακόμα στους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της Εθιάς οι οποίοι δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. (Πιθανότερο σενάριο)

Αντίθετα, αν θεωρήσουμε ότι οι εν λόγω ασβεστόλιθοι είναι σχετικά αυτόχθονοι, δηλαδή αποτελούν επιφανειακές εμφανίσεις των υποκείμενων του φλύσχη της Εθιάς ασβεστολίθων, αναφερόμαστε σε έναν ενιαίο υπόγειο υδροφορέα στους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους. Το εν λόγω σενάριο προδικάζει την μη ύπαρξη πηγών στις θέσεις εμφάνισης ανθρακικών μαζών μιας και το νερό σε όλες τις περιπτώσεις θα οδηγείται υπόγεια. Επίσης, από στρωματογραφικές παρατηρήσεις φαίνεται να υπάρχουν δύο «γενιές» ασβεστολίθων. (Λιγότερο πιθανό)

Παρακάτω ακολουθεί η σχηματική απεικόνιση με τις κυριότερες γεωλογικές παρατηρήσεις που προέκυψαν από την σύγκριση των υδροληπτικών έργων σε συνδυασμό με αναφερμένες στρωματογραφικές παρατηρήσεις (Κεφάλαιο 2.). Το σενάριο που παρατίθεται είναι εκείνο της επίπλευσης και των δύο γενεών ασβεστολίθων (Εικόνα 4.6-1.).



Εικόνα 4.6-1. Σχηματική απεικόνιση κυριότερων γεωλογικών παρατηρήσεων

▪ **Υπο-ομάδα «Καταρράκτη Αμπά»**

Γεωγραφικά τοποθετούνται σε μία έκταση ανατολικά από την είσοδο του παράδρομου που οδηγεί στον Αμπά και βρίσκεται στο κεντρικό επαρχιακό δίκτυο που ενώνει της «Τρεις Εκκλησιές» με τους «Παρανύμφους» ενώ ανατολικά εκτείνεται μέχρι και τη νότια έξοδο του οικισμού «Πρινιάς». Στην εν λόγω περιοχή εντοπίζουμε συνολικά τέσσερις γεωτρήσεις με τις μεταξύ τους αποστάσεις να είναι περίπου 500 μέτρα και 3 ακόμα πλησίον του οικισμού «Πρινιάς». Αξίζει να σημειωθεί πως εντός της καθορισμένης έκτασης τόσο βορειότερα όσο και δυτικότερα εντοπίζεται από ένα πηγάδι (Υ4 και Υ1 αντίστοιχα), τα οποία εκμεταλλεύονται τον επιφανειακό υπόγειο υδροφορέα του φλύσχη Τρίπολης (Εικόνα 4.6-2.).

Κωδικός	Α.Υ	Α.Υ.Υδ.Σ	Α.Υ.Β.Σ	Γεωλογικός σχηματισμός
Ο.2.1 (Υ1)	558	557,5	554	Φλύσχη Τρίπολης
Ο.1.4 (Υ2)	472	464	447	Αλλουβιακές αποθέσεις
Ο.1.5 (Υ3)	516	513	436	Φλύσχη Τρίπολης
Ο.2.6 (Υ4)	518	516	512	Φλύσχη Τρίπολης
Ο.1.8 (Υ5)	507	-	357	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
Ο.1.10 (Υ6)	522	-	322	Ανθρακικά Εθιάς
Ο.1.17 (Υ7)	495	475	420	Ιουρασικούς ασβεστόλιθους
Ο.1.18 (Υ8)	500	450	385	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς

O.1.21 (Y9)	498	-	318	Αλλουβιακές αποθέσεις
--------------------	-----	---	-----	-----------------------

Πίνακας 4.6-6. Υδροληψίες «Αμπάς»

Ειδικότερα όσον αφορά τις επτά γεωτρήσεις (μια εξ αυτών ύδρευσης), η υδροστατική στάθμη δίνεται σε 4 εξ αυτών. Στην Y5 και Y6 δεν δίνεται αλλά επειδή χρησιμοποιούνται επίσημα τόσο για ύδρευση όσο και άρδευση τις θεωρούμε επιτυχείς και ενεργές. Αντίθετα, για την Y9 δεν είναι εφικτό να μιλήσουμε με σχετική βεβαιότητα, επομένως, χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων.

Η υδροστατική στάθμη στις Y2 και Y3 (όπου δίνεται) συναντάται σε μεγάλο ύψος, επομένως, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι εκμεταλλεύονται τον επιφανειακό υπόγειο υδροφορέα. Το σχετικά μεγάλο βάθος σωλήνωσης και στις δύο περιπτώσεις πιθανόν να αποσκοπεί στην μεγαλύτερη εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα (σε βάθος), αν και η ετήσια παροχή και στις δύο γεωτρήσεις δεν έχει μεγάλη απόκλιση από εκείνες που παρατηρούνται στα πηγάδια (Y1 & Y4).

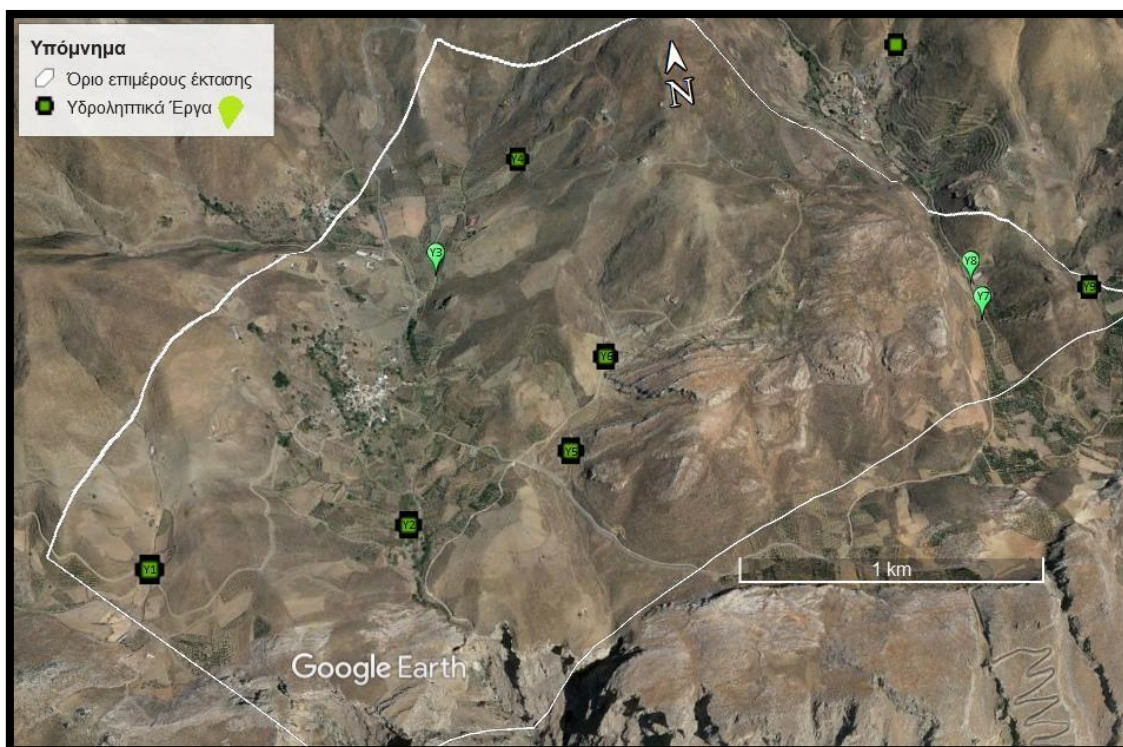
Το σενάριο να εκμεταλλεύονται ένα βαθύτερο υπο-πίεση καρστικό υπόγειο υδροφορέα με διαρροές είναι λιγότερο πιθανό αλλά υπαρκτό (ειδικότερα η Y3). Γιατί αν ισχύει το πρώτο σενάριο, προδικάζει και την ύπαρξη ενός μεγάλου σε πάχους υπόγειου υδατικού διαμερίσματος βόρεια καθώση υδροστατική στάθμη έχει επηρεαστεί ελάχιστα από το μεγάλο βάθος σωλήνωσης της Y3.

Σχετικά με τις δύο γεωτρήσεις (Y5 και Y6) που δεν παρέχεται η υδροστατική στάθμη, είμαστε σε θέση να θεωρήσουμε (με σχετική βεβαιότητα) πως εκμεταλλεύονται έναν υπο-πίεση καρστικό υπόγειο υδροφόρο μεγάλου βάθους. Τόσο το μεγάλο βάθος σωλήνωσης (και στις δύο περιπτώσεις), οι υψηλές τιμές ετήσιας παροχής και το γεγονός ότι βρίσκονται στο όριο της επώθησης ιουρασικών σχηματισμών της ενότητας Εθιάς στον φλύσχη της ενότητας Τρίπολης, προδικάζουν την εκμετάλλευση ενός διαφορετικού Υ.Υ.Σ. από αυτό των υπόλοιπων υδροληπτικών έργων που προαναφέραμε μέχρι τώρα. Η υδροστατική στάθμη μπορούμε να υποθέσουμε καθαρά εμπειρικά ότι θα βρίσκεται σε μικρό βάθος 50 μέτρα περίπου ενώ ως υδροφορίες είναι πιθανό να εντάσσονται στον Τύπο 1-Υποτύπο 1 ή Τύπο 2 (λιγότερο πιθανό).

Όσον αφορά τις τρεις γεωτρήσεις που διακρίθηκαν αρκετά μέτρα ανατολικότερα, τόσο το Β.Σ όσο και η Υδ.Σ διαφέρει από θέση σε θέση. Ειδικότερα οι γεωτρήσεις Y7 και Y8 είναι παρόμοιου τύπου με τις Y5 και Y6. Εκμεταλλεύονται πιθανότητα ένα κοινό μερικώς υπο-πίεση υδροφορέα Τύπου 1-Υποτύπου 1 με μικρό βάθος Υδ.Σ, όπου μπορεί να θεωρηθεί κοινός με εκείνον τις προηγούμενης παραγράφου. Πιθανές υψομετρικές αλλαγές στο βάθος εύρεσης του εν λόγω υδροφορέα οφείλονται στον τεκτονισμό της ενότητας.

Κλείνοντας, ο υδροφορέας της γεώτρησης Y9 μπορεί να θεωρηθεί ανάλογος με εκείνο των τεσσάρων γεωτρήσεων που προαναφέρθηκαν αν και το Β.Σ είναι αξιοπερίεργα μεγάλο για την εν λόγω θέση. Εικάζουμε πως θα έπρεπε να συμβαδίζει σε γενικές γραμμές με εκείνο των Y7 και Y8. Το ίδιο φαινόμενο

παρατηρείται και στις Υ5, Υ6 Στην εικόνα που ακολουθεί δίνονται οι θέσεις των υδροληπτικών έργων με την επιφανειακή εξάπλωση των πιθανών υπόγειων υδροφόρων που εκμεταλλεύονται.



Εικόνα 4.6-2. Θέσεις υδρολογικών έργων

▪ **Υπο-ομάδα «Ροτάσι - Μεσοχωριό»**

Γεωγραφικά τοποθετούνται σε μία χιλιομετρική έκταση νότια των οικισμών Ροτάσι και Μεσοχωριού και στο βόρειο πρηνές της οροσειράς των Αστερουσίων, ενώ περιλαμβάνει και υδροληπτικά έργα εντός των οικισμών ή λίγο βορειότερα. Εντοπίζουμε συνολικά 16 υδροληπτικά έργα εκ των οποίων τα 6 είναι γεωτρήσεις ύδρευσης, τα 4 άρδευσης και 6 πηγάδια άρδευσης (Πίνακας 4.6-7).

Κωδικός	Α.Υ	Α.Υ.Υδ.Σ	Α.Υ.Β.Σ	Γεωλογικός σχηματισμός
Ο.1.32(Υ1)	288	-	108	Προσχώσεις
Ο.1.34(Υ2)	365	-	-55	Φλύσσης Εθιάς
Ο.1.35(Υ3)	335	-	135	Ανθρακικά Εθιάς
Ο.1.37(Υ4)	320	242	160	Φλύσσης Εθιάς
Ο.1.39(Υ5)	318	243,5	99	Φλύσσης Εθιάς
Ο.2.40(Υ6)	310	305	285	Φλύσσης Εθιάς

O.1.41(Y7)	360	257,8	110	Φλύσσης Εθιάς
O.1.43(Y8)	365	310	164	Φλύσσης Εθιάς
O.1.44(Y9)	371	256,5	200	Φλύσσης Εθιάς
Λ.1.72(Y10)	290	258	140	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.1.73(Y11)	275	235	175	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.2.74(Y12)	295	275	275	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.2.75(Y13)	301	293	287	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.2.76(Y14)	259	254	249	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.2.77(Y15)	271	269	263	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.2.78(Y16)	270	267	255	Αλλουβιακές αποθέσεις

Πίνακας 4.6-7. Υδροληψίες «Ροτάσι-Μεσοχωριό»

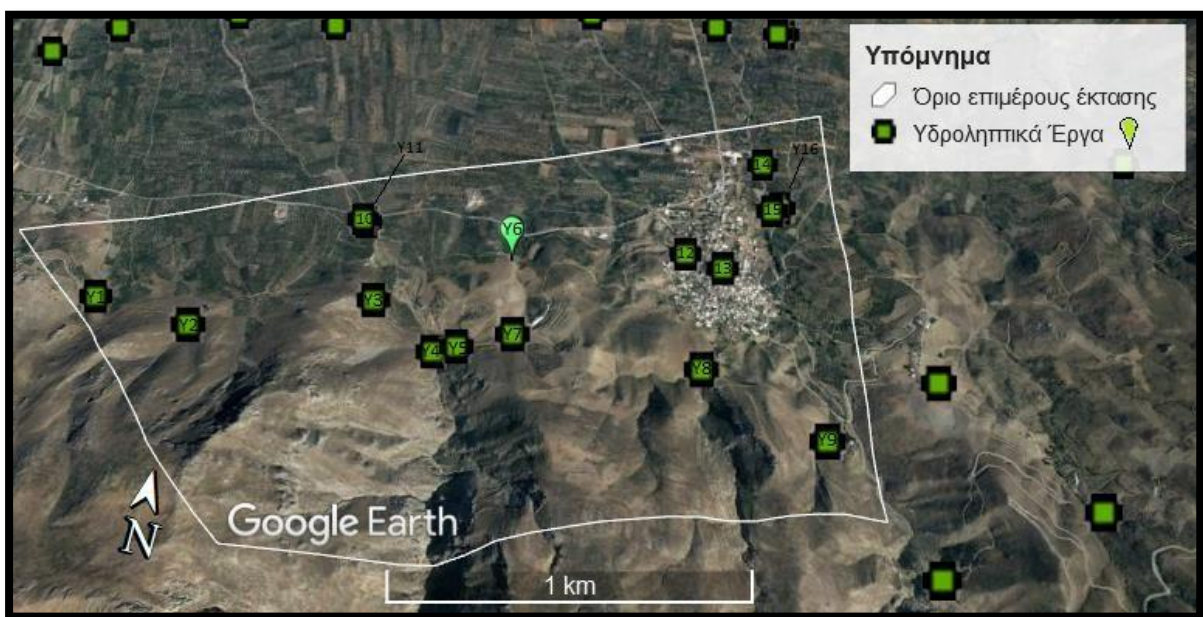
Ειδικότερα το βάθος σωλήνωσης σε όλες τις γεωτρήσεις είναι κατά μέσο όρο 200 μέτρα (± 100 μέτρα). Από την εν λόγω τιμή αποκλίνει σημαντικά η Γεώτρηση Y2, η οποία θεωρείται ανενεργή και ως εκ τούτου δε λαμβάνεται υπόψιν παρακάτω.

Όσον αφορά την κατανομή της υδροστατικής στάθμης των γεωτρήσεων Y1 έως Y11 (εκτός Y2 ανενεργή και Y6 πηγάδι) φανερώνει μία σχετική ανομοιομορφία. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στο ότι τα ανθρακικά της Πίνδου-Εθιάς (στη συγκεκριμένη θέση) παρουσιάζουν μία έντονη παραμόρφωση, η οποία εκδηλώνεται στην ύπαιθρο με την μορφή μεγάλης κλίμακας κλειστών ανεστραμμένων πτυχών και διαδοχικών επιπεύσεων (λεπιώσεις). Πολλές φορές οι διατμητικές τάσεις που ασκούνταν στα σκέλη και στα κορυφαία των πτυχών ήταν μεγαλύτερες από την μέγιστη αντοχή των πετρωμάτων με επακόλουθο την διάρρηξή τους και την δημιουργία θραυσιγενών δομών. Τα παραπάνω στοιχεία είναι εφικτό να παρατηρηθούν και από αρκετά μεγάλη απόσταση μέσω δορυφορικών φωτογραφιών. Άρα δημιουργούνται επιμέρους υπόγειες υδροφορίες άλλοτε ισχυρές και άλλοτε ασθενείς, οι οποίες είτε επικοινωνούν μεταξύ τους είτε όχι (Τύπος 1 με συνδυασμό υποτύπων 1 & 2).

Επομένως, καταλήγουμε πως οι γεωτρήσεις Y10, Y11 εκμεταλλεύονται τον Πλειστοκαινικό υδροφορέα ο οποίος συναντάται σε τέτοιο βάθος λόγω της δράσης κανονικών ρηγμάτων (λιγότερο πιθανό σενάριο να εκμεταλλεύονται αλπικό υδροφορέα). Οι γεωτρήσεις Y1 έως Y9 (εκτός Y2 ανενεργή και Y6 πηγάδι) διατρέχουν μετά από κάποιο βάθος ή απευθείας τα ανθρακικά της Πίνδου- Εθιάς Κρητιδικής και

νεότερης ηλικίας. Ο υδροφορέας τους είναι απόηχο του δευτερογενούς πορώδους και βρίσκεται μερικώς υπο-πίεση (λόγω διαφυγής του υπόγειου ύδατος προς το κάμπο της Μεσαράς) καθώς με αύξηση του βάθους σωλήνωσης έχουμε και ανάλογη πτώση της υδροστατικής στάθμης.

Σχετικά με τα 6 πηγάδια που εντοπίστηκαν, διακρίνονται από βάθη σωλήνωσης με μέση τιμή 17(± 8)m. Εκείνα με μεγάλο βάθος σωλήνωσης (20m) είναι πιθανό να εκμεταλλεύονται κάποιο Πλειστοκαινικό υπόγειο υδροφορέα είτε αποκομμένους «μεταβατικούς» υδροφορείς. Στον αντίποδα εκείνα με μικρό βάθος εκμεταλλεύονται αποκλειστικά τον Αλλουβιακό υδροφορέα. Αξίζει να σημειωθεί πως το Υ6 λόγω του ότι βρίσκεται στην οροσειρά είναι πιθανότερο να εκμεταλλεύεται ένα επιφανειακό υπόγειο υδροφορέα εντός του αποσαθρωμένου μανδύα στο φλύσχη. Στην εικόνα που ακολουθεί δίνονται οι θέσεις των υδροληπτικών έργων σε γεωγραφικό υπόβαθρο.



Εικόνα 4.6-3. Θέσεις υδροληπτικών έργων

▪ **Υπο-ομάδα «Χάρακας –Πύργος»**

Γεωγραφικά τοποθετούνται σε μία χιλιομετρική έκταση νότια των οικισμών Χάρακα και Πύργου, στο βόρειο πρηνές της οροσειράς των Αστερουσίων. Επιπλέον, περιλαμβάνει και υδροληπτικά έργα εντός των οικισμών ή λίγο βορειότερα. Εντοπίζουμε συνολικά 15 υδροληπτικά έργα εκ των οποίων τα 4 είναι γεωτρήσεις ύδρευσης, τα 4 άρδευσης, 5 πηγάδια άρδευσης και 2 πηγές (Πίνακας 4.6-7). Επισημαίνεται πως η γεωτρήση Υ4 θεωρείται ανενεργή λόγω της απουσίας νεότερων στοιχείων.

Κωδικός	Α.Υ	Α.Υ.Υδ.Σ	Α.Υ.Β.Σ	Γεωλογικός σχηματισμός
Ο.2.2(Υ1)	340	334	332	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
Ο.1.3(Υ2)	370	354	345	Κλαστικός σχηματισμός Τρίπολης

O.3.7(Y3)	482	482	482	Ανθρακικά Εθιάς
O.1.9(Y4)	270	-	-10	Ανθρακικά Εθιάς
O.1.11(Y5)	242	217	142	Ανθρακικά Εθιάς
O.3.12(Y6)	508	508	508	Ανθρακικά Εθιάς
O.1.13(Y7)	480	-	300	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
O.2.14(Y8)	530	-	515	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
O.1.19(Y9)	354	-	204	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
O.1.20(Y10)	295	291,4	270	Ανθρακικά Εθιάς
O.2.22(Y11)	322	318	316	Κλαστικός σχηματισμός Εθιάς
Λ.1.6(Y12)	290	230	140	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.1.17(Y13)	266	236	146	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.2.43(Y14)	259	250	248	Αλλουβιακές αποθέσεις
Λ.2.45(Y15)	296	294	290	Αλλουβιακές αποθέσεις

Πίνακας 4.6-8. Υδροληψίες «Πύργος - Χάρακας»

Στην εν λόγω έκταση παρατηρούμε πλήθος πηγών (συγκριτικά περισσότερες από εκείνες που εντοπίζονται ανατολικότερα) όπως επίσης και πηγάδια. Από γεωλογική σκοπιά οι εμφανίσεις ανθρακικών είναι περιορισμένες ενώ επικρατούν κλαστικές ακολουθίες. Τα ανθρακικά που εντοπίζονται τεκμηριώνονται είτε ως ολισθόλιθοι εντός του φλύσχη είτε εφιπτευμένα τμήματα της ενότητας Εθιάς.

Με τα μέχρι τώρα στρωματογραφικά στοιχεία θεωρούμε πως σχηματίζεται ένας μεγάλης έκτασης μικρού βάθους φρεάτιος υδροφόρος στο μανδύα αποσάθρωσης των φλυσχικών ακολουθιών (Τύπος 3). Επιπλέον, σχηματίζονται μικρής δυναμικότητας ελεύθεροι υπόγειοι υδροφόροι (Τύπου 1 - Υποτύπου 2), οι οποίοι τις περισσότερες φορές εκδηλώνονται με την μορφή πηγών. Όσον αφορά την ανθρακική μάζα εντός της οποίας εντοπίστηκε το ανενεργό λατομείο, εικάζουμε πως είναι υποκείμενα της φλυσχικής ακολουθίας. Επομένως, υποθέτουμε την ύπαρξη και ενός βαθύτερου υδροφορέα Τύπου 1 - Υποτύπου 1. Ένας ακόμα υπόγειος υδροφορέας μικρού βάθους είναι εκείνος που σχηματίζεται εντός των αλλουβιακών αποθέσεων της λεκάνης.

Οι παραπάνω υδροφορείς τεκμηριώνονται από τα υδροληπτικά έργα της μελετώμενης έκτασης. Ειδικότερα τα πηγάδια Υ14 και Υ15 εκμεταλλεύονται τον αλλουβιακό υδροφόρο, επομένως, τεκμηριώνεται η ύπαρξή του. Τα πηγάδια Υ1, Υ8 και Υ11 όσο και η γεώτρηση Υ2 εκμεταλλεύονται τον υδροφόρο που σχηματίζεται στον αποσαθρωμένο μανδύα των φλυσικών ακολουθιών. Από την άλλη οι 2 πηγές (Υ3 & Υ6) καθώς και η γεώτρηση Υ10 τοποθετούνται σε υδροφορείς Τύπου 1 - Υποτύπου 2. Οι γεωτρήσεις Υ5, Υ7, Υ9, Υ12 και Υ13 λόγω του σχετικά μεγάλου βάρους συγκρινόμενες με τα υδροληπτικά έργα που προαναφέραμε, εικάζουμε πως εκμεταλλεύονται ένα κοινό υπόγειο υδροφόρο Τύπου 1 - Υποτύπου 1.

Συνοψίζοντας, οι υδροφορίες που προαναφέρθηκαν συνάδουν με τα μέχρι τώρα υδρογεωλογικά στοιχεία που είχαν προκύψει σε προηγούμενες ενότητες. Τυχών ανομοιομορφίες της Υδ.Σ εντός υδροληπτικών έργων σε κοινό υπόγειο υδροφόρο, οφείλονται στη δράση κανονικών ρηγμάτων. Επιπρόσθετα η εν λόγω έκταση μπορεί να θεωρηθεί ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ανάπτυξης των διαφόρων τύπων υπόγειων υδροφόρων που αναλύθηκαν. Η διαπίστωση αυτή πηγάζει από την ευκολία διαχωρισμού των υδροληπτικών έργων καθώς και από την μία ύπαρξη μεγάλης κλίμακας προβληματισμών. Ο τεκτονισμός είναι συγκριτικά μικρότερος από την ανατολικότερη έκταση (Ροτάσι - Μεσοχωριού) όπου παρατηρείται πλήθος παραμορφωτικών δομών. Στην εικόνα που ακολουθεί δίνονται οι θέσεις των υδροληπτικών έργων σε γεωγραφικό υπόβαθρο.



Ει-

κόνα 4.6-4. Θέσεις υδροληπτικών έργων

4.7. Συγκεντρωτικά στοιχεία

Στη συνέχεια, συνοψίζονται οι βασικότερες υδρολογικές και υδρογεωλογικές πληροφορίες που προέκυψαν στο «Κεφάλαιο 4».

4.7.1. Υδρολογικά

Παρακάτω υλοποιήθηκε μία πρώτη εκτίμηση για το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής βασιζόμενοι σε υπολογισμούς που έχουν προηγηθεί (Πίνακας 4.7-1).

Το υδρολογικό ισοζύγιο εκφράζει το συνολικό όγκο νερού (P) (στερεή, υγρή, αέρια) που δέχεται μία περιοχή ως προς την μετέπειτα πορεία που ακολουθεί. Είναι πιθανό είτε να κατεισδύει (I), είτε να ρέει επιφανειακά (R), είτε να εξατμίζεται ή απομακρύνεται μέσω της διαπνοής των φυτών (Εξατμισοδιαπνοή, E). Γενικότερα αποτυπώνει τον κύκλο του νερού στη Γήινη ατμόσφαιρα. Επομένως, το υδρολογικό ισοζύγιο εκφράζεται από την εξής σχέση : $P = E + R + I$

	Μονάδα μέτρησης	P = E + R + I			
Πεδινή	%	100	74,7	0	25,3
	10⁶m³/y	9,24	6,9	0	2,34
Ορεινή	%	100	67,5	8,9	23,6
	10⁶m³/y	57,27	38,68	5,09	13,5

Πίνακας 4.7-1. Αποτύπωση υδρολογικού ισοζυγίου στην περιοχή

Όσον αφορά την επιφανειακή απορροή (R) προκύπτει έμμεσα από τους υπόλοιπους συντελεστές. Στην πεδινή έκταση ισχύει : $P > E + I$ το οποίο είναι άτοπο. Επομένως, θα πρέπει να ορίσουμε ένα συντελεστή μείωσης τέτοιο ώστε $P = E + I$. Ειδικότερα ανάγουμε και τις δύο τιμές E και I στο P. Επομένως :

$$I = (2,5 \times 9,24) \div 9,91 = 2,34 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$$

&

$$E = (7,4 \times 9,24) \div 9,91 = 6,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$$

Επιπλέον, θεωρούμε πως η επιφανειακή απορροή απόηχο των κατακρημνισμάτων στην πεδινή έκταση είναι μειωμένη και για τη μη ύπαρξη επιπλέον συντελεστών εικάζεται ίση με το μηδέν. Γι' αυτό και οι ντόπιοι ονομάζουν τους παραπόταμους που ρέουν προς τον Αναποδάρη ποταμό ως «ξεροπόταμους» με ροή κυρίως κατά την περίοδο έντονων βροχοπτώσεων λόγω υδάτων προερχόμενα από την ορεινή μάζα των Αστερουσίων.

Αντίθετα, το υδρολογικό στην ορεινή έκταση δε φαίνεται να παρουσιάζει κάποιο μεγάλης κλίμακας σφάλμα. Ο όγκος κατεισδύοντος νερού δεν ισούται με τα αποθέματα στους υπόγειους υδροφορείς. Ειδικότερα μπορεί η κατεισδυση να είναι αυξημένη αλλά τα ύδατα δεν διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα και είτε διαφεύγουν υποθαλάσσια ή στη πεδιάδα της Μεσαράς είτε εκδηλώνονται επιφανειακά μέσω πηγών. Σ' αυτό το φαινόμενο συμβάλλουν οι κλίσεις των σχηματισμών, με τα ανθρακικά της ενότητας Τρίπολης να κλείνουν προς Νότο και της ενότητας Εθιάς τόσο προς Νότο όσο και προς Βορρά, καθώς επίσης και οι πυριτικές ή ηλιτικές ενδιαστρώσεις εντός των ανθρακικών της ενότητας Εθιάς. Επομένως, κατεισδύων νερό είναι δυνατό να ρέει επιφανειακά (μέσω πηγών) μετά το πέρας της βροχόπτωσης ώστε να εξατμίζεται και να κατεισδύει (σαφώς μικρότερη ποσότητα) εκ νέου. Άρα θεωρούμε πως ο όγκος υπόγειου νερού που διατηρείται για εύλογο χρονικό διάστημα είναι περίπου ίσο με $2 * 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$.

Συνοψίζοντας, αν και το ιδιαίτερο κλίμα των Αστερουσίων (υψηλή ηλιοφάνεια, χαμηλός αριθμός βροχερών ημερών και άλλα) συνηγορούν στην μειωμένη κατεισδυση και την αύξηση της εξατμισοδιαπνοής, όπως αναφέρει ο Kritsotakis (2009). Κάτι τέτοιο δεν φαίνεται υφίσταται καθώς η ιδιαιτερότητα των βροχοπτώσεων (μεγάλης έντασης - μικρής διάρκειας) και η μη επαρκής φυτοκάλυψη (απουσία εδαφικού καλύμματος) οδηγούν σε μειωμένη εξατμισοδιαπνοή. Όμως το γεγονός ότι τα ύψη βροχής δεν είναι ανάλογα με εκείνα σε άλλες περιοχές της Κρήτης καθώς και η φύση των γεωλογικών σχηματισμών, συμβάλουν σε διαφορετικούς όγκους κατεισδύοντος νερού μεταξύ των περιοχών.

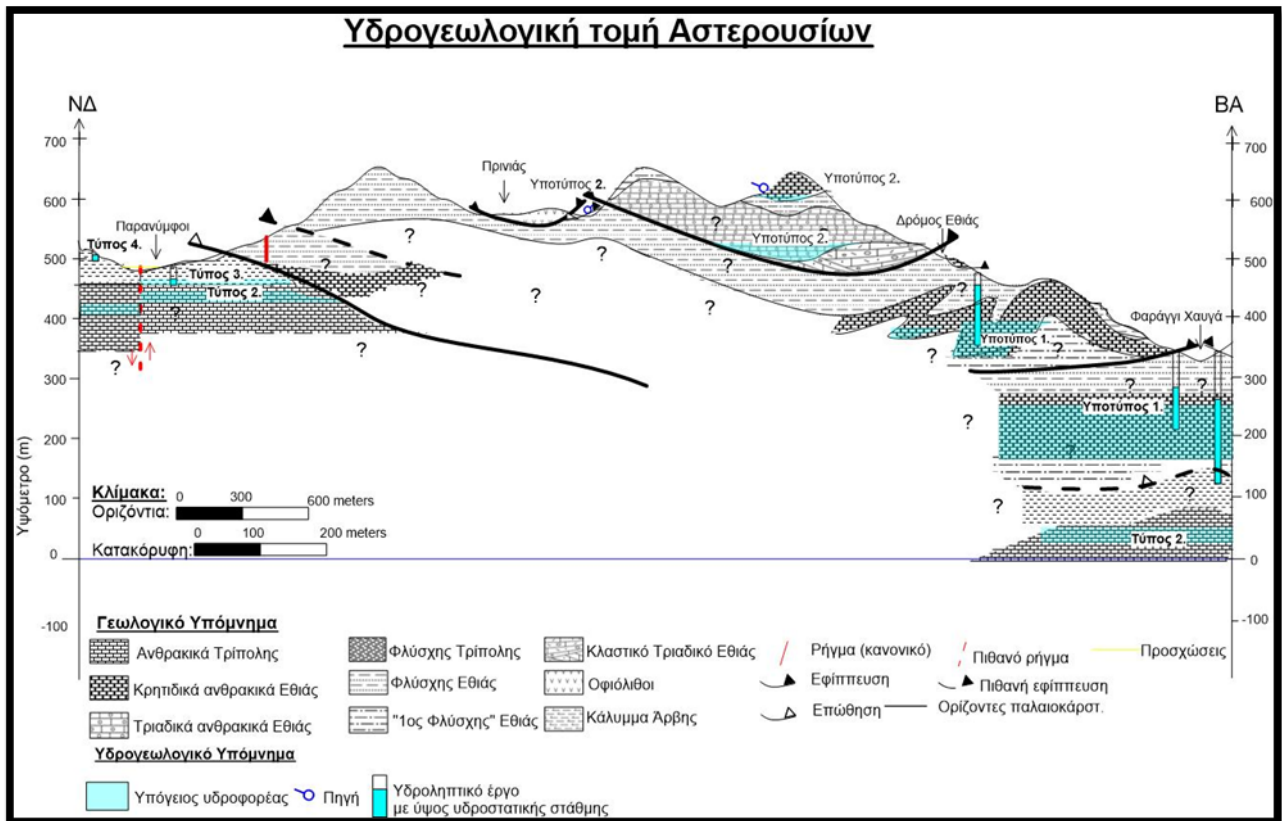
4.7.2. Υδρογεωλογικά

Τόσο τα γενικότερα στοιχεία του εκάστοτε υπόγειου υδροφορέα όσο και ο τρόπος εμφάνισης τους, όπως προέκυψαν από τις υδρογεωλογικές και στρωματογραφικές παρατηρήσεις σε συνδυασμό με την ερμηνεία των υδροληπτικών έργων, συνοψίζονται στους πίνακες και τις υδρογεωλογικές τομές που ακολουθούν.

	Τύπος 1.		Τύπος 2.	Τύπος 3.	Τύπος 4.
	Υποτύπος 1.	Υποτύπος 2.			
Ποσοτική κατάσταση	Καλή	Μέση	Καλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Ποιοτική κατάσταση	Καλή	Καλή	Μέση	Μέση	Μέση
Ευκολία εκμετάλλευσης	Μέση-Χαμηλή	Μέση	Μέση	Υψηλή	Υψηλή
Δυσκολία αναπλήρωσης	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέση	Χαμηλή
Πιθανότητα αστοχίας	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Μέση	Υψηλή

Συνολική αξιολόγηση	Μέση	Καλή	Μέση	Μέση	Χαμηλή
Παρατηρήσεις	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ως «δυσκολία αναπλήρωσης» ορίζεται η δυσκολία με την οποία αντισταθμίζονται πιθανές μελλοντικές αντλήσεις από τον εν λόγω υδροφόρο εξαιτίας μικρής επικοινωνίας με επιφανειακούς υδροπερατούς σχηματισμούς. ➤ Η ευκολία εκμετάλλευσης και η πιθανότητα αστοχίας αναφέρονται σε μελλοντική κατασκευή υδροληπτικού έργου. Τα αποτελέσματα συνδυάζουν τόσο το πιθανό βάθος εύρεσης του υδροφορέα, την αντοχή των υπερκείμενων πετρωμάτων και το ενδεχόμενο απουσίας υδροφορέα (πιθανότητα αστοχίας). ➤ Το νερό στον Υποτύπο 2, είναι ποσοτικά αξιόλογο αλλά πολλές φορές απομακρύνεται ταχύτητα μέσω πηγών. Το ίδιο όμως χαρακτηριστικό προσδίδει ευκολία εκμετάλλευσης και χαμηλή πιθανότητα αστοχίας υδροληπτικού έργου (π.χ. υδρομάστευσης). ➤ Ο τύπος 2, χαρακτηρίζεται από μέση ποιοτική κατάσταση εξαιτίας υψηλής παρουσίας Θεϊκών ανιόντων (SO₄⁻²) (ΣΔΛΑΠ 2017). Είναι φυσικά προερχόμενα από βιτουμενιούχους ορίζοντες ή τεχνητά με την χρήση θειικών λιπασμάτων. Στο ΣΔΛΑΠ Κρήτης αναφέρει ότι προέρχεται από τους (τριαδικούς) γύψους (λιγότερο πιθανό λόγω του βάθους τους αν και η παρουσία τους είναι εμφανής στην ορεινή μάζα των Αστερουσίων). Αντίθετα, ο τύπος 3, και 4, χαρακτηρίζεται από μέση εξαιτίας ανθρώπινης παρέμβασης επιφανειακά (λιπάσματα). ➤ Η ποιοτική κατάσταση στον τύπο 2 κρίνεται καλή αλλά συγχρόνως η εις βάθος διαρροές είναι εμφανείς δυσκολεύοντας στον εντοπισμό του. ➤ Ο τύπος 4, με βάση τα τωρινά γεωλογικά δεδομένα κρίνεται χαμηλής κατάστασης. Σε μελλοντική αύξηση του πάχους του και την ύπαρξη κάποιου φυσικού ή τεχνητού εμποδίου η κατάσταση του είναι φυσικό ότι αλλάζει. 				

Πίνακας 4.7-1. Συμπερασματικά στοιχεία υπόγειων υδροφόρων «Οροσειρά».

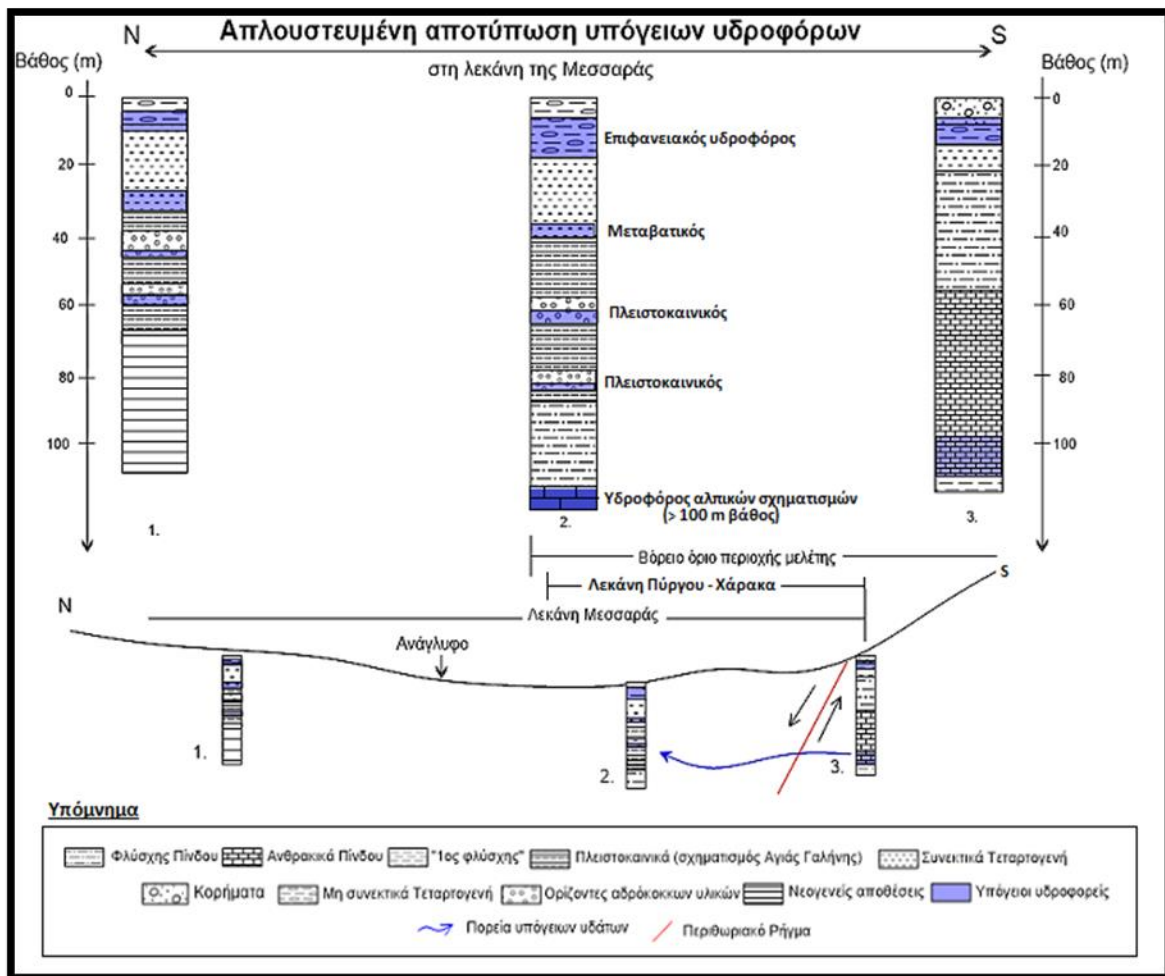


Εικόνα 4.7-1. Σχηματική απεικόνιση τρόπου εμφάνισης υπόγειων υδροφόρων στην «Οροσειρά». Η θέση της τομής δίνεται στην Εικόνα 4.5-1.

	Αλλουβιακός	Πλειστοκαινικός	Νεογενής	«Αλπικός»
Ποσοτική κατάσταση	Καλή	Μέση	(Kritsotakis, 2009 & Μορέλας, 2014)	Μέση
Ποιοτική κατάσταση	Μέση	Μέση		Μέση
Ευκολία εκμετάλλευσης	Υψηλή	Μέση		Χαμηλή
Δυσκολία αναπλήρωσης	Χαμηλή	Μέση		Μέση-Χαμηλή
Πιθανότητα αστοχίας	Μηδενική	Μέση-Χαμηλή		Μέση-Υψηλή
Συνολική αξιολόγηση	Καλή	Μέση		Χαμηλή
Παρατηρήσεις	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ως «αλπικοί» υδροφορείς ορίζονται εκείνοι που εντοπίζονται στο προ νεογενές αλπικό υπόβαθρο. Επομένως, μπορεί να περιλαμβάνουν κάποιον από τους τρεις τύπους που εντοπίζονται στην οροσειρά. Συχνότερα είναι υδροφορείς τύπου 2 ή τύπου 1 – Υποτύπου 1. ➤ Ως «δυσκολία αναπλήρωσης» ορίζεται η δυσκολία με την οποία αντισταθμί- 			

- ζονται πιθανές μελλοντικές αντλήσεις από τον εν λόγω υδροφόρο εξαιτίας μικρής επικοινωνίας με επιφανειακούς υδροπερατούς σχηματισμούς.
- Η ευκολία εκμετάλλευσης και η πιθανότητα αστοχίας αναφέρονται σε μελλοντική κατασκευή υδροληπτικού έργου. Τα αποτελέσματα συνδυάζουν τόσο το πιθανό βάθος εύρεσης του υδροφορέα, την αντοχή των υπερκείμενων πετρωμάτων και το ενδεχόμενο απουσίας υδροφορέα (πιθανότητα αστοχίας).
 - Η ποιοτική κατάσταση στον Αλλουβιακό υδροφορέα θεωρήθηκε μέση λόγω ανθρωπογενούς προέλευσης ρύπων, ενώ στους «αλπικούς» λόγω πιθανής υφαλμύρισης (φυσική) εξαιτίας του μεγάλου βάθους εμφάνισης. Σε γενικές γραμμές κρίνεται ως μέση λόγω προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν σε υδρευτική χρήση.
 - Η ποσοτική κατάσταση λόγω υπεράντλησης στον επιφανειακό υδροφορέα μπορεί να παρουσιάζει τοπικά προβλήματα. Σε γενικές γραμμές όμως κρίνεται ως καλή στον «Αλλουβιακό» και ως μέση στους εναπομείναντες δύο λόγω μειωμένης κατεΐσδυσης.

Πίνακας 4.7-2. Συμπερασματικά στοιχεία υπόγειων υδροφόρων «Λεκάνη».



Εικόνα 4.7-2. Σχηματική απεικόνιση τρόπου εμφάνισης υπόγειων υδροφόρων «Λεκάνη».

Αξίζει να επισημανθεί ότι τα στοιχεία του παρουσιάζονται στις τομές και ειδικότερα το βάθος εμφάνισης κάθε γεωλογικού σχηματισμού προκύπτει από υποθετικές παρατηρήσεις. Από την άλλη ο τρόπος εμφάνισης και η στρωματογραφική σειρά των γεωλογικών σχηματισμών υποστηρίζεται τόσο από βιβλιογραφικά όσο και από in situ παρατηρήσεις στην περιοχή. Τέλος, ο τρόπος εκδήλωσης και εμφάνισης των υπόγειων υδροφόρων έχει ήδη τεκμηριωθεί.

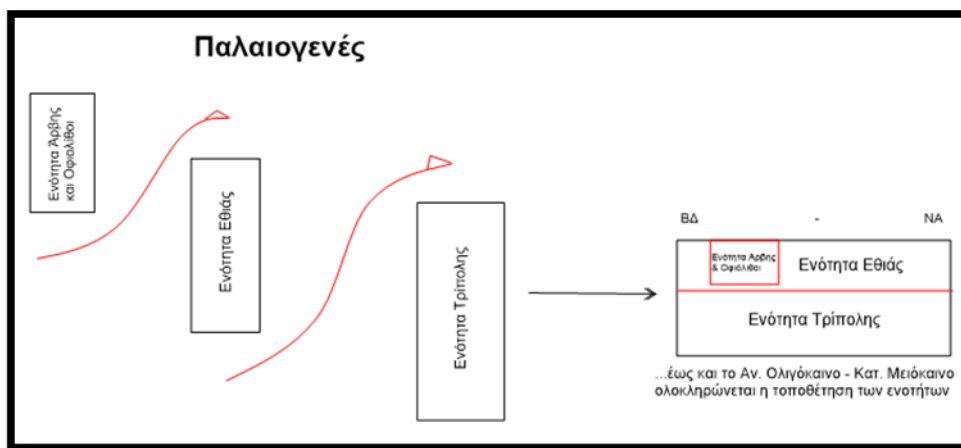
Κεφάλαιο 5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Από την γεωλογική αποτίμηση της περιοχής εξάγουμε τα εξής βασικά στοιχεία:

- Η εικόνα των κλαστικών σχηματισμών σε αρκετές περιπτώσεις είναι χαοτική, εξαιτίας του τεκτονισμού που έχει δράσει στην περιοχή, όπου εκδηλώνεται με υψηλή παραμόρφωση.
- Διακρίνουμε την παρουσία πετρωμάτων διαφορετικών παλαιογεωγραφικών χώρων δυσχεραίνοντας την χαρτογράφηση. Επιπλέον, δεν απουσιάζει πλήθος ιδιόμορφων φάσεων εντός κλαστικών και όχι μόνο σχηματισμών.
- Η ενότητα της Εθιάς δεν φαίνεται να ανταποκρίνεται στο πρότυπο της Πίνδου, ωστόσο οι διαφορές μεταξύ των δύο ενότητων θεωρούνται σημαντικές. Από την άλλη η ενότητα της Τρίπολης φαίνεται να έρχεται σε αρμονία με την γενικότερη εικόνα της ενότητας στον Ελληνικό χώρο.
- Επιπλέον, ο κλαστικός χαρακτήρας της ενότητας της Εθιάς, ευνοεί την αποσάθρωση και την διάβρωση των σχηματισμών της ακολουθίας.
- Η ενότητα της Εθιάς δε φαίνεται να έχει καθαρά πελαγικό χαρακτήρα. Πλησίον ή εντός του παλαιογεωγραφικού της χώρου φαίνεται να βρίσκεται μία καθαρά νηρητική πλατφόρμα, η οποία την τροφοδοτεί ανά χρονικά διαστήματα με νηρητικής φύσεως υλικό. Ένα αντίστοιχο σενάριο φαίνεται να ισχύει και για την προέλευση του ηφαιστειακού υλικού, όπως για παράδειγμα η ύπαρξη ενός παλαιο-ηφαιστειακού τόξου σε κοντινή απόσταση.
- Τα χαρτογραφημένα ρήγματα φαίνεται να είναι 3 γενεών. Ενός αρχικά συμπίεστικού φαινομένου το οποίο αποτυπώνεται με την μορφή ανάστροφων ρηγμάτων. Ακολουθεί ένα δεύτερο αρκετά νεότερο εφελκυστικό συμβάν το οποίο αποτυπώνεται σε ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ. Τα εν λόγω φαινόμενα έρχεται να διακόψει μία φάση ρηγμάτων διεύθυνσης Β-Ν ή ΒΔ-ΝΑ ή ΒΑ-ΝΔ.
- Η πεδιάδα απαρτίζεται από νεότερα αλλουβιακά ιζήματα τα οποία μπορεί να θεωρηθούν ως αποθέσεις ενός μεγάλης διάρκειας και δράσης αλλουβιακού ριπιδίου.
- Το υδρολογικό ισοζύγιο στην οροσειρά θεωρήθηκε φυσιολογικό σε αντίθεση με της Πεδιάδας όπου οι υπήρξε μία τροποποίηση των αρχικών τιμών ώστε να συμβαδίζουν με το συνολικό όγκο κατακρημνισμάτων.
- Αν και η κατείδυση στην οροσειρά είναι αυξημένη, εν τούτοις το υπόγειο νερό που διατηρείται για εύλογο χρονικό διάστημα είναι περιορισμένο. Συνέπεια των αδιαπέρατων σχηματισμών που είναι πιθανό να παρεμβάλλονται εντός των ανθρακικών.

- Δεν παρατηρείται ταχεία ισοστάθμιση των αντλούμενων ποσοτήτων νερού στους υπόγειους υδροφορείς (συμπέρασμα που προκύπτει από πλήθος υδρολογικών ισοζυγίων). Τέτοια φαινόμενα είναι συνέπεια του μικρού όγκου των κατακρημνισμάτων και της αποκοπής ορισμένων υδροφόρων.
- Συχνά μεταξύ ενός υπόγειου υδατικού συστήματος και της επιφάνειας παρεμβάλλεται ένας αδιαπέρατος σχηματισμός, αποκόπτοντας την άμεση επικοινωνία του με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Έτσι λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί περιορισμένης χρήσης έως την τελική καταστροφή του.
- Ο εντοπισμός των υπόγειων υδροφόρων στην οροσειρά είναι δύσκολος. Ο τεκτονισμός της περιοχής, η ιδιαιτερότητα των γεωλογικών σχηματισμών σε αντίθεση με άλλες περιοχές της Κρήτης, δυσχεραίνουν τον εντοπισμό, μεγάλης ποσότητας υπόγειου νερού. Αντίθετα, στην πεδιάδα τα πράγματα είναι ευκολότερα.

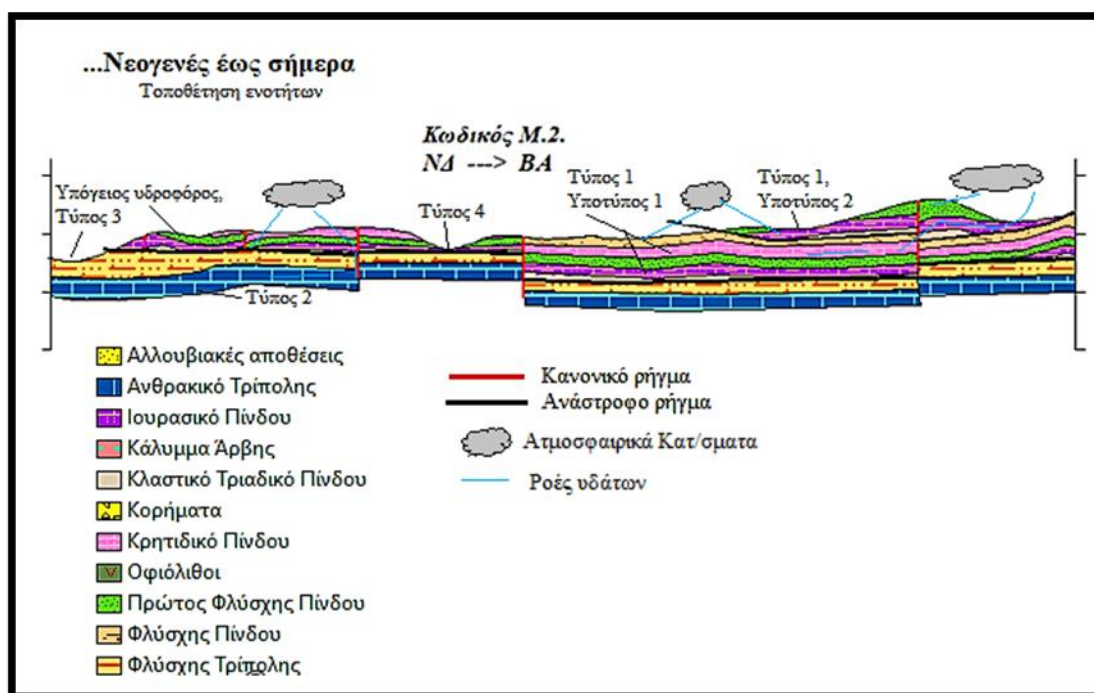
Από τα παραπάνω είμαστε σε θέση να παραθέσουμε τις βασικότερες διαπιστώσεις σε μορφή σκίτσων/εικόνων. Ειδικότερα στην εικόνα 5.1-1.(α & β) αποτυπώνεται συνδυαστικά η δράση των γεωλογικών και τεκτονικών διαπιστώσεων στον τρόπο λειτουργίας των υδρολογικών και υδρογεωλογικών φαινομένων στην οροσειρά και στην πεδιάδα αντίστοιχα. Επιπλέον, παρατίθεται η εξέλιξη του εκάστοτε τμήματος κατά την πάροδο του γεωλογικού χρόνου.



Εικόνα 5.1.1. (α) Τεκτονική τοποθέτηση των πεδίων της περιοχής μελέτης

Στην Εικόνα 5.1.1. (α) δίνεται σε σχηματική αναπαράσταση, η τεκτονική τοποθέτηση των τεκτονοστρωματογραφικών πεδίων που δομούν την περιοχή μελέτης. Από της εν λόγω ενότητες εξωτερικότερη είναι η πλατφόρμα της ενότητας Τρίπολης η οποία δέχεται μετέπειτα εσωτερικότερες ενότητες όπως εκείνες της ενότητας Εθιάς και Άρβης. Εκείνη η χρονική περίοδος φαίνεται να συμβαδίζει με το κλείσιμο ενός παλαιό-ωκεανού, συμπέρασμα που προκύπτει από την εξώθηση ωκεάνιου φλοιού στο ορογενές (οφιόλιθι). Επιπλέον, τα ιζήματα που δομούν την περιοχή μπορούν να διακριθούν τόσο σε ιζήματα πλατφόρμας

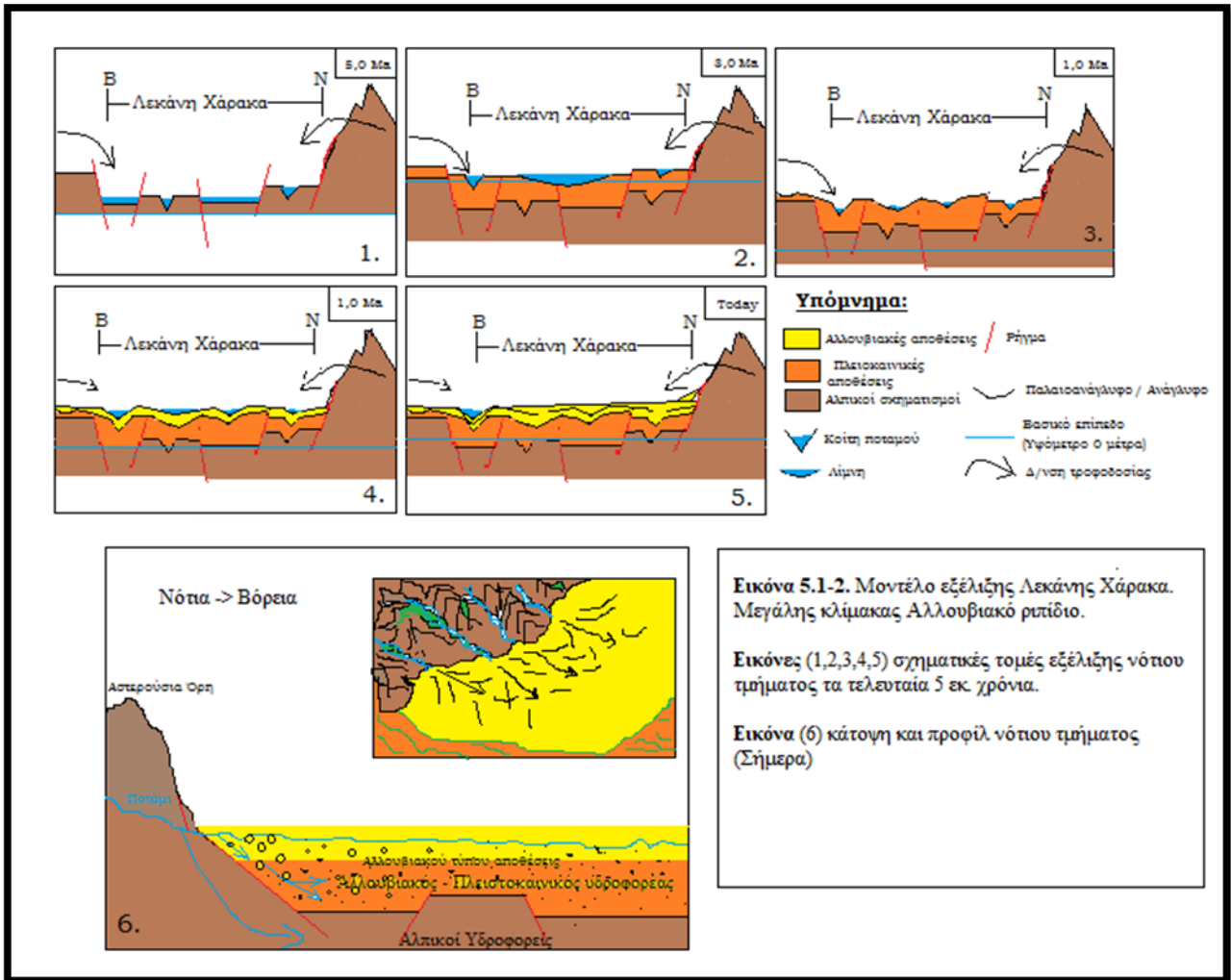
(νηρητικός παλαιογεωγραφικός χώρος, ενότητα Τρίπολης.) όσο και σε λεκάνης (πελαγικός παλαιογεωγραφικός χώρος, ενότητα Εθιάς). Η απόθεση των ιζημάτων είχε διάρκεια από το Μεσοζωικό (Κατώτερο Τριαδικό) έως το Κατώτερο Ολιγόκαινο.



Εικόνα 5.1.1. (β) Σχηματική τομή Αστερουσίων. Η θέση της δίνεται στο Παράρτημα Ι.

Η σημερινή εικόνα μετά την τοποθέτηση των ενοτήτων και την έκθεσή τους σε εξωγενείς παράγοντες δίνεται στην εικόνα 5.1.1.(β). Ειδικότερα από το Μειόκαινο έδρασαν δύο κύριες φάσεις ρηγμάτων, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις συνεχίζουν να δρουν μέχρι σήμερα. Τα εν λόγω ρήγματα μπορούν σε γενικές παραδοχές να τεκμηριωθούν ως αποτέλεσμα βαρυτικής κατάρρευσης του ορογενούς στα πλαίσια της υποβύθισης (μοντέλο βαρυτικής κατάρρευσης). Σεισμοί που έχουν εκδηλωθεί στην περιοχή μελέτης δεν ξεπερνούν τα 5 Richter ενώ η πιθανότητα για σεισμούς μεγαλύτερους των 5 Richter είναι μικρή αλλά υπαρκτή ειδικότερα στο πεδινό (βόρεια) και το θαλάσσιο τμήμα (νότια).

Τα συγκεκριμένα ρήγματα έχουν μεγάλη επίδραση στην κίνηση των υπόγειων υδάτων και ειδικότερα εκείνα με διεύθυνση Α-Δ. Επιπλέον, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν και τα ανάστροφα ρήγματα, αποτέλεσμα του συμπίεστικού καθεστώτος από το Παλαιογενές μέχρι σήμερα. Σε πολλές περιπτώσεις οδηγούν στην άμεση επικοινωνία διαφορετικών τύπων υπόγειων υδροφόρων ή στην αποκοπή και στην διάκριση επιμέρους υδροφόρων εντός του ίδιου τύπου. Ως εκ τούτου δυσχεραίνουν την εύρεση και την μετέπειτα εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων. Κλείνοντας, η υδροπερατότητα των σχηματισμών παρατηρείται αυξημένη λόγω των διαφόρων εντατικών πεδίων που έχουν επιδράσει στους σχηματισμούς.



Ειδικότερα η πρώτη φάση ξεκινάει πριν από περίπου 5 εκ. Χρόνια όπου το βασικό επίπεδο στάθμης της θάλασσας ήταν χαμηλότερα από το σημερινό (Εικόνα 5.1-2. (1.)). Σ' ένα ποταμολιμναίο περιβάλλον παλαιοκοιτών (παρόμοιο με το σημερινό) είχαμε την απόθεση διαβρωσιγενών υλικών ασύμφωνα πάνω σε αλπικούς με μορφή αλλουβιακών ριπιδίων λόγω συνεχούς αύξησης του βασικού επιπέδου (Εικόνα 5.1.-2. (2.)). Οι αποθέσεις αυτές σε μετέπειτα πτώση του βασικού επιπέδου στο Μ. Πλειστόκαινο υπέστησαν διαγένεση και εις βάθος διάβρωση (Εικόνα 5.1-2. (3.)). Σε μία χρονικά μεταγενέστερη άνοδο της θάλασσας στάθμης (μικρότερης έντασης), είχαμε την δεύτερη φάση απόθεσης ανάλογων υλικών η οποία παρουσιάζει σαφώς μικρότερη συνεκτικοποίηση αλλά συνεχίζεται μέχρι σήμερα (Εικόνα 5.1-2. (4.) & (5.)). Αξίζει να σημειωθεί ότι από το Πλειόκαινο μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν στοιχεία για σημαντικές φυσικές αλλαγές στην λεκάνη του Χάρακα εκτός από εκείνη στο βασικό επίπεδο. Σε γενικές γραμμές μπορεί να χαρακτηριστεί ότι η πρώτη φάση αντιπροσωπεύεται από το σχηματισμό «Αγίας Γαλήνης», ενώ η δεύτερη από τις σύγχρονες προσχώσεις και αλλουβιακές αποθέσεις.

Από άποψη τεκτονικής στη λεκάνη του Χάρακα, δεν φαίνεται κάποιες από τις αποθέσεις που προαναφέρθηκαν να διαρρηγνύονται από ρήγματα μεγάλης κλίμακας. Επομένως, θεωρούμε ότι δεν υπάρχει εμφανής επηρεασμός από κάποια τεκτονική φάση του Πλειστοκαινού ή νεότερη. Τυχόν σεισμοί

που μπορεί να εκδηλώνονται είναι μικρού μεγέθους ($M < 4$) και οφείλονται σε τοπικής φύσεως ρήγματα. Από την άλλη στο νότιο όριο της λεκάνης είναι φανερή η δράση ενός μεγάλης έκτασης και μεγάλης κλίσης ρήματος αποκόλλησης, αποτέλεσμα της τεκτονικής φάσης του Μειοκαίνου διεύθυνσης Δ-Α. Το εν λόγω ρήγμα έχει μεγάλη επίδραση στην εξέλιξη των Αστερουσίων από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα, ενώ η συνέχεια του κατά θέσεις διακόπτεται από μικρότερης κλίμακας κανονικά ρήγματα με οριζοντιολιθτικό χαρακτήρα διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εν λόγω τεκτονική φάση ή φάσεις παρουσιάζονται στους υποκείμενους αλπικούς σχηματισμούς εντός της λεκάνης, δημιουργώντας τάφρους και κέρατα. Επειδή όμως έχουν καλυφθεί από ιζήματα του Πλειστοκαίνου ή νεότερα δεν είναι δυνατή η επιφανειακή παρατήρησή τους. Κλείνοντας, πιθανή εκ νέου ενεργοποίηση ρηγμάτων απόηχο της παραπάνω φάσης είναι εφικτό να δώσουν μεγάλο μεγέθους σεισμούς ($M > 4$).

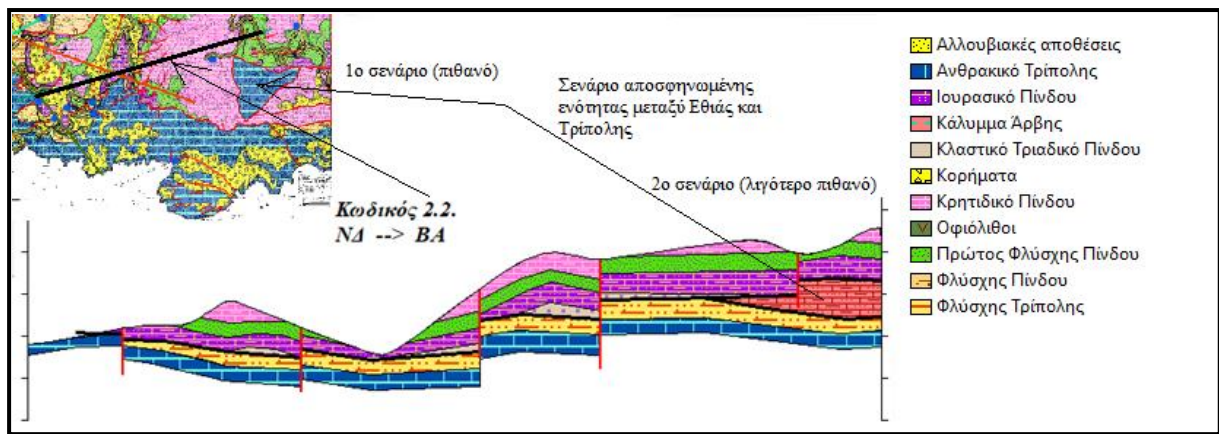
Κεφάλαιο 6. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ - ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Εν κατακλείδι η περιοχή μελέτης μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα περίπλοκη. Παρουσιάζει πλήθος παραμορφωτικών επεισοδίων τα οποία αποτυπώνονται σε ποικιλία παραμορφωτικών δομών. Επιπλέον, η ύπαρξη ποικίλου σύστασης και διαφόρων παλαιογεωγραφικών χώρων πετρωμάτων, προσδίδουν μία ιδιαίτερη φυσική ομορφιά ενώ δυσχεραίνουν τις απαντήσεις σε καίρια γεωλογικά ερωτήματα. Επιπρόσθετα, η τεκτονική της περιοχής εκτός των άλλων, έχει προκαθορίσει το μορφολογικό διαχωρισμό δύο εκτάσεων, της πεδινής και της ορεινής, όπου κάθε επιμέρους έκταση χαρακτηρίζεται από διαφορετικά στρωματογραφικά, υδρογεωλογικά και κλιματικά κυρίως χαρακτηριστικά.

Οι γεωλογικές ενότητες που τεκμηριώθηκαν στην περιοχή είναι εκείνες της Εθιάς, Τρίπολης, Άρβης και κάλυμμα οφιολίθων, εκ των οποίων η ενότητα Εθιάς χαρακτηρίζεται από πλήθος ιδιόμορφων φάσεων. Ειδικότερα θεωρούμε πως η ενότητα Εθιάς παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με την ενότητα της Πίνδου, συγχρόνως όμως οι διαφορές της ενότητας Εθιάς είναι τέτοιες που οδηγούν στην εν λόγω ονομασία. Αξίζει να αναφερθεί πως δεν αποκλείεται το σενάριο περί Ιόνιας ενότητας στο νότιο πρηνές των Αστερουσίων όπου διακρίνονται γύψοι τριαδικής ηλικίας και άλλα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ενότητας (λιγότερο πιθανό σενάριο, όπου δεν αποτυπώνεται στον γεωλογικό χάρτη μιας και επικράτησε το σενάριο περί ενότητας Τρίπολης και Εθιάς).

Ειδικότερα στον κανονικό φλύσχη της ενότητας Εθιάς διακρίνεται ηφαιστειακό στοιχείο και ειδικότερα μαξιλαροειδείς λάβες και άλλα βασικής σύστασης πετρώματα τα οποία εν μέρη μπορούν να τεκμηριωθούν ως τμήματα ενός άγριου φλύσχη. Συγχρόνως, η χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση που παρατηρείται στον φλύσχη (κατά θέσεις), είναι άξια αναφοράς. Επίσης, ενδιαφέρον προκαλεί ο λατυποπαγής ασβεστόλιθος της ενότητας Εθιάς όπου εμφανίζεται στο Κρητιδικό υποκείμενος των λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων. Εντός αυτού δεν αποκλείεται η ύπαρξη βασικής σύστασης ηφαιστειακών τεμαχών. Εξίσου, η παρουσία νηρητικών απολιθωμάτων σε διάφορα τμήματα της ενότητας Εθιάς διεγείρουν το ενδιαφέρον, όπως για παράδειγμα τα κοράλλια στο Ανώτερο Ιουρασικό έως Κατώτερο Κρητιδικό ή οι Nummulites στα μεταβατικά στρώματα προς το φλύσχη.

Στο ΝΑ τμήμα της περιοχής μελέτης εντοπίζεται μία ανθρακική ακολουθία νηρητικής φύσεως και περιβάλλον γένεσης κλειστής λεκάνης η οποία συνοδεύεται και από εναλλαγές πηλιτών και ασβεστολίθων μεγάλης κλίμακας. Τα εν λόγω πετρώματα μπορεί να θεωρηθεί πως αντιπροσωπεύουν είτε μία ανεξάρτητη γεωλογικά ενότητα αποσφηνωμένη μεταξύ της ενότητας Εθιάς και Τρίπολης (Εικόνα 6.1-1. Σενάριο 2) είτε ανθρακικά, ως τεκτονική εμφάνιση, της ενότητας Τρίπολης και οι εναλλαγές πηλιτών ασβεστολίθων τμήμα της ενότητας Εθιάς στο Ανώτερο Κρητιδικό (το σενάριο 1 που αποτυπώνεται στο γεωλογικό χάρτη και στην τομή Γ-Δ, επί του γεωλογικού).



Εικόνα 6.1-1. Παρουσίαση σεναρίων.

Μελλοντικές έρευνες στην περιοχή μπορούν να πραγματοποιηθούν στις θαλάσσιες αναβαθμίδες στο νότιο πρηνές των Αστερουσίων για την εξαγωγή πολύτιμων πληροφοριών σχετικά με την τεκτονική εξέλιξη της οροσειράς. Επίσης, η περαιτέρω μικρο- και μάκρο-στρωματογραφική έρευνα των ανθρακικών της ενότητας Τρίπολης ίσως λύσει ανακρίβειες που προκύπτουν. Επίσης, λεπτομερής χαρτογράφηση της νότιας ακτογραμμής ίσως αναδιαμορφώσει τον χάρτη.

Όσον αφορά τα κλιματολογικά και υδρογεωλογικά στοιχεία, η περιοχή φαίνεται να χαρακτηρίζεται από αυξημένα φαινόμενα ερημοποίησης. Το κλίμα είναι αρκετά ξηρό ενώ η απουσία βλάστησης και εδαφικού καλύμματος σε συνδυασμό με την υπερβόσκηση (αν και περιοχή Natura), συνυπογράφουν σε τέτοιου είδους συμβάντα. Τα παραπάνω σε συνδυασμό με ακραία καιρικά φαινόμενα απόηχο της κλιματικής μεταβλητότητας, είναι πιθανό να προκαλέσουν διαφόρων τύπου φυσικές καταστροφές και την υποβάθμιση του αγροτικού και βιοτικού επιπέδου στην περιοχή την επόμενη δεκαετία.

Τα επόμενα χρόνια τυχόν προβλήματα στην ύδρευση των οικισμών και στην άρδευση αγροτικών αναγκών είναι πιθανό να ενταθούν, συνέπεια μεγάλων περιόδων ξηρασίας, τοπικά φαινόμενα υπεράντλησης και ανθρωπογενής υποβάθμισης υπόγειων υδροφόρων. Μελλοντικά, λόγω της ολοένα και αυξημένης τουριστικής κίνησης σε Τρεις Εκκλησιές, Τσούτσουρα, Κουδουμά και Άγιο Ιωάννη, η πιθανή δημιουργία μίας μονάδας αφαλάτωσης ίσως αποδειχθεί στρατηγική λύση στην αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης των υπόγειων υδροφόρων στα Αστερούσια Όρη.

Οι εν λόγω υπόγειοι υδροφορείς όπως έχει αποδειχθεί παραπάνω αδυνατούν να συγκρατήσουν μεγάλες ποσότητες υπόγειων υδάτων τα οποία είτε διαφεύγουν στην λεκάνη της Μεσαράς είτε στο Λιβυκό πέλαγος νότια. Επιπλέον, λόγω των συνεχών παρεμβολών αδιαπέρατων σχηματισμών η εις βάθος τροφοδοσία είναι ελλιπής, ως εκ τούτου πολλοί εξ αυτών παρουσιάζουν φαινόμενα αποκοπής και περιορισμένης χρήσης. Κλείνοντας, από την βάση δεδομένων του προγράμματος ΔΙΑΥΓΕΙΑ η διαφάνεια στη νομιμοποίηση ιδιωτικών υδροληπτικών έργων φαίνεται να παρουσιάζει κενά. Τα εν λόγω κενά είναι πιθανό να αποδίδονται σε διάφορους παράγοντες που δεν είναι της παρούσης να αναλυθούν. Περαιτέρω υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία αποτυπώνονται στο τέλος του Κεφαλαίου 4 και στο Κεφάλαιο 5.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η σειρά των βιβλιογραφικών αναφορών γίνεται αλφαβητικά. Η ελληνική βιβλιογραφία προηγείται έναντι της αγγλικής που έπεται.

Αλεξόπουλος Α., 1990. Διδακτορική διατριβή, Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής του τοπογραφικού φύλλου «ΜΟΧΟΣ». Ε.Κ.Π.Α. Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος.

Αλεξόπουλος, Α., 1994. Τα Βαρίσκια Μεταμορφωμένα Πετρώματα Της Κεντροανατολικής Κρήτης Και Η Σημασία Τους Για Την Τεκτονική Τοποθέτηση Της Ενότητας “Φυλλιτών-Χαλαζιτών.” *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας Τομ. XXX/2 1994 Bulletin of the Geological Society of Greece Vol. XXX/2 1994 Proceeding of the 7th Congress, Thessaloniki, May 1994, 30(2), 153–158.*

ΒΑΙΟΣ Π. ΜΟΡΕΛΑΣ, 2014. Τρισδιάστατη Γεωλογική προσομοίωση του Πλειο-Τεταρτογενούς της πεδιάδας της Μεσαράς. Διπλωματική εργασία. Χανιά.

Βιδάκης Μ., 1987. Μελέτη Αλπικών σχηματισμών.

Δάβη, Ε. Ν., 1967. *Παρουσία Γρανιτικών Πετρωμάτων εντός του μεταμορφωμένου συστήματος των Αστερουσιών ορέων της νοτίου Κρήτης* (pp. 253–270). *Miocene high-pressure metamorphic rocks of Crete, Greece.* (n.d.).

Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας Κρήτης. Ανοιχτή βάση δεδομένων. Ηράκλειο.

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ). Μετεωρολογικά δεδομένα. Αθήνα.

Καλλέργης Γ. Α., 1986. Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία, Έκδοση ΤΕΕ.

Καλλέργης Γ., 1999. Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Δεύτερη Έκδοση, Τόμος Α. Αθήνα.

Καλλέργης Γ., 2001. Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Δεύτερη Έκδοση, Τόμος Γ. Αθήνα.

Κριτσωτάκης Μ. 2009. Διαχείριση Υδατικών Πόρων Μεσαράς Κρήτης. Διδακτορική Διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Διατμητικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ελεγχος Ποιότητας & Διαχείριση Περιβάλλοντος».

Κριτσωτάκης Μ. & Παυλίδου., 2013. Κατάσταση Υπόγειων Υδροφόρων Κρήτης. Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης.

Μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης., 2001. Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης. (Μ.Δ.Υ.Π.Κ)

Μιγάλης Καλές 2013. Χαρακτηρισμός των υδάτινων σωμάτων Ανατολικής Κρήτης. Διπλωματική εργασία. Αθήνα.

Μπουλουκάκης, Η., Ν. J. Lambrakis., Καλλέργης Γ. 1995. Οι υδροφόροι ορίζοντες των Αστερουσιών Όρεων πρόδρομη ανακοίνωση. 3^ο Πανελλήνιο Υδρογεωλογικό Συνέδριο. Ηράκλειο Κρήτης.

Μπαλτάς Ε., 2017. Προχωρημένη Υδρογεωλογία. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

Παπαμικρούλης Μ., 2018. Εφαρμογή-Ανάλυση Ευαισθησίας του Υδρογεωλογικού μοντέλου Modflow

στη λεκάνη της Μεσαράς. Διατμητικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών. Αθήνα.

Παπαγρηγορίου, Σ., Καϊμάκη, Σ., Νιάδας, Ι., Γκουβάτσου, Ε., Περγλέρος, Β. 2001. Μελέτη Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων Κρήτης, Αθήνα.

Περιφέρεια Κρήτης, Γενική Διεύθυνση Περιφέρειας, Διεύθυνση Υδάτων, Τμήμα Παρακολούθησης και ελέγχου της ποιότητας και ποσότητας των υδάτων, Κατάσταση υπογείων υδροφορέων Κρήτης, Νοέμβριος **2009.**

Περγλέρος, Β., Παπαμαστοράκης, Δ., Κριτσωτάκης, Μ., Δρακοπούλου, Ε., Παναγόπουλος, Α. 2004. Υπόγειο υδατικό δυναμικό Κρήτης, Προβλήματα και προοπτικές, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας τομ. XXXVI, 2048-2056, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Γραμματεία Υδάτων. 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (**Σ.Δ.Α.Α.Π**) του ΥΔ Κρήτης (EL13). Κρήτη. **2017.**

Φασουλάς Χ., 1995. Διδακτορική διατριβή, Κινηματική και παραμόρφωση των καλυμμάτων της κεντρικής Κρήτης. Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος

Φυτρολάκης, Ν. 1972. Η επίδραση ορογενετικών τινών κινήσεων και ο σχηματισμός της γύψου εις την Ανατολικήν Κρήτην (επαρχία Σητείας). Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., 9/1, 81- 100, Αθήνα.

Φυτρολάκης, Ν. 1978. Συμβολή στη γεωλογική έρευνα της Κρήτης. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., XIII/2, 101-115, Αθήνα.

Φυτρολάκης Ν., 1980. Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Προβλήματα παρατηρήσεις και συμπεράσματα. Θέση επί υφηγεσία Ε.Μ.Π Αθήνα, σελ 143.

.....

Angelier, J., Lybéris, N., Le Pichon, X., Barrier, E., & Huchon, P., 1982. The tectonic development of the hellenic arc and the sea of crete: A synthesis. *Tectonophysics*, 86(1–3).

A.R. Feldhoff, T. Theye, K. D. R., 1993. Coal Rank VS Illite Crystallinity and Estimated P-T Conditions: some problems concerning the Pindos, Tripolitza and Phyllite-Quartzite series in Crete. *Πρακτικά 6ου Συνεδρίου 1992, XXVIII/3*, 603–615.

Bonneau M. 1973. Les differentes “series ophiolitiferes” de la Crete: une mise au point. Paris. 1249-1252.

Bonneau M. 1972. La nappe metamorphique de l’ Asteroussia, lambeau d’ affinities pelagoniennes charie jusquesur la zone de Tripolitza de la Crete moyenne. Greece. 2303-2306.

Bonneau M. & Fleury J-J. 1971. Precisions sur la serie d’ Ethia: Existence d’ un premier flysch mesocretace. Crete.

Bonneau M., 1984. Γεωλογικός Χάρτης, σε κλίμακα 1/50.000. Φύλλο Αχεντριάς. Ε.Α.Γ.Μ.Ε.

Brix, M. R., Stöckhert, B., Seidel, E., Theye, T., Thomson, S. N., & Küster, M., 2002. Thermobarometric data from a fossil zircon partial annealing zone in high pressure-low temperature rocks of eastern and central Crete, Greece. *Tectonophysics*, 349(1–4), 309–326.

Burchfiel, B. C., Royden, L. H., Papanikolaou, D., & Pearce, F. D., 2018. Crustal development within a retreating subduction system: The Hellenides. *Geosphere*, 14(3), 1119–1130.

Greiling, R., 1982. The metamorphic and structural evolution of the Phyllite-Quartzite Nappe of western

Crete. *Journal of Structural Geology*, 4(3), 291–297.

Chatzaras, V., Xypolias, P., Kokkalas, S., & Koukouvelas, I., 2013. Tectonic evolution of a crustal-scale oblique ramp, Hellenides thrust belt, Greece. *Journal of Structural Geology*, 57, 16–37.

Caputo, R., Catalano, S., Monaco, C., Romagnoli, G., Tortorici, G., & Tortorici, L., 2010. Active faulting on the island of Crete (Greece). *Geophysical Journal International*, 183(1), 111–126.

Craddock, J. P., Klein, T., Kowalczyk, G., & Zulauf, G., 2009. Calcite twinning strains in Alpine orogen flysch: Implications for thrust-nappe mechanics and the geodynamics of Crete. *Lithosphere*, 1(3), 174–191.

CretaWeather.gr. Ανοιχτή βάση δεδομένων.

Creutzburg et Papastamatiou., 1969., Sliz. Heidelberger Akad. Wissenschaften, Jahr. 1, p. 1-63.

Dörr, W., Zulauf, G., Gerdes, A., Lahaye, Y., & Kowalczyk, G., 2015. A hidden Tonian basement in the eastern Mediterranean: Age constraints from U-Pb data of magmatic and detrital zircons of the External Hellenides (Crete and Peloponnesus). *Precambrian Research*, 258, 83–108.

F.A.O. 1969. Survey N. 538: MESSARA PLAIN (Eastern Crete): Comparison Between Boreholes and Electrical Soundings Results.

F.A.O. 1969. Survey N. 538: MESSARA PLAIN (Eastern Crete): GEOELECTRICAL CROSS-SECTIONS 1 – 8.

Fassoulas, C., 1998. The structural evolution of central Crete: Insight into the tectonic evolution of the south Aegean (Greece). *Journal of Geodynamics*, 27(1), 23–43.

Fassoulas, C., 2001. The tectonic development of a Neogene basin at the leading edge of the active European margin: The Heraklion basin, Crete, Greece. *Journal of Geodynamics*, 31(1), 49–70.

Fassoulas, C., Rahl, J. M., Ague, J., & Henderson, K., 2004. Patterns and Conditions of Deformation in the Plattenkalk Nappe , Crete , Greece : a Preliminary Study. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 36(4), 1626.

Grasemann, B., Schneider, D. A., & Rogowitz, A., 2019. Back to Normal: Direct Evidence of the Cretan Detachment as a North-Directed Normal Fault During the Miocene. *Tectonics*, 38(8), 3052–3069.

Hall, R., & Audley-Charles, M. G., 1983. The structure and regional significance of the Talea Ori, Crete. *Journal of Structural Geology*, 5(2).

Hall, R., Audley-Charles, M. G., & Carter, D. J., 1984. The significance of Crete for the evolution of the Eastern Mediterranean. *Geological Society Special Publication*, 17, 499–516.

Jolivet, L., Goffé, B., Bousquet, R., Oberhänsli, R., & Michard, A., 1998. Detachments in high-pressure mountain belts, Tethyan examples. *Earth and Planetary Science Letters*, 160(1–2), 31–47.

Jolivet, L., Goffé, B., Monié, P., Truffert-Luxey, C., Patriat, M., & Bonneau, M., 1996. Miocene detachment in Crete and exhumation P-T-t paths of high-pressure metamorphic rocks. *Tectonics*, 15(6).

Jonkers A., J.E. Meulenkamp., 1973-1977. Μελέτη μεταλλικών σχηματισμών. Γεωλογικός Χάρτης, σε κλίμακα 1/50.000. Φύλλο Επάνω Αρχάναι, ΙΕ.Α.Γ.Μ.Ε..

Kilias, A., Fassoulas, C., & Mountrakis, D., 1994. Tertiary extension of continental crust and uplift of

Psiloritis metamorphic core complex in the central part of the Hellenic Arc (Crete, Greece). *Geologische Rundschau*, 83(2), 417–430.

Klein, T., Reichhardt, H., Klinger, L., Grigull, S., Wostal, G., Kowalczyk, G., & Zulauf, G., 2008. Reverse slip along the contact phyllite-quartzite unit/tripolitsa unit in eastern Crete: Implications for the geodynamic evolution of the external Hellenides. *Zeitschrift Der Deutschen Gesellschaft Fur Geowissenschaften*, 159(3), 375–398.

Kneucker, T., Dörr, W., Petschick, R., & Zulauf, G., 2015. Upper crustal emplacement and deformation of granitoids inside the Uppermost Unit of the Cretan nappe stack: constraints from U–Pb zircon dating, microfabrics and paleostress analyses. *International Journal of Earth Sciences*, 104(2), 351–367.

Kock, S., Martini, R., Reischmann, T., & Stampfli, G. M., 2007. Detrital zircon and micropalaeontological ages as new constraints for the lowermost tectonic unit (Talea Ori unit) of Crete, Greece. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 243(3–4), 307–321.

Krahl, J., Eberle, P., Eickhoff, J., Furster, O., & Kozur, H., 1982. *Biostratigraphical Investigations in the Phyllite-Quartzite on Crete Island, Greece*. Quartzite_Group_on_Crete_Island_Greece.

Laj, C., Kissel, C., & Lefèvre, I., 1996. Relative geomagnetic field intensity and reversals from Upper Miocene sections in Crete. In *Earth and Planetary Science Letters* (Vol. 141, Issues 1–4, pp. 67–78).

Langosch, A., Seidel, E., Stosch, H. G., & Okrusch, M., 2000. Intrusive rocks in the ophiolitic melange of Crete - Witnesses to a Late Cretaceous thermal event of enigmatic geological position. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 139(3), 339–355.

Mainz, 2008. Sedimentary environments and climate change: a case study (late Miocene, central Crete) Dissertation. *Terra Nova*, 20(5), 417–418.

Martha, S. O., Dörr, W., Gerdes, A., Krahl, J., Linckens, J., & Zulauf, G., 2017. The tectonometamorphic and magmatic evolution of the Uppermost Unit in central Crete (Melambes area): constraints on a Late Cretaceous magmatic arc in the Internal Hellenides (Greece). *Gondwana Research*, 48, 50–71.

Martha, S. O., Zulauf, G., Dörr, W., Binck, J. J., Nowara, P. M., & Xypolias, P., 2019. The tectonometamorphic evolution of the Uppermost Unit south of the Dikti Mountains, Crete. *Geological Magazine*, 156(6).

Mountrakis, D., Kiliadis, A., Pavlaki, A., Fassoulas, C., Thomaidou, E., Papazachos, C., Papaioannou, C., Roumelioti, Z., Benetatos, C., & Vamvakaris, D., 2012. Neotectonic study of the Western Crete and implications for seismic hazard assessment. *Journal of the Virtual Explorer*, 42.

Palamakumbura, R. N., Robertson, A. H. F., & Dixon, J. E., 2013. Geochemical, sedimentary and micropaleontological evidence for a Late Maastrichtian oceanic seamount within the Pindos ocean (Arvi Unit, S Crete, Greece). *Tectonophysics*, 595–596, 250–262.

Papanikolaou, D., & Vassilakis, E., 2010. Thrust faults and extensional detachment faults in Cretan tectono-stratigraphy: Implications for Middle Miocene extension. *Tectonophysics*, 488(1–4), 233–247.

Rahl, L. J. M., Guerrieri, L., Rischia, I., Apat, L. S., Mazza, P., Ann, J., Università, T., Marlène, N.,

- Università, A., Friedman, M., Freelance, K. E., Apat, L. S., Michetti, A., & Pavia, G., 2004.** *Field Trip Guide Book - B32 AN ACTIVE CONVERGENT.*
- Renz., 1930.** Prakt. Akad. Ath., 3, p. 271-280.
- Renz., 1955.** Mem. Inst. Geol. And Subsurf. Res., Athens.
- Ring, U., Brachert, T., & Fassoulas, C. 2001.** Middle Miocene graben development in Crete and its possible relation to large-scale detachment faults in the Southern Aegean. *Terra Nova*, 13(4), 297–304.
- Ring, U., & Reischmann, T., 2002.,** 159, 225–228.
- Ring, U., & Yngwe, F., 2018.** “To Be, or Not to Be, That Is the Question”—The Cretan Extensional Detachment, Greece. *Tectonics*, 37(9), 3069–3084.
- Robertson, A. H. F., 2008.** Late palaeozoic-early mesozoic metasedimentary and metavolcanic rocks of the phyllite-quartzite unit, eastern crete (Greece): An extensional, rift-related setting for the southern margin of tethys in the eastern mediterranean region. *Zeitschrift Der Deutschen Gesellschaft Fur Geowissenschaften*, 159(3), 351–374.
- Romano, S. S., Brix, M. R., Dörr, W., Fiala, J., Krenn, E., & Zulauf, G., 2006.** The Carboniferous to Jurassic evolution of the pre-Alpine basement of Crete: Constraints from U-Pb and U-(Th)-Pb dating of orthogneiss, fission-track dating of zircon, structural and petrological data. *Geological Society Special Publication*, 260(May 2007), 69–90.
- Romano, S. S., Dörr, W., & Zulauf, G., 2004.** Cambrian granitoids in pre-Alpine basement of Crete (Greece): Evidence from U-Pb dating of zircon. *International Journal of Earth Sciences*, 93(5), 844–859.
- Seidel E., 1971.** Die Pindos-Serie in West-Kreta, aufder Insel Gavdos undim Kedros-Gebiet (Mittel-Kreta)., 443-460.
- Seidel, E., Okrusch, M., & Schubert, W., 1975.** Chloritoid-bearing metapelites associated with glaucophane rocks in western Crete, Greece. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 49(2), 105–115.
- Seidel, E., Okrusch, M., Kreuzer, H., Raschka, H., & Harre, W., 1981.** Eo-alpine metamorphism in the uppermost unit of the Cretan nappe system - Petrology and geochronology - Part 2. Synopsis of high-temperature metamorphics and associated ophiolites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 76(3),
- Seidel, M., Seidel, E., & Stöckhert, B., 2007.** Tectono-sedimentary evolution of lower to middle Miocene half-graben basins related to an extensional detachment fault (western Crete, Greece). *Terra Nova*, 19(1), 39–47.
- Seybold, L., Trepmann, C. A., & Janots, E., 2019.** A ductile extensional shear zone at the contact area between HP-LT metamorphic units in the Talea Ori, central Crete, Greece: deformation during early stages of exhumation from peak metamorphic conditions. *International Journal of Earth Sciences*, 108(1), 213–227.
- S.N. Thomson, B. Stockhert, M. B., 1997.** *The Miocene HP Metamorphic Rocks of Crete: Rapid Exhumation by Buoyant Escape.* 154, 1997.
- Stampfli, G. M., 2010.** Tectonostratigraphy and Plate Tectonics of Crete. *Stampfli Field Course, September.*

- Tataris., 1964.** Prakt. Akad. Ath., 39, p. 298-314.
- Tee AI Teng., 1982.** BIOSTRATIGRAPHY OF THE CRETACEOUS-TERTIARY PINDOS SERIES OF CRETE.
- Theye, T., & Seidel, E., 1993.** Uplift-related retrogression history of aragonite marbles in Western Crete (Greece). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 114(3), 349–356.
- Tortorici, L., Catalano, S., Cirrincione, R., & Tortorici, G., 2012.** The Cretan ophiolite-bearing mélangé (Greece): A remnant of Alpine accretionary wedge. *Tectonophysics*, 568–569, 320–334.
- Tortorici, L., Caputo, R., & Monaco, C., 2010.** Late Neogene to Quaternary contractional structures in Crete (Greece). *Tectonophysics*, 483(3–4), 203–213.
- Trepmann, C. A., & Seybold, L., 2019.** Deformation at low and high stress-loading rates. *Geoscience Frontiers*, 10(1), 43–54.
- Zachariasse, W. J., van Hinsbergen, D. J. J., & Fortuin, A. R., 2011.** Formation and fragmentation of a late Miocene supradetachment basin in central Crete: Implications for exhumation mechanisms of high-pressure rocks in the Aegean forearc. *Basin Research*, 23(6), 678–701.
- Zulauf, G., Dörr, W., Marko, L., & Krahl, J., 2018.** The late Eo-Cimmerian evolution of the external Hellenides: constraints from microfabrics and U–Pb detrital zircon ages of Upper Triassic (meta)sediments (Crete, Greece). In *International Journal of Earth Sciences* (Vol. 107, Issue 8). Springer Berlin Heidelberg.
- Zulauf, G., Dörr, W., Fisher-Spurlock, S. C., Gerdes, A., Chatzaras, V., & Xypolias, P., 2015.** Closure of the Paleotethys in the External Hellenides: Constraints from U–Pb ages of magmatic and detrital zircons (Crete). *Gondwana Research*, 28(2), 642–667.
- Zulauf, G., Dörr, W., Krahl, J., Lahaye, Y., Chatzaras, V., & Xypolias, P., 2016.** U–Pb zircon and biostratigraphic data of high-pressure/low-temperature metamorphic rocks of the Talea Ori: tracking the Paleotethys suture in central Crete, Greece. *International Journal of Earth Sciences*, 105(7), 1901–1922.
- Zulauf, G., Klein, T., Kowalczyk, G., Krahl, J., & Romano, S. S., 2008.** The Mirsini syncline of eastern crete, Greece: A key area for understanding pre-alpine and alpine orogeny in the eastern Mediterranean. *Zeitschrift Der Deutschen Gesellschaft Fur Geowissenschaften*, 159(3), 339–414.
- Zulauf, G., Kowalczyk, G., Krahl, J., Petschick, R., & Schwanz, S., 2002.** The tectonometamorphic evolution of high-pressure low-temperature metamorphic rocks of eastern Crete, Greece: Constraints from microfabrics, strain, illite crystallinity and paleodifferential stress. *Journal of Structural Geology*, 24(11).

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Παράρτημα I. Τομές, σκίτσα, σημειώσεις

Παράρτημα II. Εικόνες

Παράρτημα III. Πίνακες, διαγράμματα, υπολογισμοί

Παράρτημα IV. Γεωλογικός Χάρτης