ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΦΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΚΟΖΙΑΚΑ ΚΑΙ ΖΩΝΗΣ ΠΙΝΔΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΛΑΤΗΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ Ι. ΔΙΤΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2023

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ Ι. ΔΙΤΤΟΠΟΥΛΟΣ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας , ΑΕΜ : 5406

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΦΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΚΟΖΙΑΚΑ ΚΑΙ ΖΩΝΗΣ ΠΙΝΔΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΛΑΤΗΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,

στον Τομέα Τεκτονικής, Ιστορικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

Επιβλέπων

Χατζηπέτρος Αλέξανδρος

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΦΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΚΟΖΙΑΚΑ ΚΑΙ ΖΩΝΗΣ ΠΙΝΔΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΛΑΤΗΣ ΤΡΙΚΑΛΩΝ – *Διπλωματική Εργασία*

GEOLOGIC AND TECTONIC SURVEY OF THE CONTACT OF KOZIAKAS UNIT AND PINDOS ZONE IN THE AREA OF ELATI TRIKALA – *Bachelor Thesis*

Εικόνα Εξωφύλλου: Διττόπουλος Σ. (2021)

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Δυτικό σύνορο της Θεσσαλικής πεδιάδας και ανατολικό άκρο της πανέμορφης Πίνδου, η οροσειρά του Κόζιακα(Κερκέτιο Όρος), εκτείνεται με διεύθυνση Βορρά – Νότου και αποτέλεσε το αντικείμενο έρευνας, εξορμήσεων και εκπλήξεων. Αντικειμενικός σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επαφής της ενότητας Κόζιακα και της ζώνης Πίνδου, στην περιοχή Ελάτης Τρικάλων(Τύρνα). Η έρευνα διευρύνθηκε στην οροσειρά και σε αυτή την πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται μια σφαιρική εικόνα, όλων όσων βρέθηκαν στη περιοχή. Φυσικά καθώς αποτελεί μια εργασία προπτυχιακού επιπέδου, η έρευνα μπορεί να φτάσει μέχρι κάποιο επίπεδο και κρίνεται αναγκαία περεταίρω εμβάθυνση στα στοιχεία που παρατίθενται.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας και όντας λάτρης των βουνών, δόθηκε μεγάλη σημασία στη διάσχιση των μονοπατιών(αλλά και στις ελεύθερες αναβάσεις στις πλαγιές), ακόμη και στα πιο απόκρημνα σημεία. Προφανώς κάτι τέτοιο δεν προτείνεται για όλους, αλλά όντας μια καθαρά προσωπική επιλογή, οδήγησε σε μια πολύ δυνατή ευχάριστη εμπειρία, φτάνοντας παρόλα αυτά σε επικίνδυνες καταστάσεις κάποιες φορές. Έτσι με μεγάλη μου χαρά, παρουσιάζω τον κόπο αυτών των δύο χρόνων, που ήταν ένα μάθημα ζωής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Αλέξανδρο Χατζηπέτρο για την υποστήριξή του, και για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω μια πτυχιακή εργασία στο βουνό που αγαπώ. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συμπαράσταση καθώς και τους φίλους και συναδέλφους Ευστάθιο Λυμπέρη και Αντωνία Δρετάκη για τις πολύτιμες συμβουλές τους. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Νίκο Κρούπη και τον Γιώργο Μπρίζη που στάθηκαν δίπλα μου, στις πιο δύσκολες στιγμές που έχω περάσει ποτέ στο βουνό. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ελληνικό Κτηματολόγιο για τα δεδομένα που μου παρείχε και την γρήγορη ανταπόκριση των υπαλλήλων, για την εξυπηρέτηση του αιτήματός μου.

1. Εισαγωγή

1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η οροσειρά του Κόζιακα, αποτελώντας τις παρυφές της Πίνδου στο δυτικό άκρο της Θεσσαλίας, ανυψώνεται επιβλητικά με διεύθυνση Βορρά-Νότου, με μήκος άνω των 60 χιλιομέτρων και με μέγιστο πλάτος τα 10 χιλιόμετρα. Οι ορεινοί όγκοι που τη συνθέτουν είναι ο κύριος όγκος του Κόζιακα, ο ορεινός όγκος του Ιτάμου και ο ορεινός όγκος της Καψούνας, σε μια συνολική έκταση περίπου 400 τετραγωνικών χιλιομέτρων.

Η οροσειρά ξεκινά από το ύψος της Καλαμπάκας με γενική διεύθυνση Β-Ν στο βόρειο τμήμα της, στη συνέχεια κάμπτεται στο ύψος της Πύλης προς τα ΝΑ και ενσωματώνεται στο νότιο τμήμα της, στην οροσειρά της Πίνδου, στην περιοχή Καναλιών Καρδίτσας.

Κατά μήκος της κορυφογραμμής του βόρειου και κεντρικού τμήματος, παρατηρούνται τα μεγαλύτερα ύψη, στις κορυφές Αστραπή (1901μ.), Κακορράχη (1854μ.), Ορνοφωλιά (1771μ.) και Κίσσα (1651μ.), ενώ γενικότερα στην ευρύτερη περιοχή οι κορυφές ξεπερνούν τα 1500μ. Στο νότιο τμήμα παρατηρούνται σταδιακά μικρότερα ύψη, με τις κορυφές Κρανιά (1438μ), Ίταμος (1.131μ.) και Καψούνα (957μ.).

Ο κύριος υδροκρίτης έχει διεύθυνση ίδια με τη διεύθυνση της οροσειράς, ενώ τα αντερείσματα εκατέρωθέν του έχουν μεγάλες μορφολογικές κλίσεις με τιμές πάνω από 100% που ξεπερνούν τις 200% κατά θέσεις(Λέκκας, 1988).

Η οροσειρά διακόπτεται εγκάρσια από τον Πορταϊκό ποταμό στην Πύλη και τον Πάμισο στο Μουζάκι, κατά μήκος των οποίων σχηματίζονται δύο μεγάλα φαράγγια, δίοδοι από τη πεδινή Θεσσαλία στον επιμήκη ορεινό όγκο της Πίνδου. Έτσι δημιουργούνται οι καλύτερες φυσικές τομές κάθετα στην οροσειρά, που αποτελούν και κύριο εργαλείο στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Η ηπιότερη μορφολογία της οροσειράς στα ανατολικά, επέτρεψε την ανάπτυξη περισσότερων και μεγαλύτερων οικισμών, σε σχέση με τα δυτικά, όπου το ανάγλυφο είναι απότομο και τα υψόμετρα μεγαλύτερα. Η γεωμορφολογική αυτή δομή οφείλεται στα επωθούμενα προς τα δυτικά τεκτονικά καλύμματα και στις πτυχώσεις τους(Λέκκας, 1988).

Οι μεγαλύτερες κωμοπόλεις στους ανατολικούς πρόποδες είναι η Πύλη και το Μουζάκι, ενώ οι μεγαλύτεροι οικισμοί είναι, από βόρεια προς νότια, το Καλονέρι, ο Πρόδρομος, το Γοργογύρι, το Ξυλοπάροικο, η Πιαλεία, τα Φίλυρα κι ο Άγιος Βησσαρίων. Αντίστοιχα στους δυτικούς πρόποδες οι μεγαλύτεροι οικισμοί είναι, από βόρεια προς νότια, η Γλυκομηλιά, η Χρυσομηλιά, η Ελάτη(Τύρνα) και το Κοτρώνι.

Για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, ορίστηκαν ως γεωγραφικά όρια, ούτως ώστε να την καταστήσουν εφικτή στα πλαίσια προπτυχιακής έρευνας, στα νότια το φαράγγι του Πορταϊκού (διαχωρίζοντας τον όγκο του Κόζιακα από τον Ίταμο) και στα βόρεια το Γοργογύρι (καλύπτοντας μια ικανή έκταση βόρεια της Ελάτης).

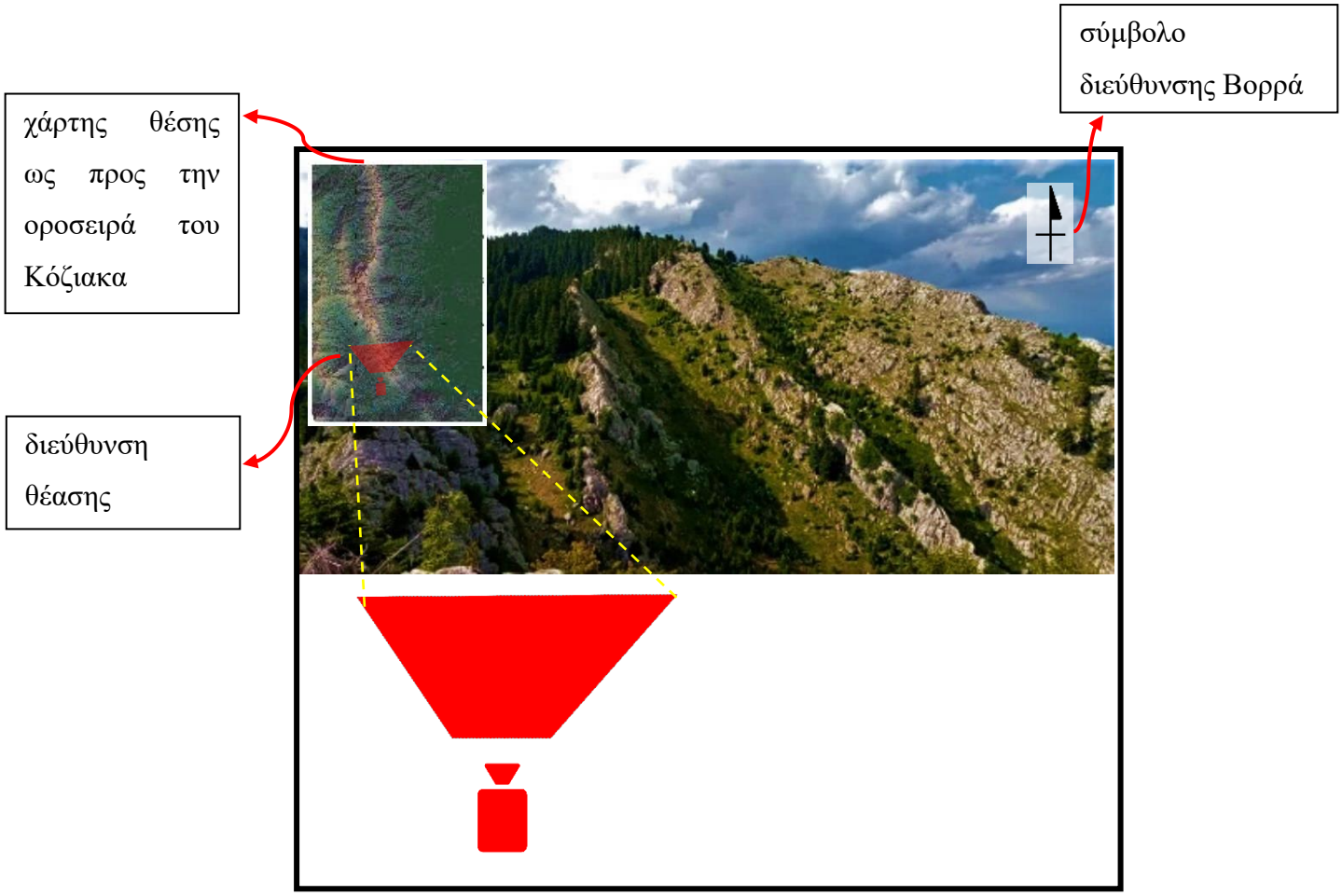
1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Γεωλογικά η περιοχή τοποθετείται στο ανατολικό όριο της ζώνης Πίνδου και στο δυτικό όριο της Υποπελαγονικής ζώνης, συμπεριλαμβάνοντας τους σημαντικούς οφειολιθικούς σχηματισμούς του Κόζιακα. Η ενότητα του Κόζιακα, ανήκοντας στην Υποπελαγονική, αποτελεί το μεταβατικό στάδιο από τη ζώνη Πίνδου στην Πελαγονική. Η αναλυτικότερη γεωλογία της περιοχής όμως θα περιγραφεί λεπτομερώς στην ενότητα «Βιβλιογραφική Έρευνα».

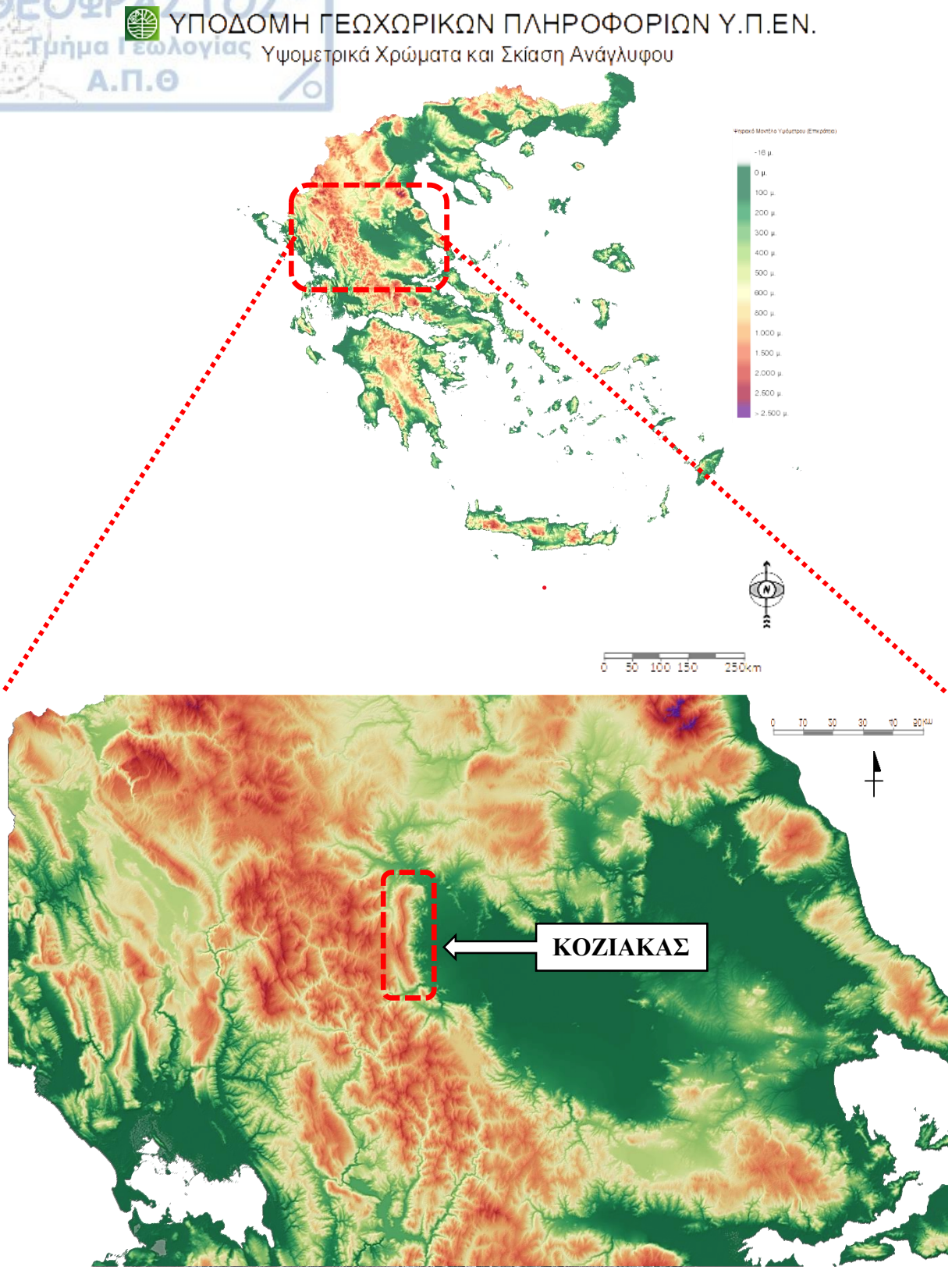
1.3 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η σύνδεση των δύο γεωλογικών φύλλων των χαρτών του ΙΓΜΕ, Καλαμπάκα και Μουζάκι, σε σχέση με την γεωλογική ερμηνεία της περιοχής. Επίσης παρατηρήθηκαν οι πτυχώσεις που σημειώνονται στους χάρτες καθώς και η εξέλιξη των κλίσεων του Ηωκαινικού φλύσχη στο όριο της ενότητας του Κόζιακα αλλά και δυτικότερα. Επιπλέον σημαντική ήταν και η σύνδεση-εύρεση ρηγμάτων που υπήρχαν στον ένα από τους δύο χάρτες, ενώ στη πραγματικότητα βρέθηκε η συνέχειά τους και στον άλλο. Τέλος μια απαίτηση, που δημιουργήθηκε κατά την πορεία της εργασίας, ήταν ένα οπτικό αποτέλεσμα που να περιγράφει εύκολα τα δεδομένα της εργασίας, κι έτσι δημιουργήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο που είναι αναρτημένο στο διαδίκτυο.

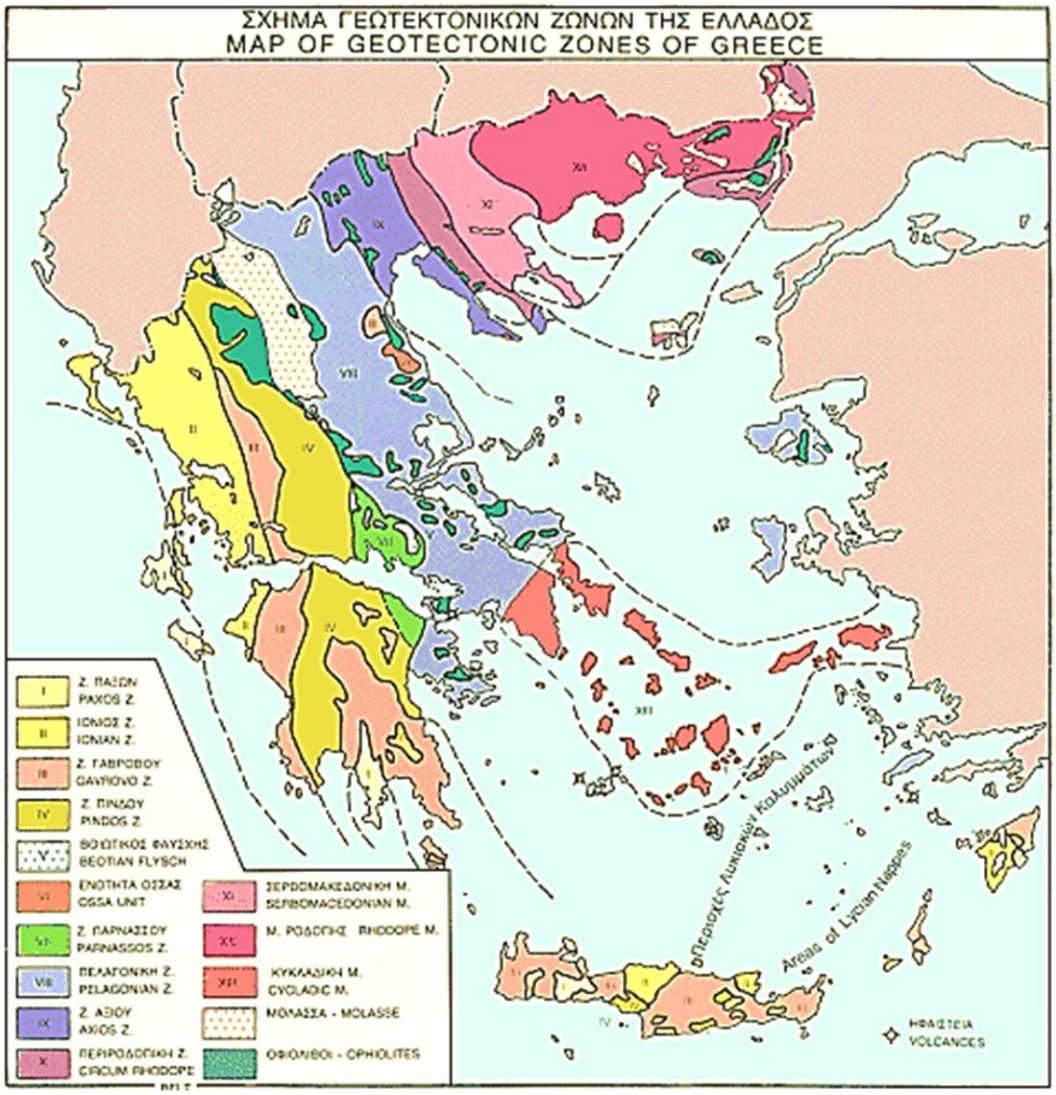
1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΙΚΟΝΩΝ



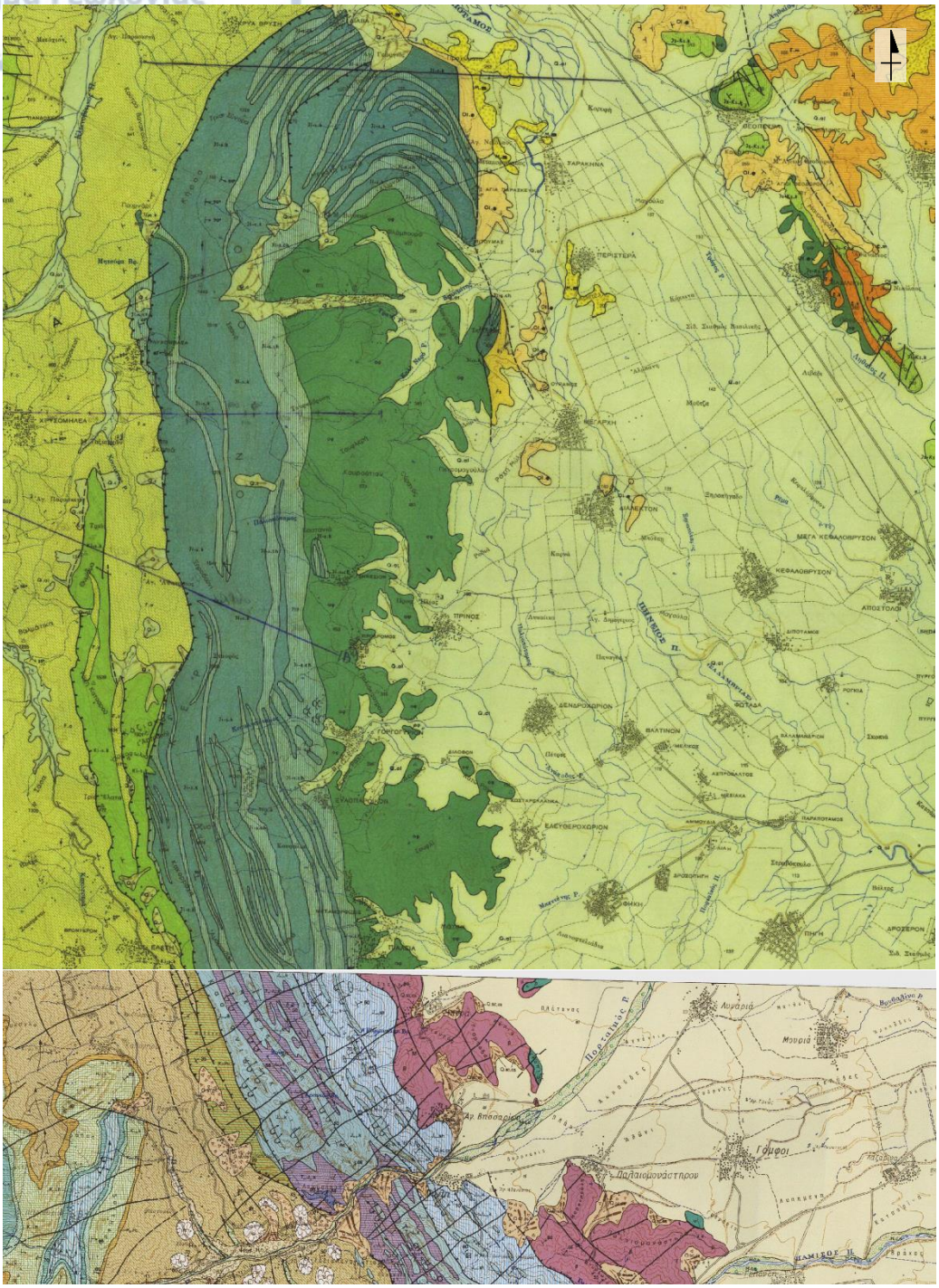
Εικ. 1.45 Περιγραφή εικόνας και δεδομένων.
(Βιβλιογραφία)



Εικ.1.1 Η οροσειρά του Κόζιακα και η γεωγραφική της θέση στην Ελλάδα.
(Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών Υ.Π.ΕΝ. χάρτης: υψομετρικά χρώματα και σκίαση αναγλύφου, πρόσβαση 13/05/2022)



Εικ.1.2 Γεωτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας
(Π. Βασάλου και Π. Γελαντάλη, Γραφείο Εκδόσεως Γεωλογικών Χαρτών)



Εικ.1.3 Τμήματα των δύο φύλλων γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ που χρησιμοποιήθηκαν. (Πάνω: ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. Κάτω: ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

2. Βιβλιογραφική έρευνα στη περιοχή

2.1 ΖΩΝΗ ΩΛΟΝΟΥ-ΠΙΝΔΟΥ

2.1.1 Παλαιογεωγραφική και Γεωτεκτονική θέση

Σύμφωνα με τον Μουντράκης, 2010, για την ζώνη Ωλονού – Πίνδου, ισχύουν τα παρακάτω: αρχικά, οφείλει το όνομά της στο βουνό Ωλονό της Πελοποννήσου και στην οροσειρά της Πίνδου, όπου γίνεται και η κύρια ανάπτυξη της ζώνης. Ονομάστηκε έτσι από τον Philippson το 1898 ενώ χρησιμοποιείται πλέον και ο απλός όρος «Ζώνη Πίνδου» που δόθηκε από τον Aubouin το 1959. Η ζώνη εκτείνεται από τα Ελληνοαλβανικά σύνορα στο βορρά, συνεχίζει στον κορμό της ηπειρωτικής Ελλάδας κατά μήκος της οροσειράς της Πίνδου, με τα επιμέρους βουνά: Λάκμων στη Βόρεια Πίνδο, Αθαμανικά όρη ή Τζουμέρκα, Άγραφα, Αιτωλικό, Βαρδούσια στην Στερεά Ελλάδα και στην Πελοπόννησο στα βουνά: Παναχαϊκό και Ωλονό (εικ.1.4). Ακολουθώντας την κάμψη Α-Δ του Διναροταυρικού τόξου, εμφανίσεις της Ζώνης Πίνδου εντοπίζονται και στα νησιά Κρήτη και Ρόδο.

Η ζώνη θεωρήθηκε ως η πιο βαθιά Ελληνική αύλακα, μεταξύ των υβωμάτων της Πελαγονικής στα ανατολικά και του Γαβρόβου στα δυτικά. Σύμφωνα με σύγχρονες απόψεις, αντιπροσωπεύει μαζί με την Υποπελαγονική ζώνη, τον παλιό κατεστραμμένο ωκεανό της Νέο-Τηθύος, όπως πιστεύουν οι περισσότεροι ερευνητές.

Ο κύριος ερευνητής της ζώνης, Abouin (1959), τη διαίρεσε σε τρείς παλαιογεωγραφικές υποζώνες:

- Την «Υπερπινδική Υποζώνη», που αποτελεί την ανατολική πλευρά της αύλακας, με μεταβατικά ιζήματα μεταξύ της ζώνης Πίνδου και της Υποπελαγονικής ζώνης. Η υποζώνη αυτή συγκροτείται από δύο ενότητες πετρωμάτων, του βουνού Κόζιακα και των Θυμιανών.
- Την αξονική υποζώνη με ιζήματα πιο βαθιάς θάλασσας.
- Την «Εξωτερική Πίνδο», που αποτελεί την δυτική πλευρά της αύλακας, μεταβατική προς το ύβωμα Γαβρόβου.

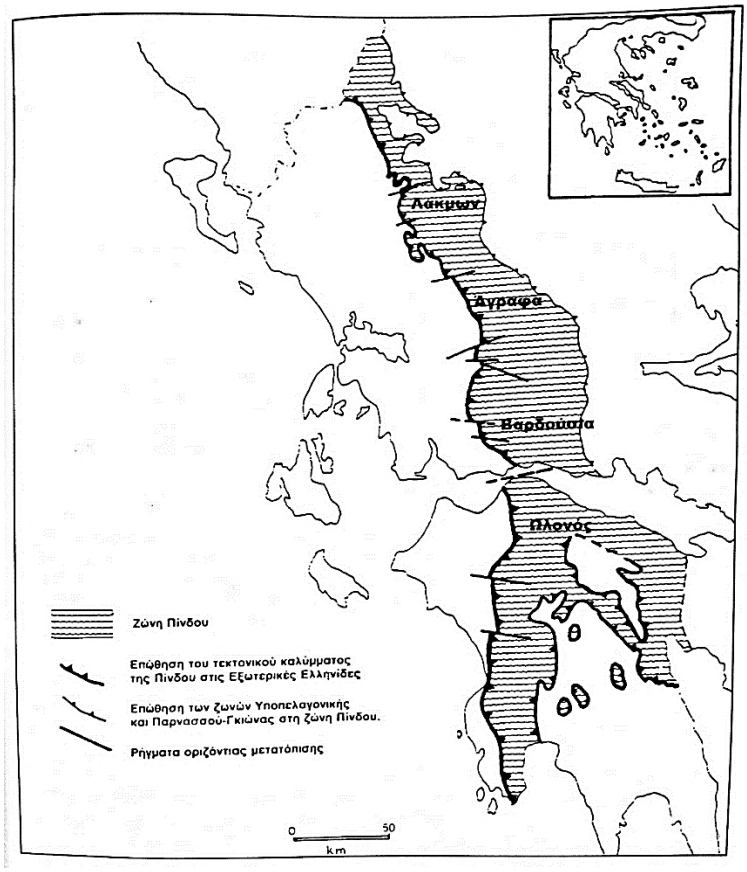
Οι λιθοστρωματογραφικές στήλες στην εικόνα 1.5, απεικονίζουν τις παλαιογεωγραφικές διαφορές των τριών υποζωνών.

Η παραπάνω διαίρεση αναφέρεται και σήμερα στη βιβλιογραφία, παρόλα αυτά δεν θεωρείται ουσιαστική για την γεωτεκτονική εξέλιξη των Ελληνίδων. Οι σύγχρονες αντιλήψεις υποστηρίζουν ότι οι ζώνες Πίνδου και Υποπελαγονικής αντιπροσωπεύουν μαζί τον ωκεάνιο χώρο της Νέο-Τηθύος που βρίσκονταν δυτικά της Πελαγονικής. Η άποψη αυτή ενισχύεται από την παρουσία των οφειολίθων στην ενότητα του Κόζιακα, της Υπερπινδικής υποζώνης, καθώς

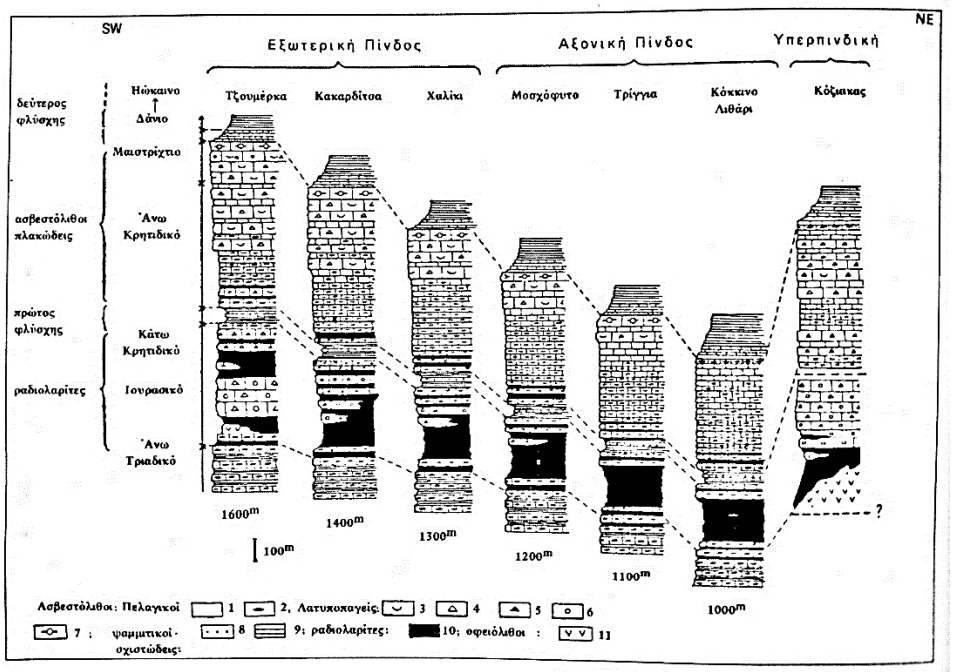
και από τη μεγάλη παρουσία της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης στις δύο ζώνες, κάτι που αποτελεί χαρακτηριστικό κοινό τους γνώρισμα

Προβληματισμούς στην επιστημονική κοινότητα προκαλεί η απουσία των οφειολίθων από τη μεγαλύτερη έκταση της ζώνης Πίνδου. Κυριότερο ζήτημα αποτελεί η μη ύπαρξη συμπτυχωμένων δομών των δύο σειρών ωκεάνιων ιζημάτων, δηλαδή της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και των οφειολίθων. Αντίθετα στην Υποπελαγονική ζώνη έχουν βρεθεί συμπτυχωμένες δομές και καθώς μαζί με την ζώνη Πίνδου συγκροτούν τον ωκεανό, οδήγησαν στην αμφισβήτηση του ωκεάνιου χαρακτήρα της δεύτερης. Αντίθετα προτείνονταν ο χαρακτήρας της βαθιάς ηπειρωτικής λεκάνης με πελαγική ιζηματογένεση.

Η λύση δόθηκε με ένα νέο μοντέλο σχετικά με την αιτιολόγηση της θέσης των οφειολίθων. Οι οφειόλιθοι με την καταστροφή και την υποβύθιση του ωκεανού, τοποθετήθηκαν με επώθηση πάνω στο δυτικό Πελαγονικό περιθώριο και έτσι βρίσκονται σήμερα συμπτυχωμένοι με την σχιστοκερατολιθική διάπλαση μόνο εκεί. Αντίθετα στο δυτικό τμήμα του ωκεανού, δηλαδή στη ζώνη Πίνδου, δεν έγινε επώθηση των οφειολίθων, αλλά βρίσκονται μόνο τα ωκεάνια ιζήματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, ενώ οι οφειολιθικές μάζες που βρίσκονται στη βόρεια Πίνδο και στον Κόζιακα, τοποθετήθηκαν τεκτονικά επάνω στα ιζήματα της ζώνης Πίνδου πολύ μεταγενέστερα.



Εικ.1.4 Χάρτης του χώρου επέκτασης του τεκτονικού καλύμματος της Πίνδου στην ηπειρωτική Ελλάδα (Ζούρος 1993). Αναφέρονται τα κύρια βουνά της οροσειράς της Πίνδου.
(Μουντράκης, 2010 « Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας»)



Εικ. 1.5 Διαδοχικές λιθοστρωματογραφικές στήλες που απεικονίζουν την παλαιογεωγραφική διαίρεση της ζώνης Πίνδου σε τρείς υποζώνες κατά τον Aubouin (1959).
((Μουντράκης, 2010): « Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας»)

2.1.2 Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη

Ο Μουντράκης, 2010, αναφέρει ότι τα πρώτα Αλπικά ιζήματα στην ζώνη της Πίνδου είναι ηλικίας Μέσου-Άνω Τριαδικού. Τα πρώτα ιζήματα συνιστούν μια κλαστική ιζηματογένεση Μέσου Τριαδικού και είναι ψαμμίτες, πυριτόλιθοι, μάργες και ασβεστόλιθοι. Έπειτα στο Άνω Τριαδικό εξελίσσονται σε ασβεστιτικούς τουρβιδίτες Καρνίου, ασβεστόλιθους με παρεμβολές κερατόλιθων, ασβεστόλιθους Ammonitico Rosso καθώς και ηφαιστειοϊζηματογενή υλικά με ανδεσίτες, τόφφους και ορισμένες φορές βασάλτες. Μέσα στα ασβεστολιθικά ιζήματα του Τριαδικού εντοπίσθηκαν απολιθώματα Halobia sp. και κωνόδοντων.

Υπάρχουν διάφορες ερμηνείες για τα παραπάνω ηφαιστειακά πετρώματα του Τριαδικού:

- Η επικρατέστερη άποψη είναι ότι πρόκειται για ηφαιστειότητα συνδεδεμένη με την αρχική ηπειρωτική διάρρηξη του Περμοτριαδικού, όπως η ανάλογη του δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου, και αντιστοιχεί στο δυτικό όριο του ωκεανού της Πίνδου με την Απούλια πλάκα (ζώνη Γαβρόβου). Η ερμηνεία αυτή υποστηρίζεται από την ηλικιακή αντιστοιχία των ηφαιστειακών στα δύο περιθώρια και από την αντιστοιχία των κλαστικών ιζημάτων που τα συνοδεύουν.

- Μια δεύτερη άποψη υποστηρίζει ότι πρόκειται για ηφαιστειότητα που οφείλεται σε ενδοωκεάνια υποβύθιση της περιόδου του Τριαδικού.
- Μια τρίτη άποψη υποστηρίζει ότι πρόκειται για ηφαιστειότητα εντός του ωκεανού και ειδικότερα στη δυτική κατωφέρεια της Απουλίας ηπειρωτικής πλάκας προς τον ωκεανό της Τηθύος.

Κατά το διάστημα του Ιουρασικού, υπήρξε συνεχής απόθεση ωκεάνιων ιζημάτων βαθιάς θάλασσας. Πιο συγκεκριμένα : ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι, άργιλοι, ψαμμίτες, πελαγικοί πυριτικοί ασβεστόλιθοι και ιάσπιδες, που όλα μαζί συνθέτουν την «σχιστοκερατολιθική διάπλαση» με τα εντυπωσιακά πράσινα χρώματά της. Το πάχος της υπολογίζεται σε 150-200m. Στην εικόνα 1.6 παρουσιάζεται η παλαιότερη στρωματογραφική στήλη της ζώνης Ωλονού-Πίνδου, του Μουντράκη, 2010 ενώ στην εικόνα 1.7 παρουσιάζεται η πιο περίπλοκη, συνθετική στρωματογραφική στήλη της ζώνης, των Karakitsios V., Tsikos H., Agiadi - Katsiaouni K., Dermitzoglou S., Chatziharalambous E. 2007, από Μουντράκη, 2010.

Ο Κόζιακας αποτελεί μια από τις περιοχές των περιθωρίων της ζώνης, όπου μαζί με τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση εμφανίζονται και οφειολιθικές μάζες. Υπήρξε για μεγάλο διάστημα ο προβληματισμός, αν ανήκουν στη ζώνη Πίνδου ή στην Υποπελαγονική ζώνη, κάτι που μελετήθηκε από άλλους επιστήμονες και θα παρατεθεί στα επόμενα κεφάλαια.

Ο 1^{ος} φλύσχης της Πίνδου, αποτελεί τη προς τα πάνω εξέλιξη της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης. Αποτελείται από μια σειρά ρυθμικών εναλλαγών από πελίτες, ψαμμίτες, μάργες, ραδιολαρίτες, πελαγικούς και λατυποπαγείς ασβεστόλιθους. Είναι ηλικίας Κάτω Κρητιδικού και παρόλο που οι εναλλαγές αυτές θυμίζουν συμπεριφορά φλύσχη, ο χαρακτηρισμός αμφισβητείται επειδή μετά την απόθεσή του δεν ακολούθησε ανάδυση. Αντίθετα η ιζηματογένεση συνεχίστηκε αδιάλειπτα στο Άνω Κρητιδικό χωρίς καμία ασυμφωνία, με ιζήματα πάχους 500 m. : πελαγικών πλακωδών ασβεστόλιθων, πυριτικές και αργιλικές ενστρώσεις, ασβεστιτικούς τουρβιδίτες και μάργες.

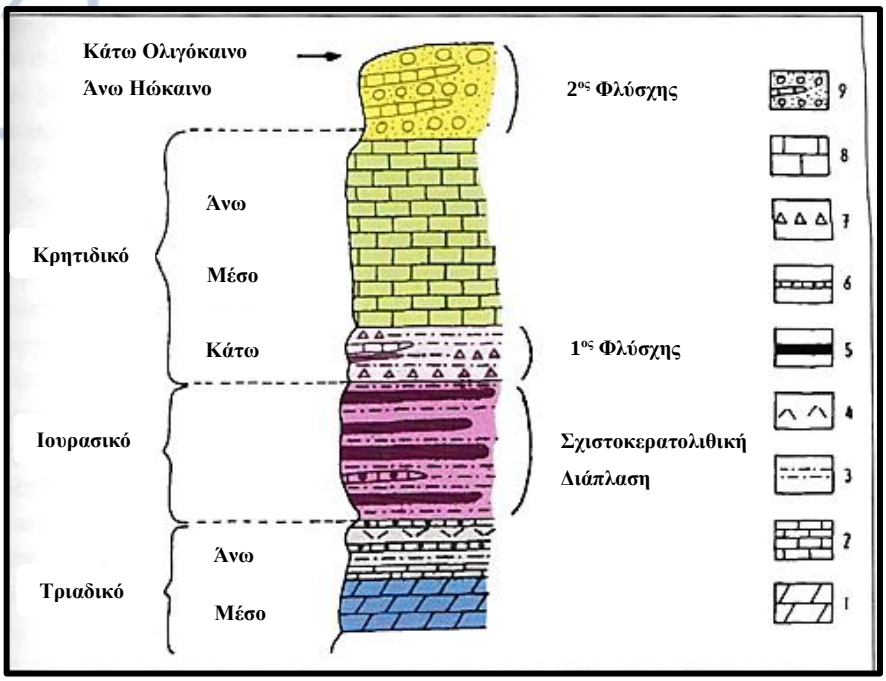
Ο 2^{ος} φλύσχης της Πίνδου, αποτίθεται από τα τέλη του Κρητιδικού (Μαιστρίχτιο-Δάνιο) και κατά τη διάρκεια του Τριτογενούς μέχρι το Άνω Ηώκαινο. Η ιζηματογένεση όλη αυτή την περίοδο έχει τροποποιηθεί και έχει γίνει περισσότερο ασβεστομαργαϊκή, μεταβατική προς τον Τριτογενή αυτό φλύσχη. Αποτελεί τον κύριο και πιο αντιπροσωπευτικό φλύσχη του Ελληνικού χώρου με ρυθμικές εναλλαγές ψαμμιτών και μαργών, ενώ σπανιότερα παρατηρούνται εναλλαγές κροκαλοπαγών και ασβεστόλιθων.

Ο άγριος φλύσχης(wild flysch) της ζώνης Πίνδου, ηλικίας Ηωκαίνου, είναι χαρακτηριστικός για θέσεις υποβύθισης(subduction) όπως η συγκεκριμένη και παρουσιάζει

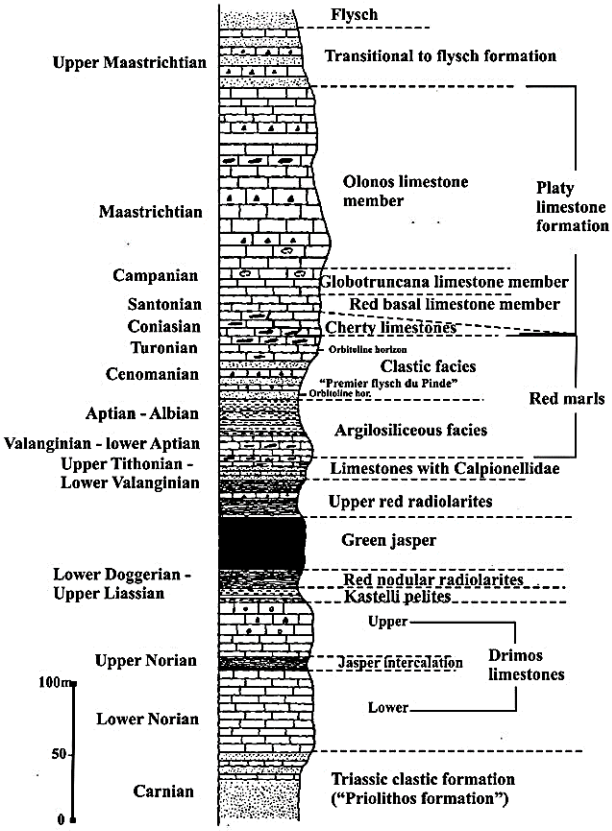
ωραίες πτυχωμένες εικόνες. Η δομή του σχηματισμού είναι ένα «χαοτικό μίγμα», προϊόν των ιζηματογενών διεργασιών και της τεκτονικής. Όγκοι ολισθολίθων με διαστάσεις από μερικά εκατοστά μέχρι και πολλά μέτρα εμφανίζονται μέσα στα αργιλοψαμμιτικά ιζήματα του φλύσχη. Προερχόμενοι από τη ψαμμιτική φάση που είχε αναδυθεί λίγο νωρίτερα, συμπαρασύρθηκαν και υπέστησαν έντονο τεκτονισμό κατά την υποβύθιση, καταλήγοντας μέσα στην αργιλική φάση του φλύσχη.

Τα μολλασικά ιζήματα ηλικίας Ολιγοκαίνου, επικάθονται ασύμφωνα πάνω στον πτυχωμένο 2^{ο} φλύσχη της Πίνδου και υποδεικνύουν το τέλος της απόθεσης του στο Ανώτερο Ηώκαινο. Έτσι ολοκληρώνεται η Αλπική ιζηματογένεση στη ζώνη της Πίνδου και διαμορφώνεται η δομή της λιθοστρωματογραφικής στήλης της εικόνας 1.6.

1.δολομίτες
2.πλακώδεις ασβεστόλιθοι
3.αργιλοψαμμίτες
4.ηφαιστειοϊζηματογενή
5.κερατόλιθοι
6.ασβεστόλιθοι με πυριτικές ενστρώσεις
7.λατυποπαγή
8.ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι
9.σχηματισμός φλύσχη
Τριτογενούς



Εικ. 1.6 Σχηματική λιθοστρωματογραφική στήλη, αντιπροσωπευτική ζώνης Ωλονού- Πίνδου (Μουντράκης, 2010. : «Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας»)



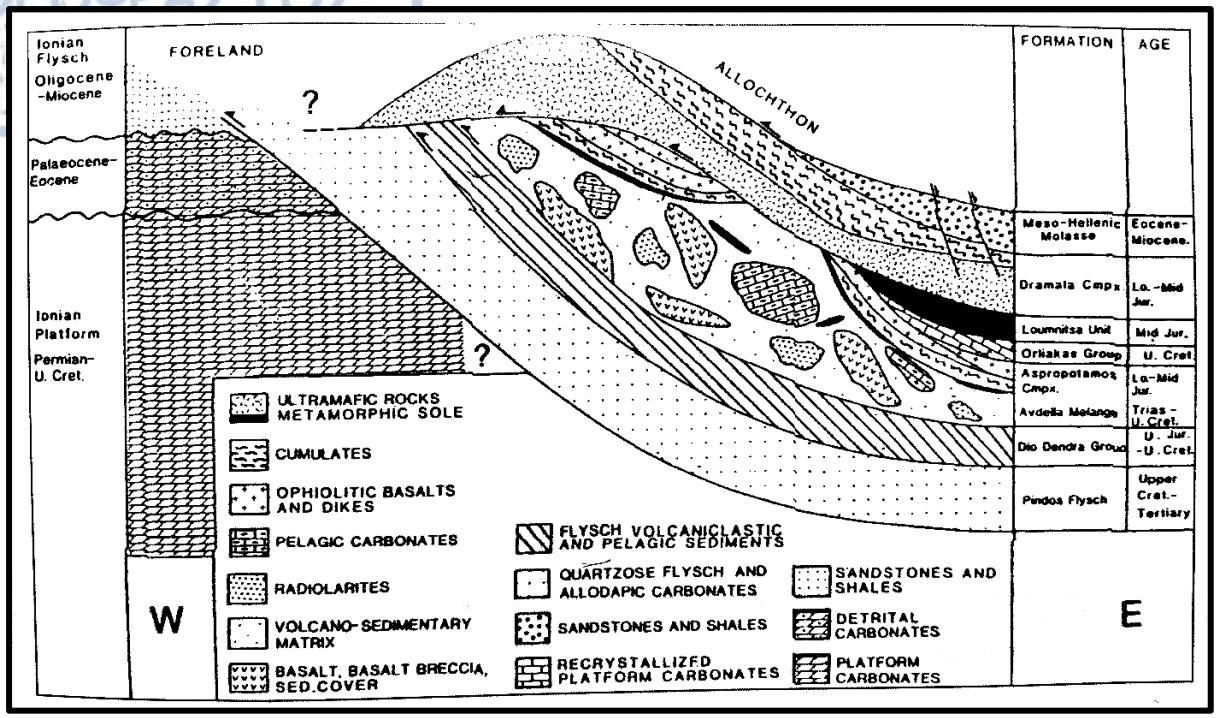
Εικ. 1.7 Συνθετική στρωματογραφική στήλη ζώνης Ωλονού – Πίνδου (Karakitsios V., Tsikos H., Agiadi - Katsiaouni K., Dermitzoglou S., Chatziharalambous E. 2007, από Μουντράκης, 2010.)

Οι οφειόλιθοι της Πίνδου, παρόλο που ονομάζονται έτσι τοποθετήθηκαν τεκτονικά πάνω στο Τριτογενή φλύσχη της Πίνδου, προέρχονται από την Υποπελαγονική ζώνη και όχι από τη ζώνη της Πίνδου, γεγονός που υποστηρίζεται από την απουσία τους στα λέπια της ζώνης Πίνδου και στα λέπια του Τριτογενή φλύσχη. Αντιπροσωπεύουν σχεδόν ιδανικά την οφειολιθική ακολουθία με βασικά, υπερβασικά, πλουτωνικά και ηφαιστειακά πετρώματα.

Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Jones & Robertson, 1991, από Μουντράκη, 2010, διακρίνονται στις παρακάτω ομάδες πετρωμάτων:

- Ομάδα Δράμαλας: αποτελείται από υπερβασικά πετρώματα, σερπεντινιωμένα, χαρτζβουργίτες, δουνίτες, πυροξενίτες ηλικίας Μέσου Ιουρασικού.
- Ομάδα Ασπροποτάμου: αποτελείται από πλουτωνικά, όπως δουνίτες και γάββρους, ηφαιστειακά, όπως μαξιλαροειδείς λάβες, μαζώδεις λάβες βασαλτικής σύστασης και υαλοκλαστίτες, κι όλα μαζί συμπτυχωμένα με ωκεάνια ιζήματα όπως ραδιολαριτικούς κερατόλιθους και πυριτιόλιθους.
- Ομάδα Λουμνίτσας: αποτελείται από πετρώματα της «μεταμορφικής σόλας» των οφειολίθων και των ωκεάνιων ιζημάτων. Αμφιβολίτες, μεταβασίτες, γρανατούχοι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, μάρμαρα και χαλαζίτες, υποδηλώνουν αμφιβολιτική έως πρασινοσχιστολιθική μεταμόρφωση ηλικίας Μέσου-Άνω Ιουρασικού (160-175 Ma)
- Melange Αβδέλλας: αποτελείται από τεκτονικά μίγματα βασαλτών, ωκεάνιων ιζημάτων και μεταμορφωμένων πετρωμάτων της «μεταμορφικής σόλας». Οι βασάλτες εμφανίζονται σε όγκους διαμέτρου 200 m. μέσα στα ιζήματα. Τα ωκεάνια ιζήματα είναι ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι, μάργες και ψαμμίτες, ηλικίας Άνω Τριαδικού-Ιουρασικού.
- Ομάδα Όρλιακα: αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα ηλικίας Άνω Κρητιδικού με απολιθώματα ρουδιστών και υπέρκειται κανονικά των οφειολίθων.
- Ομάδα Δύο Δέντρων: αποτελείται από λέπια πελαγικών-ημιπελαγικών ιζηματογενών πετρωμάτων, όπως ασβεστόλιθοι με Calpionelles, Βοιωτικός πρώτος φλύσχης Πίνδου Κρητιδικού, πελαγικοί ασβεστόλιθοι Μέσου-Άνω Κρητιδικού.

Η δομή της παραπάνω οφειολιθικής σειράς, παρουσιάζεται και στην εικόνα 1.8 , των Jones & Robertson, 1991.



Εικ. 1.8 Τεκτονικό σκαρίφημα αναπαράστασης της τεκτονικής θέσης και της σύνθεσης της οφειολιθικής μάζας της Πίνδου και των συνοδών ιζημάτων της.
(Jones & Robertson, 1991)

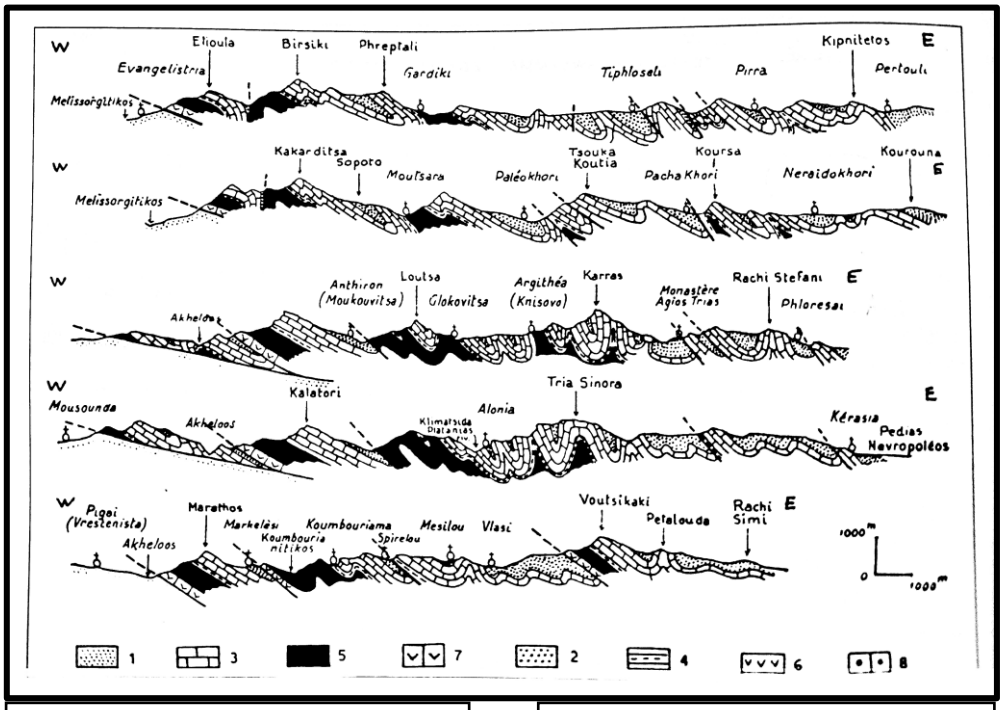
2.1.3 Τεκτοορογενετική εξέλιξη

Κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Ηωκαίνου-Κάτω Ολιγοκαίνου, έλαβε χώρα η τελική ορογένεση, πτύχωση και ανάδυση των στρωμάτων της ζώνης Πίνδου. Εξαιτίας της τελικής ηπειρωτικής σύγκρουσης της Απούλιας πλάκας με την ενωμένη Ευρασιατική πλάκα, δημιουργήθηκαν ισχυρές συμπιεστικές τάσεις που οδήγησαν σε ορογένεση και πτύχωση. Η ίδια φάση πτυχώσεων, συνόδευσε την προς τα δυτικά επώθηση της Πίνδου επάνω στη ζώνη Γαβρόβου, υπό μορφή τεκτονικού καλύμματος, όπου κατά θέσεις ξεπέρασε τα 100 km. και δημιούργησε τα «τεκτονικά λέπια».

Σε ορισμένες θέσεις το κάλυμμα της Πίνδου υπερκαλύπτει τη ζώνη Γαβρόβου και εμφανίζεται τοποθετημένο τεκτονικά επάνω στην Αδριατικοϊόνιο ζώνη. Σε άλλες θέσεις τα τεκτονικά λέπια της Πίνδου δημιουργούν συνεχείς επαναλήψεις των στρωμάτων της ζώνης, επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Αυτή η συσσώρευση των καλυμμάτων οδηγεί σε διόγκωση του φλοιού. Σε όλη την έκταση της ζώνης έχουν δημιουργηθεί κατά τη πτύχωση, εγκάρσια ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης που διακόπτουν

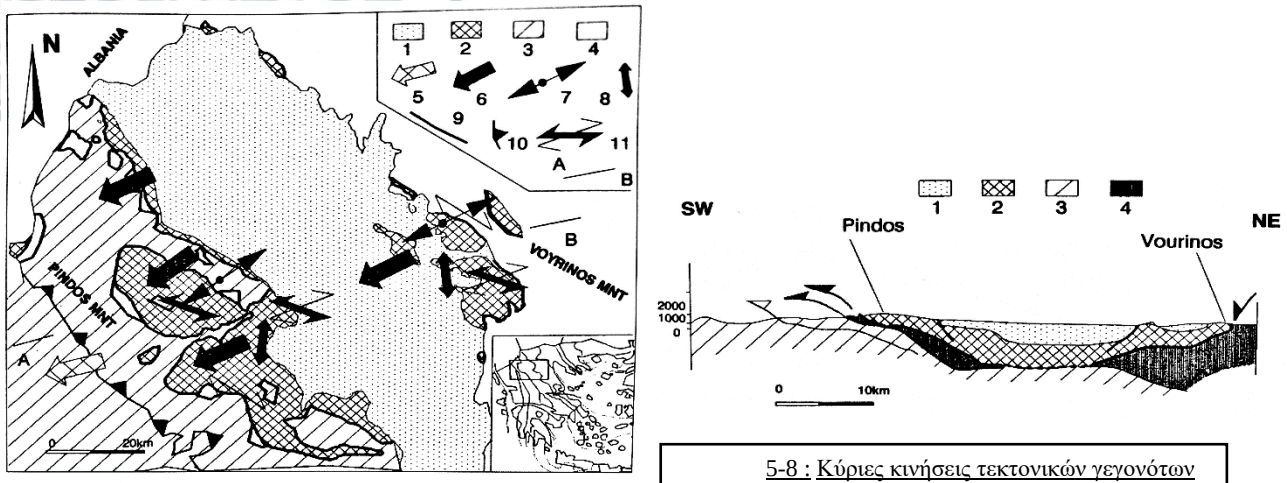
την επιμήκη συνέχεια των λεπιών. Τα παραπάνω παρατηρούνται στην εικόνα 1.9 σύμφωνα με τον Aubouin, 1959.

Οι οφειολιθικές μάζες τοποθετήθηκαν τεκτονικά επάνω στα στρώματα της ζώνης Πίνδου, κατά τη διάρκεια της τελικής Τριτογενούς πτύχωσης, μετά τη λήξη της ιζηματογένεσης. Είναι γενικότερα αποδεκτό ότι επωθήθηκαν από τον δυτικό ωκεάνιο χώρο της Υποπελαγονικής, μετά την απόθεση του φλύσχη. Μια δεύτερη θεωρία, υποστηρίζει ότι έπειτα από τη λεπίωση του φλύσχη στο Άνω Ηώκαινο, ακολούθησε εφελκυστική τεκτονική κατά το Ολιγόκαινο, με κίνηση προς τα ΝΔ, προκαλώντας τη κατάρρευση του ορογενούς και την ολίσθηση των οφειολίθων από την Υποπελαγονική, επάνω στο φλύσχη της Πίνδου. Η εφελκυστική τεκτονική έχει αποτυπωθεί στις οφειολιθικές μάζες Πίνδου και Βούρινου όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.10 σύμφωνα με Mountrakis, D. et al, 1993.



1. Φλύσχης Αδριατικοϊονίου ζώνης	2. Φλύσχης ζώνης Πίνδου
3. Ασβεστόλιθοι Άνω Κρητιδικού	4. Σχηματισμοί Κάτω Κρητιδικού
5. Ραδιολαρίτες	6. Βασικά Πυριγενή πετρώματα
7.Σχηματισμός Τριαδικού	8.Σχηματισμός Τριαδικού

Εικ. 1.9 Αντιπροσωπευτικές γεωλογικές τομές των σχηματισμών της ζώνης Πίνδου στην Νότια Ήπειρο – Δυτική Θεσσαλία.
(Aubouin, 1959, από Μουντράκης, 2010. : «Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας»)



1. Μολασσικοί σχηματισμοί Μεσοελληνικής αύλακας
2. Οφειόλιθοι
3. Εξωτερικές Ελληνίδες
4. Πελαγονική-Υποπελαγονική ζώνη

5-8 : Κύριες κινήσεις τεκτονικών γεγονότων
5. Ανώτερο Ηώκαινο
6. Κάτω Ολιγόκαινο
7-8. Μέσο-Άνω Μειόκαινο
9. Τεκτονική επαφή

Εικ. 1.10 Σχηματικός χάρτης και τομή της περιοχής Βούρινου-Μεσοελληνικής αύλακας-Πίνδου στη Δυτική Μακεδονία-Ήπειρο που δείχνει τη κινηματική εξέλιξη των οφειολίθων και την Τριτογενή τοποθέτηση τους πάνω στο φλύσχη της ζώνης Πίνδου.
(Mountrakis, D. et al, 1993, από Μουντράκης, 2010. *:* «Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας»)

2.2 ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

2.2.1 Παλαιογεωγραφική και Γεωτεκτονική θέση

Σύμφωνα με τον Μουντράκη, 2010, για την ζώνη της Υποπελαγονικής, ισχύουν τα παρακάτω: στο δυτικό άκρο της Πελαγονικής ζώνης εκτείνεται η Υποπελαγονική ζώνη, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ όπως οι υπόλοιπες Ελληνίδες, από την Αλβανία, κατά μήκος του κύριου κορμού της Ελλάδας, στη Δυτική Θεσσαλία και στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα, στη Σαλαμίνα, στην Ύδρα και την Ανατολική Πελοπόννησο, συνεχίζοντας πιθανόν στη Κω και την Μ.Ασία. Καλύπτει επίσης την Κεντρική Εύβοια και συνεχίζει στο νησί της Χίου, δημιουργώντας ένα σύνθετο σχήμα γύρω από την Αττικοκυκλαδική. Στη ζώνη αυτή ανήκουν επίσης τα βουνά Όθρυς, Καλλίδρομο, Ελικών, Κιθαιρών, Πάρνηθα, Χλωμόν, και Γεράνια.

Ονομάστηκε Υποπελαγονική πρώτη φορά από τον Aubouin, 1959, τονίζοντας την στενή σύνδεσή της με την Πελαγονική ζώνη. Η παλαιογεωγραφική της θέση καθορίστηκε ως

η δυτική κατωφέρεια του υβώματος της Πελαγονικής προς την αύλακα της Πίνδου. Η ιζηματογένεση έχει χαρακτήρα ενδιάμεσης μεταξύ νηριτικής και πελαγικής φάσης.

Ένα από τα κύρια γνωρίσματα της Υποπελαγονικής είναι οι εμφανίσεις οφειολίθων και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση που τις συνοδεύει. Η σπουδαιότερη οφειολιθική ακολουθία βρίσκεται στο βουνό Όθρυς. Οι οφειόλιθοι αυτοί ονομάζονται εξωτερική οφειολιθική λωρίδα της Ελλάδας, γνωστή και ως ERO (External Ophiolites Complex). Έτσι η ζώνη αυτή θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την οφειολιθική συρραφή της ωκεάνιας περιοχής Δυτικά του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους και μαζί με την ζώνη Πίνδου αντιστοιχούν σε ένα ενιαίο ωκεάνιο χώρο.

Η γεωτεκτονική θέση της Υποπελαγονικής θεωρείται αντίστοιχη με την υποζώνη Αλμωπίας, καθώς οι οφειόλιθοι μαζί με τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι επάνω σε νηριτικά ανθρακικά πετρώματα του δυτικού ηπειρωτικού περιθωρίου της Πελαγονικής. Αντίστοιχα οι οφειολιθικές μάζες της Αλμωπίας βρίσκονται επωθημένες πάνω σε ανθρακικά πετρώματα του ηπειρωτικού περιθωρίου.

Σύμφωνα με τον Τσελεπίδη, 2006, η Υποπελαγονική διακρίνεται από την Πελαγονική με λεπτομερειακή παλαιοντολογική και ιζηματολογική μελέτη. Πιο συγκεκριμένα κύριο χαρακτηριστικό της διάκρισης αποτέλεσαν οι ασβεστόλιθοι Hallstatt, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν ιζηματογένεση βαθιάς θάλασσας μακριά από ηπειρωτική κατωφέρεια. Αποτέθηκαν πάνω σε θαλάσσιο ύβωμα, χωρίς ηπειρωτική επιρροή και παρατηρούνται μόνο στην Υποπελαγονική διακρίνοντάς την από την Πελαγονική.

2.2.2 Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη

Το προαλπικό υπόβαθρο της ζώνης είναι το ίδιο Παλαιοζωικό υπόβαθρο με της Πελαγονικής, κι αποτελείται από γνευσίους, μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, αμφιβολίτες και παρεμβολές μαρμάρων. Αποτελείται ουσιαστικά από πετρώματα του δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου όπου επάνω τους αποτέθηκαν τα Τριαδικοϊουρασικά ανθρακικά πετρώματα.

Εκτός των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, υπάρχουν ανά θέσεις και ημιμεταμορφωμένα ιζηματογενή στρώματα του Παλαιοζωικού. Στην Κω έχουν βρεθεί μαύροι σχιστοποιημένοι ασβεστόλιθοι, περιβαλλόμενοι από αργιλικούς σχιστολίθους και ψαμμίτες με απολιθώματα ηλικίας Σιλουρίου Fenestella cornicola και Orthis noctilio. Επάνω τους ακολουθούν κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, μάρμαρα Δεβονίου και σχιστώδεις ασβεστόλιθοι Άνω Λιθανθρακοφόρου. Στην Χίο υπάρχει μια σειρά προαλπικών ιζημάτων, με λεπτομερή Παλαιοζωική στρωματογραφία. Πιο συγκεκριμένα από πάνω προς τα κάτω: Ασβεστόλιθοι και

μάργες Μ.Περμίου, ασβεστόλιθοι Λιθανθρακοφόρου-Κ.Περμίου με απολιθώματα Fusulinidae και κοραλλιών, κλαστική σειρά με γραουβάκες, ψαμμίτες, αργιλικούς σχιστολίθους και ασβεστόλιθους Σιλουρίου-Λιθανθρακοφόρου με απολιθώματα τριλοβιτών και γραπτολίθων. Επίσης στην Εύβοια παρατηρείται η εξής Παλαιοζωική σειρά από πάνω προς τα κάτω: ασβεστόλιθοι, μάρμαρα και σιπολίνες με ενστρώσεις χαλαζιτών και σχιστόλιθων Περμίου με απολιθώματα Fusulinidae, αργιλικοί σχιστόλιθοι-φυλλίτες που εξελίσσονται πλευρικά σε κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, αρκόζες και σπάνιες ενστρώσεις ασβεστολίθων Λιθανθρακοφόρου, και μάρμαρα Δεβονίου. Άνω Παλαιοζωικά στρώματα βρέθηκαν και στη Λοκρίδα, στον Κιθαιρώνα την Πάρνηθα, την Όθρυ την Ύδρα και τη Σαλαμίνα.

Σε ότι αφορά την Αλπική λιθοστρωματογραφική εξέλιξη και δομή, η Υποπελαγονική ζώνη παρουσιάζει τρείς διαφορετικές τεκτονοστρωματογραφικές διαδοχές των πετρωμάτων της.

- Η μία περιλαμβάνει μόνο την οφειολιθική ακολουθία και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας χωρίς τεκτονικό υπόβαθρο αυτών.
- Η δεύτερη περιλαμβάνει την οφειολιθική ακολουθία με τα συνοδά ιζήματα τοποθετημένη πάνω σε πελαγικά ανθρακικά πετρώματα.
- Η τρίτη περιλαμβάνει την οφειολιθική ακολουθία με τα συνοδά ιζήματα επωθημένη πάνω σε νηριτικά ανθρακικά πετρώματα ηπειρωτικού περιθωρίου, δημιουργώντας μια ίδια τεκτονική εικόνα, με το δυτικό Πελαγονικό περιθώριο.

Οι διαδοχές αυτές των πετρωμάτων αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη προς τα Δυτικά και προς τα Ανατολικά, των συνθηκών ιζηματογένεσης βαθιών ωκεανών έως νηριτικών του ηπειρωτικού περιθωρίου. Η σταδιακή εξέλιξη και οι μετέπειτα τεκτονισμοί και λεπιώσεις, μετέβαλαν κάθε γεωγραφική συνέχειά τους, μη επιτρέποντας την χάραξη ορίων ανάμεσά τους. Η μετάβαση από ωκεάνιες σε νηριτικές συνθήκες φαίνεται στην εικόνα 1.11, η οποία παρουσιάζει διαδοχικές στρωματογραφικές στήλες μιας βασικής περιοχής της ζώνης.

Σε ό,τι αφορά τα Τριαδικά πετρώματα της ζώνης, στις θέσεις που παρατηρούνται εμφανίσεις προ-οφειολιθικού ανθρακικού υποβάθρου, η αλπική ιζηματογένεση ξεκινά στο Κ.Τριαδικό (Βερφένιο), με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και παρεμβολές τοφφικών υλικών. Στη συνέχεια ανάλογα αν θέση βρισκόταν κοντά στον ωκεάνιο χώρο ή κοντά στο ηπειρωτικό περιθώριο, ακολουθούν ασβεστόλιθοι Κ.-Μ.Τριαδικού είτε πελαγικοί με πυριτικούς κονδύλους, είτε νηριτικοί με φύκη. Σε ορισμένες περιοχές της ζώνης εμφανίζονται οι χαρακτηριστικοί κόκκινοι, αμμωνιτιοφόροι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι της φάσης Hallstatt αντιπροσωπευτικοί του Μ.-Α. Τριαδικού της ζώνης.

Πολύ χαρακτηριστικός είναι στην Επίδαυρο της Αργολίδας, ο κόκκινος κονδυλώδης ασβεστόλιθος Hallstatt με πλήθος αμμωνιτών(Ammonitico Rosso). Γενικότερα η γεωλογική δομή της περιοχής Επιδαύρου-Θεοκαύτων Αργολίδας, έχει την πιο εντυπωσιακή εμφάνιση των ασβεστολίθων Hallstatt, οι οποίοι αποτέθηκαν σε φακοειδείς μορφές όλη τη διάρκεια του Κ. Ανισίου (Μ.Τριαδικό)-Νορίου (Α.Τριαδικό) , απευθείας επάνω σε στρώματα κερατοφυρικών τόφφων ηλικίας Σκυθίου(Κ.Τριαδικό). Επάνω στους ασβεστόλιους Hallstatt αποτέθηκε μια ανεστραμμένη σειρά, μέσω μεταγενέστερης επώθησης. Η κανονική διαδοχή της είναι: πλακώδεις ασβεστόλιθοι Κ.-Μ. Λαδινίου(Μ.Τριαδικό) , ασβεστόλιθοι με κερατόλιθους Λαδινίου(Μ.Τριαδικό)-Λιασίου(Κ.Ιουρασικό) και η παχιά ιζηματογένεση ραδιολαριτών Μ.-Α. Ιουρασικού, σύμφωνα με τον Τσελεπίδη, 2006.

Στις περιοχές της ζώνης που παρατηρείται το Παλαιοζωικό υπόβαθρο, υπάρχει συνήθως κροκαλοπαγές βάσης Σκυθίου και ακολουθούν από πάνω ασβεστόλιθοι Hallstatt. Στις περιοχές όμως που λείπει το υπόβαθρο, παρατηρούνται κατά το Σκύθιο, κερατοφυρικοί τόφφοι και από πάνω οι ασβεστόλιθοι Hallstatt, όπως συμβαίνει στην Αργολίδα. Στη Χίο από την άλλη, που πιθανολογείται η προέκταση της Υποπελαγονικής, η ηφαιστειότητα της περιοχής διακόπτει την ιζηματογένεση φάσης Hallstatt στο Άνω Λιάσιο. Δημιουργούνται στη θέση τους, κερατοφυρικοί τόφφοι με φακούς ασβεστολίθων Hallstatt, εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών, σχηματίζοντας έτσι μια «Πολύχρωμη Σειρά» που εμφανίζεται και στη Μ.Ασία στη περιοχή Karabouroum, σύμφωνα με τον Τσελεπίδη, 2006.

Στο Ιουρασικό οι ασβεστόλιθοι αποτελούν τη συνέχεια των ασβεστολίθων του Τριαδικού και επάνω τους βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι, σε πολλές θέσεις, οι οφειόλιθοι. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι πελαγικοί ή νηριτικοί, τυπικοί ηπειρωτικού περιθωρίου. Ηλικίας Λιασίου(Κ.Ιουρασικό), είναι μαύροι, τεφροί, περισσότερο νηριτικοί, άλλοι ηλικίας Δογγερίου-Μαλμίου(Μ.-Α.Ιουρασικό), πλακώδεις, τεφροί, συχνά ωολιθικοί ή τύπου “bird eye”, εναλλασόμενοι με αλλεπάλληλες ενστρώσεις κερατολίθων, πηλιτών και πυριτικών μαργών, υποδεικνύοντας τον πελαγικό χαρακτήρα ολόκληρης της σειράς.

Ο σημαντικότερος σχηματισμός της Υποπελαγονικής, και πολύ γνωστός στην ελληνική βιβλιογραφία, είναι η Σχιστοκερατολιθική διάπλαση, που αποτέθηκε κατά τη μεγαλύτερη περίοδο του Ιουρασικού. Εκεί όπου δεν παρατηρείται η ασβεστολιθική σειρά στο Άνω Τριαδικό, η απόθεση της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης άρχισε στο Άνω Τριαδικό. Η σχιστοκερατολιθική διάπλαση αποτελεί ωκεάνια ιζηματογένεση και συνίσταται από λεπτόκοκκα ιζήματα: κόκκινους, πράσινους, μαύρους αργιλικούς σχιστολίθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες, αργιλοπηλίτες και παρεμβολές λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστολίθων. Όλα αυτά τα ιζήματα βρίσκονται σε

συνεχείς εναλλαγές, συγκροτώντας μια σειρά μεγάλου πάχους που αντιπροσωπεύει πελαγική-ωκεάνια ιζηματογένεση.

Κατά θέσεις, τα ανώτερα στρώματα της διάπλασης, έχουν τουρβιδική εμφάνιση, προσομοιάζοντας τη φλυσχοειδή ιζηματογένεση, και επεκτείνονται μέχρι το Κ.Κρητιδικό. Μέσα στη διάπλαση βρίσκονται συχνά μικρά έως μεγαλύτερα οφειολιθικά σώματα, συμπτυχωμένα. Επίσης συχνά βρίσκονται και διεισδύσεις ηφαιστιτών όπως δολερίτες και διαβάσες, καθώς και βασικών τόφφων, δίνοντας στη διάπλαση ηφαιστειοϊζηματογενή χαρακτήρα.

Οι μεγαλύτερες μάζες οφειολίθων στην Υποπελαγονική, βρίσκονται στις περιοχές Όθρυ, Βούρινο, Καστοριά, Λοκρίδα και Κεντρική Εύβοια. Στην Όθρυ μάλιστα, συναντάται μια σχεδόν πλήρης οφειολιθική ακολουθία που περιλαμβάνει: σερπεντινίτες, χαρτσβουργίτες, δουνίτες, λερζόλιθους, νορίτες, γάββρους, διαβάσες, δολερίτες, βασάλτες, στρωματοειδείς λάβες κ.α. Στην ανώτερη στάθμη της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, εμφανίζεται ο κύριος όγκος των οφειολίθων και στη βάση της εμφανίζονται τεκτονικά οφειολιθικά μίγματα(οφειολιθικό mélange).

Η «πρώιμη ορογένεση» των Ελληνίδων, αποτελεί μια τεκτοορογενετική διαδικασία που προκάλεσε την προσωρινή ανάδυση των Εσωτερικών ζωνών και της Υποπελαγονικής. Κατά το Α.Ιουρασικό-Κ.Κρητιδικό, λάμβανε χώρα η υποβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Νεοτηθύος, και μαζί της, ένα μέρος των οφειολίθων επωθήθηκε επάνω στα ανθρακικά πετρώματα του δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου , δημιουργώντας τη σημερινή οφειολιθική συρραφή της Υποπελαγονικής

Η παραπάνω διαδικασία και τα σιδηρονικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα στη Λάρυμνα, Λακρίδα και Κεντρική Εύβοια, δείχνουν ότι ακολούθησε περίοδος χέρσευσης των οφειολιθικών μαζών, στο Κ.Κρητιδικό. Τα κοιτάσματα, δημιουργήθηκαν από τη λατεριτική αποσάθρωση των οφειολίθων και στη συνέχεια καλύφθηκαν και προστατεύθηκαν από τη διάβρωση εξαιτίας της απόθεσης των Μ.-Α.Κρητιδικών επικλυσιγενών ιζημάτων.

Κατά το Κενομάνιο έλαβε χώρα η επίκλυση της θάλασσας, με μικρές χρονικές διαφορές ανά θέσεις. Το πρώτο επικλυσιγενές στρώμα που αποτέθηκε είναι ένα τυπικό κροκαλοπαγές βάσης, ακολουθούν ασβεστόλιθοι Α.Κρητιδικού με ρουδιστές , άλλοτε νηριτικοί και άλλοτε πελαγικοί μαργαϊκοί κονδυλώδεις, με παρεμβαλλόμενα μικρού πάχους ψαμμιτικά και μαργαϊκά στρώματα. Έπειτα αποτίθεται ο φλύσχης από τις αρχές του Τριτογενούς έως το τέλος του Ηωκαίνου, μέχρι τη τελική ορογενετική δράση. Τα παραπάνω ιζήματα αποτέθηκαν με ασυμφωνία πάνω στα προϋπάρχοντα πετρώματα. Ανάλογα με τη τεκτονική δομή που δημιουργήθηκε έπειτα από τις πτυχώσεις του Α.Ιουρασικού-

Κ.Κρητιδικού, τα ιζήματα βρίσκονται τοποθετημένα πάνω στους οφειολίθους ή στα λατεριτικά κοιτάσματα ή στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση ή στα ανθρακικά πετρώματα του Τριαδικού/Ιουρασικού.

Μετά την αλπική ορογένεση, κατά το Ολιγόκαινο-Μ.Μειόκαινο, στο χώρο της Υποπελαγονικής αποτέθηκαν τα μολασσικά ιζήματα πολύ μεγάλου πάχους, σε μια μεγάλη αύλακα που δημιουργήθηκε στη τελική ορογενετική δράση του Α.Ηωκαίνου. Τα ιζήματα αυτά καλύπτουν σχεδόν εξ΄ολοκλήρου την Υποπελαγονική ζώνη στο Βορειοελλαδικό χώρο, επιτρέποντας μόνο μικρές εμφανίσεις της ζώνης επιφανειακά στα κράσπεδα της Μεσοελληνικής αύλακας.

2.2.3 Τεκτοορογενετική εξέλιξη

Σύμφωνα με τον Μουντράκη, 2010, η Πελαγονική και η Υποπελαγονική ζώνη, έχουν παρόμοια τεκτοορογενετική εξέλιξη και παρουσιάζουν σαφή αντιστοιχία των φάσεων πτυχώσεων. Κατά την ορογενετική περίοδο Α.Ιουρασικού-Κ.Κρητιδικού αναδύθηκαν οι προ-Κρητιδικοί σχηματισμοί, οδηγώντας σε χέρσευση, με δημιουργία λατεριτών, μέχρι την επίκλυση του Κενομανίου.

Αυτή την περίοδο δημιουργούνται οι πτυχές JE_2 του Κ.Κρητιδικού, στο χώρο της Υποπελαγονικής, οι οποίες είναι κλειστές ή ανοιχτές και συνοδεύονται συχνά από σχιστότητα ολίσθησης. Αναγνωρίστηκαν στις περιοχές των οφειολιθικών μαζών Καστοριάς, Βούρινου και Όθρυος και οι άξονές τους έχουν διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ (0°- 40°), εκτός από την Όθρυ, όπου υπάρχουν και άξονες με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Έχουν ασύμμετρη απόκλιση προς τα ανατολικά και συνδέονται με την επώθηση των οφειολίθων από το δυτικό ωκεάνιο χώρο, προς τα ανατολικά, πάνω στο περιθώριο της Πελαγονικής. Οι ίδιες Τριτογενείς φάσεις πτυχώσεων αναγνωρίζονται και στην Υποπελαγονική ζώνη.

Στο τέλος του Ηωκαίνου, έλαβε χώρα η οριστική ανάδυση της ζώνης και η λήξη απόθεσης του φλύσχη. Στη συνέχεια αποτέθηκαν τα μεταλπικά μολλασικά ιζήματα Α.Ηωκαίνου-Μ.Μειοκαίνου, στη Μεσοελληνική Αύλακα, καλύπτοντας μεγάλο χώρο των αλπικών και προ-αλπικών σχηματισμών της Υποπελαγονικής.

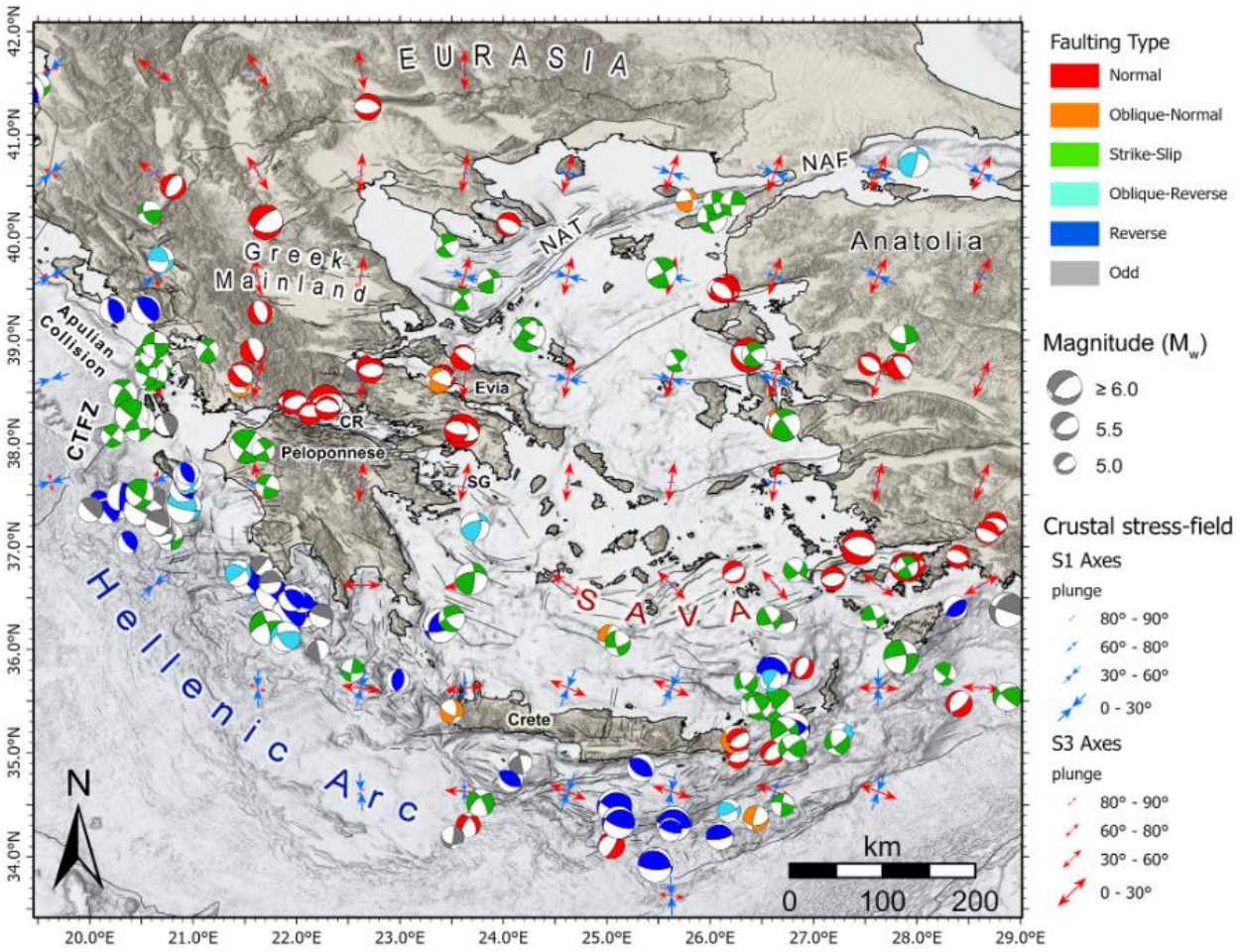
2.3 ΕΥΡΥΤΕΡΟ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΟΖΙΑΚΑ

Σύμφωνα με την μελέτη τηλεδιερεύνησης της περιοχής, το διάστημα 1994-1996, από το εργαστήριο τεχνικής γεωλογίας του τμήματος πολιτικών μηχανικών του ΑΠΘ, εξετάζονται κάποιες κύριες διευθύνσεις τεκτονικών ασυνεχειών και τα πεδία τάσεων που τα δημιούργησαν. Οι κύριες ασυνέχειες έχουν διεύθυνση Α-Δ, οι επόμενες σε συχνότητα είναι ΒΔ-ΝΑ και τέλος ακολουθούν οι ΒΑ-ΝΔ. Οι πρώτες οφείλονται σε εκτεταμένη εφελκυστική φάση από το Μ.Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα, με διεύθυνση Β-Ν. Οι δεύτερες οφείλονται σε εφελκυστικό γεγονός, από το Α.Μειόκαινο μέχρι το Πλειόκαινο, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και αποτελούν κυρίως κανονικά μεταπτωτικά ρήγματα. Οι τελευταίες οφείλονται σε νεοτεκτονική εφελκυστική τάση, στο Τεταρτογενές, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, η οποία οδήγησε σε επαναδραστηριοποίηση παλιότερων και δημιουργία νέων μεγάλων κανονικών μεταπτωτικών ρηγμάτων.

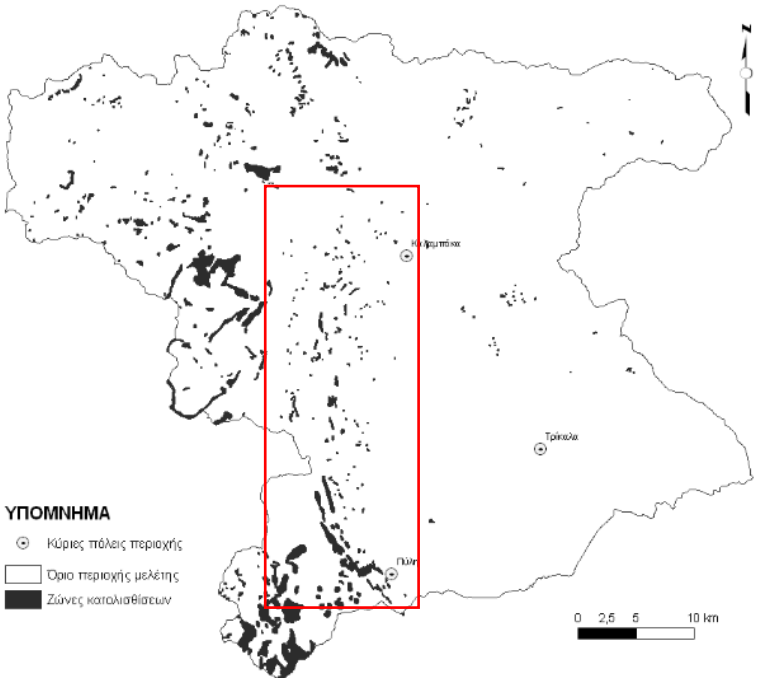
Προγενέστερη μελέτη του Λέκκα, 1988, εμφανίζει τις δύο από τις τρείς κατηγορίες που περιγράφηκαν παραπάνω, ενώ παράλληλα εκτιμώνται ελαφρώς παλαιότερα από την ηλικία που τους δόθηκε αργότερα(1994-1996). Οι δύο ομάδες ρηγμάτων σύμφωνα με το Λέκκα, 1988, είναι οι εξής:

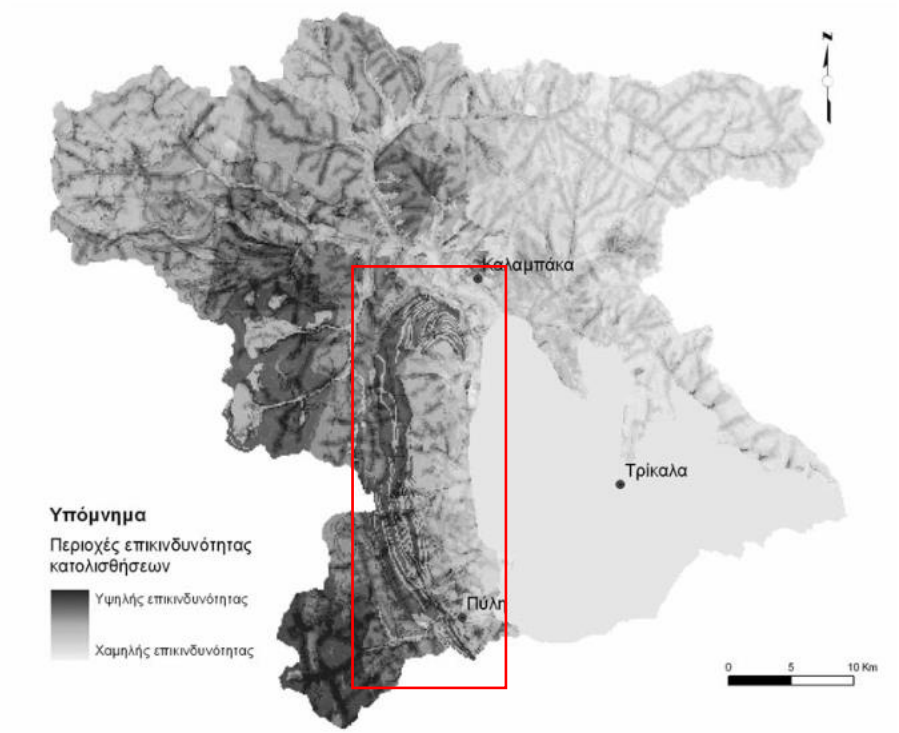
- ΟΜΑΔΑ Α: Περιλαμβάνει τα περιθωριακά ρήγματα της Μεσοελληνικής Αύλακας, που την οριοθετούν, ενώ παράλληλα φέρνουν σε επαφή Μολασσικούς σχηματισμούς με σχηματισμούς της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας. Συνεπώς πρόκειται για ρήγματα ίδιας ηλικίας με τους Μολασσικούς σχηματισμούς, δηλαδή Ολιγοκαίνου-Μειόκαινου, με επικρατούσα διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.
- ΟΜΑΔΑ Β: Περιλαμβάνει ρήγματα που τέμνουν όλες τις προϋπάρχουσες δομές, ενώ παράλληλα φέρνουν σε επαφή σύγχρονες αποθέσεις με Αλπικούς σχηματισμούς, δημιουργώντας έντονες ανωμαλίες στη μορφολογία. Έχουν εν γένει όλα τα χαρακτηριστικά πρόσφατων διαρρήξεων και καλύπτονται συχνά από πλευρικά κορήματα. Η ηλικία τους πιθανολογείται στο Πλειόκαινο-Τεταρτογενές, ενώ η διεύθυνσή τους είναι ΒΑ-ΝΔ.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σεισμοτεκτονικό χάρτη, οι κύριοι άξονες των τάσεων στην περιοχή του Κόζιακα έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, ενώ οι μηχανισμοί γένεσης σεισμών, στη συγκεκριμένη περίπτωση για Mw ≥ 5.0, υποδεικνύουν κανονικά ρήγματα Δ-Α.



Εικ. 2.1 Χάρτης με τα κύρια σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας. Με κόκκινα και μπλε βέλη, απεικονίζονται οι κύριοι άξονες τάσης S1(σ1) και S3(σ3), ενώ οι μηχανισμοί γένεσης σεισμών με Mw ≥ 5.0 από τη βάση δεδομένων NKUA-SL, απεικονίζονται με χρωματισμούς σύμφωνα με τα κριτήρια κατηγοριοποίησης Zoback.(Kassaras, I., Kapetanidis, V., Ganas, A., Tzanis, A., Kosma, C., Karakonstantis, A., Valkaniotis, S., Chailas, S., Kouskoura, V., & Papadimitriou, P., 2020)

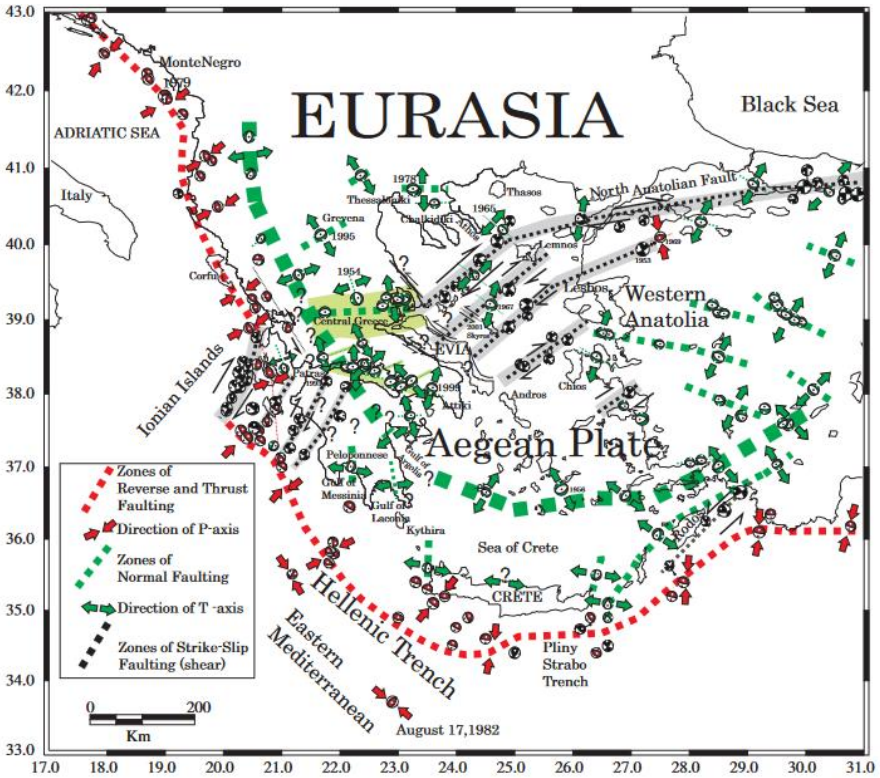




Εικ. 2.2 Χάρτες που αποτυπώνονται οι περιοχές στις οποίες έχουν εκδηλωθεί κατολισθητικά φαινόμενα(επάνω) και οι περιοχές κατηγοριοποιημένες ανάλογα με την επικινδυνότητα κατολισθήσεων(κάτω).(Μπαθρέλλος, Δ., Γ., Σκυλοδήμου, Δ., Χ., 2008)

Στους χάρτες κατολισθητικών φαινομένων της εικόνας 2.2, φαίνεται η περιοχή του Κόζιακα, ως μια περιοχή υψηλής επικινδυνότητας κατολισθήσεων, ενώ ήδη αρκετές θέσεις έχουν δώσει κατολισθήσεις. Οι κατολισθήσεις αυτές είναι πιθανότερο να προέρχονται από τον προσανατολισμό και την κλίση των εφιππεύσεων, καθώς και το απότομο ανάγλυφο που έχει δημιουργηθεί, από μακρόστενες ζώνες που ακολουθούν τα γεωλογικά όρια. Η περιοχή στην οποία παίζει κύριο ρόλο η νεοτεκτονική, φαίνεται να είναι το φαράγγι του Πορταϊκού, στο οποία και παρατηρήθηκαν ρήγματα με προσανατολισμούς που ταιριάζουν στις εκτάσεις των κατολισθήσεων, και τα οποία βοήθησαν να δημιουργηθεί το απότομο ανάγλυφο που είναι μια σημαντική συνθήκη των κατολισθήσεων.

Επιπλέον στο χάρτη των αξόνων τάσεων και μηχανισμών γέννεσης σεισμών, της ευρύτερης περιοχής της Ελλάδας(Kiratzi, A., & Louvari, E., 2003), όπως φαίνεται στην εικόνα 2.3, στη περιοχή της Δυτικής Θεσσαλίας επικρατούν ζώνες εκτατικών κανονικών ρηγμάτων. Σε αντίθεση με το χάρτη των Kassaras, I., Kapetanidis, V., Ganas, A., Tzanis, A., Kosma, C., Karakonstantis, A., Valkaniotis, S., Chailas, S., Kouskoura, V., & Papadimitriou, P., 2020, τα ρήγματα που απεικονίζονται έχουν προσανατολισμό ΒΒΔ-ΝΝΑ.



Εικ. 2.3 Χάρτης που απεικονίζει τους προσανατολισμούς των P και T αξόνων τάσεων στο Αιγαίο πέλαγος, με beach-ball μεγέθη ανάλογα με τα μεγέθη των σεισμών. Τα ερωτηματικά αντιπροσωπεύουν περιοχές για τις οποίες υπάρχει έλλειψη βάσιμων μηχανισμών τάσεων. (Kiratzi, A., & Louvari, E., 2003)

2.4 ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ

Παρακάτω παρουσιάζεται σε στάδια, μια σύντομη περιγραφή των εξελικτικών διεργασιών σύμφωνα με τον Ψιλοβίκο, 1991:

- Νεογενές: Στάδιο 1ο: Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, δημιουργείται και κατακλύζεται από νερό το μεγάλο ενδοορεινό βύθισμα της Θεσσαλίας. Έτσι δημιουργείται η λίμνη της Θεσσαλίας, με στάθμη υψηλότερη από τις σημερινές λίμνες κατά 300-400μ. Στην περιοχή των Τεμπών, η διάβρωση του νερού που κινούνταν προς τον Θερμαϊκό, δημιουργεί την κοιλάδα του Πρωτοπηνειού. Πέριξ της λίμνης σχηματίζεται δίκτυο ποταμοχειμάρρων, που αποστραγγίζει περιφερειακούς ορεινούς όγκους. Αυτό είναι και το αρχικό δίκτυο των μετέπειτα παραποτάμων του Πηνειού, συμπεριλαμβανομένου και του Πορταϊκού.
- Κ-Μ.Τεταρτογενές: Στάδιο 2ο: Σε αυτό το στάδιο σχηματίζονται οι ταφρολεκάνες μέσα στο βύθισμα της Θεσσαλίας, παράλληλα με μεγάλες αλλαγές στην περιοχή ως προς την τεκτονική και το κλίμα. Οι νέες μικρότερες ταφρολεκάνες διαδέχονται την προϋπάρχουσα μεγάλη λίμνη της Θεσσαλίας, ενώ στοιχεία δείχνουν ότι οι λεκάνες αυτές επικοινωνούσαν μεταξύ τους. Στις ζώνες επικοινωνίας και μέσα σε σκληρά πετρώματα σχηματίζονται οι κοιλάδες του Παλαιοπηνειού και των παραποτάμων του (Παλαιοπορταϊκός). Στα Τέμπη, η κοιλάδα του Παλαιοπηνειού διανοίγεται στον πυθμένα της κοιλάδας του Πρωτοπηνειού. Έτσι συνεχίζεται η αποστράγγιση των θεσσαλικών βυθισμάτων προς τον κόλπο του Θερμαϊκού.
- Α.Τεταρτογενές: Στάδιο 3ο: Τα τελευταία 500,000 έτη, μετά τη βύθιση της Αιγηίδας και το σχηματισμό του Αιγαίου πελάγους, αρχίζει μια ταχεία αποστράγγιση των θεσσαλικών βυθισμάτων προς το Θερμαϊκό κόλπο. Κατά θέσεις παραμένουν μικρότερες λίμνες, ενώ η υποχώρηση τους διευκολύνει τη συνένωση των παραποτάμων του Πηνειού με την κύρια κοίτη του. Η ταχεία κατά βάθος διάβρωση, οδηγεί στον εγκιβωτισμό του ποτάμιου δικτύου, σχηματίζοντας τις στενές κοιλάδες των Τεμπών, της Ροδιάς, του Καλαμακίου καθώς και σε μεγαλύτερα υψόμετρα, τα στενά του Σαρανταπόρου, της Πύλης κ.α. Οι νέες αυτές κοιλάδες, οφείλουν τον σχηματισμό τους και σε μια γενικότερη τάση ανύψωσης των ορεινών όγκων, που ανανεώνει το γενικό υδρογραφικό δίκτυο του Πηνειού, στο οποίο εντάσσεται και ο Πορταϊκός.
- 20ος Αιώνας: Στάδιο 4ο: Κύριες αλλαγές στο υδρογραφικό, αποτελούν οι επεμβάσεις του ανθρώπου. Η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας, η εκτροπή ή εγκιβωτισμός κοιτών του Πηνειού και παραποτάμων του, οδηγούν στην αλλοίωση

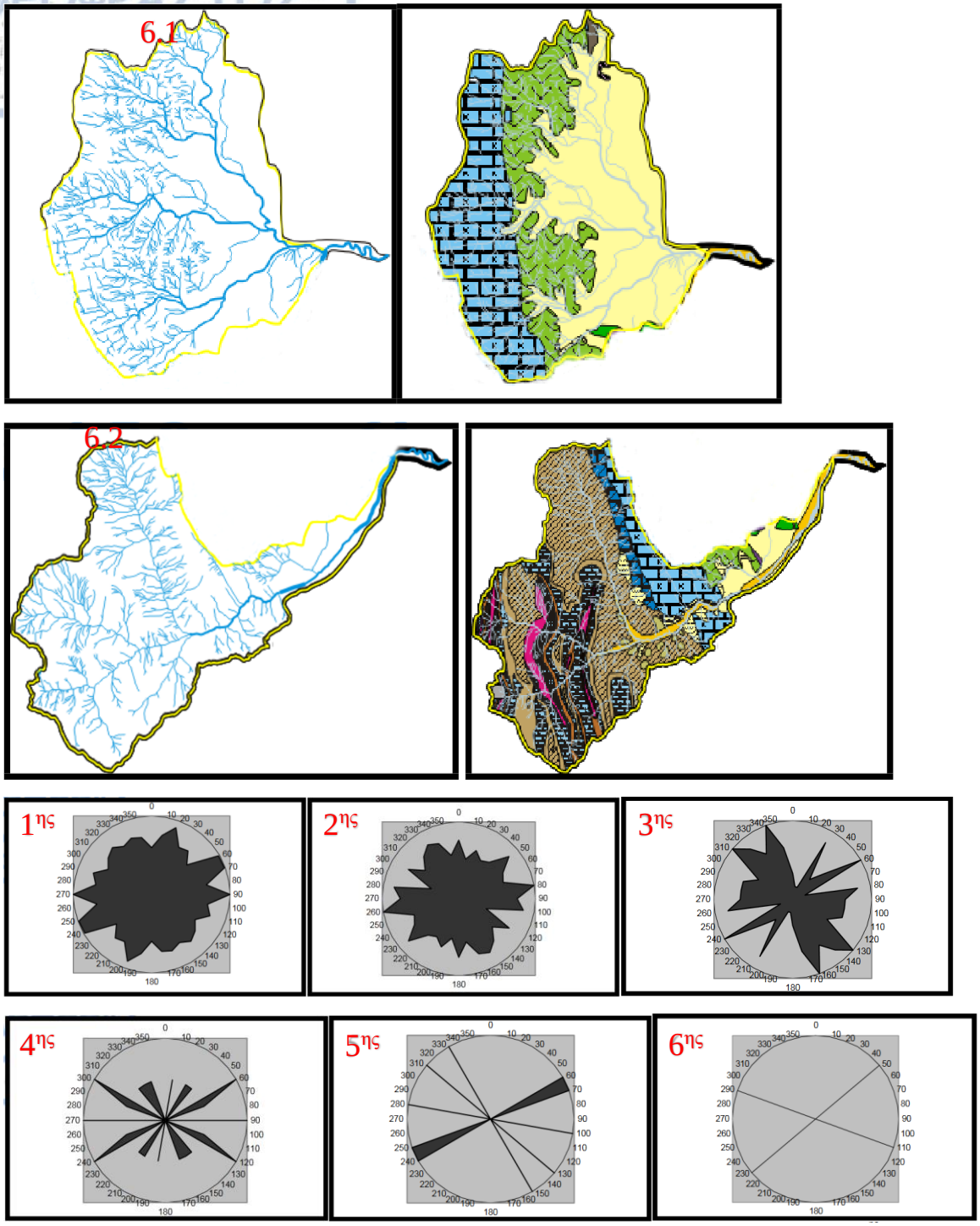
των φυσικών ποτάμιων διεργασιών. Στα πλαίσια αυτά σχεδιάζονται και δημιουργούνται σε κάποιες περιπτώσεις φράγματα-ταμιευτήρες νερού, ένα εκ των οποίων ανάντη της Πύλης.

Η ανάλυση των υδρολογικών λεκανών του Κόζιακα, σύμφωνα με τον Βρουχάκη, 2003, οδηγεί στις δύο παρακάτω λεκάνες 6^{ης} τάξης της εικόνας 2.4, ανατολικά και δυτικά του Κόζιακα. Η λεκάνη 6.1 έχει μορφή υποπαράλληλη έως δενδριτική, αποτελούμενη κατά το ήμισυ από σύγχρονες ποτάμιες προσχώσεις, με την υπόλοιπη να καλύπτεται από οφειολίθους και ασβεστόλιθούς με ενστρώσεις κερατολίθων. Η λεκάνη 6.2 έχει μορφή δικτύου κλιμακωτή με στοιχεία δενδριτικής, ενώ η εμφάνιση της ορθογώνιας δομής της, υποδηλώνει την παρουσία πολλών τεμνόμενων ρηγμάτων. Το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από φλύσχη, ενώ το υπόλοιπο από ασβεστόλιθους και κερατόλιθους, με σημεία ποτάμιων προσχώσεων και συνέχεια των οφειολίθων τη προηγούμενης λεκάνης.

Τα ροδοδιαγράμματα των κλάδων, 1^{ης} έως 6^{ης} τάξης, σύμφωνα με τον Βρουχάκη, 2003, παρουσιάζονται στην εικόνα 2.4. Η ερμήνευσή τους έχει αποδοθεί ως εξής:

- Ροδοδιαγράμματα 1^{ης} και 2^{ης} τάξης: η επικρατούσα διεύθυνση των κλάδων είναι ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ, κι έτσι συμπίπτει με τη διεύθυνση των νεότερων ρηγμάτων ηλικίας Πλειόκαινου-Τεταρτογενούς.
- Ροδοδιαγράμματα 2^{ης} και 3^{ης} τάξης: η επικρατούσα διεύθυνση των κλάδων είναι ΒΔ-ΝΑ, κι έτσι συμπίπτει με την διεύθυνση των παλαιότερων ρηγμάτων ηλικίας Ολιγοκαίνου-Μειοκαίνου.
- Ανάλογα αποτελέσματα παρατηρούνται και στις επιμέρους λεκάνες 6^{ης} τάξης, για κλάδους μεγαλύτερων τάξεων.

Συνεπώς υπάρχει σαφής σχέση της τεκτονικής με την ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, με τους παλαιότερους κλάδους του, να ακολουθούν τα παλαιότερα ρήγματα και τους νεότερους κλάδους να ακολουθούν τα νεότερα ρήγματα.



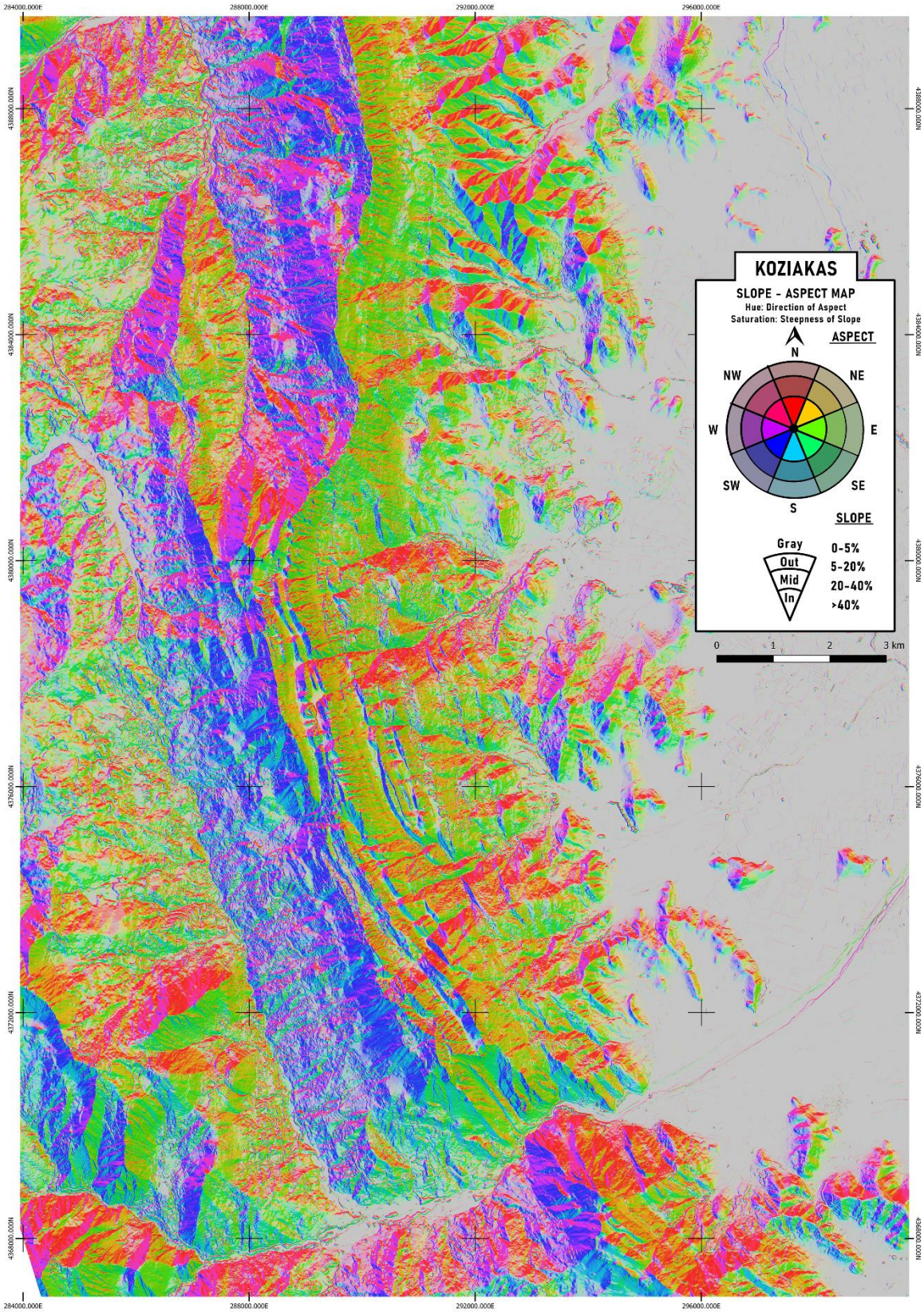
Εικ. 2.4 Οι υδρολογικές λεκάνες 6ης τάξης του Πορταϊκού ποταμού.(οροσειρά Κόζιακα). Επάνω είναι η λεκάνη 6.1 ανατολικά του Κόζιακα και κάτω η λεκάνη 6.2 δυτικά του Κόζιακα. Από κάτω φαίνονται τα ροδοδιαγράμματα διευθύνσεων των κλάδων 1ης έως 6ης τάξης. (Βρουχάκης, 2003)

3. Ερευνητικό έργο στα πλαίσια της πτυχιακής

3.1 ΧΡΗΣΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (DEM)

3.1.1 Χάρτης προσανατολισμού πρανών και κλίσεων πρανών

Μέσα από το περιβάλλον του προγράμματος QGIS 3.22 και με την αξιοποίηση των δεδομένων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους(DEM), δημιουργήθηκε ένας χάρτης προσανατολισμού πρανών και κλίσεων πρανών(slope-aspect map), ο οποίος φαίνεται στην εικόνα 3.1. Στη συνέχεια έγινε η σύγκρισή του με τους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2. Πιο συγκεκριμένα, με κόκκινες διακεκομμένες γραμμές σημειώνονται κάποια από τα ρήγματα διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ του γεωλογικού φύλλου Μουζάκι τα οποία εμφανίζονται με τη μορφή κόκκινων γραμμώσεων στον παραχθέντα slope-aspect χάρτη, με μεγάλο βαθμό ταύτισης όπως δείχνει μια πρώτη επισκόπηση. Με κίτρινες διακεκομμένες γραμμές(αριστερά) και κίτρινα σύμβολα ρηγμάτων(δεξιά), σημειώνονται τα ρήγματα που βρέθηκαν από την υπαίθρια έρευνα, και τα οποία όπως θα αποδειχτεί στη συνέχεια από τα διαγράμματα Schmidt, ταυτίζονται με τις παραχθείσες γραμμώσεις, τεκμηριώνοντας τα αποτελέσματα αυτής της μεθοδολογίας. Με μωβ πολύγωνα σημειώνονται κάποιες από τις περιοχές που τα γεωλογικά όρια βρέθηκαν μετατοπισμένα κατά τη υπαίθρια έρευνα σε σχέση με τα φύλλα του ΙΓΜΕ, κάτι αναμενόμενο σε ένα βαθμό, καθώς τα μέσα και η ακρίβεια της χαρτογράφησης πλέον έχουν εξελιχθεί σημαντικά, σε σχέση με την χρονολογία κατασκευής των συγκεκριμένων χαρτών.

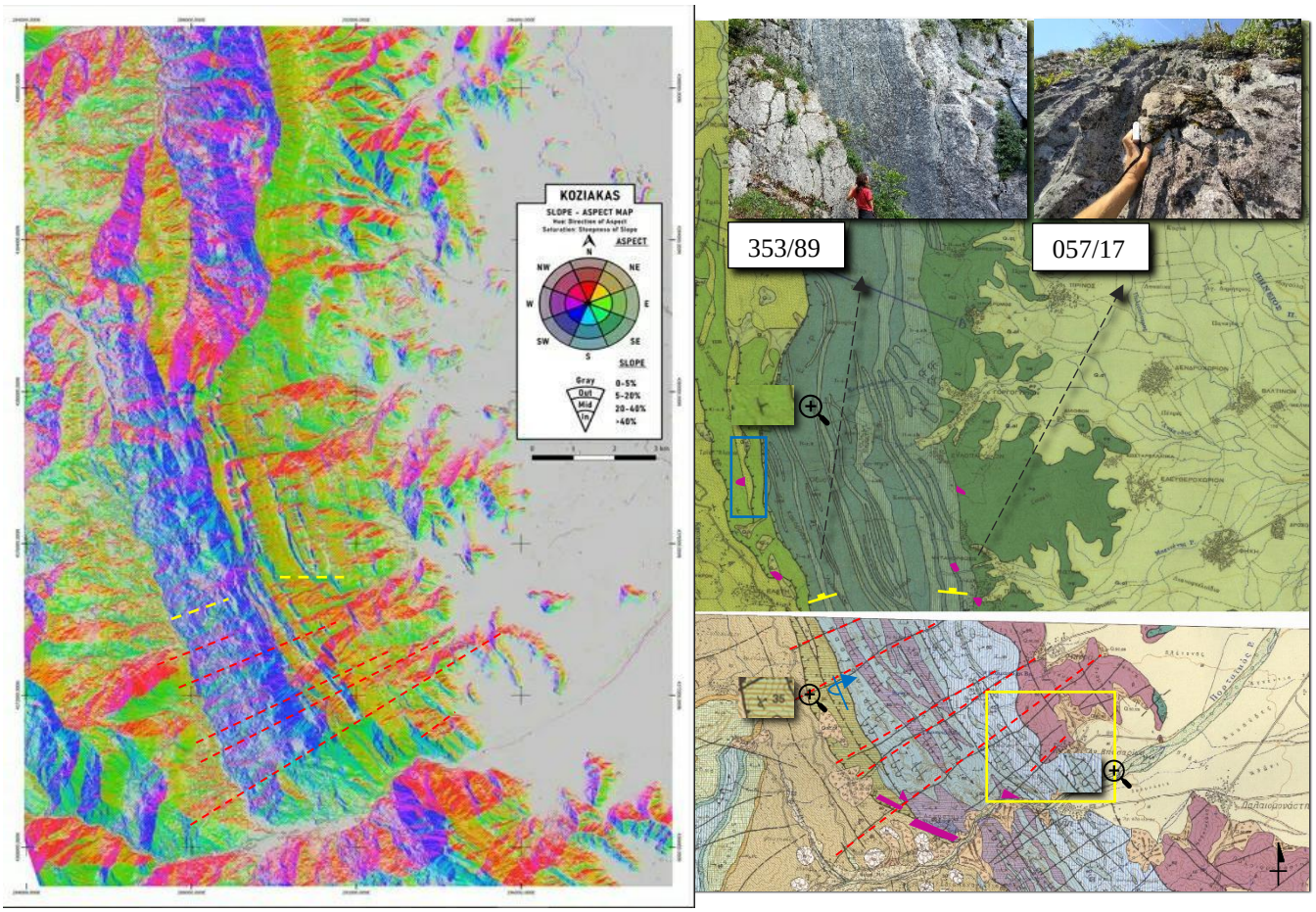


Εικ. 3.1 Χάρτης προσανατολισμού πρανών και κλίσεων πρανών της περιοχής του Κόζιακα. Στο κυκλικό υπόμνημα-παλέτα χρωμάτων, οι γκρι αποχρώσεις υποδεικνύουν μηδενικές κλίσεις και τα 8 χρώματα αντιπροσωπεύουν τις 8 υποκατηγορίες προσανατολισμού.

3.1.2 Αξιοποίηση του Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου και του Σκιασμένου Αναγλύφου

Μια ακόμη χρήση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου(DEM), ήταν μετά τη παραγωγή του σκιασμένου αναγλύφου, η αξιοποίησή του σε τρισδιάστατη προβολή μέσα από το περιβάλλον QGIS. Έτσι μελετήθηκαν τα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά των ρηγμάτων και οι επιφανειακές τους εμφανίσεις και πιθανές προεκτάσεις. Σε μερικές περιπτώσεις αυτή η μεθοδολογία έφερε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα ή επαλήθευσε ρήγματα που βρέθηκαν, ενώ σε άλλες περιπτώσεις κρίθηκε μη αποτελεσματική λόγω της κλίμακας μελέτης. Για την καλύτερη κατανόηση, στο τρισδιάστατο επίπεδο και για τον εντοπισμό ρηγμάτων, μελετήθηκε βιβλιογραφία και μεθοδολογίες του Bull, W. B., 2008, καθώς και των Mc Calpin, J. P., & Nelson, A. R., 2009. Για την γενικότερη χρήση του GIS για τον εντοπισμό γεωλογικών σχηματισμών, ακολουθήθηκαν μεθοδολογίες πολυφασματικών δεδομένων, σύμφωνα με τους Nikolakopoulos, K. G., Tsombos, P. I., Photiades, A., Psonis, K., & Zervakou, A., 2013, που δεν συμπεριλήφθηκαν στη διπλωματική.

Μια ακόμη προβληματική εντοπίστηκε στη εξαγωγή γραμμώσεων-πιθανών ρηγμάτων από το σκιασμένο ανάγλυφο, καθώς λήφθηκαν υπόψη γραμμώσεις που μετατόπισαν τις μετρήσεις εκτός του επιθυμητού στα παραγόμενα διαγράμματα. Αυτές οι μετρήσεις αφορούν πιθανά κανονικά ρήγματα στο βόρειο Κόζιακα με προσανατολισμό ΒΔ-ΝΑ, που βέβαια, αν και δεν έχουν καταγραφεί σε κάποια άλλη εργασία, ενέχουν ακόμη τη πιθανότητα, κάποιο ποσοστό τους να αληθεύει, γι’ αυτό και αποτυπώθηκαν στον παραχθέντα τεκτονικό χάρτη του Κόζιακα. Κατά τον Λέκκα, 1988, τα ρήγματα με προσανατολισμό ΒΔ-ΝΑ στην περιοχή έχουν ηλικία Ολιγοκαίνου-Μειοκαίνου, ενώ κατά τη μελέτη τηλεδιερεύνησης, 1990-1994, έχουν ηλικία Α.Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου. Ο Βρουχάκης στην δική του έρευνα το 2003, δίνει ίδιες ηλικίες με τον Λέκκα.



Εικ. 3.2 Χάρτης προσανατολισμού πρανώνκαι κλίσεων πρανών(αριστερά) της περιοχής του Κόζιακα, σε σύγκριση με το φύλλο Καλαμπάκα(πάνω δεξιά) και Μουζάκι(κάτω δεξιά) του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ.

3.2 ΥΠΑΙΘΡΙΑ ΕΡΕΥΝΑ

3.2.1 Μεθοδολογία

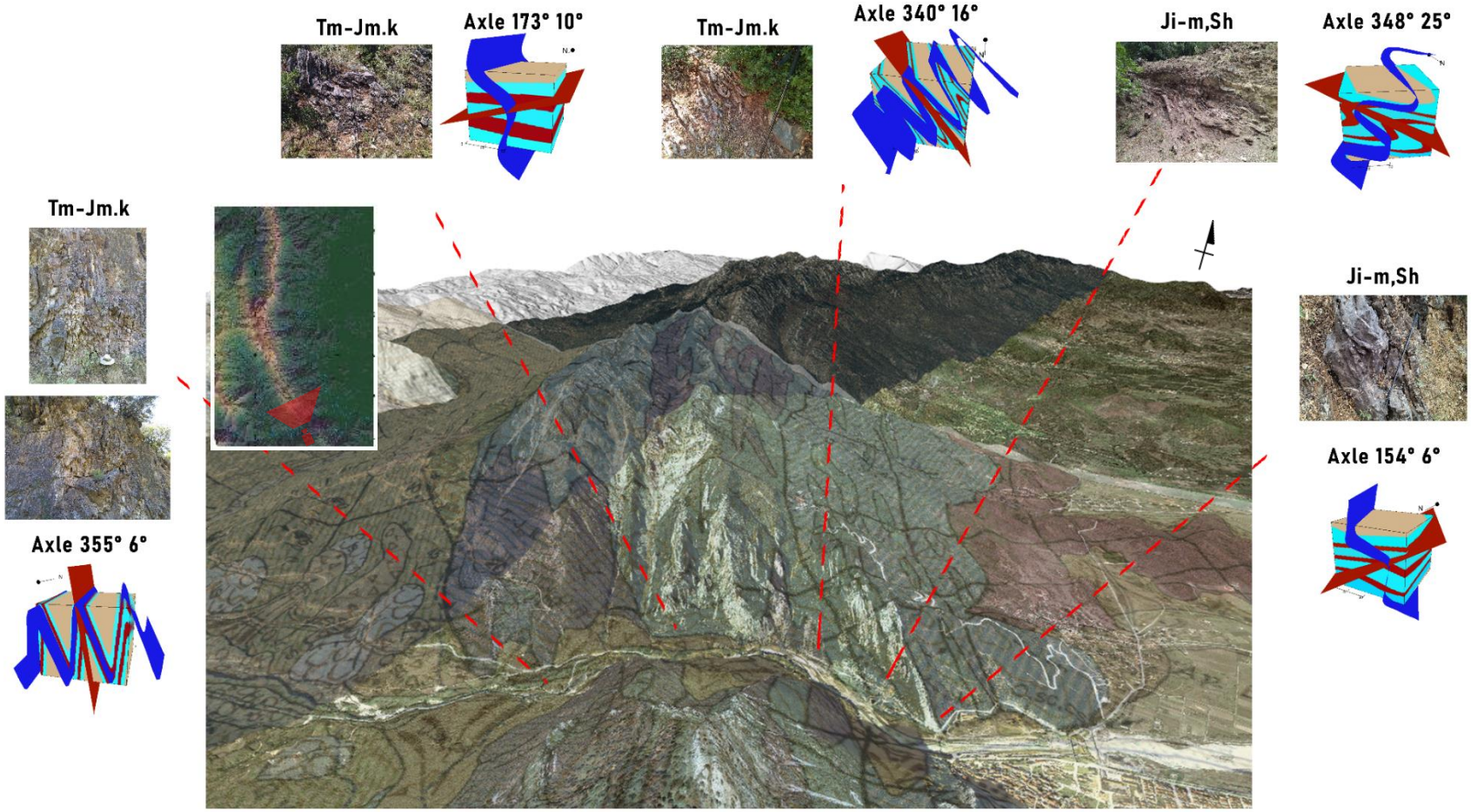
Η υπαίθρια έρευνα είναι αναμφισβήτητα το πιο κομβικό κομμάτι μιας γεωλογικής ερευνητικής εργασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς πρόκειται για προπτυχιακή εργασία, κρίθηκε αναγκαίο να εστιάσει σε συγκεκριμένες θέσεις ώστε να καταστεί πραγματοποιήσιμη. Στην εικόνα 3.3 παρουσιάζονται οι κύριες περιοχές μελέτης σύμφωνα με την προσβασιμότητα και το γεωλογικό ενδιαφέρον. Διερευνήθηκαν οι δρόμοι(ασφαλτοστρωμένοι και μη), τα μονοπάτια της περιοχής, καθώς και τα σημεία γεωλογικών επαφών, ρηγμάτων, πτυχώσεων, θέσεων με ορατή στρώση, θέσεων με φυσικές ή τεχνητές τομές και πανοραμική θέα.

Εικ. 3.3 Γεωλογικός χάρτης Κόζιακα, φύλλα Καλαμπάκα και Μουζάκι, υποκείμενο DEM, με πορτοκαλί απεικονίζονται οι κύριες περιοχές μελέτης κατά την υπαίθρια έρευνα.
(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

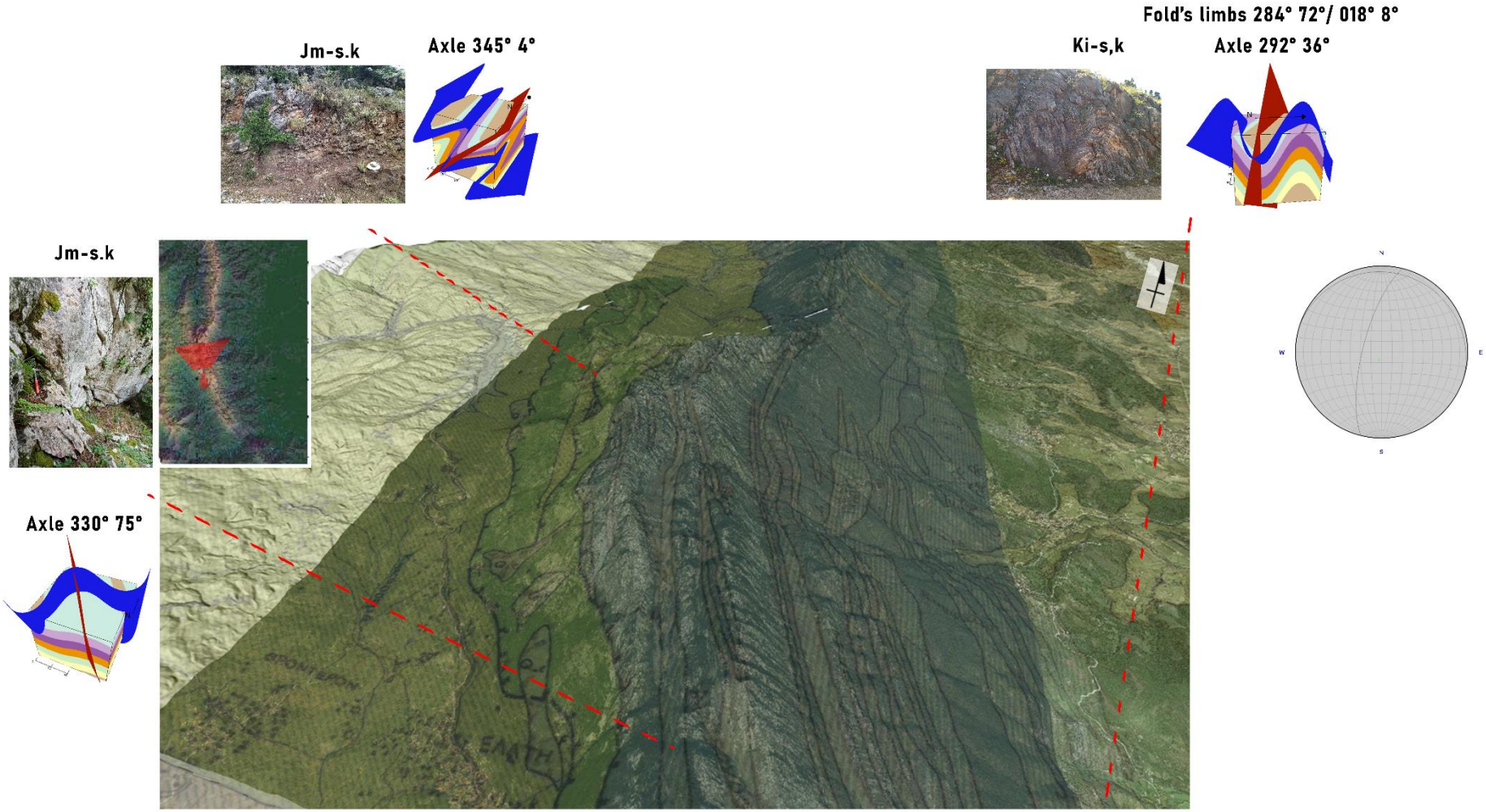
3.2.2 Πτυχές του Κόζιακα

Κατά την υπαίθρια έρευνα στο νοτιοανατολικό τμήμα του Κόζιακα, έγινε ανάβαση στην κορυφή Σταυρός(Ιταμος), απ' όπου έγινε μια αρχική τηλεπισκόπηση των πτυχών. Έπειτα με διάσχιση του φαραγγιού από ανατολικά προς δυτικά, παρατηρήθηκαν τα σημεία των πτυχών που σημειώνονται, στο βόρειο κυρίως τμήμα του φαραγγιού, κι όπου ήταν δυνατό λήφθηκαν μετρήσεις. Στις περιπτώσεις που δεν υπήρχαν μετρήσεις των πτερυγίων, τα μοντέλα παράχθηκαν από τις επιτόπου φωτογραφίες, τιμές των αξόνων των πτυχών και από βιβλιογραφικά στοιχεία.

Οι άξονες των πτυχών έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και κλίνουν προς τα ΒΔ. Οι πτυχές είναι γενικότερα κλειστές έως μέτρια ανοιχτές, κεκλιμένες προς ΝΔ(οι περισσότερες) με μικρές γωνίες κλίσης. Επιχειρήθηκε για την καλύτερη κατανόηση των πτυχών η δημιουργία κυβικών μοντέλων(block model), και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις εικόνες 3.7 και 3.8. Έγινε χρήση των μετρήσεων υπαίθρου και της ιστοσελίδας visible geology. Αν και δεν υπάρχει μεγάλη βάση δεδομένων με πτυχές που έχουν μετρηθεί, και όσες μετρήθηκαν είναι μικρής κλίμακας καθώς ήταν πιο προσβάσιμες σε σχέση με τις μεγαπτυχές, δημιουργείται μια αρχική εικόνα για την περιοχή. Δίπλα στα κυβικά μοντέλα παρουσιάζονται τα διαγράμματα Schmidt, με άξονες και πτέρυγες, για όσες πτυχές λήφθηκαν μετρήσεις.



Εικ. 3.7

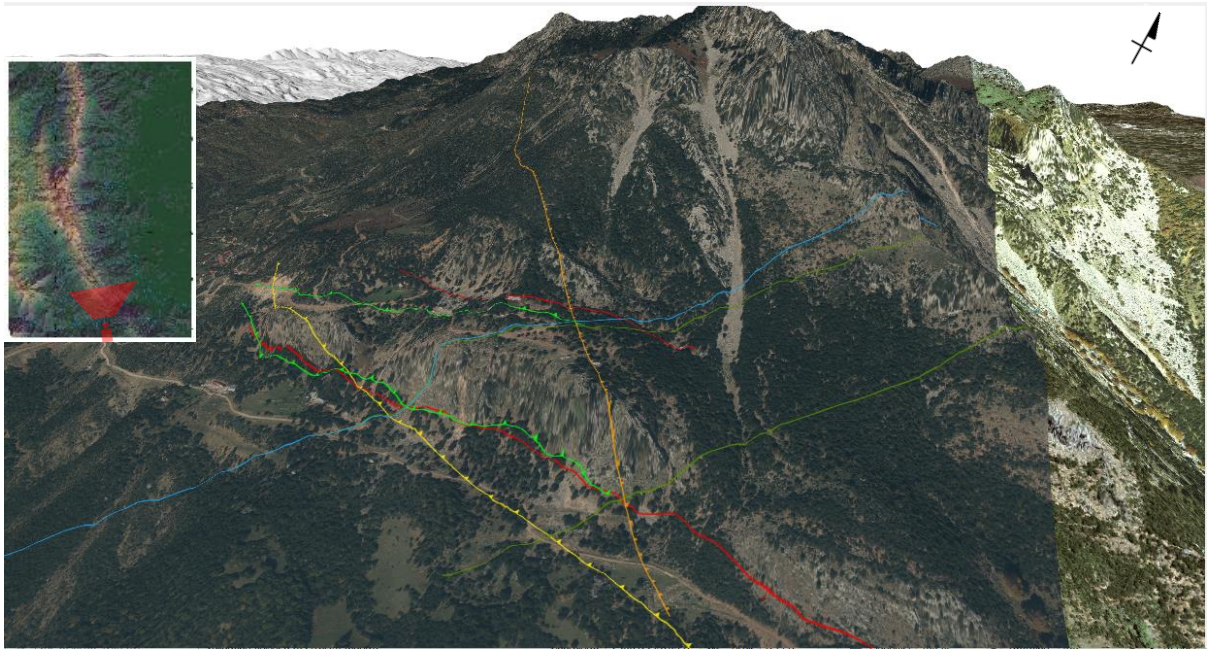


Εικ. 3.8

Εικ. 3.7 και 3.8 Φωτογραφίες πτυχών, τοποθετημένες στις θέσεις που βρέθηκαν, μαζί με τις μετρήσεις των αξόνων τους και με τρισδιάστατα κατά προσέγγιση μοντέλα.
(Δορυφορική εικόνα, ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΕΣ LSO25 ΦΩΤΟΛΗΨΙΑΣ 2014-2016 ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.) Τρισδιάστατα μοντέλα με τη χρήση του https://app.visiblegeology.com/ . Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)

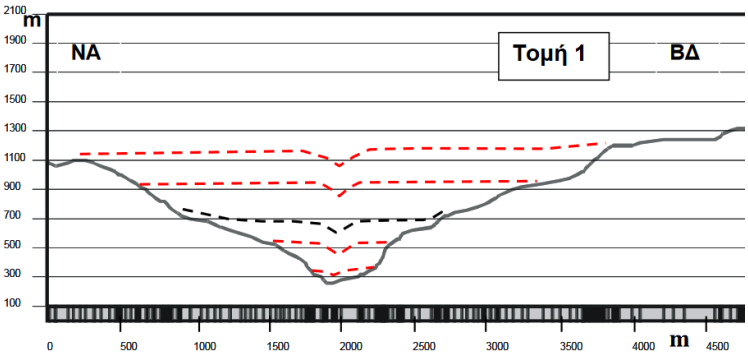
3.2.2 Παρατηρήσεις στο νοτιοδυτικό τμήμα του Κόζιακα

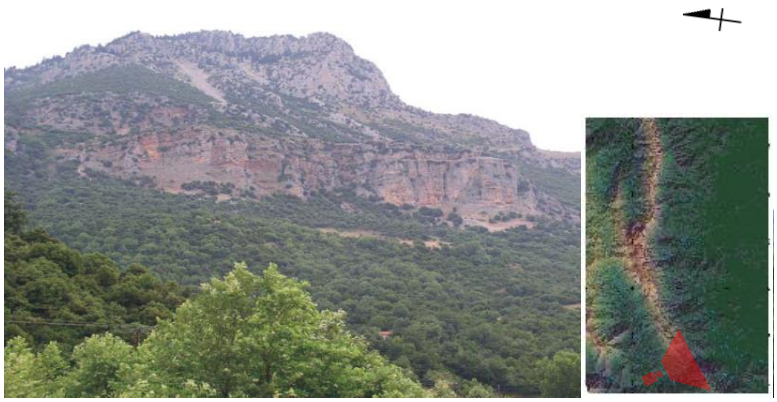
Ρήγμα Επώθησης ΒΔ-ΝΑ(Χαρτογραφημένο από ΙΓΜΕ): Παρατηρείται στο νοτιοδυτικό τμήμα του Κόζιακα και διαπιστώθηκε μετατοπισμένο σε σχέση με τη χαρτογράφησή του στο φύλλο Μουζάκι. Παρακάτω στην εικόνα 3.9 φαίνεται η επώθηση όπως χαρτογραφήθηκε από το ΙΓΜΕ με κίτρινο και η θέση που παρατηρήθηκε η επαφή του φλύσχη με τον ασβεστόλιθο στην βορειότερη πράσινη γραμμή. Κατά την υπαίθρια έρευνα και τη χρήση DEM+ορθοφωτογραφιών, διαπιστώθηκε η πιθανότητα, η επώθηση να περιλαμβάνει και ένα λέπι φλύσχη μέσα στους ασβεστόλιθους. Έτσι τοποθετήθηκε και η νοτιότερη πράσινη γραμμή επώθησης, υποδηλώνοντας το ενδεχόμενο αυτό. Με πορτοκαλί απεικονίζεται μια εφίππευση και με μπλε ένα κανονικό ρήγμα, χαρτογραφημένα από το ΙΓΜΕ. Με λαδί, απεικονίζονται δύο κανονικά ρήγματα(ένα το μετατοπισμένο μπλε του ΙΓΜΕ και ένα νέο), τα οποία τοποθετήθηκαν μετά από διερεύνηση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου και φωτογραφιών της περιοχής, καθώς στην υπαίθρια έρευνα δεν παρατηρήθηκαν γραμμώσεις ή καθρέπτες.



Εικ. 3.9 Τρισδιάστατη απεικόνιση των ρηγμάτων της περιοχής. Με κίτρινο απεικονίζεται η χαρτογραφημένη από το ΙΓΜΕ επώθηση(ρήγμα επώθησης01), με πράσινο η πραγματική θέση της επώθησης όπως φαίνεται από το DEM+ορθοφωτογραφίες καθώς και μια δεύτερη επώθηση ενός λεπιού φλύσχη μες τους ασβεστολίθους, με πορτοκαλί και μπλέ μια εφίππευση και ένα κανονικό ρήγμα χαρτογραφημένα από το ΙΓΜΕ, με λαδί δύο κανονικά ρήγματα και με κόκκινο δύο ακόμη υποθετικά ρήγματα που όμως διαψεύδονται στη συνέχεια.
(ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΕΣ LSO25 ΦΩΤΟΛΗΨΙΑΣ 2014-2016 ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20.)

Για την προώθηση περεταίρω παραγωγικής επιστημονικής συζήτησης, αντιπαραβολικά με την παραπάνω ερμηνεία των κόκκινων κανονικών ρηγμάτων, παρατίθεται η αντίληψη του Βρουχάκη, 2003, που ορίζει τις μορφολογικές εξάρσεις ως ποτάμιες αναβαθμίδες του Πορταϊκού. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται φωτογραφίες καθώς και η τομή του Πορταϊκού ποταμού, δυτικά της Πύλης, όπου παρατηρούνται οι χαρακτηριστικές αναβαθμίδες στα υψόμετρα των 350, 500, 600, 700, 750, 950 και 1200m. Η μαύρη διακεκομμένη απεικονίζει το εκτιμώμενο όριο της αρχικής (πριν την ανύψωση) κοίτης του ποταμού, ενώ οι κόκκινες γραμμές απεικονίζουν τα επίπεδα διάβρωσης του Πορταϊκού.

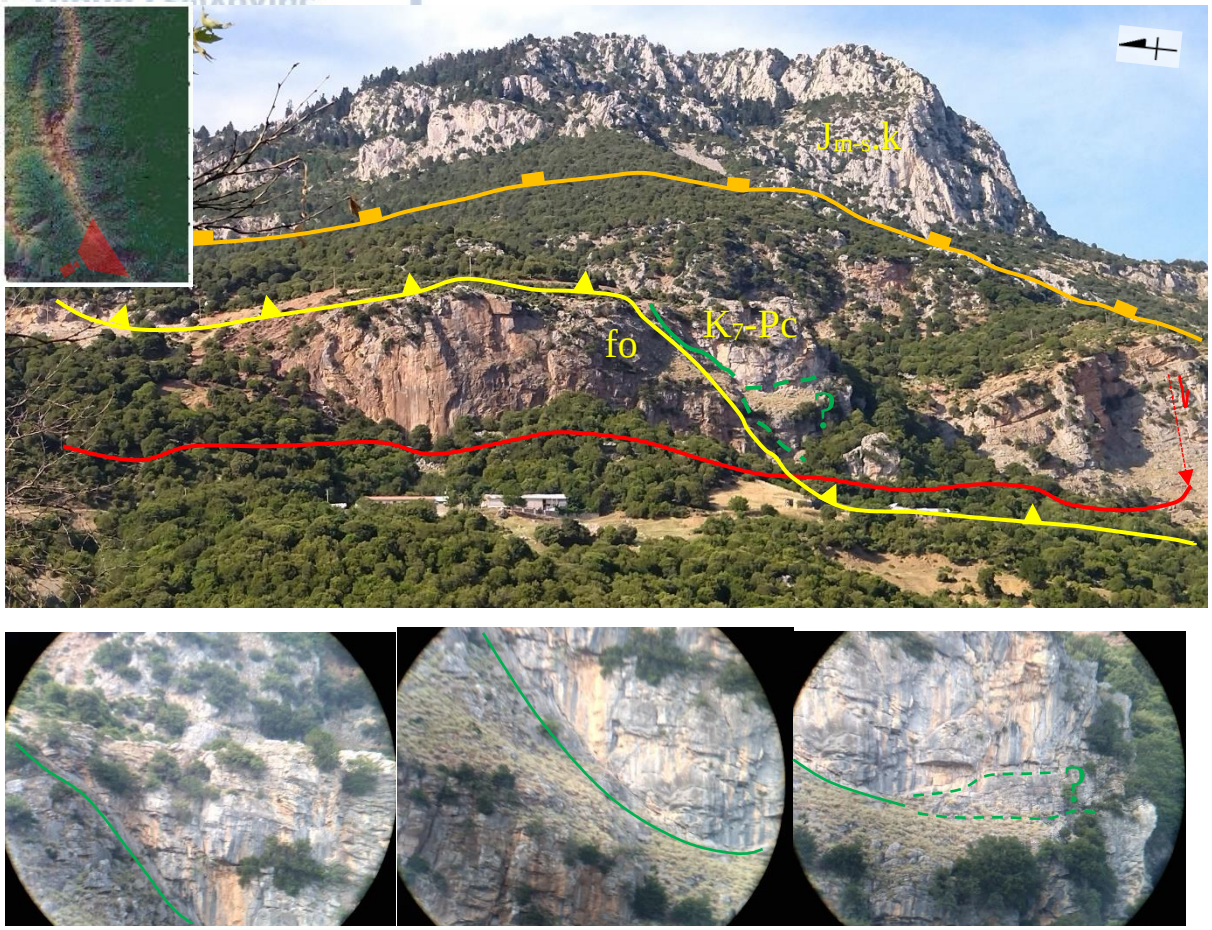




Εικ. 3.9 Επάνω: άποψη του φαραγγιού της Πύλης, από τον κάμπο της Θεσσαλίας, με τα ρήγματα που ερμηνεύτηκαν ως αναβαθμίδες από τον Βρουχάκης, 2003).
Στη μέση: Τομή του Πορταϊκού δυτικά της Πύλης, με τις υπό συζήτηση γεωμορφές.
Κάτω: άποψη των γεωμορφών από τη δυτική πλευρά του φαραγγιού.
(φωτογραφίες, διαγράμματα, ερμηνεία Βρουχάκης, 2003)

Ακόμη μια πολύ ενδιαφέρουσα παρατήρηση, έγινε στο δυτικό τμήμα της προηγούμενης εικόνας στο σημείο που η κίτρινη επώθηση συναντά το κόκκινο πιθανό κανονικό ρήγμα και την πράσινη προτεινόμενη νέα θέση της επώθησης. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.10, με τη χρήση τηλεφακού εστιασμένου στο κεντρικό σημείο της περιοχής της εικόνας, εμφανίζεται ξεκάθαρα μια διακριτή γραμμική μορφή, που ταυτίζεται απόλυτα με το σημείο της επώθησης, οπότε σχεδόν σίγουρα αποτελεί ένα από τα λίγα σημεία που μπορεί να παρατηρηθεί επακριβώς η επώθηση της ενότητας Κόζιακα επάνω στο σχηματισμό του Ηωκαινικού φλύσχη. Το κόκκινο ρήγμα είναι αυτό που προτείνεται και στη προηγούμενη εικόνα και το οποίο δεν υπάρχει χαρτογραφημένω στους χάρτες του ΙΓΜΕ.

Σε συνέχεια των παραπάνω, στην εικόνα 3.11 απεικονίζεται το ίδιο σημείο με προοπτική από Δύση προς Ανατολή. Στην πρώτη εικόνα υποδηλώνεται ο συσχετισμός των δύο εκπτώσεων του αναγλύφου, εντάσσοντάς τα στο ίδιο κανονικό ρήγμα. Το ρήγμα είχε χαρτογραφηθεί στη θέση της μπλε γραμμής, και η νέα θέση που προτείνεται βάση αναγλύφου είναι η πράσινη γραμμή. Στη δεύτερη εικόνα παρουσιάζεται ακόμη μια υπόθεση αλλεπάλληλων κανονικών ρηγμάτων, χωρίς βέβαια επί τόπου μετρήσεις, λόγω της μη προσβασιμότητας στη θέση. Η οικογένεια των κανονικών αυτών ρηγμάτων φαίνεται να ακολουθά το γενικότερο προσανατολισμών των εκτατικών δομών της περιοχής ΔΝΔ-ΑΒΑ, επιβεβαιώνοντας τη χρησιμότητα του παραχθέντα χάρτη προσανατολισμού κλιτυών-κλίσης κλιτυών.



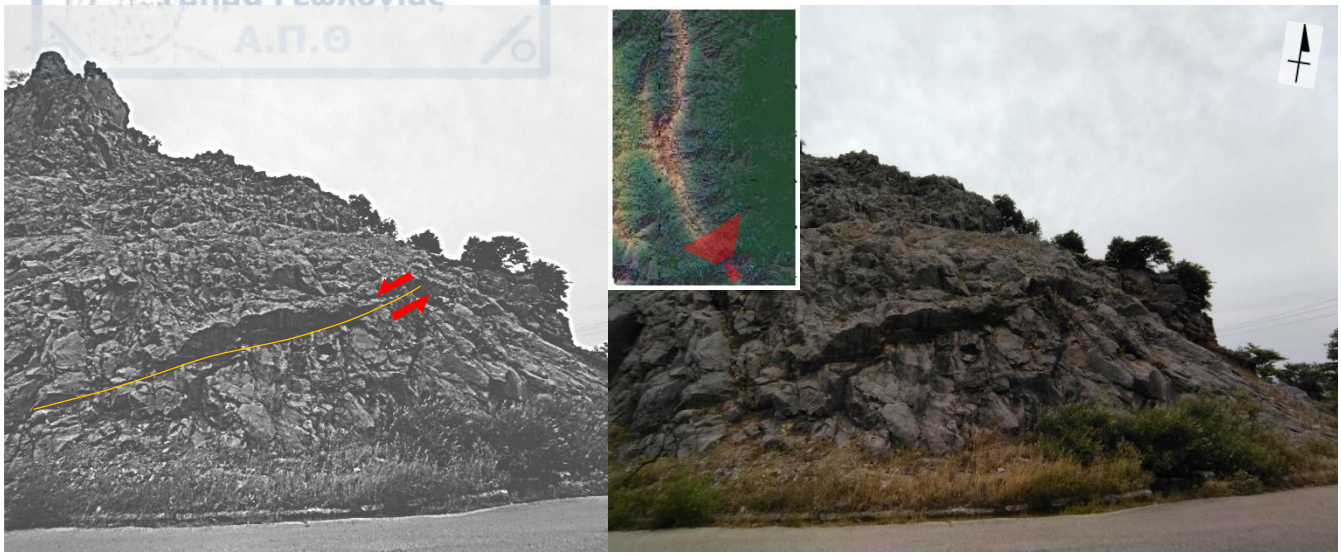
Εικ. 3.10 Φωτογραφία της περιοχής. Με κίτρινο απεικονίζεται η θέση όπου έχει τοποθετηθεί η επώθηση και με πορτοκαλί η εφίππευση σύμφωνα με το ΙΓΜΕ.. Με πράσινο οι γραμμώσεις που παρατηρήθηκαν, με κόκκινο το κανονικό ρήγμα, που ερμηνεύτηκε ως αναβαθμίδα από τον Βρουχάκη, 2003. Οι τρείς εικόνες κάτω, λήφθηκαν με τηλεφακό και δείχνουν τις επιφάνειες που παρατηρήθηκαν.
(Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)

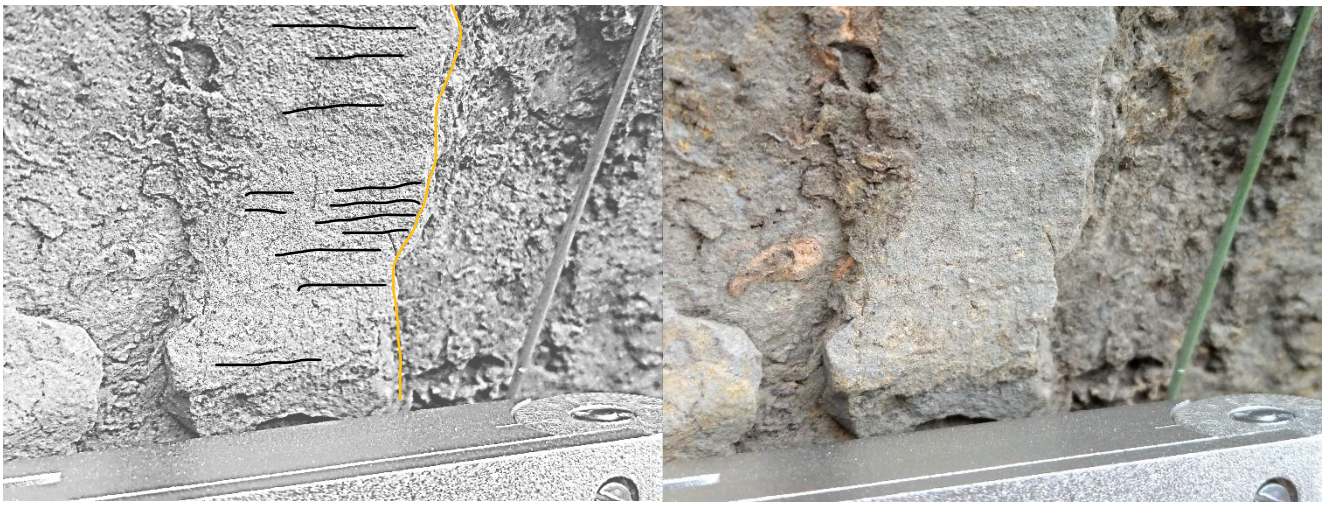
Εικ. 3.11 Φωτογραφίες της περιοχής. Στην επάνω φωτογραφία απεικονίζεται το μπλέ κανονικό ρήγμα του ΙΓΜΕ, ενώ με λαδί απεικονίζεται η προτεινόμενη διορθωμένη θέση του. Με λαχανί συμβολίζονται οι απότομες αλλαγές του αναγλύφου που αποτελούν τμήμα του ρήγματος. Κάτω απεικονίζεται η ίδια θέση με άλλη προοπτική.
(Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)

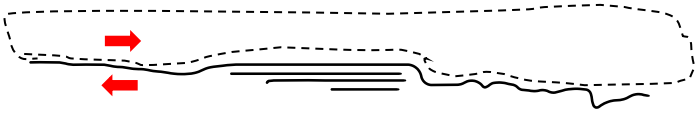
3.2.3 Παρατηρήσεις στο νοτιοανατολικό τμήμα του Κόζιακα

Στο νοτιοανατολικό τμήμα του Κόζιακα, εντοπίσθηκε ένας καθρέπτης ρήγματος μέσα στο φαράγγι του Πορταϊκού, στη βόρεια όχθη, απέναντι από τον οικισμό της Πύλης. Στις εικόνες 3.12 και 3.13 παρατηρούνται στις φωτογραφίες πεδίου, ο καθρέπτης του ρήγματος από απόσταση, καθώς και εστιασμένες φωτογραφίες με τις λίγες γραμμώσεις που εντοπίζονται και κάποια βήματα του ρήγματος.

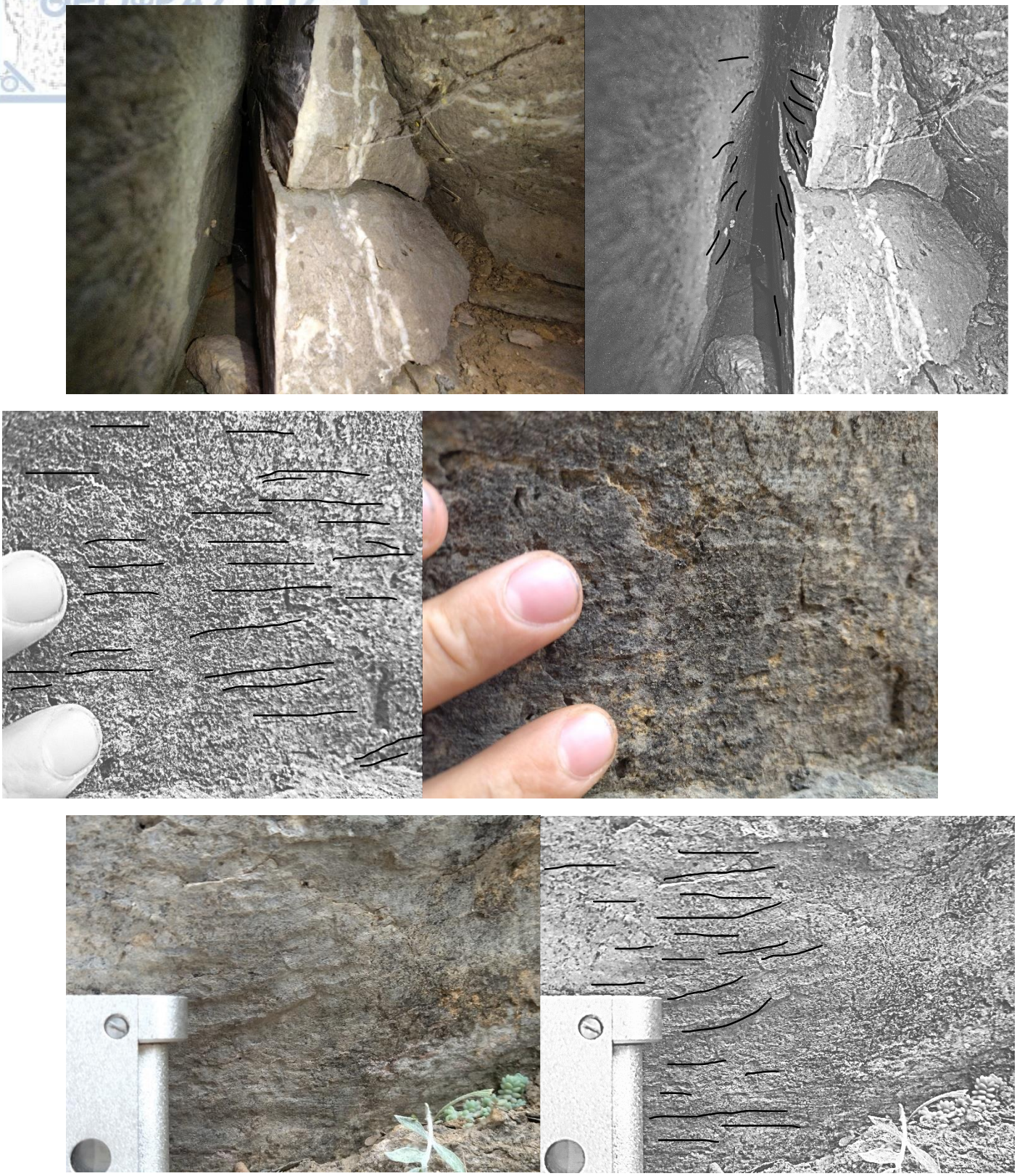
Η ανάλυσή των γραμμώσεων δείχνει ότι πρόκειται για ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με μικρή κανονική συνιστώσα, κάτι που συμφωνεί με το εκτατικό μοντέλο τάσεων της περιοχής, αλλά και με τα υπόλοιπα ρήγματα που βρέθηκαν. Με κάποια πρόχειρα σκίτσα, που υπέρκεινται των εικόνων έγινε προσπάθεια απεικόνισης της κίνησης, αξιοποιώντας τα στοιχεία του καθρέπτη που παρατηρήθηκαν. Ενδιαφέρουσα είναι η μεσαία φωτογραφία των εικόνων 3.13, όπου οι γραμμώσεις παρατηρούνται και στις δύο πλευρές της ανοιχτής ρωγμής. Μετά τις εικόνες ακολουθεί κι ένας πίνακας με τις μετρήσεις που ελήφθησαν στη θέση, καθώς και το στερεοδιάγραμμα Schmidt.





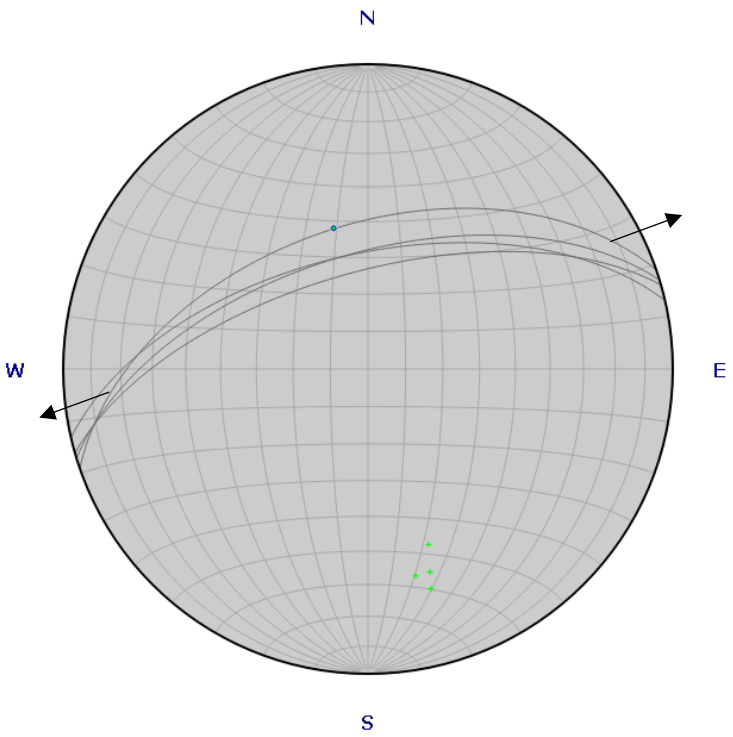


Εικ. 3.12 Φωτογραφίες στο νοτιανατολικό τμήμα του Κόζιακα, στο φαράγγι του Πορταϊκού. Στην επάνω φωτογραφία απεικονίζεται η κλιτύς με το κανονικό ρήγμα που βρέθηκε, προσανατολισμού ΔΝΔ-ΑΝΑ. Κάτω φαίνονται ο καθρέπτης του ρήγματος και κάποιες λίγες ορατές γραμμώσεις.
(Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)



Εικ. 3.13 Φωτογραφίες στο νοτιοανατολικό τμήμα του Κόζιακα, στο φαράγγι του Πορταϊκού. Φαίνονται χωρίς μεγάλη λεπτομέρεια, οι γραμμώσεις και η κυματοειδής υφή της επιφάνειας του κανονικού ρήγματος. (Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)

Επιφάνεια ρήγματος	Γράμμωση Ολίσθησης
341/51	075/25
347/59	-
344/64	-
343/59	-



Εικ. 3.14 Διάγραμμα Schmidt του ρήγματος οριζόντιας μετατόπισης - μικρής κανονικής συνιστώσας, κοντά στη Πύλη και των γραμμώσεων που μετρήθηκαν.

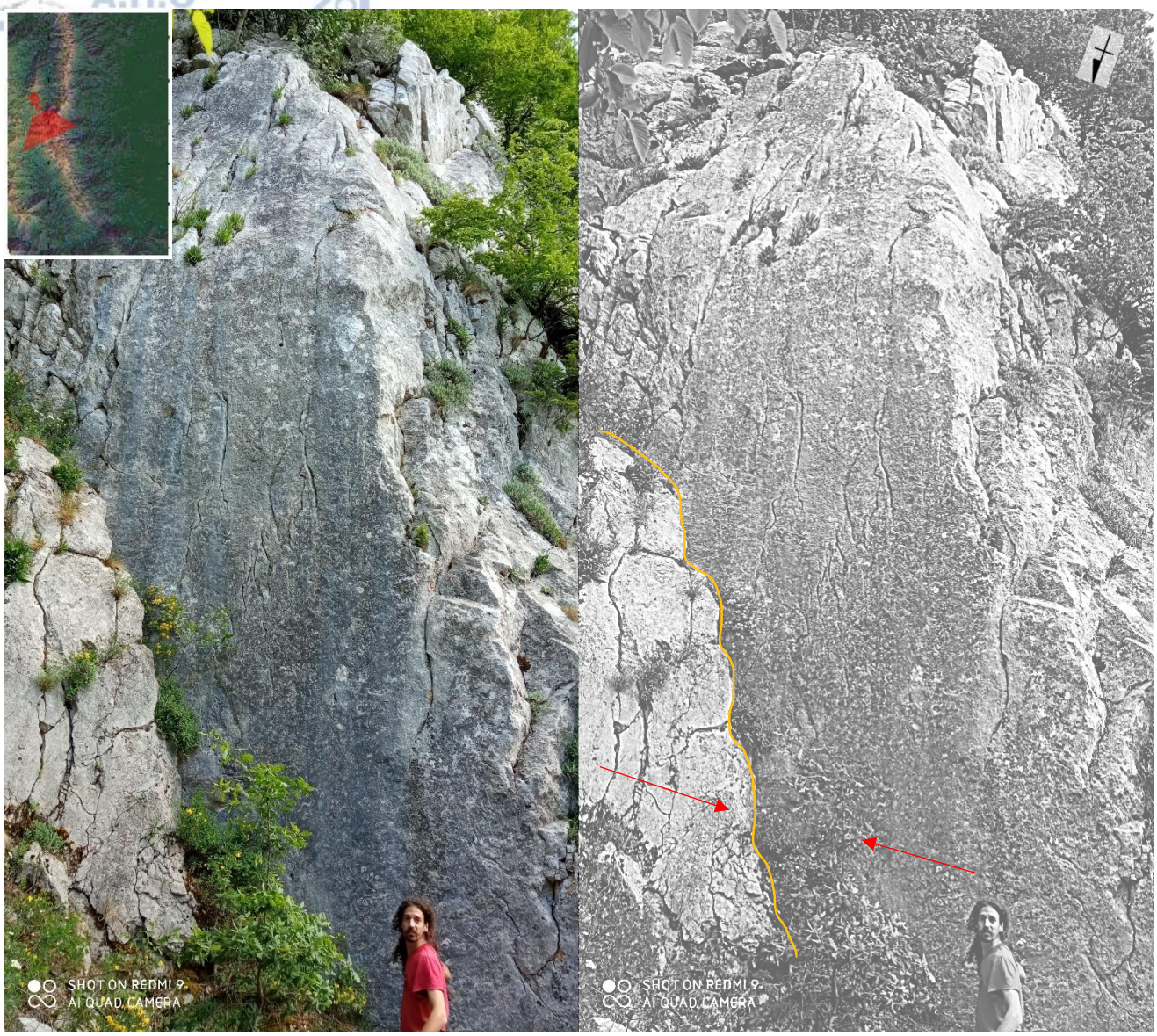
3.2.4 Παρατηρήσεις στο κεντρικό τμήμα του Κόζιακα

Στο κεντρικό τμήμα του Κόζιακα, βρέθηκαν ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης με κανονική συνιστώσα με προσανατολισμό Δ-Α, και κανονικά ρήγματα προσανατολισμού ΔΝΔ-ΑΝΑ. Στην περιοχή που βρέθηκαν τα αχαρτογράφητα αυτά ρήγματα, η γεωλογική χαρτογράφηση έγινε παλιότερα(φύλλο Καλαμπάκα, χαρτογράφηση E.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ , έκδοση 1972) σε σχέση με το φύλλο Μουζάκιον(φύλλο Μουζάκιον, χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, έκδοση 1993), που είναι η συνέχεια της χαρτογράφησης προς τα νότια. Η χαρτογράφηση ρηγμάτων αυτής της μορφής, επιβεβαιώνει τους χαρτογράφους του φύλλου Μουζάκιον, και ταιριάζει με το γενικότερο εφελκυστικό πεδίο τάσεων που επικράτησε στην περιοχή.

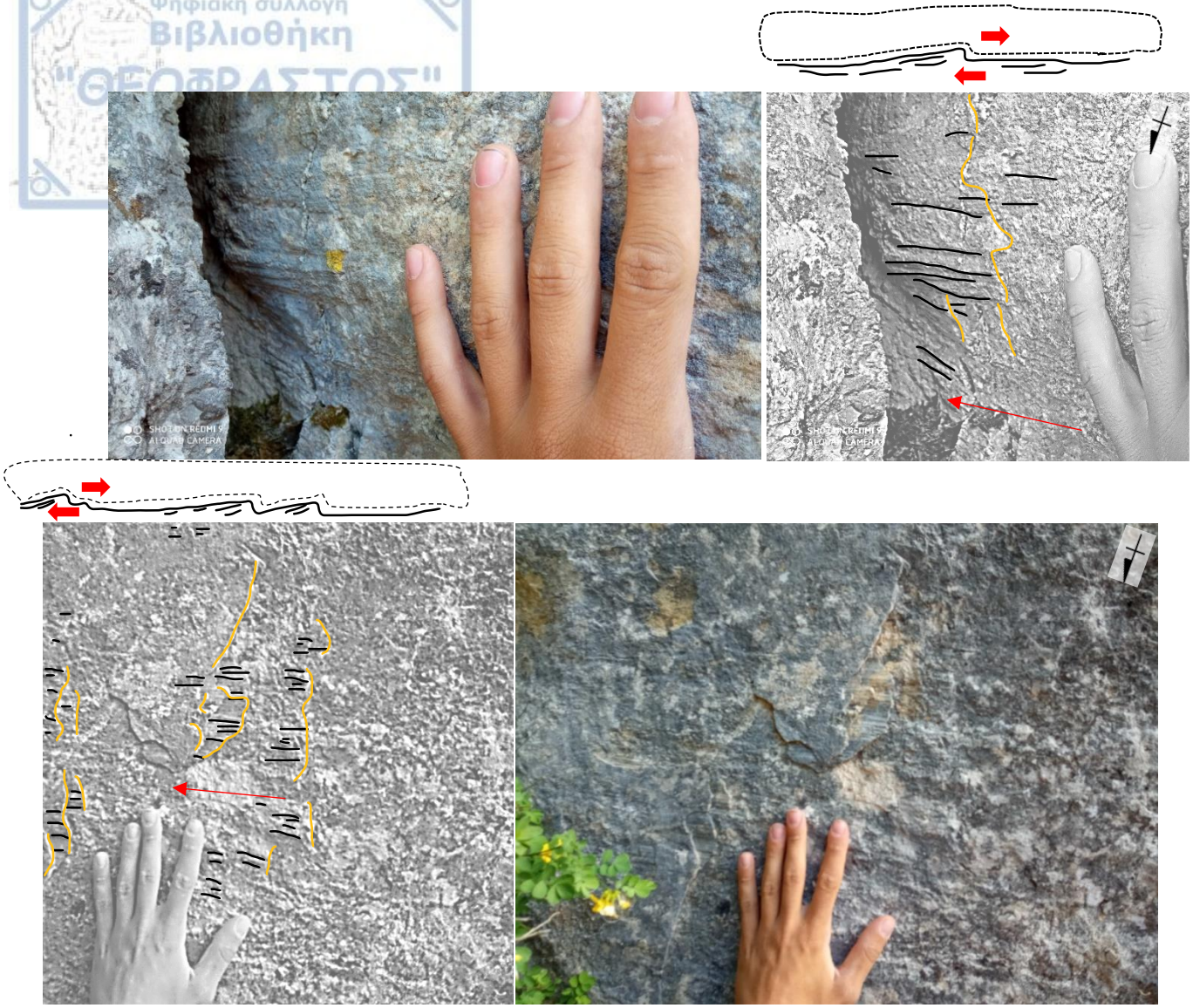
Στην εικόνα 3.15 απεικονίζεται μια εντυπωσιακή εμφάνιση καθρέπτη ρήγματος οριζόντιας μετατόπισης με κανονική συνιστώσα, στις κλιτύες ανατολικά του οικισμού της Ελάτης(Τύρνα), στη θέση «Θύρα». Στις εικόνες 3.16, φαίνονται οι γραμμώσεις ολίσθησης και τα βήματα του ρήγματος επάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη. Από κάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις μετρήσεις στο σημείο. Στην εικόνα 3.18, οι μετρήσεις του πίνακα εντάχθηκαν σε στερεοδιάγραμμα Schmidt, ως επιφανειακά και γραμμικά στοιχεία.

Για την καλύτερη κατανόηση της χωροθέτησης του ρήγματος, δημιουργήθηκαν οι τρισδιάστατες εικόνες του σχήματος 3.17, με τη χρήση των ορθοεικόνων και του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου. Στην επάνω φωτογραφία φαίνεται η θέση του ρήγματος σε σχέση με τον οικισμό της Ελάτης, καθώς και η νοητή προέκταση της επιφάνειας του ρήγματος, ενώ στην κάτω εικόνα φαίνεται το ρήγμα τοποθετημένο με υπόβαθρο τη σκίαση αναγλύφου(hillshade) του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου. Αξίζει να σημειωθεί ότι διακρίνεται η νοητή προέκταση του ρήγματος προς ανατολικά και δυτικά, επάνω στο σκιασμένο ανάγλυφο και χρήζει περεταίρω μελέτης, αν όντως αποτελεί συνέχεια του ρήγματος.

Στο ανατολικό τμήμα του κεντρικού Κόζιακα βρέθηκε ακόμη ένα αχαρτογράφητο κανονικό ρήγμα, δυτικά του οικισμού Πιαλεία. Ο προσανατολισμός του είναι ΔΒΔ-ΑΝΑ. Οι κύριες παρατηρήσεις αφορούν τον καθρέπτη, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.19 και τις γραμμώσεις ολίσθησης με τα βήματα, όπως φαίνονται στην εικόνα 3.20. Στην εικόνα 3.21 τοποθετείται επάνω στο σκιαγραφημένο τρισδιάστατο ανάγλυφο και εκτιμάται η πιθανή προέκτασή του προς τα δυτικά, με βάσει εξάρσεις του αναγλύφου που παρατηρούνται στη νοητή προέκταση της διεύθυνσής του. Ο πίνακας των μετρήσεων εμπεριέχεται στην εικόνα 3.19, ενώ στην εικόνα 3.22, οι μετρήσεις του πίνακα εντάχθηκαν σε στερεοδιάγραμμα Schmidt, ως επιφανειακά και γραμμικά στοιχεία.

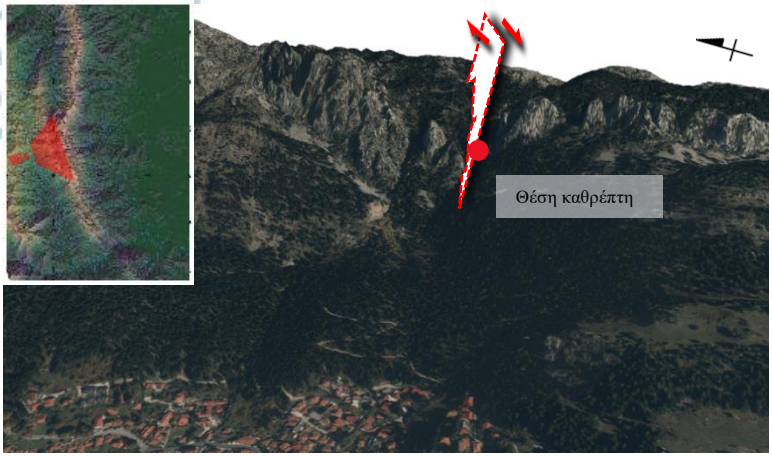


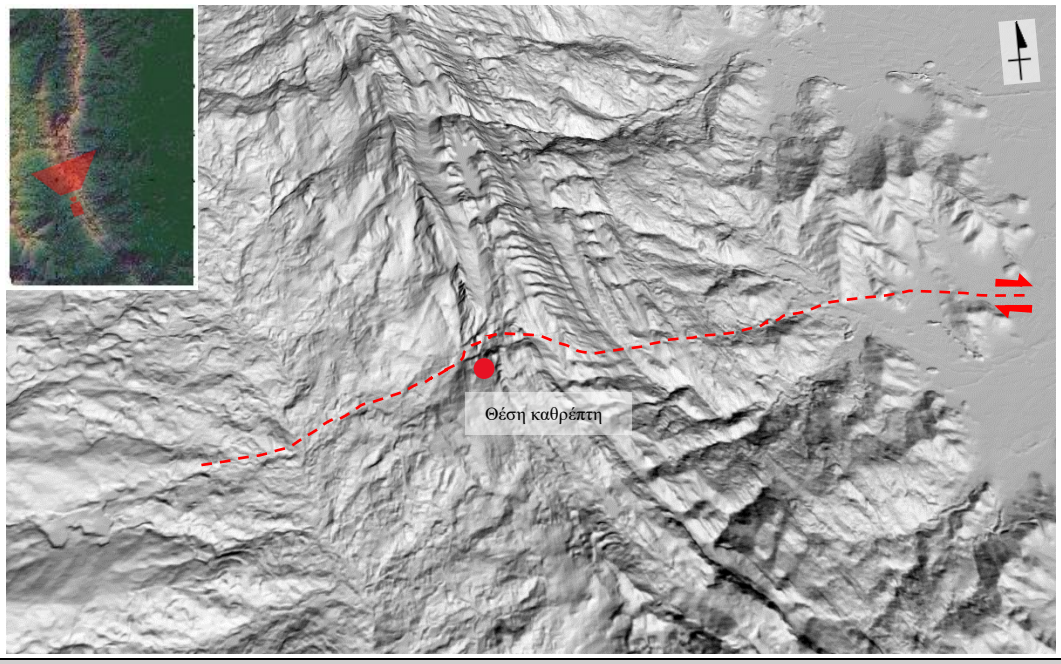
Εικ. 3.15 Φωτογραφία καθρέπτη ρήγματος οριζόντιας μετατόπισης με κανονική συνιστώσα, προσανατολισμού Δ-Α, στο κεντρικό τμήμα του Κόζιακα, ανατολικά από τον οικισμό της Ελάτης. (Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)



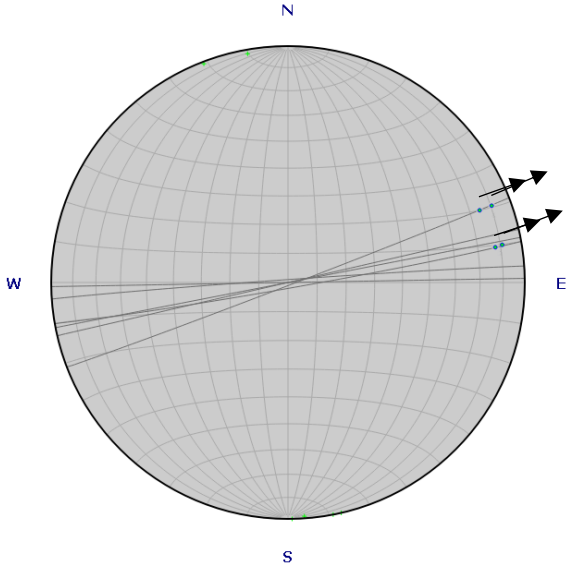
Μετρήσεις καθρέπτη ρήγματος	Μετρήσεις γραμμώσεων ολίσθησης
356/89	072/9
347/90	082/11
349/90	073/14
359/90	080/9
170/88	-
159/89	-

Εικ. 3.16 Φωτογραφίες καθρέπτη ρήγματος οριζόντιας μετατόπισης με κανονική συνιστώσα, προσανατολισμού Δ-Α, στο κεντρικό τμήμα του Κόζιακα, ανατολικά από τον οικισμό της Ελάτης. Είναι διακριτές οι γραμμώσεις ολίσθησης οι οποίες μετρήθηκαν με μαύρο και τα βήματα με κίτρινο. Από κάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις μετρήσεις. (Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)

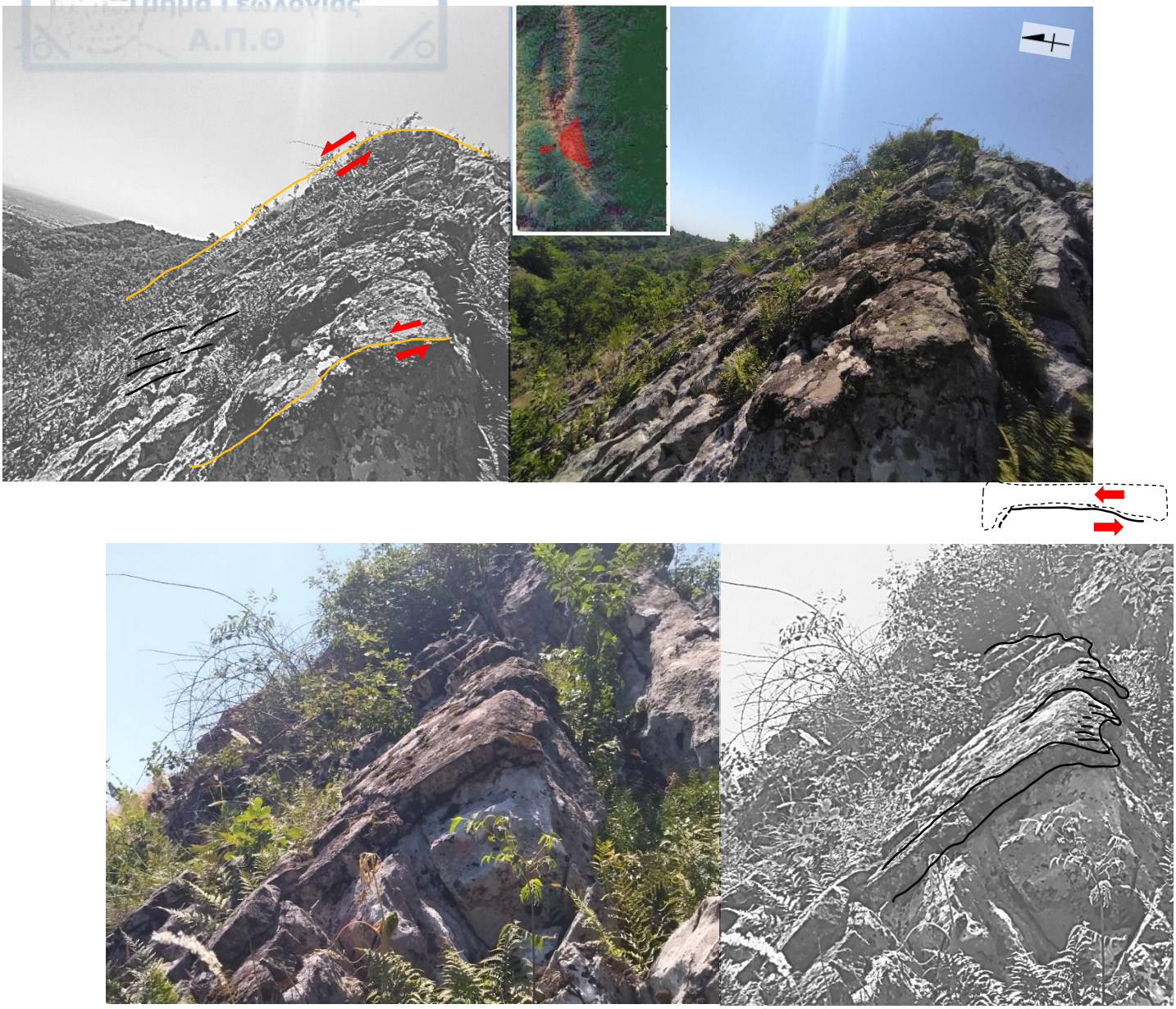




Εικ. 3.17 Τρισδιάστατες απεικονίσεις ορθοεικόνων και σκίαση αναγλύφου του ψηφιακού μοντέλου υψομέτρου του πλαγιοκανονικού ρήγματος, προσανατολισμού Δ-Α, στο κεντρικό τμήμα του Κόζιακα, ανατολικά από τον οικισμό της Ελάτης.
(ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΕΣ LSO25 ΦΩΤΟΛΗΨΙΑΣ 2014-2016 ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20.)

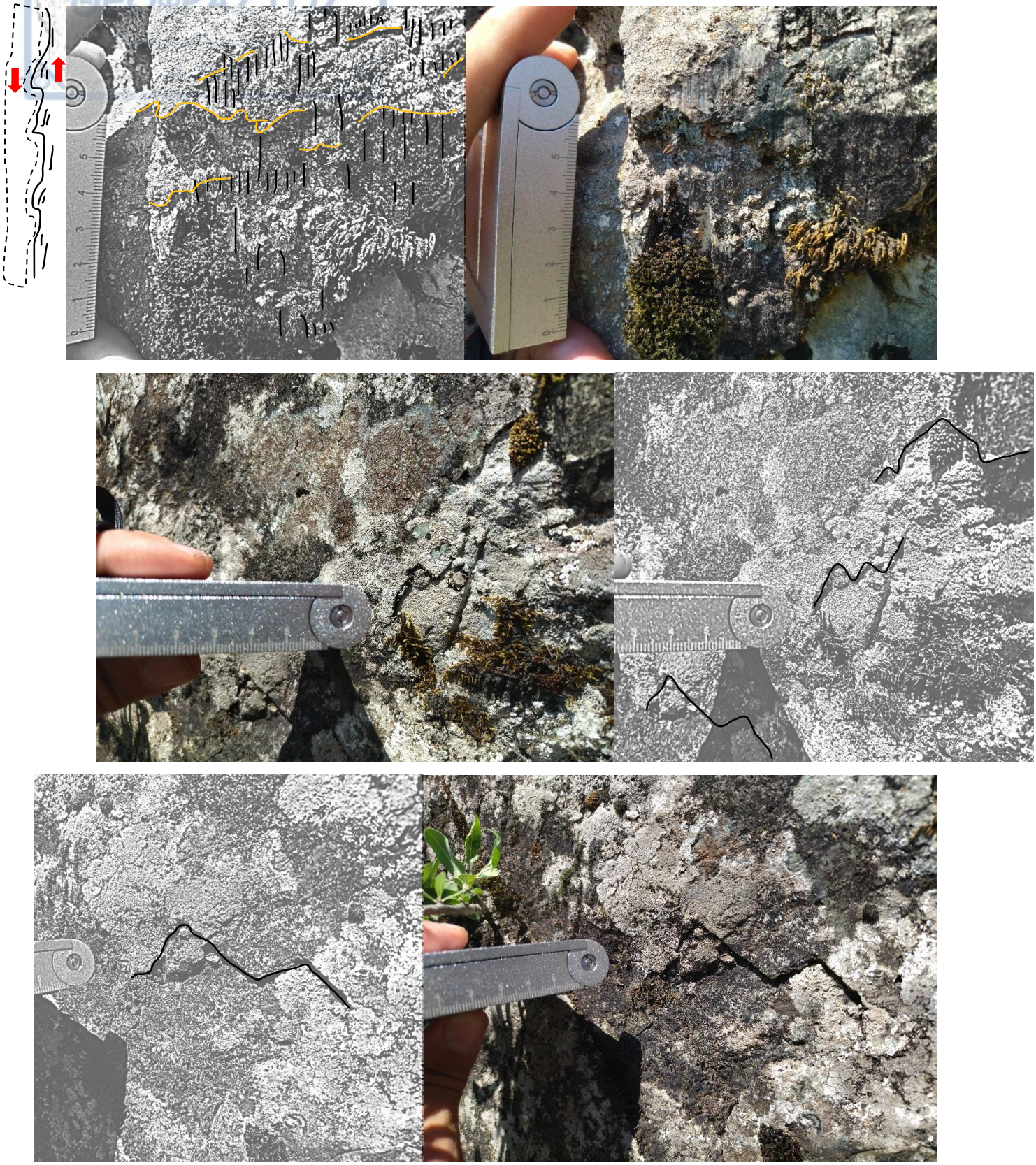


Εικ. 3.18 Διάγραμμα Schmidt του κανονικού ρήγματος κοντά στη Ελάτη και των γραμμώσεων που μετρήθηκαν.

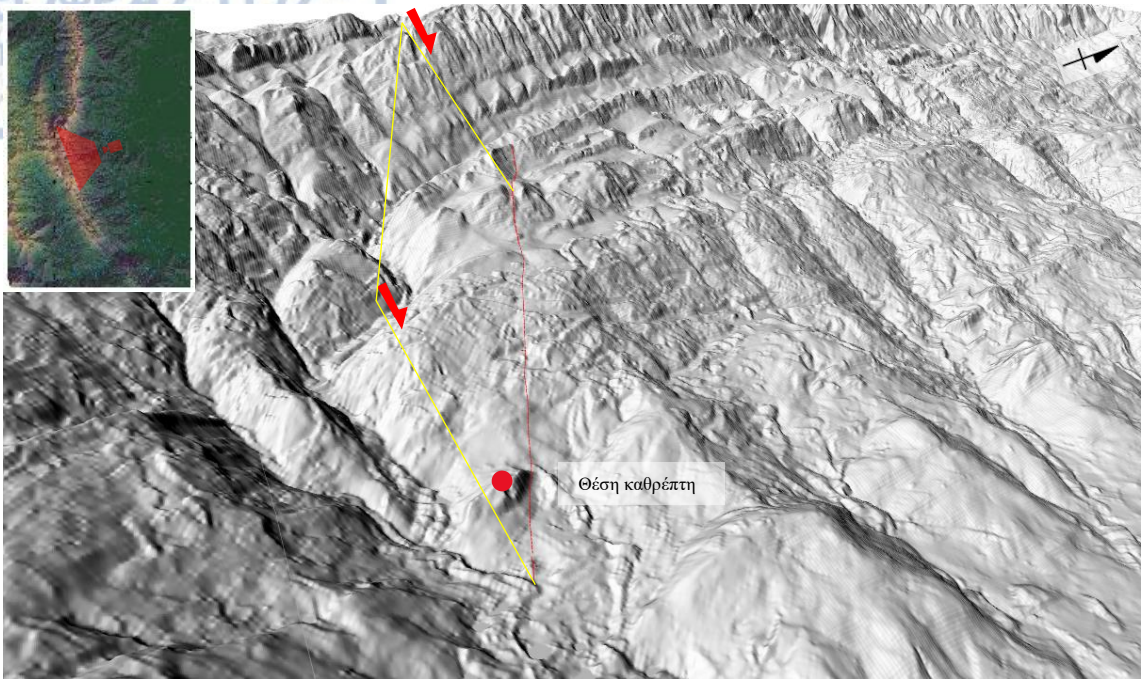


Μετρήσεις καθρέπτη ρήγματος	Μετρήσεις γραμμώσεων ολίσθησης
013/60	342/62
014/57	344/62
024/51	-
020/56	-

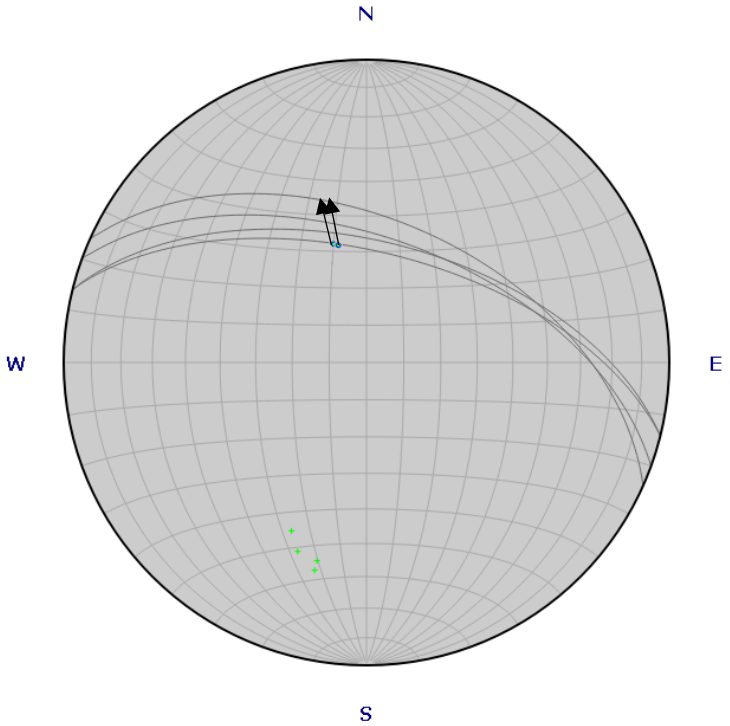
Εικ. 3.19 Φωτογραφίες καθρέπτη κανονικού ρήγματος, προσανατολισμού ΔΒΔ-ΑΝΑ, στο κεντρικό τμήμα του Κόζιακα, δυτικά από τον οικισμό της Πιαλείας. Είναι διακριτές μακροσκοπικές δομές και γραμμώσεις που προϊδεάζουν για τη κατεύθυνση κίνησης των τεμαχών. Από κάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις μετρήσεις. (Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)



Εικ. 3.20 Λεπτομερέστερες φωτογραφίες του κανονικού ρήγματος δυτικά του οικισμού Πιαλεία. Διακρίνονται οι γραμμώσεις ολίσθησης που δείχνουν τη κατεύθυνση κίνησης των τεμαχών, καθώς και τριγωνικές μορφές, που αποτελούν πιθανόν βήματα του καθρέπτη. (Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)

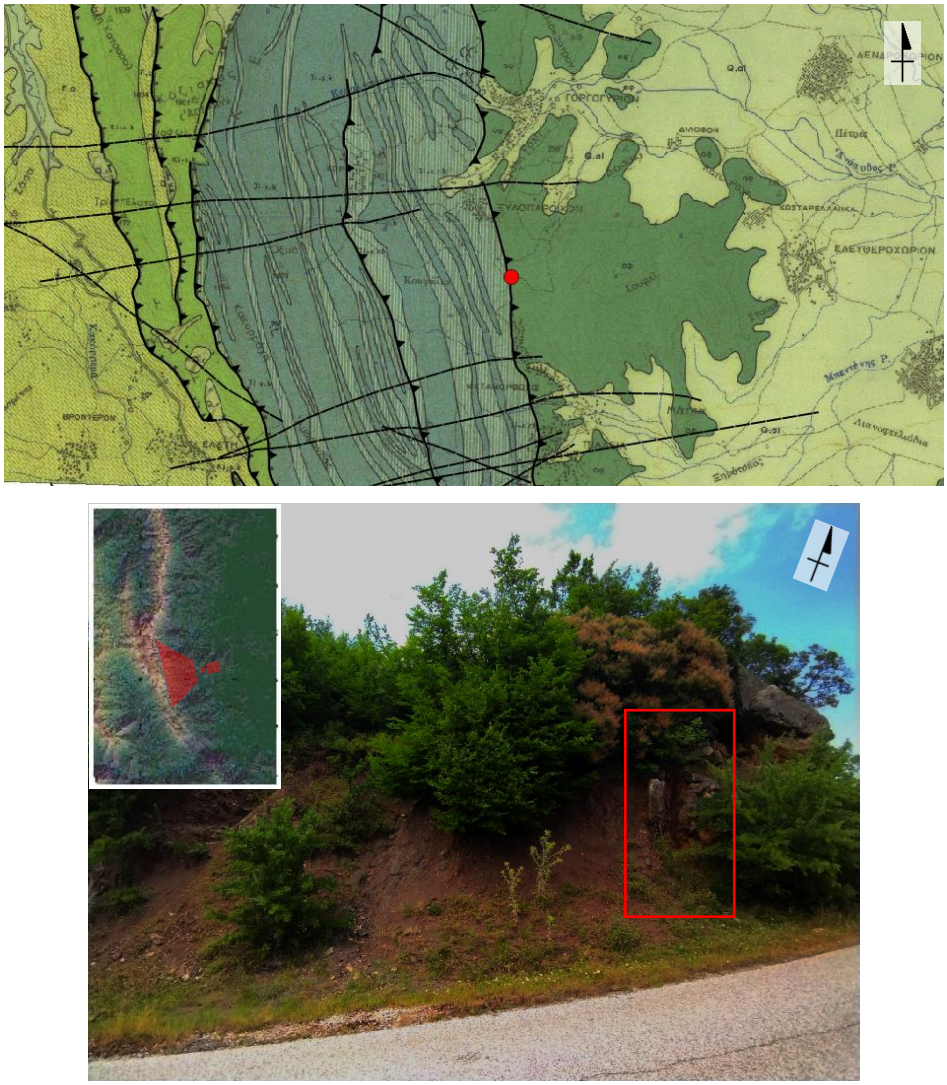


Εικ. 3.21 Το κανονικό ρήγμα δυτικά της Πιαλείας, όπου με κόκκινη τελεία σημειώνεται η θέση του καθρέπτη, με κόκκινη γραμμή η πιθανή προέκταση του προς τα δυτικά, με παρατηρήσεις που έγιναν στην τρισδιάστατη σκίαση αναγλύφου και με κίτρινο η επιφάνεια του ρήγματος.(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20.)



Εικ. 3.22 Διάγραμμα Schmidt του κανονικού ρήγματος κοντά στη Πιαλεία και των γραμμώσεων που μετρήθηκαν.

Στο κεντρικό τμήμα του Κόζιακα, έγινε ακόμη μια σημαντική παρατήρηση, εκτός από τα παραπάνω. Σε μια θέση λίγο πιο νότια από τον οικισμό του Ξυλοπάροικου, βρέθηκε απολιθωματοφόρος ορίζοντας πάχους 40-50 εκ., στο όριο των αργιλοπυριτικών σχηματισμών Jι-m.sh. της σειράς Κόζιακα με τους οφειολίθους του Κόζιακα. Πιο συγκεκριμένα εντοπίστηκαν δίθυρα της οικογένειας *pectinidae*, τα οποία έχουν τεκτονιστεί. Βρέθηκαν σε ορίζοντες κατακόρυφους, αργιλοπυριτικούς όπως φαίνεται στην εικόνα 3.23. Στις εικόνες 3.24 εμφανίζονται λεπτομερέστερες φωτογραφίες των καθαρισμένων δειγμάτων των απολιθωμάτων. Η εύρεσή τους ήταν αναμενόμενη στο σημείο, καθώς αποτέλεσε ρηχή θάλασσα, παρόλα αυτά δεν είχαν χαρτογραφηθεί και καταγραφεί στους ήδη υπάρχοντες χάρτες, οπότε θεωρήθηκε θεμιτό να γίνει μια μικρή αναφορά.



Εικ. 3.23 Απεικονίζεται η θέση στην οποία βρέθηκαν τα απολιθώματα της οικογένειας *pectinidae*, νότια του οικισμού Ξυλοπάροικο.(Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022, ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα)

Εικ. 3.24 Λεπτομερείς φωτογραφίες των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από την απολιθωματοφόρα θέση, νότια του Ξυλοπάροικου.(Φωτογραφίες Dittopoulos, S 2022)

3.2.5 Παρατηρήσεις στο σχηματισμό του Ηωκαινικού φλύσχη κατά μήκος του δυτικού Κόζιακα.

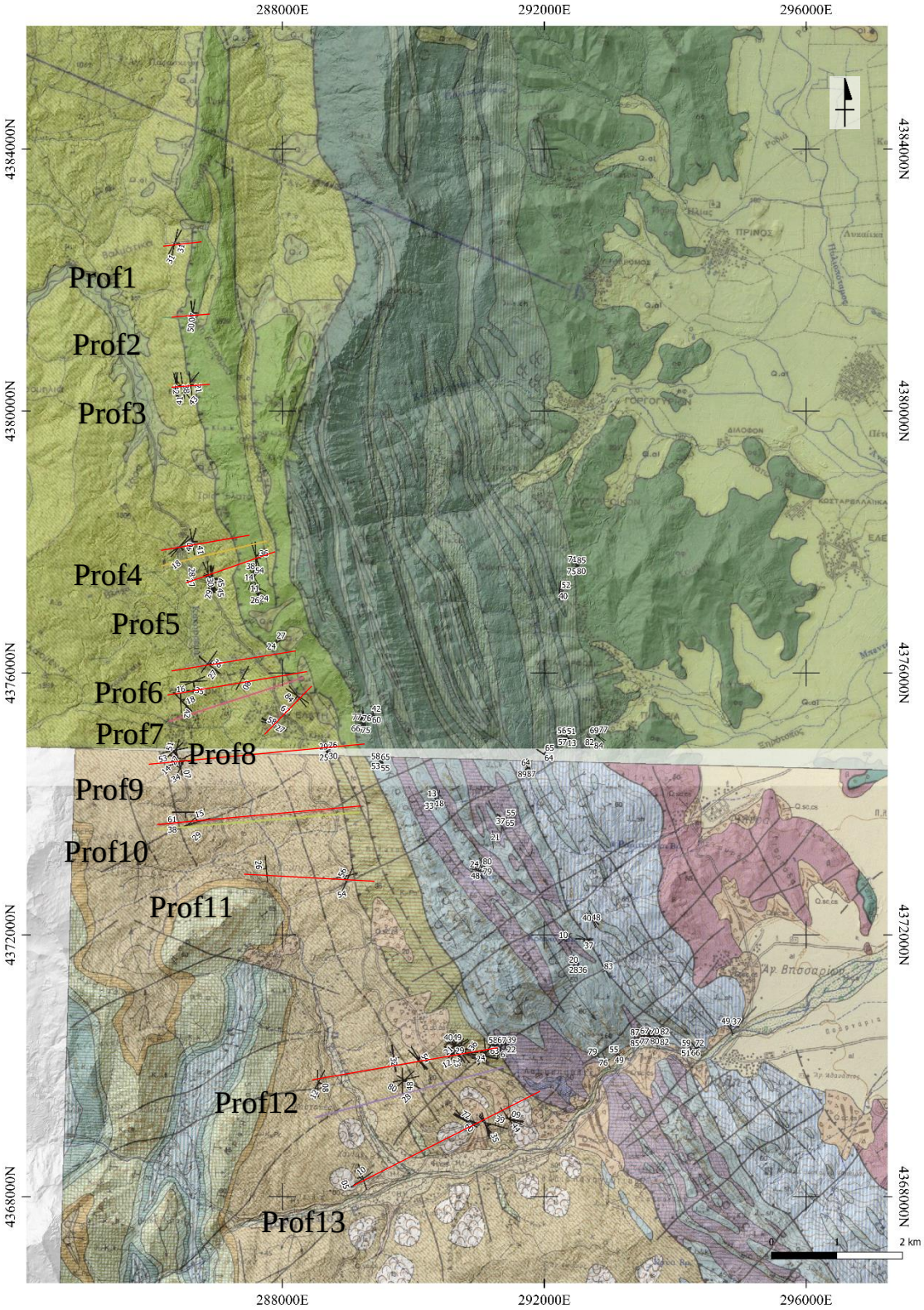
Ακόμη ένα πολύ ενδιαφέρον κομμάτι της υπαίθριας έρευνας ήταν οι παρατηρήσεις σε σχέση με την εξάπλωση του Ηωκαινικού φλύσχη, της ζώνης Πίνδου. Πιο συγκεκριμένα, σε πολλές θέσεις διαπιστώθηκε η διαφοροποίηση των κλίσεων του σχηματισμού σε σχέση με τις ήδη χαρτογραφημένες του ΙΓΜΕ. Οι θέσεις λήψεις των μετρήσεων συγκεντρώνονται στο βορειοδυτικό τμήμα του φύλλου Μουζάκι και στο νοτιοδυτικό τμήμα του φύλλου Καλαμπάκα.

Στην εικόνα 3.25 παρουσιάζεται η περιοχή με τις θέσεις των σχηματικών τομών που δημιουργήθηκαν με το εργαλείο qProf, μέσω του περιβάλλοντος QGIS. Δημιουργήθηκε ένα layer με τις μετρήσεις που εξάχθηκαν από την εφαρμογή Fieldmove, και προστέθηκαν οι κλίσεις της στρώσης του φλύσχη στην περιοχή. Επάνω στις τομές φαίνονται οι μετρήσεις, αλλά δίνεται έμφαση σε αυτές που βρίσκονται επάνω στη γραμμή της τομής, ή πολύ κοντά. Εξετάστηκαν συνολικά 13 τομές στο όριο του Ηωκαινικού φλύσχη της ζώνης Πίνδου, με τους σχηματισμούς της ενότητας του Κόζιακα(στις τομές Prof1 έως Prof12, ασβεστόλιθοι Θυμιάματος και στη τομή Prof13 ανθρακικοί σχηματισμοί μέσου Τριαδικού έως Δογγερίου).

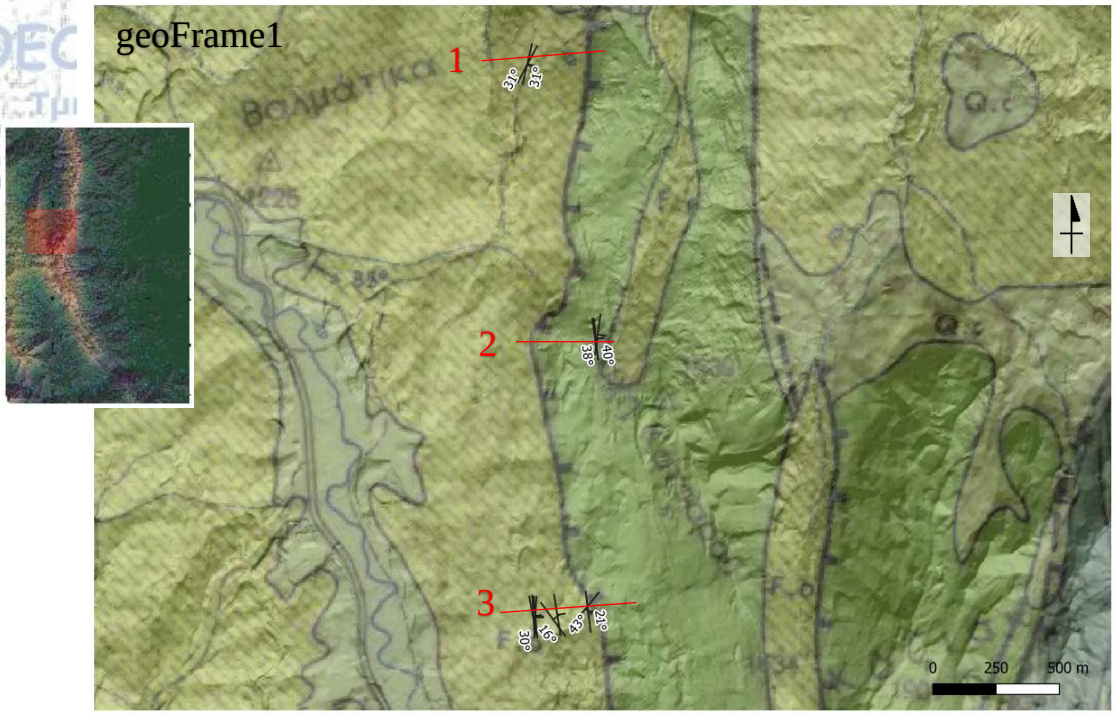
Οι τομές χωρίστηκαν σε 5 ομάδες με βάση την περιοχή, από Βορρά προς Νότο, οι οποίες ονομάστηκαν geoframe1 έως geoframe5. Για τις ομάδες αυτές δημιουργήθηκαν σχηματικές τομές που συμπεριλαμβάνουν τα στοιχεία των επιμέρους τομών. Ξεκινώντας από την περιοχή του geoframe1, παρατηρείται μια κατανομή κλίσεων από 16° έως 43°, χωρίς ωστόσο να έχουν αυξητική τάση προς κάποια διεύθυνση. Οι μετρήσεις μπορούν να συσχετιστούν μεταξύ τους δημιουργώντας πιθανές πτυχές, έντονα κεκλιμένες έως ανεστραμμένες προς τα ανατολικά. Στην περιοχή geoframe2, παρατηρείται μια κατανομή κλίσεων από 15° έως 50°, ενώ στη τομή prof4, εμφανίζεται μια ξεκάθαρη αυξανόμενη κλίση της στρώσης του φλύσχη, από τα ανατολικά προς τα δυτικά, η οποία οφείλεται είτε σε πτυχή, είτε απλά σε σταδιακή αλλαγή κλίσης. Παράλληλα εμφανίζεται και η πρώτη αντίρροπη κλίση φλύσχη(κλίνει προς τα δυτικά) στη δυτική κλιτύ του ρέματος(Κακόρεμμα) η οποία μπορεί να ερμηνευτεί ως η δυτική πτέρυγα αντικλίνου. Στην περιοχή geoframe3, παρατηρείται μια κατανομή κλίσεων από 16° έως 84°. Στην τομή prof7 επικρατούν ήπιες κλίσεις ενώ στη τομή prof8 εμφανίζεται μια ξεκάθαρη αυξανόμενη κλίση της στρώσης του φλύσχη, από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Στην περιοχή geoframe4, παρατηρείται μια κατανομή κλίσεων από 07° έως 61°. Σε όλες τις τομές prof9, prof10, prof11 εμφανίζονται κλίσεις προς τα δυτικά, στη δυτική κλιτύ του ρέματος, ενώ αντίθετα στην prof10 εμφανίζεται μια επιπλέον κλίση προς τα δυτικά στην ανατολική κλιτύ του ρέματος. Τέλος στην περιοχή geoframe5, παρατηρείται μια κατανομή κλίσεων από 07° έως 61°, ενώ ζεύγη τιμών συνθέτουν πιθανές πτυχές κεκλιμένες

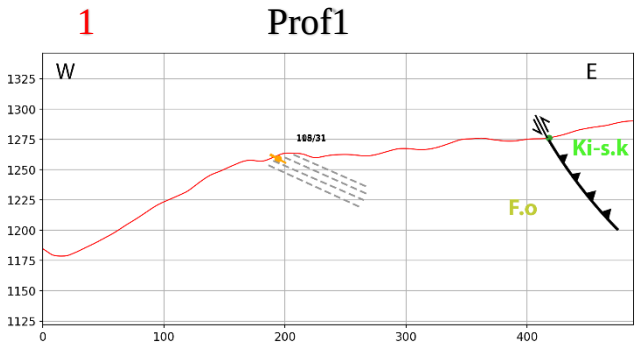
έως ανεστραμμένες με κλίση προς τα ανατολικά. Και πάλι παρατηρούνται κλίσεις προς τα δυτικά, στη δυτική κλιτύ του ρέματος.

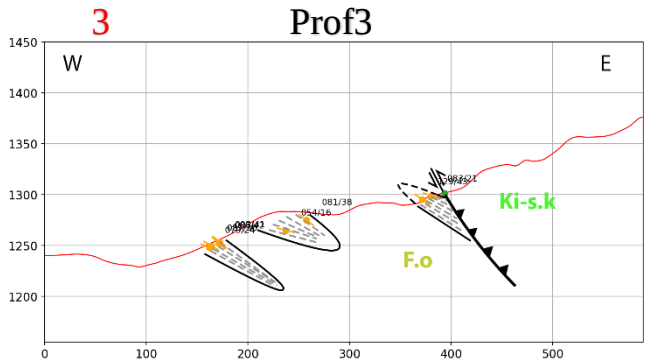
Συγκρινόμενες με τις κλίσεις των γεωλογικών χαρτών, οι τιμές των κλίσεων είναι σαφώς μεγαλύτερες και ποικίλουν από θέση σε θέση λόγω της πτύχωσης. Στο φύλλο Καλαμπάκα, οι τιμές κλίσης του φλύσχη παρουσιάζονται ενιαίες με την τιμή 20°, ενώ στο φύλλο Μουζάκι, εμφανίζονται με τιμές από 20° έως 70°, και πιο συγκεκριμένα κοντά στην επώθηση εμφανίζονται με τιμές 40°-45°. Για μια λεπτομερέστερη περιγραφή της πτύχωσης του φλύσχη στην ευρύτερη περιοχή, κρίνεται αναγκαία μια χαρτογράφηση μεγαλύτερης κλίμακας με πολλές θέσεις μετρήσεων. Η δυτική κλιτύς του Κακορέματος, πιθανολογείται ότι λειτούργησε με τέτοιο τρόπο κατά τη διάρκεια των πτυχώσεων που έχει δημιουργήσει σημεία με αντίρροπες κλίσεις από την ανατολική κλιτύ.

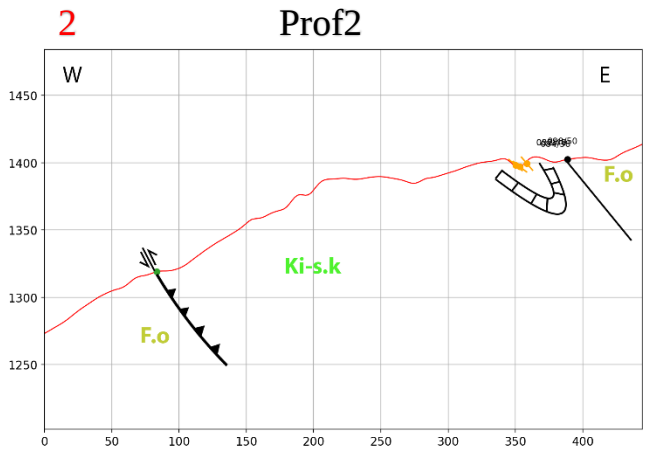


Εικ. 3.25 Με υπόβαθρο τα φύλλα Καλαμπάκα και Μουζάκι, των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, εμφανίζονται οι σχηματικές τομές που έγιναν στα σημεία μετρήσεων της κλίσης του ηωκαινικού Φλύσχη της Πίνδου. Επίσης στις τομές φαίνεται η επαφή του Φλύσχη με τους ασβεστόλιθους Θυμιάματος και τους ανθρακικούς σχηματισμούς μέσου Τριαδικού- Δογγερίου της ενότητας Κόζιακα.
(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

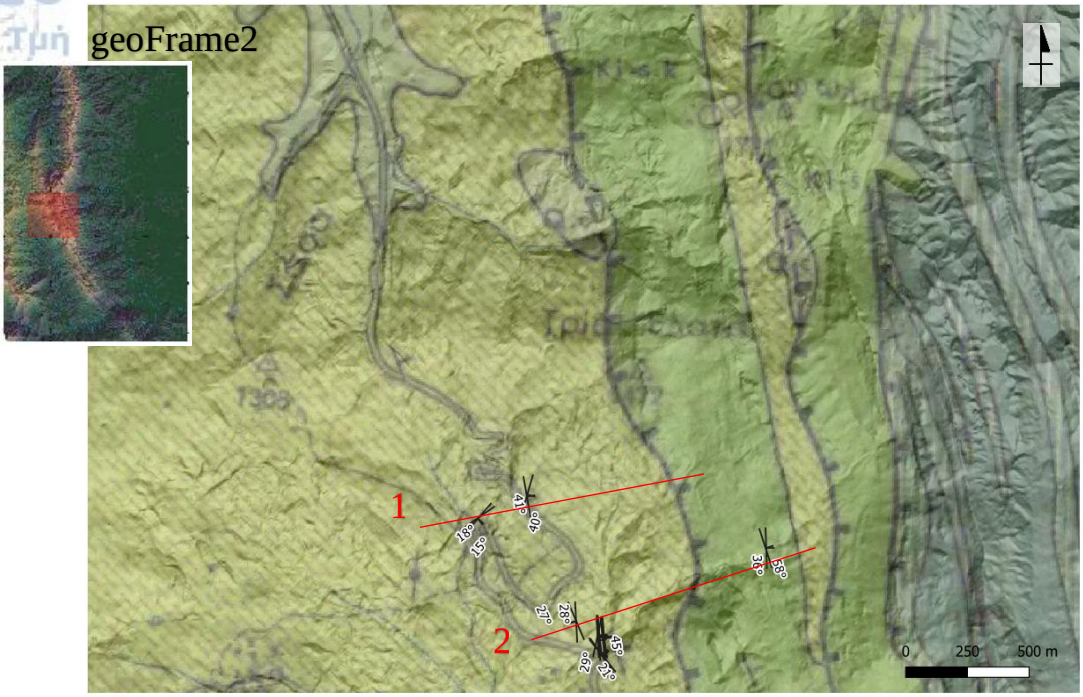


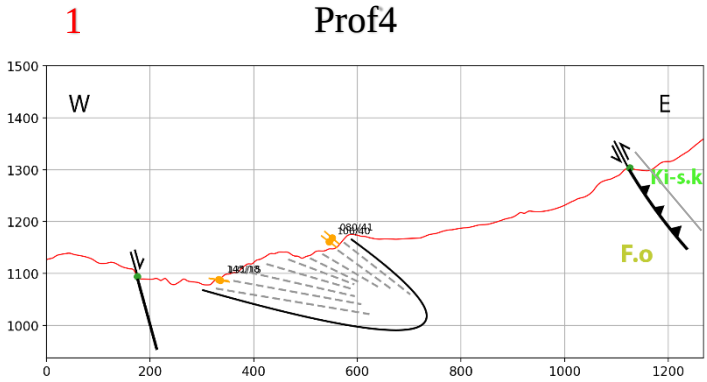


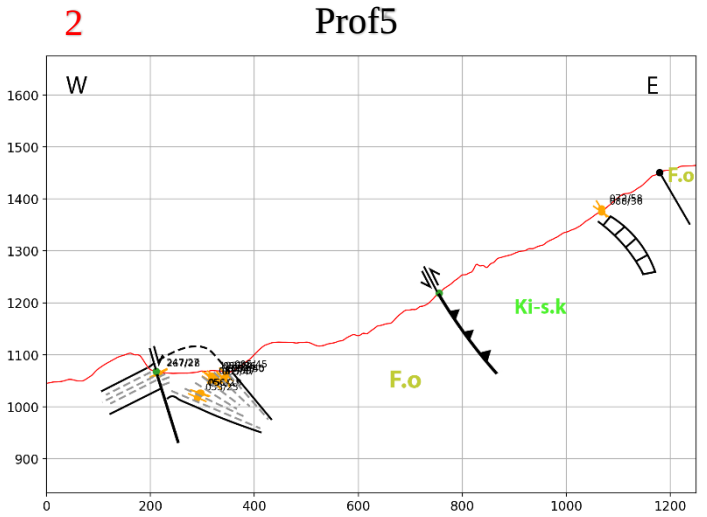




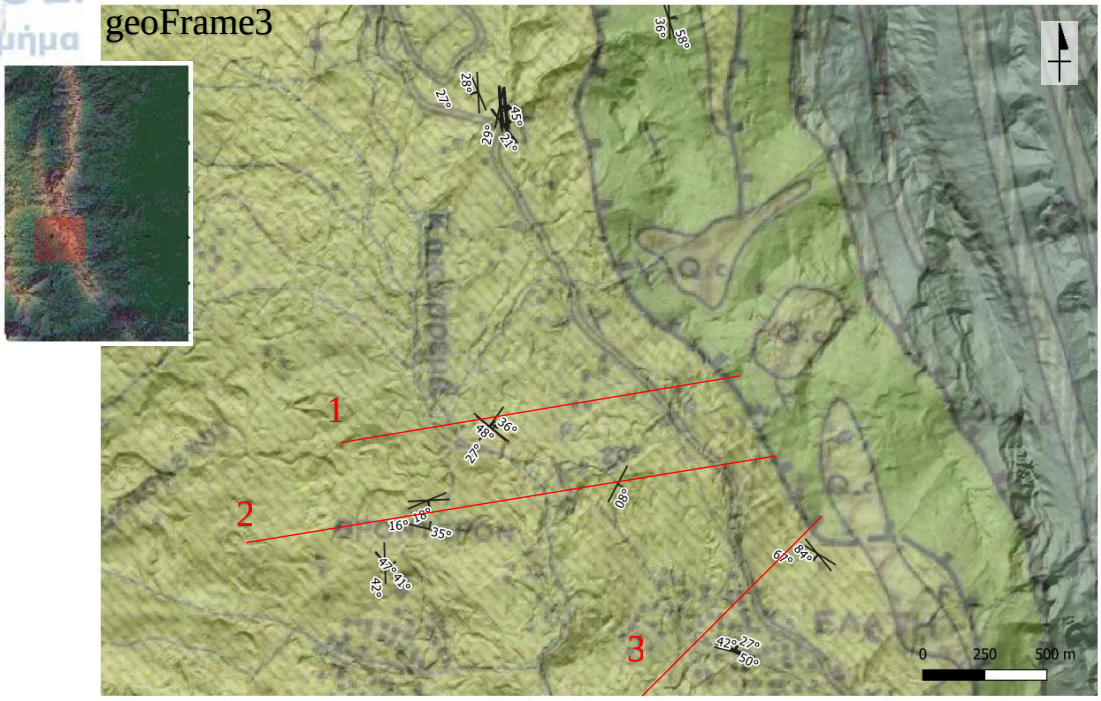
Εικ. 3.26 Με υπόβαθρο τα φύλλα Καλαμπάκα και Μουζάκι, των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, εμφανίζονται οι σχηματικές τομές που έγιναν στα σημεία μετρήσεων της κλίσης του Ηωκαινικού Φλύσχη της Πίνδου. Επίσης στις τομές φαίνεται η επαφή του Φλύσχη με τους ασβεστόλιθους Θυμιάματος της ενότητας Κόζιακα.(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

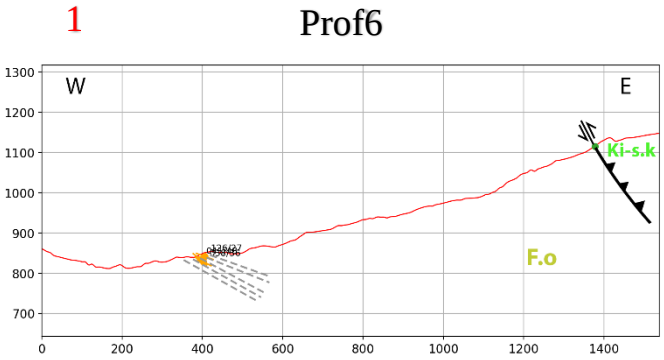


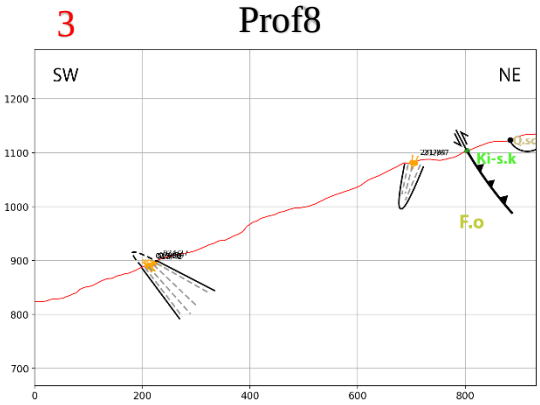


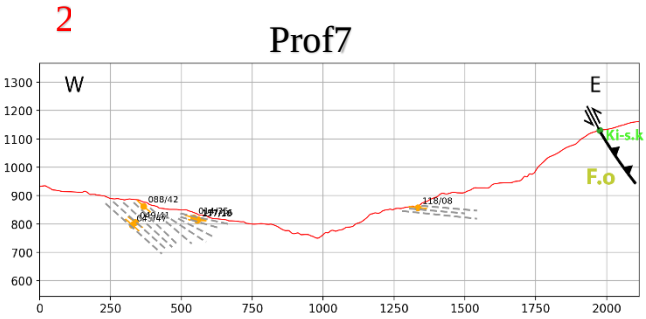


Εικ. 3.27 Με υπόβαθρο τα φύλλα Καλαμπάκα και Μουζάκι, των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, εμφανίζονται οι σχηματικές τομές που έγιναν στα σημεία μετρήσεων της κλίσης του Ηωκαινικού Φλύσχη της Πίνδου. Επίσης στις τομές φαίνεται η επαφή του Φλύσχη με τους ασβεστόλιθους Θυμιάματος της ενότητας Κόζιακα.(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

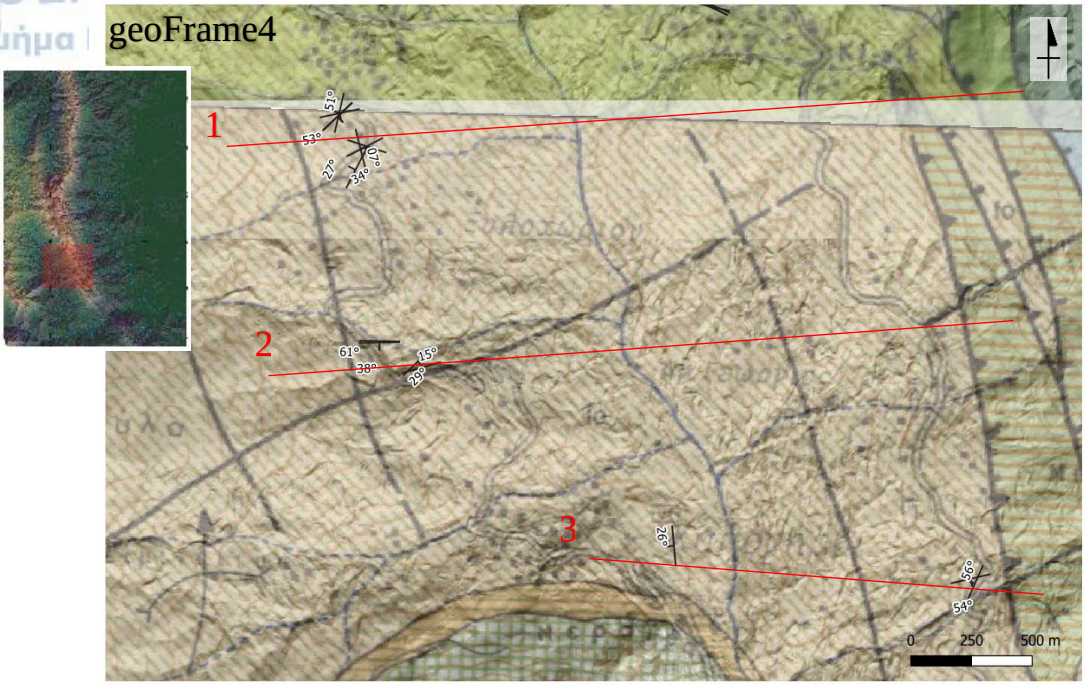




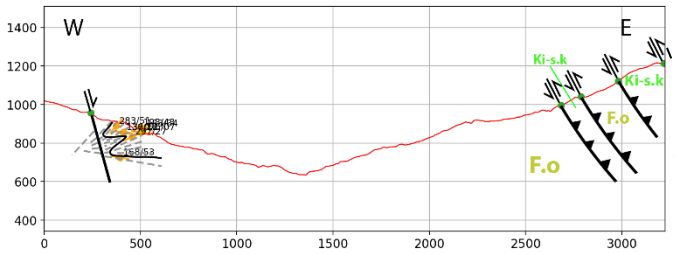




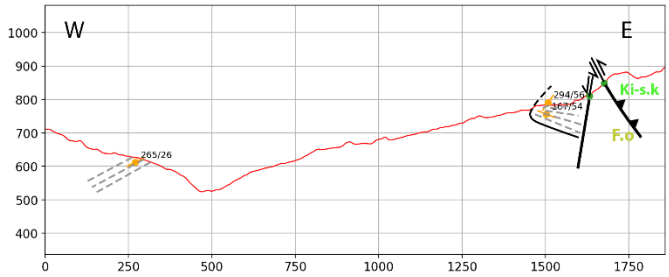
Εικ. 3.28 Με υπόβαθρο τα φύλλα Καλαμπάκα και Μουζάκι, των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, εμφανίζονται οι σχηματικές τομές που έγιναν στα σημεία μετρήσεων της κλίσης του Ηωκαινικού Φλύσχη της Πίνδου. Επίσης στις τομές φαίνεται η επαφή του Φλύσχη με τους ασβεστόλιθους Θυμιάματος της ενότητας Κόζιακα.(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.



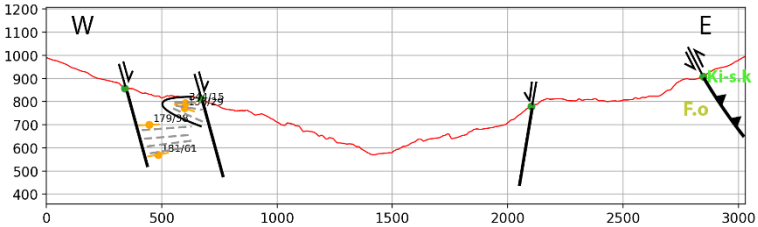
1 Prof9



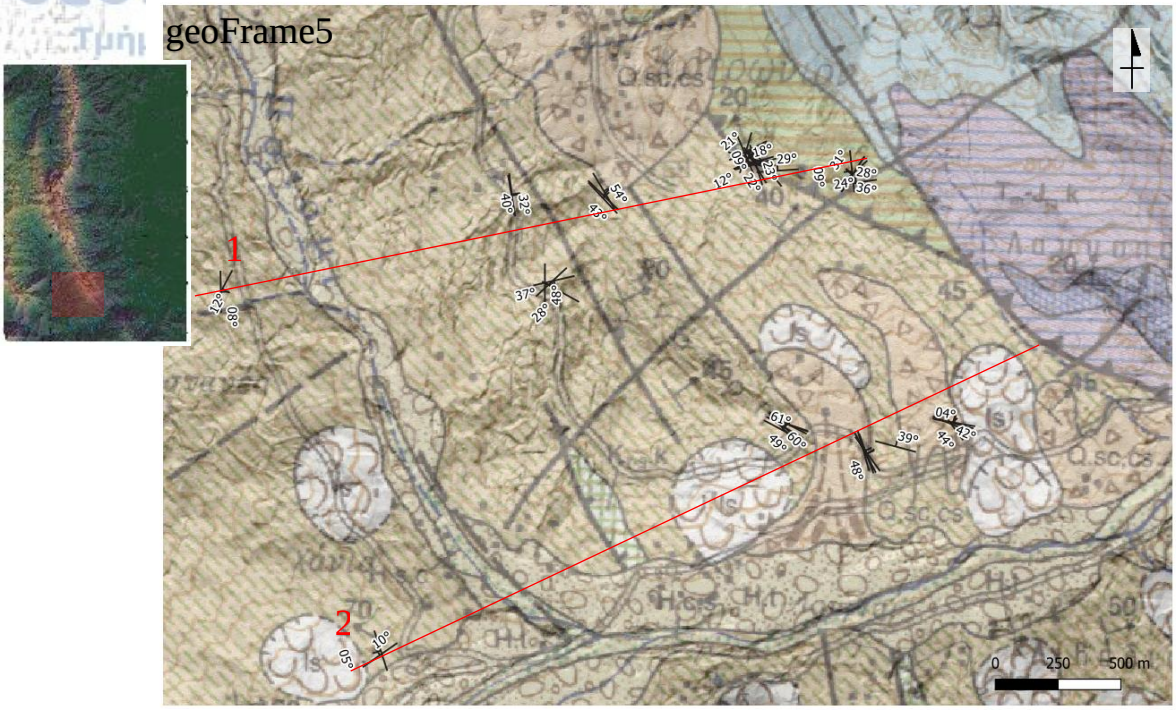
3 Prof11

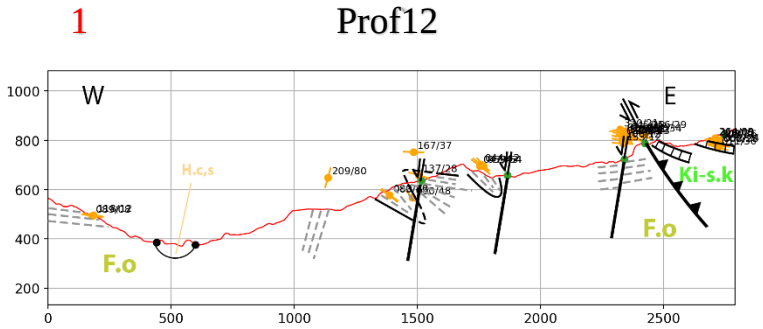


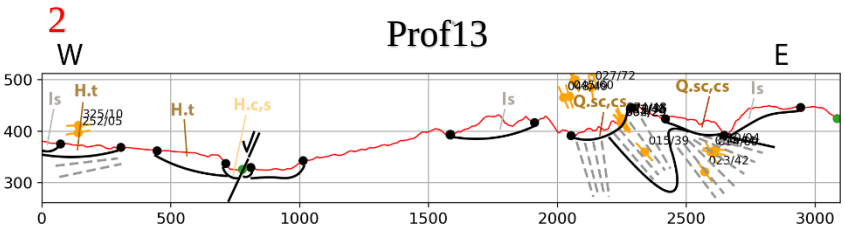
2 Prof10



Εικ. 3.29 Με υπόβαθρο τα φύλλα Καλαμπάκα και Μουζάκι, των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, εμφανίζονται οι σχηματικές τομές που έγιναν στα σημεία μετρήσεων της κλίσης του Ηωκαινικού Φλύσχη της Πίνδου. Επίσης στις τομές φαίνεται η επαφή του Φλύσχη με τους ασβεστόλιθους Θυμιάματος της ενότητας Κόζιακα.(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20 ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

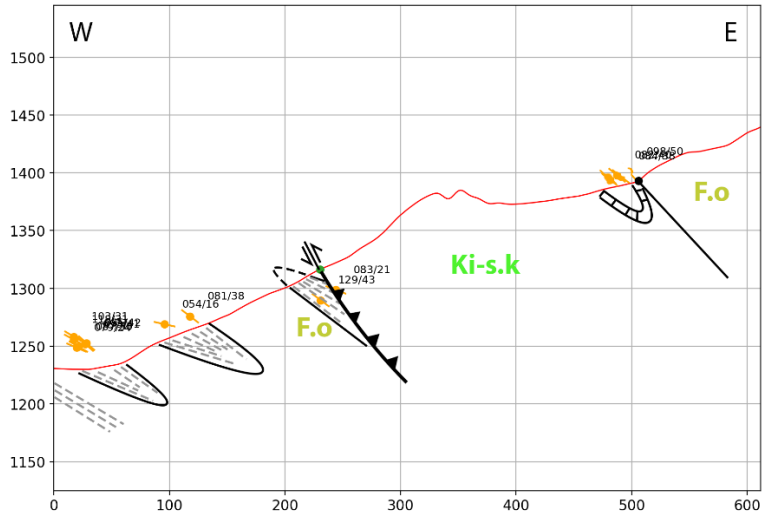




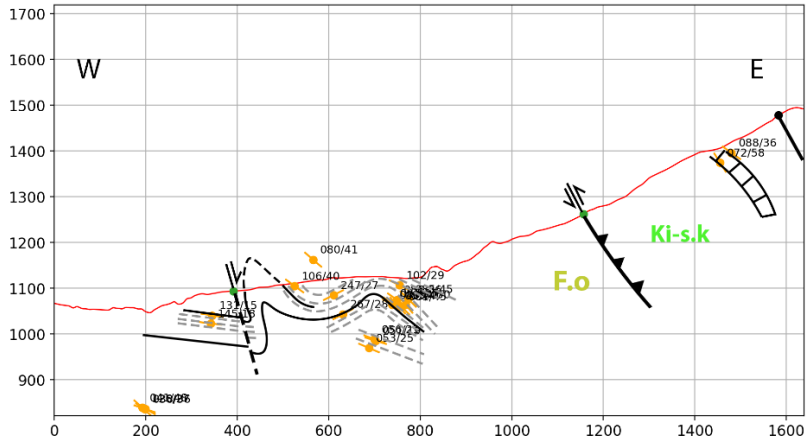


Εικ. 3.30 Με υπόβαθρο τα φύλλα Καλαμπάκα και Μουζάκι, των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, εμφανίζονται οι σχηματικές τομές που έγιναν στα σημεία μετρήσεων της κλίσης του Ηωκαινικού Φλύσχη της Πίνδου. Επίσης στις τομές φαίνεται η επαφή του Φλύσχη με τους ασβεστόλιθους Θυμιάματος και τους ανθρακικούς σχηματισμούς μέσου Τριαδικού-Δογγερίου της ενότητας Κόζιακα. (ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

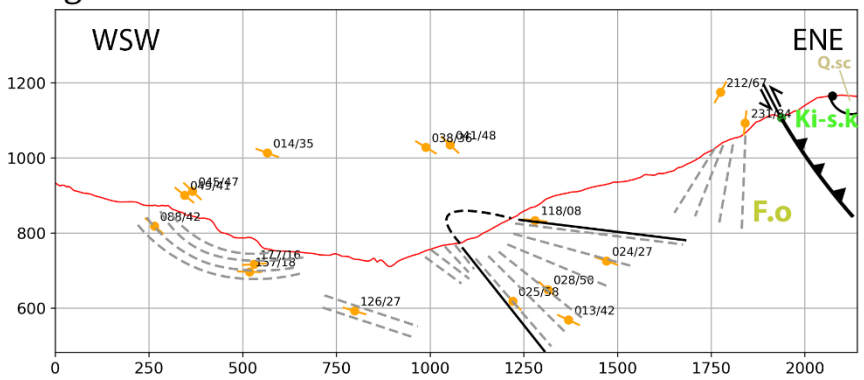
geoFrame1



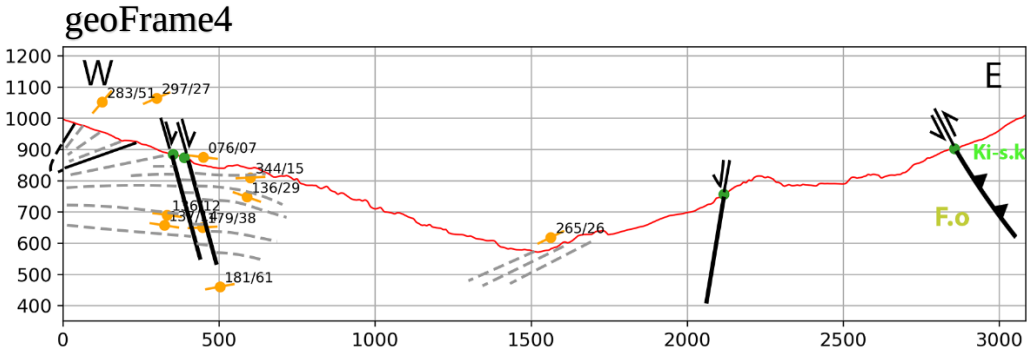
geoFrame2

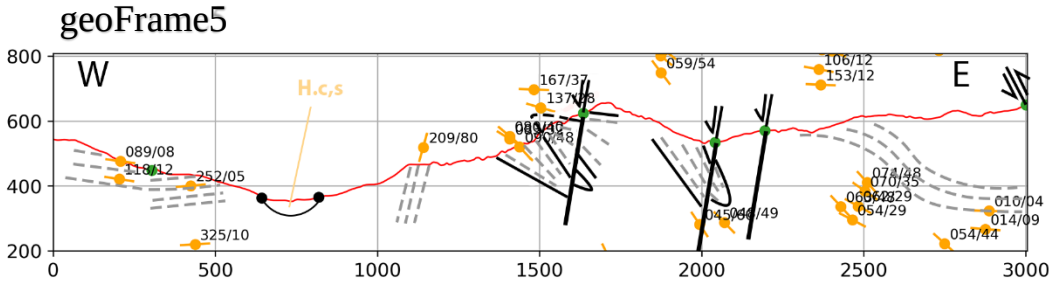


geoFrame3



Εικ. 3.30β Οι σχηματικές τομές στο φλύσχη των ομάδων geoframe1, geoframe2 και geoframe3 αντίστοιχα από πάνω προς τα κάτω.





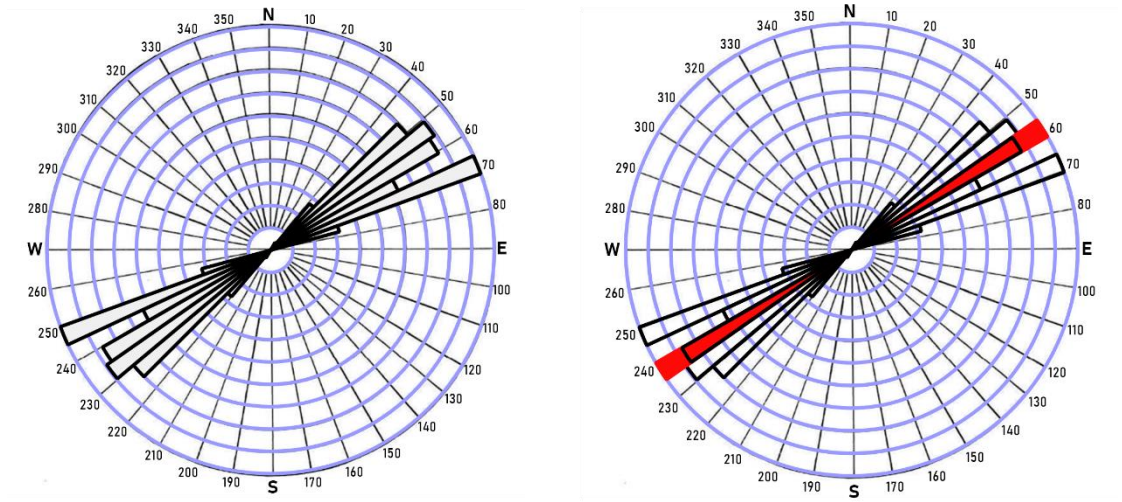
Εικ. 3.30γ Οι σχηματικές τομές στο φλύσχη των ομάδων geoframe4 και geoframe5 αντίστοιχα από πάνω προς τα κάτω.

3.3 ΤΕΛΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΑ: ΡΟΔΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ SCHMIDT ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

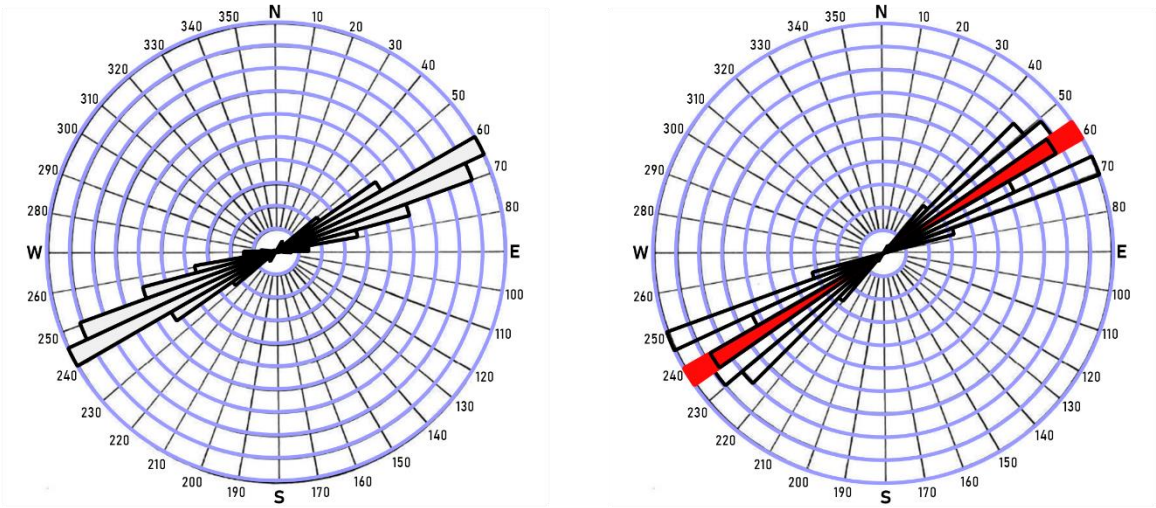
3.3.1 Ροδοδιαγράμματα γραμμώσεων Slope-Aspect Χάρτη, ρηγμάτων ΙΓΜΕ και γραμμώσεων DEM.

Όσον αφορά τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό πιθανών ρηγμάτων μέσω τηλεπισκόπησης, αλλά και για την επαλήθευση ρηγμάτων που χαρτογραφήθηκαν στο ύπαιθρο, ήταν η μέθοδος εντοπισμού γραμμώσεων στο χάρτη προσανατολισμού πρανών(Aspect map) και στο σκιασμένο ανάγλυφο(Hillshade). Για τις γραμμώσεις στο Hillshade, ακολουθήθηκε μεθοδολογία επηρεασμένη από τον Ahmadi, H., & Pekkan, E., 2021. Μετά τον εντοπισμό και την ψηφιοποίηση των γραμμώσεων, ακολούθησε η εισαγωγή του προσανατολισμού τους σε ροδοδιάγραμμα διευθύνσεων, με τη χρήση του plugin, Line Direction Histogram, στο πρόγραμμα QGIS.

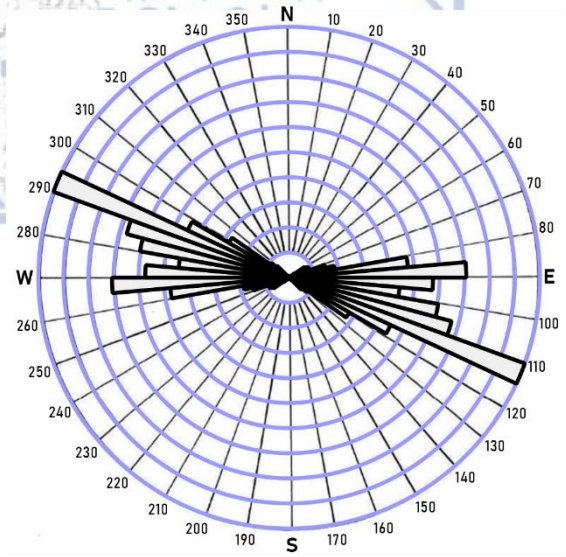
Στα σχήματα 3.1 απεικονίζονται τα ροδοδιαγράμματα διευθύνσεων, αλλά και της μέσης τάσης διευθύνσεων, των ψηφιοποιημένων ρηγμάτων του ΙΓΜΕ από τα φύλλα των χαρτών Μουζάκι και Καλαμπάκα. Στα σχήματα 3.2 απεικονίζονται τα ροδοδιαγράμματα διευθύνσεων και μέσης τάσης διευθύνσεων των γραμμικών στοιχείων στον παραχθέντα χάρτη Slope-Aspect. Επιλέχθηκαν στοιχεία κοντά στα ρήγματα του ΙΓΜΕ με προσανατολισμούς κλιτύων 22.5° και 360°. Τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά, καθώς υπάρχει απόλυτη ταύτιση μεταξύ των δύο ομάδων ροδοδιαγραμμάτων! Στα σχήματα 3.3 απεικονίζονται τα ροδοδιαγράμματα διευθύνσεων και μέσης τάσης διευθύνσεων των γραμμικών στοιχείων που παρατηρήθηκαν στο σκιασμένο ανάγλυφο με ηλιακό φως γωνίας 180°, που παράχθηκε από το DEM. Οι τιμές των αποτελεσμάτων είναι αρκετά απομακρυσμένες από τα αντίστοιχα ροδοδιαγράμματα των σχημάτων 3.1 και 3.2, κάτι που δείχνει πιθανώς λανθασμένη επιλογή γραμμώσεων από το σκιασμένο ανάγλυφο ή μικρό βαθμό επιφανειακής εμφάνισης των ρηγμάτων στην κλίμακα που μελετήθηκε. Πιθανώς όμως να συμβαίνει διότι εμφανίζονται ρήγματα τα οποία δεν έχουν χαρτογραφηθεί από το ΙΓΜΕ καθώς σύμφωνα και με το τεκτονικό χάρτη του Πομώνη, 2003, εικόνα 3.32, υπάρχουν κάποια από τα πιθανά ρήγματα που προτείνονται. Στην εικόνα 3.31b απεικονίζονται οι γραμμώσεις αναγλύφου που υπολογίστηκαν στην παραγωγή των ροδοδιαγραμμάτων, από το σκιασμένο τρισδιάστατο ανάγλυφο, ενώ στην εικόνα 3.31a η γεωλογία με τα ρήγματα του ΙΓΜΕ και ο χάρτης Aspect με τα ρήγματα του ΙΓΜΕ και τις γραμμώσεις προσανατολισμού .

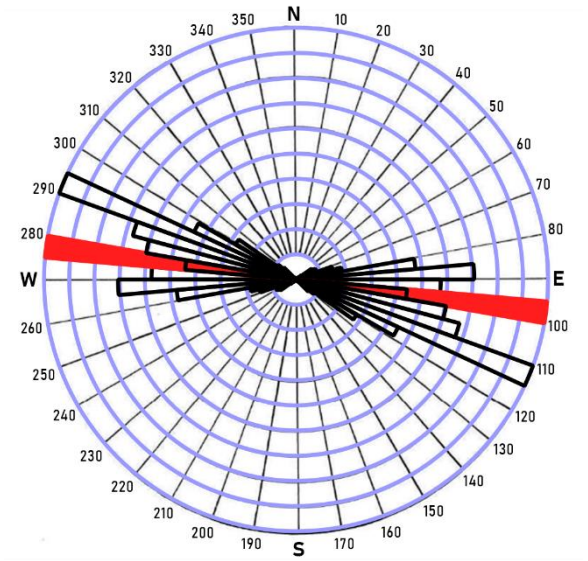


Σχ. 3.1 Ροδοδιάγραμμα διευθύνσεων ΒΑ-ΝΔ ρηγμάτων που χαρτογραφήθηκαν από το ΙΓΜΕ, όπου με κόκκινο απεικονίζεται η μέση τάση των διευθύνσεων.

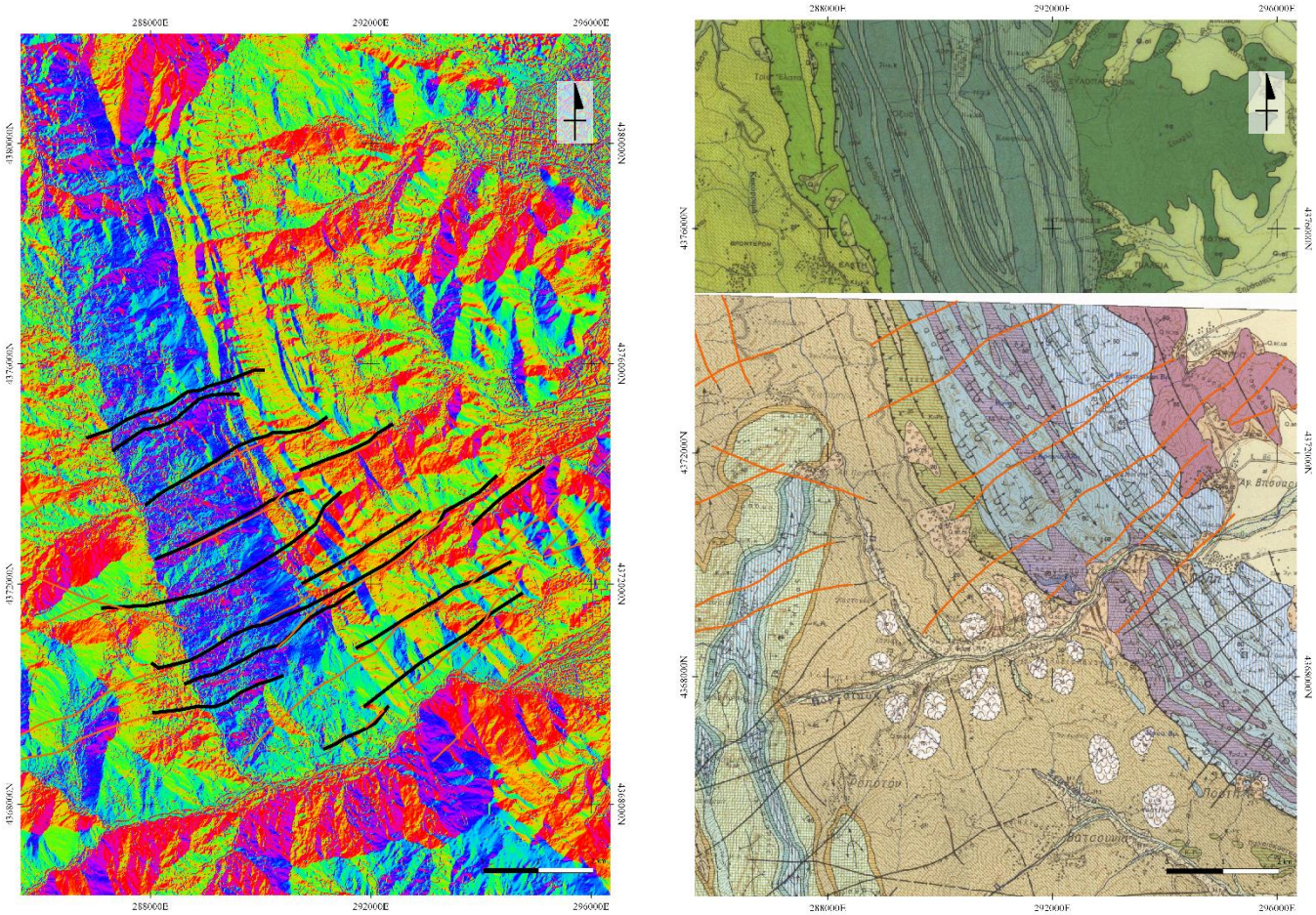


Σχ. 3.2 Ροδοδιάγραμμα διευθύνσεων ΒΑ-ΝΔ γραμμώσεων που παρατηρήθηκαν στον χάρτη Aspect, ακολουθώντας τους προσανατολισμούς επιφανειών με τιμές 22.5° και 360°. Επιλέχθηκαν σημεία κοντά στα ρήγματα του ΙΓΜΕ, και με κόκκινο απεικονίζεται η μέση τάση των διευθύνσεων.

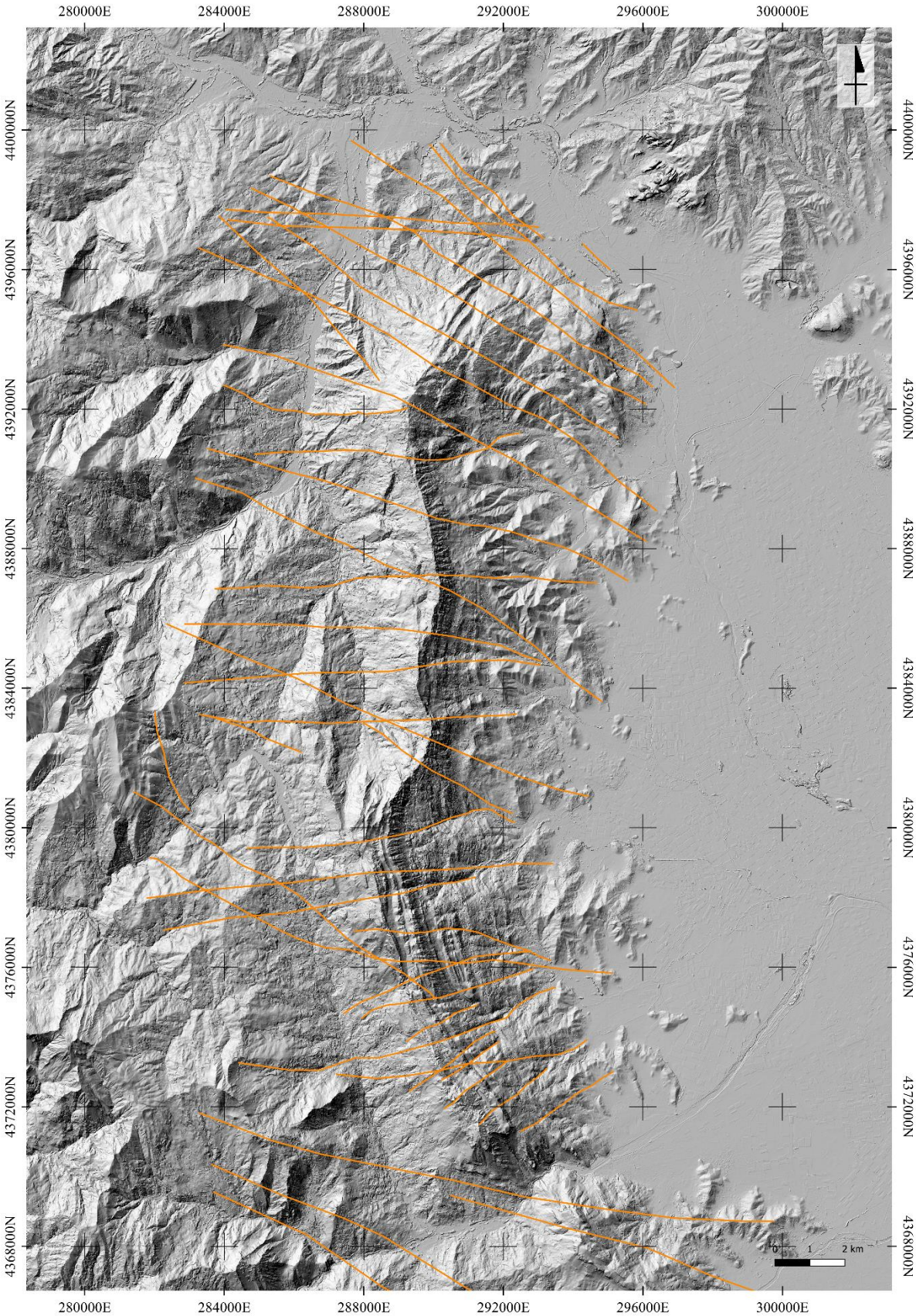




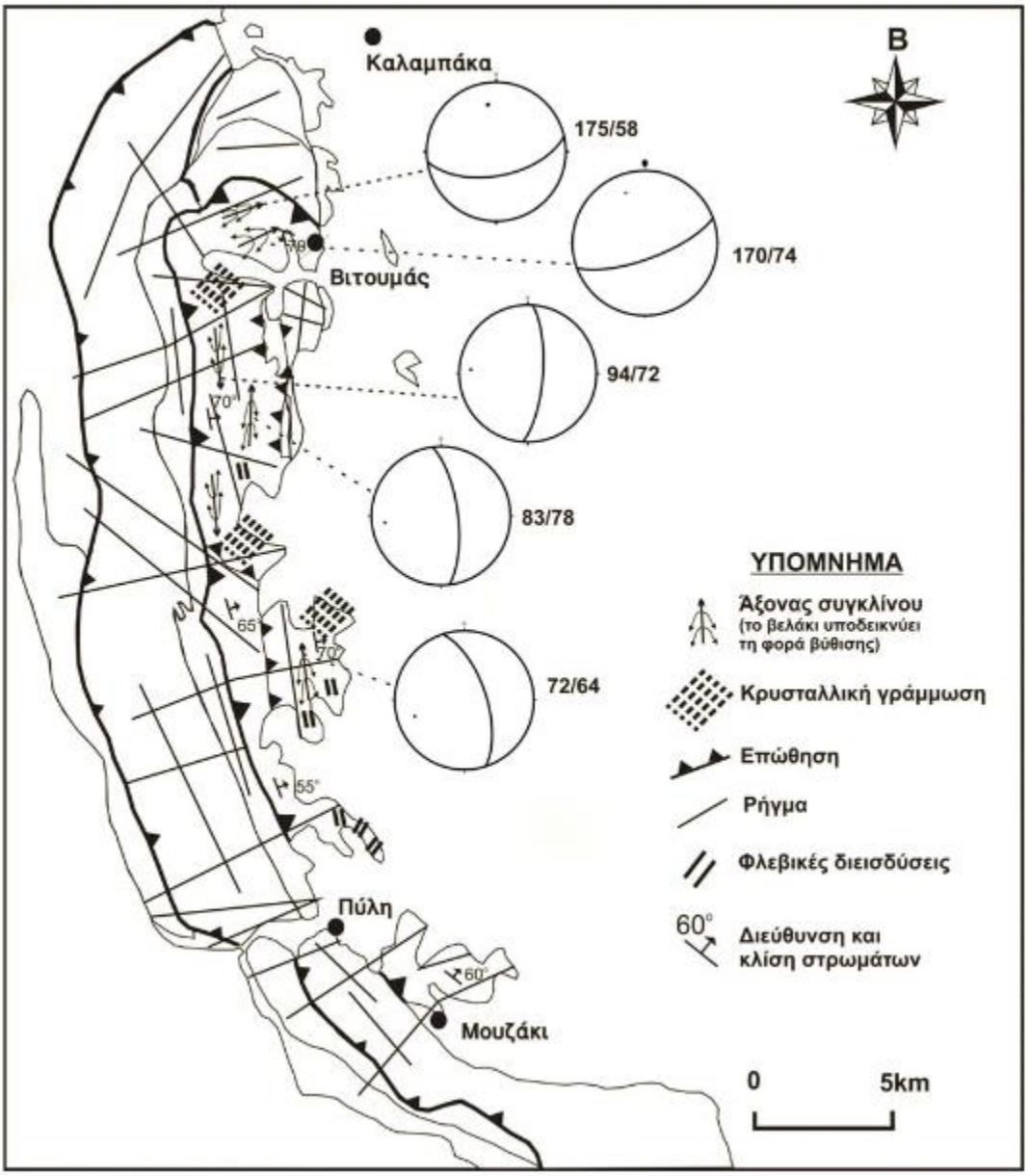
Σχ. 3.3 Ροδοδιάγραμμα διευθύνσεων γραμμώσεων που παρατηρήθηκαν στο DEM, με 180° Hillshade. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα ροδοδιαγράμματα, τα συγκεκριμένα αφορούν όλη την έκταση του Κόζιακα. Με κόκκινο απεικονίζεται η μέση τάση των διευθύνσεων.



Εικ. 3.31a Αριστερά: χάρτης Aspect: με μαύρο απεικονίζονται οι γραμμώσεις και με πορτοκαλί τα ρήγματα χαρτογράφησης ΙΓΜΕ.
Δεξιά: γεωλογικός χάρτης με πορτοκαλί απεικονίζονται τα ρήγματα χαρτογράφησης ΙΓΜΕ.
(ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)



Εικ. 3.31b DEM Shaded Relief: με πορτοκαλί απεικονίζονται οι γραμμώσεις που παρατηρούνται στο σκιασμένο ανάγλυφο. (ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20.)



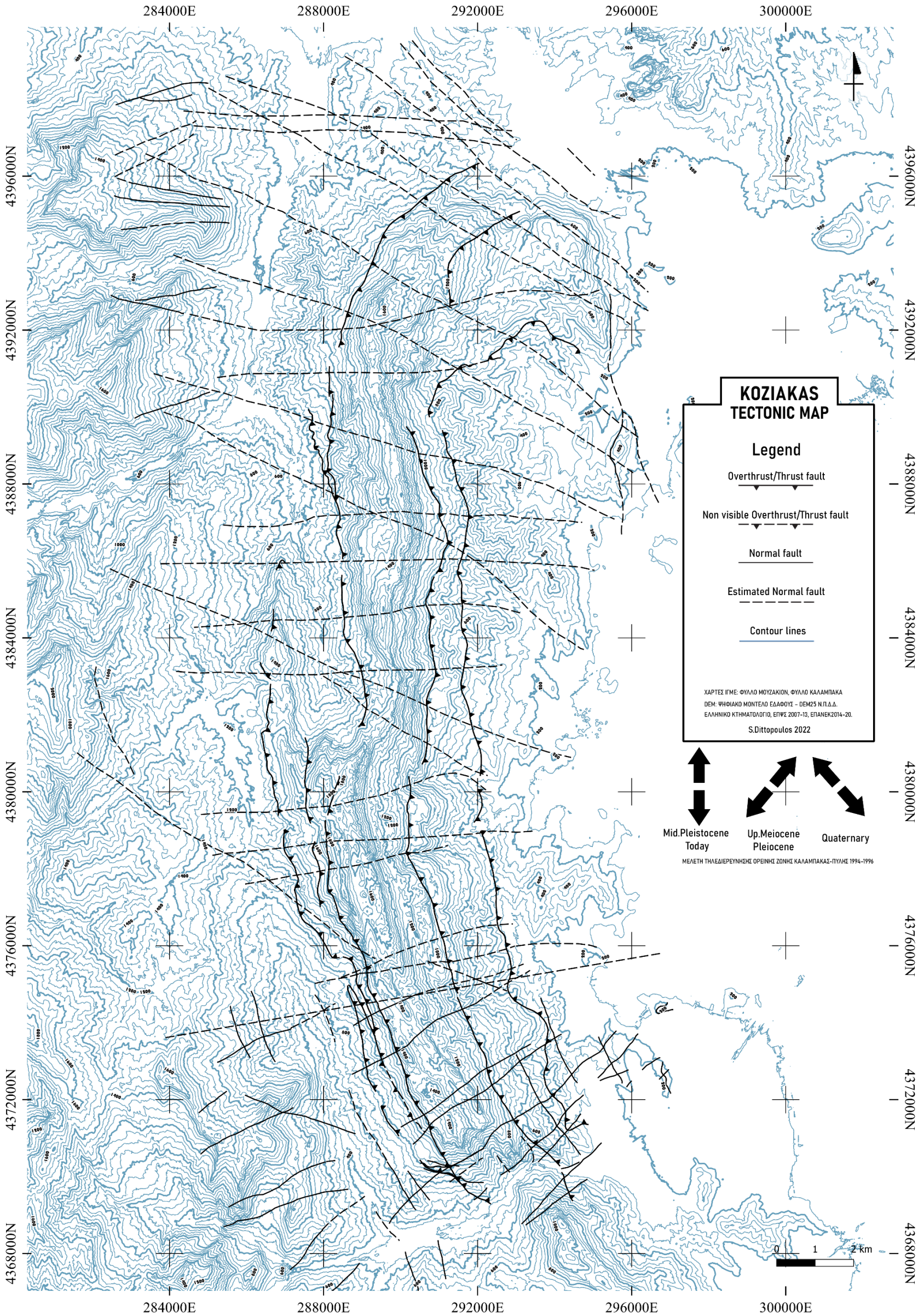
Εικ. 3.32 Τεκτονικός χάρτης Κόζιακα κατά Πομώνη.(Πομώνης, 2003)

3.3.2 Συνθετικός τεκτονικός χάρτης

Ως άμεσο παράγωγο της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας, θεωρήθηκε χρήσιμο να δημιουργηθεί ένας συνθετικός τεκτονικός χάρτης της οροσειράς του Κόζιακα, ούτως ώστε να αξιοποιηθεί για μελλοντική εμβάθυνση στη περιοχή, και να μπορεί εύκολα, με μια ματιά, κανείς να κατανοήσει το τεκτονικό καθεστώς. Με τη μικρή έρευνα που έγινε και με βιβλιογραφικές πηγές, δημιουργήθηκε το οπτικό αποτέλεσμα της εικόνας 3.33. Περιλαμβάνει τα ψηφιοποιημένα διορθωμένα ρήγματα του ΙΓΜΕ, στοιχεία από τον Λέκκα, 1988, από την τηλεδιερεύνηση τεχνικογεωλόγων πολιτικών μηχανικών, 1990-1994, και από τον Πομώνη, 2003.

Ο χάρτης περιλαμβάνει τα ρήγματα των γεωλογικών φύλλων του ΙΓΜΕ «Καλαμπάκα» και «Μουζάκιον», τα οποία αφορούν τις επωθήσεις και τις εφιππεύσεις, που ενοποιήθηκαν, τα κανονικά ρήγματα προσανατολισμού ΔΝΔ-ΑΒΑ, τα κανονικά ρήγματα προσανατολισμού ΒΒΔ-ΝΝΑ, και κάποια κανονικά ΔΒΔ-ΑΝΑ. Από το σκιασμένο ανάγλυφο(Hillshade), προστέθηκαν τα πιθανά μεγάλα ρήγματα στο κεντρικό και βορειότερο τμήμα, προσανατολισμού ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ, και κάποια προσανατολισμού Δ-Α. Από υπαίθρια έρευνα εξακριβώθηκαν ρήγματα στο κεντρικό και νότιο τμήμα, προσανατολισμού Δ-Α έως ΔΝΔ-ΑΒΑ, ενώ διορθώθηκε, σε κάποια σημεία, η χάραξη των εφιππεύσεων.
Επιπλέον, ο χάρτης συγκρίθηκε και διασταυρώθηκε με τεκτονικούς χάρτες του Πομώνη, 2003, Λέκκα, 1988, και παρατηρήσεις της τηλεδιερεύνησης τεχνικογεωλόγων πολ. μηχ., 1990-1994. Τα συμπεράσματα που διαφέρουν ελαφρώς μεταξύ τους, μοιάζουν να συμφωνούν, στ' ότι τα παλιότερα τεκτονικά στοιχεία είναι οι επωθήσεις, ακολουθούν τα κανονικά ρήγματα προσανατολισμού ΒΔ-ΝΑ, έπειτα τα Α-Δ που δρουν έως σήμερα, και τέλος στο Τεταρτογενές έως σήμερα εμφανίζονται τα ΒΑ-ΝΔ. Επίσης στοιχεία ελήφθησαν από την εργασία των Sboras, S., Pavlides, S., Kilias, A., Galanakis, D., Chatziioannou, A., & Chatzipetros, A., 2022, που μελέτησαν την γύρω περιοχή και κυρίως ανατολικότερα, την πεδιαδα της Θεσσαλίας, ενώ μεθοδολογία εντοπισμού των ρηγμάτων αντλήθηκε και από τον Σπόρα, Σ., 2005.

Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να θεωρηθεί ο παρακάτω τεκτονικός χάρτης ως απολύτως ακριβής καθώς περιλαμβάνει σημεία που είναι θεωρήσεις και παρατηρήσεις από τηλεπισκόπηση.

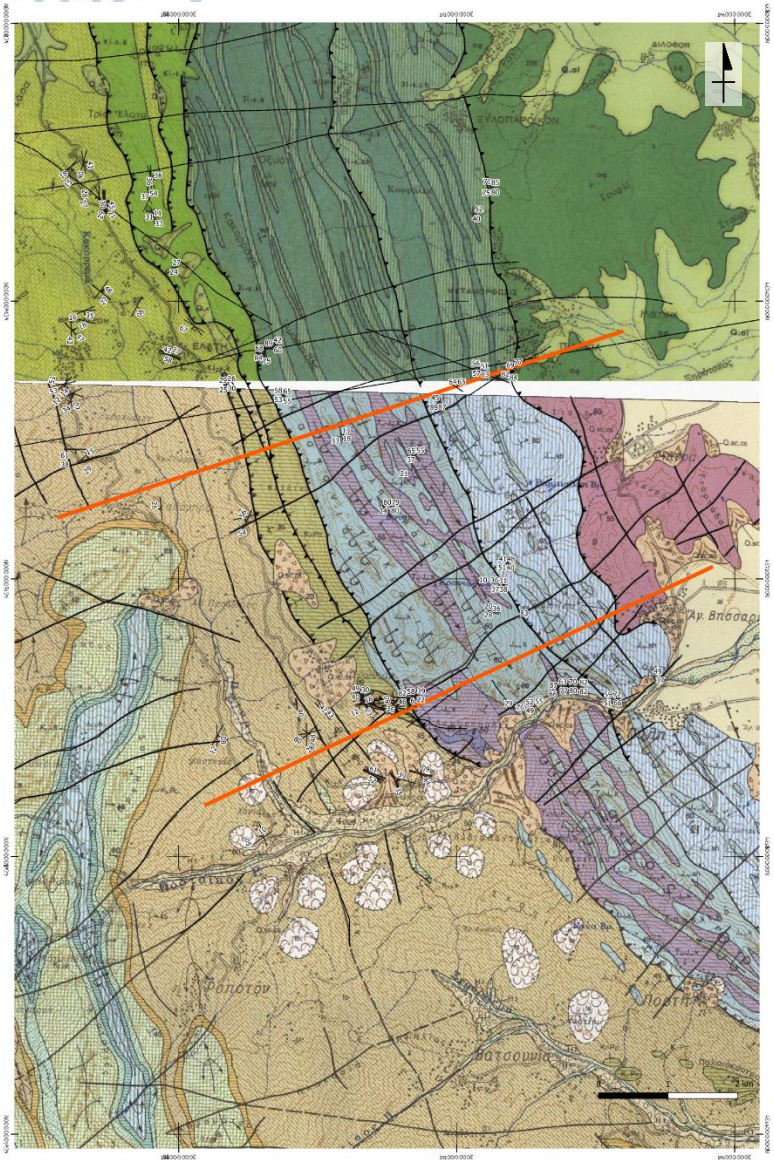


Εικ. 3.33 Συνθετικός τεκτονικός χάρτης Κόζιακα με εκτιμήσεις από μικρής έκτασης υπαίθρια έρευνα και εκτιμήσεις μέσω Slope-Aspect χάρτη και Hillshade ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου. Παράλληλα σύνθεση γεωλογικών χαρτών ΙΓΜΕ φύλλων Μουζάκι, Καλαμπάκα, αλλά και τεκτονικού χάρτη Πομώνη, 2003.

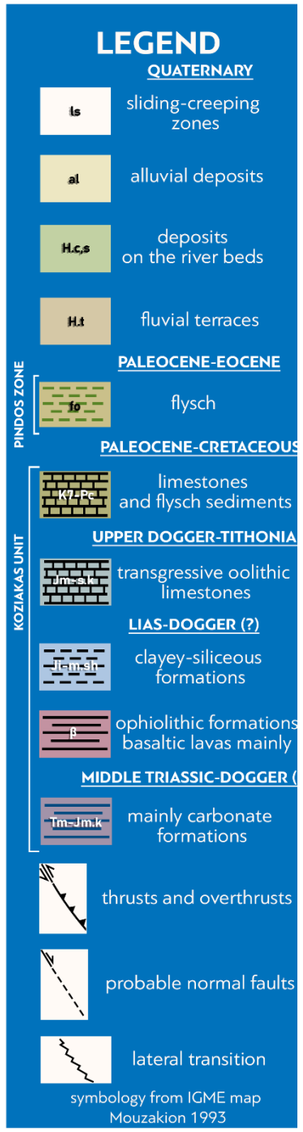
3.3.3 Γεωλογικές τομές κατά μήκος του Κόζιακα.

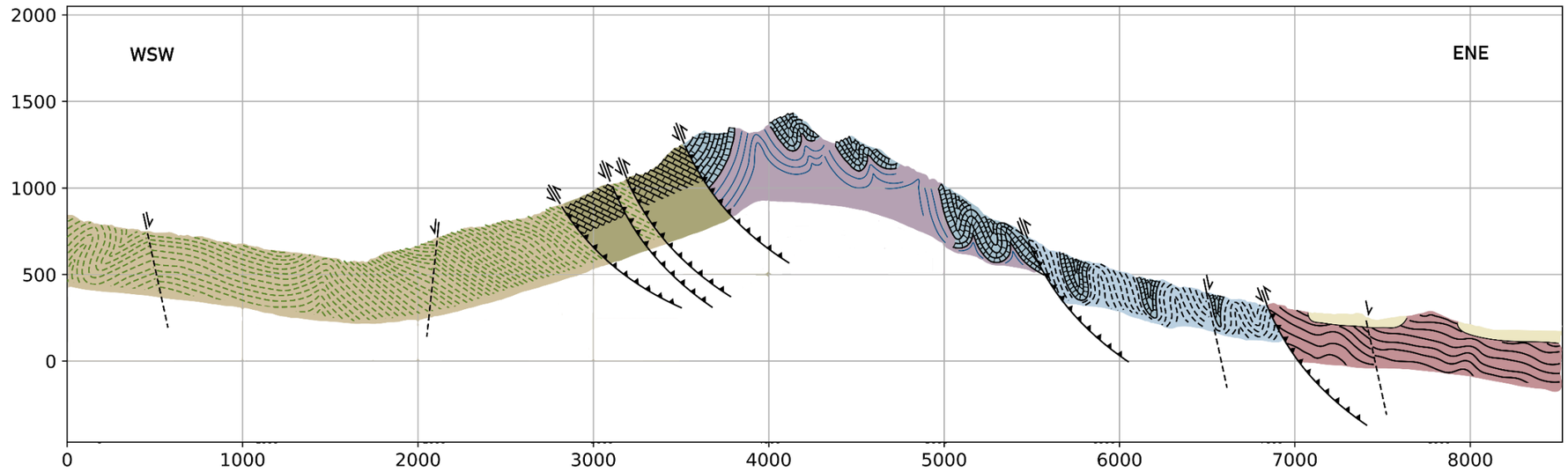
Από τη μελέτη της περιοχής δεν θα μπορούσαν να λείπουν γεωλογικές τομές, κάθετα στη διεύθυνση του Κόζιακα, δηλαδή με προσανατολισμό ΔΝΔ-ΑΒΑ. Επιλέχθηκαν οι τομές που φαίνονται στην εικόνα 3.34, λόγω της ύπαρξης περισσότερων στοιχείων και μετρήσεων στις περιοχές αυτές. Τα μοντέλα των τομών αυτών περιλαμβάνουν και τις γνώσεις που αποκομήθηκαν από τις μικρότερες σε μήκος τομές στο όριο Ηωκαινικού φλύσχη και ενότητας Κόζιακα. Στην εικόνα 3.35 φαίνονται οι δύο τομές, με και χωρίς τις μετρήσεις των στρώσεων των σχηματισμών. Στην εικόνα 3.36 φαίνονται οι τομές των δύο γεωλογικών χαρτών, ενώ στην εικόνα 3.37 φαίνονται οι τομές του Λέκκα, 1988, οι οποίες συγκρινόμενες με τις τομές που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, διαφέρουν στα εξής σημεία:

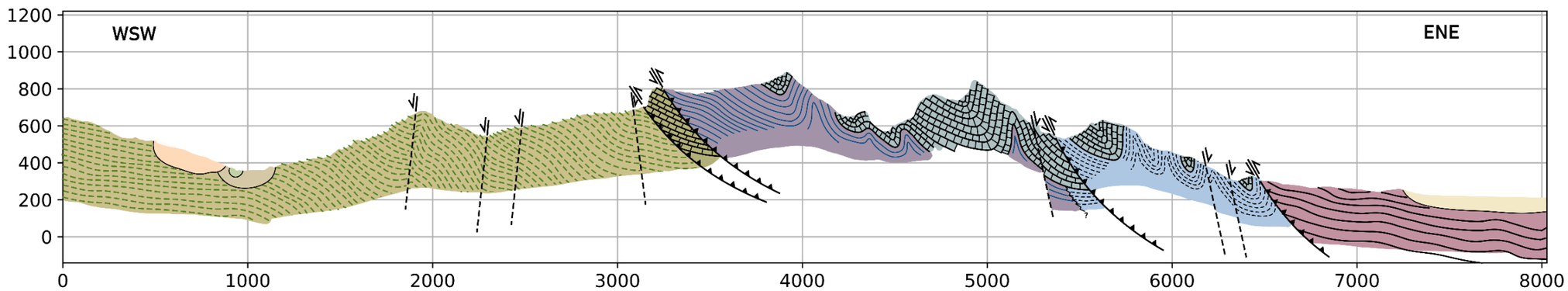
- Κλίσεις σχηματισμών Ηωκαινικού Φλύσχη.
- Επώθηση μεταξύ δυτικών και ανατολικών σχηματισμών Κόζιακα, η οποία δεν εμφανίζεται στο χάρτη της Καλαμπάκας.
- Εκτατικά Ρήγματα ΔΝΔ-ΑΒΑ, τα οποία δεν εμφανίζονται στο χάρτη της Καλαμπάκας.
- Μετατοπισμένη επώθηση στο δυτικό άκρο του φαραγγιού του Πορταϊκού.
- ΒΒΔ-ΝΝΑ ρήγματα στο κεντρικό τμήμα του φαραγγιού του Πορταϊκού, που δεν εντοπίζονται στο χάρτη του Μουζακίου.
- Μετρήσεις κλίσης των στρώσεων των σχηματισμών, οι οποίες δεν υπήρχαν σε κανέναν από τους δύο γεωλογικούς χάρτες.
- Διαφοροποίηση του τρόπου πτύχωσης και πώς απεικονίζεται στις τομές.
- Λέπι Ηωκαινικού φλύσχη που δεν είχε αναγνωριστεί.



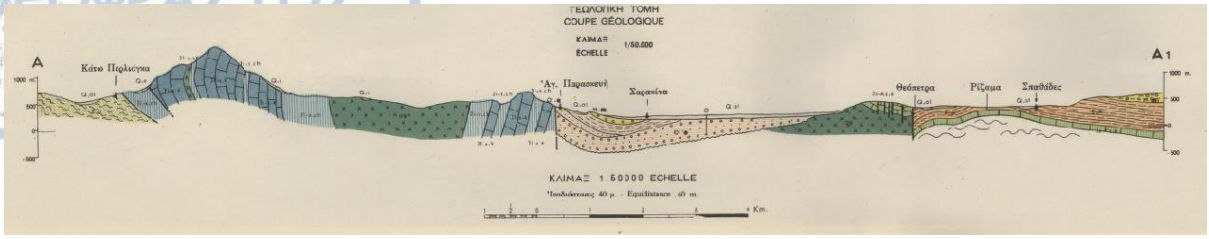
Εικ. 3.34 Θέση των δύο γεωλογικών τομών που δημιουργήθηκαν.(ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

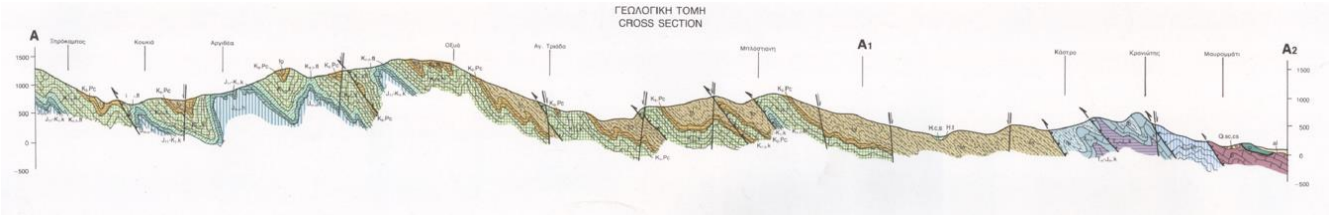




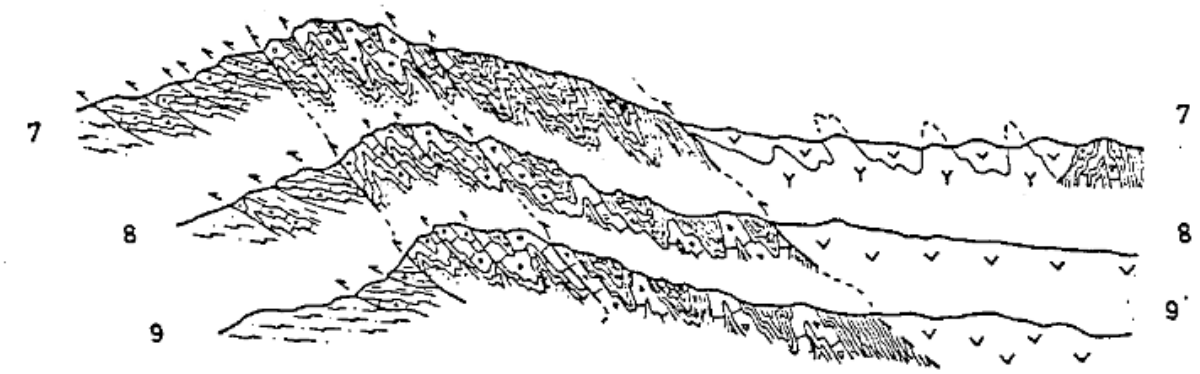


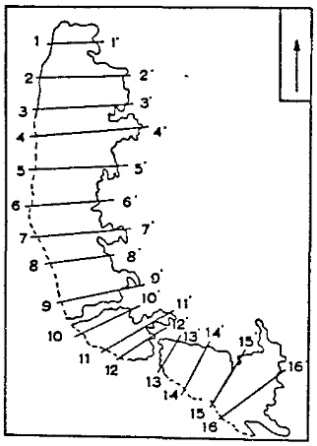
Εικ. 3.35 Οι δύο γεωλογικές τομές προσανατολισμού Δ-Α που δημιουργήθηκαν, η επάνω βορειότερα στο οικισμό της Ελάτης, ενώ η κάτω, νοτιότερα στον οικισμό της Πύλης.



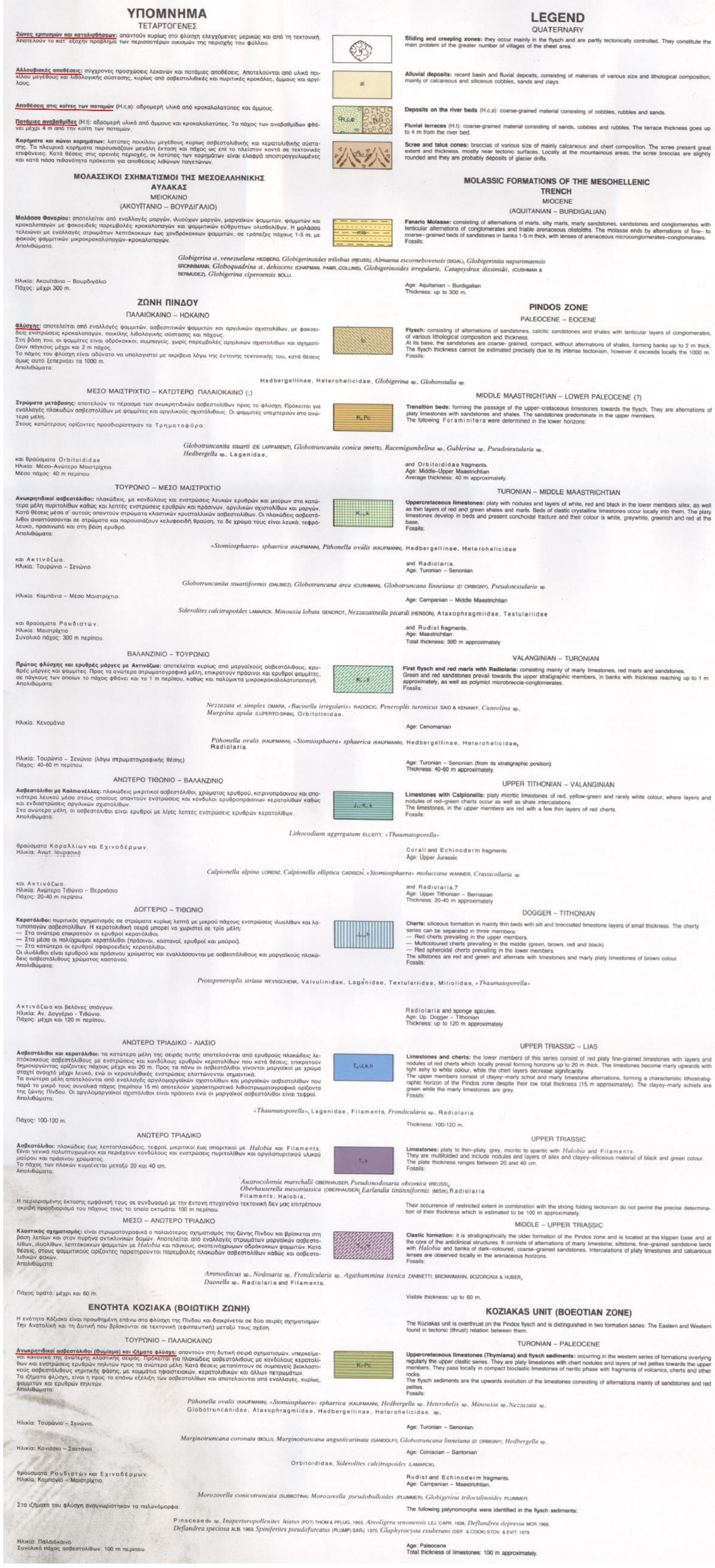


Εικ. 3.36 Οι γεωλογικές τομές των γεωλογικών φύλλων «Καλαμπάκα»-επάνω και «Μουζάκι»-κάτω, (ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)





Εικ. 3.37 Οι γεωλογικές τομές της περιοχής σύμφωνα με τον Λέκκα Ε. , 1988, και η θέση τους.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Ζώνες ερπυσμών και κατολισθήσεων: απαντούν κυρίως στο φλύσχη ελεγχόμενες μερικώς και από τη τεκτονική. Αποτελούν το κατ' εξοχήν πρόβλημα των περισσοτέρων οικισμών της περιοχής του φύλλου.

Αλλουβιακές αποθέσεις: σύγχρονες προσχώσεις λεκανών και ποτάμιες αποθέσεις. Αποτελούνται από υλικά ποικίλου μεγέθους και λιθολογικής σύστασης, κυρίως από ασβεστολιθικές και πυριτικές κροκάλες, άμμους και αργίλους.

Αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών (H.c,s): αδρομερή υλικά από κροκαλολατύπες και άμμους.

Ποτάμιες αναβαθμίδες (H.t): αδρομερή υλικά από άμμους και κροκαλολατύπες. Το πάχος των αναβαθμίδων φθάνει μέχρι 4 m από την κοίτη των ποταμών.

Κορήματα και κώνοι κορημάτων: λατύπες ποικίλου μεγέθους κυρίως ασβεστολιθικής και κερατολιθικής σύστασης. Τα πλευρικά κορήματα παρουσιάζουν μεγάλη έκταση και πάχος ως επί το πλείστον κοντά σε τεκτονικές επιφάνειες. Κατά θέσεις στις ορεινές περιοχές, οι λατύπες των κορημάτων είναι ελαφρά αποστρογγυλωμένες και κατά πάσα πιθανότητα πρόκειται για αποθέσεις λιθώνων παγετώνων.

LEGEND

QUATERNARY

Sliding and creeping zones: they occur mainly in the flysch and are partly tectonically controlled. They constitute the main problem of the greater number of villages of the sheet area.

Alluvial deposits: recent basin and fluvial deposits, consisting of materials of various size and lithological composition, mainly of calcareous and siliceous cobbles, sands and clays.

Deposits on the river beds (H.c,s): coarse-grained material consisting of cobbles, rubbles and sands.

Fluvial terraces (H.t): coarse-grained material consisting of sands, cobbles and rubbles. The terrace thickness goes up to 4 m from the river bed.

Scree and talus cones: breccias of various size of mainly calcareous and chert composition. The scree present great extent and thickness, mostly near tectonic surfaces. Locally at the mountainous areas, the scree breccias are slightly rounded and they are probably deposits of glacier drifts.

ΜΟΛΑΣΣΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΣΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΥΛΑΚΑΣ

ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

(ΑΚΟΥΪΤΑΝΙΟ – ΒΟΥΡΔΙΓΑΛΙΟ)

Μολάσσα Φαναρίου: αποτελείται από εναλλαγές μαργών, ιλυούχων μαργών, μαργαϊκών ψαμμιτών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών με φακοειδείς παρεμβολές κροκαλοπαγών και ψαμμιτικών εύθρυπτων ολισθολίθων. Η μολάσσα τελειώνει με εναλλαγές στρωμάτων λεπτόκοκκων έως χονδρόκοκκων ψαμμιτών, σε τράπεζες πάχους 1-5 m, με φακούς ψαμμιτικών μικροκροκαλοπαγών–κροκαλοπαγών.
Απολιθώματα:

Globigerina cf., *venezuelana* HEDBERG, *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Almaena escornebovensis* (SIGAL), *Globigerinita naparimaensis* BRONNIMANN, *Globoquadrina* cf., *dehiscens* (CHAPMAN, PARR, COLLINS), *Globigerinoides irregularis*, *Catapsydrax dissimilis*, (CUSHMAN & BERMUDEZ), *Globigerina ciperoensis* BOLLI.

Ηλικία: Ακουϊτάνιο – Βουρδιγάλιο
Πάχος: μέχρι 300 m.

MOLASSIC FORMATIONS OF THE MESOHELLENIC TRENCH

MIOCENE

(AQUITANIAN – BURDIGALIAN)

Fanario Molasse: consisting of alternations of marls, silty marls, marly sandstones, sandstones and conglomerates with lenticular alternations of conglomerates and friable arenaceous olistoliths. The molasse ends by alternations of fine– to coarse– grained beds of sandstones in banks 1-5 m thick, with lenses of arenaceous microconglomerates–conglomerates.
Fossils:

Age: Aquitanian – Burdigalian
Thickness: up to 300 m.

ΖΩΝΗ ΠΙΝΔΟΥ

ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ – ΗΩΚΑΙΝΟ

Φλύσχης: αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτών, ασβεστιτικών ψαμμιτών και αργιλικών σχιστολίθων, με φακοειδείς ενστρώσεις κροκαλοπαγών, ποικίλης λιθολογικής σύστασης και πάχους.
Στη βάση του, οι ψαμμίτες είναι αδρόκοκκοι, συμπαγείς, χωρίς παρεμβολές αργιλικών σχιστολίθων και σχηματίζουν πάγκους μέχρι και 2 m πάχος.
Το πάχος του φλύσχη είναι αδύνατο να υπολογιστεί με ακρίβεια λόγω της έντονης τεκτονικής του, κατά θέσεις όμως αυτό ξεπερνάει τα 1000 m.
Απολιθώματα:

Hedbergellinae, Heterohelicidae, *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp.

PINDOS ZONE

PALEOCENE – EOCENE

Flysch: consisting of alternations of sandstones, calcitic sandstones and shales with lenticular layers of conglomerates, of various lithological composition and thickness.
At its base, the sandstones are coarse- grained, compact, without alternations of shales, forming banks up to 2 m thick.
The flysch thickness cannot be estimated precisely due to its intense tectonism, however it exceeds locally the 1000 m.
Fossils:

ΜΕΣΟ ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟ – ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ (;)

Στρώματα μετάβασης: αποτελούν το πέρασμα των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων προς το φλύσχη. Πρόκειται για εναλλαγές πλακωδών ασβεστολίθων με ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους. Οι ψαμμίτες υπερτερούν στα ανώτερα μέλη.
Στους κατώτερους ορίζοντες προσδιορίστηκαν τα Τρηματοφόρα:

Globotruncanita stuarti (DE LAPPARENT), *Globotruncanita conica* (WHITE), *Racemigumbelina* sp., *Gublerina* sp., *Pseudotextularia* sp., *Hedbergella* sp., Lagenidae,

και θραύσματα Orbitoididae
Ηλικία: Μέσο–Ανώτερο Μαιστρίχτιο
Μέσο πάχος: 40 m περίπου.

MIDDLE MAASTRICHTIAN – LOWER PALEOCENE (?)

Transition beds: forming the passage of the upper–cretaceous limestones towards the flysch. They are alternations of platy limestones with sandstones and shales. The sandstones predominate in the upper members.
The following Foraminifera were determined in the lower horizons:

and Orbitoididae fragments.
Age: Middle–Upper Maastrichtian
Average thickness: 40 m approximately.

ΤΟΥΡΩΝΙΟ – ΜΕΣΟ ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟ

Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι: πλακώδεις, με κονδύλους και ενστρώσεις λευκών ερυθρών και μαύρων στα κατώτερα μέλη πυριτολίθων καθώς και λεπτές ενστρώσεις ερυθρών και πράσινων, αργιλικών σχιστολίθων και μαργών. Κατά θέσεις μέσα σ' αυτούς απαντούν στρώματα κλαστικών κρυσταλλικών ασβεστολίθων. Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι αναπτύσσονται σε στρώματα και παρουσιάζουν κελυφοειδή θραύση, το δε χρώμα τους είναι λευκό, τεφρόλευκο, πρασινωπό και στη βάση ερυθρό.
Απολιθώματα:

«*Stomiosphaera*» *sphaerica* (KAUFMANN), *Pithonella ovalis* (KAUFMANN), Hedbergellinae, Heterohelicidae

και Ακτινόζωα.
Ηλικία: Τουρώνιο – Σενώνιο

Globotruncanita stuartiformis (DALBIEZ), *Globotruncana arca* (CUSHMAN), *Globotruncana linneiana* (D' ORBIGNY), *Pseudotextularia* sp.

Ηλικία: Καμπάνιο – Μέσο Μαιστρίχτιο.

Siderolites calcitrapoides LAMARCK, *Minouxia lobata* GENDROT, *Nezzazatinella picardi* (HENSON), Ataxophragmiidae, Textulariidae

και θραύσματα Ρουδιστών.
Ηλικία: Μαιστρίχτιο
Συνολικό πάχος: 300 m περίπου.

TURONIAN – MIDDLE MAASTRICHTIAN

Uppercretaceous limestones: platy with nodules and layers of white, red and black in the lower members silex, as well as thin layers of red and green shales and marls. Beds of clastic crystalline limestones occur locally into them. The platy limestones develop in beds and present conchoidal fracture and their colour is white, greywhite, greenish and red at the base.
Fossils:

and Radiolaria.
Age: Turonian – Senonian

Age: Campanian – Middle Maastrichtian

and Rudist fragments.
Age: Maastrichtian
Total thickness: 300 m approximately

ΒΑΛΑΝΖΙΝΙΟ – ΤΟΥΡΩΝΙΟ

Πρώτος φλύσχης και ερυθρές μάργες με Ακτινόζωα: αποτελείται κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ερυθρές μάργες και ψαμμίτες. Προς τα ανώτερα στρωματογραφικά μέλη, επικρατούν πράσινοι και ερυθροί ψαμμίτες, σε πάγκους των οποίων το πάχος φθάνει και το 1 m περίπου, καθώς και πολύμικτα μικροκροκαλολατυποπαγή.
Απολιθώματα:

Nezzazata cf. *simplex* OMARA, «*Bacinella irregularis*» RADOICIC, *Peneroplis turonicus* SAID & KENAWY, *Cuneolina* sp., *Murgeina apula* (LUPERTO-SINNI), Orbitolinidae.

Ηλικία: Κενομάνιο

Pithonella ovalis (KAUFMANN), «*Stomiosphaera*» *sphaerica* (KAUFMANN), Hedbergellinae, Heterohelicidae, Radiolaria.

Ηλικία: Τουρώνιο – Σενώνιο (λόγω στρωματογραφικής θέσης)
Πάχος: 40-60 m περίπου.

VALANGINIAN – TURONIAN

First flysch and red marls with Radiolaria: consisting mainly of marly limestones, red marls and sandstones.
Green and red sandstones prevail towards the upper stratigraphic members, in banks with thickness reaching up to 1 m approximately, as well as polymict microbreccia-conglomerates.
Fossils:

Age: Cenomanian

Age: Turonian – Senonian. (from its stratigraphic position)
Thickness: 40-60 m approximately.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΙΘΩΝΙΟ – ΒΑΛΑΝΖΙΝΙΟ

Ασβεστόλιθοι με Καλπιονέλλες: πλακώδεις μικριτικοί ασβεστόλιθοι, χρώματος ερυθρού, κιτρινοπράσινου και σπανιότερα λευκού μέσα στους οποίους απαντούν ενστρώσεις και κόνδυλοι ερυθροπράσινων κερατολίθων καθώς και ενδιαστρώσεις αργιλικών σχιστολίθων.
Στα ανώτερα μέλη, οι ασβεστόλιθοι είναι ερυθροί με λίγες λεπτές ενστρώσεις ερυθρών κερατολίθων.
Απολιθώματα:

Lithocodium aggregatum ELLIOTT, «*Thaumatoporella*»

θραύσματα Κοραλλίων και Εχινοδέρμων.
Ηλικία: Ανωτ. Ιουρασικό

Calpionella alpina LORENZ, *Calpionella elliptica* CADISCH, «*Stomiosphaera*» *moluccana* WANNER, *Crassicollaria* sp.

και Ακτινόζωα.
Ηλικία: Ανώτερο Τιθώνιο – Βερριάσιο
Πάχος: 20-40 m περίπου.

UPPER TITHONIAN – VALANGINIAN

Limestones with Calpionella: platy micritic limestones of red, yellow-green and rarely white colour, where layers and nodules of red–green cherts occur as well as shale intercalations.
The limestones, in the upper members are red with a few thin layers of red cherts.
Fossils:

Corall and Echinoderm fragments
Age: Upper Jurassic

and Radiolaria.?
Age: Upper Tithonian – Berriasian
Thickness: 20-40 m approximately

ΔΟΓΓΕΡΙΟ – ΤΙΘΩΝΙΟ

Κερατόλιθοι: πυριτικός σχηματισμός σε στρώματα κυρίως λεπτά με μικρού πάχους ενστρώσεις ιλυολίθων και λατυποπαγών ασβεστολίθων. Η κερατολιθική σειρά μπορεί να χωριστεί σε τρία μέλη:
— Στα ανώτερα επικρατούν οι ερυθροί κερατόλιθοι.
— Στα μέσα οι πολύχρωμοι κερατόλιθοι (πράσινοι, καστανοί, ερυθροί και μαύροι).
— Στα κατώτερα οι ερυθροί σφαιροειδείς κερατόλιθοι.
Οι ιλυόλιθοι είναι ερυθρού και πράσινου χρώματος και εναλλάσσονται με ασβεστόλιθους και μαργαϊκούς πλακώδεις ασβεστόλιθους χρώματος καστανού.
Απολιθώματα:

Protopeneroplis striata WEYNSCHENK, Valvulinidae, Lagenidae, Textulariidae, Miliolidae, «*Thaumatoporella*»

Ακτινόζωα και βελόνες σπόγγων.
Ηλικία: Αν. Δογγέριο - Τιθώνιο.
Πάχος: μέχρι και 120 m περίπου.

DOGGER – TITHONIAN

Cherts: siliceous formation in mainly thin beds with silt and brecciated limestone layers of small thickness. The cherty series can be separated in three members:
— Red cherts prevailing in the upper members.
— Multicoloured cherts prevailing in the middle (green, brown, red and black).
— Red spheroidal cherts prevailing in the lower members.
The siltstones are red and green and alternate with limestones and marly platy limestones of brown colour.
Fossils:

Radiolaria and sponge spicules.
Age: Up. Dogger – Tithonian
Thickness: up to 120 m approximately

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ - ΛΙΑΣΙΟ

Ασβεστόλιθοι και κερατόλιθοι: τα κατώτερα μέλη της σειράς αυτής αποτελούνται από ερυθρούς πλακώδεις λεπτόκοκκους ασβεστόλιθους με ενστρώσεις και κονδύλους ερυθρών κερατολίθων που κατά θέσεις, επικρατούν δημιουργώντας ορίζοντες πάχους μέχρι και 20 m. Προς τα πάνω οι ασβεστόλιθοι γίνονται μαργαϊκοί με χρώμα σταχτί ανοιχτό μέχρι λευκό, ενώ οι κερατολιθικές ενστρώσεις ελαττώνονται σημαντικά.
Τα ανώτερα μέλη αποτελούνται από εναλλαγές αργιλομαργαϊκών σχιστολίθων και μαργαϊκών ασβεστολίθων που παρά το μικρό τους συνολικά πάχος (περίπου 15 m) αποτελούν χαρακτηριστικό λιθοστρωματογραφικό ορίζοντα της ζώνης Πίνδου. Οι αργιλομαργαϊκοί σχιστόλιθοι είναι πράσινοι ενώ οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι είναι τεφροί.
Απολιθώματα:

«*Thaumatoporella*», Lagenidae, Filaments, *Frondicularia* sp., Radiolaria

Πάχος: 100-120 m.

UPPER TRIASSIC – LIAS

Limestones and cherts: the lower members of this series consist of red platy fine-grained limestones with layers and nodules of red cherts which locally prevail forming horizons up to 20 m thick. The limestones become marly upwards with light ashy to white colour, while the chert layers decrease significantly.
The upper members consist of clayey–marly schist and marly limestone alternations, forming a characteristic lithostratigraphic horizon of the Pindos zone despite their low total thickness (15 m approximately). The clayey–marly schists are green while the marly limestones are grey.
Fossils:

Thickness: 100-120 m.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Ασβεστόλιθοι: πλακώδεις έως λεπτοπλακώδεις, τεφροί, μικριτικοί έως σπαριτικοί με *Halobia* και Filaments. Είναι γενικά πολυπτυχωμένοι και περιέχουν κονδύλους και ενστρώσεις πυριτολίθων και αργιλοπυριτικού υλικού μαύρου και πράσινου χρώματος.
Το πάχος των πλακών κυμαίνεται μεταξύ 20 και 40 cm.
Απολιθώματα:

Austrocolomia marschalii OBERHAUSER, *Pseudonodosaria obconica* (REUSS), *Oberhauserella mesotriassica* (OBERHAUSER), *Earlandia tintinniformis* (MISIK), Radiolaria
Filaments, Halobia,

Η περιορισμένης έκτασης εμφάνισή τους σε συνδυασμό με την έντονη πτυχογόνα τεκτονική δεν μας επιτρέπουν ακριβή προσδιορισμό του πάχους τους το οποίο εκτιμάται 100 m περίπου.

UPPER TRIASSIC

Limestones: platy to thin–platy, grey, micritic to sparitic with *Halobia* and Filaments.
They are multifolded and include nodules and layers of silex and clayey–siliceous material of black and green colour.
The plate thickness ranges between 20 and 40 cm.
Fossils:

Their occurrence of restricted extent in combination with the strong folding tectonism do not permit the precise determination of their thickness which is estimated to be 100 m approximately.

ΜΕΣΟ – ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Κλαστικός σχηματισμός: είναι στρωματογραφικά ο παλαιότερος σχηματισμός της ζώνης Πίνδου και βρίσκεται στη βάση λεπίων και στον πυρήνα αντικλινικών δομών. Αποτελείται από εναλλαγές στρωμάτων μαργαϊκών ασβεστολίθων, ιλυολίθων, λεπτόκοκκων ψαμμιτών με *Halobia* και πάγκους, σκοτεινόχρωμων αδρόκοκκων ψαμμιτών. Κατά θέσεις, στους ψαμμιτικούς ορίζοντες παρατηρούνται παρεμβολές πλακωδών ασβεστολίθων καθώς και ασβεστολιθικών φακών.
Απολιθώματα:

Ammodiscus sp., *Nodosaria* sp., *Frondicularia* sp., *Agathammina iranica* ZANINETTI, BRONNIMANN, BOZORGNIA & HUBER, *Daonella* sp., Radiolaria and Filaments.

Πάχος ορατό: μέχρι και 60 m.

MIDDLE – UPPER TRIASSIC

Clastic formation: it is stratigraphically the older formation of the Pindos zone and is located at the klippen base and at the core of the anticlinical structures. It consists of alternations of marly limestone, siltstone, fine–grained sandstone beds with *Halobia* and banks of dark–coloured, coarse–grained sandstones. Intercalations of platy limestones and calcareous lenses are observed locally in the arenaceous horizons.
Fossils:

Visible thickness: up to 60 m.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΟΖΙΑΚΑ (ΒΟΙΩΤΙΚΗ ΖΩΝΗ)

Η ενότητα Κόζιακα είναι προωθημένη επάνω στο φλύσχη της Πίνδου και διακρίνεται σε δύο σειρές σχηματισμών: Την Ανατολική και τη Δυτική που βρίσκονται σε τεκτονική (εφιππευτική) μεταξύ τους σχέση.

ΤΟΥΡΩΝΙΟ – ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ

Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι (Θυμίαμα) και ιζήματα φλύσχη: απαντούν στη δυτική σειρά σχηματισμών, υπερκείμενοι κανονικά της ανώτερης κλαστικής σειράς. Πρόκειται για πλακώδεις ασβεστόλιθους με κονδύλους κερατολίθων και ενστρώσεις ερυθρών πηλιτών προς τα ανώτερα μέλη. Κατά θέσεις μεταπίπτουν σε συμπαγείς βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους νηριτικής φάσης, με κομμάτια ηφαιστειακών, κερατολιθικών και άλλων πετρωμάτων.
Τα ιζήματα φλύσχη, είναι η προς τα επάνω εξέλιξη των ασβεστολίθων και αποτελούνται από εναλλαγές, κυρίως, ψαμμιτών και ερυθρών πηλιτών.
Απολιθώματα:

Pithonella ovalis (KAUFMANN), «*Stomiosphaera*» *sphaerica* (KAUFMANN), *Hedbergella* sp., *Heterohelix* sp., *Minouxia* sp., *Nezzazata* sp., Globotruncanidae, Ataxophragmiidae, Hedbergellinae, Heterohelicidae. sp.,

Ηλικία: Τουρώνιο – Σενώνιο.

Marginotruncana coronata (BOLLI), *Marginotruncana angusticarinata* (GANDOLFI), *Globotruncana linneiana* (D' ORBIGNY), *Hedbergella* sp.,

Ηλικία: Κονιάσιο – Σαντόνιο

Orbitoididae, *Siderolites calcitrapoides* (LAMARCK),

θραύσματα Ρουδιστών και Εχινοδέρμων.
Ηλικία: Καμπάνιο – Μαιστρίχτιο.

Morozovella conicotruncata (SUBBOTINA) *Morozovella pseudobulloides* (PLUMMER), *Globigerina triloculinoides* PLUMMER.

Στα ιζήματα του φλύσχη αναγνωρίστηκαν τα παλυνόμορφα:

Pinaceae dv sp. *Inaperturopollenites hiatus* (POT) THOM & PFLUG, 1953, *Areoligera senonensis* LEJ. CAPR. 1938, *Deflandrea depressa* MOR. 1969, *Deflandrea speciosa* ALB. 1969, *Spiniferites pseudofurcatus* (PLUMP) SARJ. 1970, *Glaphyrocysta exuberans* (DEF. & COOK) STOV. & EVIT. 1979.

Ηλικία: Παλαιόκαινο
Συνολικό πάχος ασβεστολίθων: 100 m περίπου.

KOZIAKAS UNIT (BOEOTIAN ZONE)

The Koziakas unit is overthrust on the Pindos flysch and is distinguished in two formation series: The Eastern and Western found in tectonic (thrust) relation between them.

TURONIAN – PALEOCENE

Uppercretaceous limestones (Thymiama) and flysch sediments: occurring in the western series of formations overlying regularly the upper clastic series. They are platy limestones with chert nodules and layers of red pelites towards the upper members. They pass locally in compact bioclastic limestones of neritic phase with fragments of volcanics, cherts and other rocks.
The flysch sediments are the upwards evolution of the limestones consisting of alternations mainly of sandstones and red pelites.
Fossils:

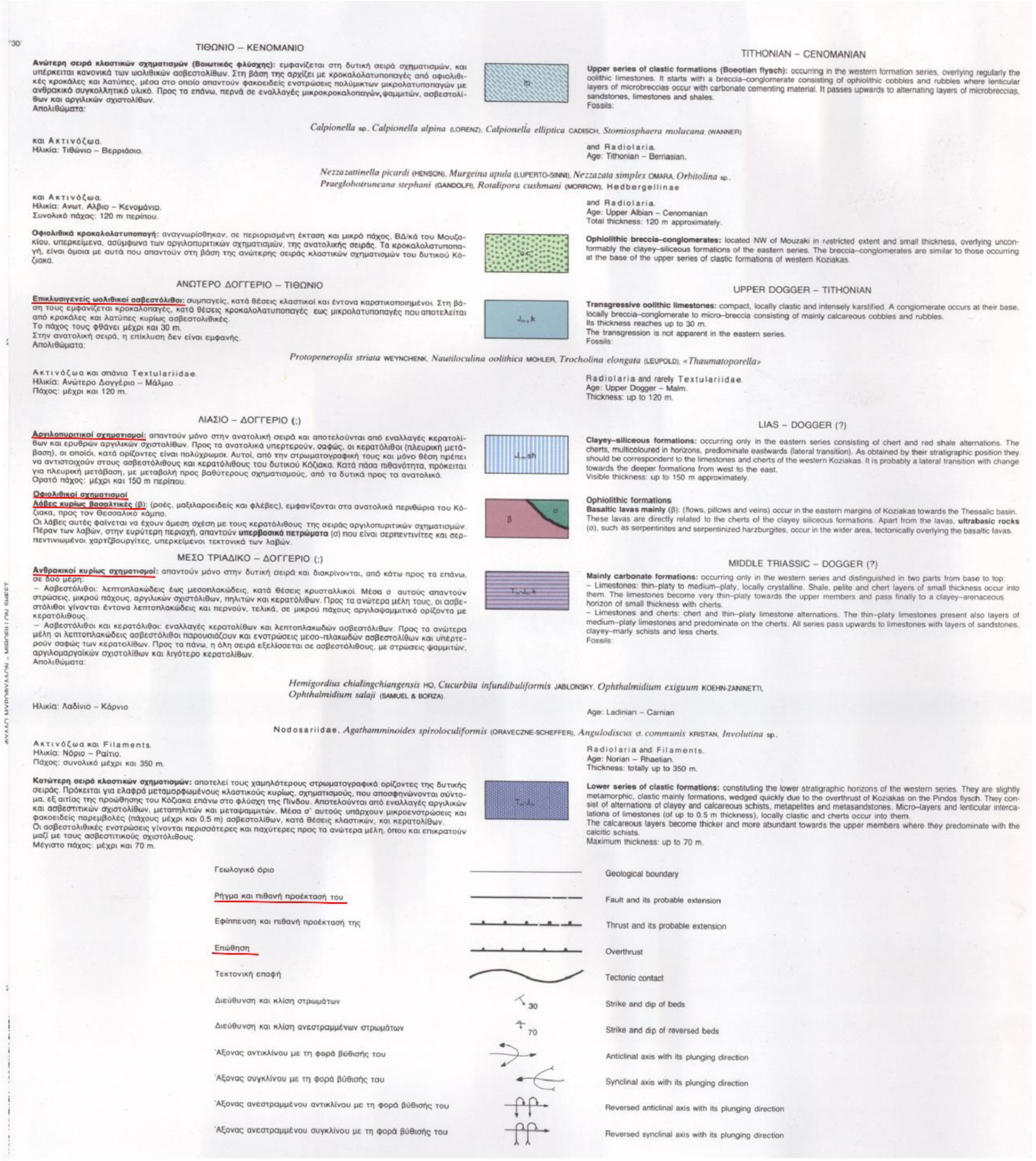
Age: Turonian – Senonian.

Age: Coniacian – Santonian

Rudist and Echinoderm fragments.
Age: Campanian – Maestrichtian.

The following palynomorphs were identified in the flysch sediments:

Age: Paleocene
Total thickness of limestones: 100 m approximately.



ΤΙΘΩΝΙΟ – ΚΕΝΟΜΑΝΙΟ

Ανώτερη σειρά κλαστικών σχηματισμών (Βοιωτικός φλύσχης): εμφανίζεται στη δυτική σειρά σχηματισμών, και υπέρκειται κανονικά των ωολιθικών ασβεστολίθων. Στη βάση της αρχίζει με κροκαλολατυποπαγές από οφιολιθικές κροκάλες και λατύπες, μέσα στο οποίο απαντούν φακοειδείς ενστρώσεις πολύμικτων μικρολατυποπαγών με ανθρακικό συγκολλητικό υλικό. Προς τα επάνω, περνά σε εναλλαγές μικροκροκαλοπαγών, ψαμμιτών, ασβεστολίθων και αργιλικών σχιστολίθων.
Απολιθώματα:

Calpionella sp., *Calpionella alpina* (LORENZ), *Calpionella elliptica* CADISCH, *Stomiosphaera molucana* (WANNER)

και Ακτινόζωα.
Ηλικία: Τιθώνιο – Βερριάσιο.

Nezzazattinella picardi (HENSON), *Murgeina apula* (LUPERTO-SINNI), *Nezzazata simplex* OMARA, *Orbitolina* sp., *Praeglobotruncana stephani* (GANDOLFI), *Rotalipora cushmani* (MORROW), Hedbergellinae

και Ακτινόζωα.
Ηλικία: Ανωτ. Αλβιο – Κενομάνιο.
Συνολικό πάχος: 120 m περίπου.

Οφιολιθικά κροκαλολατυποπαγή: αναγνωρίσθηκαν, σε περιορισμένη έκταση και μικρό πάχος, ΒΔ/κά του Μουζακίου, υπερκείμενα, ασύμφωνα των αργιλοπυριτικών σχηματισμών, της ανατολικής σειράς. Τα κροκαλολατυποπαγή, είναι όμοια με αυτά που απαντούν στη βάση της ανώτερης σειράς κλαστικών σχηματισμών του δυτικού Κόζιακα.

TITHONIAN – CENOMANIAN

Upper series of clastic formations (Boeotian flysch): occurring in the western formation series, overlying regularly the oolithic limestones. It starts with a breccia–conglomerate consisting of ophiolithic cobbles and rubbles where lenticular layers of microbreccias occur with carbonate cementing material. It passes upwards to alternating layers of microbreccias, sandstones, limestones and shales.
Fossils:

and Radiolaria.
Age: Tithonian – Berriasian.

and Radiolaria.
Age: Upper Albian – Cenomanian
Total thickness: 120 m approximately.

Ophiolithic breccia–conglomerates: located NW of Mouzaki in restricted extent and small thickness, overlying unconformably the clayey–siliceous formations of the eastern series. The breccia–conglomerates are similar to those occurring at the base of the upper series of clastic formations of western Koziakas.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΔΟΓΓΕΡΙΟ – ΤΙΘΩΝΙΟ

Επικλυσιγενείς ωολιθικοί ασβεστόλιθοι: συμπαγείς, κατά θέσεις κλαστικοί και έντονα καρστικοποιημένοι. Στη βάση τους εμφανίζεται κροκαλοπαγές, κατά θέσεις κροκαλολατυποπαγές εως μικρολατυποπαγές που αποτελείται από κροκάλες και λατύπες κυρίως ασβεστολιθικές.
Το πάχος τους φθάνει μέχρι και 30 m.
Στην ανατολική σειρά, η επίκλυση δεν είναι εμφανής.
Απολιθώματα:

Protopeneroplis striata WEYNCHENK, *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Trocholina elongata* (LEUPOLD), «*Thaumatoporella*»

Ακτινόζωα και σπάνια Textulariidae.
Ηλικία: Ανώτερο Δογγέριο – Μάλμιο
Πάχος: μέχρι και 120 m.

UPPER DOGGER – TITHONIAN

Transgressive oolithic limestones: compact, locally clastic and intensely karstified. A conglomerate occurs at their base, locally breccia–conglomerate to micro–breccia consisting of mainly calcareous cobbles and rubbles.
Its thickness reaches up to 30 m.
The transgression is not apparent in the eastern series.
Fossils:

Radiolaria and rarely Textulariidae.
Age: Upper Dogger – Malm.
Thickness: up to 120 m.

ΛΙΑΣΙΟ – ΔΟΓΓΕΡΙΟ (;)

Αργιλοπυριτικοί σχηματισμοί: απαντούν μόνο στην ανατολική σειρά και αποτελούνται από εναλλαγές κερατολίθων και ερυθρών αργιλικών σχιστολίθων. Προς τα ανατολικά υπερτερούν, σαφώς, οι κερατόλιθοι (πλευρική μετάβαση), οι οποίοι, κατά ορίζοντες είναι πολύχρωμοι. Αυτοί, από την στρωματογραφική τους και μόνο θέση πρέπει να αντιστοιχούν στους ασβεστόλιθους και κερατόλιθους του δυτικού Κόζιακα. Κατά πάσα πιθανότητα, πρόκειται για πλευρική μετάβαση, με μεταβολή προς βαθύτερους σχηματισμούς, από τα δυτικά προς τα ανατολικά.
Ορατό πάχος: μέχρι και 150 m περίπου.

Οφιολιθικοί σχηματισμοί
Λάβες κυρίως βασαλτικές (β): (ροές, μαξιλαροειδείς και φλέβες), εμφανίζονται στα ανατολικά περιθώρια του Κόζιακα, προς τον Θεσσαλικό κάμπο.
Οι λάβες αυτές φαίνεται να έχουν άμεση σχέση με τους κερατόλιθους της σειράς αργιλοπυριτικών σχηματισμών. Πέραν των λαβών, στην ευρύτερη περιοχή, απαντούν **υπερβασικά πετρώματα** (σ) που είναι σερπεντινίτες και σερπεντινιωμένοι χαρτζβουργίτες, υπερκείμενοι τεκτονικά των λαβών.

LIAS – DOGGER (?)

Clayey–siliceous formations: occurring only in the eastern series consisting of chert and red shale alternations. The cherts, multicoloured in horizons, predominate eastwards (lateral transition). As obtained by their stratigraphic position they should be correspondent to the limestones and cherts of the western Koziakas. It is probably a lateral transition with change towards the deeper formations from west to the east.
Visible thickness: up to 150 m approximately.

Ophiolithic formations
Basaltic lavas mainly (β): (flows, pillows and veins) occur in the eastern margins of Koziakas towards the Thessalic basin. These lavas are directly related to the cherts of the clayey siliceous formations. Apart from the lavas, **ultrabasic rocks** (σ), such as serpentinites and serpentinized harzburgites, occur in the wider area, tectonically overlying the basaltic lavas.

ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ – ΔΟΓΓΕΡΙΟ (;)

Ανθρακικοί κυρίως σχηματισμοί: απαντούν μόνο στην δυτική σειρά και διακρίνονται, από κάτω προς τα επάνω, σε δύο μέρη:
– Ασβεστόλιθοι: λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις, κατά θέσεις κρυσταλλικοί. Μέσα σ αυτούς απαντούν στρώσεις, μικρού πάχους, αργιλικών σχιστόλιθων, πηλιτών και κερατόλιθων. Προς τα ανώτερα μέλη τους, οι ασβεστόλιθοι γίνονται έντονα λεπτοπλακώδεις και περνούν, τελικά, σε μικρού πάχους αργιλοψαμμιτικό ορίζοντα με κερατόλιθους.
– Ασβεστόλιθοι και κερατόλιθοι: εναλλαγές κερατολίθων και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων. Προς τα ανώτερα μέλη οι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν και ενστρώσεις μεσο–πλακωδών ασβεστολίθων και υπερτερούν σαφώς των κερατολίθων. Προς τα πάνω, η όλη σειρά εξελίσσεται σε ασβεστόλιθους, με στρώσεις ψαμμιτών, αργιλομαργαϊκών σχιστολίθων και λιγότερο κερατολίθων.
Απολιθώματα:

Hemigordius chialingchiangensis HO, *Cucurbita infundibuliformis* JABLONSKY, *Ophthalmidium exiguum* KOEHN-ZANINETTI, *Ophthalmidium salaji* (SAMUEL & BORZA).

Ηλικία: Λαδίνιο – Κάρνιο

Nodosariidae, *Agathamminoides spiroloculiformis* (ORAVECZNE-SCHEFFER), *Angulodiscus* cf. *communis* KRISTAN, *Involutina* sp.,

Ακτινόζωα και Filaments.
Ηλικία: Νόριο – Ραίτιο.
Πάχος: συνολικό μέχρι και 350 m.

Κατώτερη σειρά κλαστικών σχηματισμών: αποτελεί τους χαμηλότερους στρωματογραφικά ορίζοντες της δυτικής σειράς. Πρόκειται για ελαφρά μεταμορφωμένους κλαστικούς κυρίως, σχηματισμούς, που αποσφηνώνονται σύντομα, εξ αιτίας της προώθησης του Κόζιακα επάνω στο φλύσχη της Πίνδου. Αποτελούνται από εναλλαγές αργιλικών και ασβεστιτικών σχιστολίθων, μεταπηλιτών και μεταψαμμιτών. Μέσα σ' αυτούς υπάρχουν μικροενστρώσεις και φακοειδείς παρεμβολές (πάχους μέχρι και 0.5 m) ασβεστολίθων, κατά θέσεις κλαστικών, και κερατολίθων.
Οι ασβεστολιθικές ενστρώσεις γίνονται περισσότερες και παχύτερες προς τα ανώτερα μέλη, όπου και επικρατούν μαζί με τους ασβεστιτικούς σχιστόλιθους.
Μέγιστο πάχος: μέχρι και 70 m.

MIDDLE TRIASSIC – DOGGER (?)

Mainly carbonate formations: occurring only in the western series and distinguished in two parts from base to top:
– Limestones: thin–platy to medium–platy, locally crystalline. Shale, pelite and chert layers of small thickness occur into them. The limestones become very thin–platy towards the upper members and pass finally to a clayey–arenaceous horizon of small thickness with cherts.
– Limestones and cherts: chert and thin–platy limestone alternations. The thin–platy limestones present also layers of medium–platy limestones and predominate on the cherts. All series pass upwards to limestones with layers of sandstones, clayey–marly schists and less cherts.
Fossils:

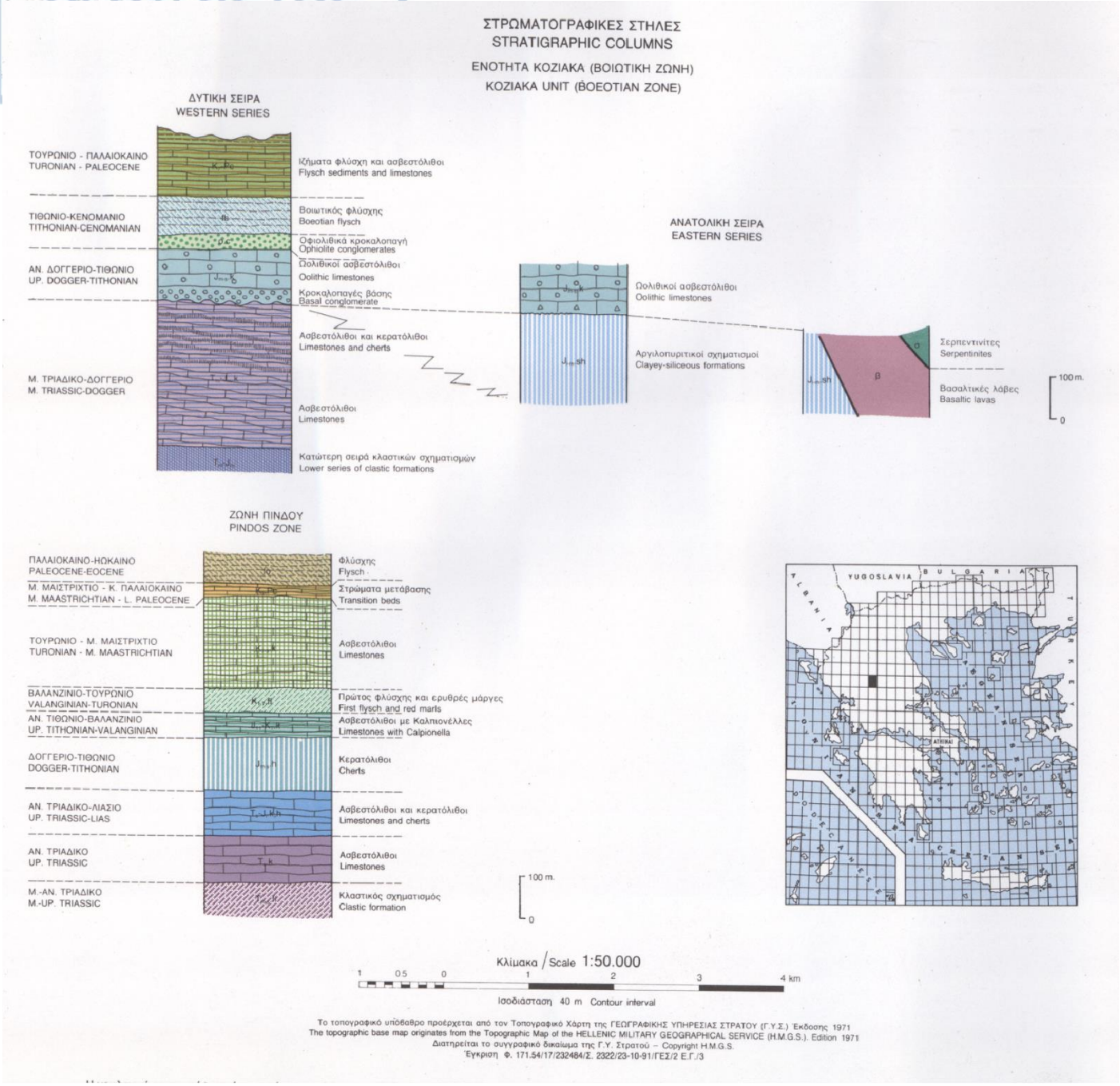
Age: Ladinian – Carnian

Radiolaria and Filaments.
Age: Norian – Rhaetian.
Thickness: totally up to 350 m.

Lower series of clastic formations: constituting the lower stratigraphic horizons of the western series. They are slightly metamorphic, clastic mainly formations, wedged quickly due to the overthrust of Koziakas on the Pindos flysch. They consist of alternations of clayey and calcareous schists, metapelites and metasandstones. Micro–layers and lenticular intercalations of limestones (of up to 0.5 m thickness), locally clastic and cherts occur into them.
The calcareous layers become thicker and more abundant towards the upper members where they predominate with the calcitic schists.
Maximum thickness: up to 70 m.

Γεωλογικό όριο	───	Geological boundary
Ρήγμα και πιθανή προέκτασή του	─── ─ ─	Fault and its probable extension
Εφίππευση και πιθανή προέκτασή της	┴─┴─┴	Thrust and its probable extension
Επώθηση	┴─┴─┴	Overthrust
Τεκτονική επαφή	∼	Tectonic contact
Διεύθυνση και κλίση στρωμάτων	30	Strike and dip of beds
Διεύθυνση και κλίση ανεστραμμένων στρωμάτων	70	Strike and dip of reversed beds
Άξονας αντικλίνου με τη φορά βύθισής του		Anticlinal axis with its plunging direction
Άξονας συγκλίνου με τη φορά βύθισής του		Synclinal axis with its plunging direction
Άξονας ανεστραμμένου αντικλίνου με τη φορά βύθισής του		Reversed anticlinal axis with its plunging direction
Άξονας ανεστραμμένου συγκλίνου με τη φορά βύθισής του		Reversed synclinal axis with its plunging direction

Εικ. 3.36b Αναλυτικό υπόμνημα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ φύλλο Μουζάκιον και γεωλογικών τομών που παράχθηκαν στην εικ.3.35(χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια σύμβολα), όπου με κόκκινο οι υπογραμμίζονται οι σχηματισμοί των τομών.(ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

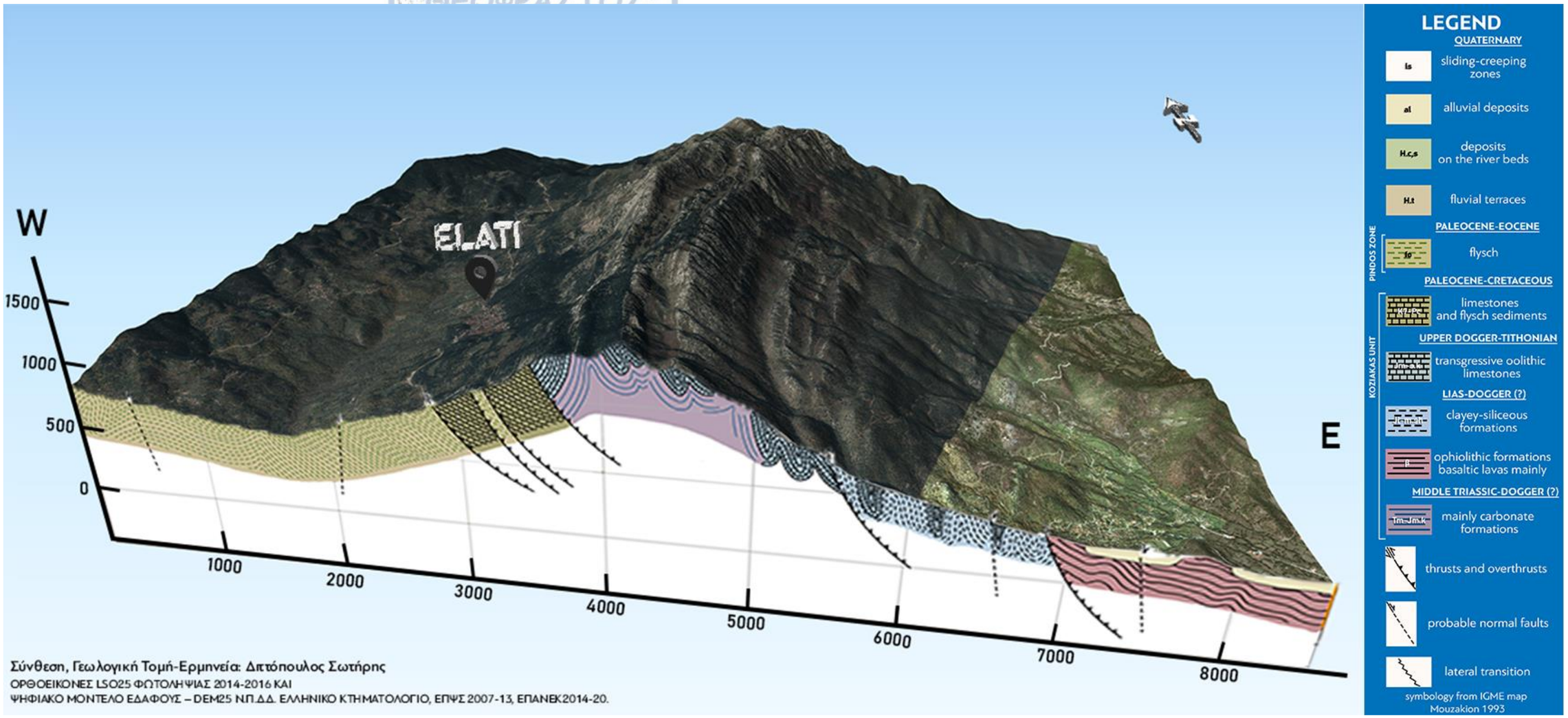


Εικ. 3.36c Στρωματογραφικές στήλες γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ φύλλο Μουζάκιον. (ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.)

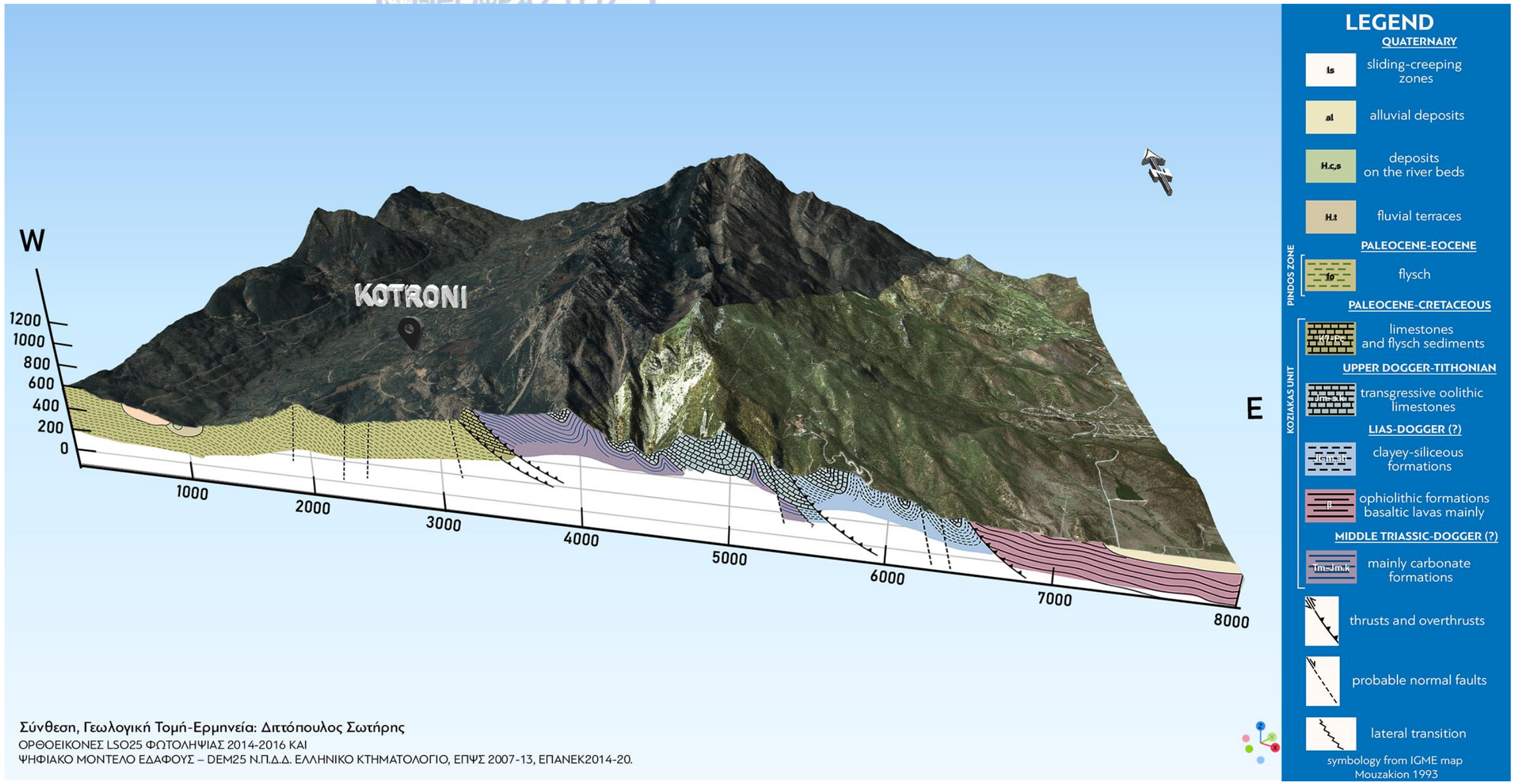
3.3.4 Τρισδιάστατη απόδοση των γεωλογικών τομών.

Μετά την παραγωγή των δύο γεωλογικών τομών, αξιοποιήθηκε το υλικό του Κτηματολογίου και μέσω της τρισδιάστατης επεξεργασίας στα λογισμικά QGIS και Adobe Photoshop, δημιουργήθηκαν σκηνές προοπτικής 2.5D. Τα παραπάνω προϊόντα παρουσιάζονται στις εικόνες 3.38 και 3.39. Έτσι οποιαδήποτε περαιτέρω έρευνα στη περιοχή μπορεί να αντιστοιχίσει ευκολότερα τις δορυφορικές εικόνες και το ανάγλυφο, με τις γεωλογικές τομές, ενώ παράλληλα μπορεί να αξιοποιηθεί το υλικό αυτό και για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Στην εικόνα 3.40, τοποθετήθηκαν οι παραπάνω σκηνές προοπτικής, σε σχέση με τη οροσειρά του Κόζιακα.

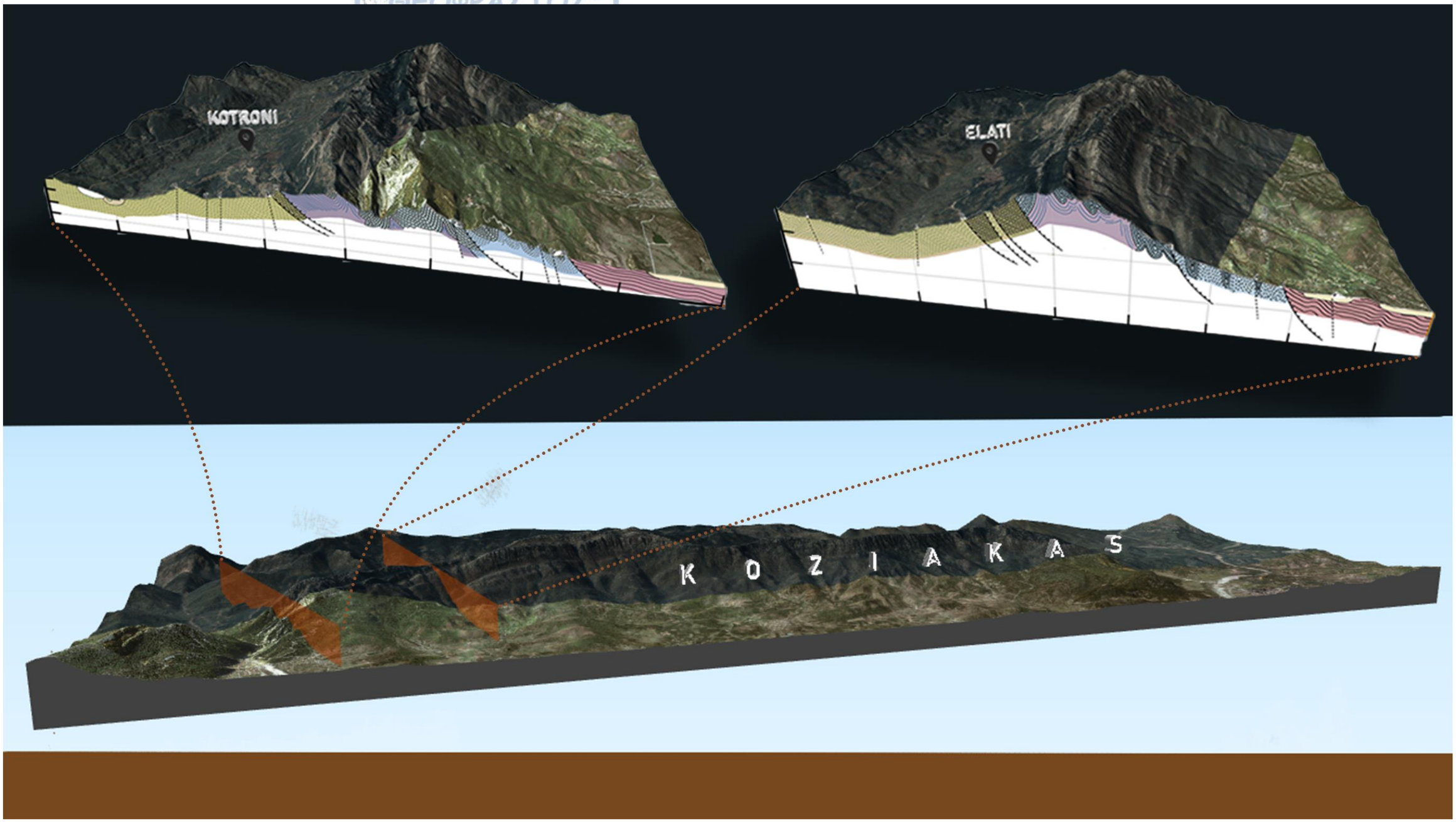
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η εξής: αρχικά εισήχθησαν τα δεδομένα στο QGIS, έπειτα επιλέχθηκε η προβολή σε 3D χάρτη και με το plugin Qgis2Web, δημιουργήθηκε ένα αρχείο html, σε συγκεκριμένο εύρος του χάρτη. Το αρχείο αυτό έτρεξε σε ένα πρόγραμμα περιήγησης στο διαδίκτυο, κι από εκεί επιλέχθηκε η επιθυμητή σκηνή λήψης. Έπειτα λήφθηκε ένα στιγμιότυπο οθόνης που εισήχθη στο πρόγραμμα Adobe Photoshop. Παράλληλα εισήχθη και η γεωλογική τομή, όπου στη συνέχεια προσαρμόστηκε στο σημείο τομής της οροσειράς προς το θεατή(το στιγμιότυπο οθόνης μπορεί να ληφθεί και από το preview του plugin Qgis2Web, για εξοικονόμηση χρόνου).



Εικ. 3.38 Η βορειότερη γεωλογική τομή στο ύψος του οικισμού της Ελάτης Τρικάλων.(ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΕΣ LSO25 ΦΩΤΟΛΗΨΙΑΣ 2014-2016 ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20)



Εικ. 3.39 Η νοτιότερη γεωλογική τομή στο ύψος του οικισμού Κοτρωνίου Τρικάλων.(ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΕΣ LSO25 ΦΩΤΟΛΗΨΙΑΣ 2014-2016 ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20)



Εικ. 3.40 Τα δύο μοντέλα 2.5D και η θέση τους σε σχέση με την οροσειρά του Κόζιακα.(ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΕΣ LSO25 ΦΩΤΟΛΗΨΙΑΣ 2014-2016 ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20)

4. Μοντέλο Κόζιακα - Ανοιχτά δεδομένα – Μεθοδολογία

4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ – ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ

https://koziakas-3d-model-thesis.on.drv.tw/Koziakas%20Website/KoziakasComplete7.html

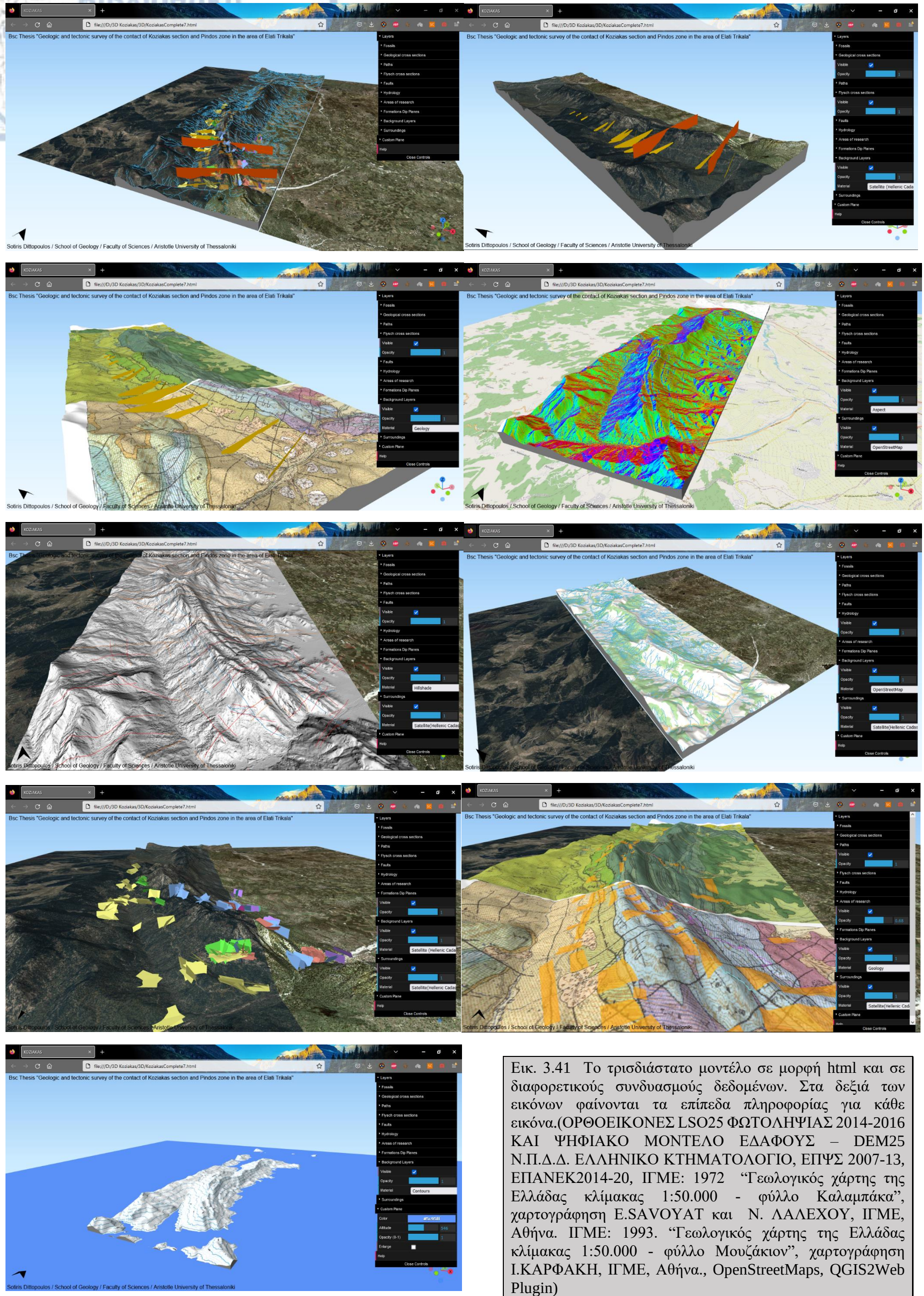
Για να επιτευχθεί η οπτικοποίηση των δεδομένων της παρούσας πτυχιακής, σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό, δημιουργήθηκε μέσω του προγράμματος QGIS και του plugin Qgis2web, ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Το μοντέλο αυτό μπορεί να τρέξει σε οποιοδήποτε περιηγητή, ενώ περιέχει τα εξής επίπεδα πληροφοριών:

- Fossils(απολιθωματοφόρα θέση),
- Geological cross sections(επιφάνειες των γεωλογικών τομών),
- Paths(μονοπάτια της περιοχής),
- Flysch cross sections(επιφάνειες σχηματικών τομών στο φλύσχη),
- Faults(ρήγματα του παραχθέντα τεκτονικού χάρτη),
- Hydrology(υδρογραφικό δίκτυο),
- Areas of research(περιοχές που ερευνήθηκαν),
- Formation dip planes(επιφάνειες φλύσχη που μετρήθηκαν),
- Background layers(επιλογή πληροφοριών υποβάθρου) που χωρίζεται σε:
    - Satellite Hellenic Cadastre[ορθοεικόνα Ελληνικού Κτηματολογίου]
    - Hillshade[Σκιασμένο ανάγλυφο]
    - Geology[Γεωλογικά φύλλα ΙΓΜΕ Μουζάκι και Καλαμπάκα]
    - Slope Aspect[Χάρτης προσανατολισμού και κλίσεων]
    - OpenStreetMap[ονομασίες οικισμών κλπ.]
    - Contours[Ισουψείς]
    - Faults[Ρήγματα]
    - Formations' Dip[Μετρήσεις φλύσχη]
- Surroundings(επιλογή πληροφοριών γύρω από την οροσειρά):
    - Satellite Hellenic Cadastre[ορθοεικόνα Ελληνικού Κτηματολογίου]
    - OpenStreetMap[ονομασίες οικισμών κλπ.]
    - Geology[Γεωλογικά φύλλα ΙΓΜΕ Μουζάκι και Καλαμπάκα]
- Custom Plane(επιπλέον οριζόντια επιφάνεια που μπορεί να κινηθεί κατακόρυφα στα επιθυμητά υψόμετρα και να αποκαλύψει ή να κρύψει πληροφορία)

Με όλα τα επίπεδα και τις πληροφορίες υποβάθρου, μπορούν να δημιουργηθούν πολλοί διαφορετικοί συνδυασμοί από το χρήστη, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις επιθυμητές πληροφορίες.

Το μοντέλο αυτό αποφασίστηκε να συνοδεύει το αρχείο της πτυχιακής και να είναι προσβάσιμο από όλους, έτσι ώστε να προωθεί την ανοιχτή επιστημονική πληροφορία και τη χρήση ανοιχτών λογισμικών όπως το λογισμικό του QGIS.

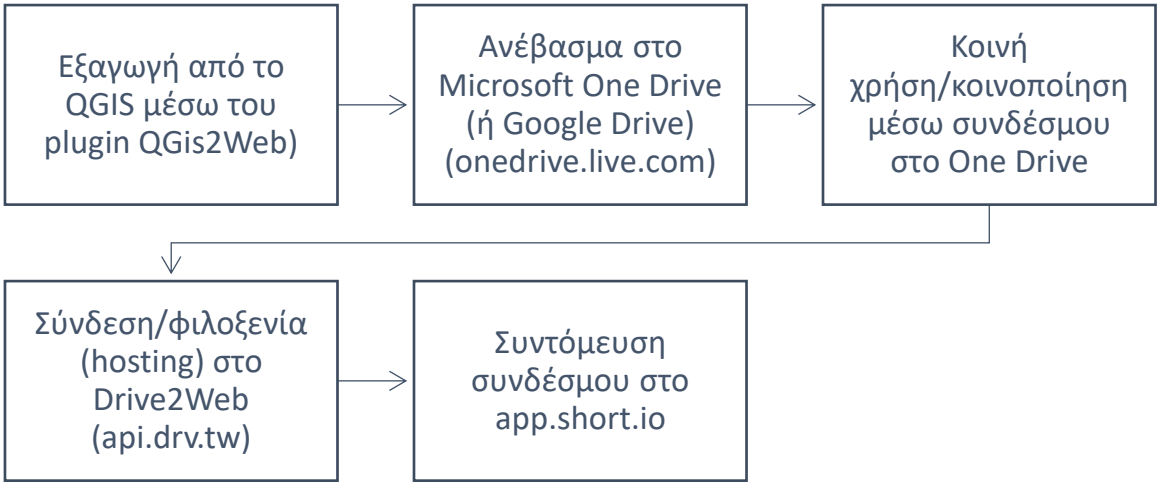
Παρακάτω, στην εικόνα 3.41 παρατίθενται στιγμιότυπα από το διαδραστικό μοντέλο.



Εικ. 3.41 Το τρισδιάστατο μοντέλο σε μορφή html και σε διαφορετικούς συνδυασμούς δεδομένων. Στα δεξιά των εικόνων φαίνονται τα επίπεδα πληροφορίας για κάθε εικόνα.(ΟΡΘΟΕΙΚΟΝΕΣ LSO25 ΦΩΤΟΛΗΨΙΑΣ 2014-2016 ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ – DEM25 Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20, ΙΓΜΕ: 1972 "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα. ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα., OpenStreetMaps, QGIS2Web Plugin)

4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑΣ

Για την κατασκευή της ιστοσελίδας στην οποία υπάρχει το μοντέλο του Κόζιακα και των στοιχείων της εργασίας, ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:



Το μόνο πρόβλημα που εντοπίστηκε στη συγκεκριμένη μεθοδολογία δωρεάν φιλοξενίας ιστοσελίδων, είναι ο επιπλέον χρόνος (0,5~2 λεπτά) που απαιτείται για τη φόρτωση του μοντέλου.

Τέλος, σε περίπτωση που το μοντέλο δεν φορτώνει, δοκιμάστε διαφορετικό πρόγραμμα περιήγησης, ή εκκαθάριση cookies/ μνήμης cache.

Οι σύνδεσμοι της σελίδας του μοντέλου:

https://koziakas-3d-model-thesis.on.drv.tw/Koziakas%20Website/KoziakasComplete7.html

https://6pu1.short.gy/koziakas

5. Συμπεράσματα

Τα κύρια συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από αυτή την εργασία, μετά από διάστημα 1,5 χρόνου είναι τα εξής:

- Ένας χάρτης προσανατολισμού κλιτυών-γωνίας κλίσης κλιτυών(Slope-Aspect Map), μπορεί να βοηθήσει στη συγκεκριμένη περιοχή στον εντοπισμό ρηγμάτων, και προτείνεται η χρήση του για μελλοντικές έρευνες καθώς αποτελεί ένα μη κοστοβόρο παράγωγο εντοπισμού ρηγμάτων.
- Η χρήση σκίασης αναγλύφου(Hillshade) στη περιοχή, μπορεί επίσης να βοηθήσει στη αναγνώριση πιθανών ρηγμάτων, όμως ενδέχεται σε κάποια σημεία λόγω εφιππεύσεων, κλίσεων στρώσης και πτυχών, να αποπροσανατολίσει.
- Ο Ηωκαινικός φλύσχης παρουσιάζει ποικίλες κλίσεις και πτυχώσεις που δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες για τη συγκεκριμένη περιοχή. Για την πλήρη κατανόηση και λεπτομερή περιγραφή της πτύχωσης του φλύσχη στην ευρύτερη περιοχή, κρίνεται αναγκαία μια χαρτογράφηση μεγαλύτερης κλίμακας με περισσότερες θέσεις μετρήσεων. Οι κλίσεις που μετρήθηκαν κυμαίνονται μεταξύ 07° έως 84°, ενώ σε κάποιες σχηματικές τομές η κλίση αυξάνεται από ανατολικά προς τα δυτικά, ενώ σε άλλες δεν ακολουθεί αυξητική ή φθίνουσα τάση, αλλά αυξομειώνεται συνεχώς. Επιπλέον παρατηρούνται διαφορές κλίσεων μεταξύ των δυτικών και των ανατολικών κλιτυών του χειμάρρου Κακόρεμμα.
- Οι πτυχές του Κόζιακα έχουν περιγραφεί σε πολύ μικρό βαθμό από την υπάρχουσα βιβλιογραφία, ειδικά οι πτυχές μικρότερης κλίμακας, και μπορούν δύσκολα να προσεγγιστούν σε πολλά σημεία, καθώς τα πιο εμφανή τμήματά τους είναι στο απόκρημνο φαράγγι του Πορταϊκού. Έτσι μπορούν να βγούν προς το παρόν, συμπεράσματα από τηλεπισκόπηση και κάποιες λίγες μετρήσιμες θέσεις.
- Οι επωθήσεις που έχουν καταγραφεί, χρειάζονται σε κάποια σημεία επαναχάραξη και επαλήθευση, ενώ σε άλλα διαπιστώνονται και λέπια φλύσχη μέσα στον ασβεστόλιθο Θυμιανών, που δεν είχα παρατηρηθεί.
- Τα κανονικά ρήγματα της περιοχής, έχουν επιδεχτεί λεπτομερή μελέτη ανά διαφορετικές περιόδους, παρόλα αυτά για την πλέον ακριβή χαρτογράφησή τους, το δύσβατο της περιοχής και η βλάστηση δεν βοηθούν στον εντοπισμό τους. Κάποια από αυτά που εντοπίσθηκαν, τοποθετήθηκαν στους χάρτες και περιγράφηκαν λεπτομερώς, ώστε να ενταχθούν στους επόμενους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής.

- Τα κανονικά ρήγματα που εντοπίστηκαν στην περιοχή του φύλλου «Καλαμπάκα», επιβεβαιώνουν τα αντίστοιχα που χαρτογραφήθηκαν στο νοτιότερο φύλλο «Μουζάκιον» και υποδεικνύουν την αντίστοιχη συνέχειά τους βορειότερα.
- Ακόμη ένα ισχυρό εργαλείο στον εντοπισμό των ρηγμάτων και τη χρονολόγηση της ηλικίας τους, αποδείχθηκε από τον Βρουχάκη, 2003, ότι είναι το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής. Στη συγκεκριμένη πτυχιακή έγινε κυρίως ονοματική αναφορά στη μέθοδο, παρόλα αυτά επαναλαμβάνεται στα συμπεράσματα λόγω της σημαντικότητάς του ως εργαλείο για περαιτέρω έρευνα.
- Ο εντοπισμός αχαρτογράφητων απολιθωμάτων, αν και αναμενόμενων ως προς την παλαιογεωγραφία, τονίζει την αναγκαιότητα για εκσυγχρονισμό και ενδελεχέστερη έρευνα της περιοχής
- Οι γεωλογικές τομές τονίζουν τις διαφορές της δυτικής και ανατολικής σειράς του Κόζιακα, και τα τρισδιάστατα μοντέλα τους συνδέουν τα γεωλογικά στοιχεία με τις δορυφορικές εικόνες. Το οπτικό αποτύπωμα της γεωλογίας διευρύνεται σε μια ευρύτερη προοπτική. Οι πτυχές αποτυπώνονται σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα, από προηγούμενες έρευνες και ο φλύσχης αποκτά σχεδιαστικές κλίσεις που βασίζονται σε αρκετές μετρήσεις υπαίθρου.
- Τέλος τα ψηφιακά εργαλεία Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, δείχνουν πόσο ακριβέστερες μετρήσεις μπορούν πλέον να ληφθούν, πώς χρονοβόρες διαδικασίες μετατρέπονται σε αυτοματοποιημένους αλγορίθμους και πώς οι γεωλογικοί χάρτες της Ελλάδας μπορούν πλέον να αναβαθμιστούν πολύ ευκολότερα.

Βιβλιογραφία

Αγγλική Βιβλιογραφία

Ahmadi, H., & Pekkan, E. (2021). Fault-based geological lineaments extraction using remote sensing and GIS—a review. Geosciences, 11(5), 183.

Bull, W. B. (2008). Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology. John Wiley & Sons.

Karakitsios V., Tsikos H., Agiadi - Katsiaouni K., Dermitzoglou S., Chatziharalambous E. (2007): The use of Carbon and Oxygen Stable Isotopes in the study of Global Palaeoceanographic Changes: examples from the Cretaceous sediment rocks of Western Greece, 46-47.

Kassaras, I., Kapetanidis, V., Ganas, A., Tzanis, A., Kosma, C., Karakonstantis, A., Valkaniotis, S., Chailas, S., Kouskoura, V., & Papadimitriou, P., (2020). The new seismotectonic atlas of Greece (v1. 0) and its implementation. Geosciences, 10(11), 447.

Kiratzi, A., & Louvari, E. (2003). Focal mechanisms of shallow earthquakes in the Aegean Sea and the surrounding lands determined by waveform modelling: a new database. Journal of Geodynamics, 36(1-2), 251-274.

Mc Calpin, J. P., & Nelson, A. R. (2009). Introduction to paleoseismology. International Geophysics, 95, 1-27.

Nikolakopoulos, K. G., Tsombos, P. I., Photiades, A., Psonis, K., & Zervakou, A. (2013). Using remote sensing multispectral data and GIS techniques for the geological mapping of Halki Island. Bulletin of the Geological Society of Greece, 47(3), 1500-1509.

Sboras, S., Pavlides, S., Kilias, A., Galanakis, D., Chatziioannou, A., & Chatzipetros, A. (2022). The Geological Structure and Tectonic Complexity of Northern Thessaly That Hosted the March 2021 Seismic Crisis. Geotechnics, 2(4), 935-960.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βρουχάκης, Ι. (2003). Η εξέλιξη της κοιλάδας του Πορταϊκού ποταμού. Προ/Μεταπτυχιακές Διατριβές στη Βιβλιοθήκη Θεόφραστος του Τμήματος Γεωλογίας του ΑΠΘ. 28-30,45-63,76,81-88

Γεωχωρικά Δεδομένα Κτηματολογίου: Ν.Π.Δ.Δ. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ, ΕΠΨΣ 2007-13, ΕΠΑΝΕΚ2014-20. Ορθοεικόνες LSO25 και Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο DEM25.

Λέκκας, Ε. (1988). Γεωλογική δομή και Γεωδυναμική εξέλιξη της Οροσειράς του Κόζιακα (Δυτική Θεσσαλία) (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Γεωλογίας).

Μελέτη Τηλεδιερεύνησης ορεινής ζώνης Καλαμπάκας-Πύλης 1994-1996: Στο πλαίσιο του προγράμματος LEADER I ΚΑΛΑΜΠΑΚΑΣ – ΠΥΛΗΣ, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Μουντράκης, Δ. (2010): Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας. Μέρος Ι: Η γεωλογία της Ελλάδας. Ζώνη Ωλονού-Πίνδου, 176-189.

Μουντράκης, Δ. (2010): Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας. Μέρος Ι: Η γεωλογία της Ελλάδας. Υποπελαγονική ζώνη, 146-156.

Μπαθρέλλος, Γ. (2005). Γεωλογική, γεωμορφολογική και γεωγραφική μελέτη των αστικών περιοχών του Νομού Τρικάλων-Δυτικής Θεσσαλίας (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Γεωλογίας. Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας), 47,253

Μπαθρέλλος, Γ. Δ., & Σκυλοδήμου, Χ. Δ. (2008). Διερεύνηση της κατολισθητικής επικινδυνότητας στις τεχνικές κατασκευές. Περιοχή μελέτης: ορεινό τμήμα του νομού Τρικάλων (Δυτική Θεσσαλία)= Investigation of landslide susceptibility upon the constructions. A case study: mountainous part of Trikala prefecture (Western Thessaly). Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, 42(1), 119-128.

Πομώνης, Π. (2003). Οι οφιόλιθοι της οροσειράς του Κόζιακα: γεωλογική μελέτη-

πετρογενετική εξέλιξη-γεωτεκτονική ερμηνεία (Doctoral dissertation, Πανεπιστήμιο Πατρών. Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Γεωλογίας. Τομέας Ορυκτών Πρώτων Υλών).

Σπόρας, Σ. (2005). Μορφοτεκτονική ανάλυση με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφορίων (GIS) των νεοτεκτονικών και ενεργών ρηγμάτων της Βοιωτίας.

ΙΓΜΕ: 1972. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Καλαμπάκα", χαρτογράφηση Ε.SAVOYAT και Ν. ΛΑΛΕΧΟΥ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

ΙΓΜΕ: 1993. "Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:50.000 - φύλλο Μουζάκιον", χαρτογράφηση Ι.ΚΑΡΦΑΚΗ, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Διαδικτυακές Πηγές

Διαδικτυακή Πύλη Γεωχωρικών Πληροφοριών Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ): Αναζήτηση Χαρτών - ΥΠΕΝ - Γεωχωρικές Πληροφορίες & Χάρτες (ypen.gr)

Krassakis Pavlos: Ταυτόχρονη απεικόνιση Προσανατολισμού πρανών και Μορφολογικών Κλίσεων
Ταυτόχρονη Απεικόνιση Προσανατολισμού Πρανών & Μορφολογικών Κλίσεων – Geographical Information Systems (GIS) & Geographical Information Science (GIScience) (gistraining.gr)

Τρισδιάστατα Μοντέλα (Block Models): https://app.visiblegeology.com/

Petroleum Experts: Digital field mapping applications for your smartphone and tablet.
https://www.petex.com/products/move-suite/digital-field-mapping/
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mve.fieldmove&hl=en&gl=US&pli=1

Geokincern LTD.: http://www.geokincern.com/?p=1452

Georose - Yong Technology INC. https://www.yongtechnology.com/georose/

One Drive Microsoft: https://onedrive.live.com

Drive2Web: https://api.drv.tw/

Url Shortener: https://app.short.io