



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ



ΕΛΕΝΗ ΠΕΓΙΟΥΔΗ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΜΜΟΥΛΙΑΝΗ
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2023



ΓΕΩΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΜΜΟΥΛΙΑΝΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ - ΠΕΓΙΟΥΔΗ ΕΛΕΝΗ



ΓΕΩΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΜΜΟΥΛΙΑΝΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ - ΠΕΓΙΟΥΔΗ ΕΛΕΝΗ

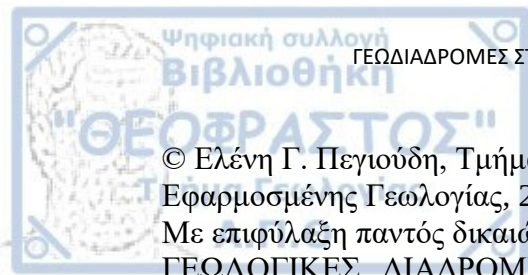
Ελένη Γ. Πεγιούδη
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5532

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΜΜΟΥΛΙΑΝΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέας Τεκτονικής, Ιστορικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας
Εργαστήριο Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας

Επιβλέπων

Αναπληρωτής Καθηγητής Χατζηπέτρος Αλέξανδρος



© Ελένη Γ. Πεγιούδη, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Τεκτονικής, Ιστορικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΜΜΟΥΛΙΑΝΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ –
Διπλωματική Εργασία

© Eleni G. Pegioudi, School of Geology, Department of Structural, Historical and Applied Geology, 2023

All rights reserved.

Geological routes on Ammouliani Island – *Bachelor Thesis*

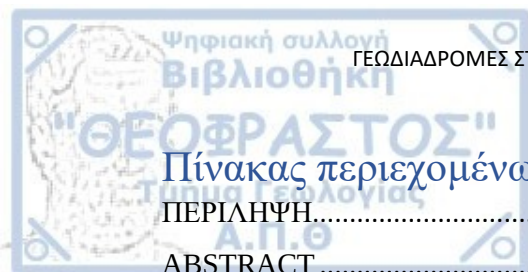
Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: Πτυχωμένος αμφιβολιτικός γνεύσιος της Ενότητας Κερδυλίων στην τοποθεσία «Καλοπήγαδο».

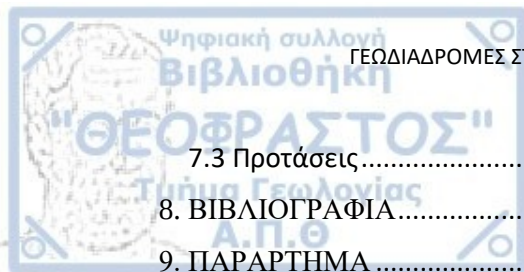


ΓΕΩΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΜΜΟΥΛΙΑΝΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ - ΠΕΓΙΟΥΔΗ ΕΛΕΝΗ



Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT	7
1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
1.1 Περιγραφή αντικειμένου	8
2. ΓΕΝΙΚΑ	10
2.1 Στόχοι	10
2.2 Η τοποθεσία.....	10
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ	12
3.1 Γενική γεωλογική διάρθρωση Σερβομακεδονικής Μάζας	12
3.2 Ενότητα Κερδυλίων.....	15
3.3 Ενότητα Βερτίσκου	15
3.4 Συσχέτιση μεταξύ των δύο Ενοτήτων	15
3.5 Γεωλογία Αμμουλιανής.....	16
3.6 Λιθοστρωματογραφική Στήλη.....	18
4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	19
4.1. Γενικά στοιχεία για την Τεκτονική και την παραμόρφωση της περιοχής.....	19
4.2. Ρήγματα ευρύτερης περιοχής	20
4.3. Φύλλωση	20
4.4. Πτυχογόνος τεκτονική.....	21
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	23
5.1 Συλλογή βιβλιογραφίας	23
5.2 Περιγραφή της μεθοδολογίας υπαίθρου.....	23
5.3 Τεκτονικές μετρήσεις	23
5.4 Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε και σχετική αιτιολόγηση	23
6. ΓΕΩΔΙΑΔΡΟΜΕΣ.....	24
6.1 Εισαγωγή	25
6.2 Γεωδιαδρομή 1	26
6.2.1 Γεωδιαδρομή 1.1	27
6.2.2 Γεωδιαδρομή 1.2	30
6.3 Γεωδιαδρομή 2	33
6.4 Γεωδιαδρομή 3	38
6.5 Γεωδιαδρομή 4.....	42
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	44
7.1 Γενικά συμπεράσματα.....	44
7.2 Πιθανοί τελικοί χρήστες	44



7.3 Προτάσεις.....	44
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	48
9.1 Χάρτες των Γεωδιαδρομών.....	48
9.2 Επιπλέον φωτογραφίες.....	53

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μια περίοδο που γίνεται λόγος για τη βιωσιμότητα, αναζητούνται νέες μέθοδοι ανάπτυξης, καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης και παρακίνησης των πολιτών και των διαφόρων τύπου φορέων για την προστασία του περιβάλλοντος. Η Γεωλογία είναι ένας πολυσύνθετος κλάδος, που μπορεί να συνεισφέρει σε αυτόν τον τομέα. Δεδομένων των ακραίων γεωλογικών φαινομένων σε πολλές περιοχές της Ελλάδος και της ανάγκης για αναζήτηση πρώτων υλών, που δημιουργούνται από το πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης, η παρότρυνση των πολιτών για καλλιέργεια γεωλογικής σκέψης είναι ένας τρόπος που μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα θα δημιουργήσει περιβάλλον εξέλιξης της επιστήμης, καθώς και οικονομικής και πολιτιστικής ανάπτυξης στον ελλαδικό χώρο. Προγράμματα που υποστηρίζονται από την UNESCO και αποσκοπούν στην καταγραφή και ανάδειξη γεωτόπων, έχουν δημιουργήσει ευκαιρίες μετάδοσης γεωλογικών γνώσεων και προστασίας της γεωλογικής κληρονομιάς. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο έγινε μια προσπάθεια μελέτης της Νήσου Αμμουλιανής για τη δημιουργία γεωδιαδρομών, καθώς παρουσιάζει σημαντικό επιστημονικό ενδιαφέρον. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε υπαίθρια γεωλογική χαρτογράφηση του νησιού, που στηρίχθηκε σε προγενέστερες γεωλογικές μελέτες και καταγράφηκαν στοιχεία ρηξιγενούς και πτυχογόνου τεκτονικής. Τελικά, σημειώθηκαν θέσεις υψηλού γεωλογικού ενδιαφέροντος και δημιουργήθηκαν γεωδιαδρομές, οι οποίες αποτυπώθηκαν πάνω στο γεωλογικό χάρτη του νησιού.

ABSTRACT

During our current time, sustainability is of the utmost importance. New methods of cultivating environmental awareness as well as motivation citizens to protect the environment are being sought. Geology is a complex discipline that can contribute to this field. Given the variety of geological phenomena that can be found in many regions of Greece, and the need for raw materials, as well as renewable energy sources, encouraging citizens to cultivate geological thinking can lead to growth in sustainable development. Furthermore, programs supported by UNESCO to record and highlight geosites, have created opportunities for the spread of geological knowledge and the protection of geological heritage. Within this context, an attempt to study Ammouliani Island was made, for the creation of georoutes, as it is of significant scientific interest. In this Bachelor Thesis, geological mapping of the island was carried out, based on previous geological studies, and mechanisms of faulting and folding were recorded. Finally, the places of high geological interest were selected and georoutes were created, which were recorded on the island's geological map.

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα της Διπλωματικής Εργασίας ανατέθηκε στη συγγραφέα από τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αλέξανδρο Χατζηπέτρο. Στα πλαίσιά της έγινε προσπάθεια μελέτης της γεωλογίας και εξέλιξης της νήσου Αμμουλιανής βασισμένη σε προϋπάρχουσες γεωλογικές έρευνες, με σκοπό τη χάραξη γεωδιαδρομών και την κατασκευή ενός χάρτη απεικόνισής τους.

Ιστορικά, το 1995 η IUGS ξεκίνησε υποστηριζόμενη από την UNESCO το πρόγραμμα Geosites, που αποτέλεσε μια βάση δεδομένων από την καταγραφή πλέον αντιπροσωπευτικών γεωλογικών θέσεων. Αυτό προέκυψε από την ανάγκη να συμπεριληφθούν οι θέσεις γεωλογικού ενδιαφέροντος στον κατάλογο παγκόσμιας φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO, που οδήγησε το 1995 στο πρόγραμμα των γεωτόπων. Σε αυτό, έπειτα από τη δημιουργία ενός γεωλογικού πλαισίου, συγκρίσιμου με άλλων χωρών, σκοπός ήταν η επιλογή

αντιπροσωπευτικών γεωτόπων. (ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ-ΔΡΑΝΔΑΚΗ et al., 2018) Στο νομικό πλαίσιο, οι γεωτόποι ορίζονται ως «οι γεωλογικές - γεωμορφολογικές δομές που συνιστούν φυσικούς σχηματισμούς και αντιπροσωπεύουν σημαντικές στιγμές της γεωλογικής ιστορίας της γης, είναι σημαντικοί μάρτυρες της μακράς εξέλιξης της ή δείχνουν σύγχρονες φυσικές, γεωλογικές διεργασίες που συνεχίζουν να εξελίσσονται στην επιφάνεια της Γης». Επιπρόσθετα, η γεωλογική κληρονομιά ορίζεται σύμφωνα με την UNESCO ως το σύνολο των γεωλογικών θέσεων (γεωτόπων και γεωλογικών μνημείων) που αξίζει να διατηρηθεί για επιστημονικούς, ιστορικούς, πολιτισμικούς, αισθητικούς και διδακτικούς λόγους. Στην Ελλάδα, σε σύγκριση με άλλες περιοχές του πλανήτη, παρουσιάζεται σημαντική γεωποικιλότητα υψηλής επιστημονικής, πολιτιστικής, περιβαλλοντικής και εκπαιδευτικής αξίας. (Παπαθανασόγλου Αντωνίνα, 2017)

Από τότε που ξεκίνησε να λαμβάνει χώρα η έννοια των γεωδιαδρομών στον ελληνικό χώρο, έχουν σχηματιστεί αρκετές γεωδιαδρομές, κάποιες από τις οποίες στηρίζονται αποκλειστικά στη γεωλογία των περιοχών όπου έχουν δημιουργηθεί και δεν περιλαμβάνουν πολιτιστικά και αρχαιολογικά στοιχεία. Ο γεωτουρισμός είναι κλάδος του εναλλακτικού τουρισμού, που πλέον προωθείται παγκοσμίως. Σκοπός του είναι η διαδραστική δημιουργία επαφής των πολιτών με τις θετικές και περιβαλλοντικές επιστήμες, ώστε να ενισχύσει την τοπική οικονομία και να καλλιεργήσει την περιβαλλοντική συνείδηση.

Στη Νήσο Αμμουλιανή δεν υπάρχουν ακόμη γεωλογικά μονοπάτια. Με αυτή την αφορμή μελετήθηκε και χαρτογραφήθηκε το νησί με στόχο τη χάραξη μερικών αντιπροσωπευτικών διαδρομών. Επίσης σε αυτή την εργασία πραγματοποιείται μια προσπάθεια ανάλυσης των πετρωμάτων της περιοχής και των δομών που σχηματίζουν, καθώς παρουσιάζουν αρκετό ενδιαφέρον για την Ιστορική και Τεκτονική γεωλογία. Οι διαδρομές επιλέχθηκαν βάσει αρχικά των τεκτονικών δομών που έγινε προσπάθεια να αναδειχθούν, όπως ρήγματα, πτυχές και παραμορφωτικές δομές με τελικό και καθοριστικό κριτήριο την προσβασιμότητα και των επιφανειακών εμφανίσεων των πετρωμάτων. Μελλοντικά, με περεταίρω μελέτες και τεχνογνωσία μπορούν να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη νέων εργασιών και πόρων για επιστημονικούς τομείς που σχετίζονται με τη γεωλογία και τον τουρισμό. Επιπλέον, η χρήση τους δύναται να συμβάλει στην εκπαίδευση των πολιτών ώστε να γνωρίσουν το αντικείμενο της γεωλογίας, αλλά και στη διεύρυνση των επιστημονικών γνώσεων πάνω στον τομέα. Οι γεωδιαδρομές που προτείνονται είναι τρεις, έχουν αφετηρία τη βορειοανατολική πλευρά του νησιού και καλύπτουν μήκος πορειών από 3,6 Km έως 5,4 Km.

Η συγγραφέας θα ήθελε να ευχαριστήσει θερμά τον επιβλέποντα της διατριβής της, Αναπληρωτή Καθηγητή Αλέξανδρο Χατζηπέτρο για την εμπιστοσύνη που της έδειξε κατά την ανάθεση αυτού του θέματος, όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθειά του. Οι παρατηρήσεις και η παροχή εξοπλισμού για το σκοπό της υπαίθριας έρευνας κρίθηκαν αναγκαίες για τη διεκπεραίωση της εργασίας. Η μετάδοση της πολύχρονης εμπειρίας αυτού του αντικειμένου στη συγγραφέα και ο χρόνος που αφιερώθηκε από τον επιβλέποντα για την ανάλυση της εργασίας, κρίθηκαν καθοριστικοί παράγοντες για τη δημιουργία αυτού του περιεχομένου.

1.1 Περιγραφή αντικειμένου

Η Τεκτονική ή Δομική Γεωλογία μελετάει τις μορφές των τεκτονικών δομών των γεωλογικών σχηματισμών, τον τρόπο της χωρικής τους διάταξης και τις αιτίες που προκάλεσαν τις παραμορφώσεις. Τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη σε μια τεκτονική μελέτη είναι η γεωμετρική περιγραφή των δομών μέσω στατιστικής ανάλυσης. Επίσης μελετάται η δράση και εξέλιξη των τεκτονικών κινήσεων μέσω κινητικής ανάλυσης των δομών και οι δυνάμεις που έδρασαν κατά τη δημιουργία τους μέσω της δυναμικής ανάλυσης. Για αυτή την αξιολόγηση σημαντική είναι η ανάλυση της υφής των πετρωμάτων. Ο όρος «υφή» περιλαμβάνει το σύνολο των τεκτονικών στοιχείων ή δομών του γεωλογικού σώματος, όπως για παράδειγμα ρήγματα,



διακλάσεις, πτυχές και σχιστότητα (Κίλιας, 2009). Στην παρούσα εργασία γίνεται η προσπάθεια εφαρμογής των γνώσεων αυτού του τομέα της Γεωλογίας πάνω στην ανάπτυξη γεωδιαδρομών.

2. ΓΕΝΙΚΑ

2.1 Στόχοι

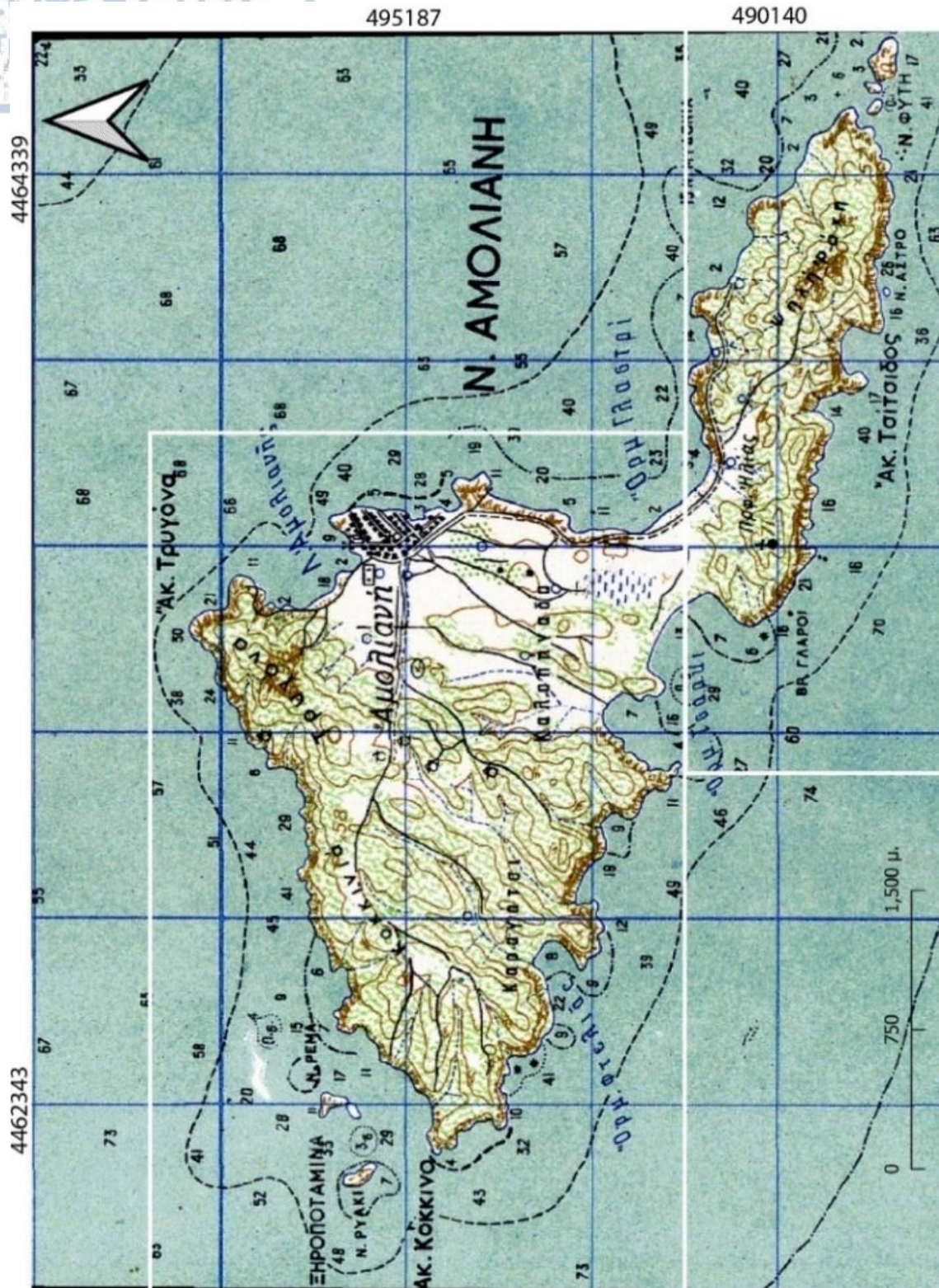
Η παρούσα εργασία αποτελεί πτυχιακή διατριβή που εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για την απόκτηση Προπτυχιακού Διπλώματος. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η γεωλογική επισκόπηση και τεκτονική ανάλυση της ευρύτερης περιοχής της νήσου Αμμουλιανής και η χάραξη γεωδιαδρομών που θα αναδεικνύουν το νησί για τις ιδιαίτερες γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν.

Κατά τα αρχικά στάδια της επί τόπου μελέτης της περιοχής διεκπεραιώθηκε χαρτογράφηση, καταγράφηκαν όλα τα πετρώματα, οι δομές που σχημάτιζαν ανάλογα με τις συνθήκες δημιουργίας τους και οι τεκτονικοί τους δείκτες. Αφού σημειώθηκαν οι τεκτονικές μετρήσεις, το επόμενο στάδιο ήταν να επιλεγθούν οι τοποθεσίες που είχαν μεγαλύτερο επιστημονικό ενδιαφέρον, ήταν πιο προσβάσιμες και οι επιφανειακές εμφανίσεις των πετρωμάτων ήταν διακριτές. Καθώς το νησί έχει αρκετή βλάστηση, συνεχή οικοδόμηση και καλλιέργειες, κυρίως ελαιόδεντρων, πολλές φορές δεν είναι εύκολη η πρόσβαση σε μια τοποθεσία, ή η μετάβαση από έναν γεώτοπο σε έναν άλλο. Για αυτόν τον λόγο επιλέχθηκαν εμφανίσεις σε τομές δρόμων ή τομές που δημιουργήθηκαν λόγω διάβρωσης και αποσάθρωσης. Οι γεωδιαδρομές προέκυψαν βάσει των γεωτόπων που αποφασίστηκε να αναδειχθούν και την προσβασιμότητα μεταξύ τους. Παρόλο που υπήρξε μελέτη όλου του νησιού, έγινε προσπάθεια να χαραχθούν σε προϋπάρχοντα μονοπάτια, με χαμηλή ή καθόλου βλάστηση. Ωστόσο, καθώς ορισμένες γεωλογικές εμφανίσεις στη νότια πλευρά του νησιού είχαν εξαιρετικό ενδιαφέρον, παρόλο των δυσμενών συνθηκών που επικρατούν, προτείνεται η μείωση της βλάστησης τοπικά με σκοπό τη δημιουργία ενός μονοπατιού, σε περίπτωση πρωτοβουλίας αξιοποίησης της παρούσας γεωλογικής πληροφορίας. Παράλληλα, έγινε προσπάθεια να είναι μικρού μήκους και να μην απαιτείται από τους χρήστες ιδιαίτερη φυσική κατάσταση για να τις διασχίσουν.

2.2 Η τοποθεσία

Η Αμμουλιανή ή Αμολιανή είναι ένα μικρό νησί της Χαλκιδικής έκτασης 4,5 τετραγωνικών χιλιομέτρων που τοποθετείται ανάμεσα στη χερσόνησο της Σιθωνίας και τη χερσόνησο του Αγίου Όρους, στον κόλπο του Αγίου Όρους ή Σιγγιτικό. Ανήκει διοικητικά στο δήμο Αριστοτέλη και κατοικείται από 547 μόνιμους κάτοικους, σύμφωνα με την απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ. ΣΤΑΤ.) του 2021. Το νησί, που αποτελούσε μετόχι της Μονής Βατοπεδίου μέχρι το 1925, παραχωρήθηκε σε πρόσφυγες από τη Μικρά Ασία, οι οποίοι διατήρησαν κάποιες από τις κτηριακές εγκαταστάσεις που προϋπήρχαν μέχρι σήμερα. (Συριανός, 2005). Η πλειοψηφία του πληθυσμού κατοικεί στο χωριό «Αμμουλιανή», όμως αρκετά κτήρια κατοικίας παρατηρούνται διάσπαρτα στο νησί. Λόγω της τουριστικής του ανάπτυξης το μεγαλύτερο μέρος του αξιοποιείται οικονομικά, τόσο με τη μορφή επιχειρήσεων, όσο και με την καλλιέργεια της γης. Το νησί απέχει 120 km από τη Θεσσαλονίκη και βρίσκεται 2 Μ (ναυτικά μίλια) νότια της Τρυπητής.

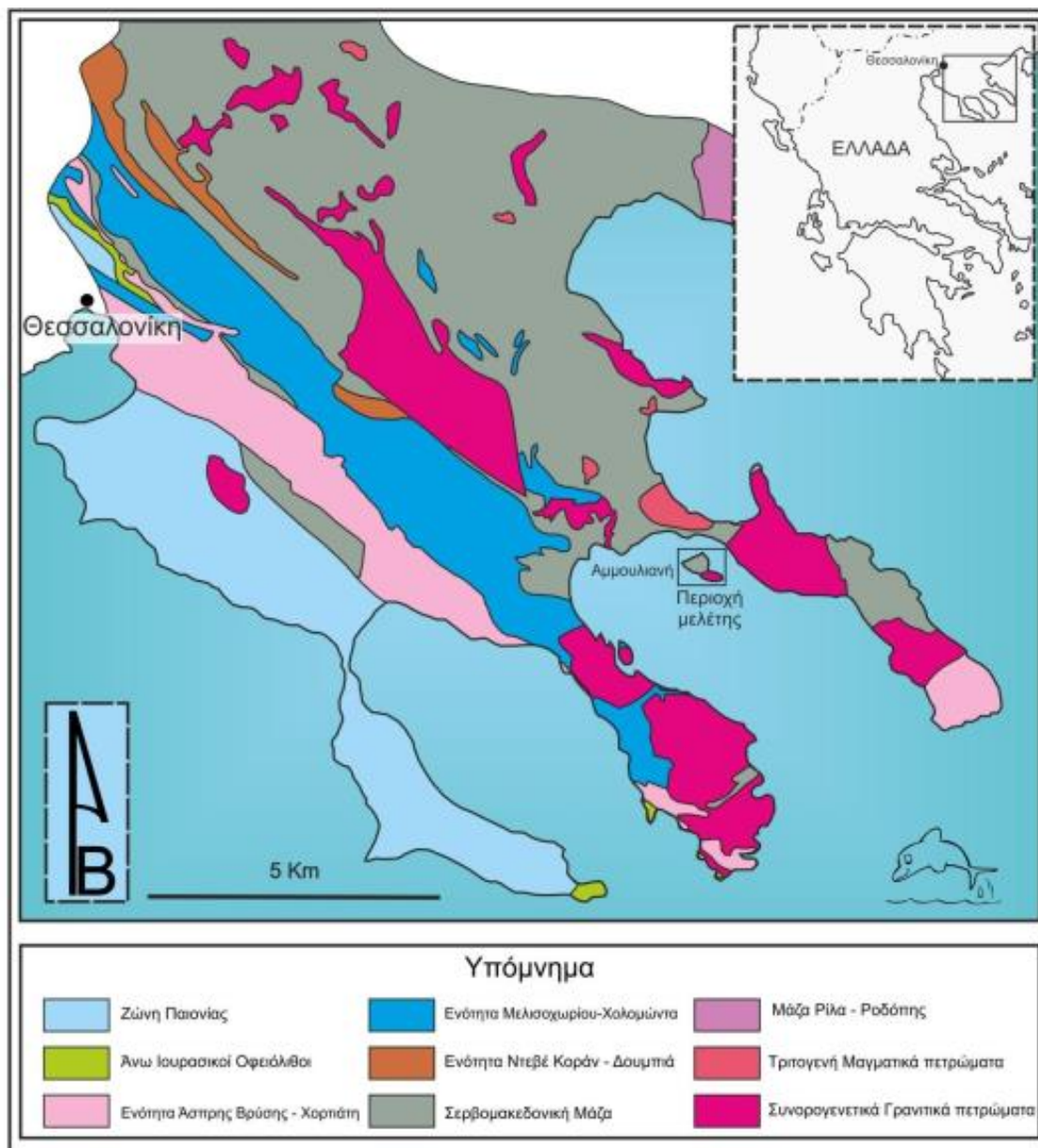
Το νησί διακρίνεται σε δύο τμήματα. Το πρώτο, ως κύριο τμήμα χαρακτηρίζεται από χαμηλό λοφώδες ανάγλυφο και υψόμετρο που ξεκινάει από το επίπεδο της θάλασσας, με υψηλότερο τμήμα της την κορυφή Τρυγόνα, στα 97 m. Σε αυτό το τμήμα αναγνωρίζονται λοφοσειρές με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση. Το δεύτερο και μικρότερο τμήμα της, περιγράφεται από μια επιμήκη λωρίδα-απόληξη ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης που συνιστά το ΝΑ τμήμα του νησιού. Το υψόμετρό του είναι παρόμοιο με του πρώτου, με υψηλότερη κορυφή την Ψηλή Ράχη, στα 98 m. Η σύνδεση των δύο αυτών τμημάτων γίνεται μέσω ενός καθαρά πεδινού τμήματος, το οποίο σποραδικά μετατρέπεται σε λιμνοθάλασσα και μέρος του έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν ως αλυκή, για εξόρυξη άλατος. Η βλάστηση της περιοχής είναι θαμνώδης, και κατά τόπους χαρακτηρίζεται ως πολύ πυκνή θαμνώδης.



Εικόνα 1. Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη της περιοχής, κλίμακας 1:50.000 προερχόμενο από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.). Υποδεικνύονται το βόρειο και το νότιο τμήμα της νήσου Αμμουλιανής.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.1 Γενική γεωλογική διάρθρωση Σερβομακεδονικής Μάζας



Εικόνα 2. Γεωτεκτονικός χάρτης με τις Ζώνες της ευρύτερης περιοχής μελέτης βασισμένος στον Kockel et. al 1977

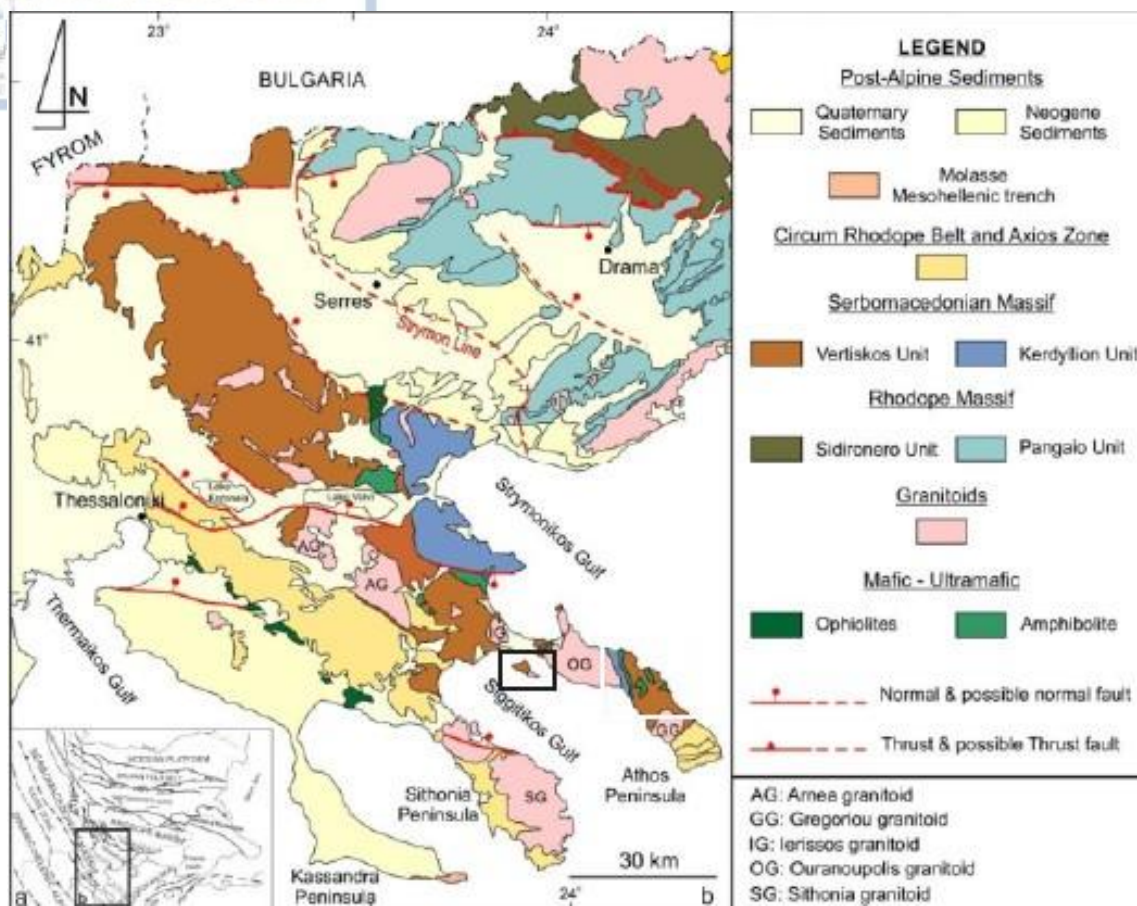
Το Ελληνικό Ορογενές διακρίνεται σε γεωτεκτονικές ζώνες. Μια από αυτές είναι η Σερβομακεδονική Μάζα, στην οποία εντάσσεται η νήσος Αμμουλιανή, η οποία αποτελεί μια στενή επιμήκη λωρίδα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, από το Βελιγράδι έως τη Χερσόνησο της Χαλκιδικής. Συγκεκριμένα, φτάνει τα 300 χιλιόμετρα σε μήκος και τα 30 – 60 χιλιόμετρα σε εύρος.

Αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδες παλαιοζωικό υπόβαθρο, μεταμορφωμένα πετρώματα και γρανιτικά σώματα. Από τον Osswald (1931, 1938) παρατηρήθηκε για πρώτη φορά η διαφορά των πετρωμάτων ανάμεσα σε αυτή και τη Μάζα Ροδόπης. Έπειτα διακρίθηκε στα ανατολικά της το όριο της από τη Μάζα Ροδόπης στη Νεογενή λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα με ρήγματα αποχωρισμού λόγω της εφελκυστικής τεκτονικής που επέδρασε στην

περιοχή κατά το Τριτογενές, και συγκεκριμένα κατά το Μειόκαινο. Σύμφωνα με σύγχρονα μοντέλα λιθοσφαιρικών πλακών, αυτή και η Μάζα Ροδόπης αντιπροσωπεύουν ηπειρωτικό φλοιό, που πιθανολογείται να ανήκει στην Ευρασία. Ως πρόσφατα δεν είναι επιβεβαιωμένη η γεωτεκτονική τους τοποθέτηση στο περιθώριο της Ευρασιατικής Πλάκας καθώς κάποιες θεωρίες υποστηρίζουν ότι αυτές και οι Πελαγονική Ζώνη ανήκαν στον ηπειρωτικό φλοιό της Κιμμερικής Ηπείρου. Από τα δυτικά της περικλείεται από την Περιοδοπική ζώνη. Τα πετρώματα και των δύο ενοτήτων είναι προ-αλπικής ηλικίας κρυσταλλικά, παραμορφωμένα και μεταμορφωμένα.

Αποτελείται από κρυσταλλικά πετρώματα που αρχικά τοποθετήθηκαν στο Προκάμβριο και θεωρήθηκαν ότι είχαν ήδη συγκεντρωθεί, ως ηπειρωτικά τμήματα του φλοιού κατά τη διάρκεια της Αλπικής Ορογενετικής διαδικασίας (Kober 1928, Dimitrievic 1966, 1974). Ωστόσο, από νεότερες μελέτες προτάθηκε ότι αυτές οι κρυσταλλικές ενότητες έχουν υποστεί σημαντική επανεπεξεργασία κατά την Αλπική παραμόρφωση και μεταμόρφωση. Προκύπτει ότι πρέπει να χαρακτηρίζονται ως περίπλοκα συνμεταμορφικά καλύμματα που συσσωρεύτηκαν σε ένα ενεργό Αλπικό περιθώριο, που αργότερα υπέστη έκταση και εκταφή των υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης πετρωμάτων (Neofotistos et al., 2020). Συγκεκριμένα, αποτελείται κυρίως από τοπικά μιγματιτωμένους γνεύσιους (Abbo et al., 2019), αμφιβολίτες, μιγματίτες, μάρμαρα και μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, που κατά τη διάρκεια της Αλπικής Ορογένεσης μεταμορφώθηκαν από την κρητιδική συντεκτονική μεταμόρφωση και στο Τεταρτογενές από πρασινοσχιστολιθική ανάδρομη συντεκτονική μεταμόρφωση (Sakellariou 1989, Papadopoulos & Kiliass, 1985). Τοπικά επίσης έχουν αναγνωριστεί εκλογιτικά υπολείμματα, πιθανά μεσοζωικής ηλικίας.

Οι Ενότητες που αποτελούν τη Σερβομακεδονική Μάζα είναι οι Ενότητες Αρναίας, Πυργαδίκια, Βερτίσκου και Κερδυλίων. (Kockel et al. 1978, Kiliass et al. 1999, Himmerkus et al. 2007). Με βάση το χάρτη των Kockel et al. 1977 (παράρτημα), η περιοχή ενδιαφέροντος αποτελείται από πετρώματα που ανήκουν στην Ενότητα Κερδυλίων και την Ενότητα Βερτίσκου. Ωστόσο, με νεότερες εργασίες, προτάθηκε και μια νέα ενότητα, η Ενότητα Αμμουλιανής, ανάμεσα στις Ενότητες Κερδυλίων και Βερτίσκου (Plougarlis & Tranos, 2015).



Εικόνα 3. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης των α) κύριων γεωτεκτονικών δομών της Βαλκανικής χερσονήσου, συμπεριλαμβανομένων των Διναρίδων-Ελληνίδων και Βαλκανίδων, ως κύριων Αλπικών ορογενετικών ζωνών. Τροποποιημένο από τους Tranos και Lacombe (2014) β) Η Σερβομακεδονική Μάζα και η Μάζα Ροδόπης, τροποποιημένο από τους Kockel et al (1977) και τους (Plougarlis & Tranos, 2015)) Η περιοχή μελέτης επίσης υποδεικνύεται με το μαύρο πλαίσιο.

Σημαντικό χαρακτηριστικό της Σερβομακεδονικής Μάζας είναι η ύπαρξη μεγάλων πυριγενών όγκων, που προέρχονται από διάφορες μαγματικές εκδηλώσεις, και διακρίθηκαν σε τέσσερις κύριες φάσεις μαγματισμού (Kockel et al. 1977): Η πρώτη φάση μαγματισμού είναι βασικής-υπερβασικής σύστασης και θεωρείται προαλπικής ηλικίας. Από τους Dixon και Dimitriadis (1984) θεωρήθηκε ότι τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα, και πιο συγκεκριμένα, οι οφειολιθικές ακολουθίες των περιοχών Θερμά, Βόλβη και Γομάτι, που συχνά βρίσκονται κατά μήκος της επαφής ανάμεσα στην ενότητα Βερτίσκου και την Ενότητα Κερδυλίων, υπονοούν τεκτονική επαφή. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την παρουσία εκτατικής παραμόρφωσης κατά μήκος της προαναφερθείσας επαφής σε γειτονικές περιοχές μελέτης (Sakellariou 1989, Sakellariou και Durr 1993, Himmerkus 2005, Plougarlis και Tranos 2014).

Η δεύτερη μαγματική φάση είναι γρανιτικής σύστασης και συνδέεται με την Ερκούνια ορογένεση κατά το Άνω Παλαιοζωικό. Η Τρίτη φάση μαγματισμού, η οποία οδήγησε στο σχηματισμό μεγάλων γρανιτικών όγκων όπως π.χ. της Αρναίας, θεωρείται σύγχρονη με την κύρια Κιμμερική ορογένεση του Ιουρασικού. Τέλος, η τέταρτη μαγματική φάση έλαβε χώρα κατά το Τριτογενές και αφορά επίσης μεγάλα γρανιτικά σώματα και γενικά όξινες διεισδύσεις.

Ο τριτογενής μαγματισμός εκπροσωπείται από γρανιτικές διεισδύσεις μέσα σε πετρώματα της Σερβομακεδονικής, που υπάρχει σε όλη την περιοχή της Χαλκιδικής, με τους πιο χαρακτηριστικούς τους Ηωκαινικής ηλικίας πλουτωνίτες της Σιθωνίας, της Ιερισσού, της Ουρανούπολης και του Γρηγορίου (Wet et al. 1989, Christofides et al. 1990, Tranos et al. 1993,

Frei 1996). Οι γρανίτες Ουρανούπολης και Γρηγορίου τοποθετούνται στα κρυσταλλικά πετρώματα της περιοχής μελέτης, στα Δυτικά και Ανατολικά αντίστοιχα.

3.2 Ενότητα Κερδυλίων

Είναι η κατώτερη και παλαιότερη ενότητα της Σερβομακεδονικής Μάζας και αποτελείται από μιγματιτικούς γνευσίους, γρανατούχους διμαρμαρυγιακούς γνευσίους, αμφιβολιτωμένους εκλογίτες, μάρμαρα και αμφιβολίτες. Συχνά παρατηρούνται εναλλαγές βιοτιτικών γνευσίων και μαρμάρων σε τρεις ορίζοντες, των οποίων το πάχος μεταβάλλεται κατά θέσεις. Χαρακτηριστικό της Ενότητας είναι οι πολυάριθμες μιγματιτικές και απλιτικές φλέβες, που διατρέχουν τα πετρώματά της.

Η παρουσία βασικών και υπερβασικών τεκτονικών τεμαχίων (Neofotistos et al., 2020), που υποδεικνύει ωκεάνιο φλοιό (Dixon and Dimitriadis, 1984), κυρίως πετρωμάτων της Ενότητας Κερδυλίων, μας επιτρέπει να θεωρήσουμε την Ενότητα Κερδυλίων να έχει στενότερες σχέσεις με ωκεάνιο φλοιό, πιθανά να οφείλεται σε βαθύ υποθαλάσσιο περιβάλλον.

3.3 Ενότητα Βερτίσκου

Είναι η ανώτερη και νεότερη ενότητα, που ενώ ποικίλει λιθολογικά, δεν περιέχει μεγάλου πάχους ορίζοντες μαρμάρων. Αποτελείται κυρίως από γνευσίους, μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, ενώ στους ανώτερους ορίζοντες υπάρχουν ενδιαστρώσεις και φακοί από μεταγάββρους, μεταδιαβάσες και ορθοαμφιβολίτες. Έχει χαμηλότερο βαθμό μεταμόρφωσης από την Ενότητα Κερδυλίων γιατί στην πρώτη παρατηρήθηκε κατά θέσεις η επίδραση πρασινοςχιστολιθικής μεταμόρφωσης.

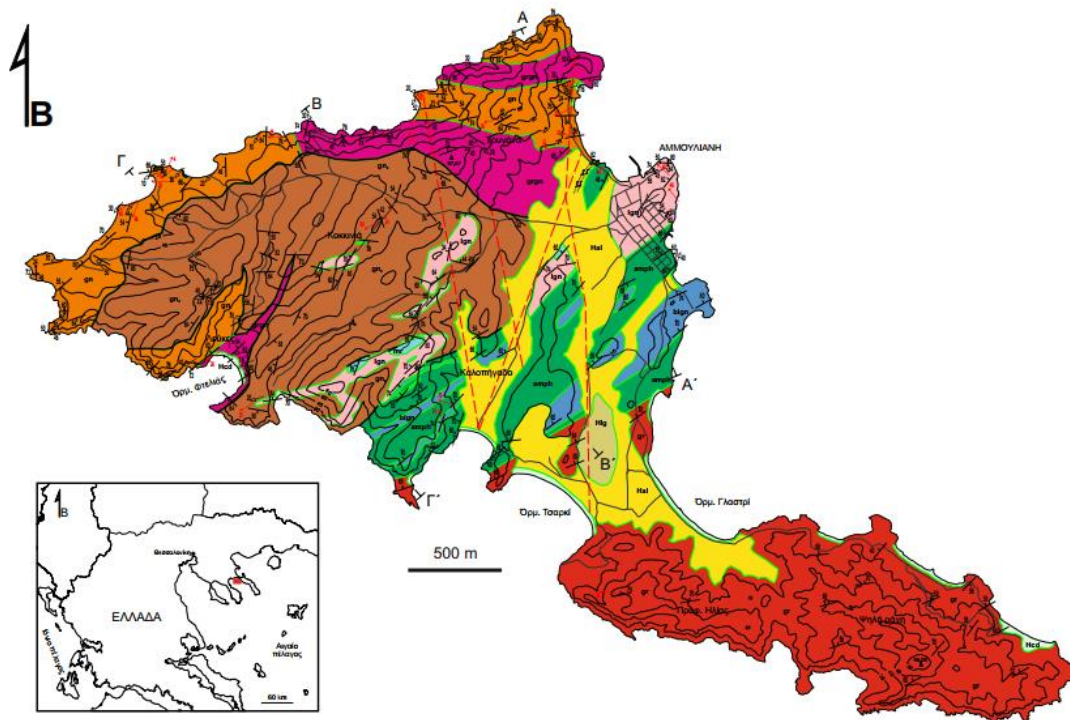
3.4 Συσχέτιση μεταξύ των δύο Ενοτήτων

Οι δύο Ενότητες διακρίθηκαν αρχικά λόγω λιθολογικών διαφορών. Συγκεκριμένα η Ενότητα Βερτίσκου θεωρήθηκε χαμηλότερου βαθμού μεταμόρφωσης, καθώς βρέθηκαν θέσεις με επίδραση πρασινοςχιστολιθικής μεταμόρφωσης. Επίσης η παρεμβολή τεκτονικά σχιστοποιημένων σερπεντινικών σωμάτων χαρακτηρίζει την Ενότητα Βερτίσκου. Αντίθετα, η Ενότητα Κερδυλίων χαρακτηρίστηκε από την έντονη παρουσία μαρμάρων, συχνά σε ορίζοντες μεγάλου πάχους. Μάλιστα, οι Σακελλαρίου και Durr (1993) υποστήριζαν ότι οι διαφορετικοί λιθολογικοί ορίζοντες της Ενότητας Βερτίσκου έρχονται σε επαφή με το ανώτερο μάρμαρο της Ενότητας Κερδυλίων και διαχώρισαν τον Ανώτερο Ορίζοντα Μαρμάρου από την Ενότητα Κερδυλίων σαν μια ανεξάρτητα τεκτονική ενότητα την οποία ονόμασαν Ζώνη Διάτμησης Ανώτερου Μαρμάρου. Οι διαφορές των δύο Ενοτήτων στην ηλικία και τις συνθήκες μεταμόρφωσης δεν είναι ουσιαστικές. Χωρίς αμφισβήτηση όμως παρατηρήθηκε ανάμεσά τους μια τεκτονική επαφή που τις κατέστησε ως δύο τεκτονικές ενότητες της ίδιας κρυσταλλοσχιστώδους μάζας (Μουντράκης 2020).

Από τη μελέτη των Neofotistos et al. (2020) στην περιοχή του Αγίου Όρους, επιβεβαιώθηκε η τεκτονική επαφή μεταξύ των δύο Ενοτήτων και έγινε λόγος για μια τοπική αναστροφή των πετρωμάτων που αντιστοιχούν στις δύο ενότητες κατά την ταυτόχρονη διάτμηση και ισοκλινή πτύχωση που επικράτησε κατά τη διάρκεια της πλαστικής

παραμόρφωσης. Σαν αποτέλεσμα, θεωρήθηκε ότι οι διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι της Ενότητας Βερτίσκου εμφανίστηκαν ανάμεσα στα πετρώματα της Ενότητας Κερδυλίων.

3.5 Γεωλογία Αμμουλιανής



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

ΜΕΤΑΛΠΙΚΑ	
	Ιζήματα
ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ ΕΝΟΤΗΤΑ ΒΕΡΤΙΣΚΟΥ	
	Διμαρμαρυγικός γνεύσιος
ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΜΜΟΥΛΙΑΝΗΣ	
	Χαλαζιοαστριούχος-μοσχοβιτικός βιοτιτικός γνεύσιος
	Γρανιτικός γνεύσιος
ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΕΡΔΥΛΙΩΝ	
	Μάρμαρα
	Βιοτιτικός γνεύσιος
	Αμφιβολίτες
ΜΑΓΜΑΤΙΚΑ	
	Γρανίτης (Ουρανούπολης)
	Λευκογνεύσιος
ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ	
	Γεωλογική επαφή - όριο
	Ανώμαλη τεκτονική επαφή

Εικόνα 4. Γεωλογικός χάρτης της Αμμουλιανής (Plougarlis & Tranos, 2015)

Οι γεωλογικοί χάρτες που έχουν δημοσιευτεί και περιλαμβάνουν τη νήσο Αμμουλιανή είναι: (1) Γεωλογικός χάρτης της χερσονήσου της Χαλκίδικης και των γειτονικών περιοχών,

κλίμακας 1:100000 (Kockel et al., 1977), (2) Γεωλογικός χάρτης- φύλλο Ιερισσός, κλίμακας 1:50000 (Kockel et al. 1978). (3) Γεωλογικός χάρτης της νήσου Αμμουλιανής, κλίμακας 1:10000 (Plougarlis & Tranos, 2015), (4) Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1:500.000 (ΓΓΜΕ). Η περιοχή χαρτογράφησης δομείται από προαλπικά πετρώματα τα οποία χαρακτηρίζονται από γενική ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνση ανάπτυξης και γενικά ενδιάμεσες έως μεγάλες γωνίες κλίσης, κυρίως προς τα ΒΒΔ. Το Βόρειο τμήμα της Αμμουλιανής χαρακτηρίζεται από την Ενότητα Κερδυλίων και την Ενότητα Βερτίσκου κατά τους Kockel 1978, ενώ κατά τους Plougarlis & Tranos (2015) περιλαμβάνεται μια ακόμη ενότητα, που ονομάζεται Ενότητα Αμμουλιανής. Το Νότιο τμήμα της νήσου αποτελείται από το Γρανίτη Αμμουλιανής, που είναι γρανίτης τύπου Σιθωνιάς/ Ουρανούπολης (Ραπαρανίου, 2021).

Σύμφωνα με το νεότερο λεπτομερές γεωλογικό χάρτη του Πλούγαρη (2015), που αναφέρεται στην Εικόνα 4, κατά τη δημιουργία του οποίου τα πετρώματα μελετήθηκαν μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, προκύπτουν οι ακόλουθες γεωλογικές χαρτογραφικές μονάδες όπως ο ίδιος τις παρέθεσε (Plougarlis & Tranos, 2015) στο χάρτη κλίμακας 1:10000, **από τις βαθύτερες προς τις ανώτερες:**

Ενότητα Κερδυλίων

I. **Αμφιβολίτες-κεροστιλβικοί γενεύσιοι (amph):** Πράσινοι, έως τεφροπράσινοι, ταινιωτοί με ινοβλαστικό ιστό, ηλικίας παλαιοζωικού ή παλαιότεροι. Αποτελούνται από κεροστίλβη, επίδοτο, χαλαζία, πλαγιόκλαστα και βιοτίτη. Το επίδοτο μακροσκοπικά συναντάται σε φακοειδή σώματα- συσσωματώματα. Από την ανάλυση μικροσκοπικών παρατηρήσεων για τη χαρτογραφική μονάδα αμφιβολιτών- κεροστιλβικών γενευσίων προέκυψε η παραγένεση: κεροστίλβη, πλαγιόκλαστο, επίδοτο, ζοϊσίτης, χαλαζίας, γρανάτης, ρουτίλιο με τιτανίτη, βιοτίτης, απατίτης και χλωρίτης.

II. **Βιοτιτικοί γενεύσιοι (bign):** Σκουρότεφροι, τεφροί έως σκούροι καστανοί μονότονοι γενεύσιοι με λεπιδοβλαστικό ιστό και κατά περιπτώσεις γρανοβλαστικό ιστό, ηλικίας Παλαιοζωικού ή παλαιότεροι. Μακροσκοπικά διακρίθηκαν τα ορυκτά: βιοτίτης, γρανάτης και σερίκίτης λόγω ανάδρομης μεταμόρφωσης. Από τις μικροσκοπικές παρατηρήσεις προέκυψε η παραγένεση: χαλαζίας, λευκός μαρμαρυγίας, πλαγιόκλαστα, βιοτίτης, επίδοτο, γρανάτης, απατίτης, άστριοι και ζirkόνιο.

III. **Μάρμαρα (mr):** Κυρίως μεσόκοκκα έως αδρόκοκκα, λευκού έως γαλαζωπού χρώματος ηλικίας Παλαιοζωικού ή παλαιότερα. Αποτελούνται από ασβεστίτη, μικρό ποσοστό χαλαζία, λευκό μαρμαρυγία και χλωρίτη.

Ενότητα Αμμουλιανής

IV. **Ανατηξίτες-γρανιτικοί γενεύσιοι (grgn):** Λευκοκρατικοί (λευκοί, τεφρόλευκοι) φυλλώδεις γρανιτικοί γενεύσιοι με γρανοβλαστικό ιστό, ηλικίας Παλαιοζωικού ή Μεσοζωικού. Αποτελούνται από χαλαζία, αστρίους ± βιοτίτη ± μοσχοβίτη. Κατά θέσεις εμφανίζουν ανατηκτικά φαινόμενα. Συχνά μεταπίπτουν σε οφθαλμογενεύσιο.

V. **Χαλαζιοαστριούχοι-μοσχοβιτικοί-βιοτιτικοί (-γρανιτούχοι) γενεύσιοι (gn):** Λευκοκρατικοί (μπεζόχρωμοι) γενεύσιοι με γρανοβλαστικό ιστό Μεσοζωικού ή Παλαιοζωικού. Ορυκτολογικά αποτελούνται από χαλαζία, αστρίους, μοσχοβίτη, βιοτίτη και γρανάτη. Οι γρανάτες εμφανίζονται σε συγκεκριμένους ορίζοντες, η έκταση των οποίων κυμαίνεται από λίγα εκατοστά έως λίγα μέτρα και όχι στη συνολική έκταση του σχηματισμού. Ακόμα, στη χαρτογραφική αυτή μονάδα άφθονες είναι οι χαλαζιακές φλέβες πάχους από λίγα εκατοστά μέχρι και 2 μέτρα. Κατά θέσεις οι παραπάνω γενεύσιοι αποκτούν τη χαρακτηριστική εικόνα οφθαλμοειδών γενευσίων με το χαλαζιοαστριούχο υλικό να σχηματίζει ταινίες με πορφυροβλάστες μεγέθους μερικών εκατοστών τύπου σ- ή δ- κλαστών, ενώ συχνές είναι οι

παρεμβολές από φακοειδή σώματα (boudins) ή ταινίες μελανοκρατικών γνευσίων που μπορούν να περιγραφούν πετρογραφικά ως βιοτιτικοί γνεύσιοι. Τα παραπάνω πετρώματα, δηλαδή, τόσο οι λευκοκρατικοί γνεύσιοι όσο και οι μελανοκρατικοί γνεύσιοι συνιστούν ένα σύνολο που τεκτονικά χαρακτηρίζεται ως μυλωνίτης, αποτέλεσμα μιας ισχυρής διάτμησης και σύγχρονης μεταμορφικής διαφοροποίησης λόγω μερικής ανάτηξης.

Ενότητα Βερτίσκου

VI. Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι (gn₂): Καστανοί, ανοικτοκάστανοι, μονότονοι γνεύσιοι ηλικίας Παλαιοζωικού ή παλαιότεροι. Ο ιστός τους χαρακτηρίζεται ως λεπιδοβλαστικός και ορυκτολογικά αποτελείται από μοσχοβίτη, βιοτίτη, χαλαζία και αστρίους.

Μαγματικά

VII. Πλαγιокλαστικός- μικροκλινικός γνεύσιος (Ign): Υπόλευκος, ροδόχρωμος, μεσόκοκκος έως πηγματιτικός, ηλικίας πιθανά Μεσοζωικού. Από μικροσκοπικές παρατηρήσεις προέκυψε η παραγένεση: χαλαζίας, μοσχοβίτης, αλλανίτης, Κ-άστριοι, πλαγιόκλαστα με σερικιτίωση, επίδοτο (ζοισίτης- κλινοζοισίτης), απατίτης και ζιρκόνιο. Ο ιστός είναι λεπιδογρανοβλαστικός.

VIII. Γρανίτης (Ουρανούπολης) (gr): Μεσόκοκκος έως αδρόκοκκος, υπόλευκου χρώματος. Αποτελείται από χαλαζία, αστρίους, βιοτίτη και μοσχοβίτη. Διατέμνεται από πηγματιτικές και χαλαζιακές φλέβες. Θεωρείται τμήμα του Ηωκαινικού γρανίτη της Ουρανούπολης και της Σιθωνίας.

Μεταλικά ιζήματα

IX. Ιζήματα παράκτιων λιμνών και λιμνοθαλασσών (Hlg): Ανοιχτόχρωμες λεπτόκοκκες γενικά αποθέσεις, μη διαχωρισθείσες, ηλικίας Ολοκαίνου.

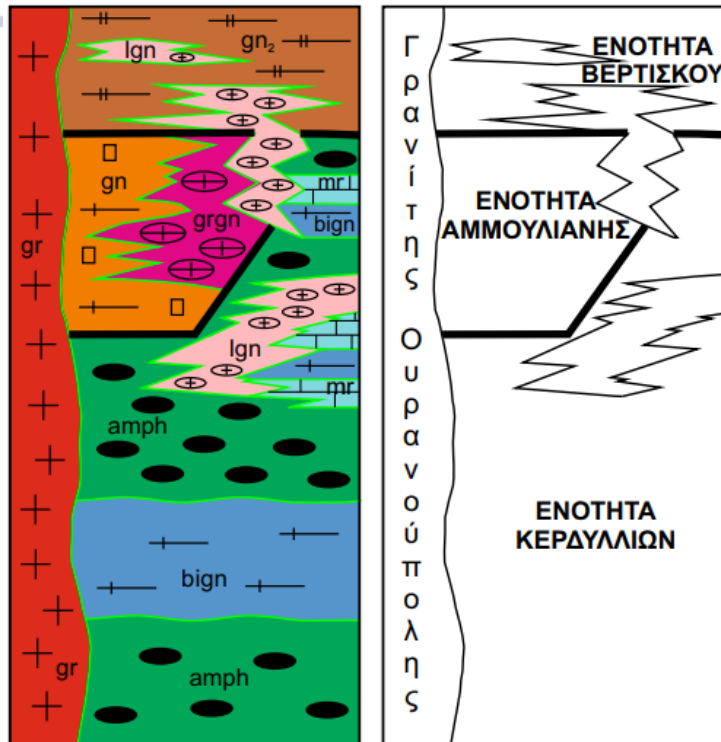
X. Παράκτιες αποθέσεις (Hcd): Κυρίως ανοιχτόχρωμες λεπτόκοκκες, μεσόκοκκες άμμοι, ηλικίας Ολοκαίνου.

XI. Σύγχρονες χαλαρές αποθέσεις (Hal): Ανοιχτόχρωμες άμμοι, χαλίκια και κροκάλες, ηλικίας Ολοκαίνου.

3.6 Λιθοστρωματογραφική Στήλη

Οι επιμέρους ενότητες και οι σχέσεις μεταξύ τους φαίνονται στη λιθοστρωματογραφική στήλη της Εικόνας 5, όπου φαίνονται τα πετρώματα και οι Ενότητες στις οποίες ανήκουν. Η Ενότητα Κερδυλίων αποτελεί την κατώτερη ενότητα με αμφιβολίες και βιοτιτικούς γνευσίους σε σταδιακή μετάβαση και εναλλαγές μεταξύ τους και φακούς μαρμάρων να παρεμβάλλονται στα ανώτερα τμήματά της. Με τεκτονική επαφή την ακολουθεί ρηχότερα η Ενότητα Αμμουλιανής με χαλαζιοαστριούχους-μοσχοβιτικούς-βιοτιτικούς γνευσίους και γρανιτικούς γνευσίους. Τέλος, σε τεκτονική επαφή με αυτή έρχεται η Ενότητα Βερτίσκου. Μέσα σε αυτές τις προαναφερθείσες χαρτογραφικές μονάδες παρεμβάλλεται με τη μορφή διεισδύσεων ο πλαγιокλαστικός- μικροκλινικός γνεύσιος (λευκογνεύσιος). Κλείνοντας, η διείσδυση του Ηωκαινικού γρανίτη επηρεάζει όλους τους σχηματισμούς της περιοχής μελέτης.

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ



Εικόνα 5. Λιθοστρωματογραφική στήλη Αμμουλιανής (Plougarlis & Tranos, 2015). amph: αμφιβολίτες, bign: βιοιτιτικός γνεύσιος, mr: μάρμαρο, gn: χαλαζιοαστριούχος μοσχοβιτικός βιοιτιτικός γκρανατούχος γνεύσιος, grgn: γκρανατούχος γνεύσιος, gn2: διμαρμαρυγιακός γνεύσιος, lgn: λευκογνεύσιος, gr: γρανίτης Ουρανούπολης.

4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

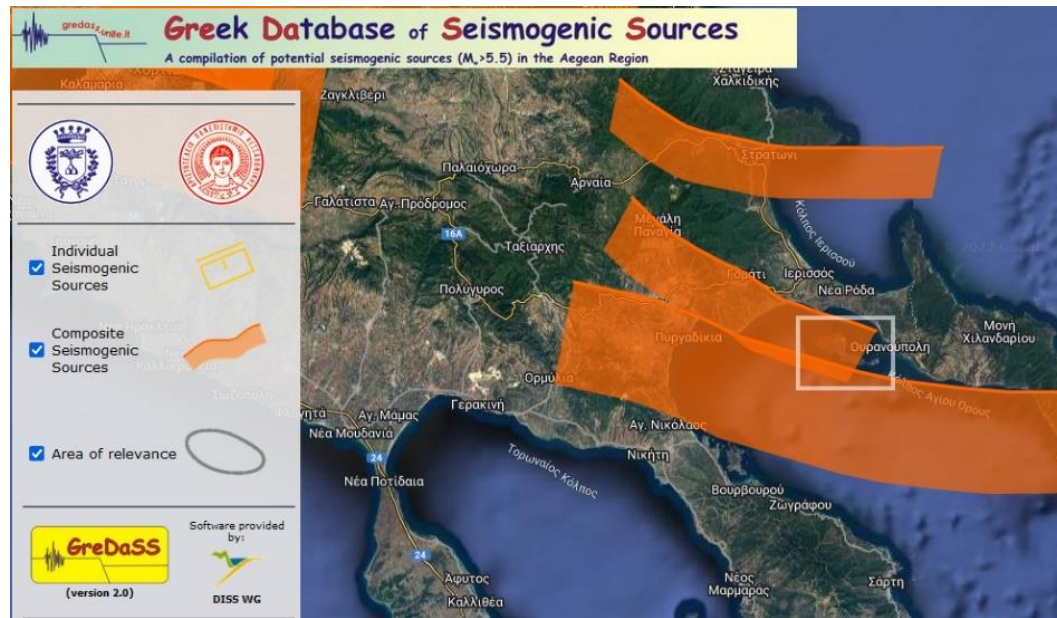
4.1. Γενικά στοιχεία για την Τεκτονική και την παραμόρφωση της περιοχής

Κατά την Ερκύνια ορογενετική περίοδο πριν 300 Ma, στο Άνω Παλαιοζωικό, τοποθετείται η πρώτη τεκτονική δράση στην περιοχή, που αντιπροσωπεύεται από τη δημιουργία ισοκλινών συμμεταμορφικών πτυχών, με διεύθυνση και βύθιση των αξόνων τους στα βόρεια. Η δεύτερη ορογενετική περίοδος πραγματοποιήθηκε κατά το Ιουρασικό, παράλληλα με την αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωσης, με χαρακτηριστικές συμμεταμορφικές ισοκλινείς πτυχές με άξονες ΒΔ-ΝΑ. Συνθήκες μεταμόρφωσης πρασινοσχιστολιθικής φάσης, συνοδευόμενες από κλειστές, υποϊσοκλινείς πτυχές τοποθετήθηκαν χρονολογικά στο Άνω Ιουρασικό- Κατώτερο Κρητιδικό (Μουντράκης 2010). Οι Τριτογενείς Αλπικές φάσεις πτυχώσεων ξεκίνησαν μετά το τέλος του Κρητιδικού, λόγω συμπιεστικής τεκτονικής από την τελική ηπειρωτική σύγκρουση της Απουλίας πλάκας με την Ευρασιατική πλάκα. Από τη σύγκρουση αυτή, στο δυτικό περιθώριο της ζώνης σχηματίστηκαν λεπιώσεις των στρωμάτων. Κατά το τέλος των τριτογενών παραμορφώσεων δημιουργήθηκαν επίσης ανοιχτές και τύπου knick πτυχές.

Από το Άνω Κρητιδικό ως το Νεογενές-Τριτογενές, πλαστική εκτατική τεκτονική λειτούργησε στα μεταμορφωμένα πετρώματα της περιοχής. Αναλυτικότερα, μια υποοριζόντια έκταση του φλοιού διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ, προκάλεσε μια κυρίαρχη πλαστική υφή των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, με σχιστότητα και γράμμωση έκτασης ίδιας διεύθυνσης. Κατά το Τριτογενές, η εκτατική τεκτονική συνεχίστηκε ως ημιπλαστική, χαρακτηριζόμενη από μικρής γωνίας κλίσης πυκνές ζώνες διάτμησης κανονικής κίνησης προς τα ΝΔ και τα ΒΑ. Η

σχιστότητα και η γράμμωση που συνδέεται με αυτή την τεκτονική έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Κατά το Μειόκαινο-Πλειόκαινο, η παραμόρφωση λόγω εφελκυσμού δημιούργησε θραυστιγενείς συνθήκες, έχοντας ως αποτέλεσμα κανονικά ρήγματα μεγάλων και μεσαίων κλίσεων.

4.2. Ρήγματα ευρύτερης περιοχής



Εικόνα 6. Χάρτης του Google Earth με τα στοιχεία των ενεργών ρηγμάτων της περιοχής, σύμφωνα με την Greek Database of Seismogenic Sources. (R. Caputo & S. Pavlides)

Η ευρύτερη περιοχή της Αμμουλιανής, σύμφωνα με την Εικόνα 6, παρουσιάζει δύο σύνθετες σεισμογενείς πηγές. Το κανονικό ρήγμα του Γοματίου απέχει περίπου 1.1 km από τη βόρεια πλευρά του νησιού, έχει μήκος 25 km, και το πλαγιοκανονικό ρήγμα του Σιγγιτικού Κόλπου, που απέχει περίπου 700 m από τη νότια πλευρά του νησιού και έχει μήκος 60 km. Επίσης, σύμφωνα με τον πρόσφατο γεωλογικό χάρτη του νησιού (Plougarlis & Tranos, 2015), υπάρχουν δομές που έχουν χαρακτηριστεί από οριζόντιας μετατόπισης ως πλαγιοανάστροφες και η συμπίεση που προσδιορίζουν είναι διεύθυνσης Β-Ν. Επίσης, πάνω στα γρανιτικά σώματα, στο νότιο τμήμα του νησιού, οι μελετητές διέκριναν μια ομάδα κανονικών ρηγμάτων παράταξης ΝΔ-ΒΑ και μια ομάδα ίδιου τύπου παράταξης ΝΑ-ΒΔ, τα οποία έχουν αποτυπωθεί στο χάρτη αλλά δεν αναφέρονται στην εργασία. Τα ρήγματα αυτά εντοπίστηκαν και επιβεβαιώθηκαν από υπαίθρια έρευνα της παρούσας εργασίας.

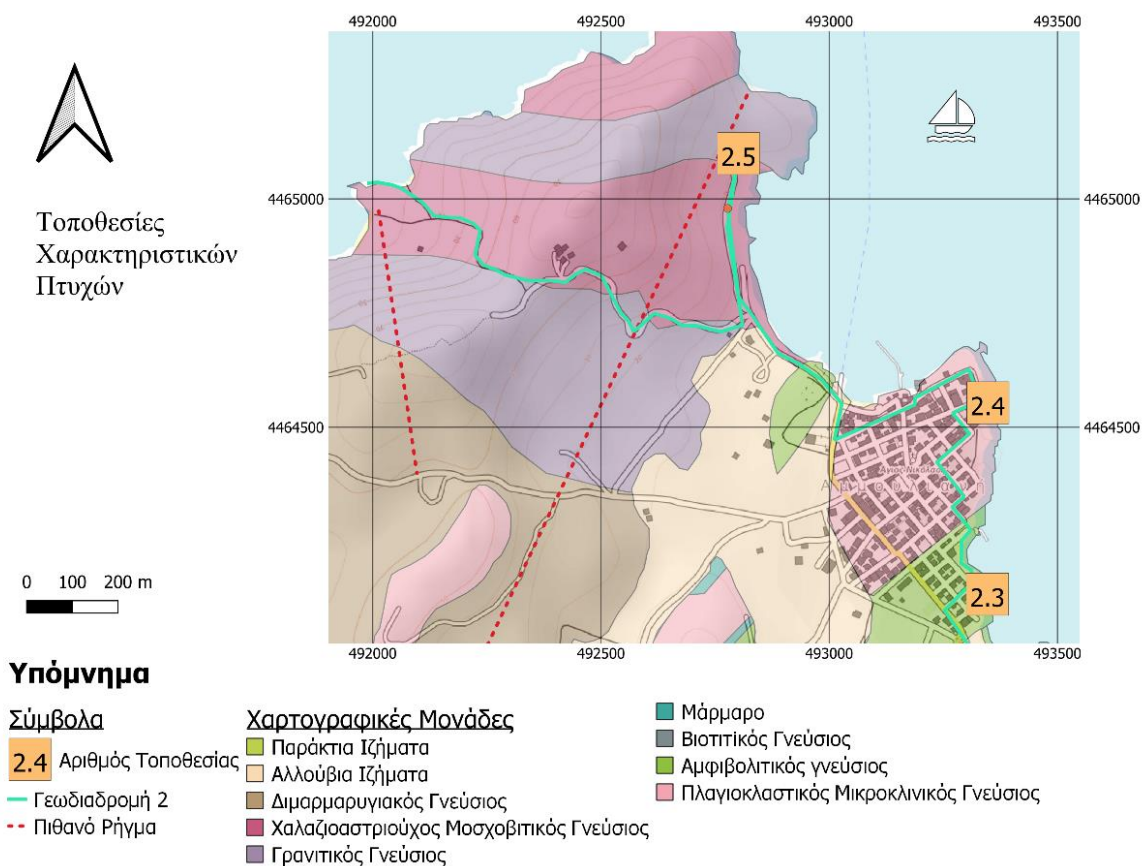
4.3. Φύλλωση

Κατά την γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής (Plougarlis & Tranos, 2015) μελετήθηκε η φύλλωση των πετρωμάτων του νησιού. Προέκυψε ότι τα πετρώματα της Ενότητας Κερδυλίων είχαν δύο φυλλώσεις, με την S1 να έχει μεγάλη γωνία κλίσης (63°) και κατεύθυνση προς τα ΒΔ και την S2 μεγάλη γωνία κλίσης προς τα ΒΒΔ. Στα πετρώματα της Ενότητας Αμμουλιανής η S1 φύλλωση παρουσιάστηκε πτυχωμένη με δύο προσανατολισμούς μεγάλων γωνιών κλίσεων 70° και 60° και κατευθύνσεις ΒΔ και ΝΔ αντίστοιχα. Επίσης, η S2 φύλλωση αποτελεί αξονική επιφάνεια των F1 πτυχών που μελετήθηκαν στην περιοχή. Στην Ενότητα Βερτίσκου η S1 φύλλωση παρότι πτυχωμένη έχει γωνίες κλίσεις 63° και στους δύο προσανατολισμούς, αλλά κατεύθυνση ΒΔ στον ένα και ΝΝΔ στον άλλο, ενώ η S2 είναι παρακατακόρυφη. Τέλος, η μελέτη αναφέρει για το γρανίτη της Ουρανούπολης μια φύλλωση

FL1 μεγάλης γωνίας κλίσης (60°) και ΒΒΔ κατεύθυνσης. Με τα στερεοδιαγράμματα που δημιουργήθηκαν στην παρούσα εργασία επιβεβαιώθηκαν αυτά τα στοιχεία.

4.4. Πτυχογόνος τεκτονική

Στην προαναφερόμενη εργασία (Plougarlis & Tranos, 2015) μελετήθηκαν τέσσερα είδη πτυχών. Οι πρώτες είναι οι F0 που χαρακτηρίζονται ως ισοκλινείς, ενδοφυλλώδεις και αποκομμένες. Έπειτα, οι F1 και επικρατέστερες σε όλη την έκταση του νησιού χαρακτηρίστηκαν ως ισοκλινείς, σφιχτές, ελαφρά βυθιζόμενες με άξονα 20 ως 25 βυθιζόμενο προς τα Δ και σχεδόν ορθές. Οι F2 χαρακτηρίστηκαν ως κλειστές, με βύθιση των αξόνων προς τα Δυτικά. Τέλος, οι F3 χαρακτηρίστηκαν ως ανοικτές, chevron-kink τύπου. Όλοι οι τύποι των πτυχών αυτών εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια της υπαίθριας μελέτης για τους σκοπούς αυτής της εργασίας. Ο παρακάτω χάρτης δημιουργήθηκε με το σκοπό να αναφερθούν οι τοποθεσίες που παρατίθενται στις ακολουθούμενες φωτογραφίες σχετικά με παραδείγματα των πτυχών, που γίνεται λόγος σε αυτή την παράγραφο.



Εικόνα 7. Χάρτης που δημιουργήθηκε στο QGIS (Quantum Geographical Information System) για προβολή των τοποθεσιών των πτυχών που αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο.





Εικόνα 9. Πτυχή τύπου F2 στην τοποθεσία 2.4



Εικόνα 10. F3 πτυχή που εντοπίστηκε στην περιοχή 2.3

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής:

5.1 Συλλογή βιβλιογραφίας

Συλλέχθηκε προϋπάρχον υλικό μελετών και εργασιών της νήσου και της ευρύτερης περιοχής, κατανοήθηκε η γενική τους γεωλογία και συγκρίθηκαν οι παλαιότεροι γεωλογικοί χάρτες του νησιού. Επίσης, για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας δημιουργήθηκε ο τοπογραφικός χάρτης 1:12000 της περιοχής προερχόμενος από το Φύλλο Ιερισσός (1:50.000) της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού με τη χρήση Quantum Geographical Information System (QGIS).

5.2 Περιγραφή της μεθοδολογίας υπαίθρου

Κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος πραγματοποιήθηκε λεπτομερής γεωλογική μελέτη και επιβεβαιώθηκαν τα στοιχεία των προηγούμενων επιστημόνων που μελέτησαν το νησί. Με γνώμονα τον πιο πρόσφατο χάρτη κλίμακας 1:10.000 (Plougarlis & Tranos, 2015), τις γεωλογικές τομές σε ίδια κλίμακα, και την προσβασιμότητα, λήφθηκαν αποφάσεις για πιθανές γεωδιαδρομές που θα μπορούσαν να χαραχθούν. Στο συγκεκριμένο βήμα χρησιμοποιήθηκαν γεωλογική πυξίδα, κινητό τηλέφωνο για τη λήψη φωτογραφιών και συντεταγμένων, γεωλογικό σφυρί, υδροχλωρικό οξύ και ο τοπογραφικός χάρτης του νησιού.

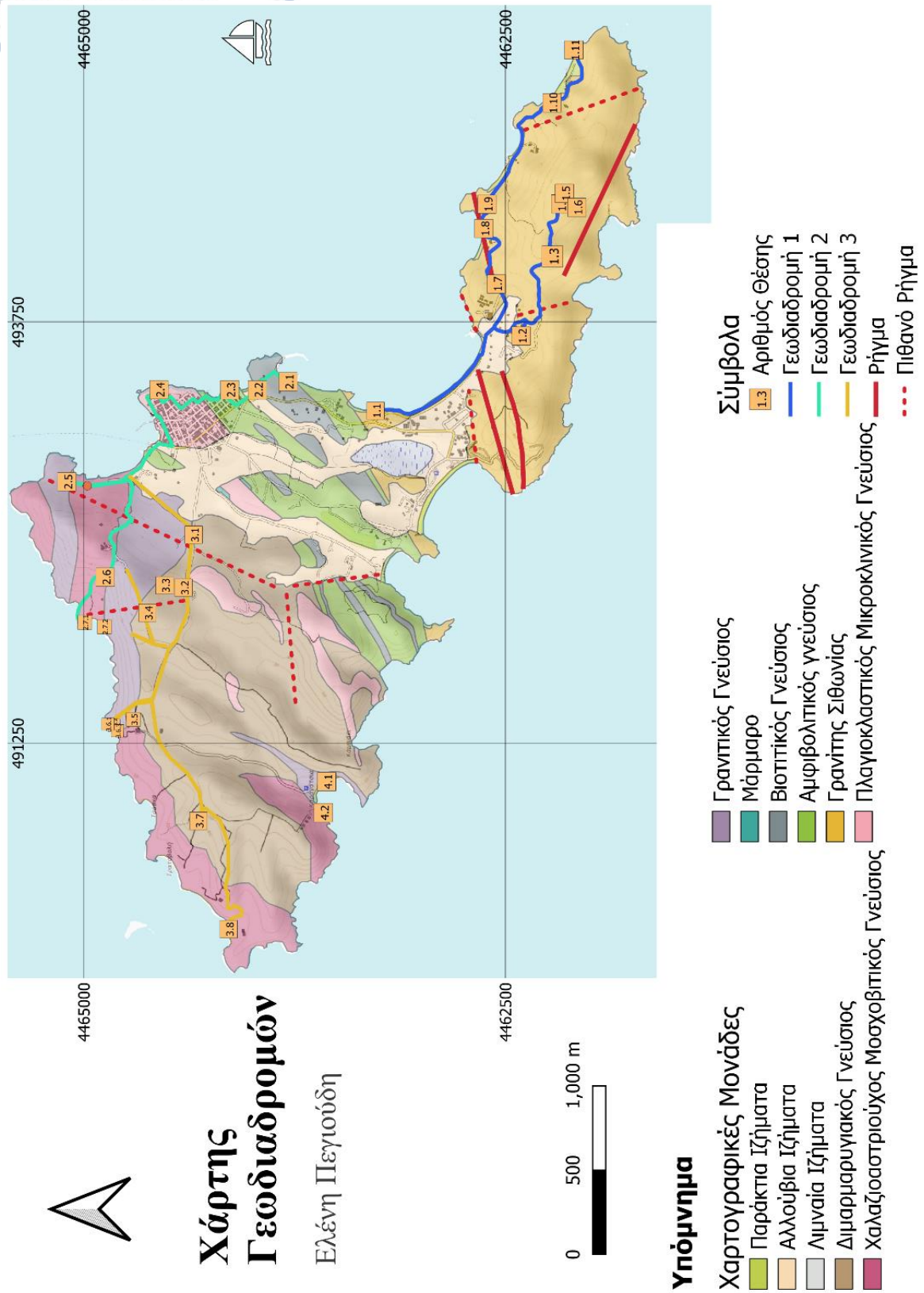
5.3 Τεκτονικές μετρήσεις

Οι τεκτονικές μετρήσεις που έγιναν με τη χρήση πυξίδας CLAR και εφαρμόστηκαν με σκοπό τον προσδιορισμό της φύλλωσης των πετρωμάτων, της σχιστότητας, διακλάσεις που παρατηρήθηκαν, πτέρυγες πτυχών και άξονες πτυχών.

5.4 Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε και σχετική αιτιολόγηση

Στο επόμενο βήμα έγινε η ανάλυση των δεδομένων στον υπολογιστή με κατάλληλο λογισμικό. Για την εξαγωγή κάποιων από τα ψηφιακά εργαλεία της εργασίας έγινε χρήση του προγράμματος Global Mapper όπου εξήχθει ψηφιακός τοπογραφικός χάρτης της περιοχής και δημιουργήθηκε Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο (DEM). Θεμελιώδη λειτουργία είχε το QGIS καθώς μέσω αυτού τροποποιήθηκαν οι ήδη υπάρχοντες χάρτες της περιοχής, τοπογραφικοί και γεωλογικοί και δημιουργήθηκε ο τελικός χάρτης. Επίσης με τη χρήση του Stereonet 2020 δημιουργήθηκαν στερεοδιαγράμματα βάσει των μετρήσεων που πάρθηκαν στην ύπαιθρο με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας. Επίσης, το Google Earth έπαιξε σημαντικό ρόλο, καθώς σε αυτό έγινε η μεταφορά όλων των δεδομένων με τη χρήση pin από τις τοποθεσίες που μελετήθηκαν, η χάραξη των πιθανών διαδρομών και παραγωγή δεδομένων. Αποφασίστηκε ο τρόπος πρόσβασης για τα σημεία που εμφάνισαν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον που περάστηκαν αργότερα στο πρόγραμμα QGIS, όπου δημιουργήθηκε ο χάρτης. Χρησιμοποιήθηκαν οι εφαρμογές του περιβάλλοντος Office για τη συγγραφή και την τελική διαμόρφωση της εργασίας.

6. ΓΕΩΔΙΑΔΡΟΜΕΣ

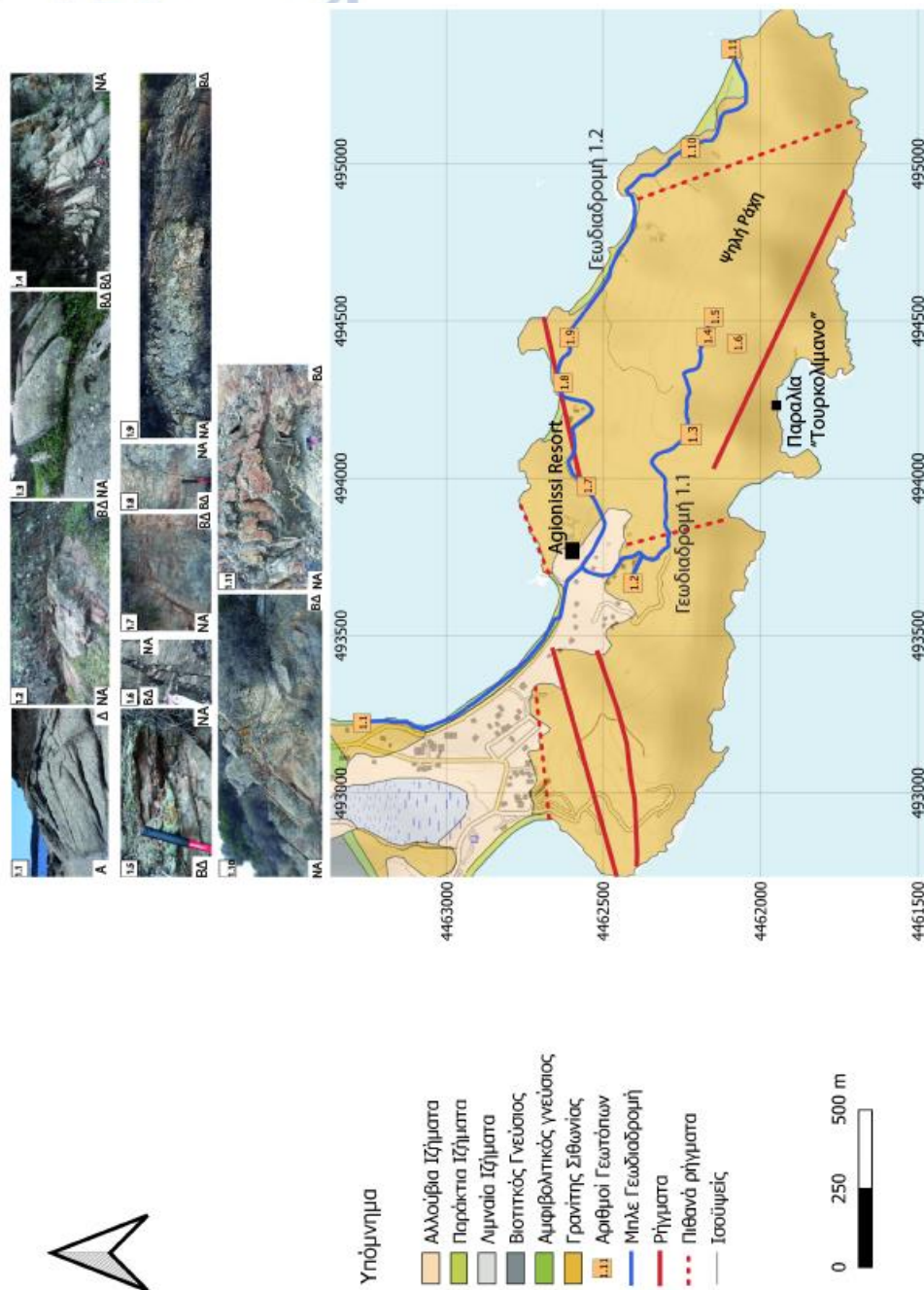


Εικόνα 11. Γεωλογικός χάρτης 1:26000 με τις γεωλογικές διαδρομές που αναφέρονται στην εργασία.

6.1 Εισαγωγή

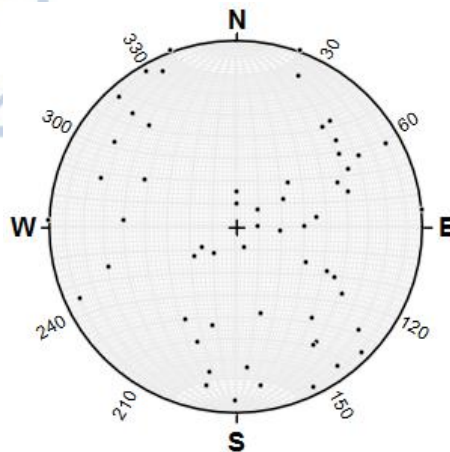
Κατά την εκπόνηση της εργασίας επιλέχθηκαν για παρουσίαση τρεις γεωδιαδρομές. Ο σκοπός ήταν να καλυφθεί η γεωλογία όλου του νησιού, ενώ παράλληλα στόχος ήταν η ευκολία πρόσβασης του επισκέπτη σε ήδη υπάρχοντες δρόμους. Όλες οι ονομασίες των πετρωμάτων που αναφέρονται σε κάθε περιοχή στηρίζονται στον ήδη υπάρχοντα γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:10000 (Plougarlis & Tranos, 2015). Για να δημιουργηθούν έγινε προσπάθεια κατηγοριοποίησης των γεωτόπων ανάλογα με τη γεωλογία που αναδείκνυν. Συγκεκριμένα, η Γεωδιαδρομή 1 επικεντρώνεται στις διεισδύσεις του γρανίτη τύπου Σιθωνίας στο περιβάλλον πέτρωμα. Η Γεωδιαδρομή 2 αναφέρεται στους γνευσίους της Ενότητας Κερδυλίων και της Ενότητας Αμμουλιανής. Η Γεωδιαδρομή 3 εστιάζει στο διμαρμαρυγικό γνεύσιο της Ενότητας Βερτίσκου, όμως έχουν επιλεγεί για αυτήν γεωτοποι της Ενότητας Αμμουλιανής, ώστε να επιτευχθεί μια σύγκριση των δύο τύπων λιθολογίας και των χαρακτηριστικών τους. Επιπρόσθετα, ως Γεωδιαδρομή 4 έχουν επιλεγεί δύο θέσεις τεκτονικού ενδιαφέροντος της Ενότητας Αμμουλιανής στην παραλία Καραγάτσια. Στην εργασία αναφέρονται όλα τα πετρώματα που έχουν αποτυπωθεί στο γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:10000, εκτός από τα μάρμαρα της Ενότητας Κερδυλίων, που είχαν περιορισμένη επιφανειακή εμφάνιση σε περιοχές που βρίσκονται αυτή τη στιγμή υπό οικοδόμηση. Η πρώτη διαδρομή έχει μήκος 4,4 km περίπου με μια διακλάδωση που η βόρεια πλευρά της φτάνει τα 24 m υψόμετρο και η νότια πλευρά της τα 74 m υψόμετρο. Επίσης η 2^η διαδρομή έχει μήκος 3,6 km περίπου ενώ η 3^η διαδρομή έχει μήκος 5,4 km περίπου.

6.2 Γεωδιαδρομή 1



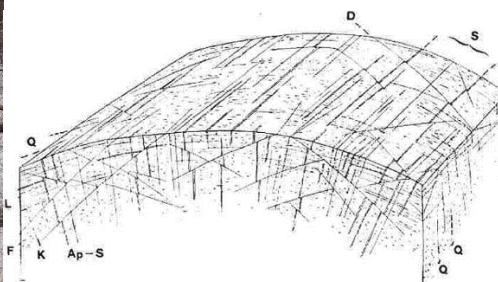
Εικόνα 11.1. Ο χάρτης της Γεωδιαδρομής 1.

Η γεωδιαδρομή αυτή έχει μήκος 4,5 km, αφορά το γενετισμένο γρανίτη της Αμμουλιανής και χωρίζεται σε δύο κλάδους νοτιοανατολικά από το ξενοδοχείο Agionissi Resort. Ο πρώτος κλάδος (Γεωδιαδρομή 1.1) αφορά το νοτιότερο τμήμα του νησιού και κινείται πάνω στην Ψηλή Ράχη, φτάνοντας πριν από την παραλία Τουρκολίμανο. Η δεύτερη διαδρομή (Γεωδιαδρομή 1.2) αφορά το δρόμο που προσεγγίζει τις βόρειες παραλίες αυτού του τμήματος της Νήσου. Ο γρανίτης της περιοχής αναφέρεται από τον Α. Πλούγαρη (2011) ως Ησκαϊνικός γρανίτης της Ουρανούπολης και της Σιθωνίας.



Εικόνα 12. Σύνολο μετρήσεων από τον προσανατολισμό των διακλάσεων του πετρώματος σε όλη την περιοχή του γρανίτη-γενεσιωμένου γρανίτη.

Η διαδρομή ξεκινάει από τον Όρμο Γλαστρί (θέση 1.1). Στην τοποθεσία αυτή φαίνεται ο αποχωρισμός του γρανίτη, που είναι τυπική δομή πλουτωνίτη. Τα γρανιτικά σώματα παράγονται από το μάγμα σε ψυχρότερες φάσεις του. Η έκθεση ενός γρανιτικού σώματος στην επιφάνειά του προκαλεί διάβρωση, αποσάθρωση και παραμορφώσεις που έχουν προκαθοριστεί κατά τη δημιουργία του πλουτωνίτη. Η δομή που αναπτύσσεται στις πυριγενείς μάζες έχει να κάνει με τις συνθήκες ψύξης του και τη διαδικασία διεύθυνσης του μαγματικού σώματος από τη στιγμή που ενοποιείται οριστικά. Αυτό καθορίζει αργότερα τις αποκολλήσεις του πετρώματος σε τεμάχια, που δεν προέρχονται από τεκτονικές διεργασίες (Vidal Romani, 2008).

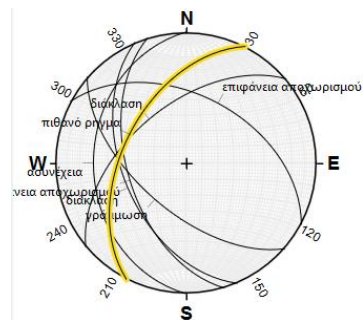


Εικόνα 13. Αποχωρισμός γρανίτη στην παραλία Γλαστρί. Συσχέτισή του με διάγραμμα των Cloos 1923, 1931, τροποποιημένο από Α. Χατζηπέτρο στις σημειώσεις Τεκτονικής Γεωλογίας. Φωτογραφία προσανατολισμού Α-Δ.

Στη συνέχεια της διαδρομής υπάρχουν δύο επιλογές μονοπατιού. Η μία (1.1) έχει κατεύθυνση το νότιο τμήμα του νησιού, ενώ η δεύτερη (1.2) το βόρειο.

6.2.1 Γεωδιαδρομή 1.1

Μετά τον ανηφορικό δρόμο από το Agionissi Resort, στη θέση 1.2 διακρίνεται ένα πρανές από γενεσιωμένο γρανίτη. Ο γρανίτης αυτός εμφανίζεται ως αδρόκοκκος και έχει εμφανή φύλλωση που κλίνει με πολύ μεγάλες γωνίες κλίσης προς τα ΒΔ. Επίσης, Στο στερεοδιάγραμμα αποτυπώνεται με κίτρινο χρώμα πιθανό ρήγμα που κλίνει προς τα ΔΒΔ.



Εικόνα 14. Πρανές από γενεσιωμένο γρανίτη και το τεκτονικό του διάγραμμα. Με κίτρινο χρώμα στο τεκτονικό διάγραμμα επισημαίνεται το ρήγμα. Επίσης φαίνονται οι επιφάνειες αποχωρισμού, οι διακλάσεις και η γράμμωση. ΝΑ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.



Εικόνα 14.1. Ρήγμα που παρατηρήθηκε.. ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.



Εικόνα 15. Δείκτης παραμόρφωσης. ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Κατά τον Πλούγαρη (2015), ο γρανίτης της Ουρανούπολης χαρακτηρίζεται από ραβδωτή γράμμωση, ενώ κατά θέσεις παρατηρείται γράμμωση έκτασης λόγω της σύνδεσής του με την πτύχωση των χαρτογραφικών μονάδων (Plougarlis & Tranos, 2015). Στην εικόνα 8 φαίνεται ο προσανατολισμός της εκτατικής παραμόρφωσης. Το πέτρωμα είναι γενεσιωμένος

γρανίτης. Στη συνέχεια της διαδρομής, στη θέση 1.3 παρατηρείται ξανά η αποκόλληση του γρανίτη.

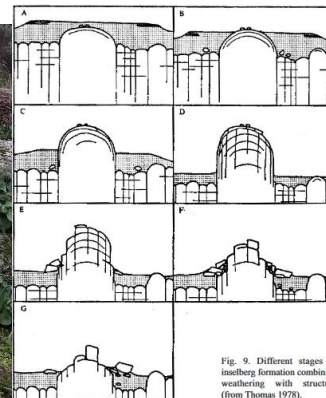


Fig. 9. Different stages of inselberg formation combining weathering with structure (from Thomas 1978).

Εικόνα 16. Αποχωρισμός γρανίτη και σχηματική αναπαράσταση που τον περιγράφει (Vidal Romani, 2008). ΝΑ-ΒΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στη θέση 1.4 διακρίνεται ο γνευσιωμένος γρανίτης με πηγματιτικές διεισδύσεις.



Εικόνα 17. Πηγματίτης και γνευσιωμένος γρανίτης. ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στη συνέχεια του δρόμου, στην θέση 1.5 διακρίνεται ξανά ο γνευσιωμένος γρανίτης. Εμφανίζεται έντονα φυλλοποιημένος.

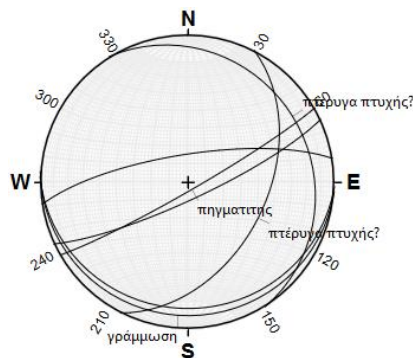


Εικόνα 18. Φυλλοποιημένος γνευσιωμένος γρανίτης. Φωτογραφία προσανατολισμού ΒΔ-ΝΑ.

Στο τέλος της Γεωδιαδρομής 1.1, στην τοποθεσία 1.6 διακρίνεται μια ρηξιγενής επιφάνεια πάνω στο γνευσιωμένο γρανίτη. Επίσης διακρίνονται πτυχές. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη (Plougarlis & Tranos, 2015), η τοποθεσία βρίσκεται κοντά σε ένα κανονικό ρήγμα ΒΔ-ΝΑ παράταξης, που δικαιολογεί την έντονη παραμόρφωση που έχει υποστεί το πέτρωμα.



Εικόνα 19. Γνευσιωμένος γρανίτης και ρηξιγενής επιφάνεια. Φωτογραφία προσανατολισμού ΒΔ-ΝΑ.



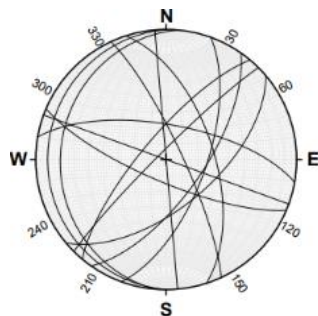
Εικόνα 20. Μετράται η γράμμωση του πετρώματος, οι δύο πιθανές πτέρυγες της πτυχής, η μια πηγματιτική επιφάνεια και οι διακλάσεις του γνευσιωμένου γρανίτη.

6.2.2 Γεωδιαδρομή 1.2

Συνεχίζοντας από το Agionissi Resort από τον κεντρικό δρόμο, στην τοποθεσία 1.7 το νότιο πρηνές αποτελείται από γρανίτη που διατρέχεται από φλέβες χαλαζία, ενώ το βόρειο χαρακτηρίζεται από γρανίτη, γνευσιωμένο γρανίτη και μια πηγματιτική διείδσδυση. Όπως φαίνεται από το τεκτονικό διάγραμμα, φέρει αρκετές διακλάσεις, ενώ ταυτόχρονα όλος ο όγκος του πετρώματος διαπερνάται από πολυάριθμες όξινες φλέβες. Στο τεκτονικό διάγραμμα απεικονίζονται οι διακλάσεις που παρατηρήθηκαν από τα δύο πρηνή. Επίσης επιβεβαιώθηκε το κανονικό ρήγμα που απεικονίζεται στο γεωλογικό χάρτη, με τιμές που μετρήθηκαν 206/45.



Εικόνα 21.1. Γρανίτης από το νότιο πρανές. Φωτογραφία προσανατολισμού ΒΑ-ΝΔ



Εικόνα 21.2. Το τεκτονικό διάγραμμα του γρανίτη με όλες τις διακλάσεις του

Στην τοποθεσία 1.8 διακρίνεται έντονα γνευσιωμένος γρανίτης πάνω στην περιοχή του ρήγματος. Φαίνεται ότι οι κρύσταλλοι των ορυκτών είναι αρκετά ανεπτυγμένοι και με εμφανή προσανατολισμό.



Εικόνα 22. Ρηξιγενής επιφάνεια πάνω στο πέτρωμα. Φωτογραφία προσανατολισμού ΒΔ-ΝΑ.

Στην περιοχή 1.9 φαίνεται στην τομή του δρόμου παράταξης ΑΝΑ-ΔΒΔ ο πηγματίτης στα ανατολικά και ο γρανίτης στα δυτικά. Ο πηγματίτης παρουσιάζεται συμπαγής, ενώ ο γρανίτης αποκολλάται προς τα ΒΔ.



Εικόνα 23. Το πυριγενές σώμα στο πρανές του δρόμου. Φωτογραφία προσανατολισμού ΝΑ-ΒΔ.

Στην περιοχή 1.10 ο γρανίτης βρίσκεται κάτω, ενώ ο γνευσιωμένος γρανίτης πάνω και δημιουργείται μια δομή σαν αποκόλληση μεταξύ τους. Ο γνευσιωμένος γρανίτης μοιάζει πτυχωμένος, ενώ φαίνεται σαν τα τεμάχια να ολισθαίνουν οριζόντια. Είναι γνωστό ότι νοτιότερα της τοποθεσίας αυτής βρίσκεται ένα κανονικό ρήγμα. Οι επιφάνειες πάνω στις οποίες τα τεμάχια αποχωρίζονται αποτελούνται από αποσαθρωμένες απλιτικές φλέβες.

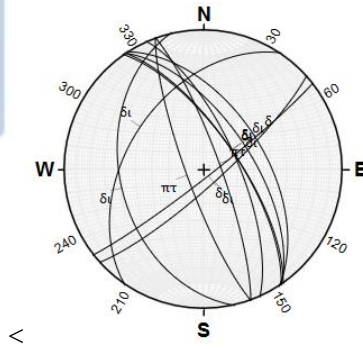


Εικόνα 24. Παραμόρφωση πάνω στο γρανίτη και αποκολλήσεις του πετρώματος. ΝΑ-ΒΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στο τέλος αυτής της διαδρομής διακρίνονται πτυχές. Ο γρανίτης Ουρανούπολης (ή Σιθωνίας) έχει ένα παραμορφωτικό γεγονός D_e κατά το Ηώκαινο ως Μειόκαινο. (Πλούγαρης σελ.17) ενώ η ηλικία του γρανίτη είναι Ηώκαινική.



Εικόνα 25. Πτυχές που διαμορφώθηκαν κατά την παραμόρφωση του πετρώματος. ΝΑ-ΒΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.



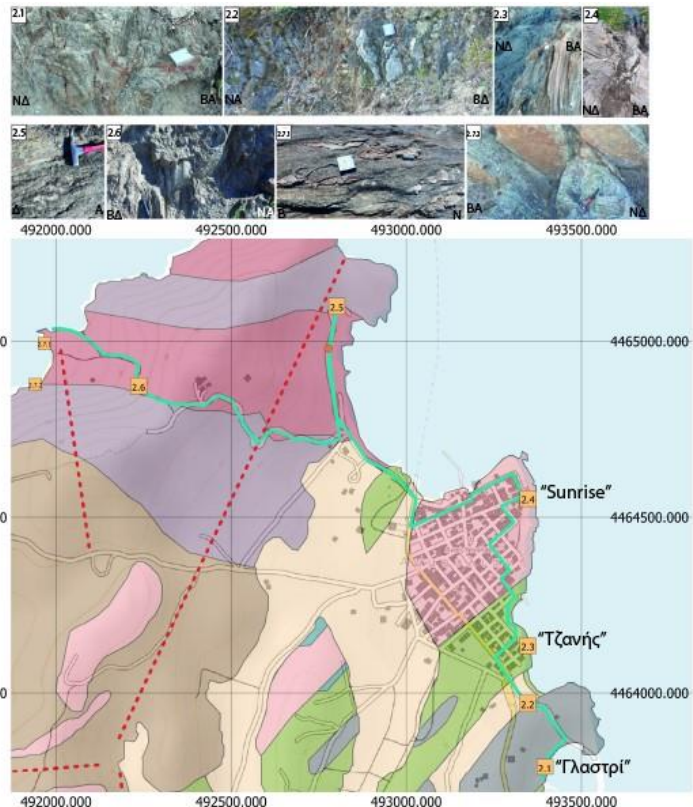
Εικόνα 26. Στερεοδιαγράμματα δομών Μεγάλης Άμμων. Με δι συμβολίζονται οι διακλάσεις και οι πτέρυγες των πτυχών.

6.3 Γεωδιαδρομή 2



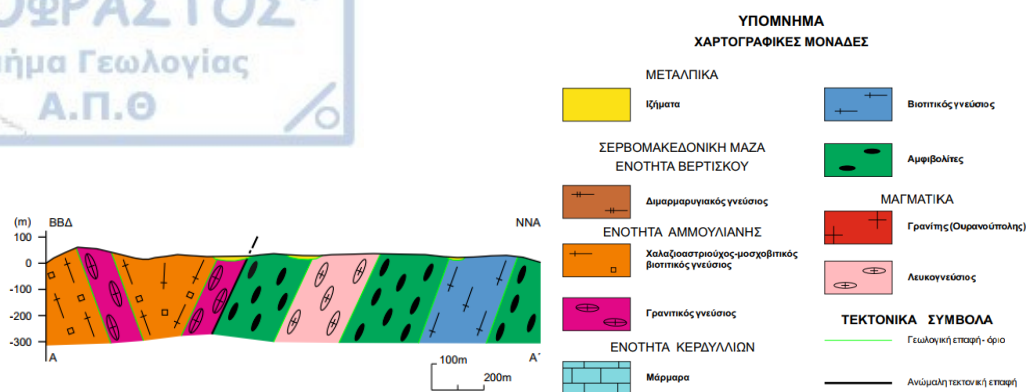
- Αλλούβια Ιζήματα
- Παράκτια Ιζήματα
- Διμαρμαρυγικός Γνεύσιος
- Χαλαζοαστριούχος Μασχοβτικός Γνεύσιος
- Γρανιτικός Γνεύσιος
- Μάρμαρο
- Βιοτιτικός Γνεύσιος
- Αμφιβολιτικός γνεύσιος
- Πλαγιокλαστικός Μικροκλινικός Γνεύσιος
- Σύμβολα
- 2.4 Αριθμός Γεωτόπου
- Γαλάζια Γεωδιαδρομή
- Ρήγματα
- Πιθανά Ρήγματα
- Ισούψεις

0 100 200 m



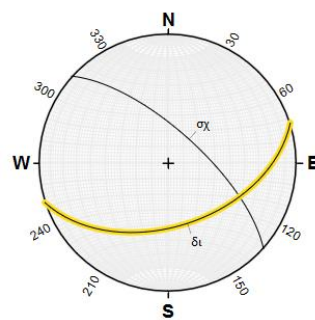
Εικόνα 27.1 Χάρτης της δεύτερης γεωδιαδρομής.

Έχει μήκος περίπου 3,7 km και διασχίζει τα πετρώματα της Ενότητας Κερδυλίων τον πλαγιокλαστικό γνεύσιο και την Ενότητα Αμμουλιανής. Αποτελεί την προσπάθεια χάραξης της πορείας κατά μήκος της τομής Α-Α' που σχεδιάστηκε από την πιο πρόσφατη γεωλογική χαρτογράφηση (Plougarlis & Tranos, 2015).

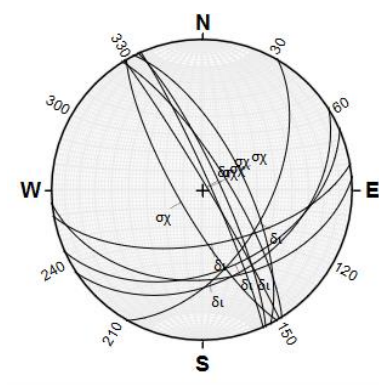


Εικόνα 27.2. Στη γεωλογική τομή όλα τα πετρώματα της Ενότητας Κερδυλίων κλείνουν με μεγάλη γωνία κλίσης προς τα ΒΔ.

Αφετηρία της διαδρομής αποτελεί η τοποθεσία 2.1 ή αλλιώς «Γλαστρί», που είναι παλιό λιμάνι και πλέον τόπος συντήρησης παλιών πλοίων. Τα πετρώματα που εντοπίζονται είναι αμφιβολιτικοί γνεύσιοι και βιοτιτικοί γνεύσιοι. Από μελέτες, οι γνεύσιοι της Ενότητας Κερδυλίων στα ανατολικά της Σερβομακεδονικής Μάζας χαρακτηρίζονται ως έντονα μιγματιτωμένοι, που κατά τόπους διαπερνώνται από όξινες διεισδύσεις (Himmerkus, 2006). Επίσης, στην πτυχιακή εργασία του Παζάρας (2016), ο οποίος εξέτασε δείγματα πετρωμάτων της τοποθεσίας 2.1, αναφέρονται μεταπηλίτες. Οι αμφιβολιτικοί γνεύσιοι (Εικόνα 29) έχουν έντονη φύλλωση και πολλές διακλάσεις.

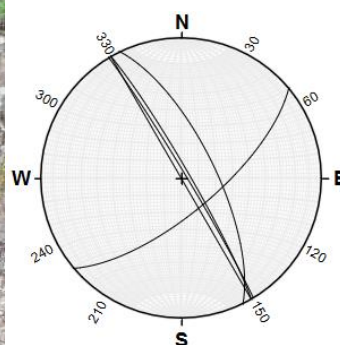


Εικόνα 28. Εικόνα και τεκτονικό διάγραμμα αμφιβολιτικών γνευσίων με τη διάκλαση (δλ) και τη σχιστότητα (σχ) του πετρώματος. ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.



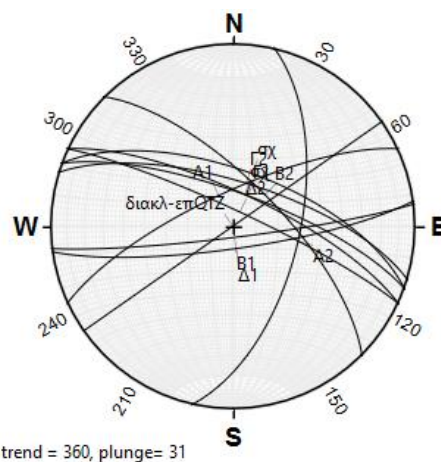
Εικόνα 29. Τεκτονικό διάγραμμα βιοτιτικών γνευσίων όπου μετελώνται οι διακλάσεις (δλ) και η σχιστότητα (σχ). ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Ο βιοτιτικός γνεύσιος είναι μαύρος ως σκούρος γκρι, μεσαίου ως μεγάλου μεγέθους ορυκτών, αρκετά πτυχωμένος. Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό στη βιβλιογραφία είναι το αποτέλεσμα της μιγματιτώσεως στη μιγματική υφή και στρώση, με τυχαίες εμφανίσεις αστρίων ή αστριο-χαλαζιούχων αυγίων εύρους λίγων mm ως μερικών cm και με περιστασιακές εμφανίσεις λευκοσωμάτων. (Neofotistos et al., 2020) Στην τοποθεσία 2.2 παρατηρείται ακριβώς η ίδια εμφάνιση βιοτιτικού γνευσίου, έντονα σχιστοποιημένου. Η σχιστότητα έχει παράταξη ΒΔ-ΝΑ και είναι κάθετη στο οριζόντιο επίπεδο.



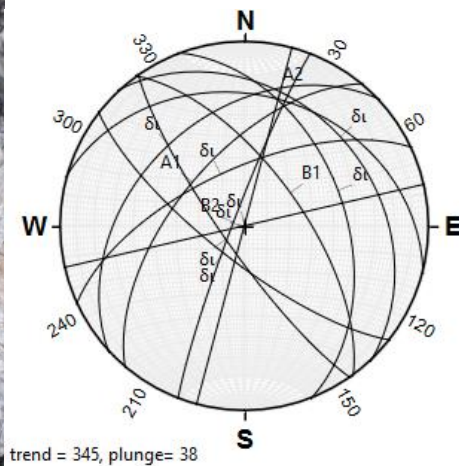
Εικόνα 30. Ο βιοτιτικός γνεύσιος και το τεκτονικό του διάγραμμα που φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των διακλάσεων του. ΝΑ-ΒΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Η τοποθεσία 2.3 ή αλλιώς «Τζανής» (Εικόνα 31) βρίσκεται πάνω σε αμφιβολιτικούς γνευσίους, σκούρους πράσινους ως μαύρους, συχνά με παρουσία κεροστίλβης. Είναι πτυχωμένοι και συχνά παρουσιάζουν μιγματιτικά φαινόμενα, διαχωρίζοντας το μελανοκρατικό αμφιβολιτικό υλικό από το λευκοκρατικό. Οι αμφιβολιτικοί γνεύσιμοι εμφανίζονται ως ενδιαστρώσεις πάχους λίγων εκατοστών έως μερικών δεκάδων μέτρων ή ακόμη σαν τεκτονικά φακοειδή ή απομονωμένα λουκανόμορφα σώματα μέσα στους βιοτιτικούς γνευσίους, τα οποία αποτελούνται κυρίως από κεροστίλβη και πλαγιόκλαστα και έχουν προκύψει από τη μεταμόρφωση βασικών εκχύσεων (Sakellariou & Durr, 1993). Στις εικόνες που παρατέθηκαν φαίνονται να σχηματίζουν γωνιώδεις ανοιχτές πτυχές.



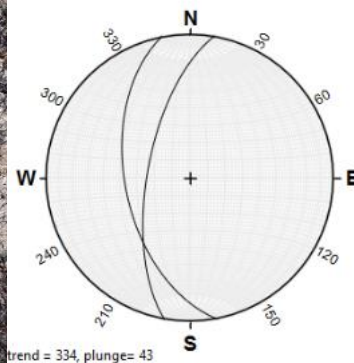
Εικόνα 31. Ο αμφιβολιτικός γνεύσιος και το τεκτονικό του διάγραμμα που αποτυπώνεται η σχιστότητα (σχ), οι πτέρυγες των πτυχών (A1, A2, B1, B2, Γ1, Γ2, Δ1, Δ2) και μια διάκλαση όπου πληρώνεται από χαλαζιακό υλικό (διακλ- επQTZ). ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Η τοποθεσία 2.4 είναι γνωστή ως παραλία ξενοδοχείου Sunrise. Οι πλαγιοκλαστικοί-μικροκλινικοί γνεύσιοι της τοποθεσίας εμφανίζονται υπόλευκοι ως ροδόχρωμοι, κυρίως μεσόκοκκοι, προερχόμενοι από γρανιτικά πετρώματα. Αποτελούνται κυρίως από μοσχοβίτη, βιοτίτη, αστρίους και χαλαζία. Στα πετρώματα που βρίσκονται σε αυτή την παραλία σχηματίζονται έγκειλα μορφής ψευδοσπηλαίων. Βιβλιογραφικά (Μουντράκης 2010) συγκαταλέγεται στη 2^η φάση μαγματισμού της περιοχής, Άνω- Παλαιοζωικής ηλικίας, η οποία θεωρείται γρανιτικής σύστασης και συνδέεται με την Ερκύνια ορογένεση.



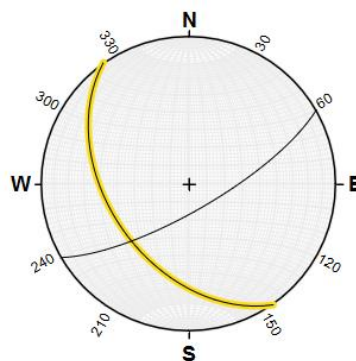
Εικόνα 32. Ο πλαγιοκλαστικός- μικροκλινικός γνεύσιος και το τεκτονικό του διάγραμμα, όπου φαίνονται οι διακλάσεις (δ1) και οι πτέρυγες των πτυχών (A1, A2, B1, B2). ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στην τοποθεσία 2.5 παρατηρούνται γρανιτικοί γνεύσιοι- ανατηξίτες στο όριο επαφής τους με τους χαλαζιοαστριούχους- μοσχοβιτικούς- βιοιτιτικούς γνευσίους.



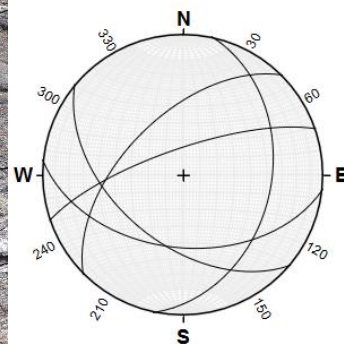
Εικόνα 33. Ο γρανιτικός γνεύσιος και το τεκτονικό του διάγραμμα όπου αναπαρίσταται η σχιστότητα.. ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Το πέτρωμα είναι ισχυρά πτυχωμένο μεγωνιώδεις ασύμμετρες πτυχές. Παράλληλα παρατηρούνται φαινόμενα μιγματισμού στις όξινες φλέβες που το διαπερνούν. Στην τοποθεσία 2.6 παρατηρήθηκε χαλαζιοαστριούχος- μοσχοβιτικός-βιοιτιτικός γνεύσιος με έντονη σχιστότητα.



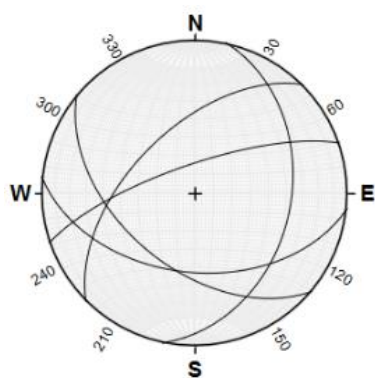
Εικόνα 34. Χαλαζιοαστριούχος-μοσχοβιτικός-βιοτιτικός γνεύσιος και τεκτονικό διάγραμμα που η σχιστότητα προβάλλεται με κίτρινη γραμμή και η άλλη μέτρηση είναι από τη διάκλαση που μετρήθηκε. ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στην τοποθεσία 2.7.1 διακρίνεται ο χαλαζιοαστριούχος-μοσχοβιτικός-βιοτιτικός γνεύσιος.



Εικόνα 35. Χαλαζιοαστριούχος-μοσχοβιτικός-βιοτιτικός γνεύσιος και τεκτονικό διάγραμμα που προέκυψε από τις διακλάσεις του. Β-Ν προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στην ίδια παραλία, διακρίνεται ο γρανιτωμένος γνεύσιος στην τοποθεσία 2.7.2.



Εικόνα 36. Γρανιτωμένος γνεύσιος και τεκτονικό διάγραμμα που προέκυψε από τις διακλάσεις του. ΒΑ-ΝΔ προσανατολισμός φωτογραφίας

6.4 Γεωδιαδρομή 3



Υπόμνημα

Χαρτογραφικές Μονάδες

Αλλούβια Ιζήματα

Παράκτια Ιζήματα

Ενότητα Βερτίσκου

Διμαρμαρυγιάκος Γνεύσιος

Ενότητα Αμμουλιανής

Χαλαζοαστρίουχος Μοσχοβίτικος Γνεύσιος

Γρανιτικός Γνεύσιος

Μάρμαρο

Βιοτίτικος Γνεύσιος

Αμφιβολιτικός γνεύσιος

Μαγματικά

Πλαγιόκλαστικός Μικροκλινικός Γνεύσιος

Σύμβολα

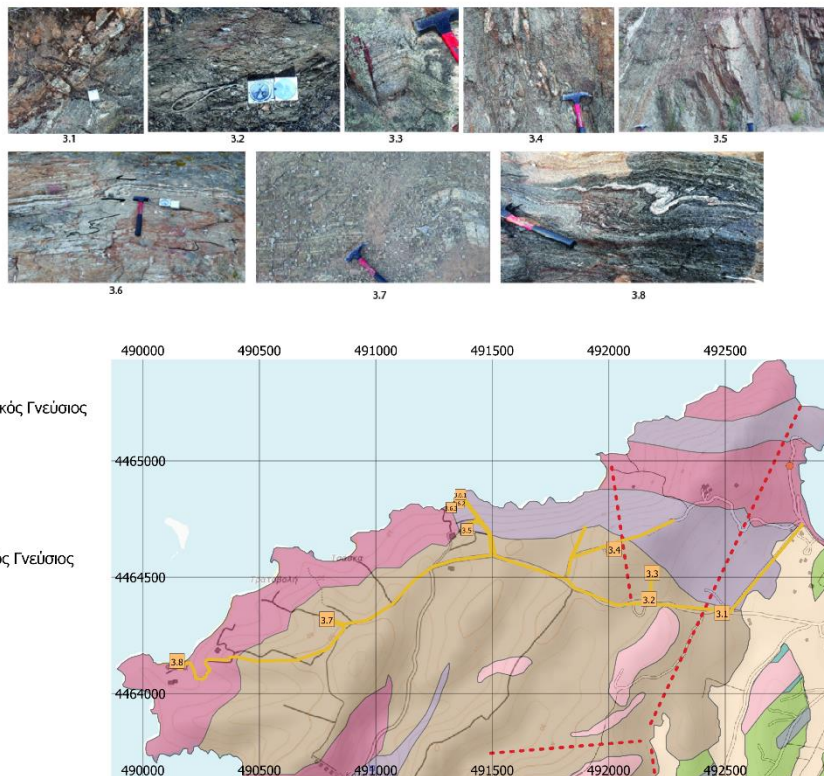
3.3 Αριθμός Γεωτόπου

Κίτρινη Γεωδιαδρομή

Πιθανό Ρήγμα

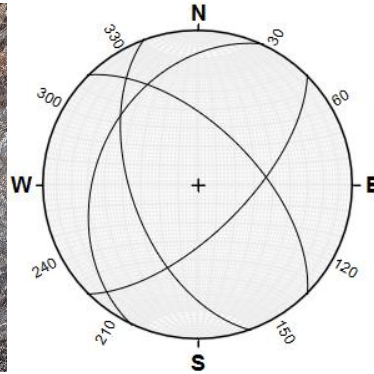
Ισούψεις

0 250 500 m



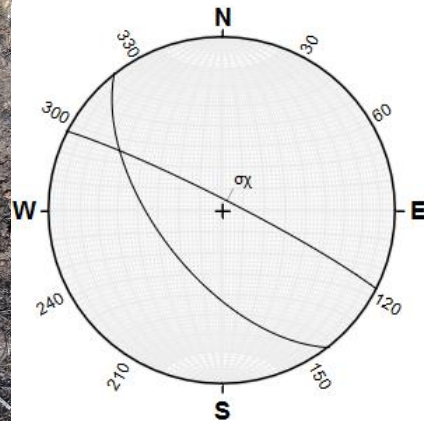
Εικόνα 37. Ο χάρτης της τρίτης γεωδιαδρομής. Οι φωτογραφίες με τους προσανατολισμούς τους αναφέρονται μέσα στο κείμενο.

Η γεωδιαδρομή αυτή έχει μήκος 5.162 m και έχει ως κύριο πέτρωμά της διμαρμαρυγιάκο γνεύσιο και τις γεωλογικές επαφές του με την Ενότητα Αμμουλιανής. Ο διμαρμαρυγιάκος γνεύσιος ανήκει στην Ενότητα Βερτίσκου και βιβλιογραφικά περιγράφεται ως καστανού-ανοικτού καστανού χρώματος. Αποτελείται από χαλαζία, πλαγιόκλαστο, μοσχοβίτη και βιοτίτη, με σπάνιο εντοπισμό γρανάτη, χλωρίτη και επιδότου. Οι γνεύσιοι αυτοί, συχνά εναλλάσσονται με μοσχοβιτικούς γνευσίους ανοικτού καστανού-μπεζ χρώματος που αποτελούνται από χαλαζία, πλαγιόκλαστο και μοσχοβίτη. Ακόμη, μοσχοβιτικοί γρανατούχοι γνεύσιοι εμφανίζονται ως ενδιστρώσεις πάχους λίγων μέτρων μέσα στους διμαρμαρυγιάκους και μοσχοβιτικούς γνευσίους. Μέσα στους διμαρμαρυγιάκους και μοσχοβιτικούς γνευσίους εμφανίζονται υπό τη μορφή φακών πάχους λίγων μέτρων έως μερικών δεκάδων μέτρων και μήκους μερικών χιλιομέτρων οφθαλμοειδείς γνεύσιοι, οι οποίοι συχνά παρουσιάζουν χαρακτηριστικά έντονης διάτμησης και μυλωνιτώσης. Ορυκτολογικά αποτελούνται από χαλαζία, πλαγιόκλαστα, Κ-άστριο, μοσχοβίτη, βιοτίτη και σε μικρό ποσοστό από κεροσίλβη και επίδοτο.



Εικόνα 38. Διμαρμαρυγικός γενεύσιος και τεκτονικό διάγραμμα των διακλάσεων του.

Στην τοποθεσία 3.1 βρέθηκε διμαρμαρυγικός γενεύσιος καστανού έως ανοικτού καστανού χρώματος με γωνιώδεις πτυχές. Οι διακλάσεις που μετρήθηκαν παρουσιάζονται στο παραπάνω τεκτονικό διάγραμμα. Από την εικόνα φαίνεται μια πτυχή τύπου F2. Στην τοποθεσία 3.2 βρέθηκε διμαρμαρυγικός γενεύσιος με έντονη σχιστότητα και μεγάλους μοσχοβιτικούς κρυστάλλους. Η σχιστότητα, όπως φαίνεται στο τεκτονικό διάγραμμα, έχει παράταξη ΒΔ-ΝΑ.



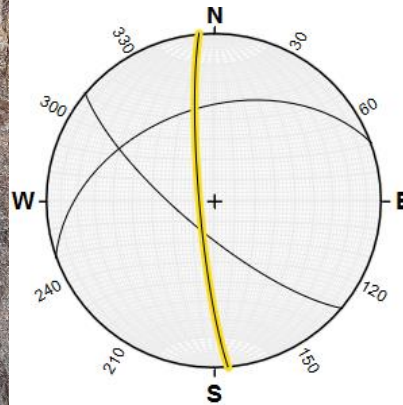
Εικόνα 39. Διμαρμαρυγικός γενεύσιος με μεγάλους κρυστάλλους μοσχοβίτη και τεκτονικό διάγραμμα της σχιστότητας (σχ) και μιας διάκλασης (χωρίς σύμβολο).

Η τοποθεσία 3.3 κατά το χάρτη του Πλούγαρη βρίσκεται κοντά στο όριο της επαφής των διμαρμαρυγικών γενευσίων με τους γρανιτικούς γενευσίους- ανατηξίτες.



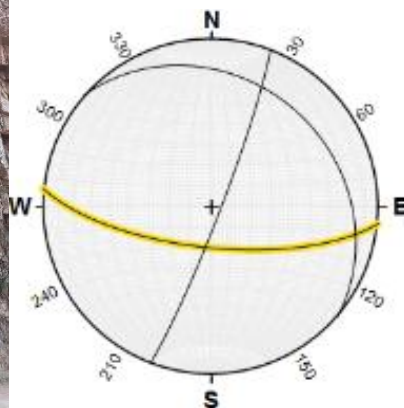
Εικόνα 40. Ανοιχτή πτυχή που παρατηρήθηκε. Φωτογραφία προσανατολισμού ΒΔ-ΝΑ

Η τοποθεσία 3.4 περιγράφεται από έντονα σχιστοποιημένο διμαρμαρυγιακό γενέσιο με μεγάλους μοσχοβιτικούς κρυστάλλους. Η σχιστότητά του έχει παράταξη B-N. Οι χαλαζιακές φλέβες που διείσδυσαν στο πέτρωμα παρατηρούνται έντονα πτυχωμένες. Μοιάζουν με πτυχές ροής. Οι πτυχές ροής ή πτυγματικές πτυχές δημιουργούνται σε μεγάλα βάθη, με υψηλές τιμές πίεσης και θερμοκρασίας.



Εικόνα 41. Διμαρμαρυγιακός γενέσιος με πτυχές ροής και τεκτονικό διάγραμμα που με κίτρινο χρώμα φαίνεται η σχιστότητά του. Τα άλλα στοιχεία είναι οι διακλάσεις που μετρήθηκαν. BA-NΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Η τοποθεσία 3.5 σύμφωνα με το χάρτη, βρίσκεται πάνω στο όριο της επαφής του διμαρμαρυγιακού γενευσίου με τους γρανιτικούς γενευσίους- ανατηξίτες. Η σχιστότητα είναι έντονη. Οι όξινες φλέβες που διεισδύουν μέσα στο πέτρωμα έχουν έντονη ορυκτολογική γράμμωση.



Εικόνα 42. Το πέτρωμα και το τεκτονικό διάγραμμα με σχιστότητα παράταξης A-A' (κίτρινο χρώμα). Οι διακλάσεις επίσης φαίνονται με μαύρο χρώμα. BA-NΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στην τοποθεσία 3.6.1 παρουσιάζονται οι ανατηξίτες- γρανιτικοί γενέσιοι. Φαίνονται μιγματιτωμένοι. Τα μιγματιτικά σώματα χαρακτηρίζονται από ακανόνιστες λεπτύνσεις και παχύνσεις των τμημάτων των πτυχών και η τεκτονική τους παραμόρφωση λαμβάνει χώρα σε μεγάλα βάθη.

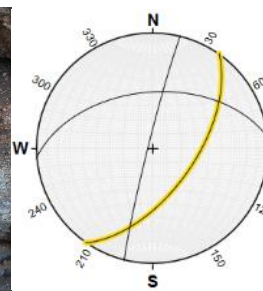


Εικόνα 43. Η εικόνα έχει παράταξη Α-Δ.



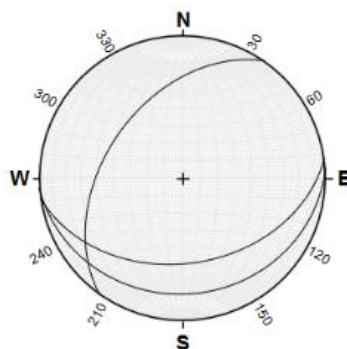
Εικόνα 44. Περιοχή στα όρια της γεωλογικής επαφής. ΒΑ-ΝΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Η γεωλογική επαφή μεταξύ του γρανιτικού γνευσίου και του χαλαζιοαστριούχου-μοσχοβιτικού-βιοτιτικού γνευσίου βρίσκεται στα δυτικά της ίδιας παραλίας (τοποθεσία 3.6.2). Πάνω στο βιοτιτικό γνεύσιο παρουσιάζονται φαινόμενα μιγματιτώσης, καθώς και παρασιτικές πτυχές. Στην τοποθεσία 3.6.3 παρατηρείται ο χαλαζιοαστριούχος-μοσχοβιτικός-βιοτιτικός γνεύσιος. Αποτελείται από μεγάλους μαρμαρυγικούς κρυστάλλους.



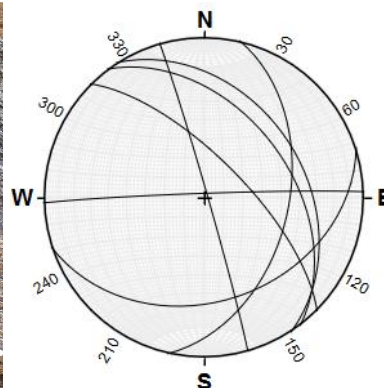
Εικόνα 45. Χαλαζιοαστριούχος- μαρμαρυγικός γνεύσιος και τεκτονικό διάγραμμα όπου φαίνονται οι διακλάσεις (μαύρο χρώμα) και η σχιστότητα (κίτρινο χρώμα). ΒΑ-ΝΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στο τεκτονικό διάγραμμα, φαίνεται η σχιστότητα με παράταξη ΒΑ-ΝΔ και οι διακλάσεις που λήφθηκαν. Στο πέτρωμα παρουσιάζονται φαινόμενα μιγματιτώσης με πολυάριθμες χαλαζιακές φλέβες ποικίλου μεγέθους. Βιβλιογραφικά περιγράφεται ισχυρά μυλωνιτωμένο. Στην τοποθεσία 3.7 φαίνεται ο πρασινότεφος χαλαζιοαστριούχος-μαρμαρυγικός γνεύσιος και κάποιες τεκτονικές δομές που παρατηρήθηκαν. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν φαινόμενα μιγματιτώσης. Επίσης παρατηρήθηκε μια ομάδα νεότερων ρηγμάτων, όπου μετακίνησαν ελαφρώς τις δομές του πετρώματος παράταξης Α-Δ. Ακόμη, παρατηρήθηκαν γωνιώδεις ασύμμετρες πτυχές.



Εικόνα 46. Τεκτονικές δομές πετρώματος και διακλάσεις που μετρήθηκαν. ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Στην τοποθεσία 3.8 ο χαλαζιοαστριούχος- μαρμαρυγιακός γενεύσιος παρουσιάζει φαινόμενα μιγματιτώσεως, που επιβεβαιώνει τη θεωρία ότι σχηματίστηκε σε μεγάλα βάθη.



Εικόνα 47. Φαινόμενα μιγματιτώσεως και μετρήσεις από πτέρυγες πτυχών. ΒΑ-ΝΔ προσανατολισμός φωτογραφίας.

6.5 Γεωδιαδρομή 4

Έγινε επίσης προσπάθεια χάραξης άλλων δύο γεωδιαδρομών στο ΒΔ τμήμα του νησιού, όμως το χαμηλό ανάγλυφο, οι εδαφοποιημένες τομές δρόμου, οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις από ελαιόδεντρα και η βλάστηση αποτέλεσαν κατασταλτικούς παράγοντες για την εμφάνιση πετρωμάτων. Δίνονται όμως στοιχεία για την παραλία Καραγάτσια που μπορεί να αποτελέσει ενδιαφέρον γεώτοπο, καθώς τα πετρώματά της ανήκουν στην Ενότητα Αμμουλιανής και βρίσκονται σε τεκτονική επαφή με την Ενότητα Βερτίσκου.



Εικόνα 48. Ο ανατιξίτης, οι πτυχές που εντοπίστηκαν σε αυτόν και το τεκτονικό διάγραμμα με τις διακλάσεις του πετρώματος. ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

Το πέτρωμα είναι ανατιξίτης- γρανιτικός γενεύσιος. Στην εικόνα φαίνεται μια κλειστή πτυχή, τύπου knick, τύπος πτυχής που εμφανίζεται στα τελευταία στάδια της παραμόρφωσης, όταν ο γεωλογικός σχηματισμός είναι πλέον δύσκαμπτος. Στην τοποθεσία 4.2 οι πτυχές του γρανιτικού γενεύσιου παρουσιάζουν φαινόμενα μιγματιτώσης. Επίσης στην ίδια εικόνα φαίνονται παρασιτικές πτυχές.



Εικόνα 49. Πτυχές στην τοποθεσία 4.2. ΝΔ-ΒΑ προσανατολισμός φωτογραφίας.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Γενικά συμπεράσματα

Το νησί, παρά τη μικρή επιφάνεια που καλύπτει, παρουσιάζει ποικιλία γεωλογικών δομών και λιθολογικών τύπων. Πληθώρα κινηματικών δεικτών χαρακτηρίζει όλο το εύρος του, ενώ παράλληλα ποικίλει πετρολογικά. Παρουσιάζονται σε αυτό τρεις διαφορετικές γεωλογικές ενότητες, καθώς και μια αρκετά σύνθετη τεκτονοστρωματογραφική στήλη. Πολλές τεκτονικές δομές, όπως ρήγματα, είναι αρκετά νέες. Η επιπλέον μελέτη του μπορεί να συμβάλει στις επιστήμες της πετρολογίας, της τεκτονικής, της στρωματογραφίας και της νεοτεκτονικής. Ο συνδυασμός της μικρής του επιφάνειας με την πλούσια γεωλογία του το καθιστά πλεονεκτικά ικανό για περεταίρω γεωτουριστική διαχείριση. Οι διαδρομές είναι εύκολες στη χρήση για εκπαιδευτικούς λόγους, καθώς έχουν μικρή έκταση, προσβασιμότητα και λόγω του χαμηλού μορφολογικού ανάγλυφου της περιοχής εκτιμώνται ότι δεν απαιτείται από τους ενδιαφερόμενους εξαιρετική φυσική κατάσταση ώστε να διασχιστούν.

7.2 Πιθανοί τελικοί χρήστες

Η πληροφορία που παρατίθεται σε αυτή την εργασία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από δημόσιους, κρατικούς και ερευνητικούς φορείς. Συγκεκριμένα, η προώθηση του γεωτουρισμού στο Δήμο Αριστοτέλη θα εξασφάλιζε τουρισμό στην περιοχή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου και όχι μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, που είναι το σύνηθες. Ο βιώσιμος γεωτουρισμός, δύναται να δημιουργήσει νέες αναπτυξιακές ευκαιρίες, τόσο για νέες θέσεις εργασίας, όσο και για περισσότερα έσοδα στο Δήμο. Αυτό θα βοηθούσε στην καταπολέμηση της συστηματικής μείωσης του μόνιμου πληθυσμού, τόσο στο νησί, όσο και στο Δήμο, καθώς λόγω της έλλειψης εργασιακής απασχόλησης και υποδομών το χειμώνα, οι κάτοικοι αναγκάζονται να εγκαταλείψουν το νησί κατά το πέρας των καλοκαιρινών περιόδων. Την ίδια στιγμή, θα εξασφάλιζε μια ισορροπία στη σύγχρονη μαζική οικοδόμηση της περιοχής.

Εκπαιδευτικοί και ερευνητικοί φορείς θα μπορούσαν επίσης να αξιοποιήσουν τα προαναφερθέντα, είτε για να προσθέσουν γνώσεις στην προϋπάρχουσα γεωλογική ιστορία, είτε για να εκπαιδεύσουν τους πολίτες σε μια καλύτερη κατανόηση της γεωλογίας και της επιστήμης σε ευρύτερο πλαίσιο. Καθώς παρατηρείται γεωποικιλότητα στην περιοχή, υπάρχουν δυνατότητες για εξέλιξη της έρευνας και συνεισφορά των γνώσεων στην επιστήμη της Γεωλογίας.

7.3 Προτάσεις

Προτείνεται να διατηρηθούν τα σημεία που προτάθηκαν ως γεώτοποι στην παρούσα εργασία με σκοπό τη διαφύλαξη της γεωλογικής κληρονομιάς του νησιού. Η έντονη οικοδόμηση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στο νησί καταστρέφει τις θέσεις επιστημονικού ενδιαφέροντος. Κάποιες σύγχρονες ξενοδοχειακές μονάδες έχουν εισάγει γεωλογικές τομές στο αρχιτεκτονικό τους σχέδιο για αισθητικούς λόγους, με αποτέλεσμα να διατηρούνε μέρος της γεωποικιλότητας της περιοχής. Προτείνεται να γίνει παρότρυνση των ιδιωτών για παρόμοιες πράξεις ώστε να υπάρξουν χώροι προσβάσιμοι από τους πολίτες, ικανοί να τονίσουν τη γεωλογική αξία της νήσου.



Εικόνα 50. Τομή που χρησιμοποιείται σαν τοίχος στο Ammou Area. Φώτα πέφτουν τις βραδινές ώρες πάνω στην τομή του διαμαρμαρυγικού γνευσίου για αισθητικούς λόγους στη θέση 3.5.

Ακόμη, μια πιο ενδελεχής τεκτονική και πετρολογική μελέτη των προαναφερόντων δομών θα μπορούσε να συνεισφέρει επιστημονικά στην γεωλογική ιστορία της περιοχής. Οι κινηματικοί δείκτες θα μπορούσαν να εξεταστούν μικροτεκτονικά, με στόχο την καλύτερη τεκτονική προσέγγιση της ευρύτερης περιοχής. Από εργασίες που μελετήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, φάνηκε να παρουσιάζονται συχνά διαφορετικές απόψεις σχετικά με τη γεωλογική ιστορία της περιοχής. Πιθανά μια πιο εκτενής έρευνα θα μπορούσε να «ξεκλειδώσει» μια ευκρινέστερη εικόνα σχετικά με το γεωλογικό παρελθόν της.

Επιπρόσθετα, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε μια υποθαλάσσια έρευνα στη ΒΑ πλευρά του νησιού, για τη χαρτογράφηση και την ανάλυση του ρήγματος μεταξύ Αμμουλιανής με Τρυπητή- Ουρανούπολη, το οποίο καταγράφεται στα βυθόμετρα που χρησιμοποιούνται από τους ψαράδες της περιοχής. Αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν επιπρόσθετη πληροφορία, τόσο στις γεωδιαδρομές, όσο και σε θέματα νεοτεκτονικής μελέτης.

Τέλος, συνεργασίες με άλλους κλάδους, όπως του Ιστορικού, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν για την κάλυψη μεγαλύτερου φάσματος τομέων. Λόγω της μεγάλης ιστορικής και πολιτιστικής αξίας του νησιού, θα μπορούσαν να ληφθούν μέτρα διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς, όπως και της γεωλογικής. Με αυτόν τον τρόπο θα προωθηθεί η διεπιστημονικότητα και ευνοϊκότερες συνθήκες για την προστασία της γεωλογικής και πολιτιστικής κληρονομιάς του τόπου.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbo, A., Avigad, D., & Gerdes, A. (2019). Crustal evolution of peri-Gondwana crust into present day Europe: The Serbo-Macedonian and Rhodope massifs as a case study. *Lithos*, 356–357. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.105295>
- Christofides, G., D'Amico, C., Moro, A., Eleftheriadis, G., & Kyriakopoulos, C. (1990). Rb/Sr geochronology and geochemical characters of the Sithonia plutonic complex (Greece). *European Journal of Mineralogy*, 2, 79–87.
- Himmerkus F, Ander B, Reischmann T and Kostopoulos D (2007) Gondwana-derived terranes in the northern Hellenides. In 4-D Framework of Continental Crust (eds RD Hatcher, MP Carlson, JH McBride and JR Martinez Catalán), pp. 379–90. Geological Society of America, Memoirs no. 200.
- Kockel F, Mollat H and Antoniadis P (1978) Geological Map of Greece, Ierissos Sheet. Scale 1:50.000. Athens: Institute of Geology and Mineral Exploration of Greece.
- Neofotistos, P. G., Tranos, M. D., & Heilbronner, R. (2020). Geology and deformation of the Serbo-Macedonian massif in the northern part of the Athos Peninsula, Northern Greece: Insights from two detailed cross-sections. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 56(1), 167. <https://doi.org/10.12681/bgsg.22529>
- Papadopoulos, V. C., & Kiliass, A. (n.d.). *Altersbeziehungen zwischen Metamorphose und Deformation im zentralen Teil des Serbomazedonischen Massivs (Vertiskos Gebirge, Nord-Griechenland)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01764571>
- Papapavlou, K. (2021). Zircon U–Pb–Hf snapshots on the crustal evolution of the Serbo-Macedonian massif: new insights from Ammouliani island (Northern Greece). *Geological Magazine*, 158(11), 2079–2086. <https://doi.org/10.1017/S0016756821000698>
- Plougarlis, A. P., & Tranos, M. D. (2015). Geology of Ammouliani Island (Northern Greece) – implications for the tectono-magmatic evolution of the Serbo-Macedonian Massif. *Journal of Maps*, 11(4), 552–560. <https://doi.org/10.1080/17445647.2014.948504>
- Tranos, M., Kiliass, A., & Mountrakis, D. (1993). EMPLACEMENT AND DEFORMATION OF THE SITHONIA GRANITOID PLUTON (MACEDONIA, HELLAS). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 28, 195–210.
- Vidal Romani, J. R. (2008). Forms and structural fabric in granite rocks. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 33.
- Wet, A. P., Miller, J. A., Bickle, M., & Chapman, H. (1989). Geology and geochronology of the Arnea, Sithonia and Ouranopolis intrusions, Chalkidiki Peninsula, northern Greece. *Tectonophysics*, 161, 65–79. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(89\)90303-X](https://doi.org/10.1016/0040-1951(89)90303-X)
- ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ-ΔΡΑΝΔΑΚΗ, Ε., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ-ΒΡΥΝΙΩΤΗ, Κ., & ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ, Α. (2018). Framework for the geosites selection according to the International Union of Geological Sciences (IUGS), and the European Association for the Conservation of Geological - Geomorphological heritage (ProGEO). 2nd phase: opening of a discussion in the country, publishing and more or less finalizing the country



framework. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 34(2), 803–810.

<https://doi.org/10.12681/bgsg.17703>

Κίλιας Α. (2009). Εισαγωγή στην Τεκτονική Γεωλογία. *Εκδόσεις Όλυμπος*. Σελ. 7-13.
Θεσσαλονίκη

Μουντράκης Δ. Μ. (2020). Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. *University Studio Press*, σελ. 49-59. Θεσσαλονίκη

Παζάρας, Γ. (2016). Πετρογραφική μελέτη μεταπηλίτη απο τη νήσο Αμμουλιανή, Ν. Χαλκιδικής = Petrographic Study of metapelite from the Island Ammouliani, S. Chalkidiki. *Προ/Μεταπτυχιακές Διατριβές Στη Βιβλιοθήκη Θεόφραστος Του Τμήματος Γεωλογίας Του Α.Π.Θ., 0(0)*.
<http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/grelit/article/view/11270>

Παπαθανασόγλου Αντωνίνα. (2017). *Θεσμικό Πλαίσιο Προστασίας Γεωτόπων, Περιβάλλον και Δίκαιο*, Τεύχος 4. <http://www.nb.org>

Χατζηπέτρος Α. Σημειώσεις Τεκτονικής Γεωλογίας

Συριανός Μάρκος. (2005). Αγώνες και Αγωνίες για την Υδροδότηση της Αμμουλιανής: Η Οδύσσεια ενός Προέδρου. *Εκδόσεις Ζήτη*. Θεσσαλονίκη

Διαδικτυακές Πηγές

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) Πληθυσμιακά στοιχεία από: <https://www.statistics.gr/>

The Greek Database of Seismogenic Sources (Gre.Da.S.S.) για στοιχεία ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής (Υπεύθυνοι Προγράμματος: R. Caputo & S. Pavlides):

<http://gredass.unife.it/>

Shapefile ακτογραμμών για τη δημιουργία DEM στο Global Mapper:

<http://geodata.gov.gr/maps/?package=d59c2895-49c0-416f-a77e-122459cc8cac&resource=eb718a13-6e4a-45d6-9f9d-b3439d92a668&locale=en>

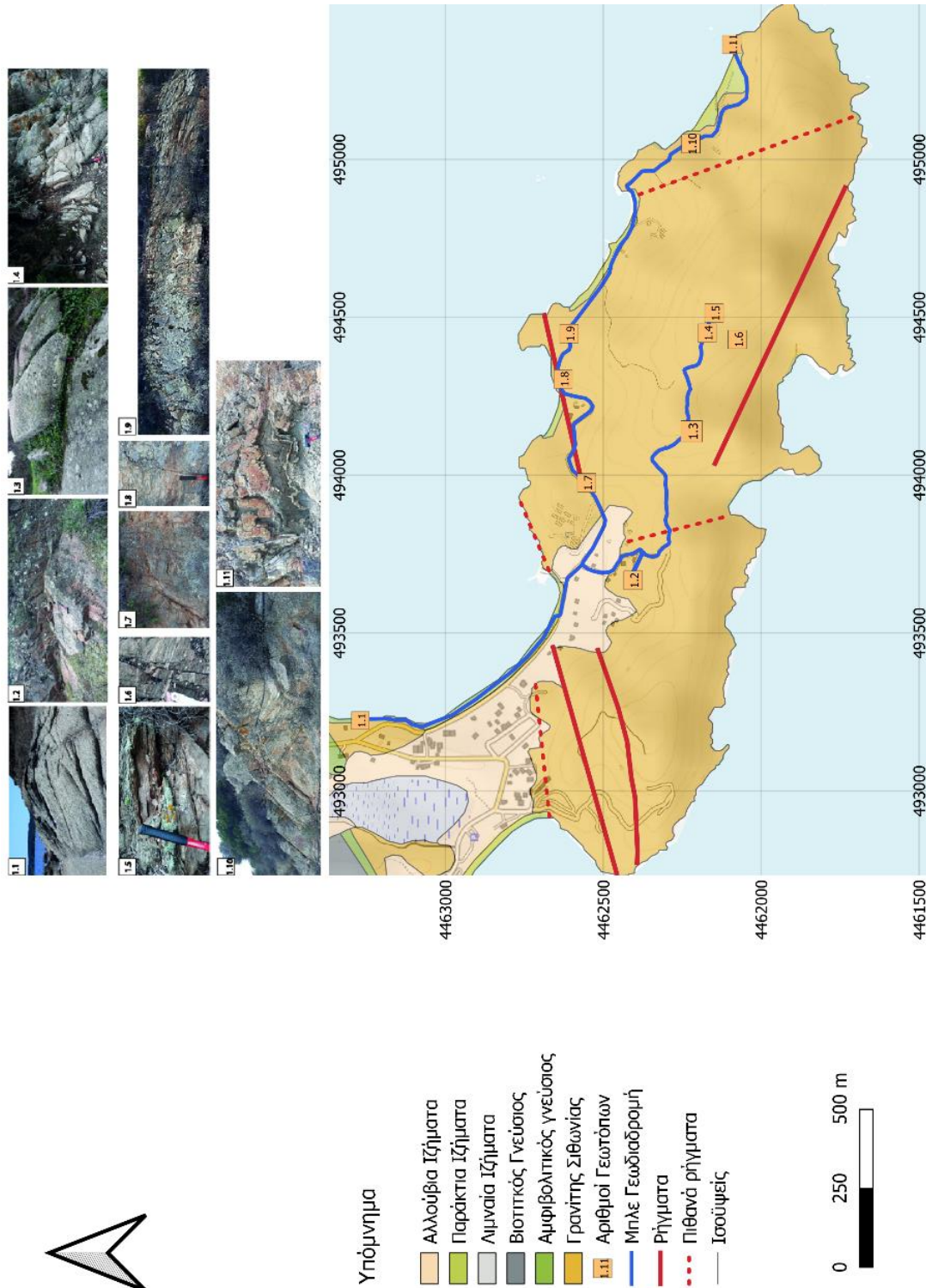
Χάρτες και άλλες ψηφιακές πηγές:

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Χαρτογράφος). (1970). Φύλλο Ιερισσού (Τοπογραφικός Χάρτης). 1:50.000 *Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού*.

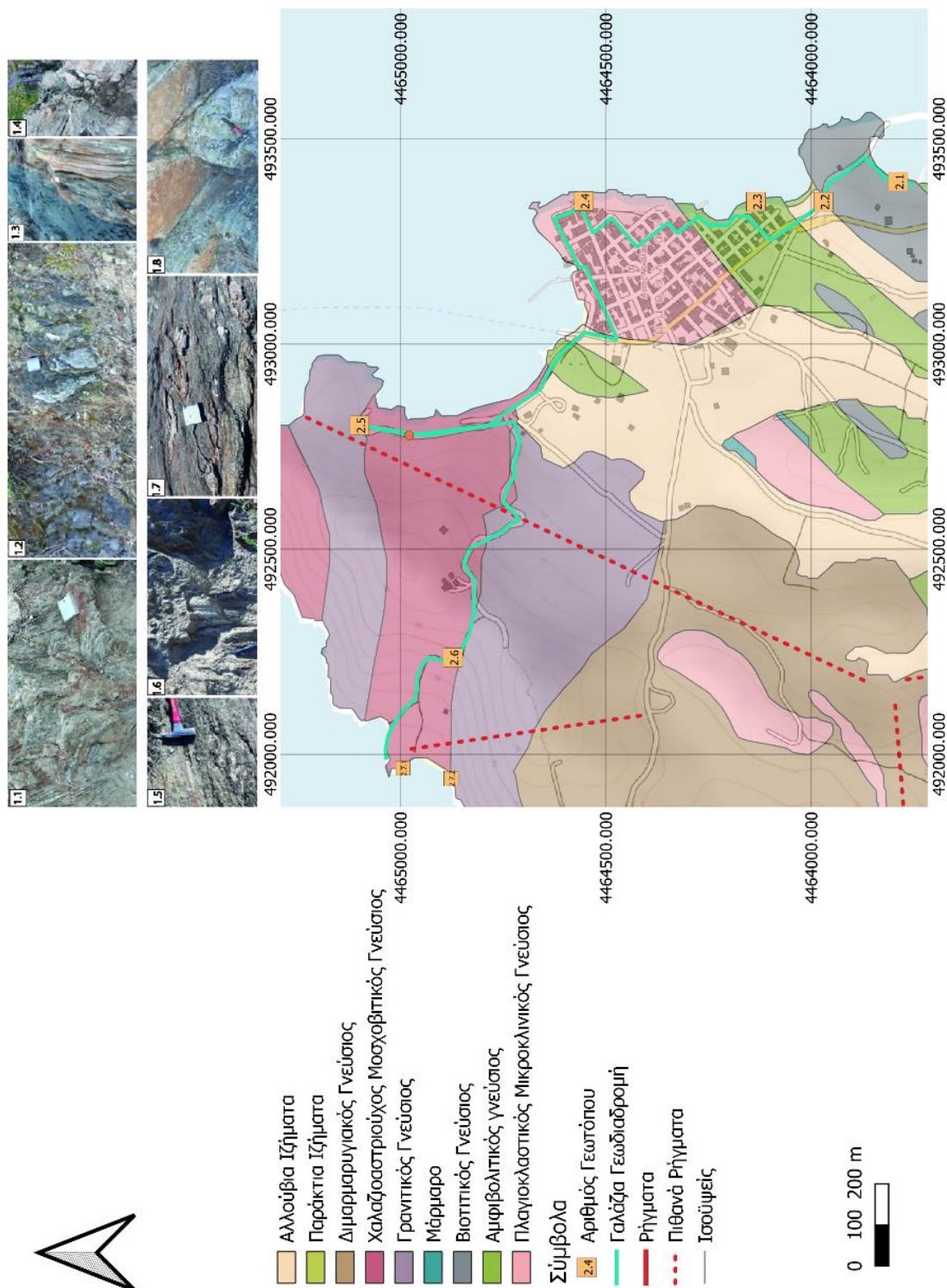
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αυτό το κεφάλαιο είναι συμπληρωματικό της Διπλωματικής Εργασίας και περιλαμβάνει τους χάρτες που κατασκευάστηκαν για την ανάδειξη των Γεωδιαδρομών μέσω των προγραμμάτων qGIS και Global Mapper και επιπλέον φωτογραφίες που έχουν σκοπό την περαιτέρω ανάδειξη των Γεωτόπων.

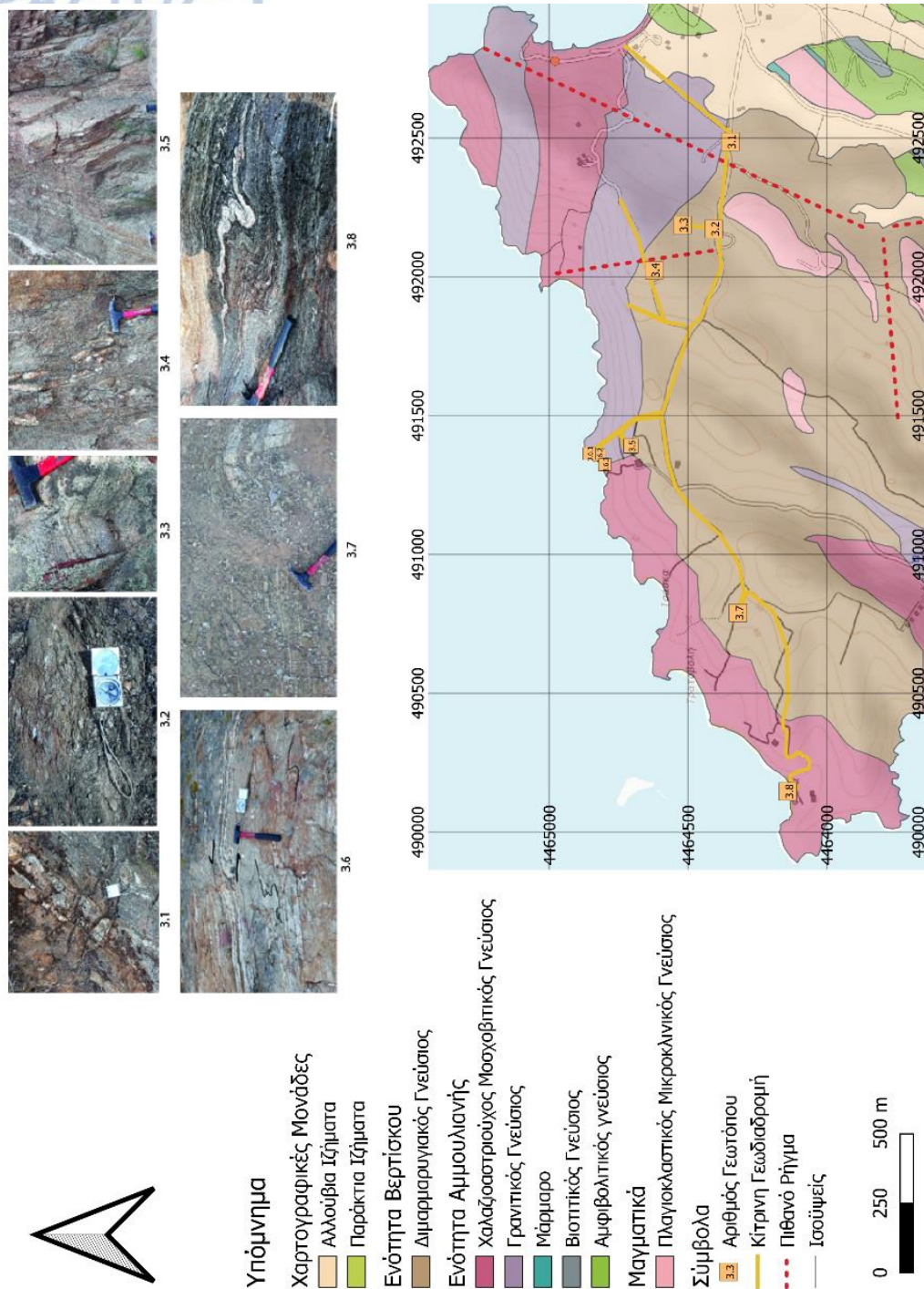
9.1 Χάρτες των Γεωδιαδρομών



Εικόνα 51. Χάρτης κλίμακας 1:14.000



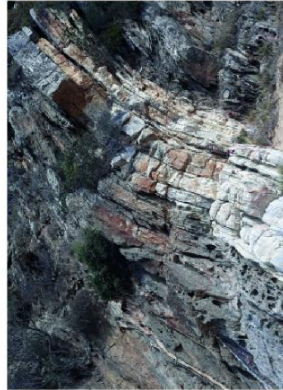
Εικόνα 52. Χάρτης κλίμακας 1:1.000



Εικόνα 53. Χάρτης κλίμακας 1:16.000



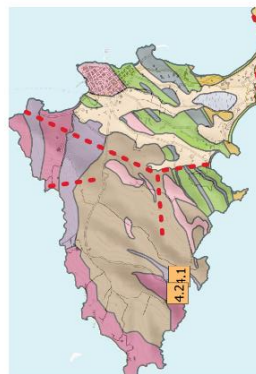
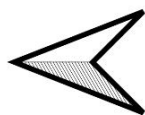
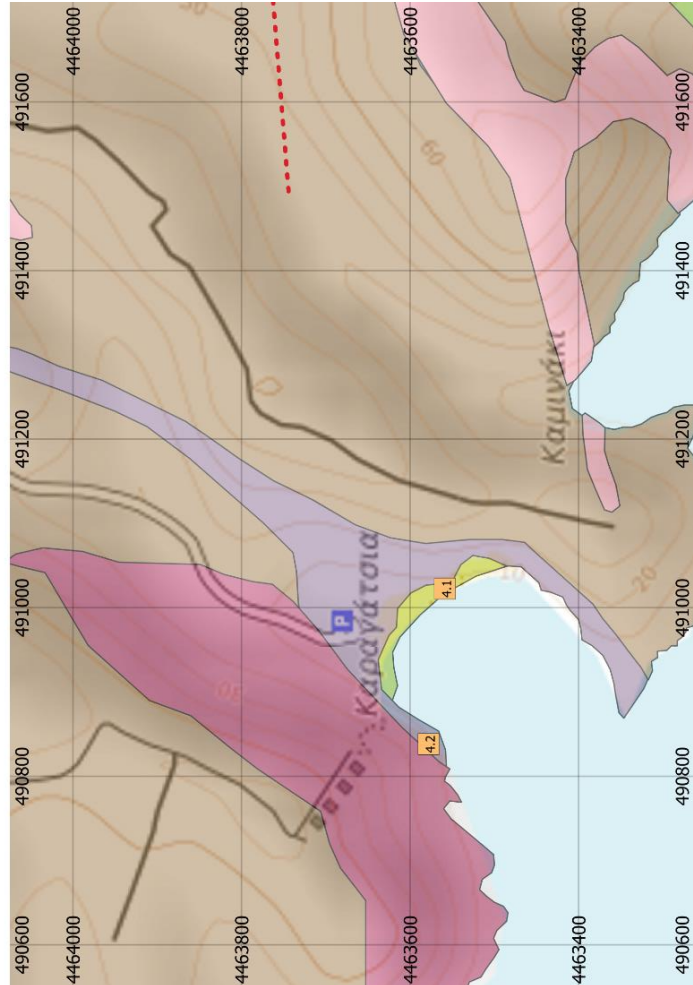
4.2



4.1



4.2



Χαρτογραφικές Μονάδες

Παράκτια Ιζήματα

Διμεταμορφωτικός Γενεύσιος

Χαλαρόσπαστρίουχος Μεσχοβητικός Γενεύσιος

Γρανιτικός Γενεύσιος

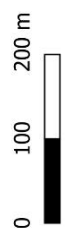
Μάρμαρο

Πλαγιокλαστικός Μικροκλινικός Γενεύσιος

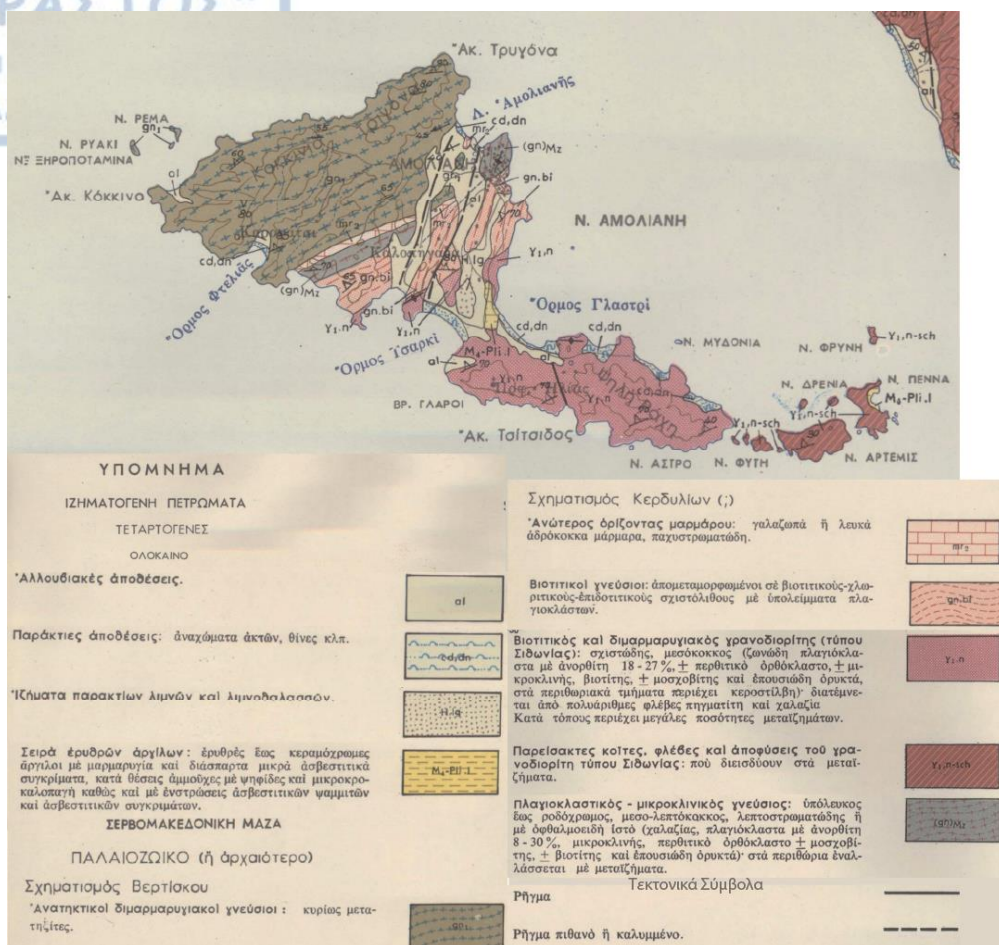
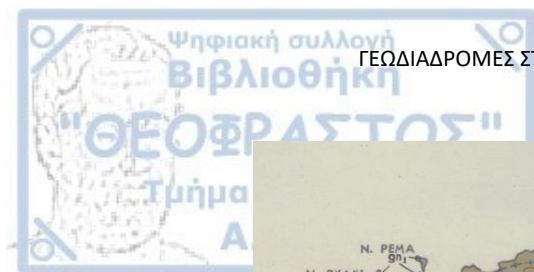
Σύμβολα

Αριθμός Γεωτόπου

Πιθανό Ρήγμα



Εικόνα 54. Χάρτης κλίμακας 1:6.000



Εικόνα 55. Τμήμα από το γεωλογικό χάρτη 1:50.000 (Koskel, 1978), τροποποιημένο από τη συγγραφέα ώστε να περιέχει μόνο τα πετρώματα και τα υπομνήματά τους.

9.2 Επιπλέον φωτογραφίες

Στις επόμενες σελίδες παρατίθενται επιπλέον φωτογραφίες για την καλύτερη κατανόηση των θέσεων που αναφέρονται μέσα στο κείμενο. Συγκεκριμένα, στις λεζάντες των φωτογραφιών, αναγράφονται οι θέσεις που αναφέρονται στους παραπάνω χάρτες. Αυτή η προσθήκη έγινε με σκοπό να τονιστεί η αξία της γεωλογίας των επιλεχθέντων θέσεων.



Εικόνα 56. Δομές γρανιτικού σώματος, θέση 1.1. Προσανατολισμός Α-Δ.



Εικόνα 57. Θέση 1.7. Γνευσιωμένος Γρανίτης. Προσανατολισμός ΝΔ-ΒΑ.



Εικόνα 58. Θέση 1.4. Γνευσιωμένος Γρανίτης. Προσανατολισμός ΒΔ-ΝΑ.



Εικόνα 59. Θέση 1.10. Παραμόρφωση πάνω στο γρανίτη. Προσανατολισμός ΝΑ-ΒΔ



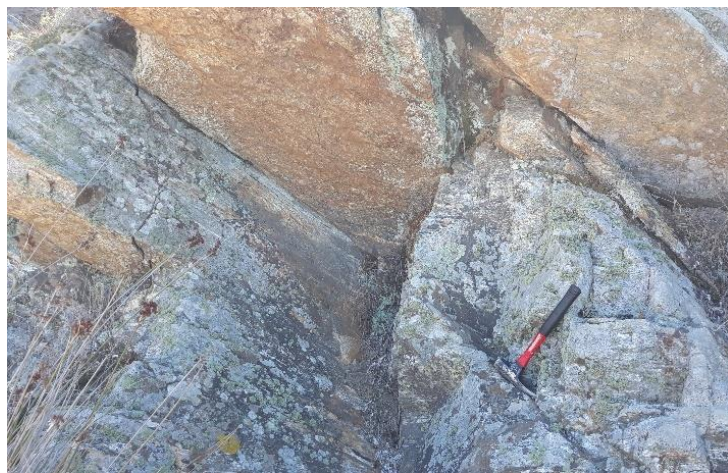
Εικόνα 60. Θέση 2.4. Προσανατολισμός ΝΔ-ΒΑ.



Εικόνα 61. Θέση 1.7. Βόρειο πρανές. Προσανατολισμός ΒΔ-ΝΑ.



Εικόνα 62. Θέση 2.5. Προσανατολισμός Δ-Α.



Εικόνα 63. Θέση 2.7.2. Προσανατολισμός ΒΑ-ΝΔ.



Εικόνα 64. Θέση 2.7.1. Προσανατολισμός ΒΑ-ΝΔ.



Εικόνα 65. Θέση 3.4. Προσανατολισμός ΝΔ-ΒΑ.



Εικόνα 66. Θέση 3.5. Προσανατολισμός BA-NA.



Εικόνα 67. Θέση 3.6.2. Προσανατολισμός BA-NA.



Εικόνα 68. Θέση 3.6.3. Προσανατολισμός BA-NA.



Εικόνα 69. Θέση 3.7. Προσανατολισμός NA-BA.



Εικόνα 70. Θέση 3.7. Προσανατολισμός NA-BA.



Εικόνα 71. Θέση 3.7. Προσανατολισμός BA-NA.



Εικόνα 72. Θέση 4.1. Προσανατολισμός ΒΔ-ΝΑ.