



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΡΙΑ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΥ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

Πτυχιούχος Γεωτεχνολογίας & Περιβάλλοντος

**«ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΡΗΞΙΓΕΝΟΥΣ
ΠΕΡΙΘΩΡΙΟΥ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017



ΜΑΡΙΑ ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΥ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

Πτυχιούχος Γεωτεχνολογίας & Περιβάλλοντος

«ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΡΗΞΙΓΕΝΟΥΣ
ΠΕΡΙΘΩΡΙΟΥ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ»

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού
Προγράμματος

Σπουδών 'Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον'

Τομέας Γεωλογίας

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης:

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Επίκουρος Καθηγητής Χατζηπέτρος Αλέξανδρος, Επιβλέπων

Καθηγητής Παυλίδης Σπυρίδων, Μέλος

Αναπληρωτής Καθηγητής Τρανός Μάρκος, Μέλος



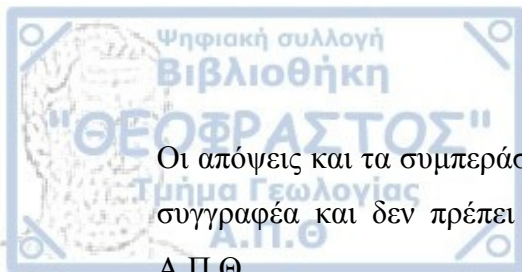
Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής επετηρίδας Τμήματος Γεωλογίας Ν°

© Μαρία Χατζοπούλου, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΡΗΞΙΓΕΝΟΥΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟΥ
ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ

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



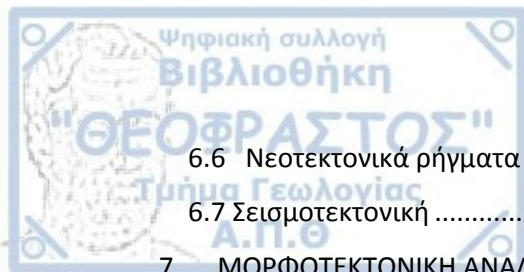
Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

1	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
2	Ευχαριστίες.....	8
3	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
3.1	Σκοπός της διατριβής	9
3.2	Γενική περιγραφή της περιοχής	10
3.3	Τρόπος κατασκευής μορφοτεκτονικού χάρτη ρηξιγενών πρηνών	16
3.4	Γενικές αρχές μορφοτεκτονικής ανάλυσης	18
3.4.1	Μορφοτεκτονικοί δείκτες.....	19
4	ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	25
4.1.	Γενική γεωλογική ιστορία της περιοχής.....	25
4.2	Σχηματισμοί του υποβάθρου	28
4.2.1	Σερβομακεδονική Μάζα	28
4.2.2	Μάζα Ροδόπης	31
4.3	Ιζήματα της λεκάνης των Σερρών.....	35
4.3.1	Πλειστόκαινο	37
4.3.2	Πλειόκαινο.....	37
4.3.3	Μειόκαινο.....	37
5	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	40
5.1	Περιγραφή της βάσης GIS	40
5.2	Περιγραφή της βάσης GLOBAL MAPPER 15.....	43
5.3	Περιγραφή της βάσης COREL DRAW X6 12.....	43
5.4	Περιγραφή της βάσης GOOGLE EARTH PRO	43
5.5	Περιγραφή της βάσης STRATER 5	44
6	ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	45
6.1	Γεωτεκτονικό περιβάλλον και η εξέλιξη του	45
6.1.1	Μεγάλες δομές της περιοχής	46
6.2	Ποσοτικά μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά των ρηγμάτων.....	47
6.2.1	Ποσοτική Ανάλυση των Τεκτονικών Πρηνών.....	47
6.3	Προφίλ ρεμάτων.....	76
6.4	Παραμορφωτικές φάσεις	84
6.5	Πεδίο των τάσεων	89



6.6	Νεοτεκτονικά ρήγματα της περιοχής	91
6.7	Σεισμοτεκτονική	92
7	ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	97
7.1	Μορφοτεκτονικοί δείκτες για τη λεκάνη	97
7.1.1	Δείκτης Δαντέλωσης (S_{mf}) στους πρόποδες των βουνών κατά (Keller & Pinter 1996).....	97
7.1.2	Λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος V_f κατά (Keller & Pinter 1996).....	103
7.2	Συζήτηση.....	115
8	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ.....	116
8.1	Περιγραφή της βάσης των γεωτρήσεων	116
8.2	Χωρική κατανομή των γεωτρήσεων.....	116
8.3	Ψηφιακές στήλες γεωτρήσεων με χρήση κατάλληλου λογισμικού.....	118
9	Συζήτηση – συμπεράσματα	154
9.1	Βασικά συμπεράσματα από κάθε κεφάλαιο.	156
9.2	Συζήτηση για την ενοποίηση των συμπερασμάτων και αποτελέσματα της διατριβής.	157
10	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	158

1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διατριβή επιχειρείται να μελετηθούν τα ρηξιγενή πρηνή που παρατηρηθήκαν στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της τεκτονικής λεκάνης των Σερρών, μέσω της μορφοτεκτονικής.

Γίνεται προσπάθεια μέσω της εφαρμογής συγκεκριμένων μορφοτεκτονικών δεικτών στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών και ειδικότερα μεταξύ της πόλης των Σερρών και της κωμόπολης της Νέας Ζίχνης, να εκτιμηθεί ο βαθμός ενεργότητας των επιμέρους ρηξιγενών τμημάτων. Η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών ευθύνεται για την δημιουργία του σημερινού μορφολογικού ανάγλυφου της περιοχής και θεωρείται ενεργή.

Η μορφοτεκτονική ανάλυση της περιοχής, όπως εφαρμογή δύο μορφοτεκτονικών δεικτών (Δαντέλωση στους πρόποδες των βουνών (S_{mf}) και Λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος (V_f)), καθώς και οι υπαίθριες παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, συνετέλεσαν ώστε να προκύψει μία ολοκληρωμένη μελέτη των ρηξιγενών πρηνών που βρίσκονται στη ρηξιγενή ζώνη των Σερρών.

Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε ένα από τα ρηξιγενή πρηνή, έδειξαν ότι τον μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας τον έχουν τα πρηνή 1, 2, 3, 4, 10, 22, 5, 6, 24, 7 και 16 (κόκκινο χρώμα). Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει από τις τιμές που έδωσαν οι δύο μορφοτεκτονικοί δείκτες 1) Δαντέλωση στους πρόποδες των βουνών (S_{mf}) και 2) Λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος (V_f). Οι τιμές του πρώτου δείκτη για το 1^ο ρηξιγενές πρηνές είναι 1,32, για το 2^ο είναι 1,02, για το 10^ο είναι 1,15 για το 4^ο είναι 1,24, για το 22^ο είναι 1,07, για το 24^ο είναι 1,22, για το 7^ο είναι 1,12, για το 16^ο είναι 1,45. Άρα όλα τα προαναφερθέντα ρηξιγενή πρηνή έχουν μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας από τα υπόλοιπα γιατί οι τιμές τους κυμαίνονται μεταξύ 1.0 – 1.6 και είναι όμως πιο κοντά στη μονάδα.

Ο δεύτερος δείκτης ο λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος V_f στις κοιλάδες 2, 3, 6 και 7 έχει πολύ χαμηλές τιμές. Οι τιμές του δεύτερου δείκτη για το 2^ο, 3^ο, 5^ο και 6^ο ρηξιγενές πρηνές είναι 8,71, 5,42, 7,69 και 6,06. Τα ρηξιγενή πρηνή που αντιστοιχούν στις κοιλάδες αυτές είναι το 2^ο, 3^ο, 5^ο και 6^ο, τα οποία θεωρούνται ότι έχουν μεγάλο βαθμό ενεργότητας λόγω του ότι λαμβάνει χώρα μία κατά βάθος διάβρωση λόγω ανύψωσης της περιοχής.

2 Ευχαριστίες

Στην παρούσα διατριβή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κύριο Σπυρίδων Παυλίδη, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κύριο Μάρκο Τρανό, καθώς επίσης και τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή κύριο Αλέξανδρο Χατζηπέτρο για την πολύτιμη και καθοριστική βοήθεια που μου παρείχε καθώς και την καίρια καθοδήγηση του στην εκπόνηση της διατριβής ειδίκευσης μου. Η βοήθειά του ήταν καταλυτική τόσο στην υπαίθρια έρευνα της περιοχής μελέτης μου, όσο και στην εκμάθηση γεωλογικών προγραμμάτων που με βοήθησαν στο σκοπό αυτό.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου ολόψυχα για την καθοριστική ηθική συμπαράσταση και οικονομική στήριξή της σε όλη την πορεία μου όλα αυτά τα χρόνια για να είμαι σε θέση να ολοκληρώσω την διατριβή ειδίκευσης μου σήμερα και τον αδερφό μου Χατζόπουλο Βασίλειο για την βοήθεια του στην ύπαιθρο, τον θείο μου Γουμάγια Θεόδωρο για τις συμβουλές του και την βοήθειά του στην εύρεση πληροφοριών για την περιοχή.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο μεταπτυχιακό γεωλόγο Καραμήτρο Γιάννη για τη συμπαράσταση και την καθοριστική βοήθειά του στην παροχή πληροφοριών για την περιοχή μελέτης μου, όσο και για τη σημαντική βοήθειά του στον τρόπο χρησιμοποίησης των διαφόρων προγραμμάτων που χρειάστηκε να χρησιμοποιήσω. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο υποψήφιο διδάκτορα γεωλόγο Λάζο Ηλία για την συμπαράστασή του σε όλη μου αυτή την προσπάθεια.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τη γεωλόγο κα. Λαζαρίδου Μαρία από το Παράρτημα Θεσσαλονίκης του Ι.Γ.Μ.Ε. για τη βοήθειά της και την παροχή δεδομένων γεωτρήσεων από τη λεκάνη των Σερρών.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Σεισμολογίας κ. Σκορδύλη Εμμανουήλ για τις πληροφορίες που μου παρείχε όσον αφορά το σύνολο των σεισμών που καταγράφηκαν στην περιοχή μελέτης.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μεταπτυχιακή γεωλόγο Σιμελετίδου Δέσποινα και τον γεωλόγο Πανταζή Πέτρο για την παροχή πληροφοριών για την περιοχή.

3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

3.1 Σκοπός της διατριβής

Η λεκάνη των Σερρών από την δεκαετία του 70' και μέχρι πρόσφατα, μελετήθηκε από πληθώρα γεωλόγων οι οποίοι προσπάθησαν να ερμηνεύσουν και να προσδιορίσουν με τις μελέτες και με υπαίθριες παρατηρήσεις τους τον σχηματισμό, την εξέλιξη και την ανάπτυξη της λεκάνης από την αρχική της διάνοιξη έως και σήμερα. Από τις μελέτες τους αυτές καταγράφηκαν τεκτονικές δομές όπως: κανονικά, ανάστροφα και οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα καθώς και οι τεκτονικές διεργασίες που προκάλεσαν τον σχηματισμό των ρηγμάτων αυτών.

Στόχος της διατριβής είναι η μελέτη του επιλεγμένου τμήματος της λεκάνης των Σερρών ως προς τον βαθμό ενεργότητας του με βάση ποσοτικές και ποιοτικές μορφοτεκτονικές παραμέτρους.

Χρησιμοποιήθηκαν διάφορα πακέτα λογισμικού και συγκεκριμένα:

- Arc GIS 10.1 (ESRI). Χρησιμοποιήθηκε για την αποτύπωση και παρουσίαση του γεωλογικού υποβάθρου της περιοχής.
- Global Mapper 15 (Blue Marble Geographics). Αναπαραστάθηκε τρισδιάστατα η περιοχή μελέτης ως προς το ανάγλυφο, την μορφολογία και το υδρογραφικό της δίκτυο.
- Corel DRAW Graphics Suite X6. Χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό και μελέτη δισδιάστατων γεωμετρικών στοιχείων της περιοχής.
- Strater (Golden Software). Χρησιμοποιήθηκε για την αναπαράσταση της στρωματογραφίας των γεωτρήσεων της περιοχής.

Οι μορφοτεκτονικοί δείκτες που εφαρμόστηκαν στην περιοχή μελέτης είναι οι ακόλουθοι:

1. Δείκτης Δαντέλωσης στους πρόποδες των βουνών (S_{mf})
(Mountain – Front Sinuosity) Bull, 1977,1978.
2. Δείκτης Λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος (V_f)
(Ratio of Valley – Floor Width to Valley Height) Bull, 1977, 1978 (από Keller & Pinter 2002).

3.2 Γενική περιγραφή της περιοχής

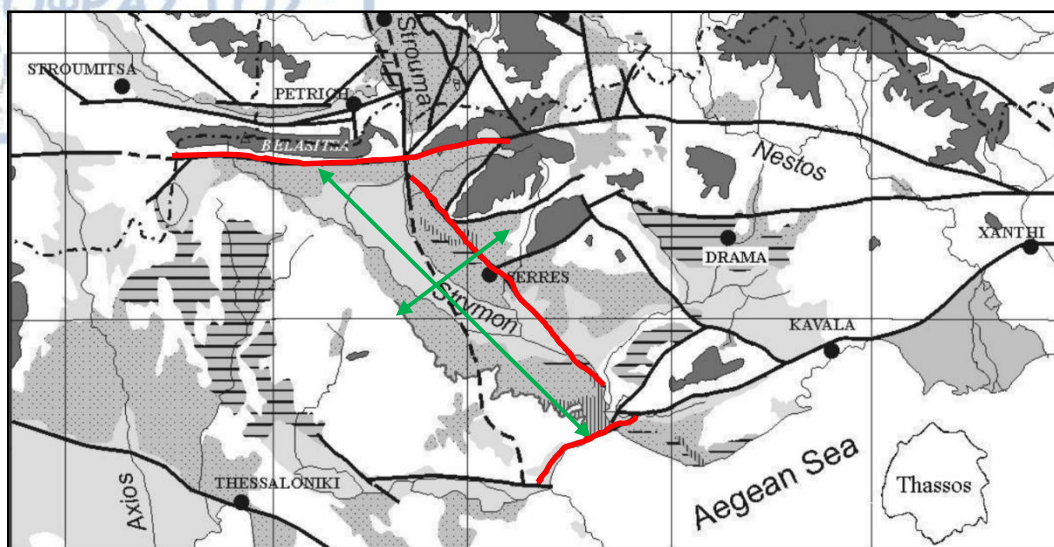
Το βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών τοποθετείται γεωγραφικά εντός των παρακάτω τεσσάρων σημείων συντεταγμένων Εικόνα 1 σύμφωνα με το Google Earth Pro του οποίου το προβολικό σύστημα είναι το WGS84.

Σημείο 1° : $x = 23.524873^0$, $y = 41.104317^0$. **Σημείο 2°** : $x = 23.820157^0$, $y = 41.100209^0$. **Σημείο 3°** : $x = 23.809448^0$, $y = 40.985525^0$. **Σημείο 4°** : $x = 23.525486^0$, $y = 41.059971^0$



Εικόνα 1 Η θέση των συντεταγμένων τεσσάρων σημείων εντός των οποίων μελετήθηκε το επιλεγμένο τμήμα του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών, μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Το περιθώριο αυτό επιλέχτηκε να μελετηθεί διότι πρόκειται για ενεργό περιθώριο, το οποίο σχημάτισε πολλά τεκτονικά πρανή κατά την διαχρονική του δράση. Επομένως θεωρείτε χρήσιμη η μελέτη αυτών των ρηξιγενών πρανών με την χρήση κατάλληλων μορφοτεκτονικών δεικτών με σκοπό να μελετηθεί ο βαθμός ενεργότητας τους.

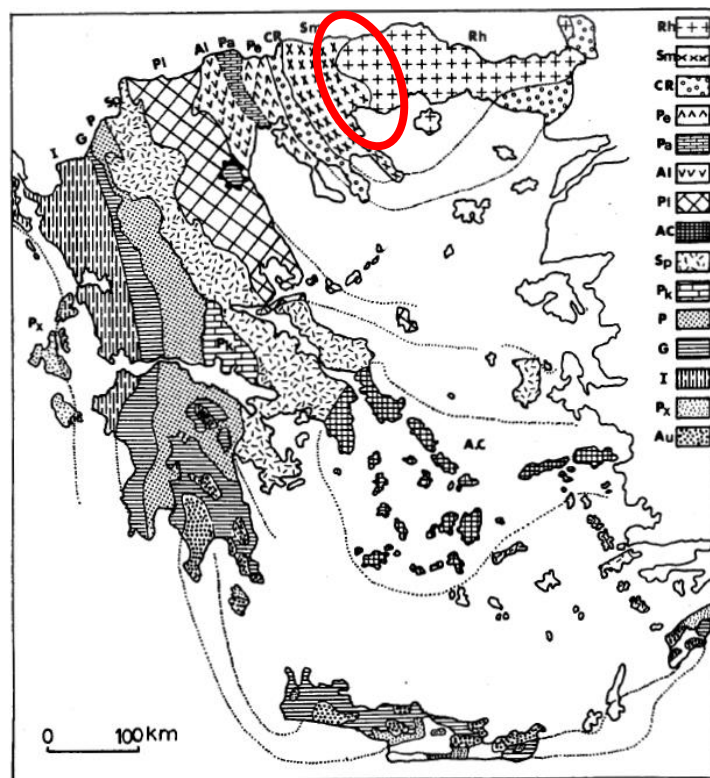


Εικόνα 2 Απεικόνιση των κύριων νεοτεκτονικών ρηγμάτων (κόκκινες γραμμές) στην λεκάνη των Σερρών και των δύο διευθύνσεων ανάπτυξης της (πράσινα βέλη) (Τροποποιημένο από Zagorchev, 2002).

Σύμφωνα με Παπαφιλίππου – Πέννου (2004) η απόσταση μεταξύ των συνόρων της Βουλγαρίας και της θάλασσας του Αιγαίου (παραλία Ορφανίου) είναι 80 km μήκος και 50 km πλάτος. Ο χώρος αυτός καταλαμβάνεται από την τεκτονική λεκάνη των Σερρών, έχει διεύθυνση ανάπτυξης ΒΔ – ΝΑ και πλάτος διεύθυνσεως ΒΑ – ΝΔ. Εικόνα 2, αποτελείται από πληθώρα ρηγμάτων εκατέρωθεν των περιθωρίων της. Η λεκάνη των Σερρών οριοθετείται περιφερειακά από ορεινούς όγκους, εκ των οποίων κάποιοι βρίσκονται ανατολικά και ανήκουν στη Μάζα Ροδόπης (Ορβηλος – Άγγιστρο, Όρη Βροντούς, Μενοίκιο και Παγγαίο) και κάποιοι στα δυτικά και ανήκουν στη Σερβομακεδονική Μάζα (Όρη Κερκίνης, Δύσωρο, Μαυροβούνιο, Βερτίσκο και Κερδύλλια) Εικόνα 3. Η λεκάνη των Σερρών σχηματίστηκε στο όριο επαφής αυτών των δύο τεκτονικών ενοτήτων Εικόνα 4.



Εικόνα 3 Απεικόνιση των ορεινών όγκων που περιβάλλουν την λεκάνη των Σερρών και του βόρειου ρηγιγενούς περιθωρίου της λεκάνης (γαλάζια γραμμή), μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.



Εικόνα 4 Γεωτεκτονική θέση Ελληνίδων Ζωνών (Mountrakis *et al.*, 1983). Rh: Μάζα Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική Μάζα, CR: Περιροδοπική Ζώνη, Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας, Pl: Πελαγονική Ζώνη, AC: Αττικο-Κυκλαδική Ζώνη, Sp: Υποπελαγονική Ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού -Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου -Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα πλακωδών ασβεστολίθων (Plattenkalk).

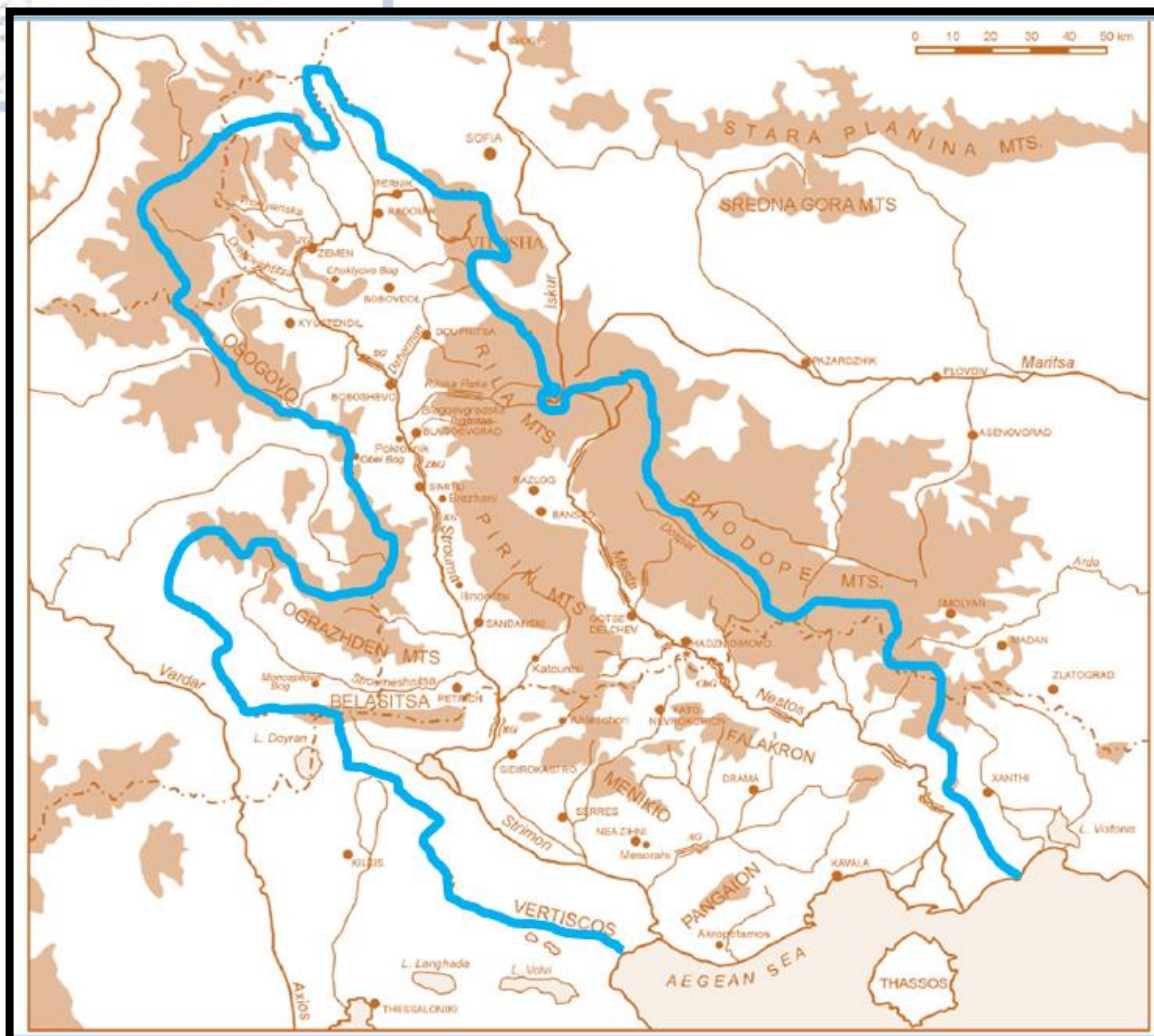


Εικόνα 5 Γεωγραφικός χάρτης εντός του οποίου τοποθετείται το επιλεγμένο τμήμα του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών στον Ελληνικό χώρο μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Τα υψόμετρα στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται από 50 m κοντά στην πόλη των Σερρών έως 450 m κοντά στο χωριό Αναστασιά (πλησίον της Νέας Ζίχνης) σύμφωνα με τοπογραφικούς χάρτες και το πρόγραμμα Google Earth Pro. Το τοπογραφικό ανάγλυφο χαρακτηρίζεται από λοφώδες έως χαμηλό ορεινό και παρουσιάζει μορφολογικές κλίσεις που κυμαίνονται από ομαλές ($3^{\circ} - 10^{\circ}$) έως απότομες ($11^{\circ} - 20^{\circ}$)

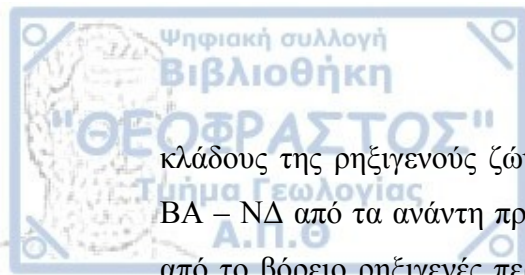
Εικόνα 5.

Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του ποταμού Στρυμόνα είναι $17.135,305 \text{ km}^2$ σύμφωνα με Παπαφιλίππου - Πέννου (2004). Συνολικά η λεκάνη περιλαμβάνει τμήματα των κρατών Βουλγαρίας, ΠΓΔΜ και Ελλάδας. Ο ποταμός Στρυμόνας, αφού διασχίσει τμήμα της Βουλγαρία και της ΠΓΔΜ, καταλήγει διαμέσου της Ελλάδος στο Αιγαίο πέλαγος όπου εκβάλει και εκφορτίζει το περιεχόμενό του Εικόνα 6. Στην Ελλάδα η υδρολογική λεκάνη του Στρυμόνα καταλαμβάνει έκταση περίπου $3.714,8 \text{ km}^2$ και υπάγεται διοικητικά στους Νομούς Σερρών (Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας) και Δράμας (Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης).

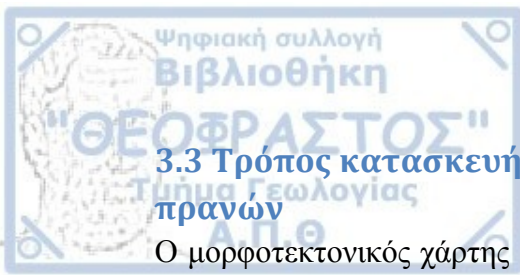


Εικόνα 6. Απεικόνιση του υδροκρίτη (γαλάζιο χρώμα) τα όρια ολόκληρης της υδρολογικής λεκάνης απορροής του Στρυμόνα ποταμού. (Τροποποιημένο από (Zagorchev, 2007).

Ο ορεινός όγκος που πλαισιώνει την περιοχή μελέτης είναι το Όρος Μενοίκιο στα ΒΑ της με μέγιστο υψόμετρο τα 1.963 m στην κορυφή του. Στα ΝΔ του Όρους Μενοίκιου στους πρόποδες του όρους, συναντώνται χαμηλοί λόφοι που τέμνονται από κανονικά ρήγματα (Tranos and Mountrakis, 2004), (Pavlidis et al., 2010), (Tranos, 2011), (Caputo, R., Sboras, S., Pavlidis, S., 2012) τα οποία χαμηλώνουν το ανάγλυφο προς τα ΝΔ μεταβαίνοντας το σε πεδιάδα προς το κέντρο της λεκάνης. Κύριο χαρακτηριστικό της ευρύτερης περιοχής είναι η ανάπτυξη χειμάρρων, στους οποίους παρατηρείται ροή κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι χείμαρροι εκβάλλουν στην λεκάνη των Σερρών, αποθέτοντας στα κεντρικά της τμήματα τα φερτά υλικά της διάβρωσης από τα ανάντη. Τα υλικά στη συνέχεια καταλήγουν στον ποταμό Στρυμόνα, ο οποίος τα μεταφέρει και τα εκβάλλει δια μέσου του κόλπου του Ορφανίου στη θάλασσα του Αιγαίου πελάγους. Οι χείμαρροι της λεκάνης τέμνονται από τους



κλάδους της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών και έχουν γενική διεύθυνση ανάπτυξης ΒΑ – ΝΔ από τα ανάντη προς τα κατόντη. Το πλήθος των χειμάρρων που τέμνονται από το βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών είναι 21 και το μήκος τους κυμαίνεται από 1,33 km ο μικρότερος μέχρι 11,75 km ο μεγαλύτερος.



3.3 Τρόπος κατασκευής μορφοτεκτονικού χάρτη ρηξιγενών πρανών

Ο μορφοτεκτονικός χάρτης με τα ρηξιγενή πρανή που απεικονίζονται στα παρακάτω κεφάλαια προέκυψαν μέσω της χρήσης του προγράμματος Global Mapper v 15. Στο πρόγραμμα αυτό εφαρμόστηκε αρχικά το τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Digital Elevation Model – DEM).

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) μπορεί να αναπαραστήσει τη μορφή του εδάφους τρισδιάστατα και δισδιάστατα καθώς και το υδρογραφικό δίκτυο μίας περιοχής. Τα βήματα επεξεργασίας και το μέγεθος των κελιών ενός DEM επηρεάζουν την κλίση της επιφάνειας του εδάφους και το μήκος του υδρογραφικού δικτύου. Η διακριτική ικανότητα του DEM είναι σε ψηφιδωτή ή σε μορφή δικτύου ακανόνιστων τριγώνων (Triangulated Irregular Network – TIN). Το DEM χρησιμοποιείται σε Geographic Information System (GIS) το οποίο είναι η βάση για να παραχθούν χάρτες διαφόρων τύπων.

Το DEM είναι διαθέσιμο σε διάφορες κλίμακες, με την οριζόντια διάσταση μεταξύ σημείων να κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέτρα μέχρι και ένα χιλιόμετρο. Το DEM μοντέλο GLOBE30 θεωρείται το πιο διαδεδομένο παγκόσμιας κάλυψης με οριζόντια ανάλυση περίπου ενός χιλιομέτρου (30 arcsec) και με ακρίβεια υψομέτρων της τάξης των 100 μέτρων.

Για την κατασκευή του μορφοτεκτονικού χάρτη μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 έγιναν τα παρακάτω βήματα:

1. Το DEM (Digital Elevation Model) προέρχεται από ανάλυση δεδομένων του προγράμματος ASTER. Στη συνέχεια αφού λήφθηκε εφαρμόστηκε το DEM στο πρόγραμμα Global Mapper v 15.
2. Στη συνέχεια με ειδικές εντολές στο Global Mapper v 15 προβλήθηκαν οι ισοϋψείς βασισμένες στο τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους της περιοχής από την εφαρμογή του DEM.
3. Αφού ορίστηκαν οι ισοϋψείς παρατηρήθηκαν και σημειώθηκαν όσες από αυτές έτειναν να είναι περισσότερο ευθείες γραμμές, με ειδικά σημεία.

4. Έπειτα έγινε προβολή δισδιάστατα και τρισδιάστατα της μορφολογίας στα αντίστοιχα αντερείσματα. Στη συνέχεια όπου η μορφολογία άλλαζε απότομα και χαμήλωνε τοποθετήθηκε ειδικό σύμβολο το οποίο αντιστοιχούσε στην τομή του ρηξιγενούς πρανούς με το οριζόντιο επίπεδο, το οποίο προκαλούσε την ταπείνωση στη μορφολογία του πρανούς.
5. Έπειτα ενώθηκαν με ευθείες γραμμές τα σημεία αυτά προκύπτοντας έτσι οι παρατάξεις των ρηξιγενών πρανών στο επιλεγμένο τμήμα της λεκάνης.
6. Στη συνέχεια εισήχθησαν, γεωαναφέρθηκαν και προβλήθηκαν τρεις γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ (φύλλο Σέρρες (1980), φύλλο Προσοτσάνη (1988) και φύλλο Ροδολίβος(1982)) για να διαπιστωθεί ποια πετρώματα τέμνουν τα ρηξιγενή πρανά στο μορφοτεκτονικό χάρτη.
7. Έπειτα εισήχθησαν και γεωαναφέρθηκαν μορφολογικός και γεωγραφικός χάρτης από το πρόγραμμα Google Earth Pro.
8. Αφού προβλήθηκαν οι δύο παραπάνω χάρτες, ακολούθησε η προβολή επάνω σε αυτούς των παρατάξεων των ρηξιγενών πρανών τα οποία ήδη είχαν κατασκευαστεί.

Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω εργασιών ήταν ο σχηματισμός του μορφοτεκτονικού χάρτη της περιοχής του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών, στον οποίο προβάλλονται ειδικές γραμμές που αντιστοιχούν στις παρατάξεις των ρηξιγενών πρανών. Επίσης στον χάρτη αυτό περιλαμβάνονται και ρηξιγενή πρανά που ανιχνεύθηκαν με τη χρήση δορυφορικών εικόνων μέσω του προγράμματος Google Earth Pro, αλλά και ρηξιγενή πρανά που διαπιστώθηκαν από υπαίθριες παρατηρήσεις.

3.4 Γενικές αρχές μορφοτεκτονικής ανάλυσης

Μορφοτεκτονική ανάλυση θεωρείται το σύνολο των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται με σκοπό να μελετηθεί ο βαθμός επίδρασης της τεκτονικής στην επιφάνεια της γης. Εξαιτίας της διάβρωσης που έχει την τάση να εξομαλύνει την επιφάνεια του εδάφους, η μορφοτεκτονική ανάλυση χρησιμοποιείται κυρίως σε νέες τεκτονικές δομές οι οποίες δεν έχουν αλλοιωθεί ακόμη σε σημαντικό βαθμό από τη διάβρωση. Η Μορφοτεκτονική ανάλυση χωρίζεται σε ποιοτική μορφοτεκτονική (ασχολείται κυρίως με το μορφοανάγλυφο και τις μορφοδομές που προκύπτουν έπειτα από τη δράση της ενεργού τεκτονικής) και σε ποσοτική μορφοτεκτονική (περιλαμβάνει την ποσοτική ανάλυση τεκτονικών πρυνών, την ανάλυση κύριων μορφοτεκτονικών δεικτών, την ανάλυση παραμόρφωσης αλλουβιακών ριπιδίων, τις μορφές υδρογραφικών δικτύων, τον διαχωρισμό των ποτάμιων αναβαθμίδων, τις αλλαγές των ακτογραμμών, κ.ά).

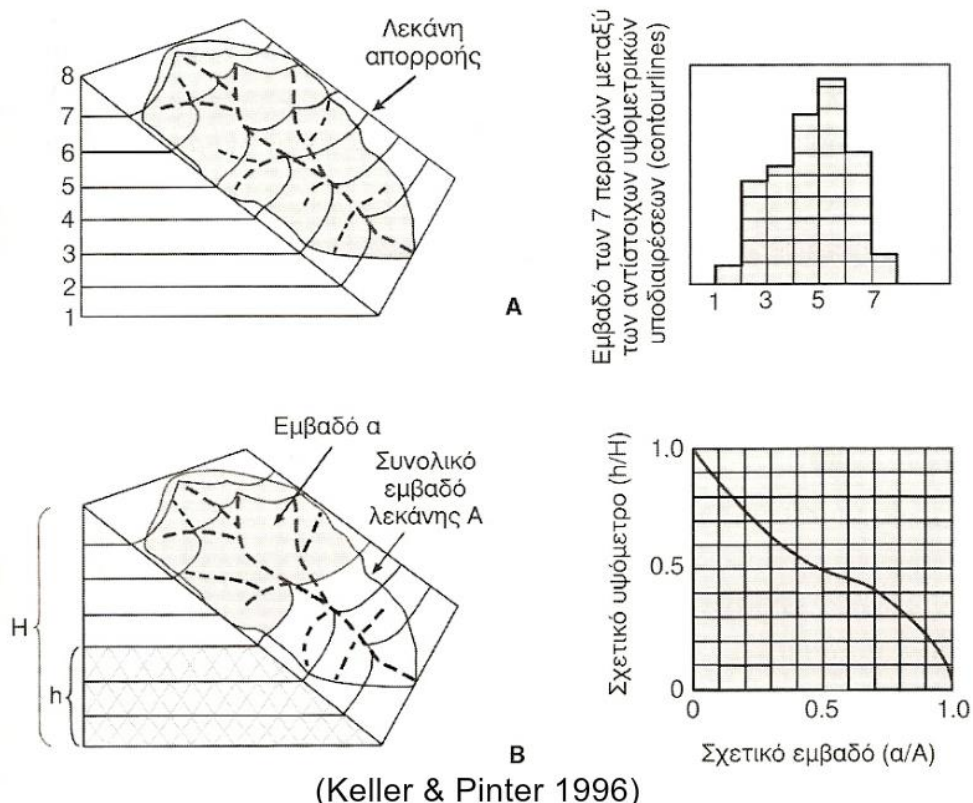
Για να πραγματοποιηθεί η ποσοτική μελέτη μίας περιοχής, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες μορφοτεκτονικές δομές οι οποίες χαρακτηρίζονται ως μορφολογικές διαφοροποιήσεις της επιφάνειας του εδάφους κυρίως λόγω της δράσης κάποιου ενεργού ρήγματος. Ως μορφοτεκτονικές δομές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τέτοιου είδους μελέτες θεωρούνται τα πρυνή των ρηγμάτων, τα αλλουβιακά κορήματα, οι ιζηματογενείς λεκάνες, οι αλλαγές της ευθείας ροής των ποταμών που έχουν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό διαφόρων μορφών υδρογραφικών δικτύων, οι αναστροφές του αναγλύφου, οι ποτάμιες αναβαθμίδες και οι αλλαγές των ακτογραμμών (όπως μεταβολή της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας με τις αντίστοιχες ανυψώσεις ή καταβυθίσεις των ακτών).

3.4.1 Μορφοτεκτονικοί δείκτες

Τμήμα Γεωλογίας

3.4.1.1 Υψομετρική Καμπύλη

Η υψομετρική καμπύλη σύμφωνα με τον (Παυλίδης, 2003) εκφράζει τον τρόπο που κατανέμονται τα υψόμετρα σε μία περιοχή, όπως αυτή της υδρολογικής λεκάνης Εικόνα 7. Η καμπύλη δημιουργείται από τον υπολογισμό των λόγων υψομέτρου h/H και εμβαδού a/A όπου h = οι γραμμές υψομέτρου (οι γραμμές που χωρίζουν σε 7 ίσα μέρη το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης), H = η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο γραμμών υψομέτρου (h), A = το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης και a = το εμβαδόν της λεκάνης που βρίσκεται πάνω από μία γραμμή υψομέτρου (h). Η τιμή a/A κυμαίνεται από 1.0 στο χαμηλότερο τμήμα της λεκάνης όπου ο λόγος $h/H=0.0$ έως 0 στο υψηλότερο σημείο της όπου ο λόγος $h/H = 1.0$.



Εικόνα 7. Μορφοτεκτονικός δείκτης Υψομετρική καμπύλη (Τροποποιημένο σχήμα από Keller & Pinter 1996).

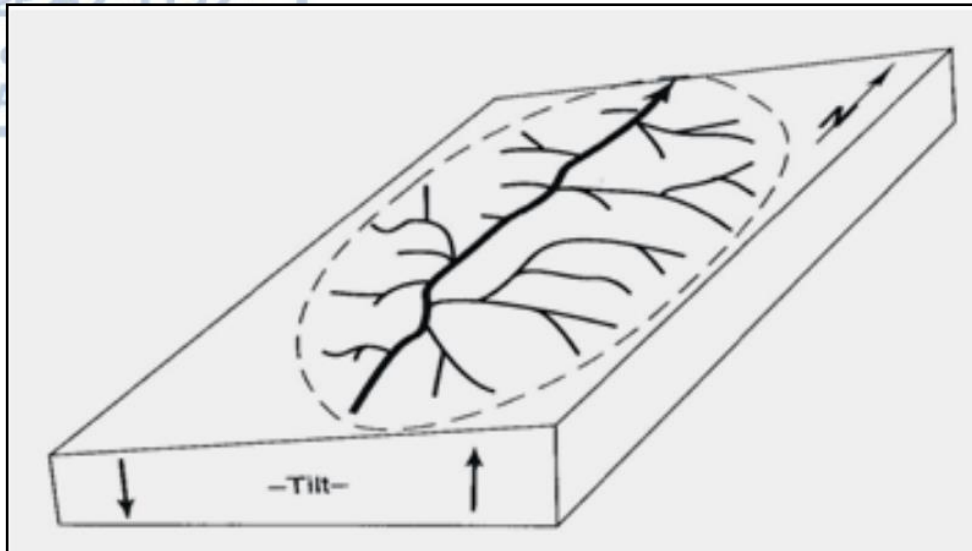
3.4.1.2 Υψομετρικό Ολοκλήρωμα

Το σχήμα μίας λεκάνης απορροής καθορίζεται από το υψομετρικό της ολοκλήρωμα, που υπολογίζεται είτε ως μαθηματική έκφραση του εμβαδού που περικλείει η καμπύλη, είτε από τη σχέση $\frac{\text{μέσουψόμετρο} - \text{ελάχιστουψόμετρο}}{\text{μέγιστουψόμετρο} - \text{ελάχιστουψόμετρο}}$ όπου ελάχιστο και μέγιστο υψόμετρο υπολογίζονται απευθείας από τον τοπογραφικό χάρτη.

Το μέσο υψόμετρο μπορεί να υπολογιστεί μέσω ψηφιοποιημένων χαρτών και Ψηφιακών Μοντέλων Αναγλύφου (Digital Elevation Models – DEMs). Εφόσον το ολοκλήρωμα δείξει υψηλές τιμές τότε η τοπογραφία της περιοχής θεωρείται υψηλή σε σύγκριση με το μέσο υψόμετρο που επικρατεί στην περιοχή και επομένως να οφείλεται σε έντονη δράση της τεκτονικής. Οι μέσες μέχρι χαμηλές τιμές του ολοκληρώματος σχετίζονται με πιο ομαλές τοπογραφικά περιοχές και επομένως οφείλεται σε μικρή επίδραση της τεκτονικής. Η ανάλυση του υψομετρικού ολοκληρώματος αποτελεί ισχυρό δείκτη ώστε να διαχωριστούν οι περιοχές σε ενεργές και μη ενεργές ανάλογα με την τιμή του δείκτη (υψηλές τιμές → πιο ενεργός τεκτονική).

3.4.1.3 Ασυμμετρία λεκάνης απορροής και Παράγοντας ασυμμετρίας (AF)

Για να υπολογιστεί η ασυμμετρία μίας λεκάνης απορροής σύμφωνα με τον (Παυλίδης, 2003) χρησιμοποιείται ο παράγοντας ασυμμετρίας (AF), ο οποίος δείχνει την τεκτονική περιστροφή ή κλίση που έχει υποστεί η λεκάνη Εικόνα 8. Οι συμβολισμοί είναι: A_r = το εμβαδόν της υπολεκάνης κοιτάζοντας από τα ανάντη προς τα κατόντη στα δεξιά του ποταμού. A_t = το ολικό εμβαδόν της λεκάνης. Όταν το ποτάμιο σύστημα δημιουργείται και παραμένει σε σταθερή θέση τότε το $AF = 50$. Η περιστροφή προς τα αριστερά του κύριου ποταμού δίνει τιμές >50 . Ο κύριος ποταμός στο παρακάτω σχήμα ρέει προς τα βόρεια και η τεκτονική περιστροφή της λεκάνης είναι προς τα δυτικά. Επομένως οι παραπόταμοι από τη δεξιά πλευρά του κύριου ποταμού είναι μεγαλύτεροι με μήκος σε σχέση με τους παραποτάμους που βρίσκονται στην αριστερή πλευρά. Άρα στην περίπτωση αυτή ο $FA > 50$. Ο τύπος $AF = 100 (A_r/A_t)$ δείχνει την τεκτονική περιστροφή ή την κλίση μιας λεκάνης απορροής ή μίας άλλης ορισμένης περιοχής.



(Keller&Pinter 1996)

Εικόνα 8. Μορφοτεκτονικός δείκτης Ασυμμετρία λεκάνης απορροής και Παράγοντας ασυμμετρίας (AF)
(Τροποποιημένο σχήμα από Keller&Pinter 1996).

3.4.1.4 Παράγοντας εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας (Σ)

$$\Sigma = \left(\frac{\Delta_a}{\Delta_d} \right)$$

Δ_a = η απόσταση από τη μεσαία γραμμή που χωρίζει τη λεκάνη σε δύο ίσα τμήματα μέχρι την αντίστοιχη μέση γραμμή που χωρίζει σε ίσα μέρη τη ζώνη του ενεργού μαιανδρισμού δηλαδή την σημερινή θέση του ποταμού. Δ_d = η απόσταση από τη μέση γραμμή της λεκάνης μέχρι τον υδροκρίτη Εικόνα 9. Ιδανική συμμετρία υπάρχει όταν $\Sigma = 0$, ενώ καθώς αυξάνει η ασυμμετρία το Σ πλησιάζει στην τιμή 1. Επομένως αυτή η τοπογραφική ασυμμετρία εάν αποδειχτεί ότι δεν οφείλεται σε διαφορετική λιθολογία στη λεκάνη τότε μπορεί να αποτελέσει μία σοβαρή ένδειξη ύπαρξης ενός ενεργού ρήγματος.

3.4.1.5 Μήκος ρέματος - Δείκτης Κλίσης του (S_L)

$$S_L = \left(\frac{\Delta_H}{\Delta_I} \right) L$$

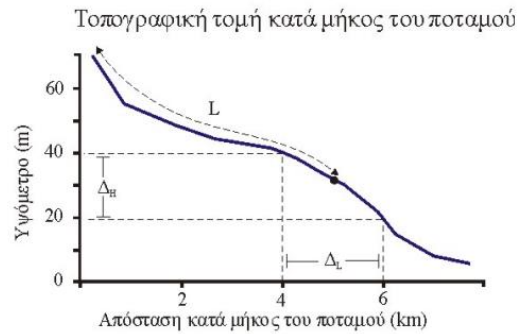
Ο δείκτης S_L είναι ευαίσθητος στις αλλαγές της κλίσης του ποταμού όπως π.χ. ένα ρήγμα μπορεί να επηρεάσει τοπικά την κλίση του. Έτσι μπορεί να εκτιμήσει την πιθανή τεκτονική δράση που προκαλεί ανυψώσεις και καταβυθίσεις.



$$\Delta_h = 40 \text{ m} \cdot 20 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

$$\Delta_L = 2000 \text{ m}$$

$$L = 6500 \text{ m}$$



$$S_L = \frac{\Delta_h}{\Delta_L} L = \frac{20 \text{ m}}{2000 \text{ m}} \cdot 6500 \text{ m} = 6.5$$

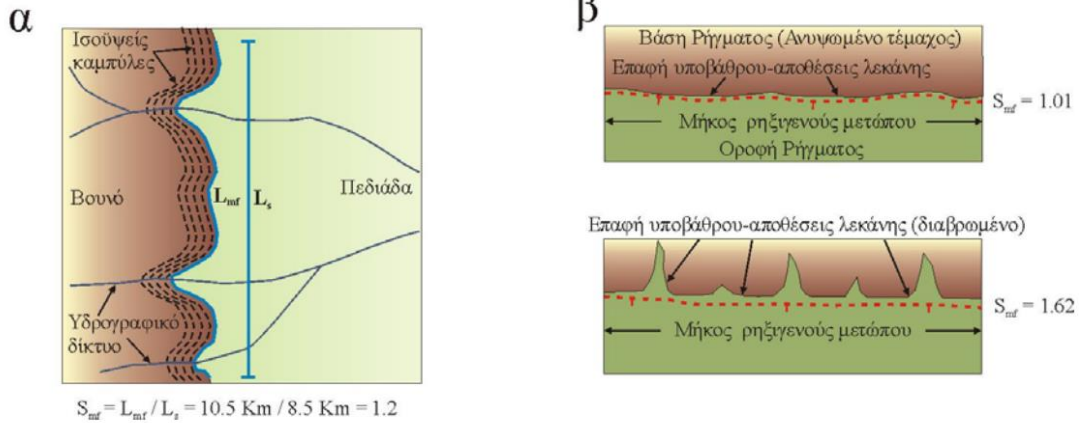
Εικόνα 10 Μορφοτεκτονικός Δείκτης Κλίσης (S_L) υδρογραφικού δικτύου, σύμφωνα με Τσόδουλο 2009 (Τροποποιημένο από Keller and Pinter, 2002).

3.4.1.6 Δαντέλωση στους πρόποδες των βουνών (S_{mf})

$$S_{mf} = \frac{L_{mf}}{L_S}$$

Οι συμβολισμοί είναι: L_{mf} = το μήκος συγκεκριμένου τμήματος της ισοΐσους στους πρόποδες του βουνού, L_S = το μήκος της ευθείας γραμμής στους πρόποδες του βουνού που συμπίπτει με ρήγμα Εικόνα 11. Ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει την ισορροπία ανάμεσα στη διάβρωση και στις τεκτονικές δυνάμεις που επιδρούν σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Έχει παρατηρηθεί ότι όσοι πρόποδες βουνών σχηματίστηκαν από δράση ενεργού ρήγματος που προκάλεσε ανύψωση, είναι σχετικά ευθείς και έχουν χαμηλές τιμές S_{mf} . Όταν η ανύψωση μειώνεται (χαμηλός ρυθμός ανύψωσης) ή σταματά, τότε οι η διάβρωση δημιουργεί μία πιο ομαλή όψη στους πρόποδες των βουνών και ο S_{mf} παίρνει μεγαλύτερες τιμές.

Οι τιμές του S_{mf} υπολογίζονται από τοπογραφικούς χάρτες ή αεροφωτογραφίες. Τα ενεργά πρανή των βουνών παίρνουν τιμές $S_{mf} = 1 - 1,6$ αυτά με μικρότερη ενεργό δράση παίρνουν τιμές $S_{mf} = 1,6 - 3$ και τα μη ενεργά πρανή παίρνουν τιμές $S_{mf} = 3$ μέχρι >5 . Η δαντέλωση αποτελεί πολύ καλό και χρήσιμο κριτήριο για την άμεση αναγνώριση ενεργών ρηγμάτων.

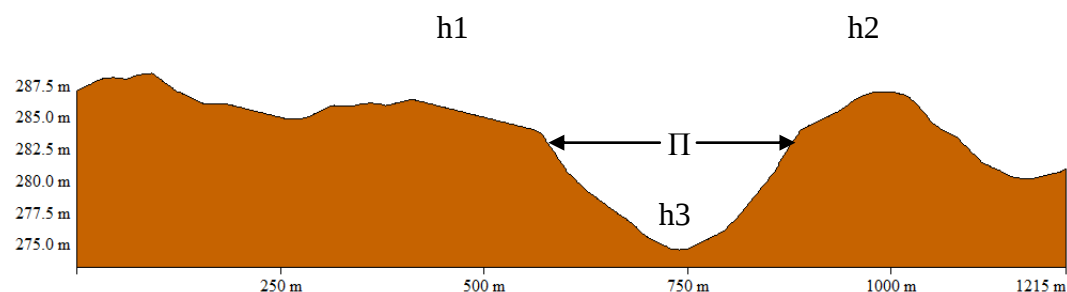


Εικόνα 11 Μορφοτεκτονικός δείκτης Δαντέλωση στους πρόποδες των βουνών (S_{mf}), σύμφωνα με Τσόδουλο 2009 (Τροποποιημένο από Keller and Pinter, 2002; Παυλίδης, 2003). Στο (α) σχήμα παρουσιάζονται οι ισοϋψείς καμπύλες και το αντίστοιχο μήκος ρήγματος. Στο (β) σχήμα απεικονίζεται σε κάτοψη το ρήγμα που φέρνει σε επαφή το υπόβαθρο με τις αποθέσεις της λεκάνης όταν αυτό πρόσφατα έχει δραστηριοποιηθεί στην πρώτη περίπτωση και όταν αυτό είναι κάποιας παλαιότητας στη δεύτερη περίπτωση.

3.4.1.7 Λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος (V_f)

$$V_f = \frac{2\Pi}{(h1 - h3) + (h2 - h3)}$$

Οι συμβολισμοί είναι: Π = το πλάτος της κοιλάδας, $h1$ & $h2$ = τα υψόμετρα του αριστερού και δεξιού υδροκρίτη και $h3$ = το υψόμετρο της κοίτης Εικόνα 12. Ο δείκτης V_f λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος, διαχωρίζει τα μεγάλα σε πλάτος φαράγγια στα οποία παίρνει υψηλές τιμές από τις κοιλάδες σχήματος V στις οποίες παίρνει χαμηλές τιμές, στη δεύτερη περίπτωση παρατηρείται και ανύψωση της περιοχής, δηλαδή έντονη διάβρωση λόγω δράσης ενεργού τεκτονικής.

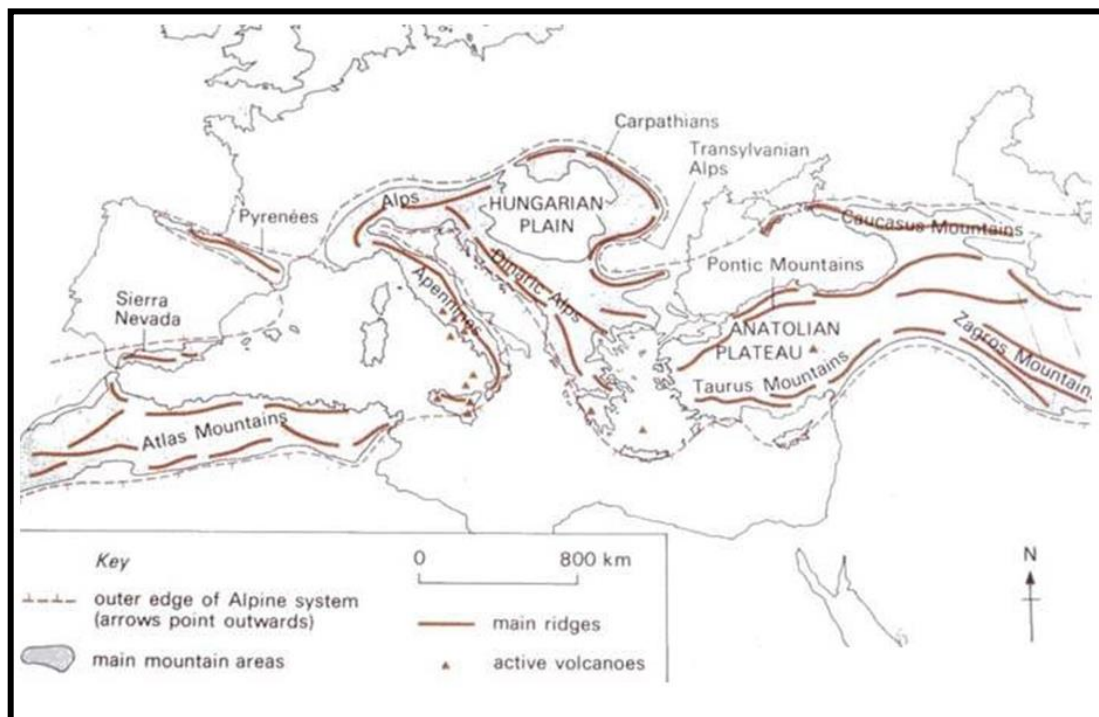


Εικόνα 12 Διάγραμμα στο οποίο φαίνονται οι παράγοντες υπολογισμού του λόγου πλάτους κοιλάδας προς ύψος (V_f), μέσω του προγράμματος Corel Draw.

4.1. Γενική γεωλογική ιστορία της περιοχής

Η Αλπική ορογένεση σύμφωνα με τον Μουντράκης, (2010) έλαβε χώρα κατά το Τριαδικό – Τριτογενές. Η ορογένεση αυτή προκάλεσε τον σχηματισμό πολλών οροσειρών οι οποίες ονομάστηκαν Αλπικό σύστημα Αλύσεων ορέων Εικόνα 13. Το σύστημα αυτό στον Ευρωπαϊκό χώρο χωρίζεται σε δύο κλάδους:

- 1) Αλπιδικό κλάδο (Βόρειες Άλπεις Ελβετίδες, Πεννίδες, Καρπάθια, Βαλκάν και Ποντιακή αλυσό Μικράς Ασίας)
- 2) Διναρικό κλάδο (Μέρος Απεννίνων, νότιες Άλπεις, Διναρικές Άλπεις, Ταυρίδες οροσειρές και όρη Zagros).

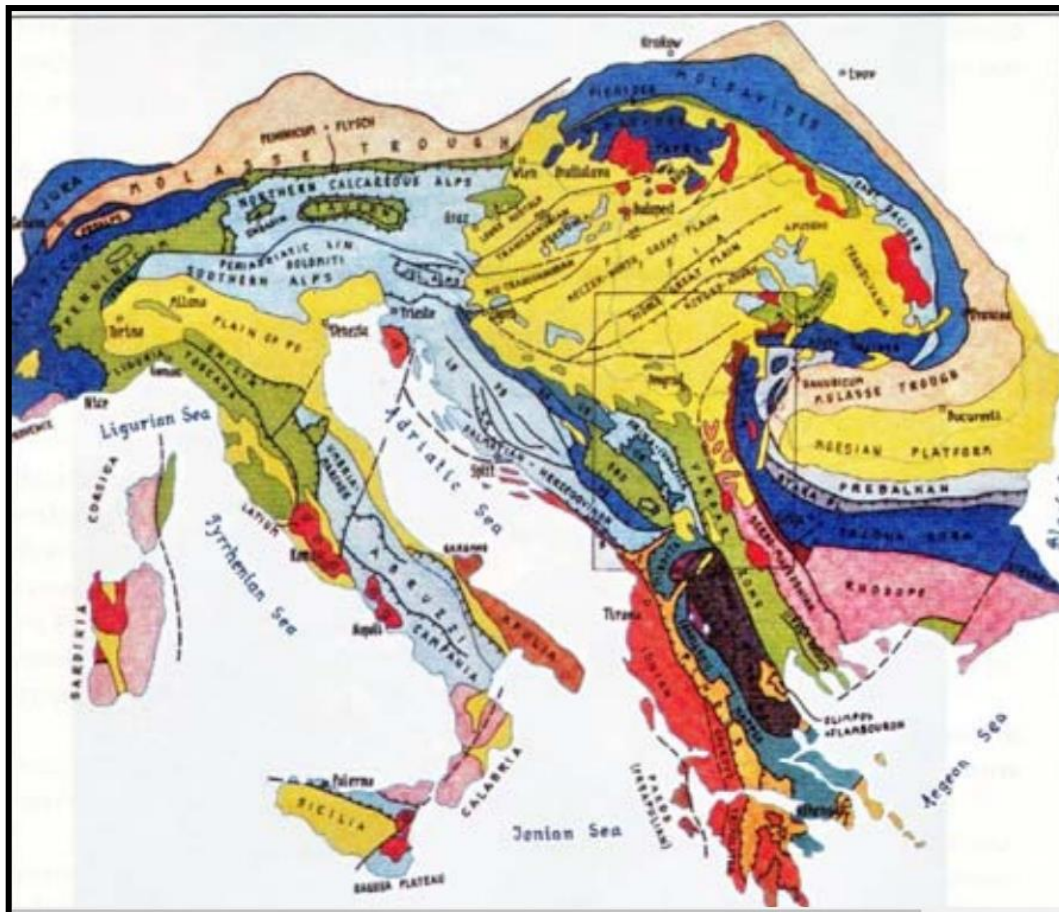


Εικόνα 13 Το Αλπικό ορογενετικό σύστημα της Τηθύος στον περι Μεσογειακό χώρο. Απεικονίζονται οι κυριότεροι κλάδοι. (από Μουντράκης, 2010).

Μεταξύ αυτών των δύο κλάδων, μεσολαβεί η Μάζα της Ροδόπης η οποία θεωρείται τμήμα του ορογενετικού συστήματος της Τηθύος και αποτελεί μεταμορφικό πυρήνα πετρωμάτων ηλικίας Παλαιοζωικού.

Οι Ελληνίδες οροσειρές με διεύθυνση ανάπτυξης ΒΒΔ – ΝΝΑ μαζί με τις Διναρίδες οροσειρές της Αλβανίας και των χωρών Σλοβενίας, Κροατίας, ΠΓΔΜ, Βοσνία –

Ερζεγοβίνης, Σερβίας και Μαυροβουνίου ανήκουν στις Διναρικές Άλπεις Εικόνα 14. Ο ελληνικός χώρος την περίοδο της Αλπικής ορογένεσης καλύπτονταν από τη θάλασσα της Τηθύος.



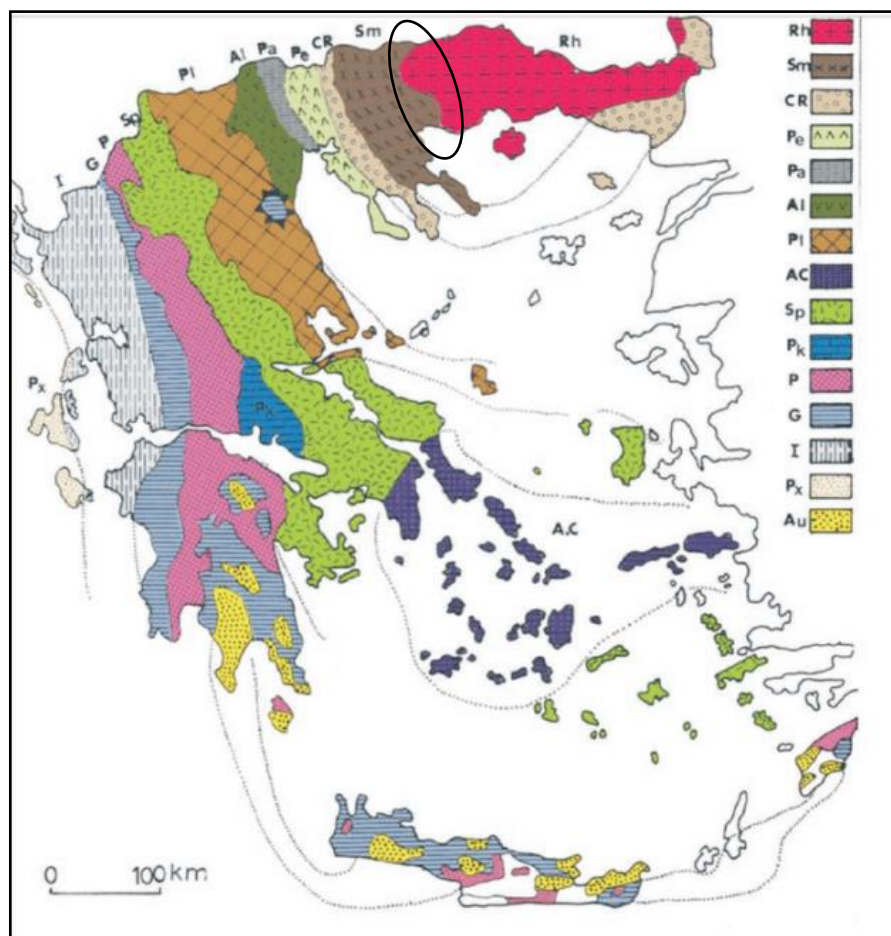
Εικόνα 14 Γεωτεκτονικό σχήμα ανάλυσης του Αλπικού συστήματος στη Νότια Ευρώπη. (από Μουντράκη 2010).

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο σημείο επαφής των γεωτεκτονικών μαζών της Σερβομακεδονικής Μάζας στα δυτικά της και της Μάζας της Ροδόπης στα ανατολικά της Εικόνα 15. Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010), η Μάζα της Ροδόπης θεωρείται κρυσταλλική μάζα πετρωμάτων ηλικίας Παλαιοζωικού, η οποία θαλάσσευσε μερικώς κατά το Μεσοζωικό ενώ μεγάλο μέρος αυτής παρέμεινε χέρσος. Η Σερβομακεδονική Μάζα αποτελείται και αυτή από κρυσταλλοσχιστώδη Παλαιοζωικά πετρώματα, θαλάσσευσε ως ρηχή θάλασσα κατά το Μεσοζωικό (Μέσο Τριαδικό – Κάτω Ιουρασικό).

Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010), υπάρχουν δύο διαφορετικές θεωρίες σχετικά με την προέλευση αυτών των δύο γεωτεκτονικών ζωνών. Η πρώτη θεωρία υποστηρίζει ότι η Μάζα της Ροδόπης και η Σερβομακεδονική Μάζα είναι ηπειρωτικός φλοιός,

διότι και οι δύο αποτελούνται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, τμήμα της Ευρασιατικής πλάκας. Η δεύτερη θεωρία υποστηρίζει ότι η Μάζα της Ροδόπης και η Σερβομακεδονική Μάζα είναι ηπειρωτικός φλοιός της Κιμμερικής μικροπλάκας που αποσπάστηκε από την Γκοντβάνα κινήθηκε ΒΑ και συγκρούστηκε με την Ευρασιατική πλάκα όπου και ενώθηκε μαζί της.

Η Σερβομακεδονική Μάζα διαχωρίστηκε από τη Μάζα Ροδόπης, κατά το Τριτογενές (Μειόκαινο) λόγω δράσης έντονης εφελκυστικής τεκτονικής στην περιοχή, η οποία δημιούργησε μεταξύ τους τη Νεογενή λεκάνη του Στρυμόνα.



Εικόνα 15 Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών κατά Mountrakis et al. (1983).

4.2 Σχηματισμοί του υποβάθρου

4.2.1 Σερβομακεδονική Μάζα

Η Σερβομακεδονική Μάζα χωρίζεται σε δύο κύριες ενότητες, την κατώτερη και παλαιότερη ηλικιακά ενότητα Κερδυλλίων και την ανώτερη και νεότερη ενότητα Βερτίσκου.

4.2.1.1 Ενότητα Κερδυλλίων

Η Ενότητα Κερδυλλίων εμπεριέχει την Ανατολική Χαλκιδική (την περιοχή μεταξύ των εκβολών του ποταμού Στρυμόνα και του οικισμού Στρατωνίου). Το συνολικό πάχος των πετρωμάτων της είναι 3 km και αποτελούν τους βαθύτερους ορίζοντες κρυσταλλικών πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής Μάζας και πιθανότατα τους βαθύτερους ορίζοντες σε ολόκληρη την Ελλάδα.

Η κατώτερη Ενότητα Κερδυλλίων σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010) αποτελείται από: μιγματιτικούς βιοτιτικούς γνεύσιους, γρανατούχους διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, αμφιβολίτες, αμφιβολιτωμένους εκλογίτες και μάρμαρα. Από τους ανώτερους ορίζοντες προς τους κατώτερους η διάταξη των πετρωμάτων είναι:

- Ορίζοντας Ανώτερου Μαρμάρου, πάχους 30 – 300 m, με παρεμβολές βιοτιτικών γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, επιδοιτικών – ακτινολιθικών σχιστολίθων και αμφιβολιτών.
- Ορίζοντας Βιοτιτικών Γνευσίων, πάχους 700 – 1000 m, με παρεμβολές βιοτιτικών γνευσίων, αμφιβολιτών και λεπτών ενστρώσεων μαρμάρων.
- Ορίζοντας Ενδιάμεσου Μαρμάρου, πάχους 10 – 200 m, με παρεμβολές αμφιβολιτών και γνευσίων.
- Ορίζοντας Βιοτιτικών Γνευσίων, πάχους 1 km, με παρεμβολές αμφιβολιτών.
- Ορίζοντας Κατώτερου Μαρμάρου, πάχους έως 150 m.
- Ορίζοντας Βιοτιτικών Γνευσίων πάχους 700 m αποτελούμενος από μιγματιτικούς γνεύσιους και ορθοαμφιβολίτες.

4.2.1.2 Ενότητα Βερτίσκου

Η Ενότητα Βερτίσκου καταλαμβάνει τον κορμό της Χαλκιδικής και εκτείνεται μέχρι τα σύνορα της Ελλάδας με τη Βουλγαρία και την ΠΓΔΜ. Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010) αποτελείται από: μιγματιτικούς, οφθαλμοειδείς ορθογνεύσιους,

μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και λεπτά στρώματα μαρμάρων, στους ανώτερους ορίζοντες συμμετέχουν μεταγάββροι – μεταδιαβάσες και ορθοαμφιβολίτες προερχόμενα από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών πετρωμάτων, ως ενδιαστρώσεις και ως φακοειδή σώματα μέσα στους γνευσίους. Παρεμβάλλονται με τεκτονικές επαφές μέσα στα άλλα πετρώματα και σερπεντινικά σώματα.

Η ηλικία σχηματισμού των κρυσταλλοσχιτωδών πετρωμάτων της Σερβομακεδονικής Μάζας θεωρείται ως η πιο παλιά στην Ελληνική επικράτεια. Οι (F Kockel et al. (1971) έδειξαν ότι η ηλικία των κρυσταλλοσχιτωδών πετρωμάτων είναι Παλαιοζωική και η πρώτη τους μεταμόρφωση που έλαβε χώρα κατά το Παλαιοζωικό ήταν προ Ερκύνια (275 – 337 Ma BP). Νεότερες μελέτες όπως των Himmerkus et al., (2009) υποστηρίζουν ότι η ηλικία σχηματισμού των κρυσταλλοσχιτωδών πετρωμάτων είναι Προκάμβρια (555 – 587 Ma BP) και η ηλικία διείδυσης των γρανιτών – ορθογνευσίων, Σιλούριο (428 – 433 Ma BP).

4.2.1.3 Μεταμόρφωση της Σερβομακεδονικής Μάζας

Η πρώτη μεταμόρφωση της Σερβομακεδονικής Μάζας είναι εκλογιτικής φάσης και επηρέασε βασικά πυριγενή πετρώματα σε συνθήκες HP (13 – 14 kbars) και HT (700 – 1000 °C). Η ηλικία μεταμόρφωσης θεωρείται Παλαιοζωική (προ Ερκύνια). Οι εκλογίτες που σχηματίστηκαν επηρεάστηκαν από μεταγενέστερη αμφίδρομη αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωσης, η οποία ήταν η κύρια μεταμόρφωση στην Σερβομακεδονική Μάζα, σε συνθήκες MP (3,5 – 8,5 kbars) και MT (650 – 750°C), μετατράπηκαν σε αμφιβολιτωμένους εκλογίτες. Η ηλικία της αμφιβολιτικής φάσης μεταμόρφωσης άρχισε στο Άνω Παλαιοζωικό και διήρκησε μέχρι και το Ιουρασικό. Η αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωσης προκάλεσε παραμόρφωση στα πετρώματα και ανάπτυξη της κύριας σχιστότητας τους καθώς και μερική ανάτηξη τους με αποτέλεσμα να σχηματιστούν μιγματίτες. Η τρίτη ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική φάση μεταμόρφωσης της Σερβομακεδονικής Μάζας έλαβε χώρα κατά Κάτω Κρητιδικό – Τριτογενές.

Στη Σερβομακεδονική Μάζα παρατηρούνται εμφανίσεις πυριγενών πετρωμάτων, τα οποία διείδυσαν στο μεταμορφωμένο κρυσταλλοσχιτωδες υπόβαθρο της, συναντώνται τόσο στην Ενότητα Κερδυλλίων, όσο και στην Ενότητα Βερτίσκου. Μία πρώτη φάση βασικού – υπερβασικού μαγματισμού έλαβε χώρα κατά το Παλαιοζωικό σχηματίζοντας μεταβασικά πετρώματα όπως ορθο-αμφιβολίτες, μετα-γάββρους,

μετα-διαβάσεις, τα οποία περιείχαν υπολείμματα εκλογιτών. Ακολούθησε δεύτερη φάση μαγματισμού γρανιτικής σύστασης κατά το Άνω Παλαιοζωικό, λόγω Ερκύνιας ορογένεσης. Ο μαγματισμός σχημάτισε πλαγιокλαστικούς – μικροκλινικούς γνεύσιους, όπως στο όρος Βερτίσκος. Η τρίτη μαγματική φάση γρανιτικής σύστασης έλαβε χώρα κατά το Μεσοζωικό (212 – 135 Ma BP) και σχημάτισε μεγάλες μάζες γρανιτών. Μία τέταρτη όξινη φάση μαγματισμού έλαβε χώρα κατά το Τριτογενές (Ηώκαινο – Ολιγόκαινο) δημιουργώντας μεγάλους όγκους γρανιτών και χαλαζιακών διοριτών όπως του Στρυμόνα. Στο βόρειο τμήμα της Σερβομακεδονικής Μάζας εντοπίστηκαν ρυόλιθοι και ανδεσίτες κοντά στα χωριά Ποντοκερασιά και Στρυμονικό, σχετιζόμενοι με ηφαιστειότητα της τελευταία μαγματικής φάσης του Τριτογενούς ηλικίας 28 – 23 Ma BP.

4.2.1.4 Γεωτεκτονική τοποθέτηση Σερβομακεδονικής Μάζας

Η Σερβομακεδονική Μάζα έχει υποστεί πολλαπλές τεκτονικές διεργασίες, οι οποίες διαμόρφωσαν την σημερινή της μορφή. Η πρώτη κύρια συμπιεστική τεκτονική που υπέστη έλαβε χώρα πριν από το Άνω Παλαιοζωικό (πριν από το Πέρμιο) λόγω Ερκύνιας ορογένεσης (300 Ma BP) η οποία πτύχωσε και μεταμόρφωσε τα πετρώματα της. Ακολούθησε δεύτερη συμπιεστική τεκτονική λόγω Αλπικής ορογένεσης κατά το Ιουρασικό, ισόχρονη με την αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωσης και την Μεσοζωική φάση μαγματισμού. Η δεύτερη συμπιεστική τεκτονική πτύχωσε τα πετρώματα της για δεύτερη φορά προκαλώντας την κύρια σχιστότητά τους. Ακολούθησαν οι Τριτογενείς φάσεις πτυχώσεων λόγω συμπιεστικής τεκτονικής, οι οποίες προκλήθηκαν από την τελική ηπειρωτική σύγκρουση μεταξύ της Απουλίας πλάκας με την Ευρασιατική. Δημιουργήθηκαν λεπιώσεις των πετρωμάτων, μεγάλες επωθήσεις και αναστροφή των στρωμάτων της Σερβομακεδονικής Μάζας στο δυτικό της περιθώριο.

Στη συνέχεια έλαβε χώρα εφελκυστική τεκτονική κατά το Άνω Κρητιδικό – Παλαιόκαινο σε πλαστικές συνθήκες (ductile), ενώ κατά το Ηώκαινο – Κάτω Μειόκαινο σε ημι-πλαστικές συνθήκες (semi-ductile). Η εφελκυστική τεκτονική του Άνω Κρητιδικού – Κάτω Μειοκαίνου συνεχίστηκε και στο Μέσο Μειόκαινο έως το Πλειόκαινο σε συνθήκες τελείως θραυστικές (brittle) προκαλώντας κανονικά ρήγματα μεσαίων και μεγάλων κλίσεων που δημιούργησαν ταφρογενείς ιζηματογενείς λεκάνες όπως αυτή των Σερρών.

4.2.2 Μάζα Ροδόπης

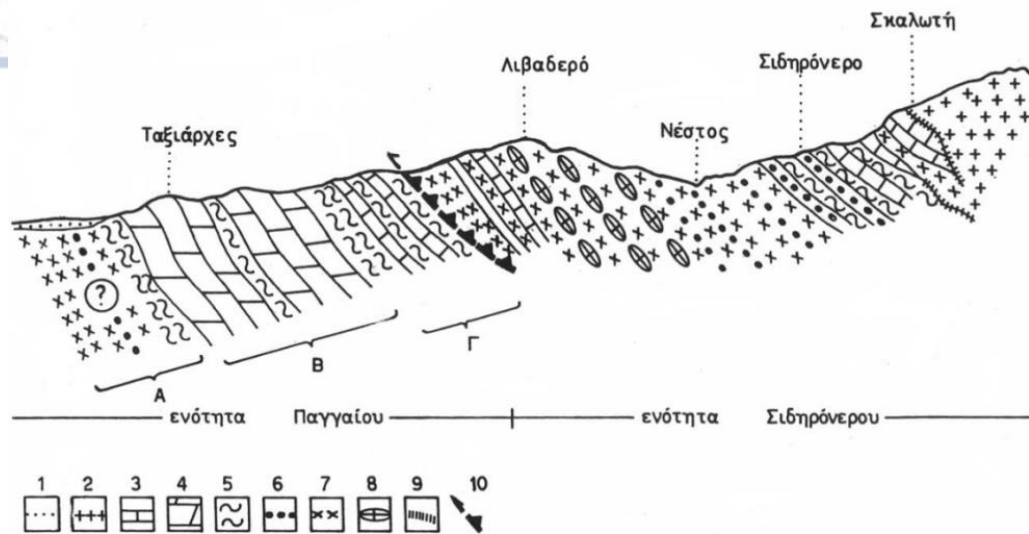
Η Μάζα Ροδόπης περικλείει τον ορεινό όγκο της Ροδόπης ο οποίος εκτείνεται στη Θράκη, στη Νότια Βουλγαρία και στην Ανατολική Μακεδονία με δυτικό όριό της τη γραμμή του ποταμού Στρυμόνα στην Νεογενή λεκάνη των Σερρών καθώς και την νήσο Θάσο. Η Μάζα Ροδόπης αποτελείται από μεταμορφωμένα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα πάχους 20 km και ηλικίας σύμφωνα με τον Osswald (1938) Προκάμβριου έως Κάτω Παλαιοζωικού. Νεότερες έρευνες των Himmerkus F. et al. (2012) και Meinhold G. et al. (2010) δίνουν ηλικία της Μάζας Ροδόπης Παλαιοζωική (Λιθανθρακοφόρο – Κάτω Πέρμιο). Στον Ελληνικό χώρο η Μάζα Ροδόπης αποτελείται από δύο γεωτεκτονικές ενότητες, την ανώτερη ενότητα Σιδηρονερίου στα βόρεια κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων και την κατώτερη ενότητα Παγγαίου Εικόνα 16 που καταλαμβάνει την δυτική και νοτιοδυτική Ροδόπη σύμφωνα με τους Papanikolaou, A., & Panagopoulos, (1981).

4.2.2.1 Ενότητα Σιδηρονερίου

Η Ενότητα Σιδηρονερίου αποτελείται από ορθογενείς, μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, αμφιβολίτες, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιγματιτών, παραγνεύσιους, μεταπηλίτες και εκλογίτες. Τα πετρώματά της είναι παλαιότερης ηλικίας από ότι της Ενότητας Παγγαίου. Στον Ελληνικό χώρο καταλαμβάνει το βόρειο μέρος των νομών Δράμας και Ξάνθης.

4.2.2.2 Ενότητα Παγγαίου

Η Ενότητα Παγγαίου αποτελείται από έναν κατώτερο ορίζοντα ορθογενεσίων, σχιστολίθων και αμφιβολιτών, έναν μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων μεγάλου πάχους και έναν ανώτερο ορίζοντα εναλλαγών σχιστολίθων και μαρμάρων. Η ενότητα αυτή έχει χρονολογηθεί ως νεότερη της ενότητας Σιδηρονερίου.



Εικόνα 16 Σχηματική γεωλογική τομή περιοχής Σιδηρονερίου Δράμας όπου απεικονίζονται η λιθοστρωματογραφική διαδοχή και η τεκτονική θέση των ενότητων Σιδηρόνερου και Παγγαίου. 1: προσχώσεις, 2: γρανίτης, 3: ενστρώσεις μαρμάρων, 4: οριζόντας μαρμάρου μεγάλου πάχους, 5: μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, 6: αμφιβολίτες, 7: γνεύσιοι, 8: οφθαλμογνεύσιοι, 9: φαινόμενα διείσδυσης του γρανίτη, 10: πιθανή επώθηση. Α, Β, Γ: οι τρεις οριζόντες της ενότητας Παγγαίου, κατώτερος, μεσαίος, ανώτερος. ?: πιθανή συνέχιση κάτω από τις προσχώσεις του κατώτερου οριζοντα Α (Mountrakis 1985).

Οι Mposkos 1998, Mposkos & Krohe 2000, Krohe & Mposkos 2002, διαίρεσαν την Ενότητα Σιδηρονερίου σε 4 υποενότητες, από τα δυτικά προς τα ανατολικά:

1. Ενότητα Σιδηρονερίου, αποτελείται από μιγματίτες, ορθογνεύσιους, παραγνεύσιους, αμφιβολίτες, μεταπηλίτες και εκλογίτες. Καταλαμβάνει τις βόρειες περιοχές των Νομών Δράμας και Ξάνθης.
2. Ενότητα Καρδάμου, αποτελείται από γνεύσιους, μεταπηλίτες, παραγνεύσιους, μεταβασίτες και ενστρώσεις μαρμάρων. Καταλαμβάνει την βόρεια περιοχή του Νομού Κομοτηνής.
3. Ενότητα Κεχρίου, αποτελείται από ορθογνεύσιους, μεταπηλίτες, μιγματίτες, εκλογίτες, αμφιβολίτες και υπερβασικά πετρώματα τεκτονικά τοποθετημένα μέσα στην ενότητα. Καταλαμβάνει την ανατολική Ροδόπη μέχρι τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα.
4. Ενότητα Κίμης, αποτελείται από μεταϊζήματα και μεταπυριγενή πετρώματα πολύ υψηλής μεταμόρφωσης έως 25 kbars, αμφιβολιτωμένους εκλογίτες, γρανιτικούς ορθογνεύσιους και υπερβασικά πετρώματα μανδυακής προέλευσης (περιδοτίτες, πυροξενίτες). Καταλαμβάνει το ανατολικό άκρο της Ροδόπης στην περιοχή Έβρου και Ορεστιάδας.

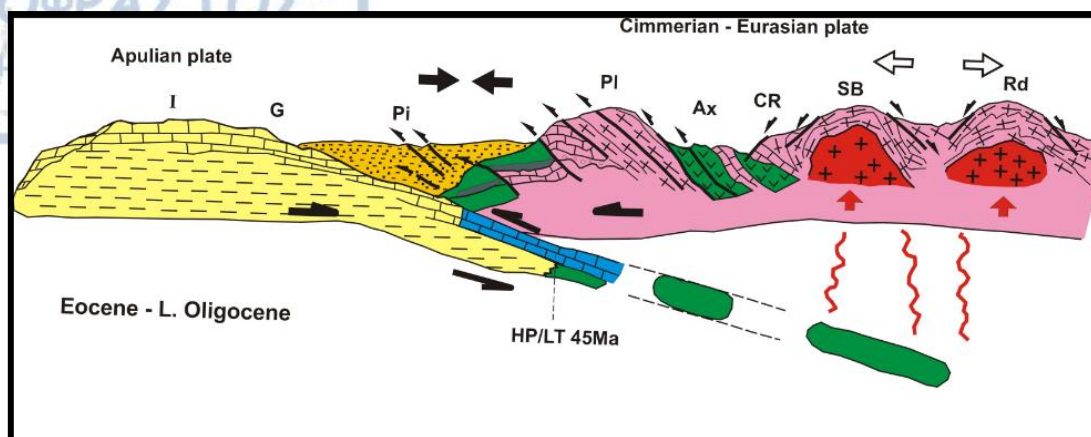
Στη Μάζα Ροδόπης παρατηρούνται μεγάλοι πυριγενείς όγκοι οι οποίοι διαπερνούν τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα και προκαλούν φαινόμενα άλως θερμικής μεταμόρφωσης επαφής (skarn), χαρακτηριστικός είναι ο γρανίτης της Ξάνθης. Τα πυριγενή πλουτωνικά πετρώματα είναι γρανίτες, γρανοδιορίτες, μονζονίτες, τοναλίτες και διορίτες, ηλικίας Τριτογενούς (Ηώκαινο – Ολιγόκαινο – Μειόκαινο 50 – 14 Ma BP). Σημαντικοί πλουτωνικοί όγκοι θεωρούνται του Παγγαίου, του Συμβόλου Καβάλας, της Βροντούς, του Παρανεστίου, της Ξάνθης και της Ελατιάς. Σημαντικά είναι και τα ηφαιστειακά πετρώματα στην Μάζα Ροδόπης ηλικίας Ολιγοκαίνου (35 – 25 Ma BP), με σύσταση από βασαλτική έως ρυολιθική, εμφανίζονται στις περιοχές Φερρών – Σάππες του Έβρου και βόρεια των πόλεων Ξάνθης και Κομοτηνής στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Τα ηφαιστειακά πετρώματα ανήκουν σε ασβεσταλκαλική ηφαιστειότητα που έλαβε χώρα κατά τα Τριτογενές.

4.2.2.3 Μεταμόρφωση Μάζας Ροδόπης

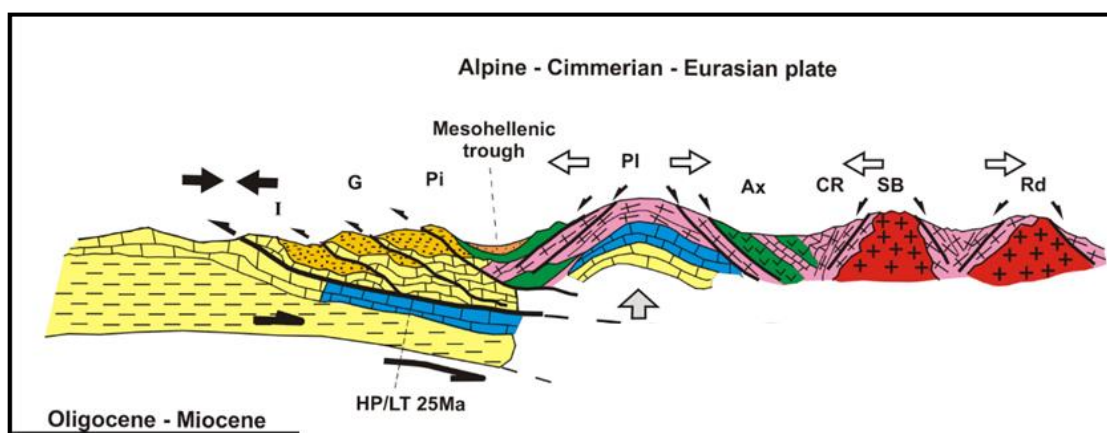
Η πρώτη φάση αμφιβολιτικής μεταμόρφωσης της Μάζας της Ροδόπης έλαβε χώρα κατά το Παλαιοζωικό. Η δεύτερη φάση εκλογιτικής μεταμόρφωσης έλαβε χώρα κατά το Κρητιδικό (119 Ma BP), σε συνθήκες P (15 – 25 kbars) και T (700 – 750 °C), στην διάρκεια της Αλπικής ορογένεσης (Mposkos 1989, 2002, Liatì & Seidel 1996). Κατά το Τριτογενές (Ηώκαινο) έλαβε χώρα αμφιβολιτικής φάσης ανάδρομη μεταμόρφωση, η οποία είναι η κυρίαρχη που παρατηρείται στην Μάζα της Ροδόπης και μαζί με τη σχιστότητα που προκάλεσε κάλυψε τις προηγούμενες μεταμορφώσεις και σήμερα βρίσκονται μόνο υπολείμματα τους. Κατά το Ολιγόκαινο έλαβε χώρα τέταρτη ανάδρομη μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης η οποία οφείλεται στα τελευταία στάδια της Αλπικής ορογένεσης.

4.2.2.4 Τοποθέτηση Μάζας Ροδόπης

Η Μάζα Ροδόπης αποτελεί σύμπλεγμα τεκτονικών καλυμμάτων που προέκυψαν λόγω συμπιεστικής τεκτονικής, κατά το Κρητιδικό – Τριτογενές ως αποτέλεσμα της σύγκρουσης της Απουλίας με την Ευρασιατική πλάκα. Κατά το Νεογενές ακολούθησε εφελκυστική τεκτονική και κατάρρευση των τεκτονικών καλυμμάτων της Μάζας Ροδόπης διαμέσου ρηγμάτων μεγάλης γωνίας κλίσης (detachment) με αποτέλεσμα να αποκαλυφθούν οι βαθύτεροι μεταμορφικοί πυρήνες της (Kiliás & Mountrakis 1990, 1991, Dinter & Royden 1993, Brun & Sokoutis 2007) Εικόνα 17 και Εικόνα 18.



Εικόνα 17 Ο εφελκυσμός που υπέστησαν οι Μάζες Ροδόπη και Σερβομακεδονική κατά το Ηώκαινο – Κάτω Ολιγόκαινο (Μουντράκης 2010).



Εικόνα 18 Ο εφελκυσμός που υπέστησαν οι Μάζες Ροδόπη και Σερβομακεδονική κατά το Ολιγόκαινο–Μειόκαινο (Μουντράκης 2010).

Η διαδικασία εκταφής των τεκτονικών καλυμμάτων έγινε διαδοχικά κατά το Τριτογενές, στα 65, 42 – 36 και 23 – 12 Ma BP. Πρώτη εκτάφηκε η Ενότητα Κίμης κατά το Παλαιόκαινο (65 Ma BP), αποτελούμενη από τα βαθύτερα μεταμορφωμένα πετρώματα της Μάζας Ροδόπης, εκλογιτικής φάσης μεταμόρφωσης που έλαβε χώρα κατά το Κρητιδικό. Ακολούθησε δεύτερη η Ενότητα Σιδηρονερίου, Καρδάμου και Κέχρου που εκτάφηκε κατά το Ηώκαινο – Ολιγόκαινο (42 – 36 Ma BP), υπέστη αμφιβολιτική φάση μεταμόρφωσης και είναι τεκτονικά τοποθετημένη κάτω από την ενότητα Κίμης. Τρίτη η Ενότητα Παγγαίου εκτάφηκε κατά το Ανώτερο Ολιγόκαινο – Κάτω Μειόκαινο (23 – 12 Ma BP) και μεταμορφώθηκε σε πρασινοσχιστολιθική φάση μεταμόρφωσης, τοποθετείται τεκτονικά κάτω από την Ενότητα Σιδηρονερίου.

4.3 Ιζήματα της λεκάνης των Σερρών

Στο μεταμορφωμένο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης αποτίθενται οι ακόλουθοι σχηματισμοί, από τα κατώτερα προς τα ανώτερα:

- Νεογενείς αποθέσεις: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, ψαμμιτομαργαϊκή σειρά (εναλλαγές άμμων, ψαμμιτών, αργιλούχων μαργών και αργίλων) και σειρά ερυθρών αργίλων με φακοειδείς ενστρώσεις αδρο και μεσοκλαστικών υλικών.
- Τεταρτογενείς αποθέσεις: αλλούβια ιζήματα, παράκτιες αποθέσεις, λιμναία ιζήματα, κώνοι κορημάτων, αποσαθρωμένα ιζήματα, σύστημα αναβαθμίδων με κλαστικά υλικά και αλλουβιακά ριπίδια προσχώσεων.

Στις παρυφές του Μενοικίου όρους, στα πρηνή του, αποτέθηκαν τα Νεογενή ιζήματα της λεκάνης των Σερρών. Τα Νεογενή ιζήματα αποτελούνται στα κατώτερα στρώματα από λιμναία αργιλομαργαϊκά ιζήματα και στα ανώτερα στρώματα από χερσο λιμναία κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και τραβερτίνες (Καρυστιναίος 1984). Τα Νεογενή ιζήματα μαζί με το μεταμορφωμένο υπόβαθρο του Μενοίκιου όρους, τέμνονται από κανονικά ρήγματα παράταξης ANA – ΔΒΔ. Τα άνω τεμάχη των ρηγμάτων αυτών μετατοπίζονται κατακόρυφα και περιστροφικά, με αποτέλεσμα τα ιζήματα των τεμαχών να αποκτούν κλίση προς τα όρια της λεκάνης των Σερρών. Τα πολλαπλά κανονικά ρήγματα δημιουργούν κλιμακωτό ανάγλυφο στη περιοχή του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών. Έτσι νέες κοιλάδες σχηματίστηκαν από τα ρήγματα αυτά, λόγω έντονης τεκτονικής δραστηριοποίησης και ανυψωτικών κινήσεων κατά το Τεταρτογενές. Οι κοιλάδες και το υδρογραφικό δίκτυο υπέστησαν διεργασίες ανανέωσης λόγω αυτής της τεκτονικής δράσης του Τεταρτογενούς, με αποτέλεσμα να συνυπάρχουν παλιές ώριμες μορφολογικές δομές με νέες ανώριμες μορφολογικές δομές στη λεκάνη των Σερρών.

Σύμφωνα με τους Ψιλοβίκος Α., κ.σ. (2001) στα ΝΔ πρηνή του Όρους Μενοίκιου και συγκεκριμένα στο ΒΑ τμήμα της λεκάνης των Σερρών σχηματίστηκαν αλλουβιακά ριπίδια από διάβρωση του υποβάθρου και των Νεογενών ιζημάτων και απόθεση κλαστικών υλικών. Αποτέθηκαν κατά το Τεταρτογενές από χείμαρρους σε ένα σχετικά ήπιο ανάγλυφο το οποίο προέκυψε από τη δράση κλιμακωτών ρηγμάτων παράταξης ΔΒΔ – ΑΝΑ. Η περιστροφική κίνηση των τεμαχών οδήγησε στο σχηματισμό κοιλάδων και την πλήρωσή τους με υλικά διάβρωσης, στην αλλαγή της

πορείας των χειμάρρων, σε εγκιβωτισμούς χειμάρρων στα Νεογενή ιζήματα και σε σχηματισμό αναβαθμίδων.

Σύμφωνα με τους (Ψιλοβίκος Α., κ. σ. (2001) παρατηρούνται τέσσερεις ζώνες ριπιδίων παράταξης ΑΝΑ – ΔΒΔ, περίπου παράλληλες στα κλιμακωτά κανονικά ρήγματα που τις προκάλεσαν, με μήκος 13 – 17 km και πλάτος 1 – 2 km. Η απόθεση των τεσσάρων ζωνών ριπιδίων έλαβε χώρα κατά μήκος του όρους Μενοίκιου, αρχικά στις παρυφές του και αργότερα με την εξέλιξη της ταπείνωσης της λεκάνης των Σερρών προς το εσωτερικό της όπου αποτέθηκαν οι νεότερες ζώνες ριπιδίων. Στο υπόβαθρο του όρους Μενοίκιου και των αποθέσεων του Νεογενούς έδρασαν κανονικά λιστρικά ρήγματα (*listric faults*) παράλληλα μεταξύ τους με παράταξη ΔΒΔ – ΑΝΑ. Τα άνω τεμάχια των λιστρικών ρηγμάτων ολίσθησαν και τα ιζήματα τους έκλιναν προς τα περιθώρια της λεκάνης, δηλαδή προς το Μενοίκιο όρος. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η βύθιση των εσωτερικών τμημάτων των ιζημάτων και η ανύψωση των εξωτερικών τμημάτων τους. Παράλληλα στα ρήγματα αυτά αναπτύχθηκαν βυθίσματα τα οποία πληρώθηκαν υπό μορφή ριπιδίων με νεότερα ιζήματα. Οι νεοσχηματισθείσες λεκάνες πληρώθηκαν με αποθέσεις κατά το Τεταρτογενές λόγω δράσεως των χειμάρρων που δραστηριοποιήθηκαν εκ νέου λόγω διαδοχικής ρηγμάτωσης. Οι χείμαρροι έρεαν εγκάρσια στα ρήγματα, στα άνω τεμάχια που βυθιζόταν απέθεταν υπό μορφή αλλουβιακών ριπιδίων, τα κλαστικά υλικά φερόμενα από τα ανάντη. Τα πρηνή των ρηγμάτων, με την πάροδο του χρόνου διαβρώνονταν, εξομαλύνονταν θρυμματίζονταν σε κροκάλες και σχημάτιζαν τα Τεταρτογενή ιζήματα, τα οποία πληρούσαν τις στενές κοιλάδες που σχηματίζονταν στα κατάντη. Οι τεκτονικές αναβαθμίδες με τις ζώνες ριπιδίων τους σχημάτισαν το κλιμακωτό ανάγλυφο που συναντάμε στη ΒΑ περιοχή της λεκάνης των Σερρών σήμερα.

4.3.1 Πλειστόκαινο

Στη λεκάνη των Σερρών από το Πλειστόκαινο μέχρι το Ολόκαινο (1,8 εκ. – σήμερα) επικρατεί ποταμολιμναίο περιβάλλον απόθεσης. Τα ιζήματα Πλειστοκαίνου – Ολοκαίνου καλύπτουν ασύμφωνα τα παλαιότερα Νεογενή ιζήματα και τις τεκτονικές τάφρους που προέκυψαν από την δράση κανονικών ρηγμάτων Zagorchev (2002). Κατά το Πλειστόκαινο αποτέθηκαν αδιαχώριστα, συνεκτικά λατυπο-κροκαλοπαγή, καθώς ποτάμια και χερσαία ιζήματα τα οποία διακρίνονται σε: ανώτερο, μέσο και κατώτερο σύστημα.

4.3.2 Πλειόκαινο

Κατά το Άνω Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο (3,6 – 0.0117 Ma BP) άλλαξαν οι συνθήκες απόθεσης στη λεκάνη των Σερρών, με αποτέλεσμα να μετατραπεί η ιζηματογένεση από ρηγής θάλασσας σε χερσαία με ποτάμιες και δελταϊκές αποθέσεις. Κανονικά ρήγματα και δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης έλαβαν χώρα κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές στη λεκάνη (Zagorchev et al., 2002). Οι σημαντικότερες Νεοτεκτονικές κινήσεις έλαβαν χώρα κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο (3,6 – 2,5 Ma BP) (Zagorchev et al., 2002). Κατά το Πλειόκαινο (5,3 – 1,8 Ma BP) στη λεκάνη των Σερρών υπήρξε έντονη κλιματική αλλαγή από τροπικό σε υποτροπικό κλίμα και από ημίξηρο σε ξηρό καταλήγοντας σε ήπιο (εύκρατο) κλίμα. Η διάβρωση των τεκτονικών κεράτων, που σχηματίστηκαν κατά το Ανώτερο Μειόκαινο (Άνω Πόντιο 5,5 – 5,3 Ma BP) και ολόκληρο το Πλειόκαινο, οδήγησαν στην απόθεση μεγάλου πάχους αλλουβιακών ριπιδίων και προσχωσιγενών ριπιδίων στους πρόποδες των ορεινών όγκων σε ημίξηρο περιβάλλον. Κατά το Κάτω Πλειόκαινο (5,3 – 3,6 Ma BP) έλαβε χώρα επίκλυση της θάλασσας μικρής διάρκειας στη λεκάνη των Σερρών Psilovikos A., et al. (1983), Karistineos (1984) και επικράτησε ιζηματογένεση ρηγής θάλασσας, ενώ στην σημερινή παράκτια περιοχή του κόλπου Ορφανίου αποτέθηκαν ιζήματα βαθιάς θάλασσας όπως εβαπορίτες.

4.3.3 Μειόκαινο

4.3.3.1 Άνω Μειόκαινο

Κατά το Άνω Μειόκαινο (Άνω Βαλλέζιο 9,7–8,8 Ma BP) αναπτύχθηκε ποτάμιο, λιμναίο και δελταϊκό σύστημα στα κατώτερα τμήματα της τεκτονικής τάφρου των Σερρών. Οργανικά υλικά αποτέθηκαν μέσα σε λεπτές κλαστικές και πλούσιες σε ουράνιο αποθέσεις δημιουργώντας ουρανοφόρους λιγνίτες στην περιοχή Περδικάρι ΒΔ της λεκάνης των Σερρών Psilovikos A., et al. (1983), Karistineos (1984).

Ακολουθεί παχιά ακολουθία < 10 m από αδιαχώριστες μη ενοποιημένες άμμους και αργίλους οι οποίες βρεθήκαν κυρίως στην περιοχή του Λευκώνα. Ακολουθούν ως υπερκείμενα παχιά ακολουθία ιζημάτων από λεπτή άμμο, μάργες και ιλύς. Συμπεραίνεται ότι κατά την φάση των χοντρών κλαστών στα περιθώρια της λεκάνης, ένα λιμναίο περιβάλλον είχε ήδη αναπτυχθεί στα κεντρικά τμήματα της λεκάνης των Σερρών. Οι έντονες συνθήκες διάβρωσης που απαιτήθηκαν για την απόθεση των κροκαλοπαγών στις περιφερειακές περιοχές της λεκάνης, υποδεικνύουν την ύπαρξη ενός βροχερού κλίματος στην περιοχή την περίοδο αυτή. Συνεπώς το αρχικό άνοιγμα της λεκάνης άρχισε την ίδια περίοδο (Karistineos and Ioakim, 1989).

Ένα σύνολο τυπικής πανίδας «τύπου Πικερμίου» αποκαλύφθηκε σε ερυθροστρώματα που βρέθηκαν σε διάφορες τοποθεσίες μέσα στη λεκάνη των Σερρών. Η πανίδα στρωματογραφικά τοποθετείται ακριβώς επάνω από τα λιγνιτικά στρώματα και θεωρείται δείκτης κλίματος στέπας με μειωμένη βροχόπτωση. Ως υπερκείμενο στρώμα της συνάθροισης των θηλαστικών στα ερυθροστρώματα, ακολουθεί μαζώδες μονόμικτο γρανιτικό λατυποπαγές με γωνιώδες λατύπες που μερικές φορές έχουν αφανιτική υφή και γραμμές ολίσθησης που υποδηλώνουν την τεκτονική του προέλευση. Η απόθεση τέτοιου λατυποπαγούς απαιτεί σημαντικές ποσότητες νερού. Συμπεραίνεται ότι η κλιματική αλλαγή συνδυάστηκε με ένα έντονο και σημαντικό τεκτονικό γεγονός, το οποίο έλαβε χώρα στη λεκάνη των Σερρών κατά το τέλος Μειοκαίνου. Από το τέλος Μειοκαίνου και έπειτα η θαλάσσια επίκλυση που ακολούθησε κατά το Πλειόκαινο εξαφάνισε το λιμναίο περιβάλλον μαζί με την μικρο- και μακρο- πανίδα του στη λεκάνη των Σερρών (Karistineos and Ioakim, 1989).

Η πανίδα θηλαστικών ηλικίας Άνω Μειοκαίνου (Άνω Βαλλέζιο – Μέσο Τουρόλιο 9,7 – 7 Ma BP) υποδηλώνει την έναρξη και την λήξη των ηπειρωτικών αποθέσεων στην λεκάνη των Σερρών και στην περιοχή του κόλπου Ορφανίου (De Bruijn, 1989). Κατά το Άνω Μειόκαινο (Ανώτερο Τορτόνιο – Κατώτερο Μεσσήνιο 8 – 7 Ma BP) παρατηρείται έναρξη ιζηματογένεσης ρηχής θάλασσας στη λεκάνη που επικράτησε μέχρι το τέλος του Ανώτερου Μειοκαίνου (Μεσσήνιο 5,3 Ma BP), στη λεκάνη των Σερρών (Snel E., Mărunțeanu M. and, 2006).

Σύμφωνα με τους (van Hinsbergen et al., 2005) στη λεκάνη των Σερρών αποτέθηκαν ιζήματα ποταμολιμναία κροκαλοπαγή, λεπτόκοκκα, ως υπερκείμενα ακολουθούν

εναλλαγές κλαστικών και ανθρακικών ιζημάτων τα οποία αποτέθηκαν σε λιμναίο περιβάλλον, υφάλμυρων νερών ή ρηχής θάλασσας. Κατά το Άνω Μειόκαινο (Μεσσήνιο) έπειτα από επίκλυση της θάλασσας στη λεκάνη ακολούθησε απόθεση θαλάσσιων αργίλων με φακούς από γύψο, τις οποίες ακολούθησαν ως υπερκείμενα χερσαία ιζήματα.

4.3.3.2 Μέσο Μειόκαινο:

Κατά το Μέσο Μειόκαινο (Καρπάθιο – Σαρμάτιο 17 – 11,5 Ma BP) έλαβε χώρα έναρξη του Νεοτεκτονικού σταδίου στη λεκάνη των Σερρών. Την περίοδο αυτή τεκτονικά κέρατα ανυψώθηκαν εκ νέου, εκτέθηκαν στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, διαβρώθηκαν, αποσαθρώθηκαν και τροφοδότησαν με νέα υλικά την ιζηματογένεση της λεκάνης. Κατά τον πρώτο κύκλο ιζηματογένεσης επικρατούσε ένα κύριο ποτάμι που έρρεε κατά μήκος περίπου της σημερινής θέσης του ποταμού Στρυμόνα μέσα σε μία πεδιάδα και στην οποία υπήρχαν τοπικές μικρές λίμνες. Οι λίμνες αυτές σχηματίστηκαν κατά το Μέσο Μειόκαινο (Σαρμάτιο 12,7 – 11,5 Ma BP) και ήταν η αιτία σχηματισμού λιγνιτών, άνθρακα και τοπικά διατομικών μαργών (Zagorchev et al., 2002).

Η απόθεση πολύμεικτου κροκαλοπαγούς κατά το τέλος του Μέσου Μειοκαίνου δηλώνει διεύρυνση του αρχικού ανοίγματος της λεκάνης των Σερρών. Οι κροκάλες του κροκαλοπαγούς βάσης αποτελούνται από αποσπασμένα τμήματα αμφιβολιτών, μαρμάρων και γρανιτών, υλικά του υποβάθρου της λεκάνη των Σερρών και ονομάζεται Σχηματισμός Κροκαλοπαγούς Βάσης (*Subsidence Conglomerates*). Το πάχος του ποικίλει σε κάθε τοποθεσία κατά μήκος ολόκληρης της λεκάνης των Σερρών και κυμαίνεται από 50 m μέχρι 400 m πάχος (Karistineos and Ioakim, 1989).

5 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

Για την λεπτομερή μελέτη της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα λογισμικά: GIS ARC MAP 10.1, GLOBAL MAPPER 15, COREL DRAW X6 12, GOOGLE EARTH PRO και STRATER 3. Χρησιμοποιήθηκε πλήθος γεωτρήσεων ως δεδομένα πληροφόρησης των ιζημάτων που αποτέθηκαν στη λεκάνη των Σερρών μέχρι ένα ορισμένο βάθος. Κατά την υπαίθρια έρευνα της περιοχής συλλέχτηκε ορισμένος αριθμός φωτογραφιών που βοήθησαν στην διεξαγωγή συμπερασμάτων.

5.1 Περιγραφή της βάσης GIS

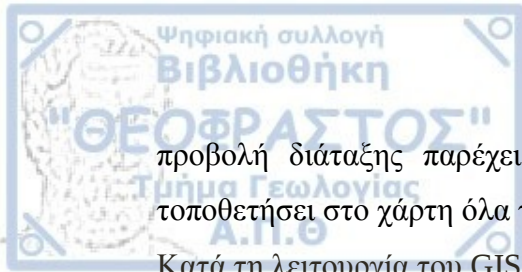
- GIS ARC MAP 10.1

Τα GIS (Geographical Information Systems) είναι συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών που δίνουν πληροφορίες και δυνατότητα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (https://el.wikipedia.org/wiki/Σύστημα_Γεωγραφικών_Πληροφοριών) το GIS ενσωματώνει, αποθηκεύει, προσαρμόζει, αναλύει και παρουσιάζει γεωγραφικά συσχετισμένες πληροφορίες. Τα GIS αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα είτε σε γεωγραφικό, είτε σε χαρτογραφικό, είτε σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Τα GIS παρέχουν δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο το οποίο μελετούν. Το Arc GIS 10.1 είναι εφαρμογή πλατφόρμας που επιτρέπει στους χρήστες να διαχειριστούν πολύπλοκες εργασίες με σκοπό την δημιουργία δεδομένων, χαρτών και ειδικών δισδιάστατων και τρισδιάστατων μοντέλων.

Το Arc GIS 10.1 αποτελείται από τρία λογισμικά: Arc View, Arc Editor και Arc Info. Όλα μαζί αποτελούν λογισμικό πρόγραμμα που περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη φόρμα εφαρμογών Arc Map, Arc Catalog και Arc Toolbox.

Η σημαντικότερη εφαρμογή του Arc GIS είναι το Arc Map, που χρησιμοποιείται στην χαρτογράφηση, στην καταγραφή, στην επεξεργασία και στην ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Ο χάρτης είναι το τελικό αποτέλεσμα **Error! Reference source not found.**

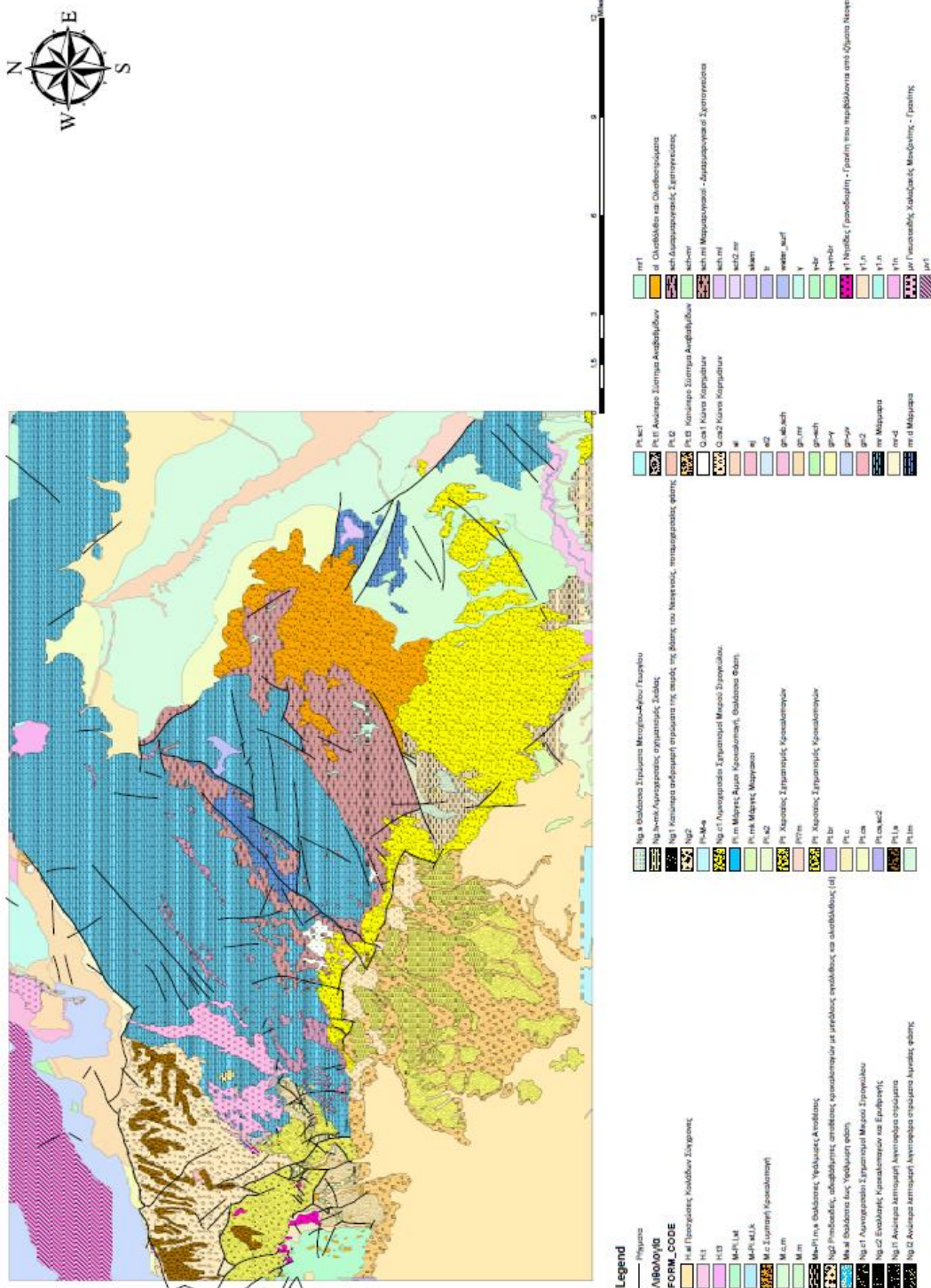
Υπάρχουν δύο κύριες ομάδες απεικόνισης ενός χάρτη στο Arc Map, το πλαίσιο των δεδομένων (data frame) και το πλαίσιο της προβολής διατάξεως (layout view). Η



προβολή διάταξης παρέχει μια σελίδα όπου ο χρήστης μπορεί να δει και να τοποθετήσει στο χάρτη όλα τα στοιχεία του.

Κατά τη λειτουργία του GIS λαμβάνουν χώρα οι εξής διαδικασίες:

1. Συλλογή δεδομένων,
2. Κωδικοποίηση και εισαγωγή δεδομένων
3. Αποθήκευση και διαχείριση δεδομένων
4. Ανάκτηση δεδομένων
5. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων
6. Απεικόνιση δεδομένων



Εικόνα 19 Ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης που προέκυψε με βάση την χρήση του GIS ARC MAP 10.1



5.2 Περιγραφή της βάσης GLOBAL MAPPER 15

- GLOBAL MAPPER 15

Το GLOBAL MAPPER v 15 είναι εφαρμογή που προσφέρει πρόσβαση σε χωρικά δεδομένα. Είναι σημαντικό εργαλείο για όσους δουλεύουν με χάρτες ή χωρικά δεδομένα (<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php>).

Το GLOBAL MAPPER v 15 αναπαριστά το έδαφος μίας περιοχής, κατασκευάζει πλέγμα και δημιουργεί το έδαφος με τις ανάλογες ισοϋψείς, καθώς επίσης επεξεργάζεται τρισδιάστατα δεδομένα. Οι λειτουργίες του είναι προβολή, αποθήκευση και μοντελοποίηση του χώρου που μελετάται όπως π.χ. οι λεκάνες απορροής, τα πρηνή, τα αντερείσματα κ.ά.

5.3 Περιγραφή της βάσης COREL DRAW X6 12

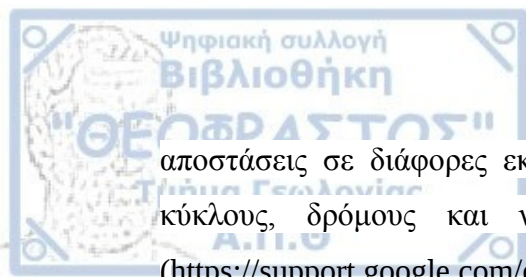
- COREL DRAW X6 12

Το Corel Draw X6 12 είναι πακέτο λογισμικού γραφικής σχεδίασης το οποίο χρησιμοποιεί συνδυασμό εργαλείων και εφέ. Το πρόγραμμα περιέχει και βοηθητικά προγράμματα, όπως τα Corel PHOTO-PAINT, Corel SCAN και Corel DREAM 3-D. Το Corel DRAW X6 12 βασίζεται στα διανύσματα, δημιουργεί και χειρίζεται τις εικόνες σαν μαθηματικά διανύσματα (vectors). Τα αρχεία του Corel DRAW X6 12 αποθηκεύουν πληροφορίες για τη θέση, τη διεύθυνση, το μέγεθος και το χρώμα των διανυσμάτων. Το πρόγραμμα αλλάζει εύκολα το μέγεθος των εικόνων επιτρέποντας στις καμπύλες των διανυσματικών εικόνων να διατηρούν την ομαλότητά τους και τη συνέχειά τους όταν αυτές μεγεθύνονται. Το Corel DRAW X6 12 ως πρόγραμμα μετατρέπει τις εικόνες του σε bitmap μορφή.

5.4 Περιγραφή της βάσης GOOGLE EARTH PRO

- GOOGLE EARTH PRO

Το Google Earth Pro είναι λογισμικό ψηφιακό πρόγραμμα που απεικονίζει τρισδιάστατες εικόνες του πλανήτη μας. Χρησιμοποιεί δορυφορικές εικόνες, πληροφοριακό σύστημα αεροφωτογραφιών με σκοπό να δημιουργήσει τρισδιάστατη εικονική της υδρογείου. Ο χρήστης στο Google Earth Pro μπορεί να εξερευνήσει το μεγαλύτερο μέρος της Γης μαζί με τους ωκεανούς, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να βλέπει τρισδιάστατες εικόνες των δρόμων μέσω του προγράμματος Street View (http://google_earth.el.downloadastro.com/). Ο χρήστης μπορεί να μετρήσει



αποστάσεις σε διάφορες εκτάσεις στον χάρτη της γης, να σχηματίζει πολύγωνα, κύκλους, δρόμους και να ορίσει διαδρομές που θέλει να ακολουθήσει. (<https://support.google.com/earth/answer/189188?hl=el>). Το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο αρχικής χαρτογράφησης μίας περιοχής από τους γεωεπιστήμονες καθώς και για την δημιουργία τοπογραφικών χαρτών από τους τοπογράφους.

5.5 Περιγραφή της βάσης STRATER 5

- STRATER 5

Το πρόγραμμα Strater 5 της Golden Software δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να επεξεργαστούν δεδομένα όπως γεωτρήσεις, χάρτες και τομές. Το Strater 5 είναι κατάλληλο στο σχεδιασμό και τη διάταξη γεωτρήσεων. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στο χρήστη εύκολα και γρήγορα να απεικονίσει δεδομένα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και να δημιουργήσει ολοκληρωμένες επαγγελματικές εκθέσεις. (<http://www.goldensoftware.com/products/strater>)

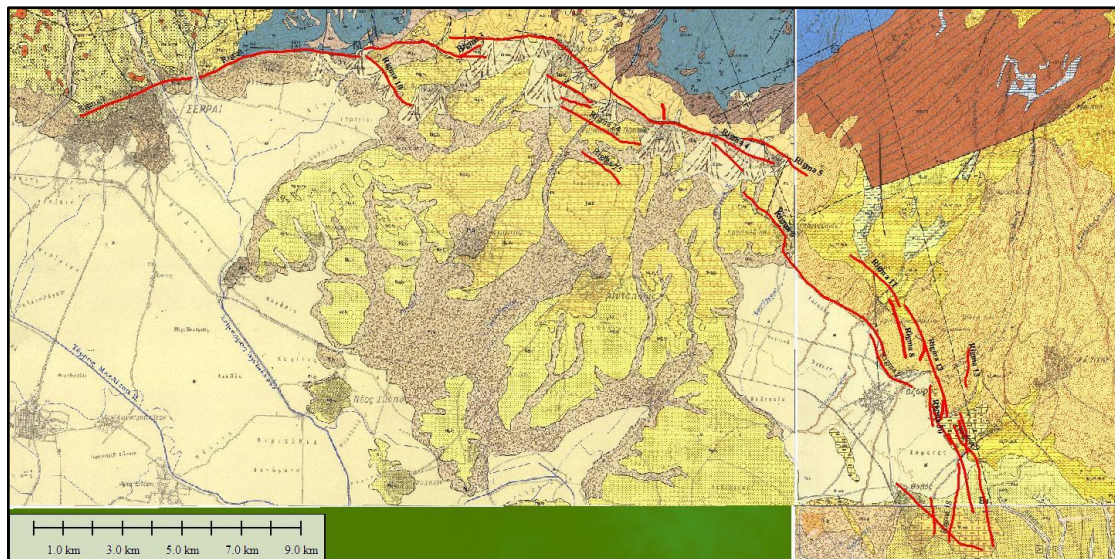
Το Strater 5 είναι πρόγραμμα καλής καταγραφής γεωτρήσεων και διατομών διαμέσου της χρήσης ενός πακέτου λογισμικού ειδικό για γεωλόγους. Το Strater 5 έχει την ικανότητα να απεικονίζει το υπέδαφος και να προσαρμόζει στρωματογραφικά στρώματα. Το Strater 5 είναι σχεδιασμένο ειδικά για γεωλόγους και μηχανικούς και βοηθάει στην διεξαγωγή γεωτεχνικών, γεωφυσικών και περιβαλλοντικών μελετών, στην τρισδιάστατη απεικόνιση ορυχείων και σε ότι αφορά δεδομένα σε ιλύ και αέριο. Το Strater 5 παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής σε ημερολόγιο των δεδομένων γεωτρήσεων.

6 ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Νεοτεκτονική είναι, σύμφωνα με τους Παυλίδη & Μουντράκη (1986), η μελέτη των νέων τεκτονικών δομών και γεγονότων, τα οποία έχουν συμβεί ή συνεχίζουν να συμβαίνουν σε μία συγκεκριμένη περιοχή, μετά τις τελευταίες ορογενετικές διαδικασίες που έλαβαν χώρα στην περιοχή αυτή. Ως νεοτεκτονική περίοδος ορίζεται η περίοδος από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα. Το Νεογενές αρχίζει στα 25 εκ. έτη πριν και τελειώνει 1,8 εκ. έτη πριν, περιλαμβάνει το Μειόκαινο και το Πλειόκαινο, ενώ 1,8 εκ. έτη πριν και μέχρι σήμερα διαρκεί το Τεταρτογενές το οποίο χωρίζεται σε Πλειστόκαινο και Ολόκαινο.

6.1 Γεωτεκτονικό περιβάλλον και η εξέλιξη του

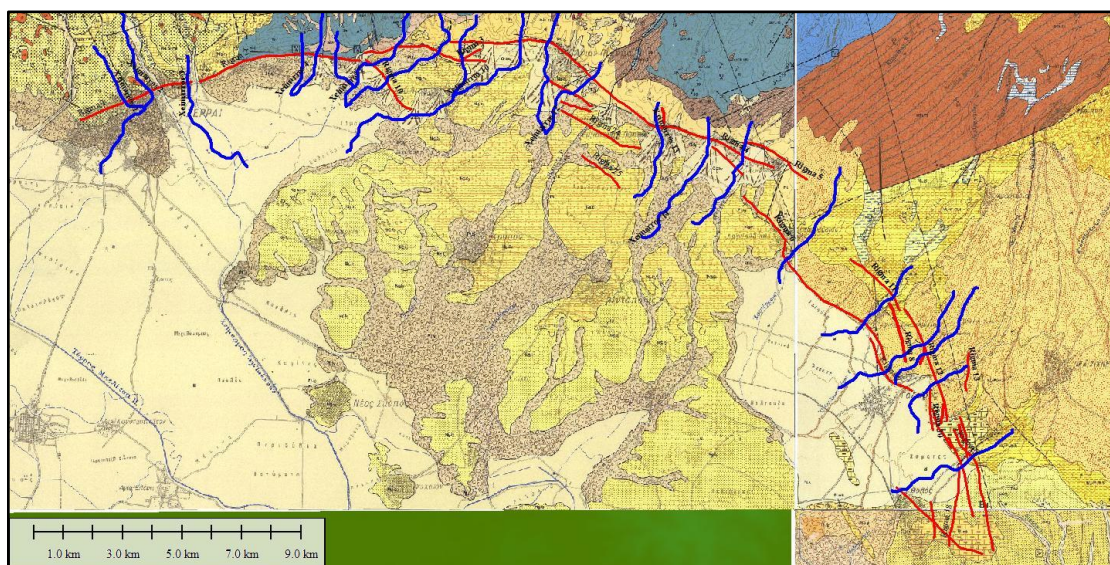
Το αρχικό άνοιγμα της τεκτονικής τάφρου των Σερρών έλαβε χώρα κατά το όριο του Κάτω – Μέσου Μειοκαίνου. Την περίοδο αυτή λαμβάνει χώρα η έναρξη του Νεοτεκτονικού σταδίου στο Ελληνικό χώρο. Σύμφωνα με τους Pavlides et al. (1988), Mercier et al. (1989) και (Tranos, 1998) η νεοτεκτονική παραμόρφωση των Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων, που αποτέθηκαν στις ιζηματογενείς λεκάνες της Βόρειας Ελλάδας, υπέστησαν κατά το Άνω Μειόκαινο εφελκυσμό διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ, ενώ κατά το Κάτω Πλειόκαινο άλλαξε η διεύθυνση εφελκυσμού σε Β – Ν. Ρήγματα παράταξης Α – Δ θεωρούνται σήμερα ως τα πιο ενεργά σεισμικά. Η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών έχει παράταξη Α – Δ έως ΒΔ – ΝΑ Εικόνα 20.



Εικόνα 20 Οι παρατάξεις του συνόλου των ρηξιγενών πρηνών του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών όπως προέκυψαν από δημοσιευμένα δεδομένα, εργασίας πεδίου και ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, προβαλλόμενα στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής. (Γεωλογικοί χάρτες του ΗΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες - φύλλο Προσοτσάνη - φύλλο Ροδολίβος)) μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.

6.1.1 Μεγάλες δομές της περιοχής

Οι μεγάλες δομές που παρατηρούνται στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών είναι ρηξιγενή πρηνή ενδιάμεσης γωνίας κλίσεως, τα οποία σε ορισμένα σημεία φέρνουν σε επαφή είτε το μεταμορφωμένο Παλαιοζωικό υπόβαθρο με Νεογενή ή και Τεταρτογενή ιζήματα, είτε τα Νεογενή ιζήματα σε επαφή με τα Τεταρτογενή. Τα νεότερα ρηξιγενή πρηνή βρίσκονται προς το εσωτερικό της λεκάνης. Στην περιοχή μελέτης παρατηρείται απότομη αλλαγή στην διεύθυνση ροής των χειμάρρων, λόγω δράσης των ρηξιγενών πρανών που τα τέμνουν Εικόνα 21.



Εικόνα 21 Το σύνολο των χειμάρρων και των διευθύνσεων ροής τους, καθώς και του συνόλου των ρηξιγενών πρανών της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών όπως προέκυψαν από ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, προβαλλόμενα στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες (ΙΓΜΕ 1982) - φύλλο Προσοτσάνη (ΙΓΜΕ 1988) - φύλλο Ροδολίβος (ΙΓΜΕ 1982))).

6.2 Ποσοτικά μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά των ρηγμάτων.

6.2.1 Ποσοτική Ανάλυση των Τεκτονικών Πρανών

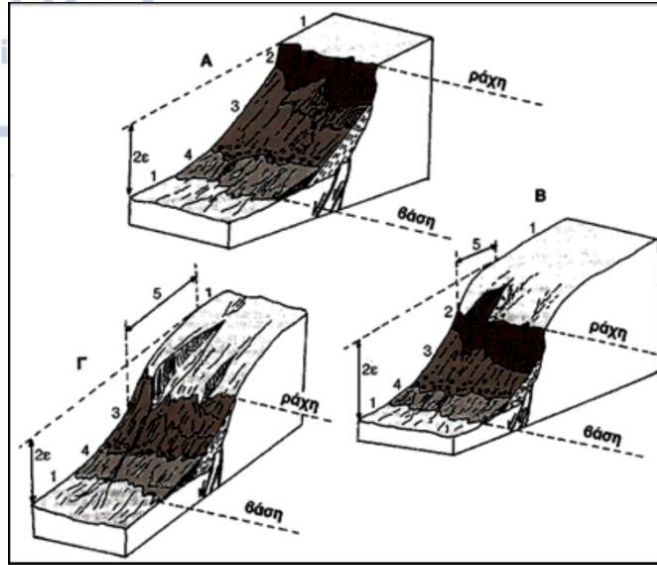
6.2.1.1 Μορφολογία των πρανών των ρηγμάτων στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών.

Σύμφωνα με Χατζηπέτρος, Α. (1998) στην προσπάθεια τους οι γεωλόγοι να αναγνωρίσουν πρόσφατα και άρα ενεργά ρήγματα, παρατηρούν στην ύπαιθρο την κλίση των ρηξιγενών πρανών τα οποία έχουν προκληθεί από κάποια διάρρηξη. Η κλίση των πρανών είναι πολύ χρήσιμος γεωμορφολογικός δείκτης της ενεργού τεκτονικής. Ως εκ τούτου η όποια αλλαγή στη μορφολογία των ρηξιγενών πρανών, όπως η αλλαγή της γωνίας κλίσης τους και η απόθεση κολλουβιακών σφηνών με την πάροδο του χρόνου μπορούν να εκφραστούν ποσοτικά και να προσφέρουν πληροφορίες για την χρονολόγηση πρόσφατων τεκτονικών γεγονότων.

Ένα ρηξιγενές πρανές έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Αρχική Επιφάνεια, είναι η επιφάνεια του εδάφους που μετατοπίζεται κατά την δραστηριοποίηση του ρήγματος.
- Ελεύθερη επιφάνεια, είναι η αρχική επιφάνεια που σχηματίζεται με την δημιουργία του πρανούς κατά την διάρκεια ενός σεισμικού γεγονότος. Έχει μεγάλη κλίση $\sim 50^{\circ} - 80^{\circ}$ και εξομαλύνεται γρήγορα λόγω διάβρωσης και είδους πετρώματος. Εάν παρατηρηθεί ύπαρξη ελεύθερης επιφάνειας και μεγάλη κλίση στο πρανές, είναι ένδειξη μικρής ηλικίας του πρανούς.
- Κολλουβιακή σφήνα, δημιουργείται αμέσως μετά την ελεύθερη επιφάνεια από αδρόκοκκα υλικά της διάβρωσης και λόγω βαρύτητας, αφαιρούνται από την ελεύθερη επιφάνεια και το ανελθόν τέμαχος και αποτίθενται στη βάση του πρανούς ως πλευρικά κορήματα.
- Σφήνα απόπλυσης, αφού αποτεθεί η κολλουβιακή σφήνα ακολουθεί η απόθεση λεπτόκοκκων υλικών λόγω διάβρωσης και απόθεσης με αποτέλεσμα να σχηματίζεται έδαφος.

Το ψηλότερο σημείο όπου τελειώνει η αρχική επιφάνεια και αρχίζει η ελεύθερη επιφάνεια ή σε προχωρημένο στάδιο η κολλουβιακή σφήνα ονομάζεται ράχη του πρανούς και στο χαμηλότερο σημείο του πρανούς όπου τελειώνει η σφήνα απόπλυσης ονομάζεται βάση πρανούς Εικόνα 22.



(Χατζηπέτρος 1998)

Εικόνα 22 Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα ρηξιγενές πρυνή (τροποποιημένο από Χατζηπέτρο 1998)

Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους τα ρηξιγενή πρυνή διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

1. Απλά ρηξιγενή πρυνή. Τα πρυνή που προέκυψαν από ένα μόνο σεισμικό γεγονός και είναι τα καταλληλότερα για τη χρησιμοποίηση μεθόδων μορφολογικής χρονολόγησης.
2. Σύνθετα ρηξιγενή πρυνή. Τα πρυνή που σχηματίζονται από επαναλαμβανόμενες δραστηριοποιήσεις ρηγμάτων. Παρατηρείται αλλαγή στη γωνία κλίσης του ανελθόντος τεμάχους.
3. Πολλαπλά ρηξιγενή πρυνή. Τα πρυνή που βρίσκονται στα περιθώρια τεκτονικών βυθισμάτων, που πιθανόν να παρουσιάζουν κλιμακωτή διάταξη λόγω μετανάστευσης νεότερων κλάδων του ρήγματος προς το εσωτερικό της ταφρολεκάνης. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ότι τα πρυνή που βρίσκονται πιο χαμηλά και προς το εσωτερικό της λεκάνης έχουν μεγαλύτερη γωνία κλίσης από τα πρυνή που βρίσκονται πιο ψηλά και πιο απομακρυσμένα από το κέντρο της λεκάνης, τα οποία έχουν μικρότερες γωνίες κλίσης.

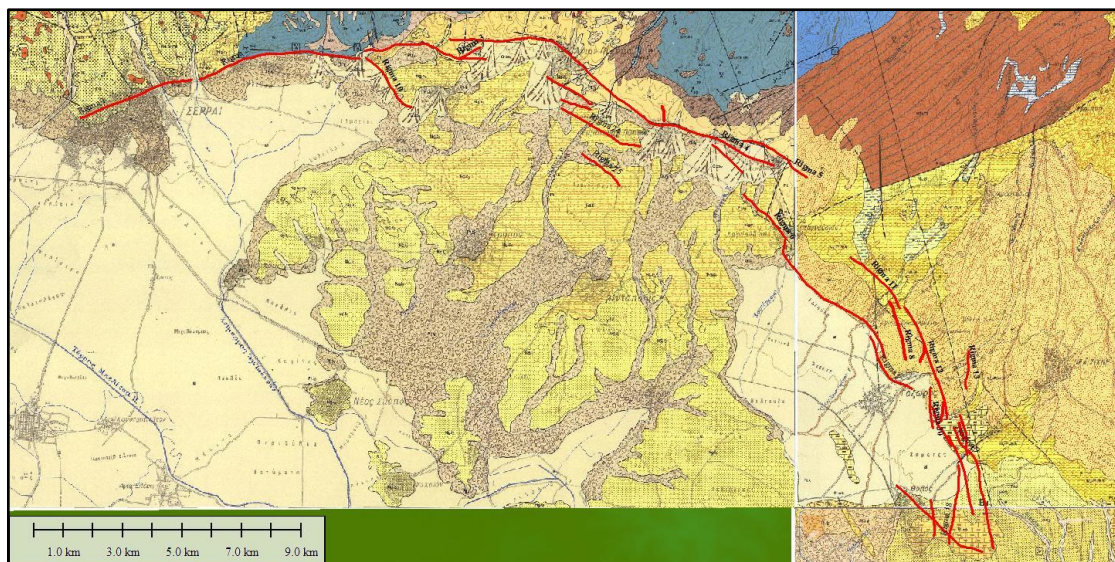
Ομοίως στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών εξετάστηκαν με υπαίθρια παρατήρηση και με μοντελοποίηση μέσω ειδικών προγραμμάτων που αναφέρθηκαν, η γωνία κλίσης του συνόλου των ρηξιγενών πρυνών τα οποία περιγράφονται παρακάτω.

Τα ρηξιγενή πρανή που προσδιορίστηκαν στη περιοχή μελέτης.

Παρακάτω ακολουθούν δύο εικόνες Εικόνα 23 και Εικόνα 24 οι οποίες προέκυψαν μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και εικονίζουν την τοποθέτηση των παρατάξεων του συνόλου των ρηξιγενών πρανών στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών σε μορφολογικό και σε γεωλογικό χάρτη.



Εικόνα 23 Οι παρατάξεις του συνόλου των ρηξιγενών πρανών (κόκκινο χρώμα) στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών, μεταξύ της πόλης των Σερρών και της κομόπολης Νέας Ζίχνης, μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.



Εικόνα 24 Οι παρατάξεις του συνόλου των ρηξιγενών πρανών (κόκκινο χρώμα) στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών και των γεωλογικών σχηματισμών που τέμνουν, όπως προέκυψαν από ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, προβαλλόμενα στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες (1980) - φύλλο Προσοτσάνη (1988) - φύλλο Ροδολίβος(1982))).



Εικόνα 25 Απεικόνιση του πρώτου ρηξιγενούς πρानούς μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Η παράταξη του 1^{ου} ρηξιγενούς πρानούς που διασχίζει την πόλη των Σερρών, είναι ABA – ΔΝΔ με διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΝΑ Εικόνα 25. Θεωρείται κανονικό ρήγμα συνολικού μήκους 3 km. Το ρηξιγενές πρानές διαχωρίζει σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Σέρρες και από υπαίθρια παρατήρηση, ιζήματα του Νεογενούς στο κάτω τέμαχος από ιζήματα του Πλειστοκαίνου στο άνω τέμαχος Εικόνα 26. Συγκεκριμένα φέρνει σε επαφή ανώτερα λιγνιτοφόρα στρώματα (βάσης του Νεογενούς) λιμναίας φάσης του κάτω τεμάχους με το κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων του άνω τεμάχους.



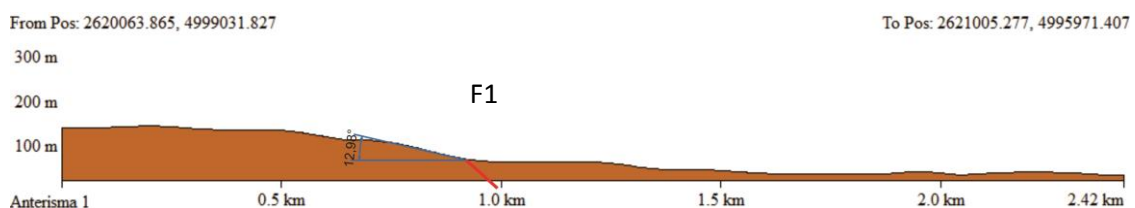
Εικόνα 26 Αποτύπωση του πρώτου ρηξιγενούς πρानούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνει, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15, προβαλλόμενο στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες).

Στην περιοχή κατασκευάστηκαν κατά μήκος αντερείσμάτων 2 τομές Εικόνα 27 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, που δείχνουν πως το ρηξιγενές πρηνές επηρεάζει το ανάγλυφο της περιοχής.

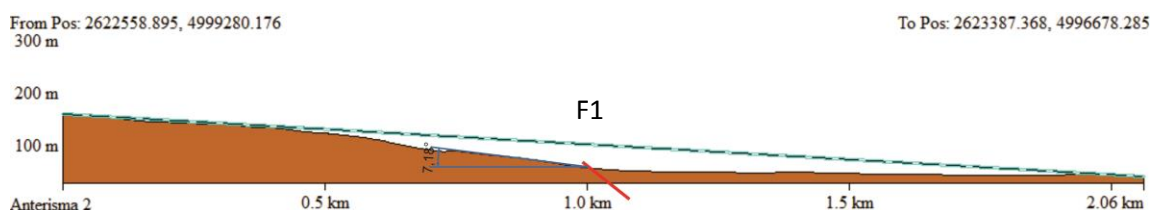


Εικόνα 27 Απεικόνιση των δύο τομών στο πρώτο ρηξιγενές πρηνές μέσω των προγραμμάτων Google Earth Pro και Global Mapper v 15.

Οι παρακάτω μετρήσεις γωνιών κλίσης των αντερείσμάτων προέκυψαν από το πρόγραμμα Global Mapper v 15 όπου έγινε εξαγωγή δισδιάστατων αρχείων εικόνων της μορφολογίας του κάθε αντερείσματος σε κλίμακα 1:1 και στη συνέχεια αυτές εισήχθησαν στο πρόγραμμα Corel Draw όπου με επιλογή ειδικού εργαλείου μετρήθηκαν οι γωνίες κλίσης των ρηξιγενών πρηνών λαμβάνοντας υπόψη το DEM της περιοχής.



Εικόνα 28 Η μορφολογία του πρώτου αντερείσματος στο πρώτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης του ρηξιγενούς πρηνούς είναι $12,9^\circ$.

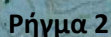


Εικόνα 29 Η μορφολογία του δεύτερου αντερείσματος στο πρώτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης του ρηξιγενούς πρηνούς είναι $7,1^\circ$.



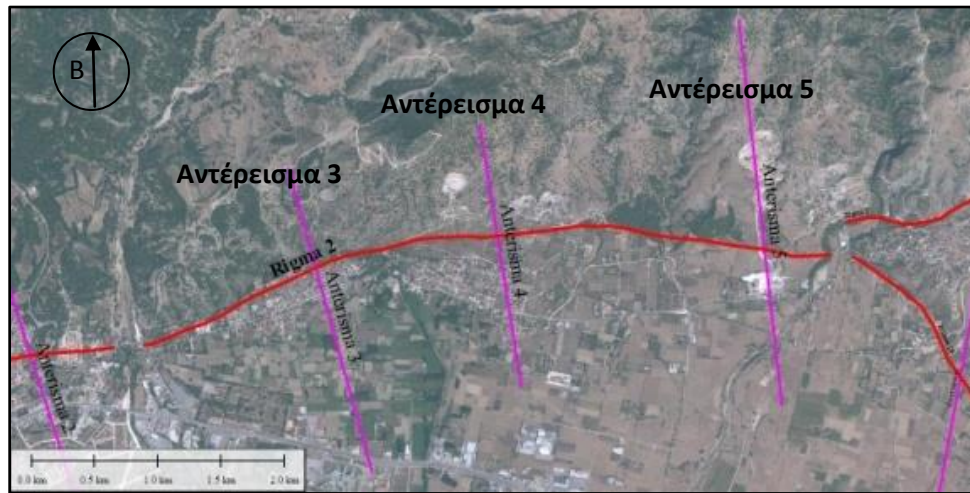
Εικόνα 30 Απεικόνιση του δεύτερου ρήγματος μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Το 2^ο ρηξιγενές πρανές διασχίζει τις κοινότητες Αγ. Ιωάννη και Επταμύλων και τελειώνει πριν την κοινότητα Οινουσσών. Η παράταξη του είναι Α – Δ και η διεύθυνση κλίσης του Ν. Θεωρείται κανονικό ρήγμα συνολικού μήκους 4,24 km Εικόνα 30. Το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή, σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Σέρρες και υπαίθρια παρατήρηση, το μεταμορφωμένο Παλαιοζωικό υπόβαθρο του κάτω τεμάχους με τα ιζήματα Πλειστοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 31. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή μάρμαρα με παρεμβολές από διμαρμαρυγιακούς σχιστογενεύσιους του κάτω τεμάχους με το κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων του άνω τεμάχους.

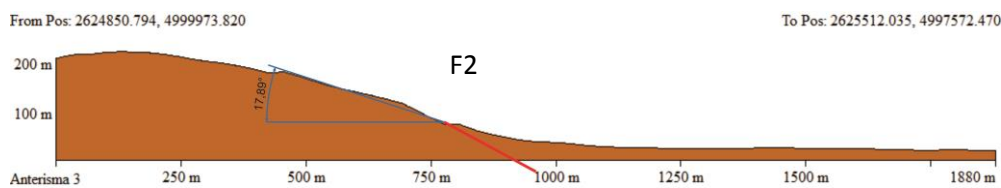


Εικόνα 31 Αποτύπωση του δεύτερου ρηξιγενούς πρανούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνει (ΓΓΜΕ φύλλο Σέρρες (1980)), μέσω του προγράμματος Global Mapper v15.

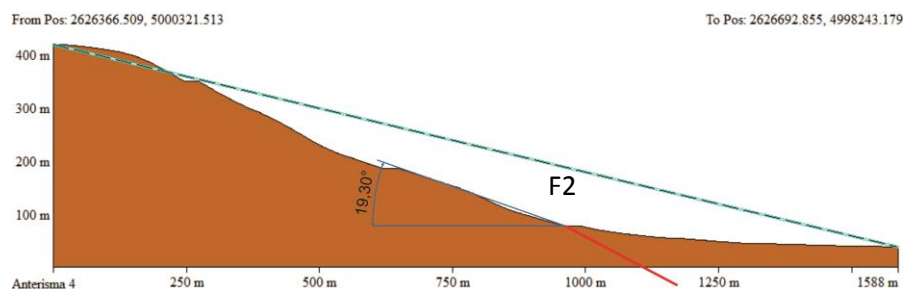
Κατά μήκος των αντερεισμάτων του ρηξιγενούς πρανούς κατασκευάστηκαν 3 τομές
Εικόνα 32 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 για να διαπιστωθεί πως
επηρεάζει την μορφολογία της περιοχής.



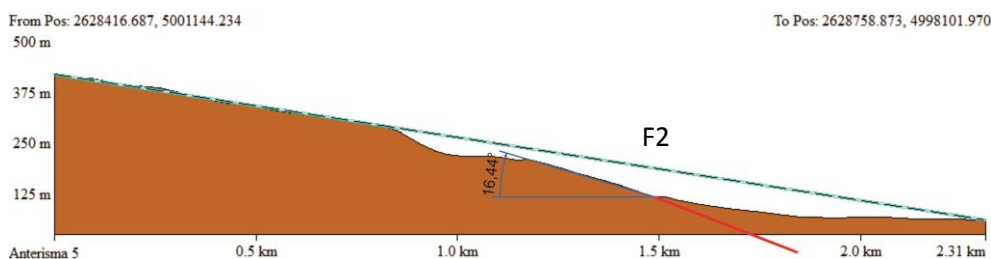
Εικόνα 32 Απεικόνιση των τριών τομών στο δεύτερο ρηξιγενές πρανές μέσω των προγραμμάτων Google Earth Pro και Global Mapper v 15.



Εικόνα 33 Η μορφολογία του τρίτου αντερείσματος στο δεύτερο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης του ρηξιγενούς πρανούς είναι $17,9^{\circ}$.



Εικόνα 34 Η μορφολογία του τέταρτου αντερείσματος στο δεύτερο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης του ρηξιγενούς πρανούς είναι $19,3^{\circ}$.

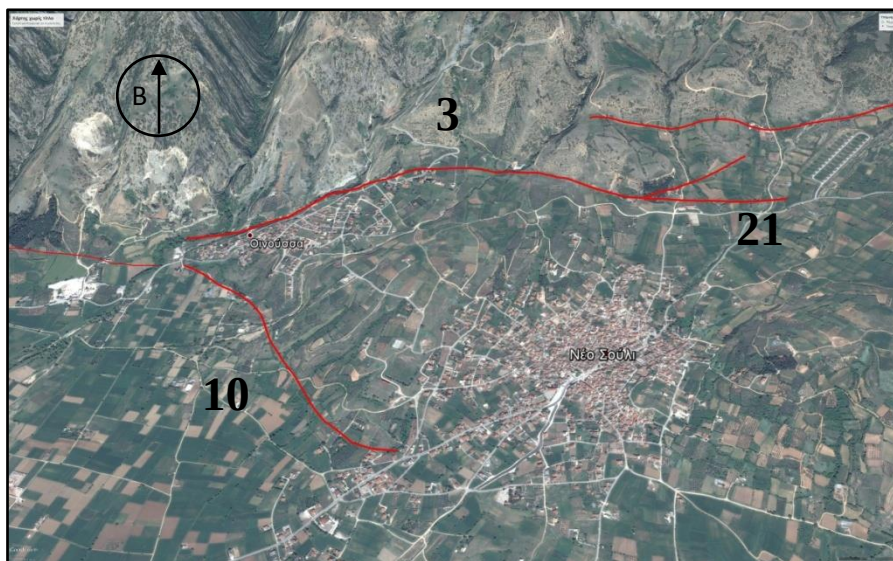


Εικόνα 35 Η μορφολογία του πέμπτου αντερείσματος στο δεύτερο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης του ρηξιγενούς πρανούς είναι $16,4^{\circ}$.



Εικόνα 36 Φωτογραφία πλησίον της κοινότητας Επταμύλων όπου στο βάθος διακρίνεται η διαφορά του ανάγλυφου λόγω ύπαρξης του δεύτερου ρηξιγενούς πρανούς.

ΡΗΞΙΓΕΝΕΣ ΠΡΑΝΕΣ 3:

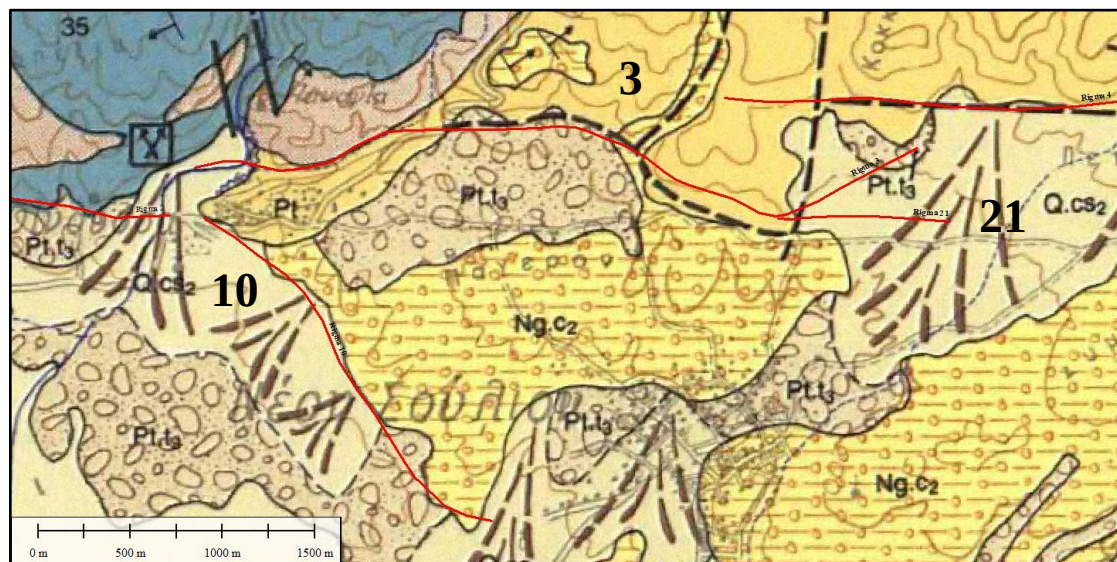


Εικόνα 37 Απεικόνιση του 3^{ου}, 10^{ου} και 21^{ου} ρηξιγενούς πρανούς μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Το τρίτο ρηξιγενές πρανές διασχίζει την κοινότητα Οινουσσών και συνεχίζεται λίγο μετά από αυτή. Η παράταξη του είναι Α – Δ και η διεύθυνση κλίσης του Ν. Θεωρείται κανονικό ρήγμα συνολικού μήκους 3,15 km Εικόνα 37. Το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Σέρρες και υπαίθρια παρατήρηση, το μεταμορφωμένο Παλαιοζωικό υπόβαθρο του κάτω τεμάχους με ιζήματα Πλειστοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 38. Ειδικότερα

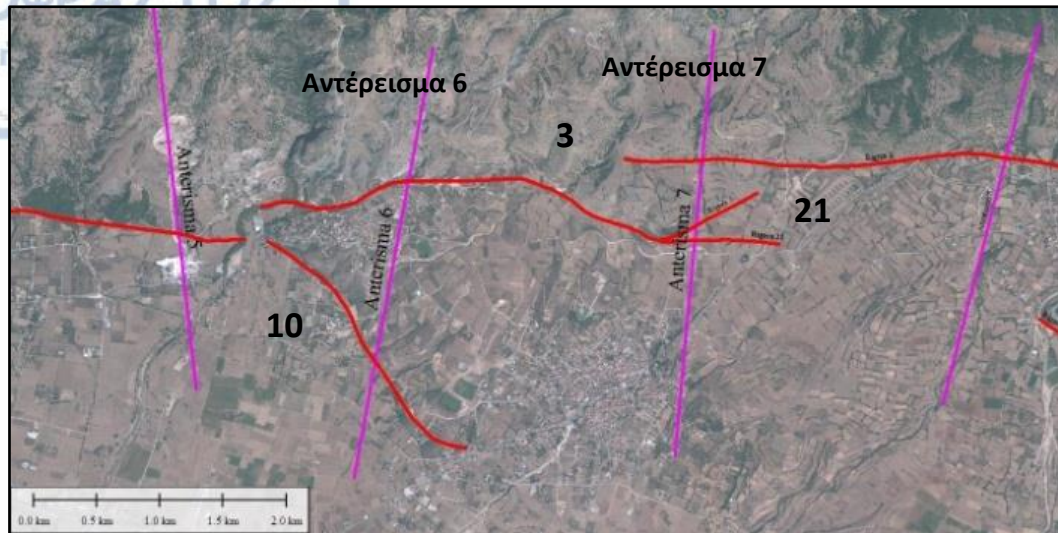
φέρνει σε επαφή μάρμαρα με παρεμβολές από διμαρμαρυγιακούς σχιστογενέσιους του κάτω τεμάχους με χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του άνω τεμάχους.

Το δέκατο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ. Πρόκειται για κανονικό ρήγμα συνολικού μήκους 1,77 km. Το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή Νεογενή ιζήματα που βρίσκονται στο κάτω τέμαχος με ιζήματα του Τεταρτογενούς του άνω τεμάχους Εικόνα 38. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή εναλλαγές κροκαλολατυποπαγών και ερυθρογής του κάτω τεμάχους με κώνους κορημάτων του άνω τεμάχους. Το ρηξιγενές πρανές εικοσιένα έχει παράταξη Α – Δ και διεύθυνση κλίσης Ν. Θεωρείται κανονικό ρήγμα συνολικού μήκους 700 m. Το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή παλαιότερα Πλειστοκαινικά ιζήματα του κάτω τεμάχους με νεότερα Πλειστοκαινικά ιζήματα του άνω τεμάχους Εικόνα 38. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του κάτω τεμάχους με κώνους κορημάτων του άνω τεμάχους.

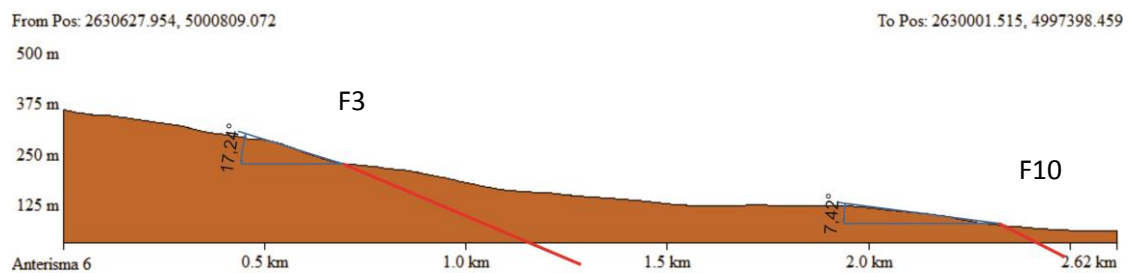


Εικόνα 38 Αποτύπωση του 3^{ου}, 10^{ου} και 21^{ου} ρηξιγενούς πρανούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνουν (ΓΓΜΕ φύλλο Σέρρες (1980)), μέσω του προγράμματος Global Mapper 15.

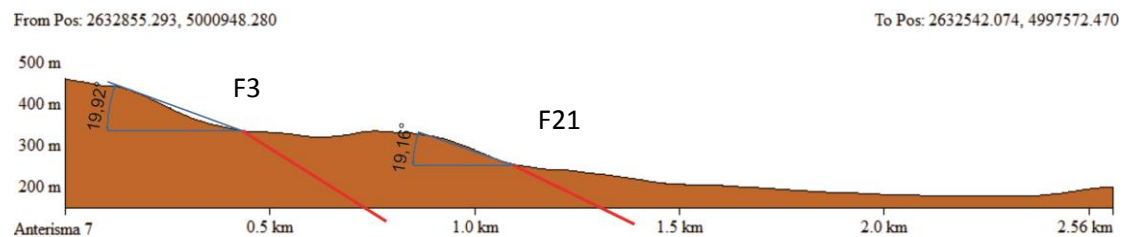
Κατά μήκος των ρηγμάτων 3, 10 και 21 κατασκευάστηκαν 2 τομές Εικόνα 39 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 σε αντερείσματα για να διαπιστωθεί πως αυτά επηρεάζουν την μορφολογία της περιοχής.



Εικόνα 39 Απεικόνιση των δύο τομών στο 3°, 10° και 21° ρηξιγενές πρανές μέσω των προγραμμάτων Google Earth Pro και Global Mapper v 15.

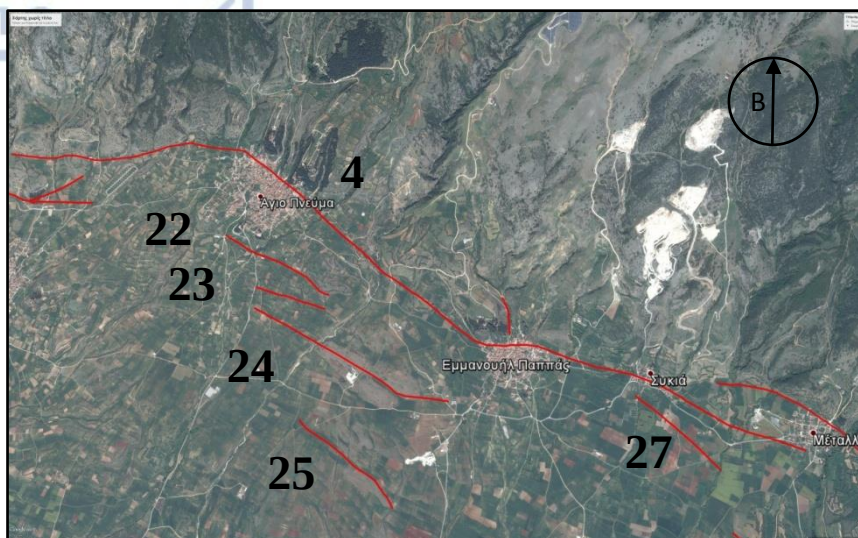


Εικόνα 40 Η μορφολογία του έκτου αντερείσματος στο 3° και 10° ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 17,2° και 7,4°.



Εικόνα 41 Η μορφολογία του έβδομου αντερείσματος στο 3° και 21° ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 19,9° και 19,1°.

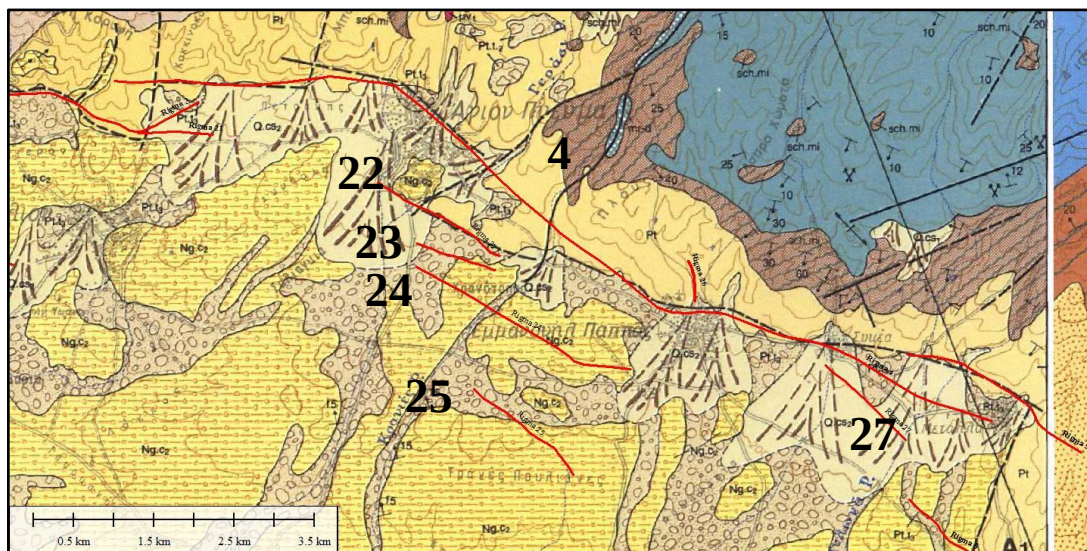
ΡΗΞΙΓΕΝΕΣ ΠΡΑΝΕΣ 4:



Εικόνα 42 Απεικόνιση του 4^{ου}, 22^{ου}, 23^{ου}, 24^{ου}, 25^{ου} και 27^{ου} ρηξιγενούς πρανού μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Το 4^ο ρηξιγενές πρανές αρχίζει πριν από την κοινότητα Αγίου Πνεύματος διασχίζει τις κοινότητες Εμμανουήλ Παπά και Συκιάς και καταλήγει στην κοινότητα Μετάλλων. Το ρήγμα είναι κανονικό με παράταξη αρχικά Α – Δ και διεύθυνση κλίσης Ν μέχρι την κοινότητα Αγίου Πνεύματος όπου αλλάζει και αποκτά παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ, το συνολικό του μήκος είναι 9,25 km Εικόνα 42. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Σέρρες και υπαίθρια παρατήρηση, το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή παλαιότερα Πλειστοκαινικά ιζήματα του κάτω τεμάχους με νεότερα Πλειστοκαινικά ιζήματα του άνω τεμάχους Εικόνα 43. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του κάτω τεμάχους με κώνους κορημάτων του άνω τεμάχους. Επίσης απεικονίζονται από βορά προς νότο τα ρηξιγενή πρανή 22°, 23°, 24°, 25°, 26° και 27°, με παρόμοια παράταξη μεταξύ τους ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ. Παρατηρώντας τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Σέρρες, διαπιστώνεται ότι το ρηξιγενές πρανές 22° φέρνει σε επαφή παλαιότερα Τεταρτογενή ιζήματα με νεότερα Τεταρτογενή Εικόνα 43. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του κάτω τεμάχους με κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων του άνω τεμάχους. Επίσης παρατηρείται ότι το ρηξιγενές πρανές 23° φέρνει σε επαφή Νεογενή ιζήματα κάτω τεμάχους με ιζήματα Τεταρτογενούς του άνω τεμάχους Εικόνα 43. Συγκεκριμένα φέρνει σε επαφή εναλλαγές κροκαλολατυποπαγών και ερυθρογής του κάτω τεμάχους με χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του άνω τεμάχους.

Το 24^ο ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή Νεογενή ιζήματα του κάτω τεμάχους με Τεταρτογενή ιζήματα του άνω τεμάχους Εικόνα 43. Αναλυτικότερα φέρνει σε επαφή εναλλαγές κροκαλολατυποπαγών και ερυθρογής του κάτω τεμάχους με κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων του άνω τεμάχους. Επίσης το 25^ο ρηξιγενές πρανές διασχίζει Νεογενή ιζήματα και φέρνει σε επαφή το ίδιο ιζημα, εναλλαγές κροκαλολατυποπαγών και ερυθρογής. Τέλος το 27^ο ρήγμα διασχίζει Τεταρτογενή ιζήματα κώνων κορημάτων.

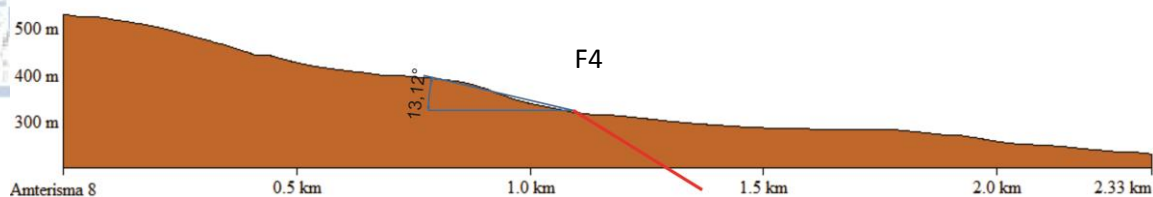


Εικόνα 43 Αποτύπωση του 4^{ου}, 22^{ου}, 23^{ου}, 24^{ου} και 27^{ου} ρηξιγενούς πρανούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνουν, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15, προβαλλόμενα στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες).

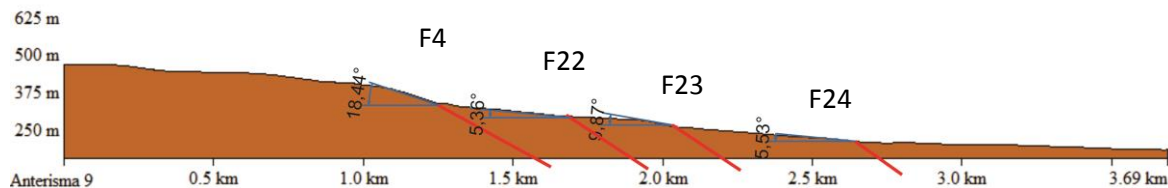
Κατά μήκος του 4^{ου}, 22^{ου}, 23^{ου}, 24^{ου}, 25^{ου} και 27^{ου} ρηξιγενούς πρανούς κατασκευάστηκαν 4 τομές Εικόνα 44 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 σε αντερείσματα για να διαπιστωθεί πως επηρεάζουν την μορφολογία της περιοχής.



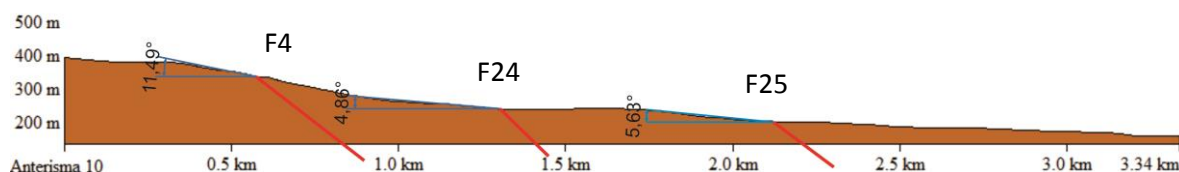
Εικόνα 44 Απεικόνιση των τεσσάρων τομών στα ρηξιγενή πρανή 4, 2, 23, 24, 25 και 27 μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.



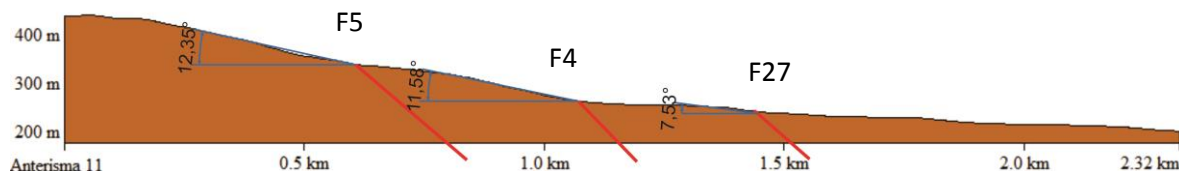
Εικόνα 45 Η μορφολογία του όγδοου αντερείσματος στο 4^ο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης του ρηξιγενούς πρηνούς είναι 13,1^ο.



Εικόνα 46 Η μορφολογία του ένατου αντερείσματος στα ρηξιγενή πρηνή 4, 22, 23 και 24 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 18,4^ο, 5,3^ο, 9,8^ο και 5,5^ο.



Εικόνα 47 Η μορφολογία του δέκατου αντερείσματος στα ρηξιγενή πρηνή 4, 24 και 25 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 11,4^ο, 4,8^ο και 5,6^ο.



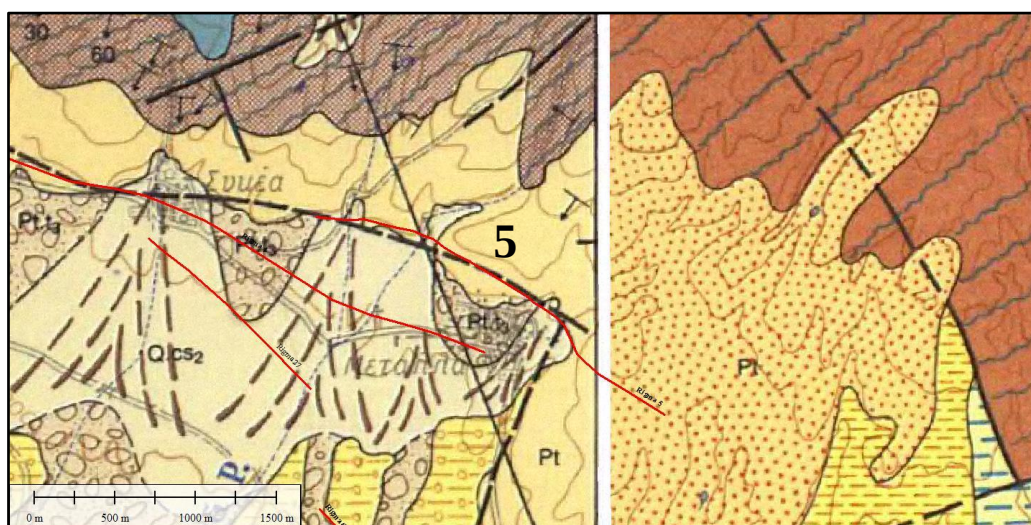
Εικόνα 48 Η μορφολογία του ενδέκατου αντερείσματος στα ρηξιγενή πρηνή 4 και 27 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 12,3^ο, 11,5^ο, 7,5^ο.

ΡΗΞΙΓΕΝΕΣ ΠΡΑΝΕΣ 5:



Εικόνα 49 Απεικόνιση του 5^{ου} ρηξιγενούς πρανούς μέσω του προγράμματος Google Earth Pro προβαλλόμενο στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες).

Το πέμπτο ρηξιγενές πρανές αρχίζει πριν την κοινότητα Μετάλλων την διασχίζει και καταλήγει μετά από αυτή. Το ρήγμα είναι κανονικό, με παράταξη ANA – ΔΒΔ και διεύθυνση κλίσης NND, το συνολικό του μήκος είναι 1,94 km Εικόνα 49. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Σέρρες και υπαίθρια παρατήρηση, το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή παλαιότερα Πλειστοκαινικά ιζήματα του κάτω τεμάχους με νεότερα Πλειστοκαινικά ιζήματα του άνω τεμάχους. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του κάτω τεμάχους με κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων του άνω τεμάχους Εικόνα 50.

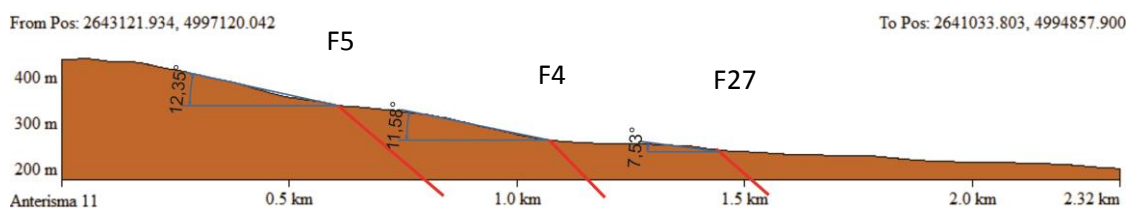


Εικόνα 50 Αποτύπωση του 5^{ου} ρηξιγενούς πρανούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνει, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15 προβαλλόμενο στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες).

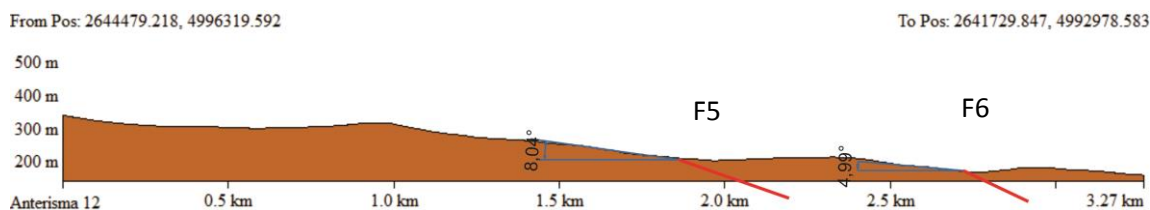
Κατά μήκος του 5^{ου} ρηξιγενούς πρηνούς σε αντερείσματα κατασκευάστηκαν 2 τομές
Εικόνα 51 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 για να διαπιστωθεί πως
επηρεάζει την μορφολογία της περιοχής.



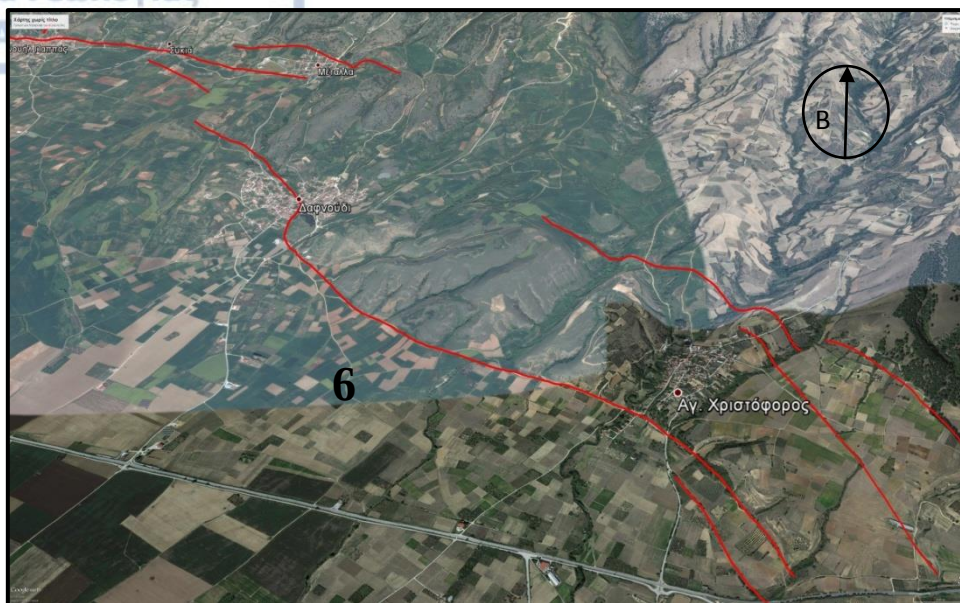
Εικόνα 51 Απεικόνιση των δύο τομών στο πέμπτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.



Εικόνα 52 Η μορφολογία του ενδέκατου αντερείσματος στο πέμπτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 12,3⁰, 11,5⁰, 7,5⁰

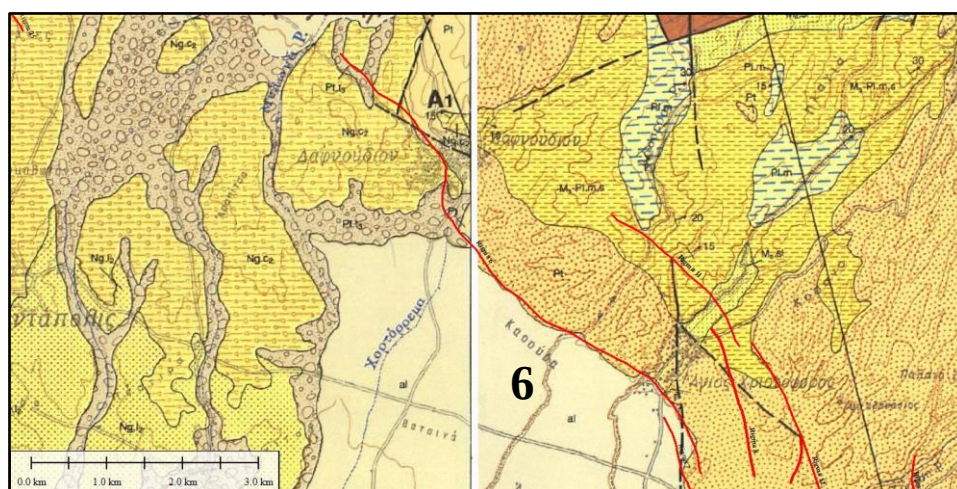


Εικόνα 53 Η μορφολογία του δωδέκατου αντερείσματος στο πέμπτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 08,0⁰ και 4,9⁰.



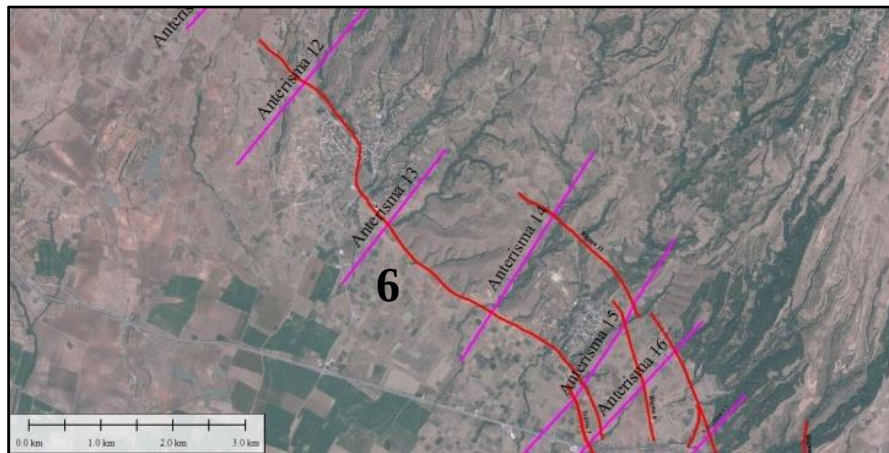
Εικόνα 54 Απεικόνιση του έκτου ρήγματος μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Το 6^ο ρηξιγενές πρανές αρχίζει πριν την κοινότητα Δαφνουδίου και τελειώνει μετά την κοινότητα Αγίου Χριστοφόρου. Το ρήγμα είναι κανονικό, με παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ, το συνολικό του μήκος είναι 5,79 km Εικόνα 54. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Προσοτσάνη και υπαίθρια παρατήρηση, το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή ιζήματα Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου του κάτω τεμάχους με ιζήματα Πλειστοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 55. Φέρνει σε επαφή θαλάσσιες – υφάλμυρες αποθέσεις με απολιθώματα του κάτω τεμάχους με χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του άνω τεμάχους.

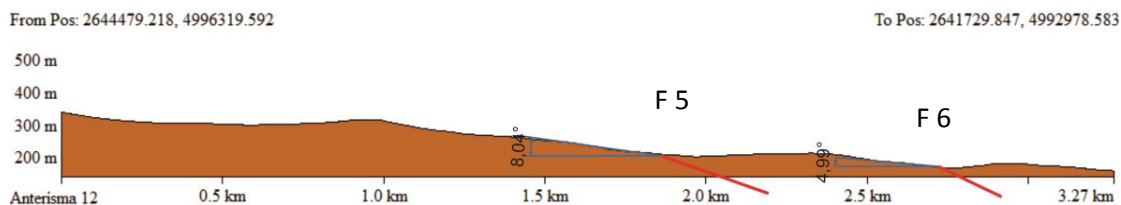


Εικόνα 55 Απεικόνιση του 6^{ου} ρηξιγενούς πρανούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνει, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15 προβολόμενο στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες).

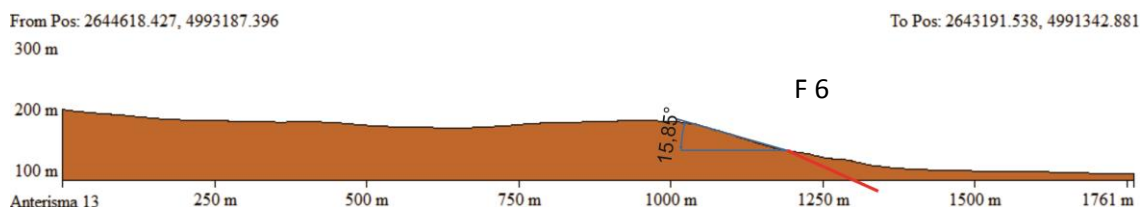
Κατά μήκος του 6^{ου} ρηξιγενούς πρηνούς κατασκευάστηκαν 5 τομές σε αντερείσματα
Εικόνα 56 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 για να διαπιστωθεί πως
επηρεάζει την μορφολογία της περιοχής.



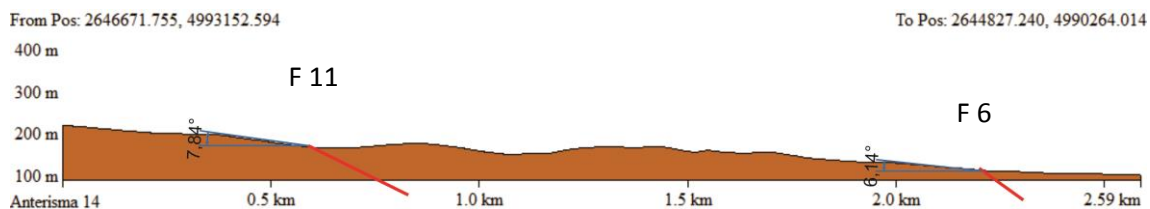
Εικόνα 56 Απεικόνιση των τεσσάρων τομών στο έκτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.



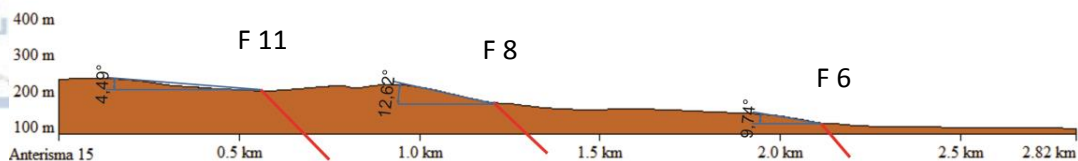
Εικόνα 57 Η μορφολογία του δωδέκατου αντερείσματος στο έκτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 8,0^ο και 4,9^ο.



Εικόνα 58 Η μορφολογία του δέκατου τρίτου αντερείσματος στο έκτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης του ρηξιγενούς πρηνός είναι 15,8^ο.

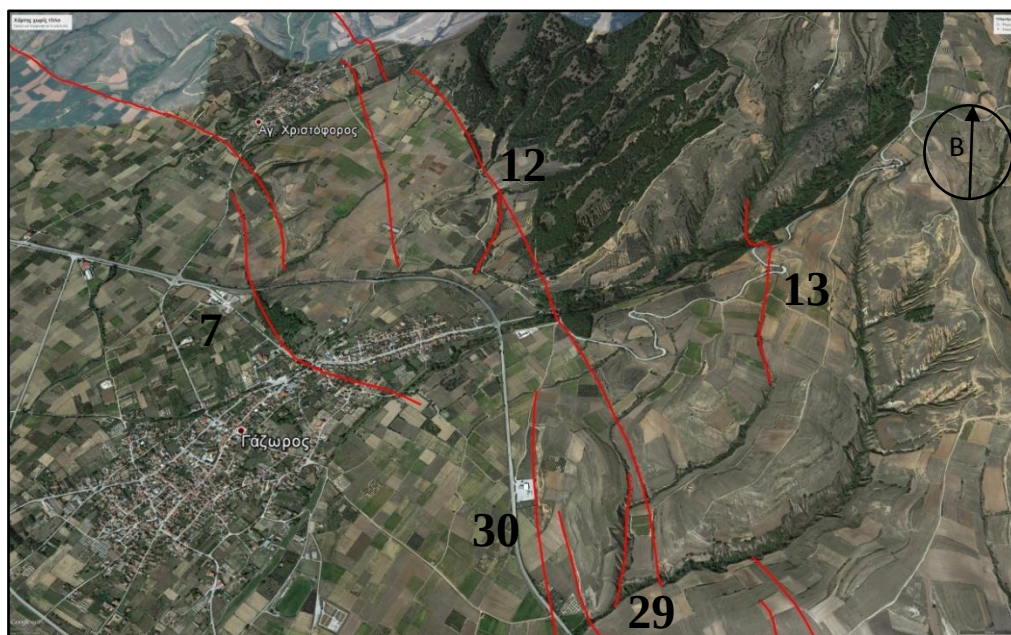


Εικόνα 59 Η μορφολογία του δέκατου τέταρτου αντερείσματος στο έκτο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 7,8^ο και 6,1^ο.



Εικόνα 60 Η μορφολογία του δέκατου πέμπτου αντερείσματος στο έκτο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 4,4°, 12,6°, 9,7°.

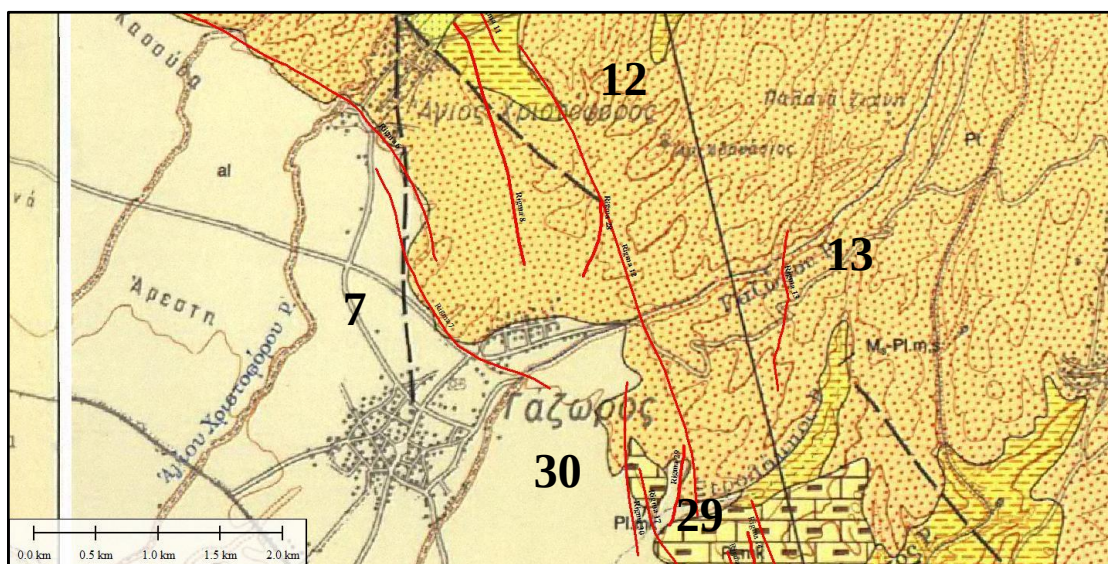
ΡΗΞΙΓΕΝΕΣ ΠΡΑΝΕΣ 7:



Εικόνα 61 Απεικόνιση του 7^{ου}, 12^{ου}, 13^{ου}, 29^{ου} και 30^{ου} ρηξιγενούς πρανούς μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

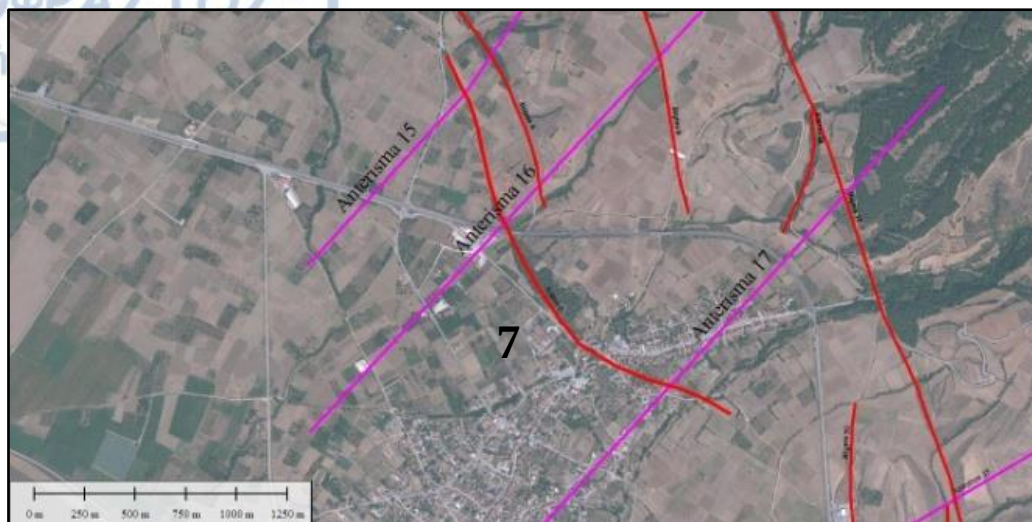
Το 7^ο ρηξιγενές πρανές αναπτύσσεται πάνω από την κοινότητα Γαζώρου. Το ρήγμα είναι κανονικό, με παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ, το συνολικό του μήκος είναι 1,81 km Εικόνα 61. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Ποσοτσάνη και υπαίθρια παρατήρηση, το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή ιζήματα παλαιότερου Πλειστοκαίνου του κάτω τεμάχους με ιζήματα νεότερου Πλειστοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 62. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του κάτω τεμάχους με προσχώσεις κοιλάδων του άνω τεμάχους. Επίσης παρατηρείται το 12^ο ρηξιγενές πρανές που αναπτύσσεται ψηλότερα από την κοινότητα Αγίου Χριστοφόρου και καταλήγει μετά από την κοινότητα Γαζώρου. Είναι κανονικό ρήγμα παράταξης ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ, συνολικού μήκους 3,1 km. Το ρήγμα φέρνει σε επαφή ιζήματα Άνω Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου του κάτω τεμάχους με ιζήματα νεότερου Πλειστοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 62. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή θαλάσσιες υφάλμυρες

αποθέσεις με απολιθώματα του κάτω τεμάχους με χερσαίο σχηματισμό κροκαλολατυποπαγών του άνω τεμάχους. Ακόμη παρατηρούνται στην περιοχή ανατολικότερα της κοινότητας Γαζώρου από ανατολικά προς δυτικά το 13°, 29° και 30° ρηξιγενές πρανές. Οι παρατάξεις τους συμπίπτουν και είναι ΒΒΔ – ΝΝΑ με διεύθυνση κλίσης και των τριών προς τα ΔΝΔ. Τα συνολικά τους μήκη είναι για το 13° ρηξιγενές πρανές 13 99 m, για το 29° ρηξιγενές πρανές 50 m και για το 30° ρηξιγενές πρανές 1,1 km. Το 13° ρηξιγενές πρανές διασχίζει ίδια ιζήματα Τεταρτογενούς χερσαίος σχηματισμός κροκαλολατυποπαγών. Το 29° ρηξιγενές πρανές διασχίζει ίδια ιζήματα Πλειοκαίνου λιμναίας φάσης μάργες, μαργαικοί ασβεστόλιθοι με απολιθώματα. Το 30° ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή ιζήματα Πλειοκαίνου του κάτω τεμάχους με ιζήματα Τεταρτογενούς του άνω τεμάχους και ειδικότερα φέρνει σε επαφή λιμναίας φάσης μάργες, μαργαικούς ασβεστόλιθους με απολιθώματα του κάτω τεμάχους με προσχώσεις κοιλάδων του άνω τεμάχους.

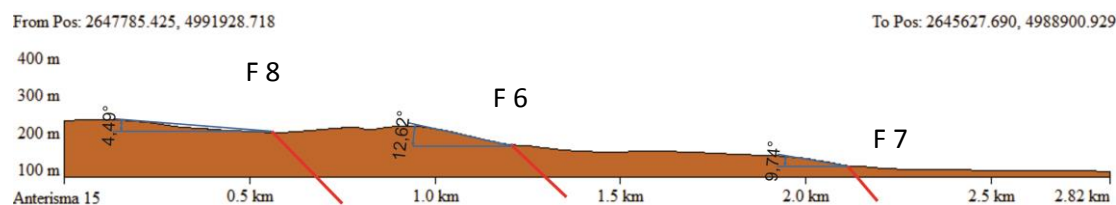


Εικόνα 62 Αποτύπωση του 7^{ου}, 12^{ου}, 13^{ου}, 29^{ου} και 30^{ου} ρήγματος και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνουν, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15 προβαλλόμενο στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΓΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Προσοτσάνη).

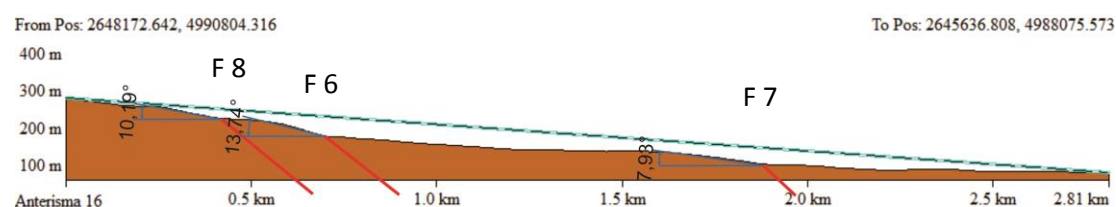
Κατά μήκος του 7^{ου} ρηξιγενούς πρανούς κατασκευάστηκαν 3 τομές σε αντερείσματα Εικόνα 63 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 για να διαπιστωθεί πως επηρεάζει την μορφολογία της περιοχής.



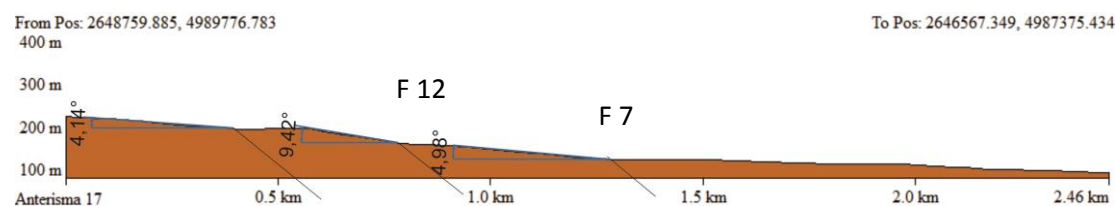
Εικόνα 63 Απεικόνιση των τριών τομών στο έβδομο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.



Εικόνα 64 Η μορφολογία του δέκατου πέμπτου αντερείσματος στο έβδομο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι $4,4^{\circ}$, $12,6^{\circ}$ και $9,7^{\circ}$

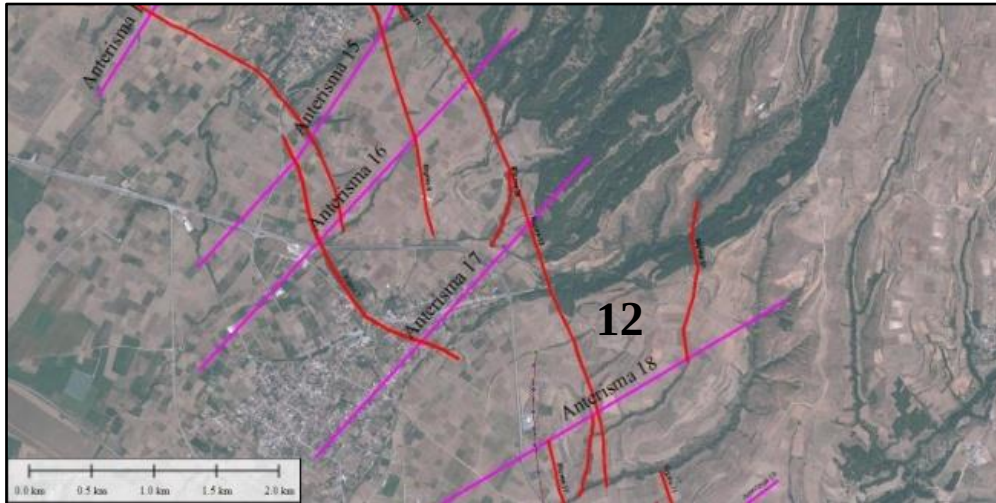


Εικόνα 65 Η μορφολογία του δέκατου έκτου αντερείσματος στο έβδομο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι $10,1^{\circ}$, $13,7^{\circ}$ και $7,9^{\circ}$

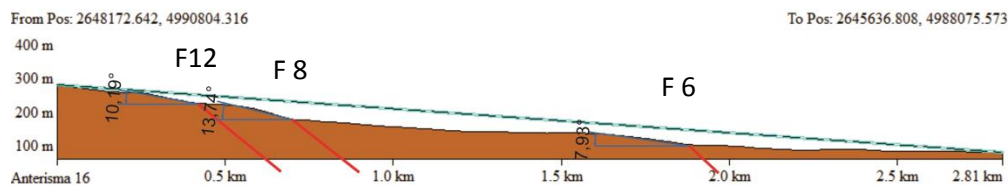


Εικόνα 66 Η μορφολογία του δέκατου έβδομου αντερείσματος στο έβδομο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι $4,1^{\circ}$, $9,4^{\circ}$ και $9,9^{\circ}$

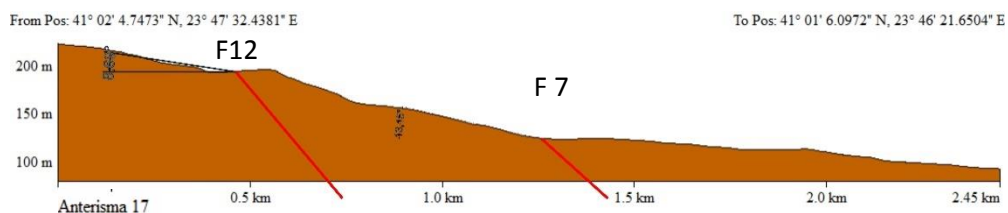
Κατά μήκος του 12^{ου} ρηξιγενούς πρανούς κατασκευάστηκαν 3 τομές σε αντερείσματα
Εικόνα 67 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 για να διαπιστωθεί πως
επηρεάζει την μορφολογία της περιοχής.



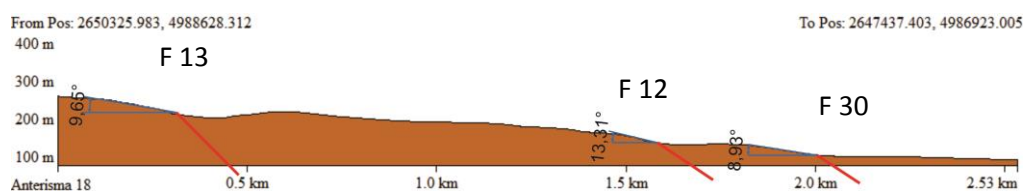
Εικόνα 67 Απεικόνιση των τριών τομών στο δωδέκατο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.



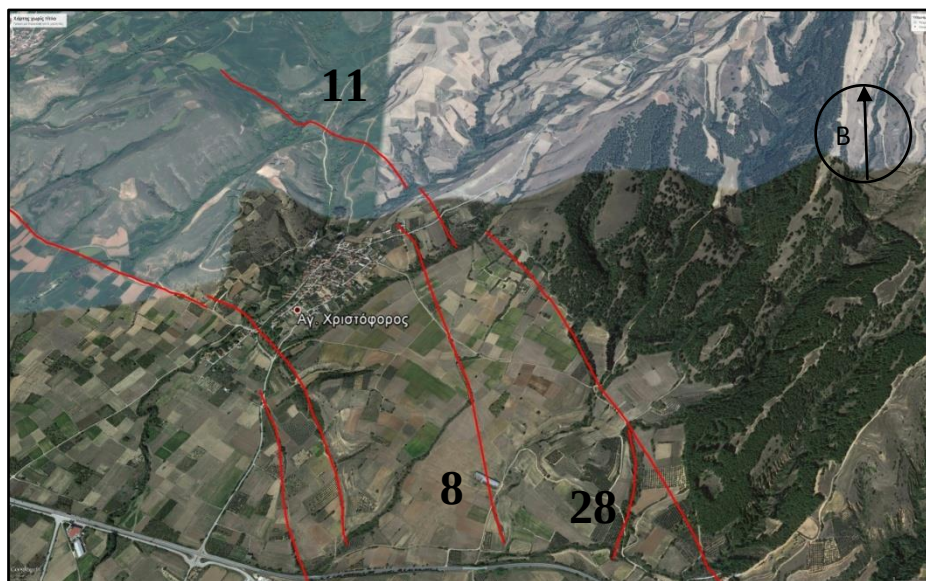
Εικόνα 68 Η μορφολογία του δέκατου έκτου αντερείσματος στο δωδέκατο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 10,1°, 13,7° και 7,9°



Εικόνα 69 Η μορφολογία του δέκατου έβδομου αντερείσματος στο δωδέκατο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 8,6°

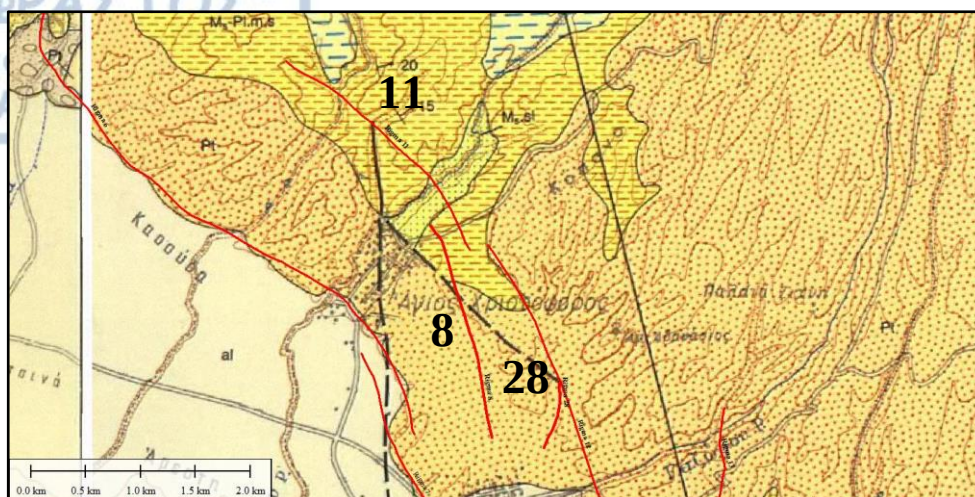


Εικόνα 70 Η μορφολογία του δέκατου όγδοου αντερείσματος στο δωδέκατο ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι $9,6^\circ$, $13,3^\circ$, $8,9^\circ$



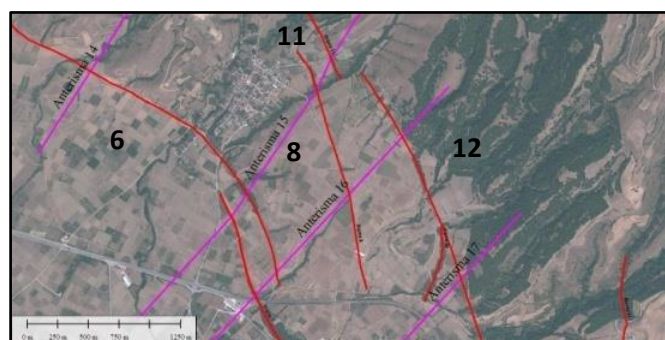
Εικόνα 71 Απεικόνιση του $8^{\text{ου}}$, $11^{\text{ου}}$ και $28^{\text{ου}}$ ρηξιγενούς πρανούς μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

Το $8^{\text{ο}}$ ρηξιγενές πρανές αρχίζει ψηλότερα από την κοινότητα του Αγίου Χριστοφόρου και συνεχίζει μακρύτερα από αυτή. Το ρήγμα είναι κανονικό, με παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ, το συνολικό του μήκος είναι 1,54 km Εικόνα 71. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Προσοτσάνη και υπαίθρια παρατήρηση, το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή ιζήματα Άνω Μειοκαίνου και Μειοκαινικά – Πλειοκαινικά ιζήματα του κάτω τεμάχους με ιζήματα Πλειστοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 72. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή ιζήματα θαλάσσιας έως υφάλμυρης φάσης με τα ανάλογα απολιθώματα του κάτω τεμάχους, με χερσαία ιζήματα κροκαλολατυποπαγών με απολιθώματα του άνω τεμάχους. Επίσης παρατηρείται το $11^{\text{ο}}$ ρηξιγενές πρανές βορειότερα από το $8^{\text{ο}}$ με παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΑ, συνολικού μήκους 1,85 km. Το ρηξιγενές πρανές φέρνει σε επαφή ιζήματα του Ανωτέρου Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου του κάτω τεμάχους με ιζήματα Πλειοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 72. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή θαλάσσιες – υφάλμυρες αποθέσεις με απολιθώματα του κάτω τεμάχους με θαλάσσια φάση μάργες, άμμοι, κροκαλοπαγή με απολιθώματα του άνω τεμάχους. Ακόμη νοτιότερα του $8^{\text{ου}}$ πρανούς παρατηρείται το $28^{\text{ο}}$ πρανές παράταξης Β – Ν και διεύθυνση κλίσης Δ, συνολικού μήκους 470 m.

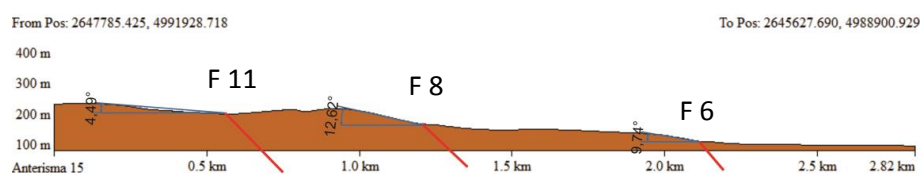


Εικόνα 72 Αποτύπωση του 8^{ου}, 11^{ου} και 28^{ου} ρηξιγενούς πρηνούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνουν, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15 προβλλόμενο στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Προσοτσάνη).

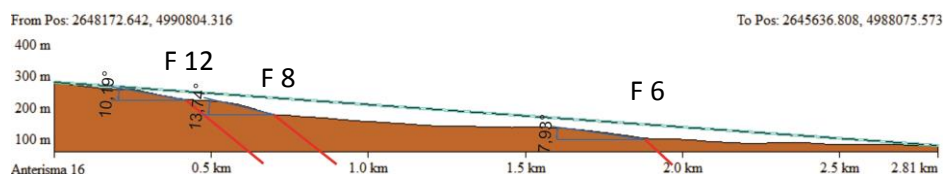
Κατά μήκος του 8^{ου} και 11^{ου} ρηξιγενούς πρηνούς κατασκευάστηκαν 2 τομές σε αντερείσματα Εικόνα 73 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 για να διαπιστωθεί πως επηρεάζουν την μορφολογία της περιοχής.



Εικόνα 73 Απεικόνιση των δύο τομών στο 8^ο και 11^ο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.

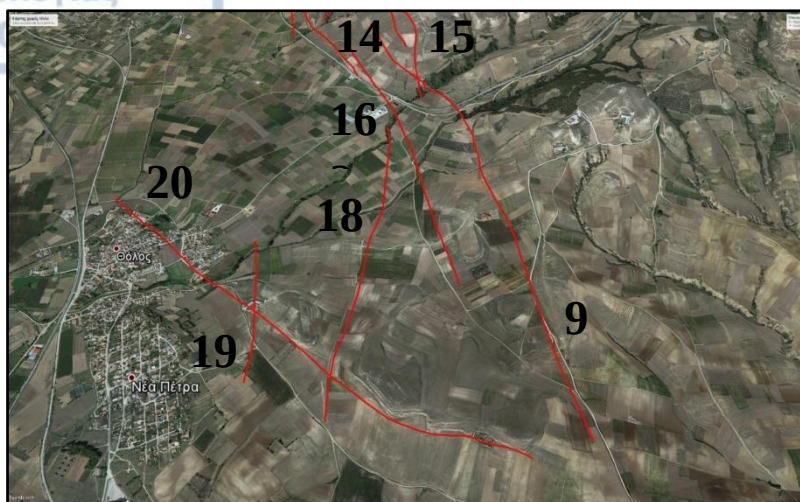


Εικόνα 74 Η μορφολογία του δέκατου πέμπτου αντερείσματος στο 8^ο και 11^ο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 4,4^ο, 12,6^ο, 9,7^ο



Εικόνα 75 Η μορφολογία του δέκατου έκτου αντερείσματος στο 8^ο ρηξιγενές πρηνές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρηνών είναι 10,1^ο, 13,7^ο και 7,9^ο

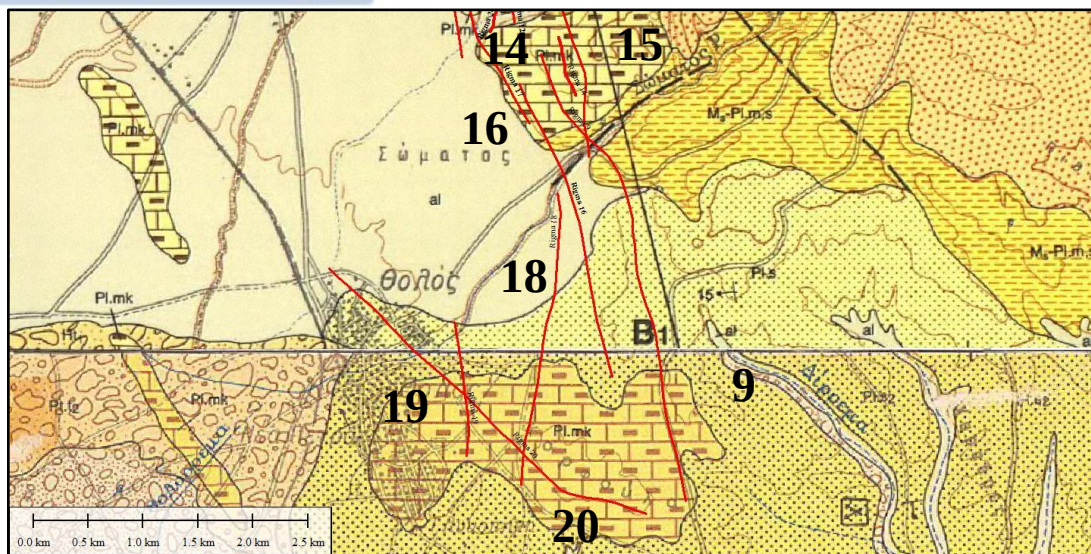
ΡΗΞΙΓΕΝΗ ΠΡΑΝΗ 9, 14, 15, 16, 18, 19 & 20:



Εικόνα 76 Απεικόνιση του 9^{ου}, 14^{ου}, 15^{ου}, 16^{ου}, 18^{ου}, 19^{ου} και 20^{ου} ρηξιγενούς πρανούς μέσω του προγράμματος Google Earth Pro.

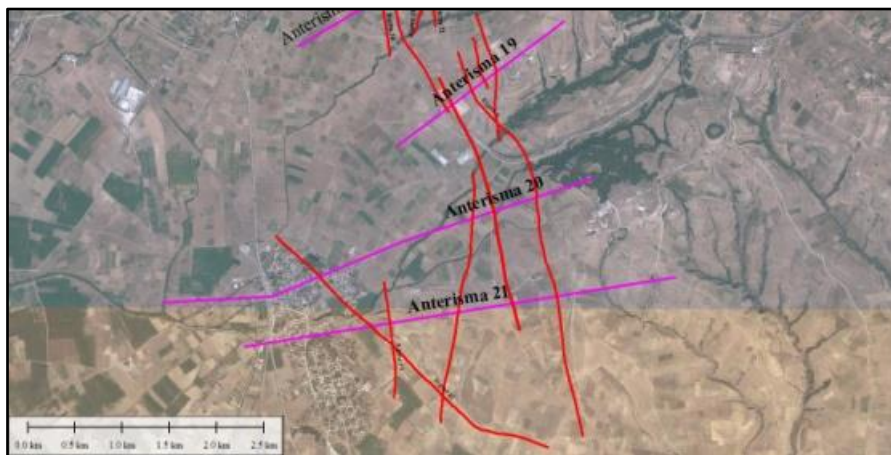
Το 9^ο ρηξιγενές πρανές αναπτύσσεται ΒΑ των κοινοτήτων Θολού και Νέας Πέτρας. Το ρήγμα είναι κανονικό, με παράταξη BBA – NNA και διεύθυνση κλίσης NND, το συνολικό του μήκος είναι 3,31 km Εικόνα 76. Σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Ροδολίβος και υπαίθρια παρατήρηση, το ρήγμα φέρνει σε επαφή Μειοκαινικά – Πλειοκαινικά και Πλειοκαινικά ιζήματα του κάτω τεμάχους με ιζήματα Πλειστοκαίνου και Πλειοκαίνου του άνω τεμάχους Εικόνα 77. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή θαλάσσιες – υφάλμυρες αποθέσεις με απολιθώματα και λιμναίας φάσης μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με απολιθώματα του κάτω τεμάχους με προσχώσεις κοιλάδων και δελταϊκές αποθέσεις άμμοι, άργιλοι, κροκαλοπαγή του άνω τεμάχους. Κοντά αναπτύσσεται το 16^ο ρηξιγενές πρανές παράταξης BBA – NNA και διεύθυνσης κλίσης NND, συνολικού μήκους 2,13 km. Το ρήγμα διασχίζει όμοια ιζήματα Τεταρτογενούς και ειδικότερα προσχώσεις κοιλάδων. Επίσης στην περιοχή αναπτύσσεται το 18^ο ρηξιγενές πρανές παράταξης BBA – NNA και διεύθυνση κλίσης ΔNΔ με συνολικό μήκος 2 km. Το ρήγμα τέμνει Τεταρτογενή ιζήματα και ειδικότερα προσχώσεις κοιλάδων. Το 19^ο ρηξιγενές πρανές παράταξης BBA – NNA και διεύθυνση κλίσης ΔBA έχει συνολικό μήκος 930 m και τέμνει όμοια ιζήματα Πλειοκαίνου, ειδικότερα δελταϊκές αποθέσεις άμμοι, άργιλοι, κροκαλοπαγή. Τέλος το 20^ο ρηξιγενές πρανές παράταξης BA – NA και διεύθυνση κλίσης NΔ με συνολικό μήκος 2,82 km φέρνει σε επαφή ιζήματα Πλειοκαίνου του κάτω τεμάχους με ιζήματα Πλειστοκαίνου του άνω τεμάχους. Ειδικότερα φέρνει σε επαφή δελταϊκές αποθέσεις

άμμοι, άργιλοι, κροκαλοπαγή του κάτω τεμάχους με την ανώτερη ποτάμια αναβαθμίδα του άνω τεμάχους.

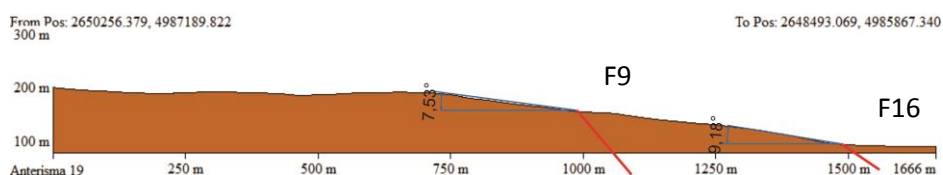


Εικόνα 77 Αποτύπωση του 9^{ου}, 14^{ου}, 15^{ου}, 16^{ου}, 18^{ου}, 19^{ου} και 20^{ου} ρηξιγενούς πρानούς και του γεωλογικού υποβάθρου που τέμνουν, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15. προβαλλόμενα στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Προσοτσάνη – φύλλο Ροδολίβος).

Κατά μήκος 9^{ου} και 16^{ου} ρηξιγενούς πρानούς κατασκευάστηκαν 3 τομές σε αντερείσματα Εικόνα 78 μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 για να διαπιστωθεί πως επηρεάζουν την μορφολογία της περιοχής.



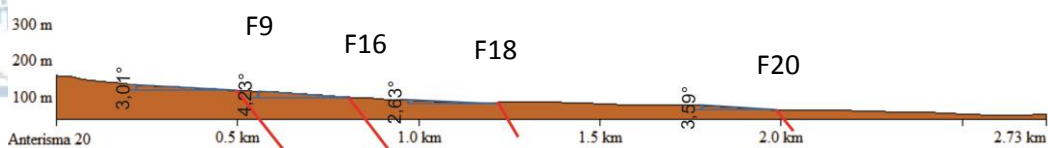
Εικόνα 78 Απεικόνιση των τριών τομών στα 9^ο και 16^ο ρηξιγενές πρानές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.



Εικόνα 79 Η μορφολογία του 19^{ου} αντερείσματος στο 9^ο και 16^ο ρηξιγενές πρानές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 7,5^ο και 9,1^ο

From Pos: 2650557.998, 4985519.318

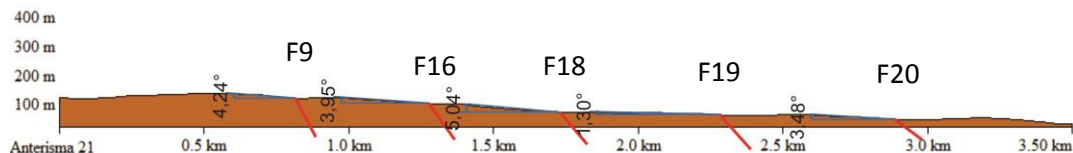
To Pos: 2647170.586, 4984266.440



Εικόνα 80 Η μορφολογία του 20^{ου} αντερείσματος στο 9°, 16°, 18° και 20° ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 3,0°, 4,2°, 2,6° και 3,5°

From Pos: 2651439.653, 4984475.253

To Pos: 2646868.967, 4983732.806



Εικόνα 81 Η μορφολογία του 21^{ου} αντερείσματος στο 9°, 16°, 18°, 19° και 20° ρηξιγενές πρανές μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw. Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών πρανών είναι 4,2°, 3,9°, 5,0°, 1,3° και 3,4°

Συλλογή φωτογραφικού υλικού από υπαίθρια παρατήρηση των ρηγμάτων του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών.



Εικόνα 82 Το 7° ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ.

Εικόνα 83 Το 12° ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ.





Εικόνα 84 Το 6^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ.



Εικόνα 85 Το 6^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ. Η διεύθυνση κλίσης των ιζημάτων του κάτω τεμάχους είναι προς τα ΒΑ.



Εικόνα 86 Το 5^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ.

Εικόνα 87 Το 5^ο ρηξιγενές πρανές παράταξης ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ. Η διεύθυνση κλίσης των ιζημάτων του άνω τεμάχους είναι προς τα ΒΑ





Εικόνα 88 Το 18^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη BBA – NNA και διεύθυνση κλίσης ΔΒΔ.



Εικόνα 89 Το 13^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη B – N και διεύθυνση κλίσης Δ.



Εικόνα 90 Το 4^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη Α – Δ και διεύθυνση κλίσης προς τα Ν.



Εικόνα 91 Το 3^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη Δ – Δ και διεύθυνση κλίσης προς τα Ν.

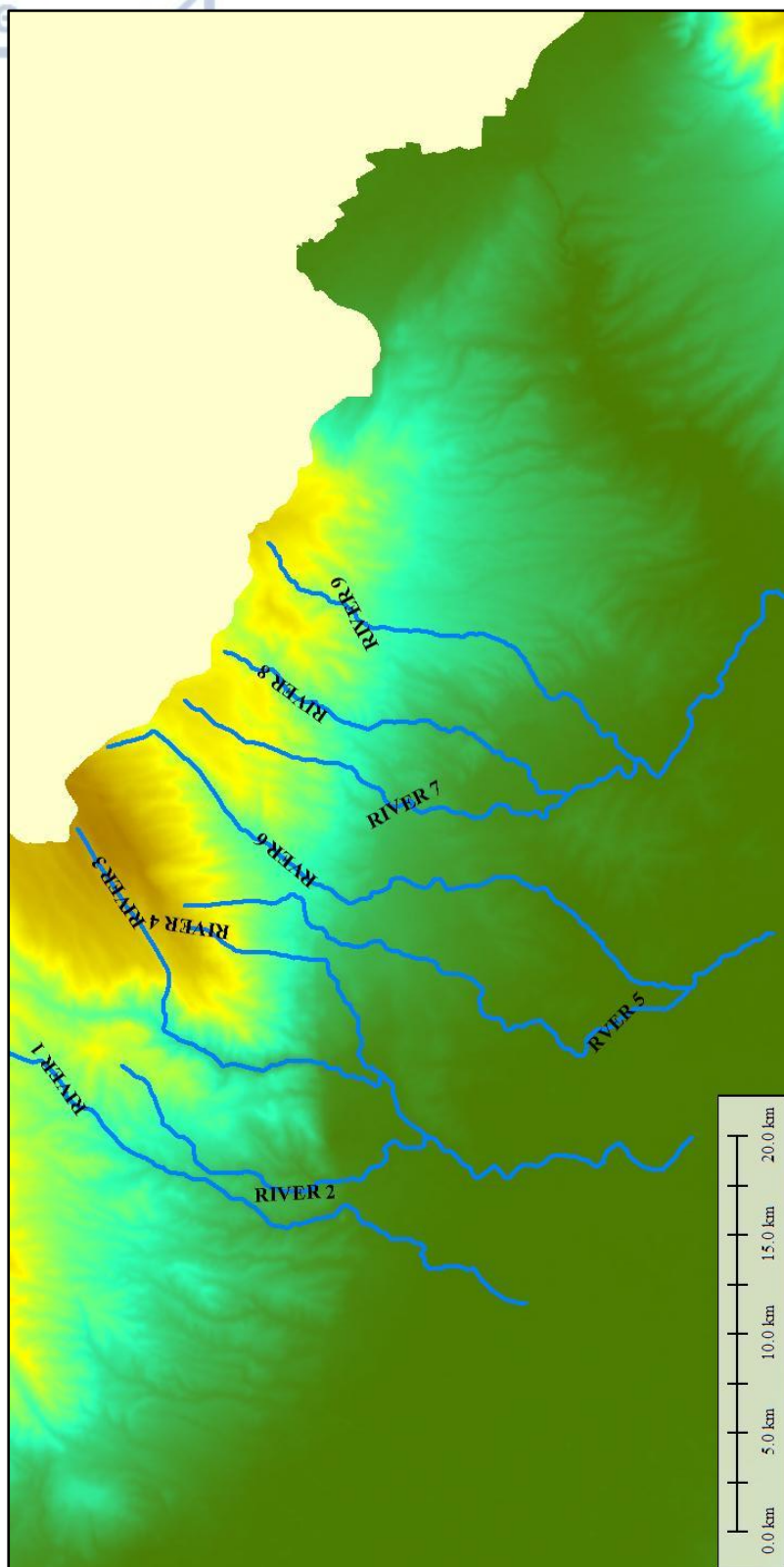


Εικόνα 92 Το 2^ο ρηξιγενές πρανές έχει παράταξη Δ – Δ και διεύθυνση κλίσης προς τα Ν.

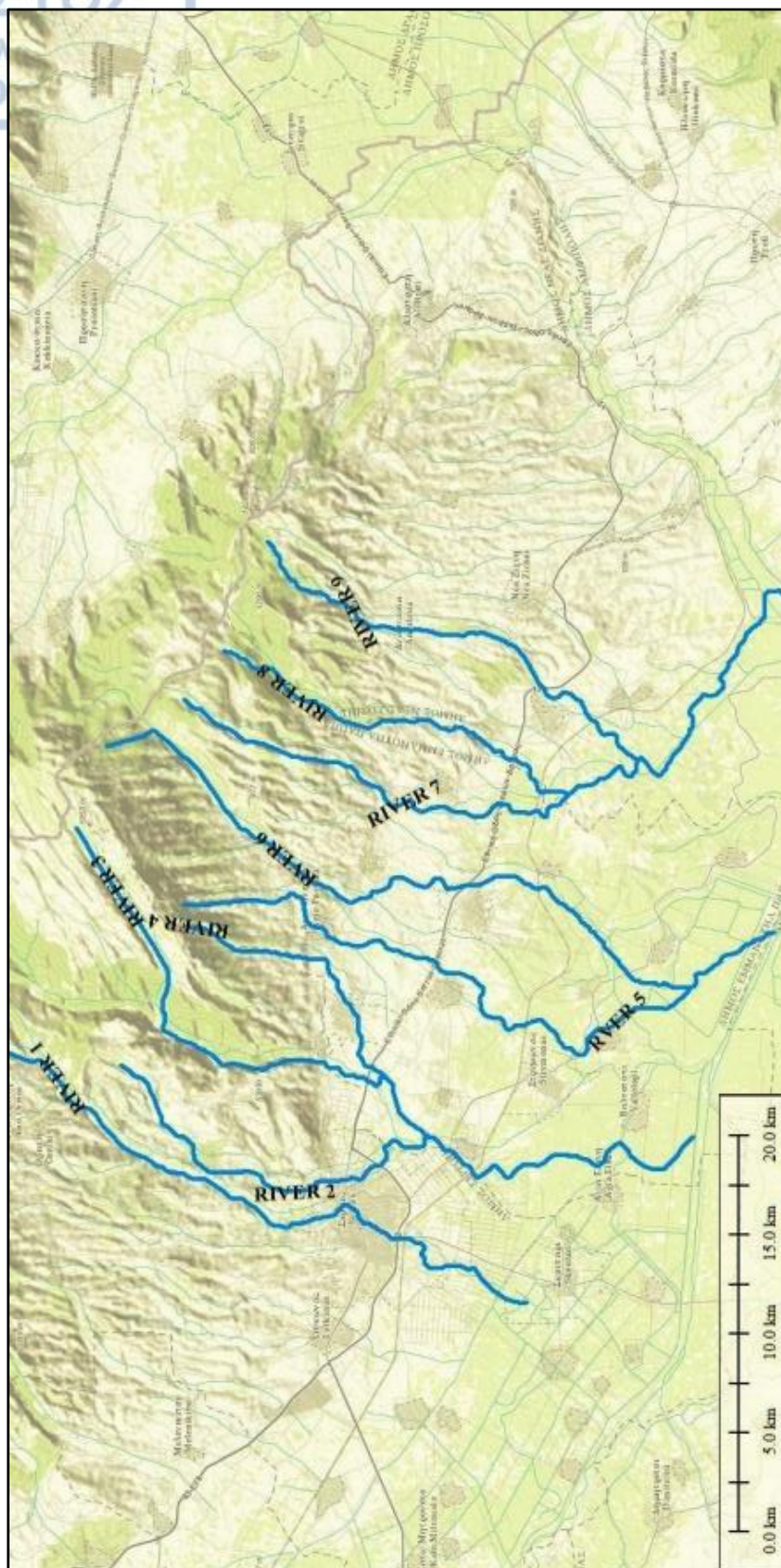
6.3 Προφίλ ρεμάτων

Στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών μελετήθηκαν τα κύρια ρέματα που το διασχίζουν και οι χείμαρροι που τοπικά επηρεάζονται από τα ρηξιγενή πρηνή του. Τα ρέματα έχουν μήκος πολλών χιλιομέτρων και ροή καθόλη την διάρκεια του έτους ενώ οι χείμαρροι είναι μερικών χιλιομέτρων και ρέουν μόνο τους χειμερινούς μήνες. Παρακάτω μελετάται η μορφολογία των κύριων ρεμάτων στο επιλεγμένο τμήμα της λεκάνης καθώς και η αλλαγές στην μορφολογία τους λόγω δράσης των ρηξιγενών πρηνών. Οι εικόνες προέκυψαν από χρήση του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw X6.

Μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 απεικονίστηκαν δισδιάστατα τα 9 κύρια ρέματα. Εικόνα 93 οι εικόνες των οποίων εξήχθησαν από το πρόγραμμα σε αρχείο εικόνας jpg. Έπειτα τα αρχεία εισήχθησαν στο πρόγραμμα Corel Draw X6 σε κλίμακα εισαγωγής 1:1 όπου με ειδικά εργαλεία ορίστηκε η θέση των ρηξιγενών πρηνών πάνω στη μορφολογία των ρεμάτων σύμφωνα με το DEM, τις δορυφορικές εικόνες και την υπαίθρια παρατήρηση.



Εικόνα 93 Προβολή των 9 κύριων ρεμάτων της περιοχής μελέτης και του DEM μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, μεταξύ της πόλης των Σερρών και της κομόπολης Νέας Ζίχνης.



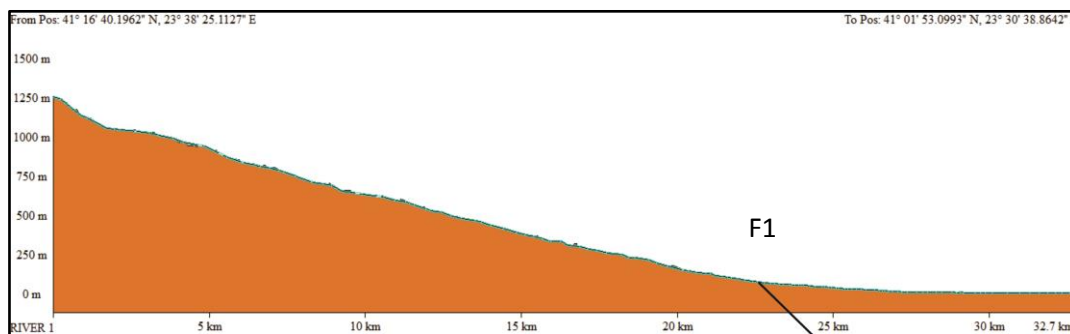
Εικόνα 94 Προβολή των 9 κύριων ρεμάτων, μεταξύ της πόλης των Σερρών και της κομποπόλεως Νέας Ζίχνης, σε μορφολογικό χάρτη μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.



Εικόνα 95 Προβολή των 9 κύριων ρεμάτων και του συνόλου των ρηξιγενών πρανών που τα τέμνουν, μεταξύ της πόλης των Σερρών και της κομόπολης Νέας Ζίχνης, σε μορφολογικό χάρτη μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.

Παρακάτω ακολουθούν εικόνες με την μορφολογία του κάθε ρέματος, τα συνολικά τους μήκη, σε ποια σημεία τέμνονται από τα ρηξιγενή πρηνή και που αυτά επηρεάζουν το ανάγλυφο των ρεμάτων της λεκάνης των Σερρών.

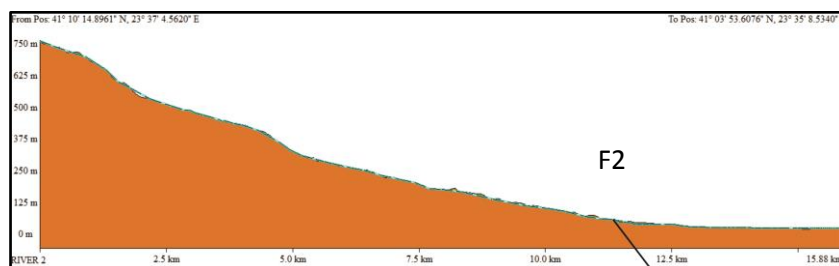
PEMA 1:



Εικόνα 96 Η μορφολογία του 1^{ου} ρέματος και του ρηξιγενούς πρηνούς που το τέμνει μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του πρώτου ρέματος είναι 32,7 km και η διεύθυνση ροής του είναι από ΒΑ προς ΝΑ. Σε απόσταση 23,508 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 80,8 m τέμνεται από το 1^ο ρηξιγενές πρηνές.

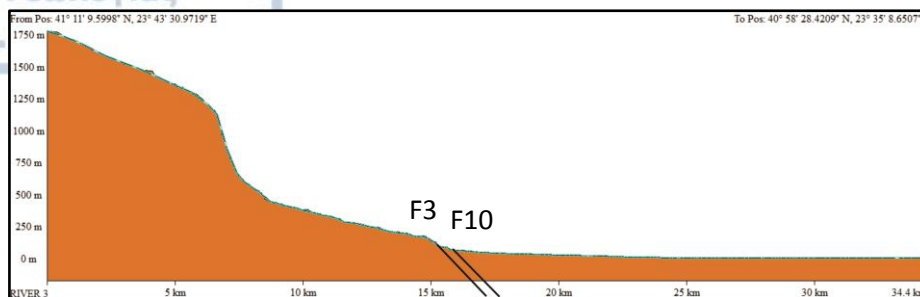
PEMA 2:



Εικόνα 97 Η μορφολογία του 2^{ου} ρέματος και του 2^{ου} ρηξιγενούς πρηνούς που το τέμνει μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του δεύτερου ρέματος είναι 15,88 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΑ. Σε απόσταση 10,984 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 83,7 m τέμνεται από το 2^ο ρηξιγενές πρηνές.

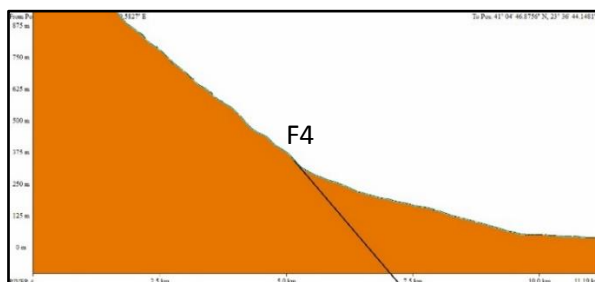
PEMA 3:



Εικόνα 98 Η μορφολογία του 3^{ου} ρέματος και των ρηξιγενών πρανών 3 και 10 που το τέμνουν μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του τρίτου ρέματος είναι 34,4 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΔ. Σε απόσταση 15,120 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 121,6 m τέμνεται από το 3^ο ρηξιγενές πρανές.. Στη συνέχεια σε απόσταση 15,425 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 88,7 m τέμνεται από το 10^ο ρηξιγενές πρανές.

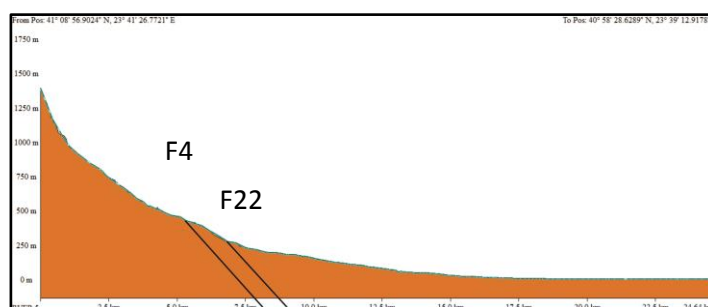
PEMA 4:



Εικόνα 99 Η μορφολογία του 4^{ου} ρέματος και του 4^{ου} ρηξιγενούς πρανούς που το τέμνει μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του τέταρτου ρέματος είναι 11,19 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΔ. Σε απόσταση 4,964 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 380,297 m τέμνεται από το 4^ο ρηξιγενές πρανές.

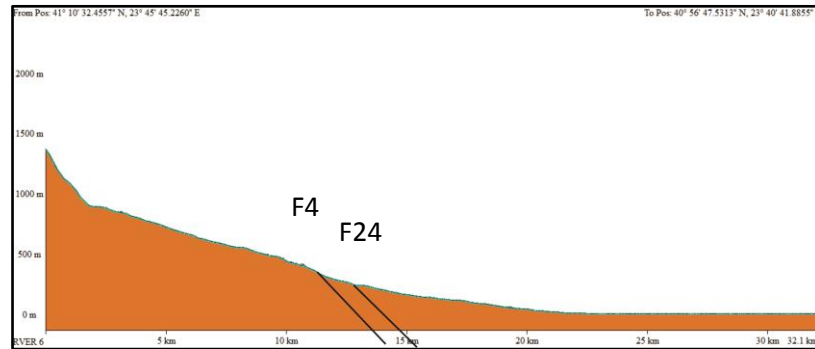
PEMA 5:



Εικόνα 100 Η μορφολογία του 5^{ου} ρέματος και των ρηξιγενών πρανών 4 και 22 που το τέμνουν μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του πέμπτου ρέματος είναι 24,64 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΔ. Σε απόσταση 6,013 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 379,273 m τέμνεται από το 4^ο ρηξιγενές πρανές.. Σε απόσταση 6,913 m από την αρχή του και σε υψόμετρο 276,214 m το ρέμα τέμνεται από το 22^ο ρηξιγενές πρανές.

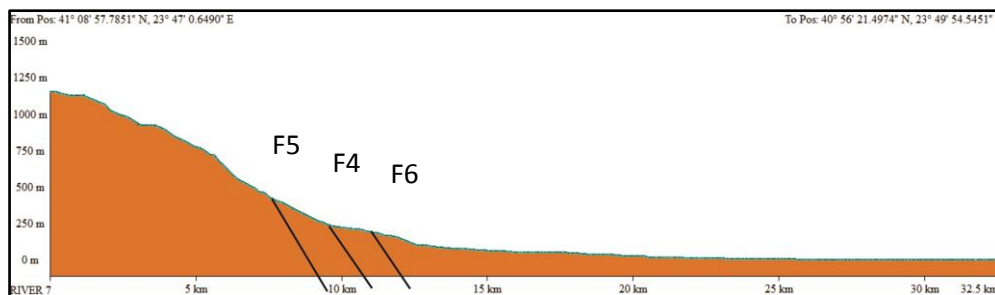
PEMA 6:



Εικόνα 101 Η μορφολογία του 6^{ου} ρέματος και των ρηξιγενών πρανών 4 και 24 που το τέμνουν μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του έκτου ρέματος είναι 32,1 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΔ. Σε απόσταση 11,84 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 295,916 m τέμνεται από το 4^ο ρηξιγενές πρανές. Σε απόσταση 13,291 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 238,977 m τέμνεται από το 24^ο ρηξιγενές πρανές.

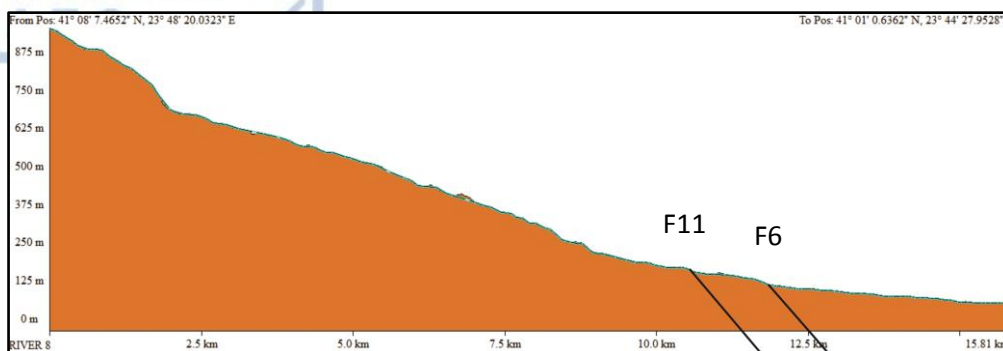
PEMA 7:



Εικόνα 102 Η μορφολογία του 7ου ρέματος και των ρηξιγενών πρανών 5, 4 και 6 που το τέμνουν μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του έβδομου ρέματος είναι 32,5 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΔ. Σε απόσταση 8,688 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 321,7 m τέμνεται από το 5^ο ρηξιγενές πρανές.. Σε απόσταση 9,207 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 256,8 m τέμνεται από το 4^ο ρηξιγενές πρανές. Τέλος σε απόσταση 10,477 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 211,3 m τέμνεται από το 6^ο ρηξιγενές πρανές.

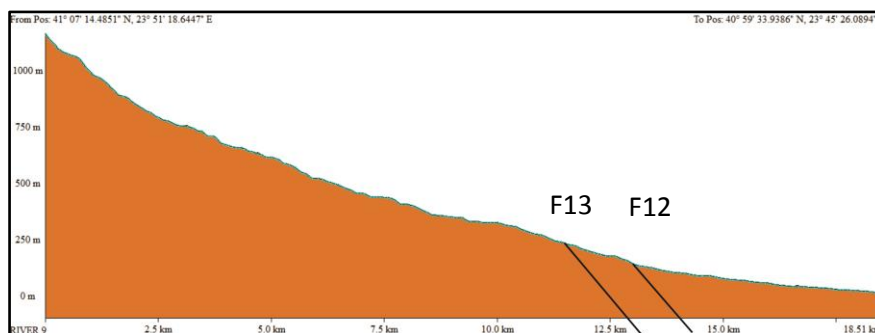
ΡΕΜΑ 8:



Εικόνα 103 Η μορφολογία του 8^{ου} ρέματος και των ρηξιγενών πρανών 11 και 6 που το τέμνουν μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του όγδοου ρέματος είναι 15,81 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΔ. Σε απόσταση 10,38 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 162,8 m τέμνεται από το 11^ο ρηξιγενές πρανές. Σε απόσταση 11,6 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 130 m τέμνεται από το 6^ο ρηξιγενές πρανές.

ΡΕΜΑ 9:



Εικόνα 104 Η μορφολογία του 9^{ου} ρέματος και των ρηξιγενών πρανών 13 και 12 που το τέμνουν μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 και Corel Draw.

Το συνολικό μήκος του ένατου ρέματος είναι 18,51 km και η ροή του είναι από ΒΑ προς ΝΔ. Σε απόσταση 11,872 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 203,3 m τέμνεται από το 13^ο ρηξιγενές πρανές. Επίσης σε απόσταση 12,775 km από την αρχή του και σε υψόμετρο 140,9 m τέμνεται από το 12^ο ρηξιγενές πρανές.

Οι γωνίες κλίσης όλων των ρηγμάτων δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν από υπαίθρια παρατήρηση λόγω πυκνής φυτοκάλυψης και δύσβατου της περιοχής.

6.4 Παραμορφωτικές φάσεις

Σύμφωνα με τον (Lybérís, 1984) προσδιορίζονται τρεις κύριες εφελκυστικές φάσεις κατά το Νεογενές στη λεκάνη των Σερρών. Οι φάσεις από την παλαιότερη προς την νεότερη είναι:

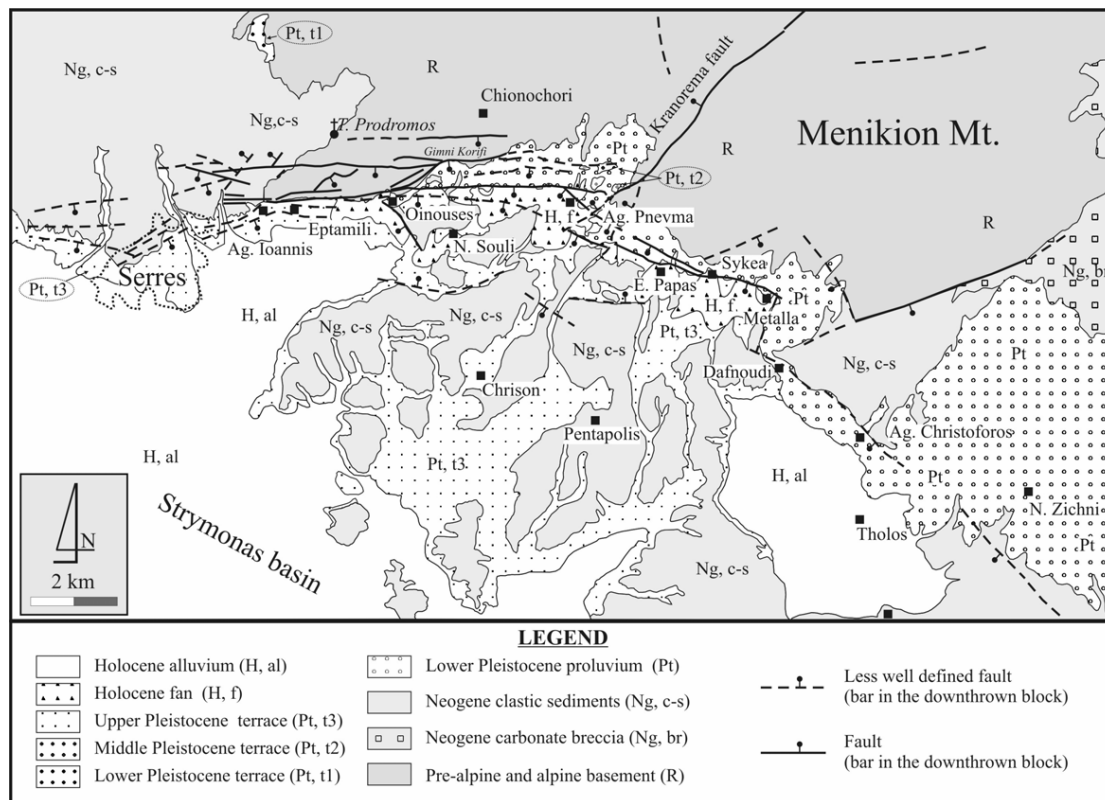
- 1) Εφελκυσμός παράταξης ΒΔ – ΝΑ, έλαβε χώρα μετά το Μέσο Μειόκαινο.
- 2) Εφελκυσμός παράταξης ΒΑ – ΝΔ, έλαβε χώρα μετά το Κάτω Πλειόκαινο μέχρι το Κάτω Πλειστόκαινο.
- 3) Εφελκυσμός παράταξης Β – Ν, έλαβε χώρα μετά το Άνω Πλειστόκαινο μέχρι και σήμερα.

Σύμφωνα με τον Zagorcen (1992) προτείνεται ότι η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών αντιστοιχεί σε δεξιόστροφη κίνηση πλαγιοκανονικού ρήγματος που έλαβε χώρα κατά την τελευταία αλπική περίοδο στο Κάτω Μειόκαινο.

Σύμφωνα με τον Tranos (2011) στη λεκάνη των Σερρών παρατηρούνται 5 τεκτονικά γεγονότα τα οποία έλαβαν χώρα από το Κάτω Μειόκαινο έως σήμερα.

1. Κατά το Κάτω Μειόκαινο έλαβε χώρα συμπίεστική τεκτονική, σε καθεστώς καθαρής συμπίεσης διευθύνσεως Β – Ν, η οποία προκάλεσε τον σχηματισμό ανάστροφων ρηγμάτων παράταξης Α – Δ μικρής γωνίας κλίσης με πλάγια ολίσθηση.
2. Κατά το Κάτω – Μέσο Μειόκαινο έλαβε χώρα συμπίεστική τεκτονική διευθύνσεως Β – Ν, με παρατάξεις ρηγμάτων από ΒΔ – ΝΑ έως ΒΒΔ – ΝΝΑ. Τα ΒΔ – ΝΑ ρήγματα έχουν μεγάλη γωνία κλίσης και συμπεριφέρονται ως ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης.
3. Κατά το Μέσο – Άνω Μειόκαινο ακολούθησε εφελκυστική τεκτονική διευθύνσεως ΒΔ – ΝΑ που προκάλεσε κανονικά και πλαγιοκανονικά ρήγματα παράταξης ΒΑ – ΝΔ με μικρή έως μεγάλη γωνία κλίσης και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΑ. Ο εφελκυσμός επηρέασε το κρυσταλλικό υπόβαθρο, τον γρανίτη της Μεσολακιάς και τα Μέσω – Άνω Μειοκαινικά ιζήματα.
4. Κατά το Άνω Μειόκαινο – Πλειόκαινο (6,1 – 2,5 Ma BP) έλαβε χώρα εφελκυστική τεκτονική διευθύνσεως ΒΑ – ΝΔ, η οποία προκάλεσε κανονικά ρήγματα παράταξης ΒΔ – ΝΑ μικρής γωνίας κλίσης. Τα ρήγματα τέμνουν τα Νεογενή ιζήματα της λεκάνης των Σερρών.

5. Κατά το Τεταρτογενές (1,8 Ma BP – σήμερα) έλαβε χώρα εφελκυστική τεκτονική διεθύνσεως BBD – NNA, η οποία προκάλεσε πλαγιοκανονικά και κανονικά ρήγματα παράταξης ABA – ΔΝΔ μεγάλης γωνίας κλίσης καθώς και κανονικά ρήγματα (Ρηξιγενής Ζώνη Σερρών) παράταξης Α – Δ μεγάλης γωνίας κλίσης Εικόνα 105. Σύμφωνα με τους Tranos and Mountrakis (2004) η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών έχει παράταξη Α – Δ.



Εικόνα 105 Γεωλογικός – τεκτονικός χάρτης της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών (Tranos and Mountrakis, 2004). Τα γεωλογικά όρια καθορίστηκαν από τους γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.00, Φύλλα Σέρρες (ΙΓΜΕ 1980) και Προσοτσάνη (ΙΓΜΕ 1988).

Από την πόλη των Σερρών μέχρι την κομόπολη της Νέας Ζίχνης παρατηρούνται στην μορφολογία της περιοχής κανονικά ρήγματα παρατάξεων από Α – Δ, ABA – ΔΝΔ έως ΔΒΔ – ΑΝΑ τα οποία επηρεάζουν τις αποθέσεις των Τεταρτογενών ιζημάτων τέμνοντάς τα κατά μήκος των νοτίων πλαγιών του Όρους Μενιοκίου σε συνολικό μήκος 30 km. Στην περιοχή αυτή παρατηρούνται τέσσερις κλάδοι ρηγμάτων σύμφωνα με Tranos and Mountrakis (2004).

Οι κλάδοι αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

6.4.1 Κλάδος Σερρών.

Ο κλάδος εκτείνεται από την πόλη των Σερρών μέχρι την κοινότητα Επταμύλων, αποτελείται από κανονικά ρήγματα παράταξης ABA – ΔNΔ και A – Δ, με διεύθυνση κλίσης προς τα NNA. Τα ρήγματα συναντώνται επάνω στο όριο Νεογενών με Τεταρτογενή ιζήματα και διαχωρίζουν το λοφώδες τμήμα προς τα Βόρεια αποτελούμενο από Νεογενή ιζήματα, από την Τεταρτογενή πλημμυρική πεδιάδα στα Νότια, με συνολικό μήκος ρηγμάτων 6,5 km.



Εικόνα 106 Κλάδος Σερρών.

6.4.2 Κλάδος Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα.

Ο κλάδος εκτείνεται από την κοινότητα Επταμύλων μέχρι και την κοινότητα Αγ. Πνεύμα, έχει συνολικό μήκος 10 km, παράταξη A – Δ, γωνία κλίσης από μεγάλη έως πολύ μεγάλη και διεύθυνση κλίσης προς τα N. Ο κλάδος επηρεάζει τις αποθέσεις των Τεταρτογενών ιζημάτων και τις αποθέσεις ριπιδίων μέχρι το όριο του Ανώτερου Πλειστοκαίνου με το Ολόκαινο. Το ρήγμα των Επταμύλων χωρίζει το κρυσταλλικό υπόβαθρο στα βόρεια από τα ιζήματα του Ανώτερου Πλειστοκαίνου στα νότια.



Εικόνα 107 Κλάδος Επταμύλων - Αγιο Πνεύμα.

6.4.3 Κλάδος Άγιο Πνεύμα – Μέταλλα

Ο κλάδος εκτείνεται από την κοινότητα Άγιο Πνεύμα μέχρι την κοινότητα Μέταλλα, έχει συνολικό μήκος 6,5 km και αποτελείται από δύο ρήγματα παράταξης ΔΒΔ – ΑΝΑ. Το βόρειο τμήμα ονομάζεται Αγ. Πνεύμα – Συκιά και το νότιο τμήμα ονομάζεται Εμ. Παππάς – Μέταλλα.



Εικόνα 108 Κλάδος Άγιο Πνεύμα – Μέταλλα.

6.4.4 Κλάδος Δαφνούδι – Νέα Ζίχνη

Ο κλάδος του ρήγματος εκτείνεται από το χωριό Δαφνούδι περνάει από το χωριό Αγ. Χριστόφορος και καταλήγει νοτιότερα της κωμόπολης Νέας Ζίχνης, έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ, μέτρια γωνία κλίσης και διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ.



Εικόνα 109 Κλάδος Δαφνούδι - Νέα Ζίχνη

Η μετατόπιση των ρηγμάτων κυμαίνεται από κανονική έως πλαγιοκανονική. Διαπιστώνεται μόνο μία υπολειμματική γράμμωση έκτασης η οποία δείχνει αριστερή πλευρική κίνηση οριζόντιας μετατόπισης πιθανόν λόγω παλαιότερης οριζόντιας μετατόπισης ή transpressional τεκτονικού γεγονότος Tranos and Mountrakis, (2004).

Η παλαιότερη επαναδραστηριοποίηση σημειώνεται στον κλάδο του ρήγματος Δαφνούδι – Νέας Ζίχνης παράταξης ΒΔ – ΝΑ και αργότερα στον κλάδο Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα παράταξης ΒΔ – ΝΑ. Η επαναδραστηριοποίηση αυτή οφείλεται στη δράση του ΒΑ – ΝΔ εφελκυσμού παλαιότερου του Β – Ν εφελκυσμού που προκάλεσε την νεότερη επαναδραστηριοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης Σερρών κατά μήκος των κλάδων ρηγμάτων Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα παράταξης Α – Δ και Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα παράταξης Α – Δ.

Η σειρά των επεισοδίων επαναδραστηριοποίησης των κλάδων ρηγμάτων Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα και Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα της ρηξιγενής ζώνης των Σερρών σύμφωνα με τους Tranos and Mountrakis (2004) είναι η ακόλουθη:

- 1) Πρώτη επαναδραστηριοποίηση έλαβε χώρα στον κλάδο του ρήγματος Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα, παράταξης Α – Δ, ο οποίος επηρέασε το κρυσταλλικό υπόβαθρο του Μενοίκιου όρους στα Βόρεια με τα Κατώτερου Πλειστοκαίνου Τεταρτογενή ιζήματα στα Νότια του ρήματος.
- 2) Δεύτερη επαναδραστηριοποίηση έλαβε χώρα στους κλάδους των ρηγμάτων Αγ. Πνεύμα – Συκιά και Δαφνούδι – Αγ. Χριστόφορος, παράταξης Α – Δ, διεύθυνσης κλίσης Ν και γωνία κλίσης μέτρια.
- 3) Τρίτη επαναδραστηριοποίηση έλαβε χώρα στον κλάδο του ρήγματος Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα με παράταξη Α – Δ, συγκεκριμένα στα ανατολικά του χωριού Οινούσες, ο οποίος κατευθύνεται προς τους κλάδους ρηγμάτων Αγ. Πνεύμα – Συκιάς. Κατά την διάρκεια αυτού του τεκτονικού γεγονότος ο κλάδος του ρήγματος Κρανόρεμα με παράταξη ΒΒΑ – ΝΝΔ λειτούργησε ως φράγμα μεταξύ των δύο προαναφερθέντων κλάδων του ρήματος.

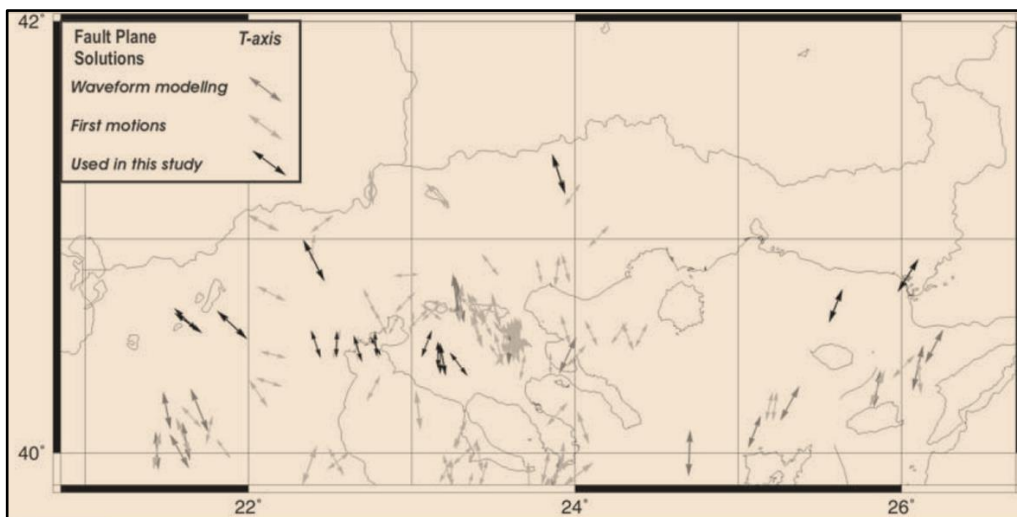
Σήμερα οι πιο ενεργοί κλάδοι της ρηξιγενής ζώνης των Σερρών σύμφωνα με Tranos and Mountrakis (2004) είναι των Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα και Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα, με παράταξη Α – Δ και ΔΒΔ – ΑΝΑ, ενώ ο κλάδος του ρήγματος Δαφνούδι – Νέας Ζίχνης με παράταξη ΒΔ – ΝΑ, είναι λιγότερο επαναδραστηριοποιημένος κατά το Τεταρτογενές.

6.5 Πεδίο των τάσεων

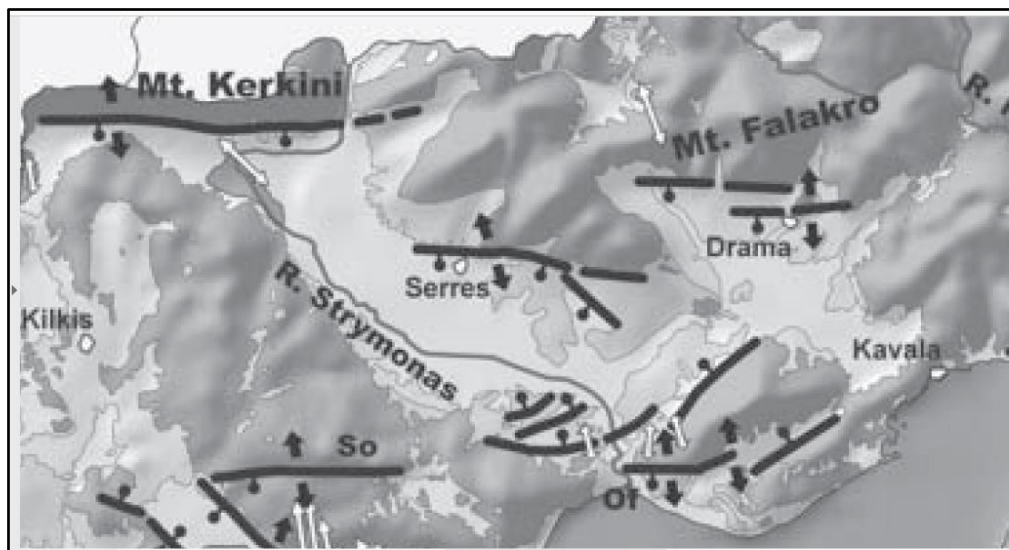
Στη ρηξιγενή ζώνη έλαβαν χώρα δύο ξεχωριστά τεκτονικά γεγονότα παραμόρφωσης. Στο πρώτο εφελκυστικό τεκτονικό γεγονός επαναδραστηριοποιήθηκε η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών με τον ελάχιστο άξονα τάσης (σ_3) να είναι οριζόντιος και η παράταξή του BA – NΔ. Στο δεύτερο και νεότερο εφελκυστικό τεκτονικό γεγονός ο ελάχιστος άξονας τάσεων (σ_3) ήταν οριζόντιος και η παράταξη του BBA – NNA. Η επαναδραστηριοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών λαμβάνει χώρα με πλάγια αριστερή πλευρική κανονική επαναδραστηριοποίηση των A – Δ κλάδων των ρηγμάτων σύμφωνα με Tranos and Mountrakis (2004).

Σύμφωνα με τους Mercier et al., (1989) κατά το Άνω Μειόκαινο με την έναρξη της Νεοτεκτονικής παραμόρφωσης στη Β. Ελλάδα, ο εφελκυσμός που ασκήθηκε είχε τον ελάχιστο κύριο άξονα τάσεων (σ_3) με παράταξη BA – NΔ κατά το Άνω Μειόκαινο – Πλειόκαινο και με παράταξη B – N κατά το Κάτω Πλειστόκαινο – Σήμερα. Το BA – NΔ πεδίο εφελκυστικών τάσεων δραστηριοποίησε κανονικά ρήγματα παράταξης BBA – NNA έως BA – NA και οδήγησε στον σχηματισμό των κυρίως ρηγμάτων που οριοθετούν τις λεκάνες Δράμας, Στρυμόνα, Αξιού, Θεσσαλονίκης και Πτολεμαΐδας. Η εφελκυστική τάση παράταξης B – N ενεργοποίησε κανονικά ρήγματα παράταξης A – Δ τα οποία ανέπτυξαν εκ νέου τις ήδη σχηματισμένες λεκάνες που οριοθετούνταν από παλαιότερα ρήγματα. Η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών έχει και αυτή παράταξη A – Δ έως BA – NA κάθετα στον σημερινό άξονα εφελκυσμού διεύθυνσης B – N γεγονός που την καθιστά πιθανά ενεργή.

Παρακάτω ακολουθούν η Εικόνα 110 και η Εικόνα 111 οι οποίες απεικονίζουν τον γενικό εφελκυσμό που επικρατεί σήμερα στη Βόρειο Ελλάδα και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τον εφελκυσμό που επικρατεί στη λεκάνη των Σερρών σύμφωνα με τους (Mountrakis et al., 2006).



Εικόνα 110 Ο άξονας του γενικού εφελκυσμού στη Β. Ελλάδα διεύθυνσης Β - Ν (Mountrakis et al., 2006).



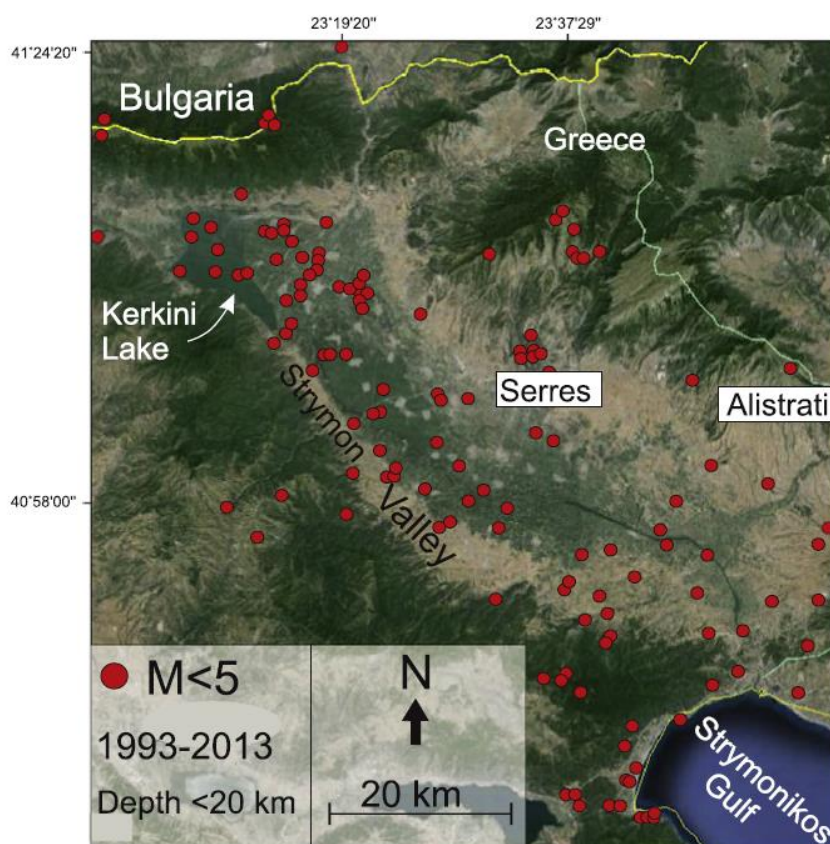
Εικόνα 111 Ο άξονας του εφελκυσμού όσον αφορά τοπικά τη λεκάνη των Σερρών διεύθυνσης Β - Ν (Mountrakis et al., 2006).

6.6 Νεοτεκτονικά ρήγματα της περιοχής

Σύμφωνα με τους Ψιλοβίκος κ. σ. (2001) η κλιμακωτή ανάπτυξη του ανάγλυφου της περιοχής αρχίζει από τους πρόποδες του Μενοίκιου όρους στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο σε υψόμετρο 400 – 500 m και συνεχίζεται μέχρι τα πολύ χαμηλά υψόμετρα των 10 – 50 m. Η κλιμακωτή ανάπτυξη προκαλεί τεμαχισμό του ενιαίου πρσανούς σε επιμέρους μικρότερα τμήματα. Η διαδικασία αυτή είχε ως αποτέλεσμα τα εσωτερικά και χαμηλότερα τμήματα της λεκάνης των Σερρών να ταπεινωθούν ακόμη περισσότερο και τα εξωτερικά και ψηλότερα τμήματα να ανυψωθούν. Η κλίση των ιζηματογενών στρωμάτων σε όλα τα Νεογενή ιζήματα είναι προς το Μενοίκιο όρος, εν αντιθέσει με την κλίση των πρσανών των ρηγμάτων που κλίνουν προς την διεύθυνση της λεκάνης των Σερρών.

Κανένα σεισμικό δεδομένο δεν είναι διαθέσιμο για οποιονδήποτε ιστορικό σεισμό επάνω στην ρηξιγενή ζώνη των Σερρών. Οι Mountrakis et al. (2006) θεωρούν πιο πιθανόν να δώσουν κάποιο σεισμό στο μέλλον οι πιο ενεργοί κλάδοι της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών που είναι οι Επτάμυλοι – Αγ. Πνεύμα και Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα, οι οποίοι ελέγχονται από εφελκυσμό διεύθυνσης ΒΒΔ – ΝΝΑ και τέμνουν ιζήματα Άνω Τεταρτογενούς. Ο μέγιστος αναμενόμενος σεισμός στην περιοχή εκτιμάται ότι μπορεί να έχει μέγεθος M 5,6 σύμφωνα με Mountrakis et al. (2006) με βάση το μήκος της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών που είναι 30 km σε μήκος.

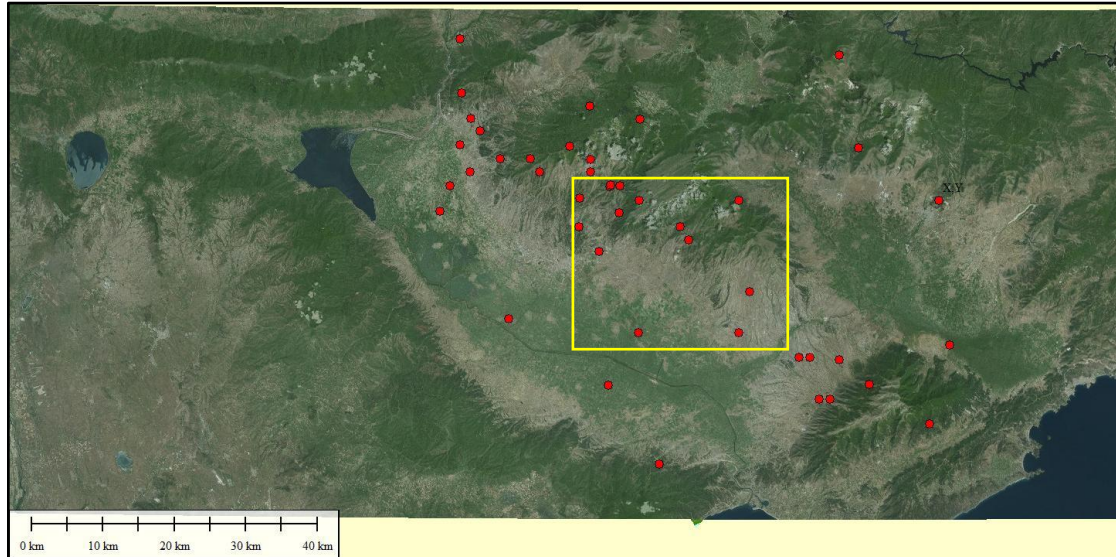
Σύμφωνα με τους Mouslopoulou et al. (2014) κανένας ιστορικός σεισμός δεν καταγράφηκε στα νοτιότερα τμήματα της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών. Σύμφωνα με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών περίπου 140 σεισμοί με μέγεθος $M < 5$ έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών σε βάθη < 20 km κατά μήκος της κοιλάδας των Σερρών Εικόνα 112 σε ένα πλάτος 20 km. Από την χρήση GPS δεδομένων προκύπτει ότι η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών είναι ενεργή με πλευρική μετατόπιση $3,3 \pm 0,3$ mm/yr.



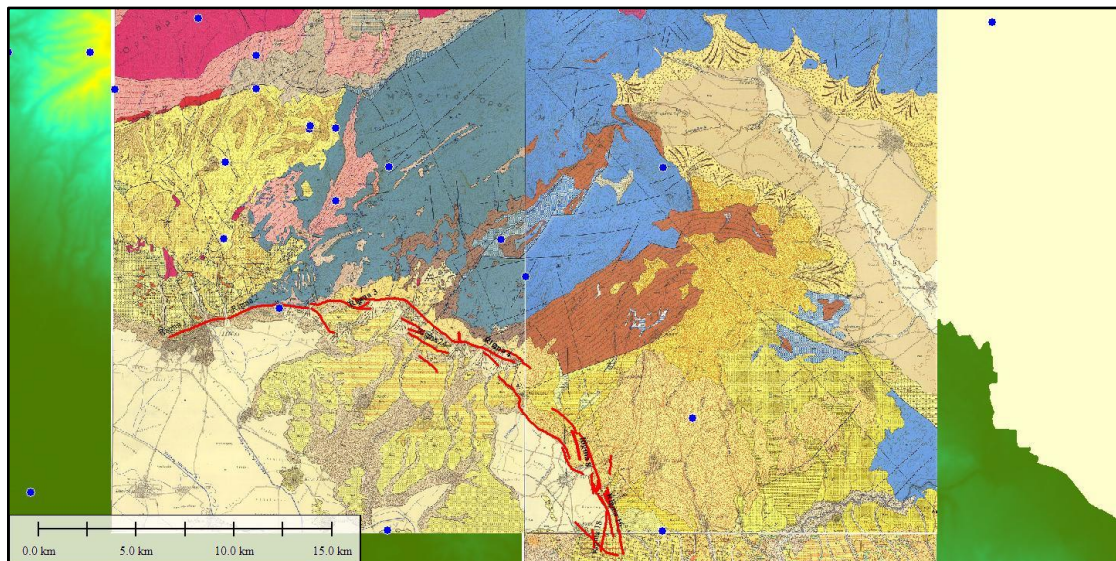
Εικόνα 112 Μικρή έως μέτρια σεισμική δραστηριότητα $M < 5$, με επίκεντρα σεισμών σε βάθη < 20 km στο φλοιό της λεκάνης των Σερρών, κατά τη διάρκεια των 20 ετών (1993-2013). Τα δεδομένα ελήφθησαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (<http://www.gein.noa.gr/en/>). (Mouslopoulou et al., 2014).

Σύμφωνα με τον Σεισμολογικό Σταθμό του Τομέα Γεωφυσικής του Α.Π.Θ. και συγκεκριμένα από τον κατάλογο σεισμών των Papazachos et al. (2000) στον οποίο έχουν καταγραφεί όλοι σεισμοί που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου κατά το χρονικό διάστημα 550 π. Χ. – 1999 και είχαν μεγέθη $M > 4.5$ και από τον κατάλογο σεισμών των Papazachos et al. (2010) στον οποίο έχουν καταγραφεί όλοι οι σεισμοί που έγιναν κατά το χρονικό διάστημα 1995 – 2010 και είχαν μεγέθη $M > 4.5$,

προκύπτουν οι παρακάτω εικόνες 114 και 115 στις οποίες απεικονίζεται η κατανομή των epicέντρων των σεισμών σε όλη την λεκάνη των Σερρών καθώς και στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης.



Εικόνα 113 Η κατανομή των epicέντρων των σεισμών στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης των Σερρών, μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15.



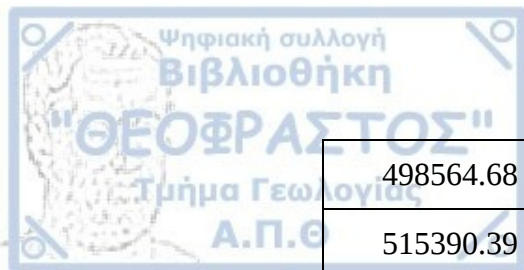
Εικόνα 114 Η κατανομή των epicέντρων των σεισμών στην ευρύτερη περιοχή του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, προβαλλόμενα στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής. (Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες (ΙΓΜΕ 1980) - φύλλο Προσοτσάνη (ΙΓΜΕ 1988)- φύλλο Ροδόλιβος (1982))).

Παρακάτω δίνονται οι συντεταγμένες των epicέντρων των σεισμών που έλαβαν χώρα στη λεκάνη των Σερρών από το 550 π.Χ. – 2010, καθώς και τα μεγέθη αυτών.

**ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΜΕ ΜΕΓΕΘΗ
M > 4.5 ΣΤΟ ΠΡΟΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ GGRS87**

X	Y	M	Αρίθμηση Σεισμών
513832.86	4556986.93	6.7	1
541796.24	4557094.01	6.8	2
485869.54	4556986.93	6.4	3
499851.20	4612482.74	5.5	4
485869.54	4556986.93	5.1	5
485869.54	4556986.93	5.0	6
448474.45	4607115.22	6.2	7
485834.17	4538484.93	5.5	8
485869.54	4556986.93	5.0	9
485976.35	4612496.15	4.6	10
471887.86	4557027.08	5.6	11
471817.13	4538525.05	4.8	12
467579.55	4531141.64	5.4	13
499851.20	4577326.35	4.6	14
478862.77	4551453.00	5.2	15
502644.69	4564375.02	4.6	16
505506.30	4625715.38	4.6	17
505411.09	4629416.18	4.5	18
467818.26	4558955.75	4.7	19
469169.73	4559011.61	4.6	20
477609.18	4553337.77	4.5	21
463480.42	4553363.57	5.8	22
463546.52	4557279.65	4.9	23

456658.65	4562868.08	4.8	24
472047.58	4568343.98	4.5	25
464983.38	4570224.71	4.5	26
465125.52	4561003.37	4.6	27
449675.93	4566675.18	4.5	28
469154.04	4555280.31	4.5	29
448385.10	4568442.03	5.3	30
448216.34	4561041.81	4.8	31
453606.57	4540467.39	6.5	32
446892.83	4564813.69	4.5	33
457928.48	4560979.51	4.6	34
445453.11	4559057.35	4.6	35
447038.12	4571998.24	4.5	36
488937.00	4597688.07	4.5	37
452467.24	4562863.28	4.7	38
465133.60	4562699.43	4.7	39
444074.09	4555428.73	4.6	40
512511.77	4525747.20	4.6	41
466285.37	4549834.67	4.9	42
481893.20	4597948.89	4.5	43
467888.82	4559109.63	4.5	44
551558.17	4586855.15	5.5	45
471592.74	4441675.16	4.6	46
458214.37	4590460.12	4.5	47
446884.20	4579585.97	4.5	48
487362.44	4544217.75	4.6	49



498564.68	4529220.88	4.6	50
515390.39	4536761.16	4.6	51
499897.94	4534771.22	5.0	52
495784.36	4535049.87	5.1	53
494311.87	4535020.00	5.3	54
504060.41	4531287.97	4.7	55
462162.87	4564595.33	4.6	56
474674.72	4520167.18	4.8	57
497044.26	4529221.30	4.6	58

7 ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

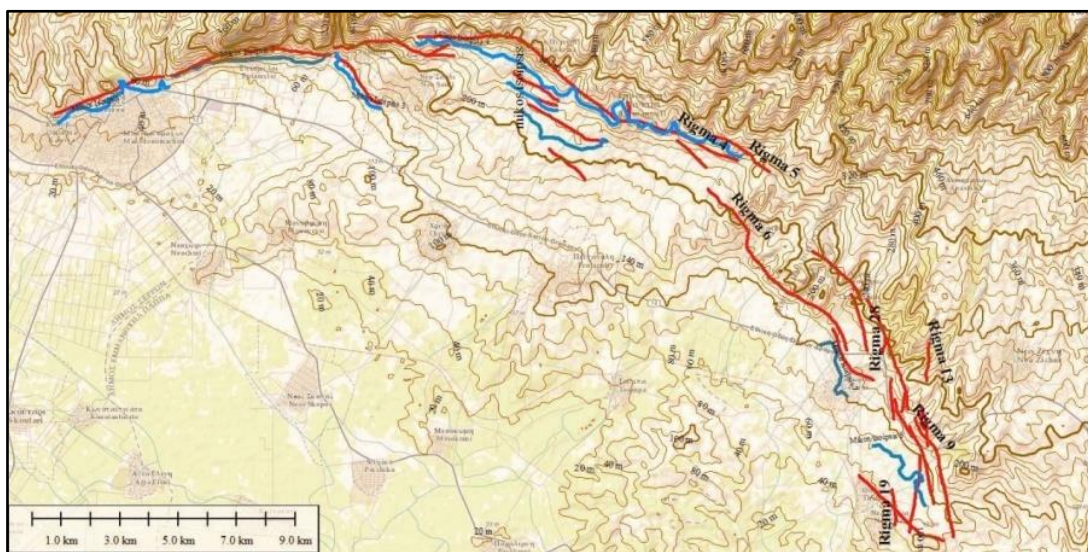
Παρακάτω γίνεται προσπάθεια υπολογισμού δύο μορφοτεκτονικών δεικτών στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών. Για να εφαρμοστούν οι μορφοτεκτονικοί δείκτες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, μέσω της χρήσης των προγραμμάτων Global Mapper 15 και Corel DRAW X6.

7.1 Μορφοτεκτονικοί δείκτες για τη λεκάνη

Στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών σύμφωνα με την μορφολογία της περιοχής εφαρμόστηκαν δύο μορφοτεκτονικοί δείκτες. Οι δείκτες αυτοί είναι ο δείκτης δαντέλωσης στους πρόποδες των βουνών S_{mf} (Bull, 1977, 1978) και ο λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος V_f (Bull, 1977, 1978) από Keller & Pinter 2002. Οι δείκτες αυτοί αναλύθηκαν λεπτομερώς σε προηγούμενο κεφάλαιο.

7.1.1 Δείκτης Δαντέλωσης (S_{mf}) στους πρόποδες των βουνών κατά (Keller & Pinter 1996)

Ο πρώτος μορφοτεκτονικός δείκτης που εφαρμόστηκε στην περιοχή μελέτης είναι ο δείκτης δαντέλωσης στους πρόποδες των βουνών (S_{mf}) διότι κρίθηκε κατάλληλος σύμφωνα με τη μορφολογία της περιοχής. Παρακάτω αναλύονται τα ρηξιγενή πρηνή που επιλέχθηκαν να μελετηθούν από την περιοχή μελέτης Εικόνα 115 και Εικόνα 116. Με κόκκινο χρώμα συμβολίζονται τα ρηξιγενή πρηνή και με μπλε χρώμα τα αντίστοιχα μήκη των ισοψών που επιλέχθηκαν να μετρηθούν.

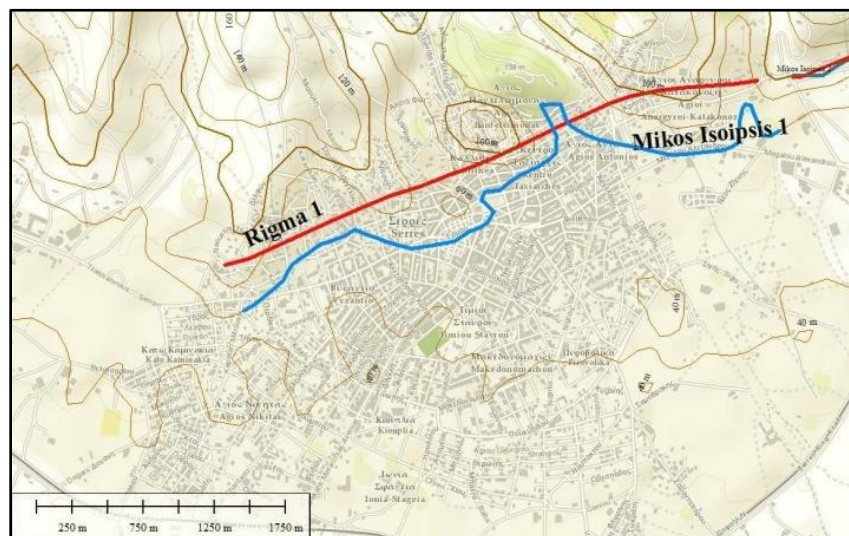


Εικόνα 115 Προβολή σε μορφολογικό χάρτη του συνόλου των ρηξιγενών πρηνών (κόκκινο) της περιοχής μελέτης και τα επιλεγμένα μήκη ισοψών (μπλε), μέσω χρήσης του προγράμματος Global Mapper 15.



Εικόνα 116 Προβολή σε γεωγραφικό χάρτη του συνόλου των ρηξιγενών πρανών (κόκκινο) της περιοχής μελέτης και του αντίστοιχου μήκους επιλεγμένων ισοϋψών (μπλε), μέσω χρήσης του προγράμματος Global Mapper 15.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S1:

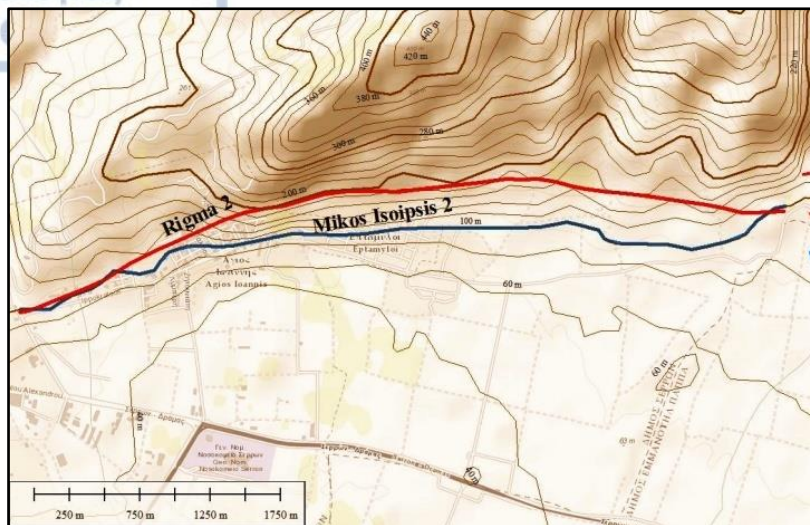


Εικόνα 117 Απεικόνιση του 1^{ου} ρηξιγενούς πρανός και της αντίστοιχου μήκους ισοϋψούς του.

Μήκος Ισοϋψούς (1) = 4.054 km

Μήκος Ρήγματος (1) = 3.072 km

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S2:

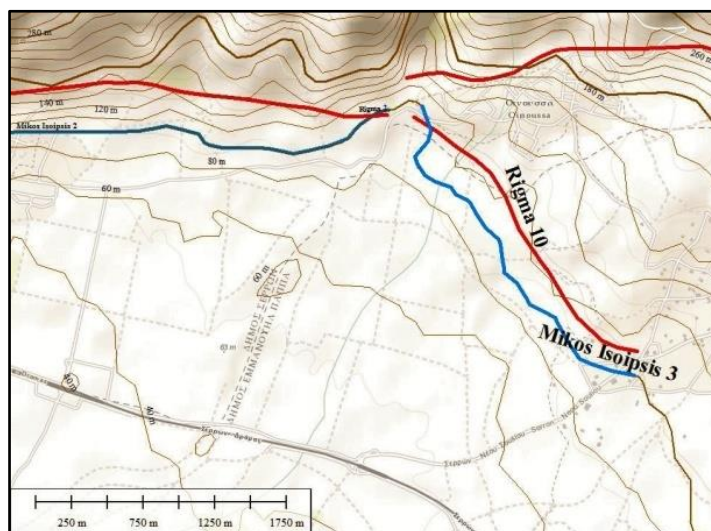


Εικόνα 118 Απεικόνιση 2^{ου} ρηξιγενούς πρανές και της αντίστοιχου μήκους ισοϋψούς του.

Μήκος Ισοϋψούς (2) = 4.331 km

Μήκος Ρήγματος (2) = 4.240 km

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S3:

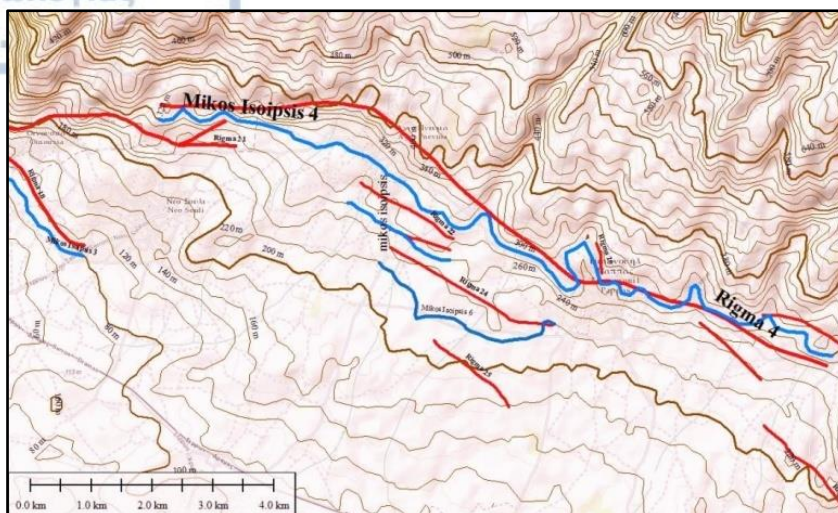


Εικόνα 119 Απεικόνιση του 10^{ου} ρηξιγενούς πρανές και της αντίστοιχου μήκους ισοϋψούς του.

Μήκος Ισοϋψούς (3) = 2.046 km

Μήκος Ρήγματος (10) = 1.764 km

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S4:

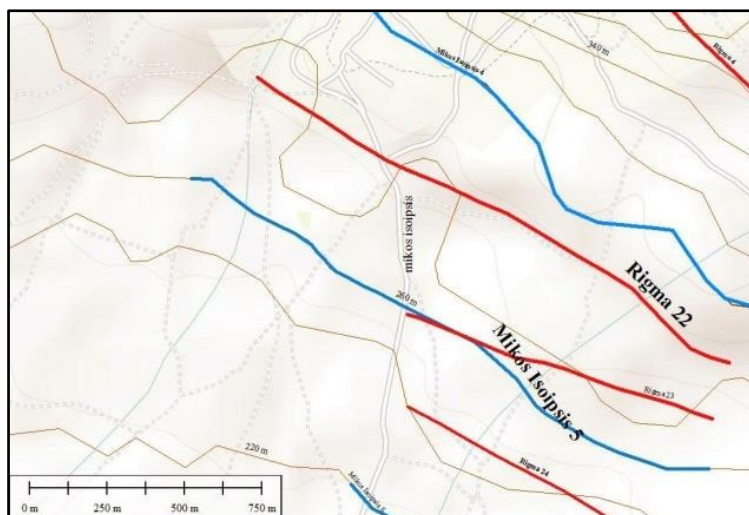


Εικόνα 120 Απεικόνιση του 4^{ου} ρηξιγενούς πρανές και της αντίστοιχου μήκους ισοΰσους του.

Μήκος Ισοΰσους (4) = 11.460 km

Μήκος Ρήγματος (4) = 9.239 km

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S5:

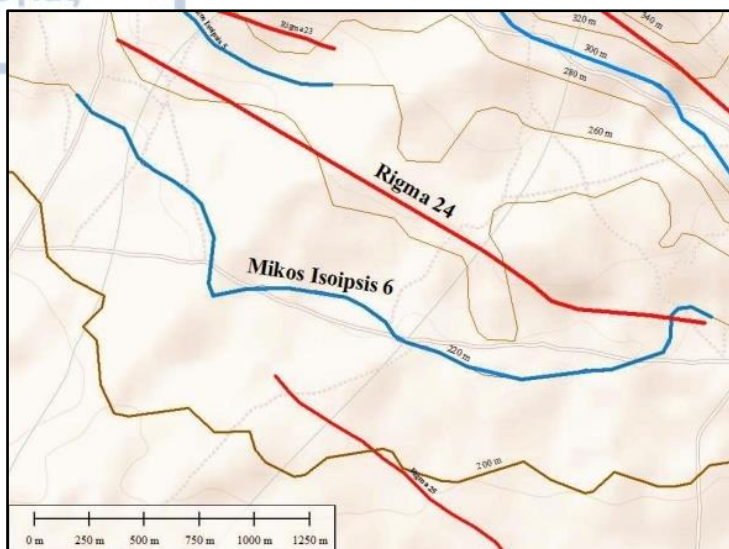


Εικόνα 121 Απεικόνιση του 22^{ου} ρηξιγενούς πρανές και της αντίστοιχου μήκους ισοΰσους του.

Μήκος Ισοΰσους (5) = 1.478 km

Μήκος Ρήγματος (22) = 1.379 km

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S6:

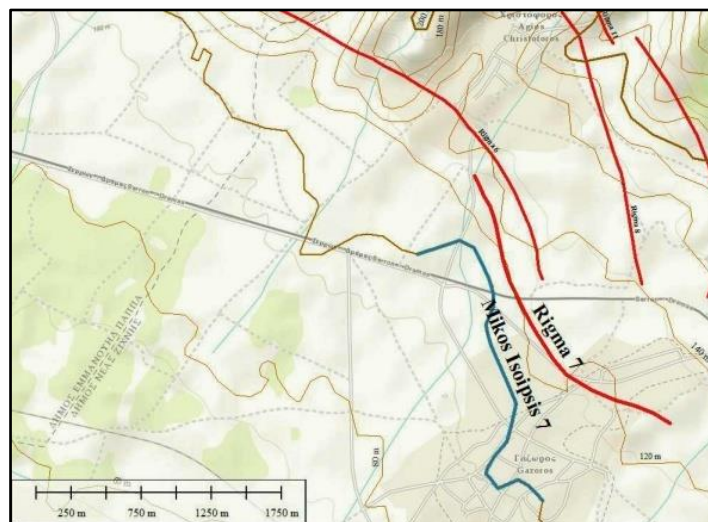


Εικόνα 122 Απεικόνιση του 24^{ου} ρηξιγενούς πρανές και της αντίστοιχου μήκους ισοϋψούς του.

Μήκος Ισοϋψούς (6) = 2.822 km

Μήκος Ρήγματος (24) = 2.296 km

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S7:

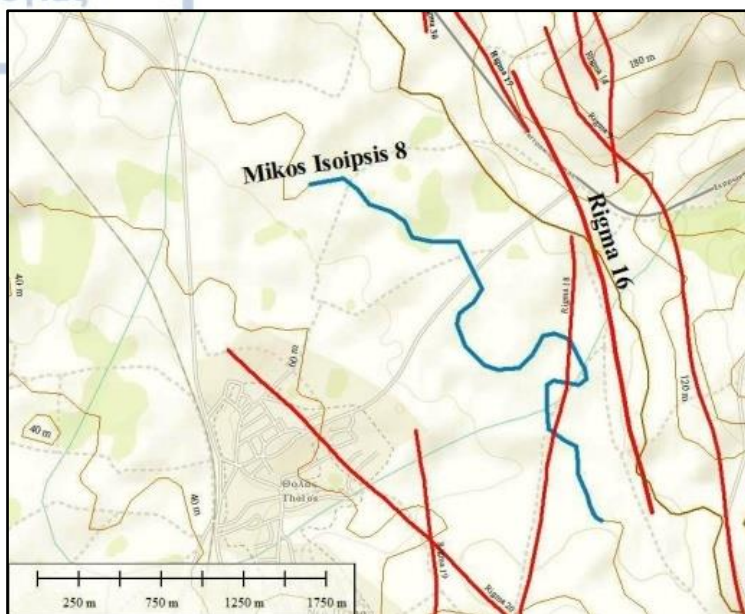


Εικόνα 123 Απεικόνιση του 7^{ου} ρηξιγενούς πρανές και της αντίστοιχου μήκους ισοϋψούς του.

Μήκος Ισοϋψούς (7) = 2.037 km

Μήκος Ρήγματος (7) = 1.811 km

ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΑΝΤΕΛΩΣΗΣ S8:



Εικόνα 124 Απεικόνιση του 16^{ου} ρηξιγενούς πρηνές και της αντίστοιχου μήκους ισοΰψους του.

Μήκος Ισοΰψους (8) = 3.074 km

Μήκος Ρήγματος (16) = 2.107 km

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του μήκους όλων των εξεταζόμενων ρηξιγενών πρηνών και του αντίστοιχου μήκους ισοΰψων τους προκύπτει ο παρακάτω πίνακας Εικόνα 125, από τον οποίο εξάγουμε συμπεράσματα για το ποια ρηξιγενή πρηνή είναι περισσότερο ενεργά σήμερα.

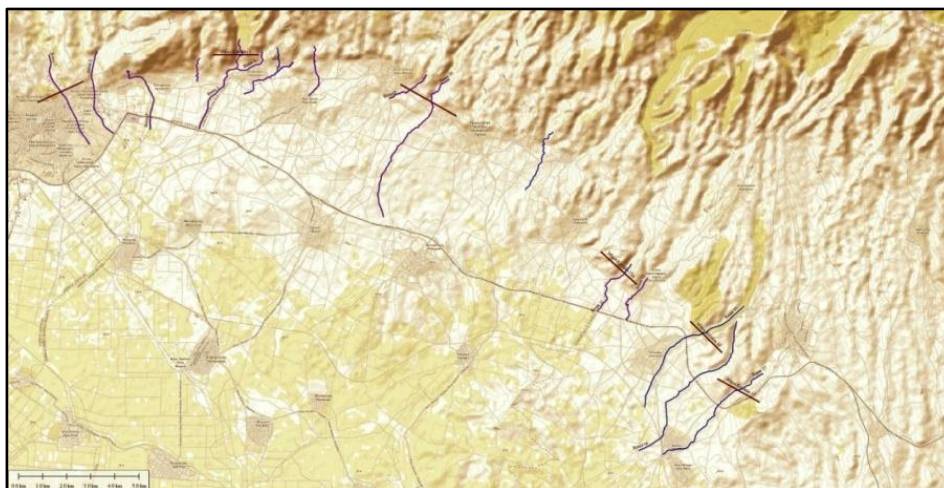
Ρήγματα	Δείκτης Δαντέλωσης		Τα ενεργά πρηνή των βουνών παίρνουν τιμές S = 1.0 – 1.6
R1	S=I/L	4.054 km / 3.072 km =	S= 1,32
R2	S=I/L	4.331 km / 4.240 km =	S = 1,02
R10	S=I/L	2.046 km / 1.764 km =	S = 1,15
R4	S=I/L	11.460 km / 9.239 km =	S = 1,24
R22	S=I/L	1.478 km / 1.379 km =	S = 1,07
R24	S=I/L	2.822 km / 2.296 km =	S = 1,22
R7	S=I/L	2.037 km / 1.811 km =	S = 1,12
R16	S=I/L	3.074 km / 2.107 km =	S = 1,45

Εικόνα 125 Υπολογισμός του δείκτη δαντέλωσης στους πρόποδες των βουνών (S_{mf}) κατά Keller&Pinter 1996) με την βοήθεια του προγράμματος Global Mapper 15.

Γνωρίζοντας ότι τα ενεργά ρηξιγενή πρηνή στους πρόποδες των βουνών παίρνουν τιμές $S_{mf} = 1.0 - 1.6$ μπορούμε να χαρακτηρίσουμε συμπερασματικά ότι όλα τα παραπάνω ρηξιγενή πρηνή που εξετάστηκαν είναι ενεργά σήμερα διότι έχουν τις τιμές του δείκτη δαντέλωσής (S_{mf}) τους πολύ κοντά στις τιμές της μονάδας 1.0.

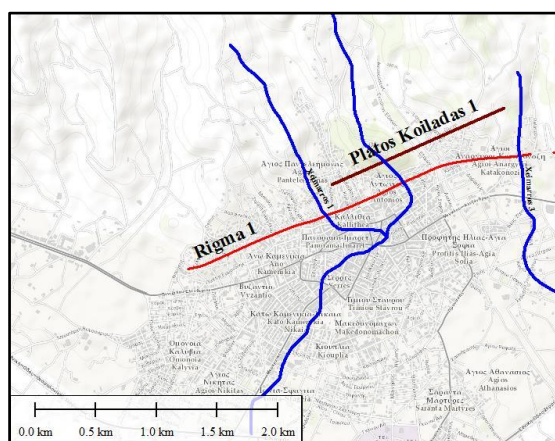
7.1.2 Λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος V_f κατά (Keller & Pinter 1996)

Παρακάτω απεικονίζονται οι τομές των κοιλάδων που ελήφθησαν και μελετήθηκαν σύμφωνα με τον δείκτη λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος V_f . Οι κοιλάδες βρίσκονται ανώτερα υψομετρικά από τα υψόμετρα των ρηξιγενών πρανών που τις τέμνουν.

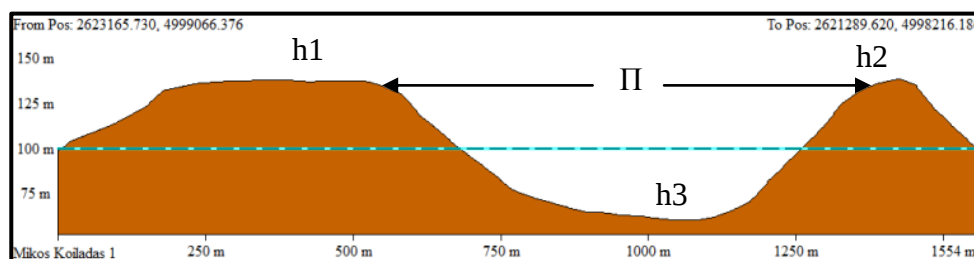


Εικόνα 126 Απεικόνιση σε μορφολογικό χάρτη, των τομών των επιλεγμένων κοιλάδων στο βόρειο ρηξιγενές περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών, μέσω του προγράμματος Global Mapper 15.

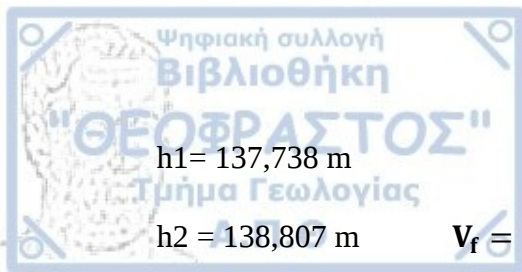
ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 1:



Εικόνα 127 Η θέση της πρώτης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 128 Η μορφολογία της πρώτης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15.



$h_1 = 137,738 \text{ m}$

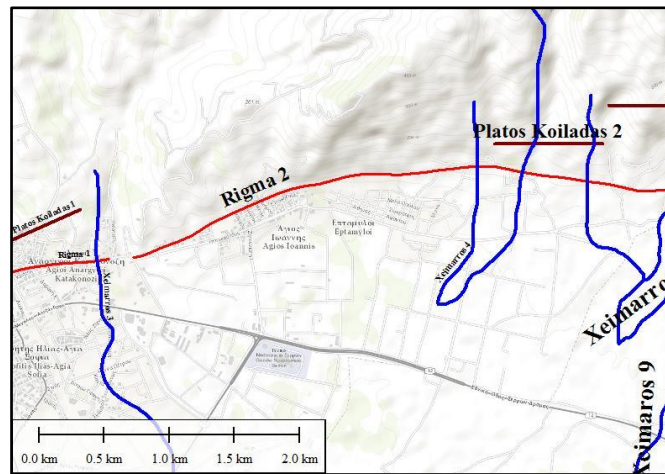
$h_2 = 138,807 \text{ m}$

$$V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h_1 - h_3) + (h_2 - h_3)} = \frac{2.042}{156,697} = 13,03$$

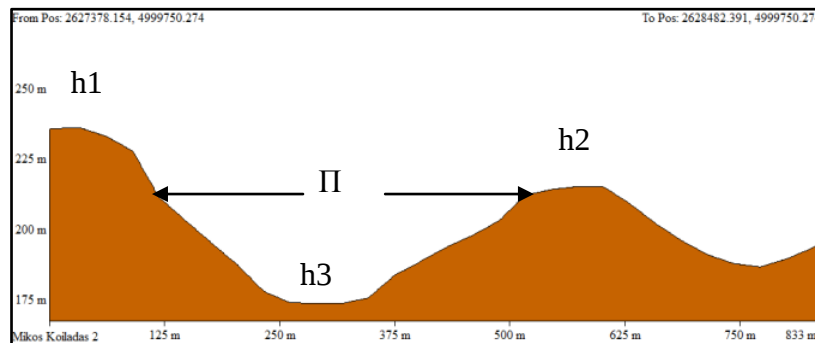
$h_3 = 59,924 \text{ m}$

$\Pi = 1.021 \text{ m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 2:



Εικόνα 129 Η θέση της δεύτερης τομής στην οποία μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 130 Η μορφολογία της δεύτερης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

$h_1 = 235,996 \text{ m}$

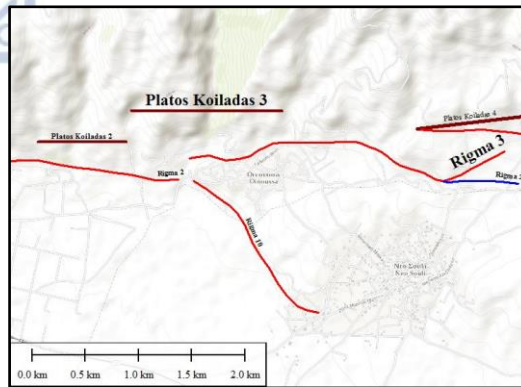
$h_2 = 215,071 \text{ m}$

$$V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h_1 - h_3) + (h_2 - h_3)} = \frac{906,34}{104,049} = 8,71$$

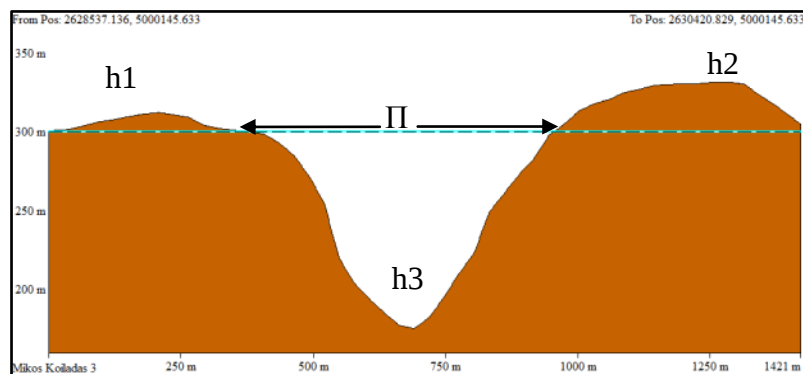
$h_3 = 173,509 \text{ m}$

$\Pi = 453,17 \text{ m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 3:



Εικόνα 131 Η θέση της τρίτης τομής στην οποία μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 132 Η μορφολογία της τρίτης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15.

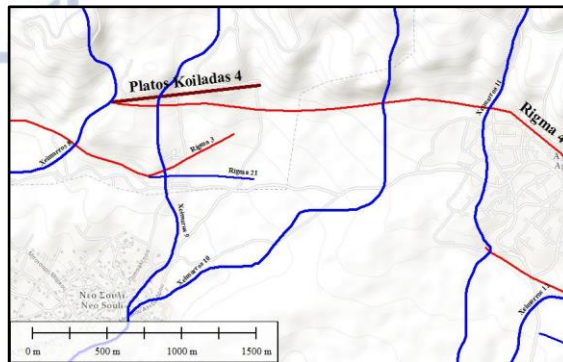
$$h1 = 312,438 \text{ m}$$

$$h2 = 331,505 \text{ m} \quad V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1 - h3) + (h2 - h3)} = \frac{1.590,06}{292,879} = 5,42$$

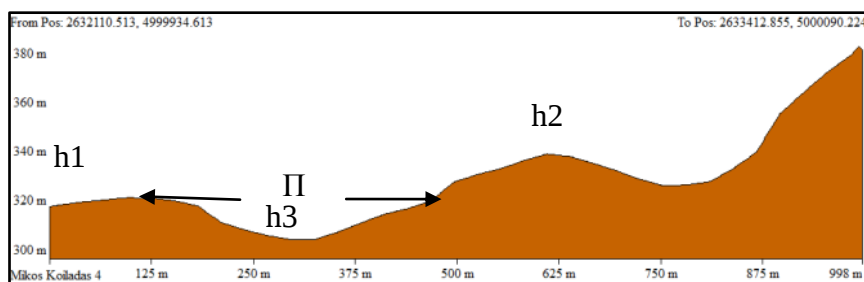
$$h3 = 175,532 \text{ m}$$

$$\Pi = 795,03 \text{ m}$$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 4:



Εικόνα 133 Η θέση της τέταρτης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 134 Η μορφολογία της τέταρτης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

$h1 = 320,856 \text{ m}$

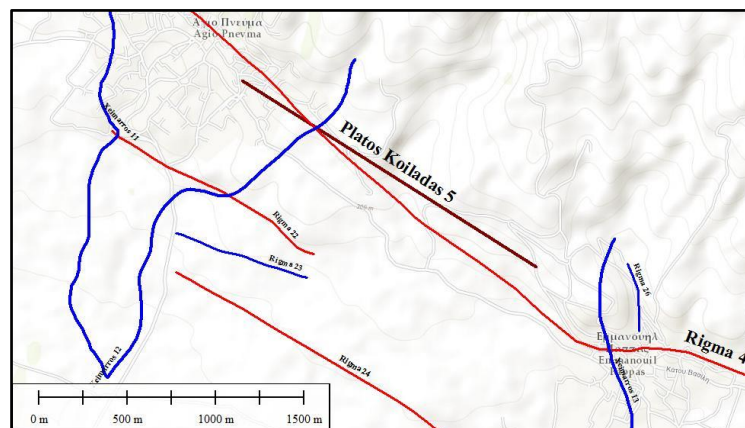
$h2 = 338,7 \text{ m}$

$$V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1 - h3) + (h2 - h3)} = \frac{732,98}{51,474} = 14,23$$

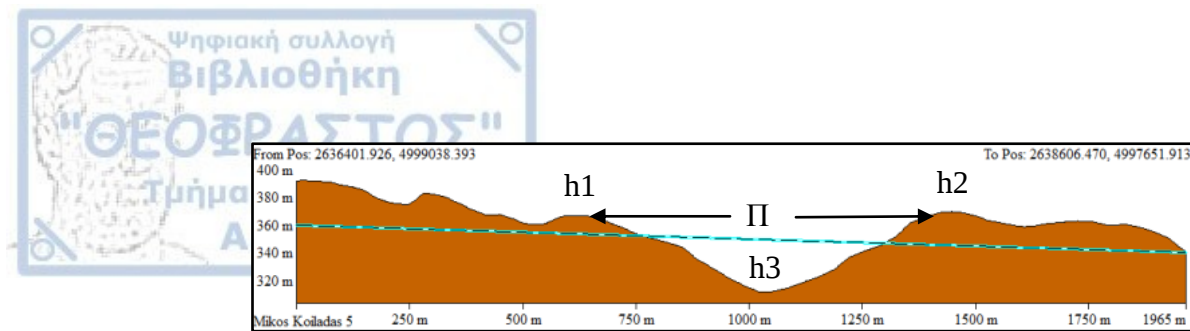
$h3 = 304,041 \text{ m}$

$\Pi = 366,49 \text{ m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 5:



Εικόνα 135 Η θέση της πέμπτης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 136 Η μορφολογία της πέμπτης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15.

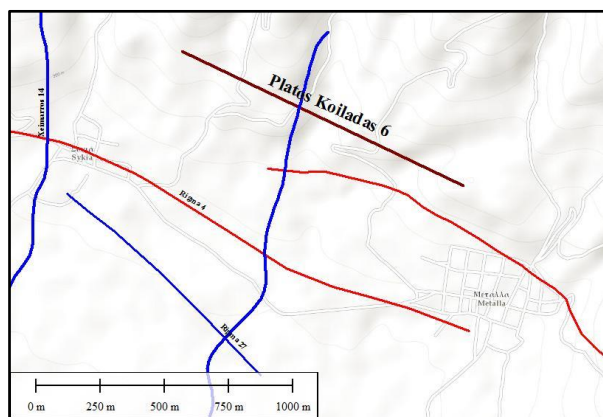
$h1 = 366,651\text{m}$

$h2 = 369,356\text{ m}$ $V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1-h3)+(h2-h3)} = \frac{1.509,1}{112,235} = 13,44$

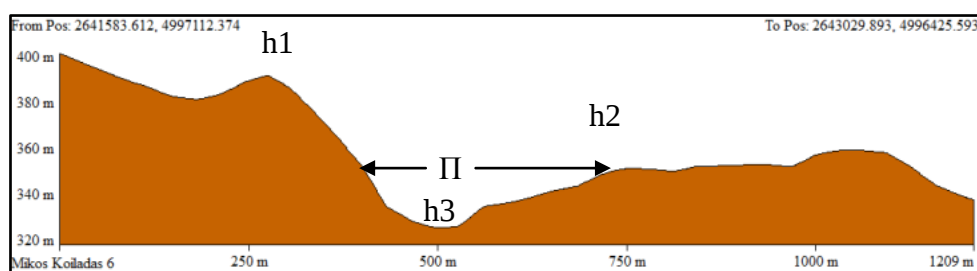
$h3 = 311,886\text{m}$

$\Pi = 754,55\text{ m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 6:



Εικόνα 137 Η θέση της έκτης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 138 Η μορφολογία της έκτης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

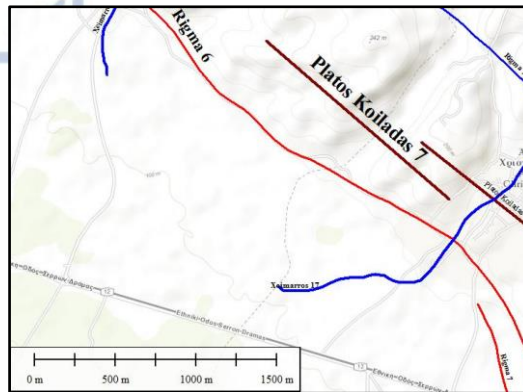
$h1 = 391,283\text{m}$

$h2 = 350,957\text{ m}$ $V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1-h3)+(h2-h3)} = \frac{706,34}{91,770} = 7,69$

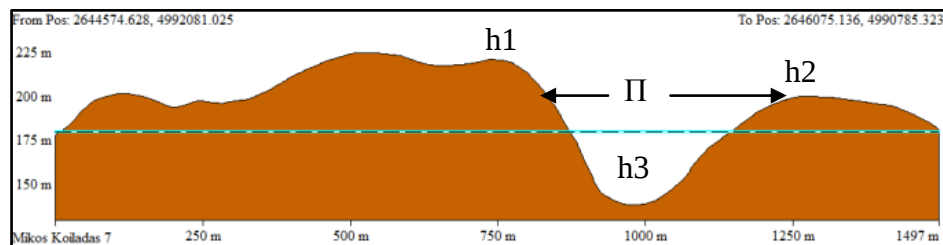
$h3 = 325,235\text{ m}$

$\Pi = 353,170\text{m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 7:



Εικόνα 139 Η θέση της έβδομης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 140 Η μορφολογία της έβδομης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

$$h1 = 221,013 \text{ m}$$

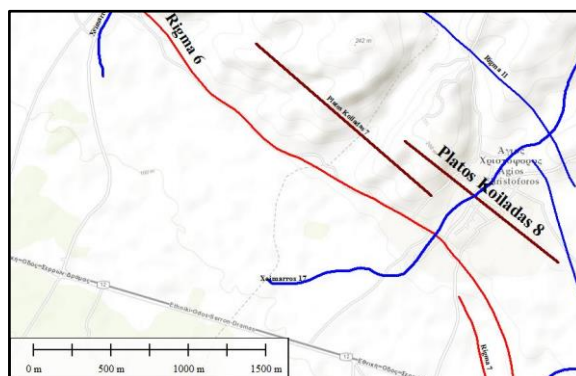
$$h2 = 200,411 \text{ m}$$

$$V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1 - h3) + (h2 - h3)} = \frac{874,58}{144,216} = 6,06$$

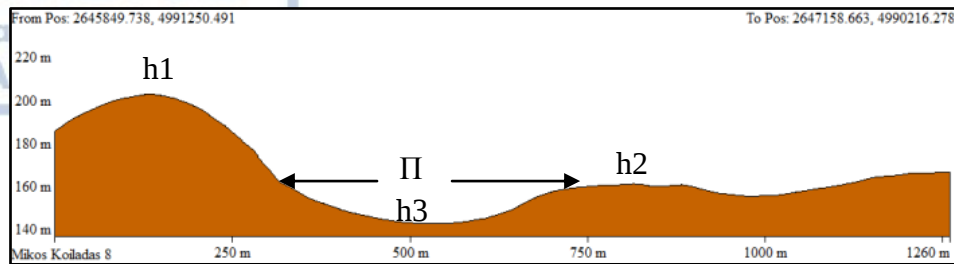
$$h3 = 138,604 \text{ m}$$

$$\Pi = 437,29 \text{ m}$$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 8:



Εικόνα 141 Η θέση της όγδοης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 142 Η μορφολογία της όγδοης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

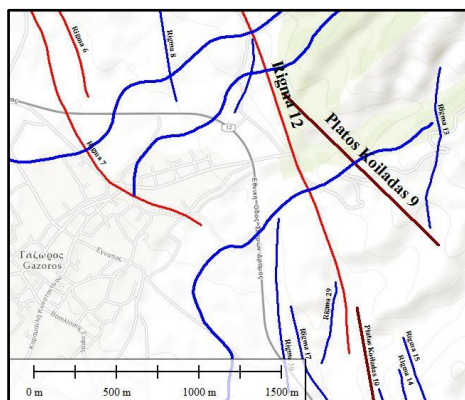
$h1 = 202,85\text{m}$

$h2 = 160,374\text{ m}$ $V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1-h3)+(h2-h3)} = \frac{892}{78,018} = 11,43$

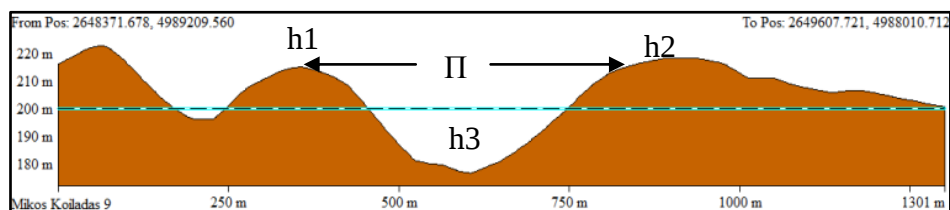
$h3 = 142,603\text{ m}$

$\Pi = 446\text{m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 9:



Εικόνα 143 Η θέση της ένατης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



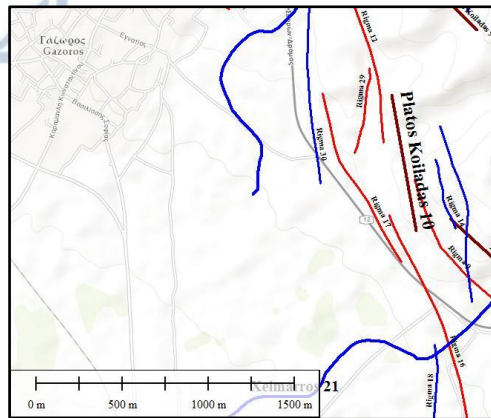
Εικόνα 144 Η μορφολογία της ένατης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

$h1 = 215,31\text{m}$

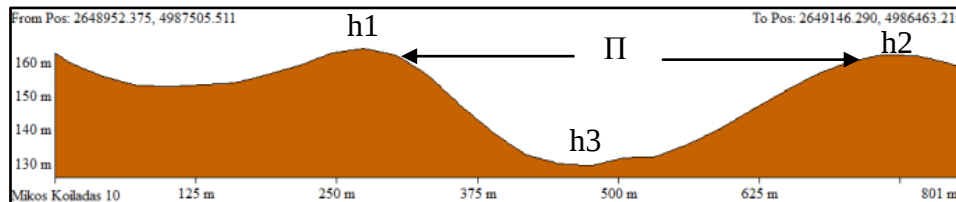
$h2 = 218,443\text{ m}$ $V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1-h3)+(h2-h3)} = \frac{955,84}{80,101} = 11,93$

$h3 = 176,826\text{m}$ $\Pi = 477,92\text{ m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 10:



Εικόνα 145 Η θέση της δέκατης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 146 Η μορφολογία της δέκατης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

$h1 = 163,541 \text{ m}$

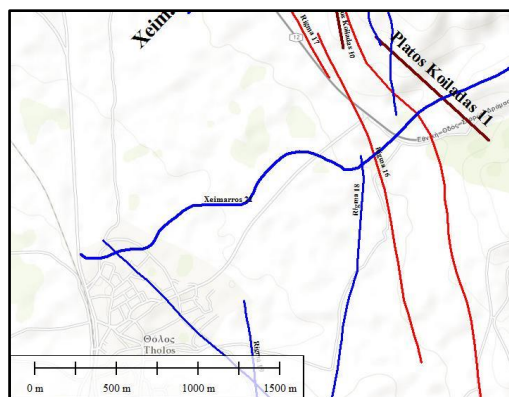
$h2 = 162,163 \text{ m}$

$$V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1 - h3) + (h2 - h3)} = \frac{884,56}{66,962} = 13,20$$

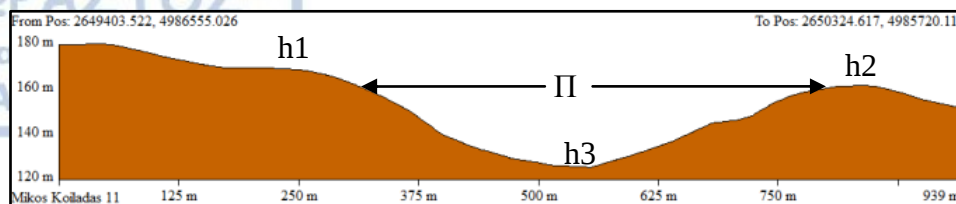
$h3 = 129,371 \text{ m}$

$\Pi = 442,28 \text{ m}$

ΠΛΑΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ 11:



Εικόνα 147 Η θέση της ενδέκατης τομής όπου μελετάται ο λόγος πλάτος κοιλάδας προς ύψος.



Εικόνα 148 Η μορφολογία της ενδέκατης τομής μέσω του προγράμματος Global Mapper 15

$h1 = 166,811\text{m}$

$h2 = 160,678\text{ m}$ $V_f = \frac{2 \cdot \Pi}{(h1-h3)+(h2-h3)} = \frac{1.039,68}{78,101} = 13,30$

$h3 = 124,694\text{ m}$

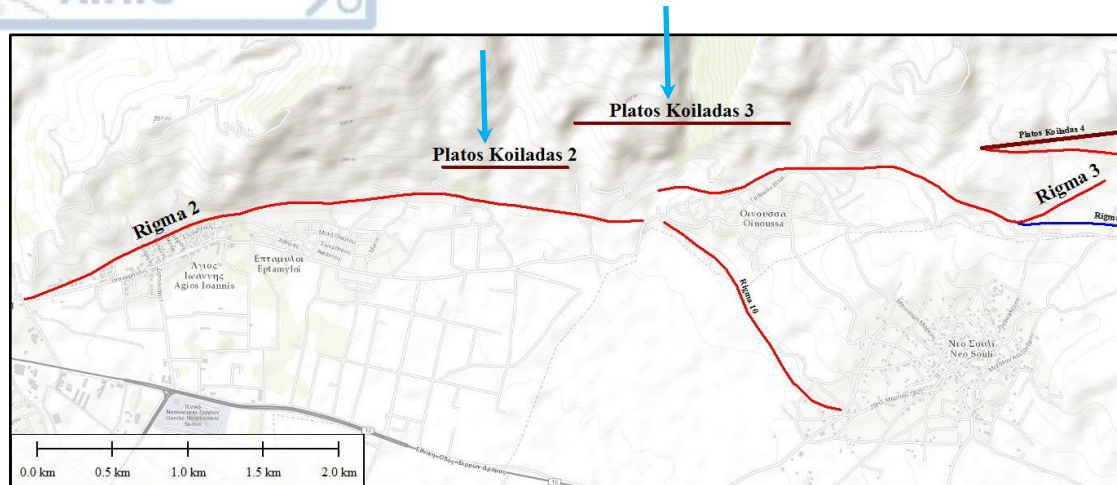
$\Pi = 519,840\text{ m}$

ΚΟΙΛΑΔΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΑΡΣΤΕΡΟΥ ΥΔΡΟΚΡΙΤΗ ΣΕ m	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΔΕΞΙΟΥ ΥΔΡΟΚΡΙΤΗ ΣΕ m	ΠΛΑΤΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΣΕ m	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΟΙΛΑΔΑΣ ΣΕ m	V_f
1	137,738	138,807	1.021	59,924	13,03
2	235,996	215,071	453,170	173,509	8,71
3	312,438	331,505	795,030	175,532	5,42
4	320,856	338,700	366,490	304,041	14,23
5	366,651	369,356	754,550	311,886	13,44
6	391,283	350,957	353,170	325,235	7,69
7	221,013	200,411	437,290	138,604	6,06
8	202,850	160,374	446	142,603	11,43
9	215,310	218,443	477,92	176,826	11,93
10	163,541	162,163	442,28	129,371	13,20
11	166,811	160,678	519,840	124,694	13,30

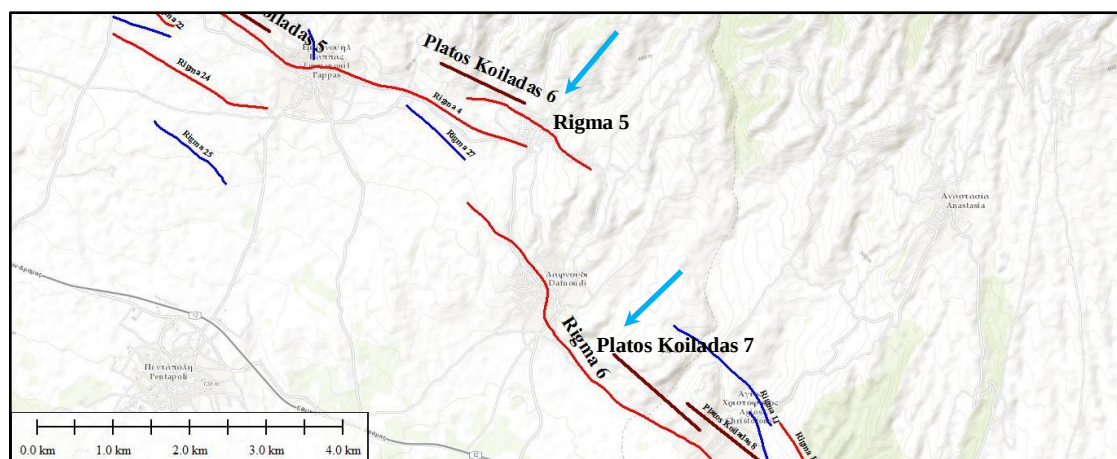
Εικόνα 149 Οι τιμές του δείκτη πλάτους κοιλάδας προς ύψος V_f στις επιλεγμένες κοιλάδες του βόρειου ρηξιγενές περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών, μεταξύ Σερρών και Νέας Ζίχνης. Με (κόκκινο) σημειώνονται οι κοιλάδες με τον μικρότερο δείκτη όπου τα ρηξιγενή πρηνή που αντιστοιχούν είναι περισσότερο ενεργά λόγω ανύψωσης της περιοχής.

Συμπεραίνεται ότι ο λόγος πλάτους κοιλάδας προς ύψος V_f στις κοιλάδες 2, 3, 6 και 7 έχει πολύ μικρές τιμές. Επομένως σημαίνει ότι λαμβάνει χώρα μία κατά βάθος διάβρωση λόγω ανύψωσης της περιοχής και κατ' επέκταση τα ρηξιγενή πρηνή που εξετάστηκαν θεωρούνται περισσότερο ενεργά. Τα ρηξιγενή πρηνή είναι τα 2, 3, 5 και 6. Τα ρήγματα 2 και 3 έχουν παράταξη Α – Δ και διεύθυνση κλίσης Ν. Η παράταξη του ρήγματος 4 κυμαίνεται από Α – Δ έως ΒΔ – ΝΑ. Τα ρήγματα 5 και 6 έχουν παράταξη ΒΔ – ΝΑ και διεύθυνση κλίσης ΝΔ. Ως γνωστών σήμερα η διεύθυνση του εφελκυσμού είναι Β – Ν, επομένως τα ρήγματα που έχουν παράταξη κάθετη σε αυτόν τον εφελκυσμό και άρα Α – Δ θεωρούνται ως τα πιο ενεργά διότι είναι κατάλληλη η

θέση τους ως προς τον άξονα εφελκυσμού σε σχέση με τα λιγότερο ενεργά ρηξιγενή πρηνή της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών παράταξης ΒΔ – ΝΑ.



Εικόνα 150 Προβολή σε μορφολογικό χάρτη των κοιλάδων 2 και 3 καθώς και των ενεργών ρηξιγενών πρηνών 2 και 3 μέσω του προγράμματος Global Mapper 15.

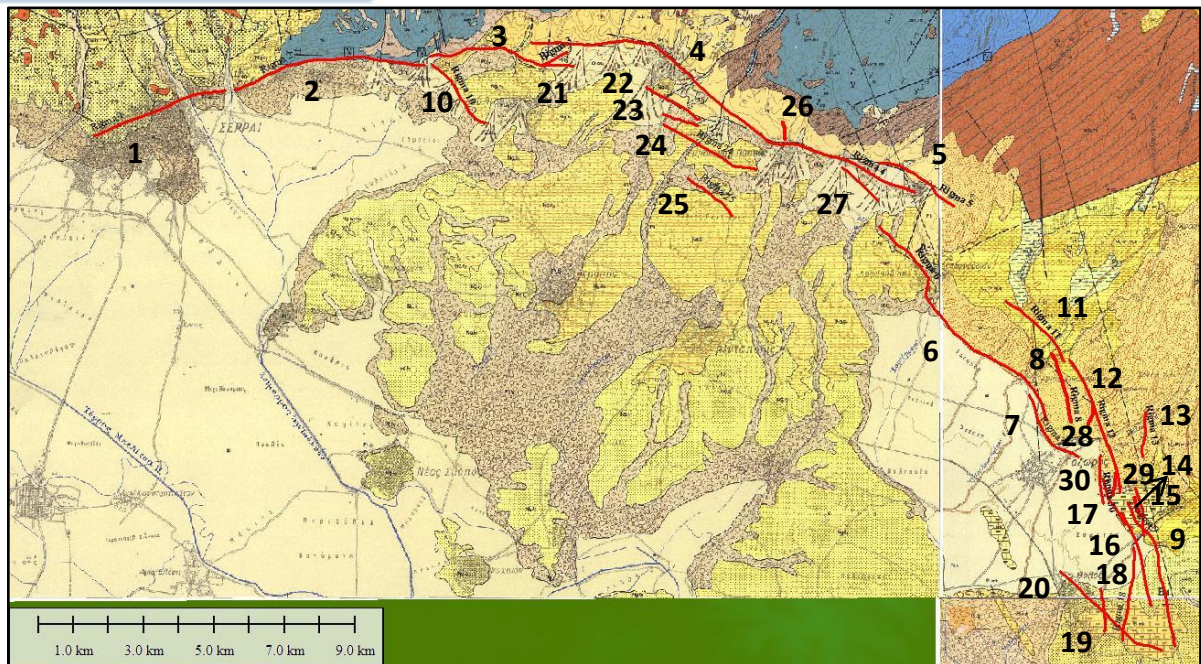


Εικόνα 151 Προβολή σε μορφολογικό χάρτη των κοιλάδων 6 και 7 καθώς και των ενεργών ρηξιγενών πρηνών 5 και 6 μέσω του προγράμματος Global Mapper 15.

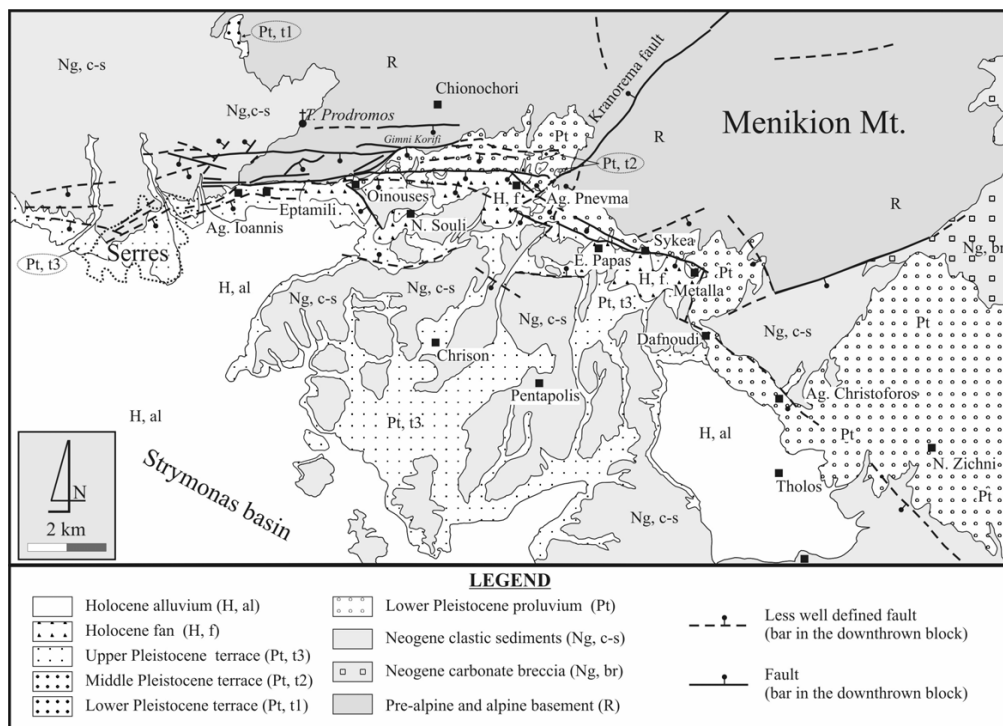
Τα ρηξιγενή πρηνή που προέκυψαν στη μελέτη αυτή από την εφαρμογή του (Digital Elevation Model – DEM), τις δορυφορικές εικόνες και τις υπαίθριες παρατηρήσεις κατατάσσονται στους παρακάτω τέσσερις κλάδους, οι οποίοι προσδιορίστηκαν και αναφέρθηκαν αρχικά από τους Tranos and Mountrakis (2004).

- 1) Κλάδος Σερρών, περιλαμβάνει το 1^ο ρηξιγενές πρηνές.
- 2) Κλάδος Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα, περιλαμβάνει το 2^ο, 3^ο, 4^ο, 10^ο, 21^ο και 22^ο ρηξιγενές πρηνές.
- 3) Κλάδος Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα, περιλαμβάνει το 4^ο, 5^ο, 23^ο, 24^ο, 25^ο, 26^ο και 27^ο ρηξιγενές πρηνές.

4) Κλάδος Δαφνούδι – Νέα Ζίχνη, περιλαμβάνει το 6°, 7°, 8°, 9°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19°, 20°, 28°, 29° και 30° ρηξιγενές πραινές.

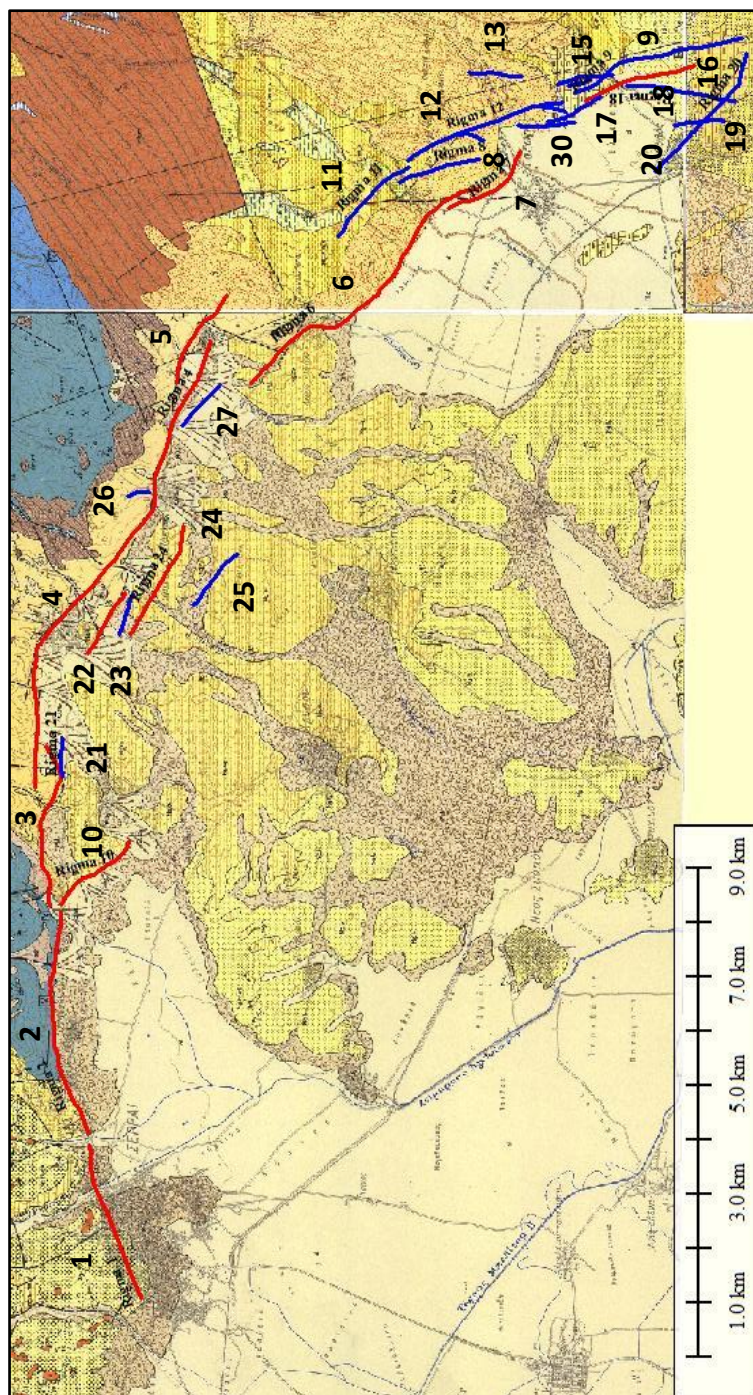


Εικόνα 152 Η τοποθέτηση του συνόλου των ρηξιγενών πραινών (κόκκινο χρώμα) στο βόρειο ρηξιγενές περιθώριο της λεκάνης των Σερρών μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, προβαλλόμενα στους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής. (Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες (ΙΓΜΕ 1980) - φύλλο Προσοτσάνη (ΙΓΜΕ 1988)- φύλλο Ροδόλιβος (1982))).



Εικόνα 105 Γεωλογικός – τεκτονικός χάρτης της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών (Tranos and Mountrakis, 2004). Τα γεωλογικά όρια καθορίστηκαν από τους γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.00, Φύλλα Σέρρες (ΙΓΜΕ 1980) και Προσοτσάνη (ΙΓΜΕ 1988).

Επομένως από την εφαρμογή δύο μορφοτεκτονικών δεικτών, τα αποτελέσματα τους, τις δορυφορικές εικόνες και τις υπαίθριες παρατηρήσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι ορισμένα ρηξιγενή πρηνή έχουν μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας από κάποια άλλα. Παρακάτω Εικόνα 153 απεικονίζονται τα πρηνή αυτά και οι παρατάξεις τους.



Εικόνα 153 Η απεικόνιση των περισσότερο ενεργών ρηξιγενών πρηνών (κόκκινο χρώμα) και λιγότερο ενεργών (μπλε χρώμα) στην περιοχή του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, προβαλλόμενα στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής. (Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες (ΙΓΜΕ 1980) - φύλλο Προσοτσάνη (ΙΓΜΕ 1988)- φύλλο Ροδολίβος (1982))).

Οι δύο μορφοτεκτονικοί δείκτες που επιλέχθηκαν θεωρούνται καταλληλότεροι και πιο αξιόπιστοι σε σχέση με τους υπολοίπους λόγω μορφολογίας της περιοχής μελέτης.

Η μορφοτεκτονική μελέτη του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών, αλλά και ο σχηματισμός του μορφοτεκτονικού χάρτη των ρηξιγενών πρανών βασίστηκε στις τιμές των δεικτών αυτών, στις δορυφορικές εικόνες, καθώς και στις υπαίθριες παρατηρήσεις για να διασταυρωθεί και επιβεβαιωθεί η ύπαρξη των ρηξιγενών πρανών που καταγράφηκαν και ο βαθμός ενεργότητας τους.

Συγκεκριμένα προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα ρηξιγενή πρανά με τον μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας είναι τα 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 16, 22 και 24.

Ελήφθησαν υπόψιν οι υπάρχουσες βιβλιογραφίες όπως του (Tranos and Mountrakis, 2004) και (Mountrakis et al., 2006) και βάση αυτών έγινε προσπάθεια αντιστοίχισης των ρηξιγενών πρανών που διαπιστώθηκαν στη μελέτη αυτή με τους ήδη υπάρχοντες κλάδους ρηγμάτων της ρηξιγενής ζώνης των Σερρών.

Η αντιστοίχιση που έλαβε χώρα έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

- 1) Κλάδος Σερρών, περιλαμβάνει το 1ο ρηξιγενές πρανές.
- 2) Κλάδος Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα, περιλαμβάνει το 2ο, 3ο, 4ο, 10ο, 21ο και 22ο ρηξιγενές πρανές.
- 3) Κλάδος Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα, περιλαμβάνει το 4ο, 5ο, 23ο, 24ο, 25ο, 26ο και 27ο ρηξιγενές πρανές.
- 4) Κλάδος Δαφνούδι – Νέα Ζίχνη, περιλαμβάνει το 6ο, 7ο, 8ο, 9ο, 11ο, 12ο, 13ο, 14ο, 15ο, 16ο, 17ο, 18ο, 19ο, 20ο, 28ο, 29ο και 30ο ρηξιγενές πρανές.

Επομένως τα ρηξιγενή πρανά με τον μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας χρήζουν περισσότερης προσοχής και μελλοντικής εις βάθος μελέτης για τον βαθμό επικινδυνότητας τους.

8 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

8.1 Περιγραφή της βάσης των γεωτρήσεων

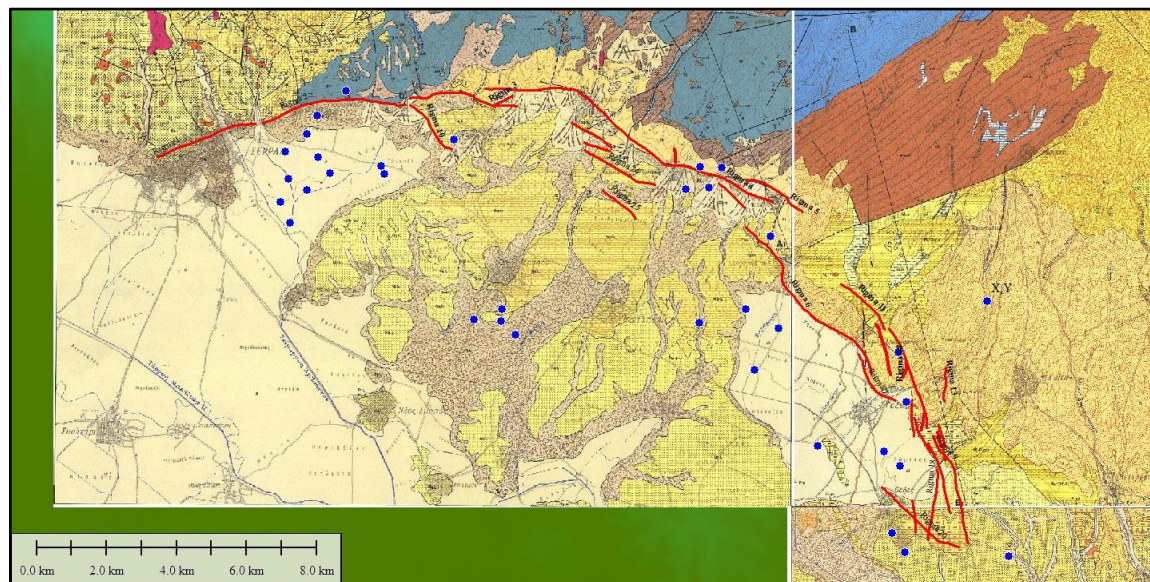
Τα δεδομένα των γεωτρήσεων λήφθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. Θεσσαλονίκης, την Τεχνική Υπηρεσία Τμήμα Οικοδομικών Έργων, Έργων Οδοποιίας, Υδραυλικών Έργων και Υπηρεσιών του δήμου Σερρών και την Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων Σερρών. Ο αριθμός των γεωτρήσεων που συλλέχθηκαν είναι 35 και κατανέμονται σε διάφορα σημεία στον χώρο της λεκάνη των Σερρών. Οι γεωτρήσεις ποικίλουν σε βάθος, το μέγιστο βάθος που φτάνουν είναι τα 400 m, λόγω του ότι είναι κυρίως υδρογεωτρήσεις και δειγματοληπτικές γεωτρήσεις για τεχνικά έργα. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν τα καταγραφούν όλα τα ιζήματα που έχουν αποτεθεί στη λεκάνη των Σερρών, παρά γίνεται εφικτό να καταγραφούν μόνο τα ανώτερα στρώματα των ιζημάτων που αποτέθηκαν πρόσφατα κατά το Τεταρτογενές και σε ελάχιστες γεωτρήσεις καταγράφονται βαθύτεροι ιζηματογενείς σχηματισμοί.

8.2 Χωρική κατανομή των γεωτρήσεων

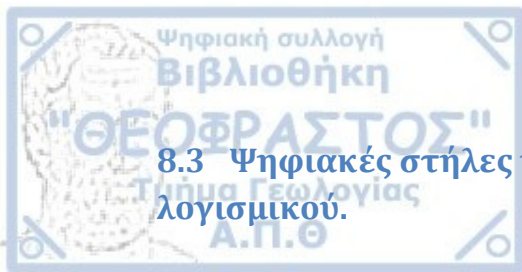
Στον παρακάτω πίνακα καταχωρήθηκαν οι συντεταγμένες των γεωτρήσεων και τα υψόμετρα όπου αυτές διανοίχτηκαν στην λεκάνη των Σερρών από την δεκαετία του 80 μέχρι σήμερα.

Συντεταγμένες Γεωτρήσεων σε προβολικό σύστημα GGRS87 (ΕΓΣΑ87)			
Αριθμός Γεωτρήσεων	X	Y	Z
Γ1	484376	4544247	360
Γ2	481882	4539553	320
Γ3	477742	4542294	77,15
Γ4	478413	4543475	200
Γ5	478201	4546108	221
Γ6	476789	4548054	291
Γ7	467086	4548100	61
Γ8	477480	4544020	115
Γ9	481844	4542793	180
Γ10	464466	4546491	40
Γ11	464207	4547088	200
Γ12	464954	4547416	200
Γ13	464437	4547752	98
Γ14	464946	4549016	41
Γ15	465247	4549554	39

Γ16	481433	4539954	80
Γ17	482069	4541373	80
Γ18	470504	4543684	66
Γ19	470918	4543292	66
Γ20	469720	4543729	60
Γ21	470531	4544013	82
Γ22	465616	4547913	46
Γ23	469147	4548850	43
Γ24	476172	4548095	291
Γ25	476428	4547498	245
Γ26	475767	4547447	231
Γ27	465268	4548350	37
Γ28	464328	4548526	48
Γ29	466077	4550249	87,52
Γ30	481650	4537634	63
Γ31	482020	4537082	51,934
Γ32	467169	4547885	49,83
Γ33	476162	4543642	108,052
Γ34	484985	4536977	69,52
Γ35	479541	4540116	63,4



Εικόνα 154 Η κατανομή των γεωτρήσεων στην περιοχή του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15, όπως προέκυψαν από ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, προβαλλόμενα στους γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 (φύλλο Σέρρες - φύλλο Προσοτσάνη - φύλλο Ροδολίβος)).



8.3 Ψηφιακές στήλες γεωτρήσεων με χρήση κατάλληλου λογισμικού.

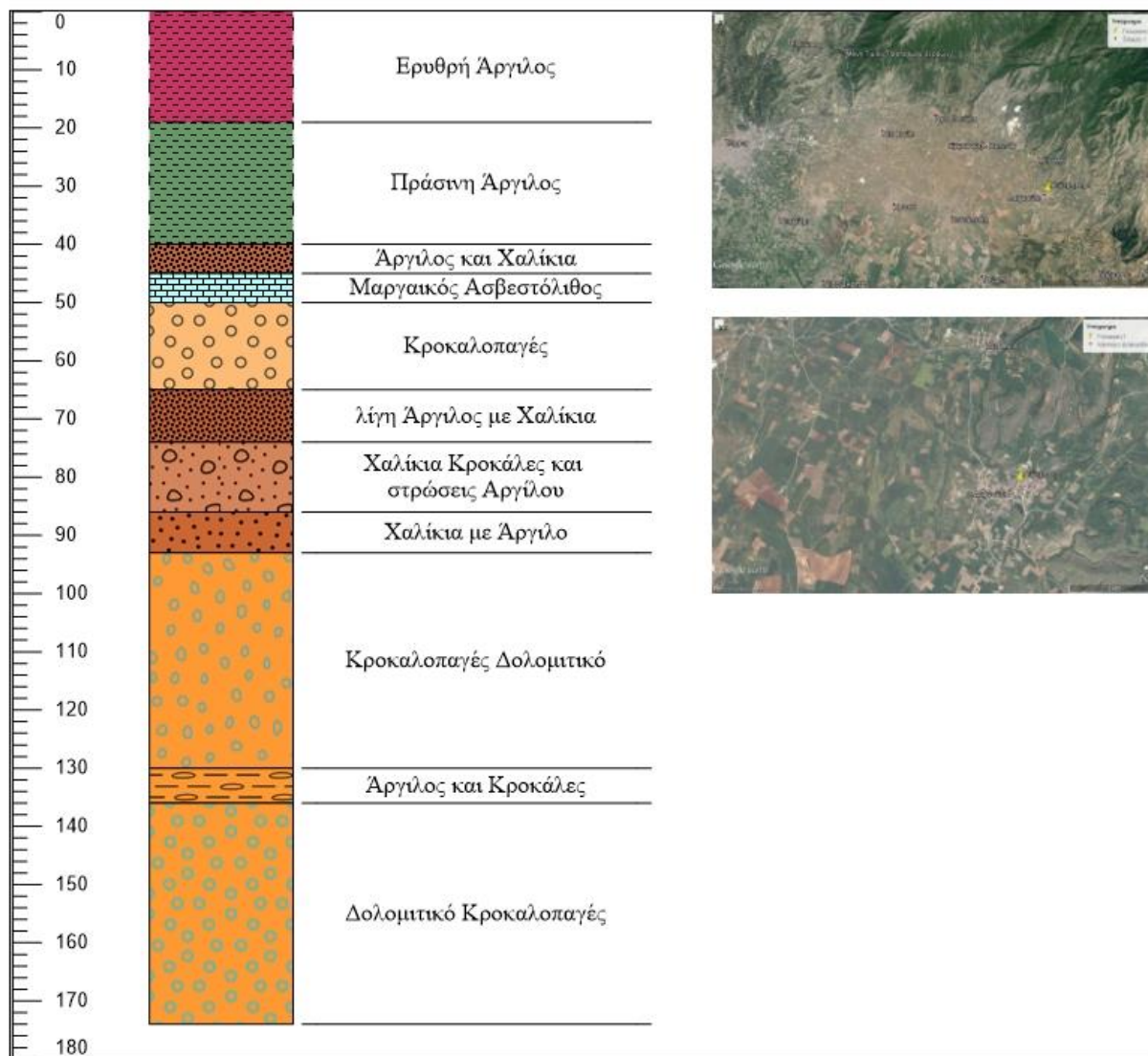
Έγινε προσπάθεια στρωματογραφικού συσχετισμού των ιζηματογενών στρωμάτων στη λεκάνη των Σερρών από τις καταγραφές των στρωματογραφικών στηλών των γεωτρήσεων. Αυτό όμως δεν κατέστη δυνατό διότι οι αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων δεν ήταν οι κατάλληλες, δεν υπήρχε κάποια σχετική ομοιομορφία στην περιοχή για να καταστεί δυνατό μία ερμηνεία του τρόπου απόθεσης των ιζημάτων, καθώς και ότι οι εκάστοτε γεωλόγοι που πραγματοποίησαν τις γεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης έδιναν ο κάθε ένας και μία διαφορετική ερμηνεία των ιζηματογενών στρωμάτων.

Το σύνολο των γεωτρήσεων που διανοίχτηκαν στην περιοχή μελέτης είναι 35, η ψηφιοποίηση των γεωτρήσεων, η τοποθέτηση τους στο χάρτη και η δισδιάστατη απεικόνιση των ακολουθιών των ιζημάτων που καταγράφηκαν στην κάθε γεώτρηση, πραγματοποιήθηκαν μέσω του προγράμματος Strater 3 και απεικονίζονται παρακάτω. Έτσι γίνεται μία σχετική προσέγγιση του τρόπου με τον οποίο έχουν αποτεθεί οι ιζηματογενείς σχηματισμοί στα κεντρικά τμήματα της λεκάνης των Σερρών.

Τομή Γεώτρησης 1

Ημερομηνία Κατασκευής: 6/1991
Γεωλόγος: Δ. Τραγούδας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 15 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 40 m
Στάθμη Αντλησης: 54 m

Θέση
Νομός: Σερρών
Δήμος: Νέας Ζίχνης
Κοινότητα: Δαφνουδίου
Συντεταγμένες:
X: 484376, Y: 4544247, Z: 360 m



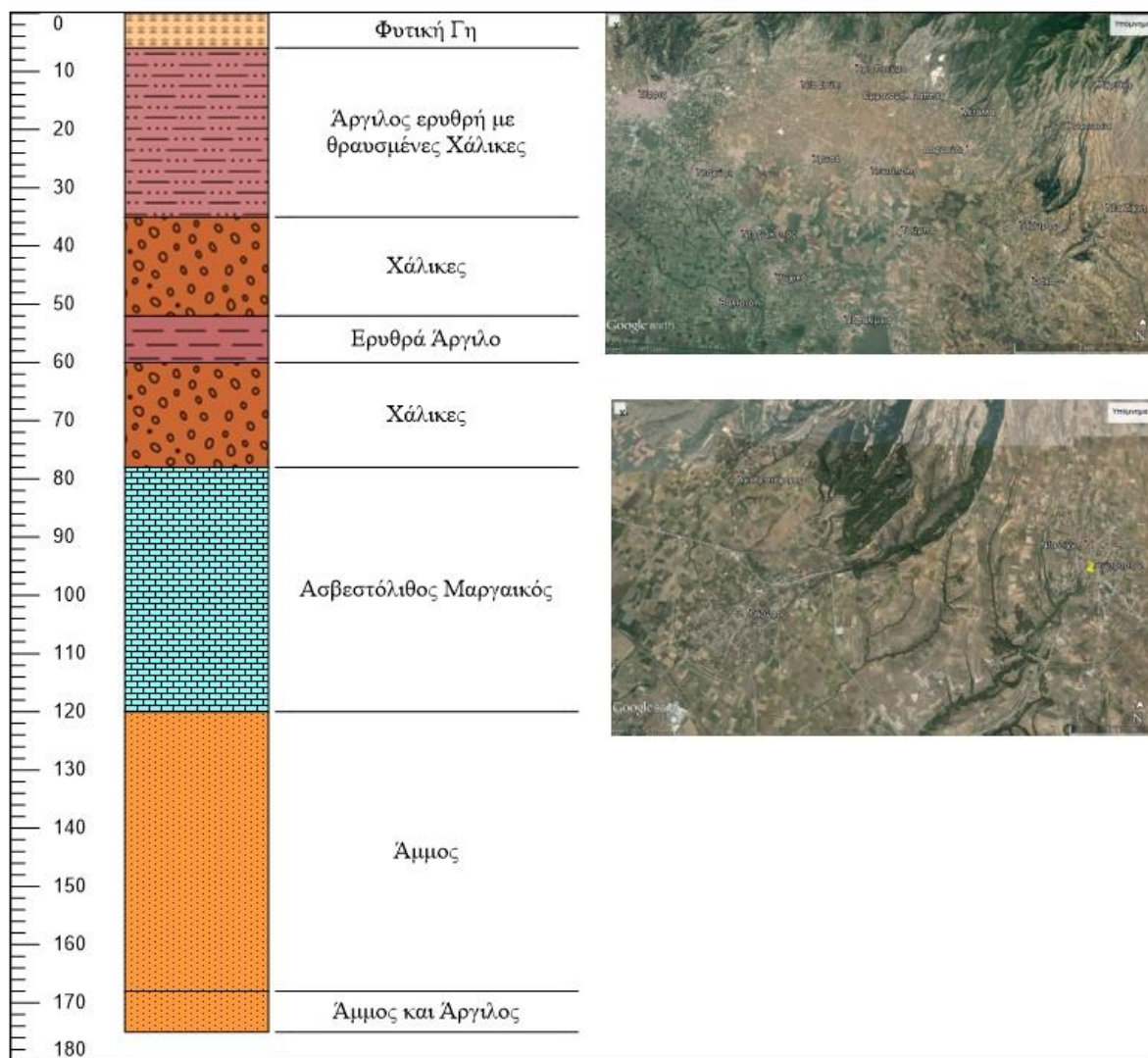
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφολογική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 2

Ημερομηνία Κατασκευής: 11/1996
Γεωλόγος: Α. Μανδάνας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 100 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 18 m
Στάθμη Άντλησης: 55 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Νέας Ζίχνης
Κοινότητα: Νέας Ζίχνης
Συντεταγμένες:
X:481882, Y: 4539553, 320 m



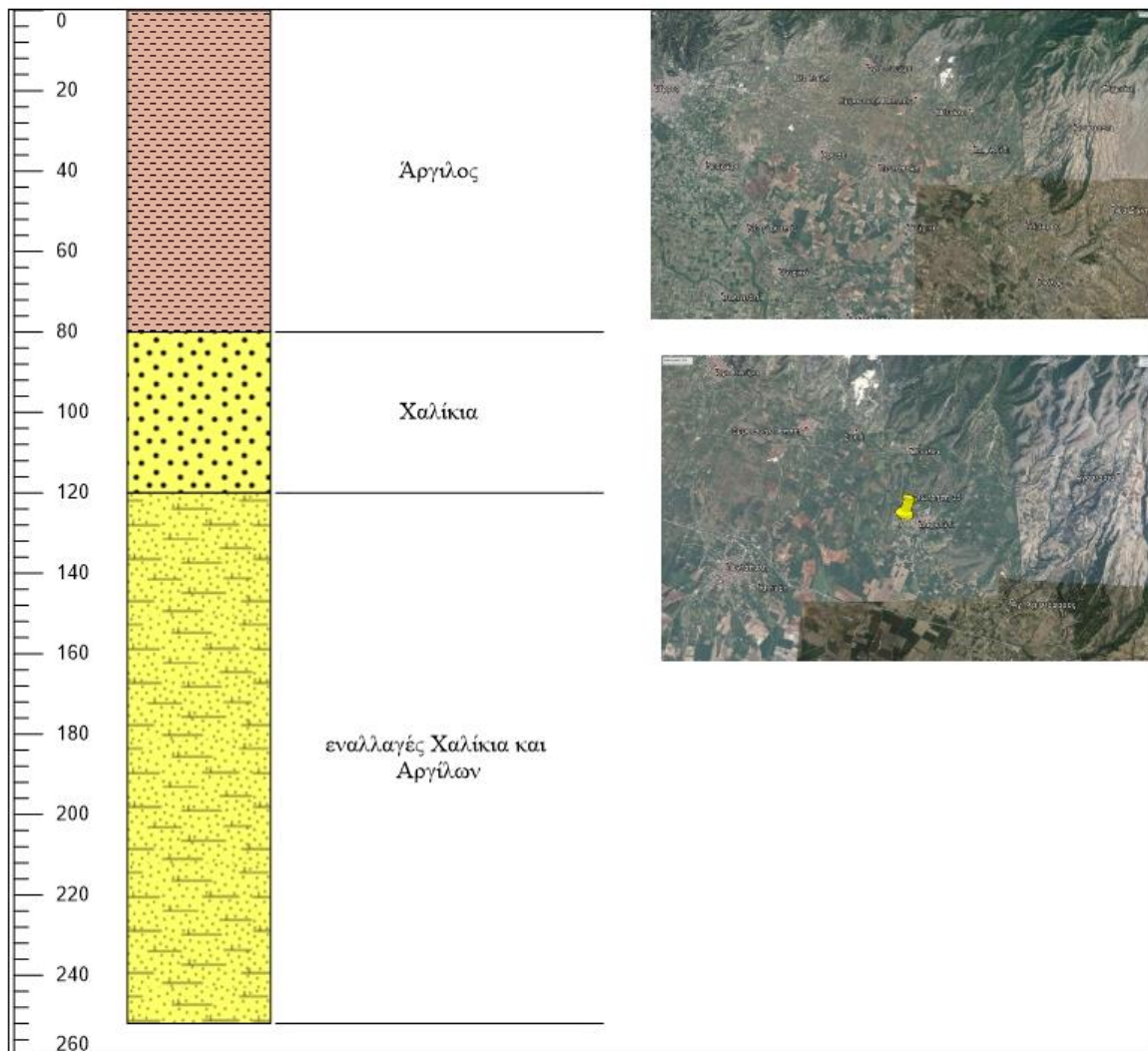
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ριζιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 3

Ημερομηνία Κατασκευής: 1/1996
Γεωλόγος: Απ. Τραγουδάς
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 250 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 23 m
Στάθμη Άντλησης: 45 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Νέας Ζίχνης
Κοινότητα: Δαφνουδίου
Συντεταγμένες:
X: 477742, Y: 4542294, Z: 77,15 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 4

Ημερομηνία Κατασκευής: 12/2007

Γεωλόγος: Απ. Τραγούδας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 60 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 38 m

Στάθμη Αντλησης: 120 m

Θέση

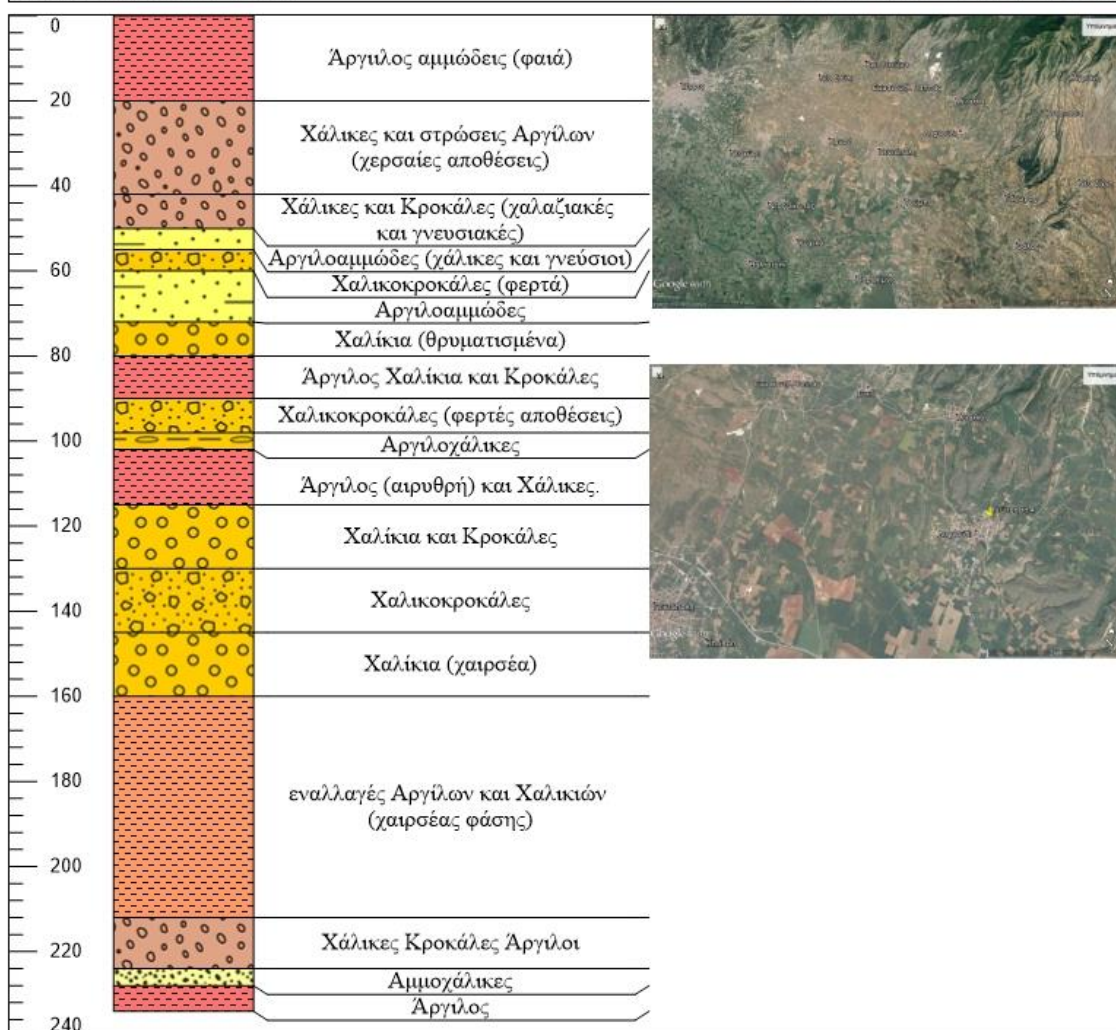
Νομός: Σερρών

Δήμος: Νέας Ζίχνης

Κοινότητα: Δαφνουδίου

Συντεταγμένες:

X: 478413, Y:4543475, Z:200 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



Τομή Γεώτρησης 5

Ημερομηνία Κατασκευής: 5/2008

Γεωλόγος: Αρ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 15 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 38 m

Στάθμη Αντλησης: 140 m

Θέση:

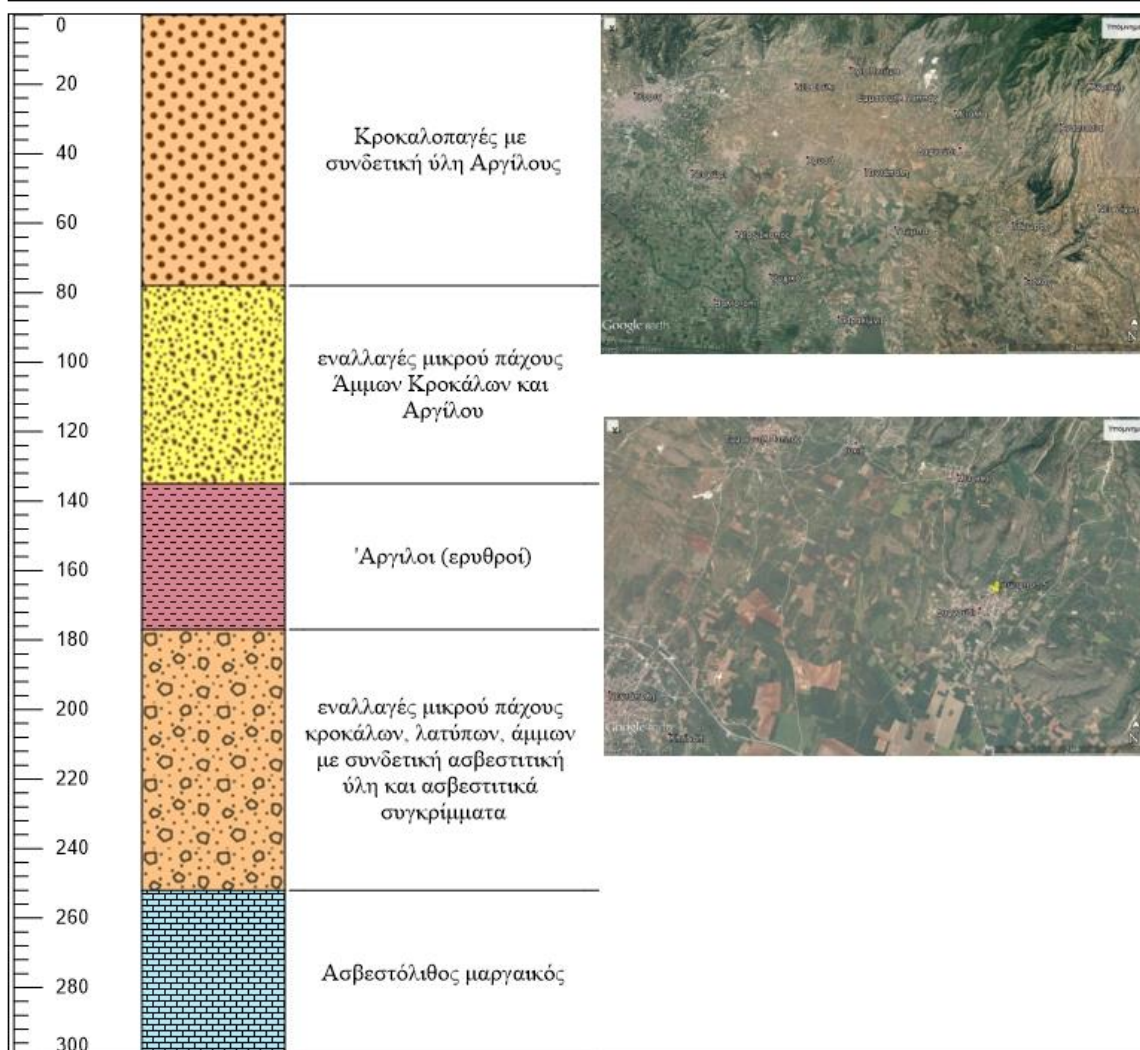
Νομός: Σερρών

Δήμος: Εμμ. Παππά

Κοινότητα: Δαφνουδίου

Συντεταγμένες:

X: 478201, Y: 4546108, Z: 221 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

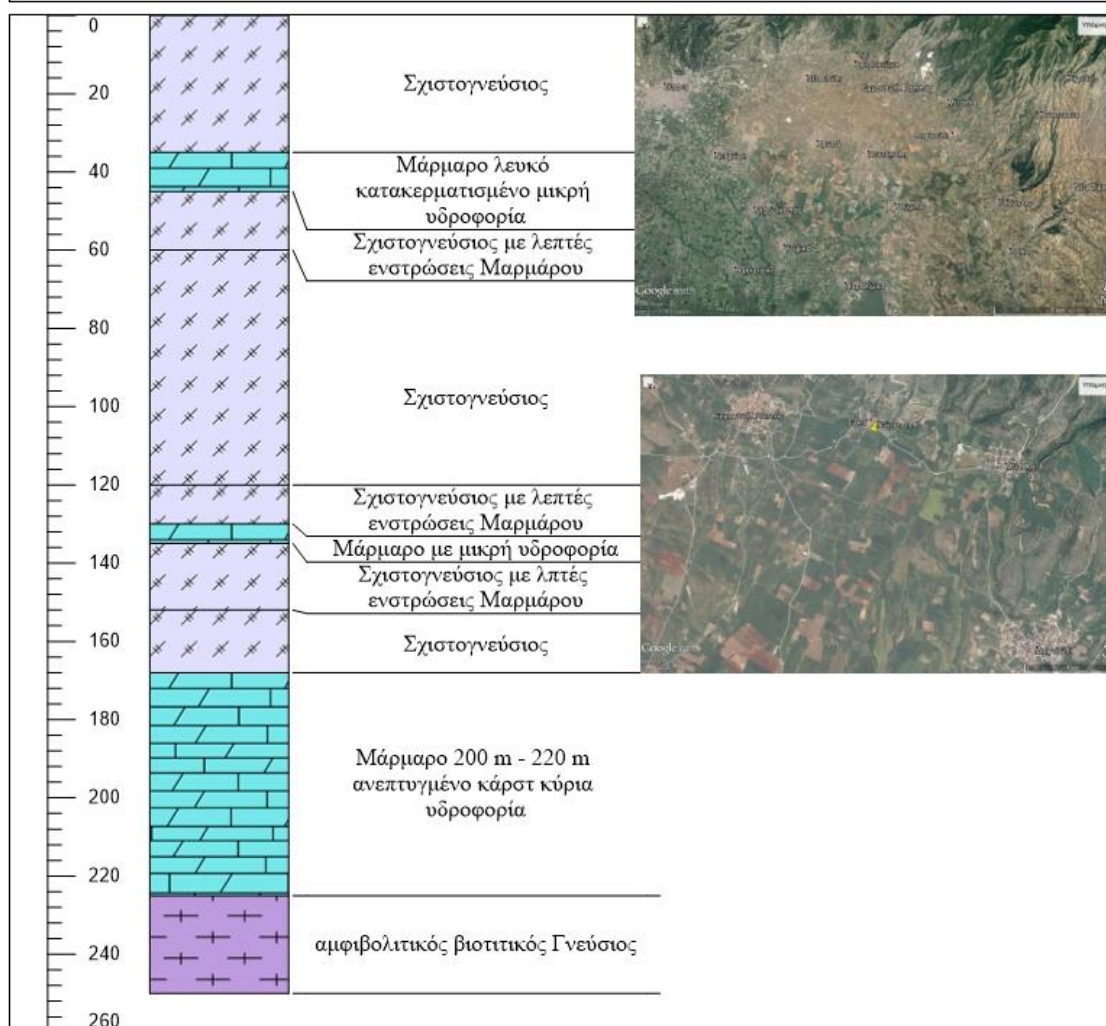
2016



Τομή Γεώτρησης 6

Ημερομηνία Κατασκευής: 5/1997
Εργολήπτης: Ι.Γ.Μ.Ε.

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Εμμ. Παππά
Κοινότητα: Συκιάς
Συντεταγμένες:
X: 476789, Y:4548054, Z:291 m



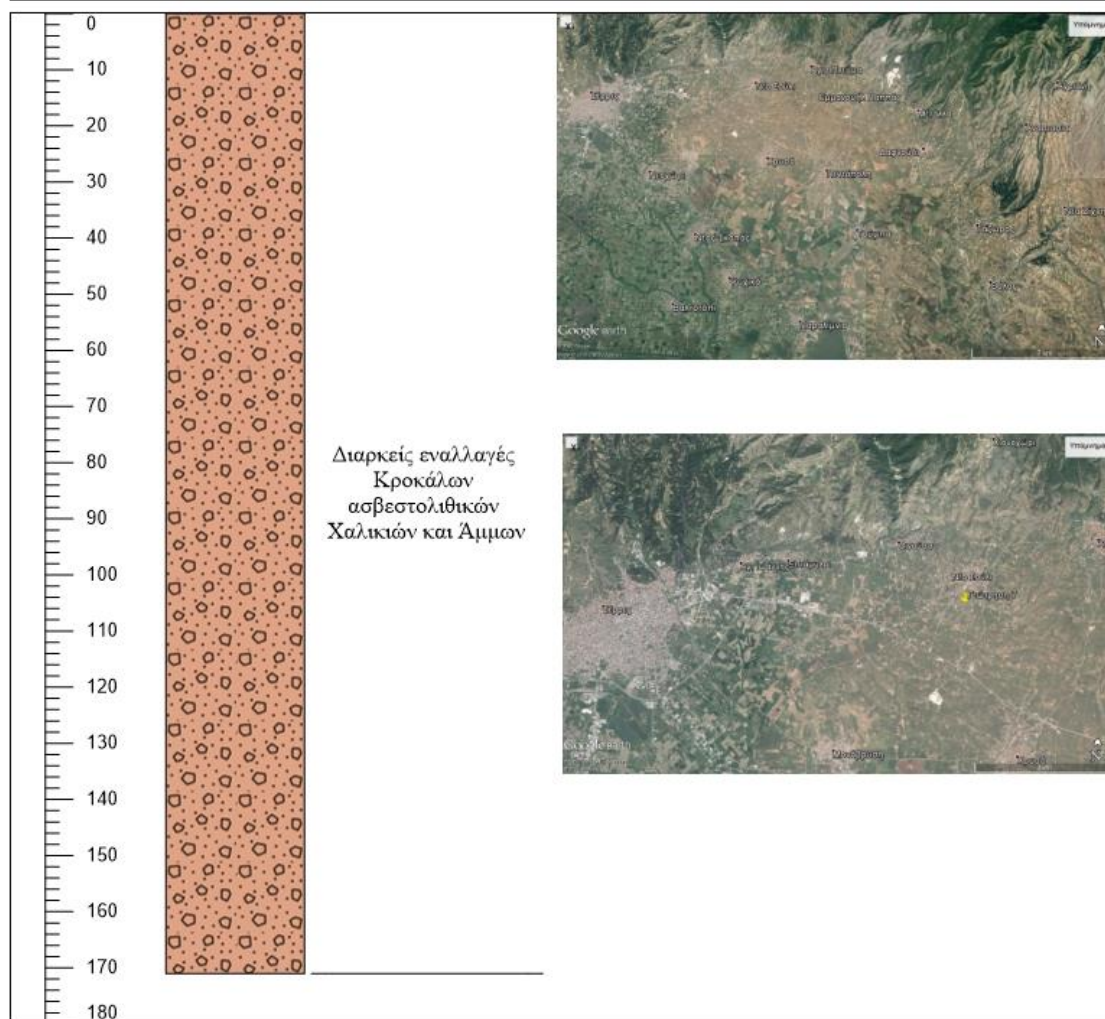
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 7

Ημερομηνία Κατασκευής: 6/2005
Γεωλόγος: Αρ. Μανδάνας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 200 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 12,65 m
Στάθμη Άντλησης: 28 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Εμμ. Παππά
Κοινότητα: Νέου Σουλίου
Συντεταγμένες:
X: 467086, Y: 4548100, Z: 61 m



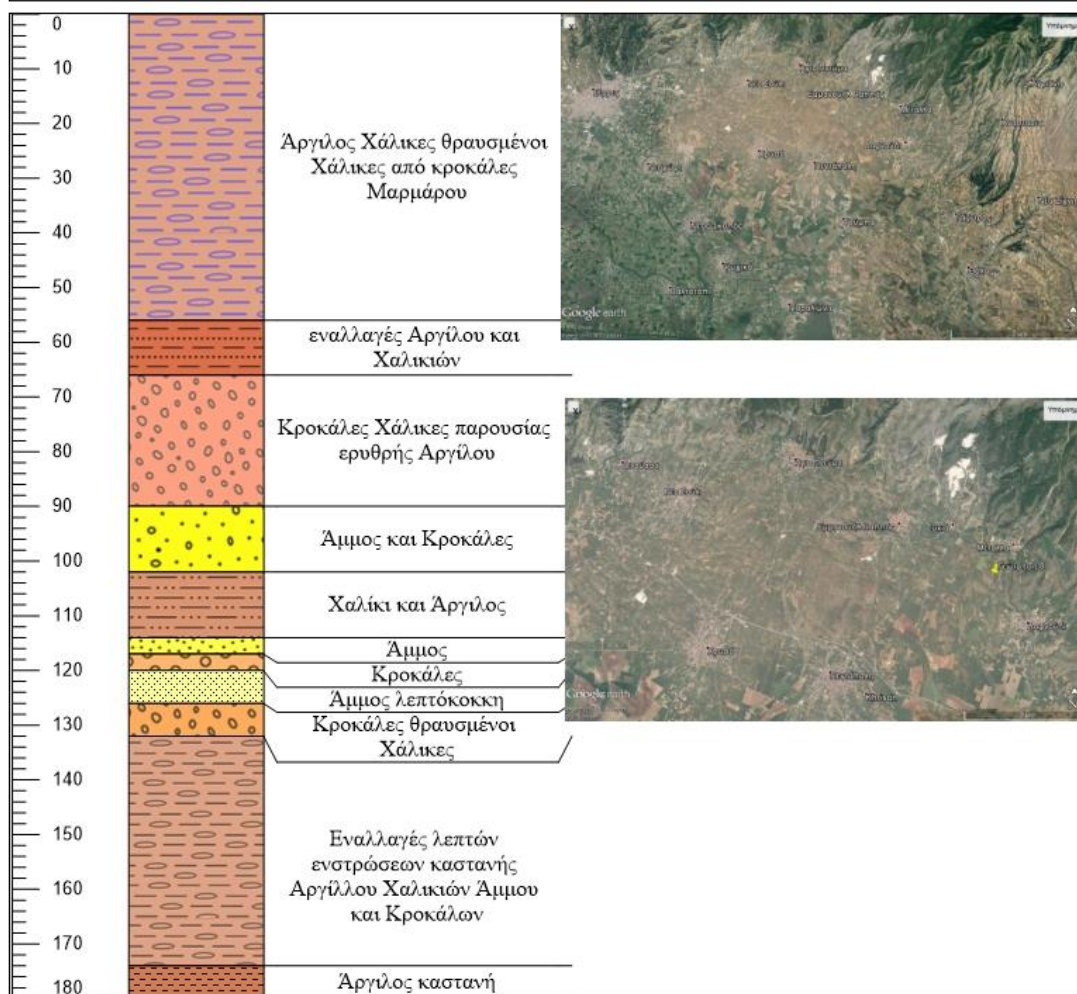
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 8

Ημερομηνία Κατασκευής: 4/1992
Γεωλόγος: Αρ. Μανδάνας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 30 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 32 m
Στάθμη Άντλησης: 38 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Εμμ. Παππά
Κοινότητα: Μετάλλων
Συντεταγμένες:
X: 477480, Y:4544020, Z:115 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 9

Ημερομηνία Κατασκευής: 12/1995

Γεωλόγος: Αρ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 20 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 30 m

Στάθμη Αντλησης: 150 m

Θέση:

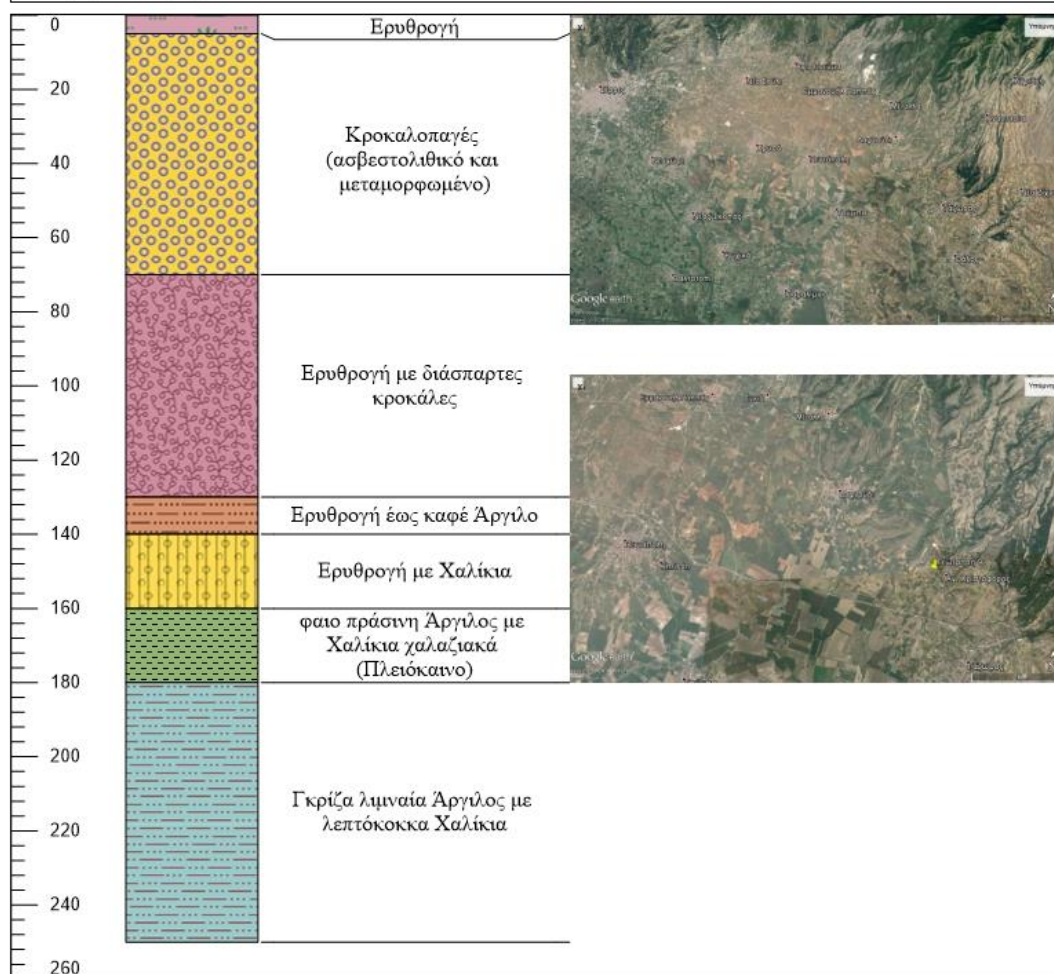
Νομός: Σερρών

Δήμος: Νέας Ζίχνης

Κοινότητα Αγ. Χριστοφόρου

Συντεταγμένες:

X: 481844, Y:4542793, Z:180 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



Τομή Γεώτρησης 10

Ημερομηνία Κατασκευής: 11/1984

Γεωλόγος: Δ. Κακαρέλης

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 200 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: ελεύθερη ροή

Στάθμη Αντλησης: 15 m

Θέση:

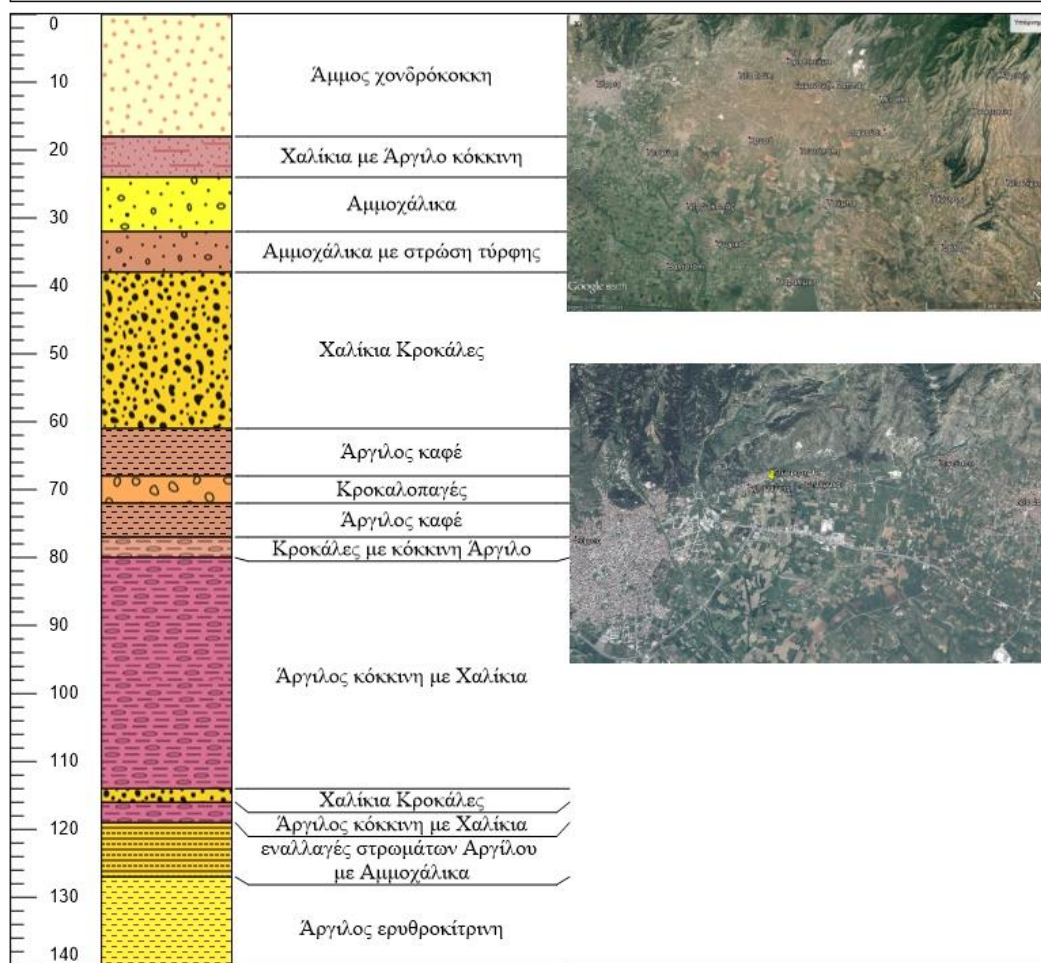
Νομός: Σερρών

Δήμος: Σερρών

Κοινότητα: Αγ. Ιωάννου

Συντεταγμένες:

X: 464466, Y: 4546491, Z: 40 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



Τομή Γεώτρησης 11

Ημερομηνία Κατασκευής: 5/1985

Γεωλόγος: Ελ. Μυστρίδης

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 200 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 3 m

Στάθμη Αντλησης: 10 m

Θέση:

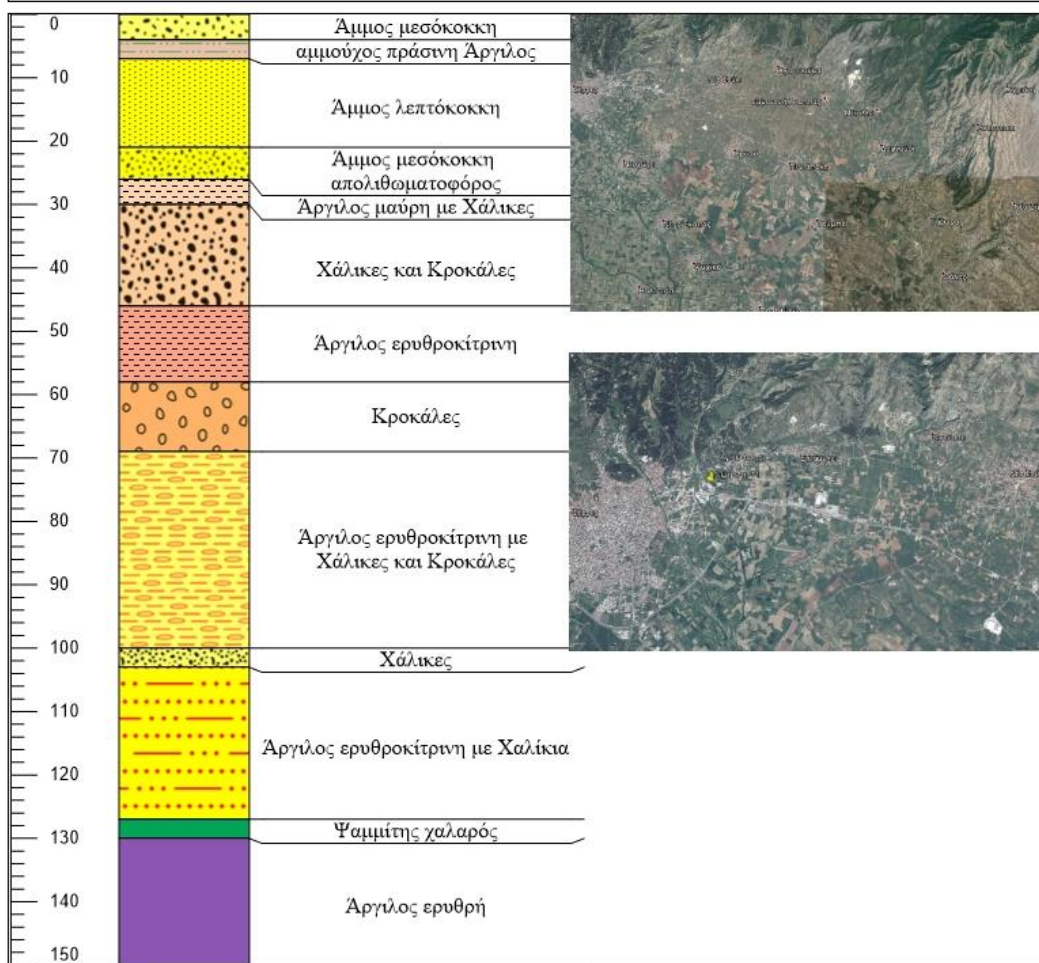
Νομός: Σερρών

Δήμος: Σερρών

Κοινότητα: Αγ. Ιωάννου

Συντεταγμένες:

X: 464207, Y:4547088, Z:200 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ριζιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



Τομή Γεώτρησης 12

Ημερομηνία Κατασκευής: 12/1984

Γεωλόγος: Δ. Κακαρέλης

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 200 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 3 m

Στάθμη Αντλησης: 8 m

Θέση:

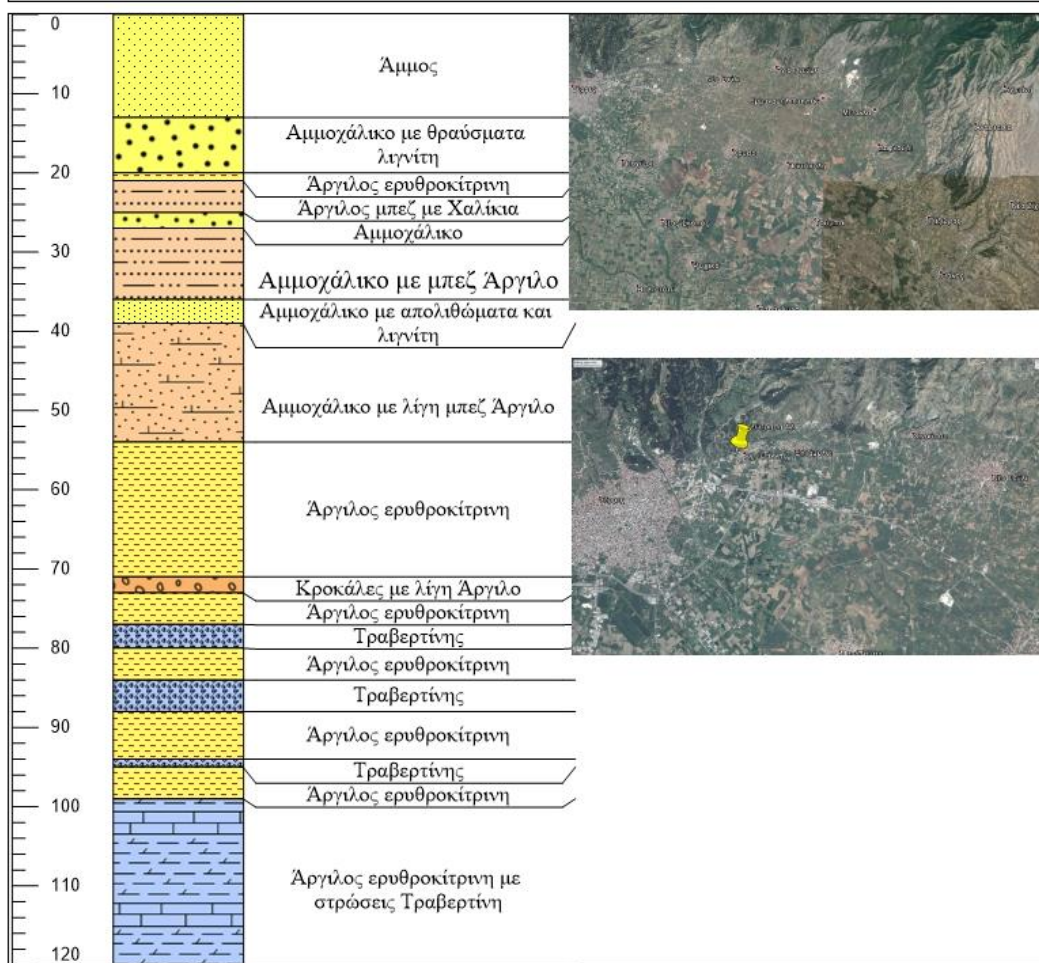
Νομός: Σερρών

Δήμος: Σερρών

Κοινότητα: Αγ. Ιωάννου

Συντεταγμένες:

X: 464954, Y:4547416, Z:200 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

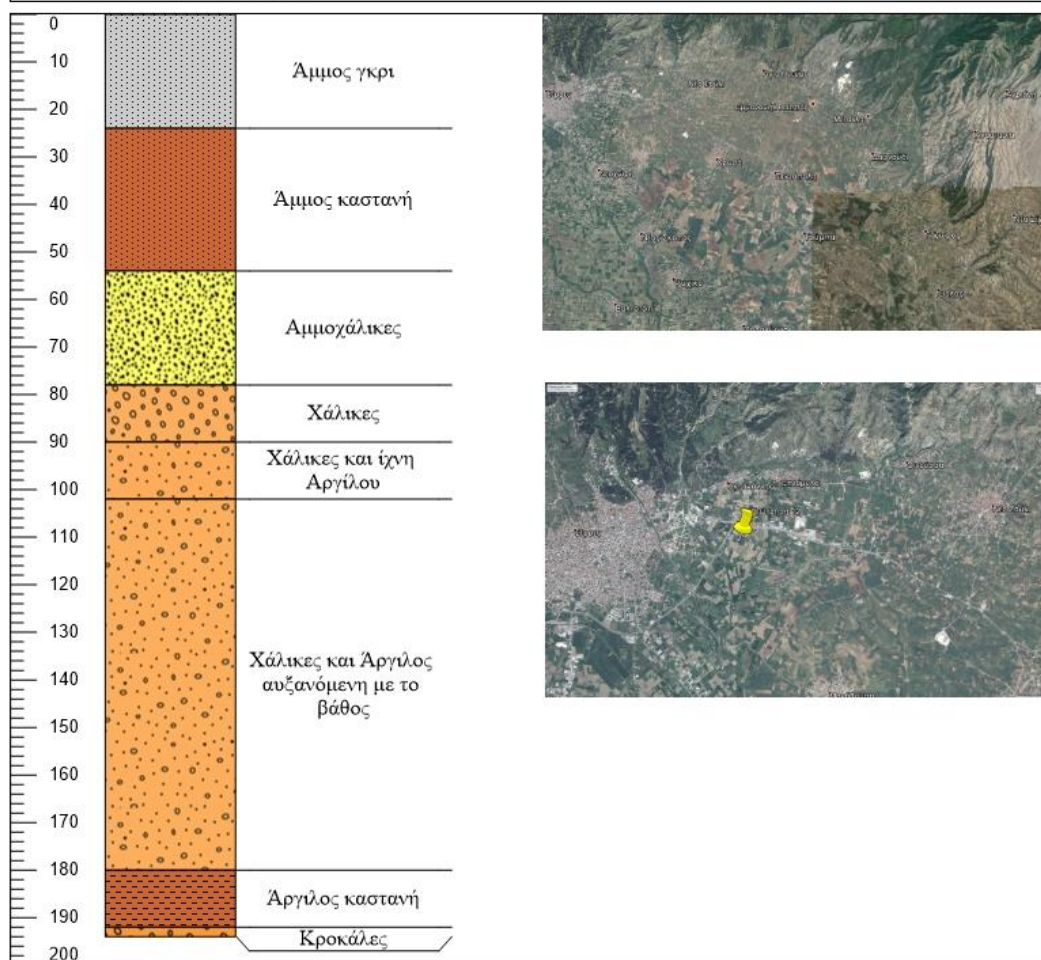
2016



Τομή Γεώτρησης 13

Ημερομηνία Κατασκευής: 12/2004
Γεωλόγος: Αρ. Μανδάνας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 120 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 5 m
Στάθμη Αντλησης: 18 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Σερρών
Κοινότητα: Αγ. Ιωάννου
Συντεταγμένες:
X: 464437, Y:454775, Z:98 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 14

Ημερομηνία Κατασκευής: 5/1993

Γεωλόγος: Αρ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 80 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 9 m

Στάθμη Αντλησης: 77 m

Θέση:

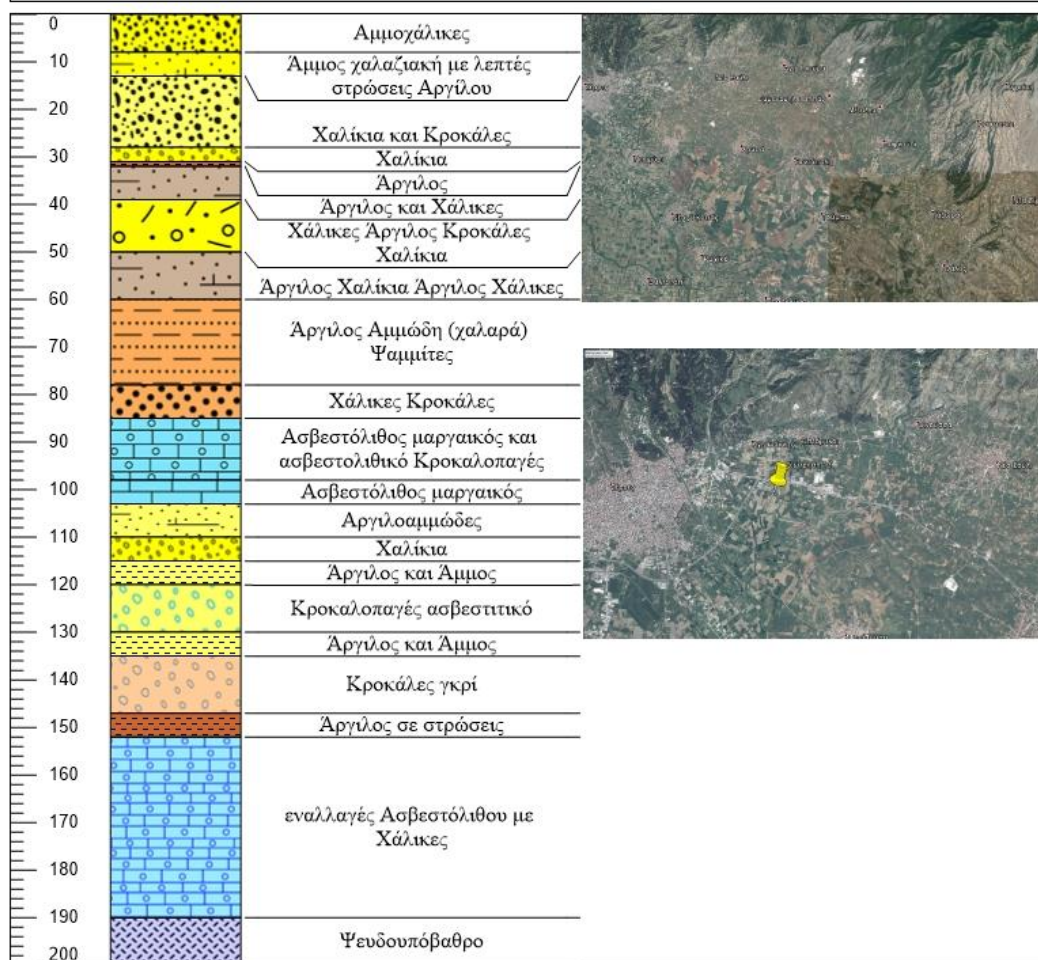
Νομός: Σερρών

Δήμος: Σερρών

Κοινότητα: Αγ. Ιωάννου

Συντεταγμένες:

X: 464946, Y:4549016, Z:41 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

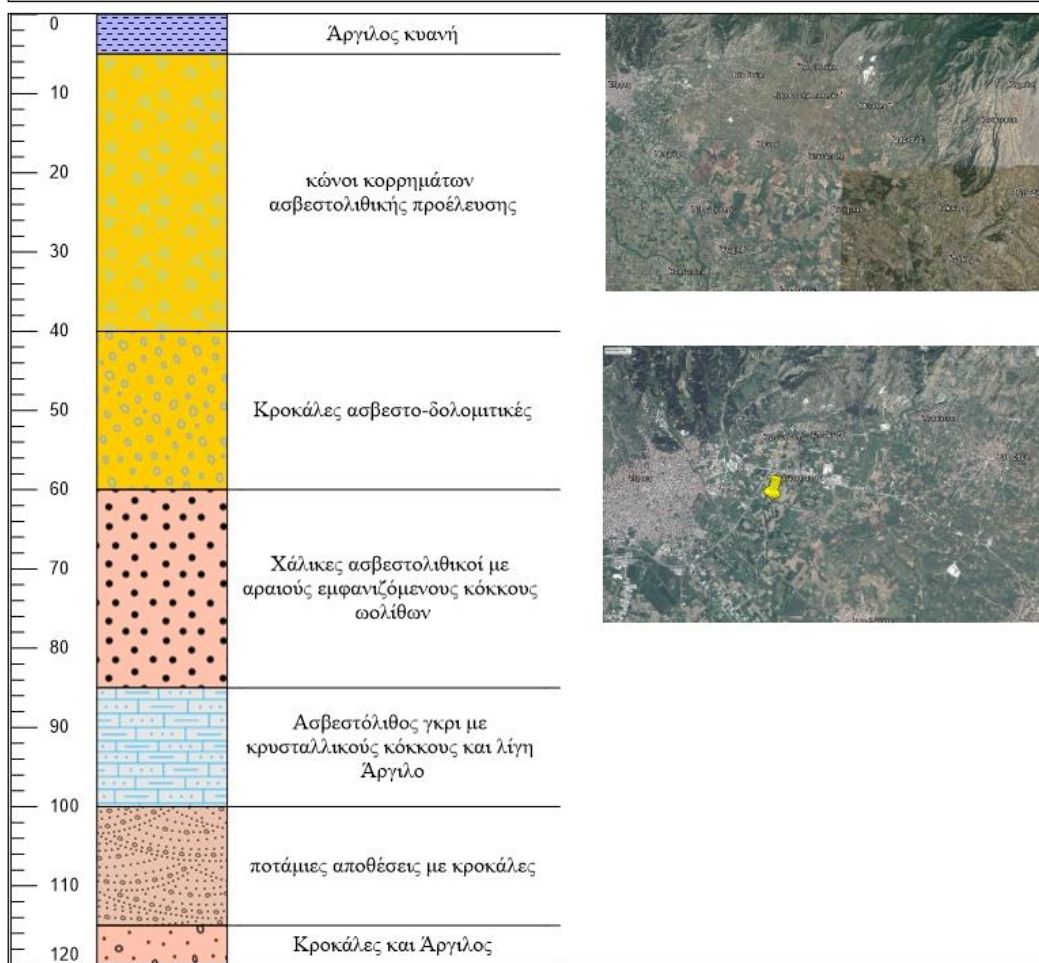
2016



Τομή Γεώτρησης 15

Ημερομηνία Κατασκευής: 3/1991
Γεωλόγος: Ευα. Ακσεχερλίδης
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 220 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 0,50 m
Στάθμη Αντλησης: 30 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Σερρών
Κοινότητα: Αγ. Ιωάννου
Συντεταγμένες:
X: 465247, Y: 4549554, Z: 39 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 16

Ημερομηνία Κατασκευής: 10/1997

Γεωλόγος: Αργ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 60 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 75 m

Στάθμη Αντλησης: 65 m

Θέση:

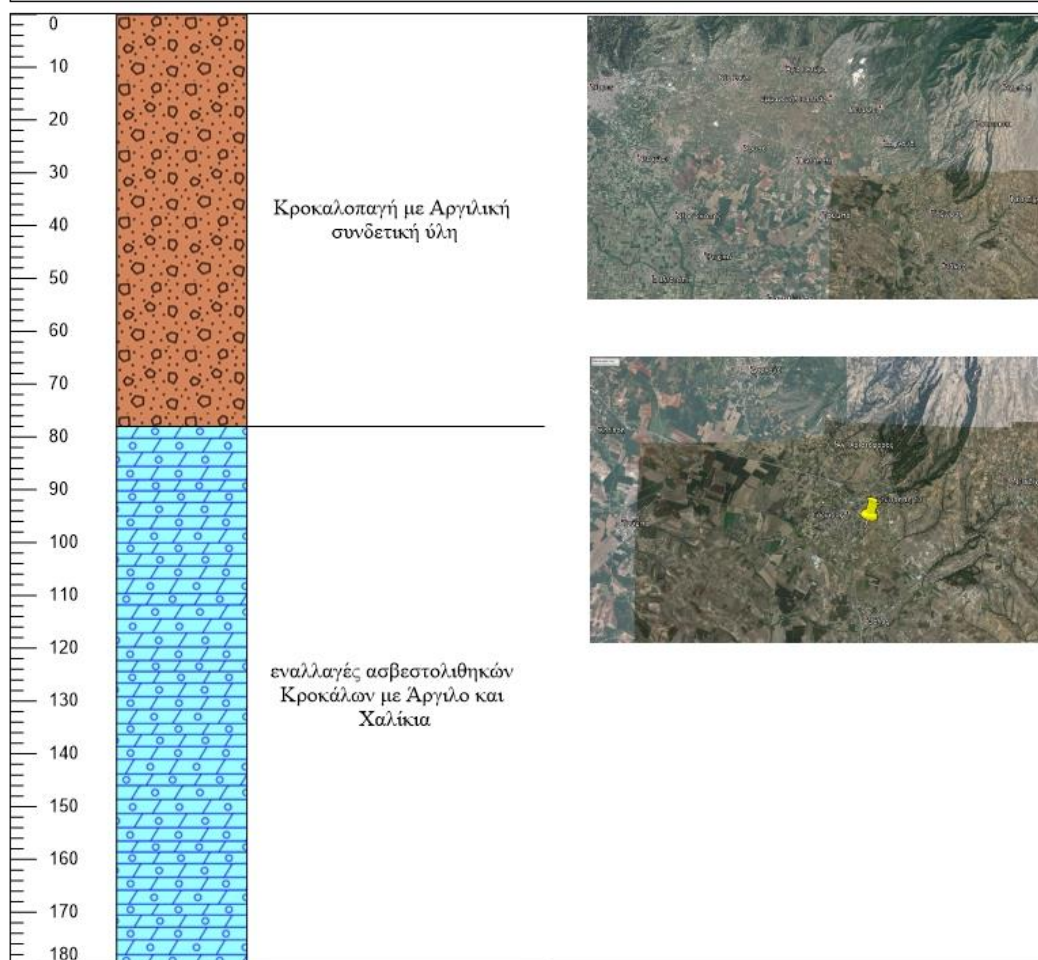
Νομός: Σερρών

Δήμος: Νέας Ζίχνης

Κοινότητα: Γαζώρου

Συντεταγμένες:

X: 481433, Y:4539954, Z:80 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



Τομή Γεώτρησης 17

Ημερομηνία Κατασκευής: 12/1994

Γεωλόγος: Αργ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 30 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 40 m

Στάθμη Άντλησης: 95 m

Θέση:

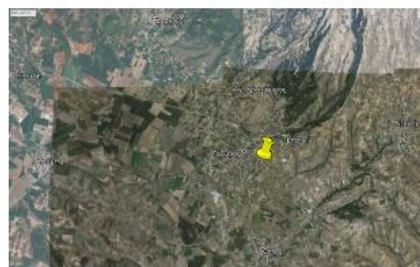
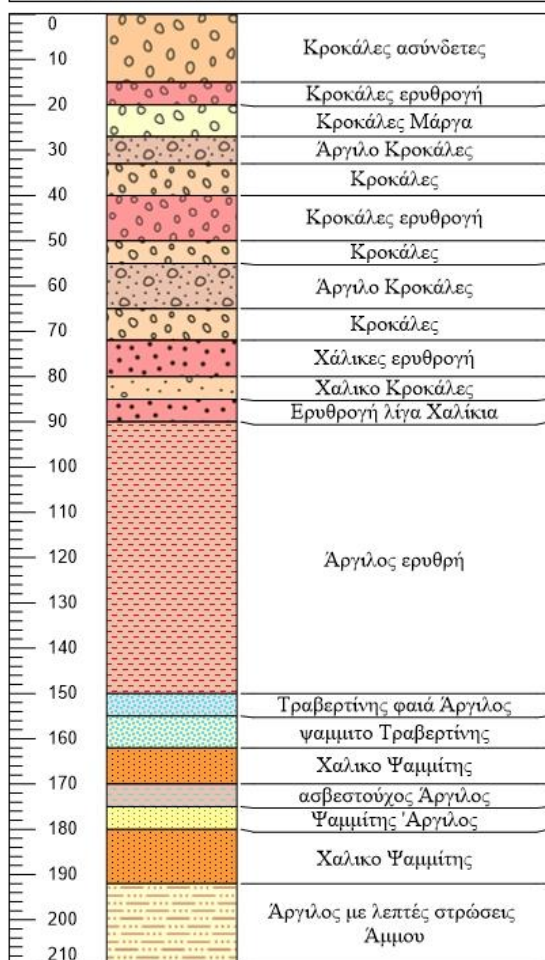
Νομός: Σερρών

Δήμος: Νέας Ζίχνης

Κοινότητα: Γαζώρου

Συντεταγμένες:

X: 482069, Y:4541373, Z:80 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 18

Ημερομηνία Κατασκευής: 1/2001

Γεωλόγος: Αργ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 70 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 51 m

Στάθμη Αντλησης: 85 m

Θέση:

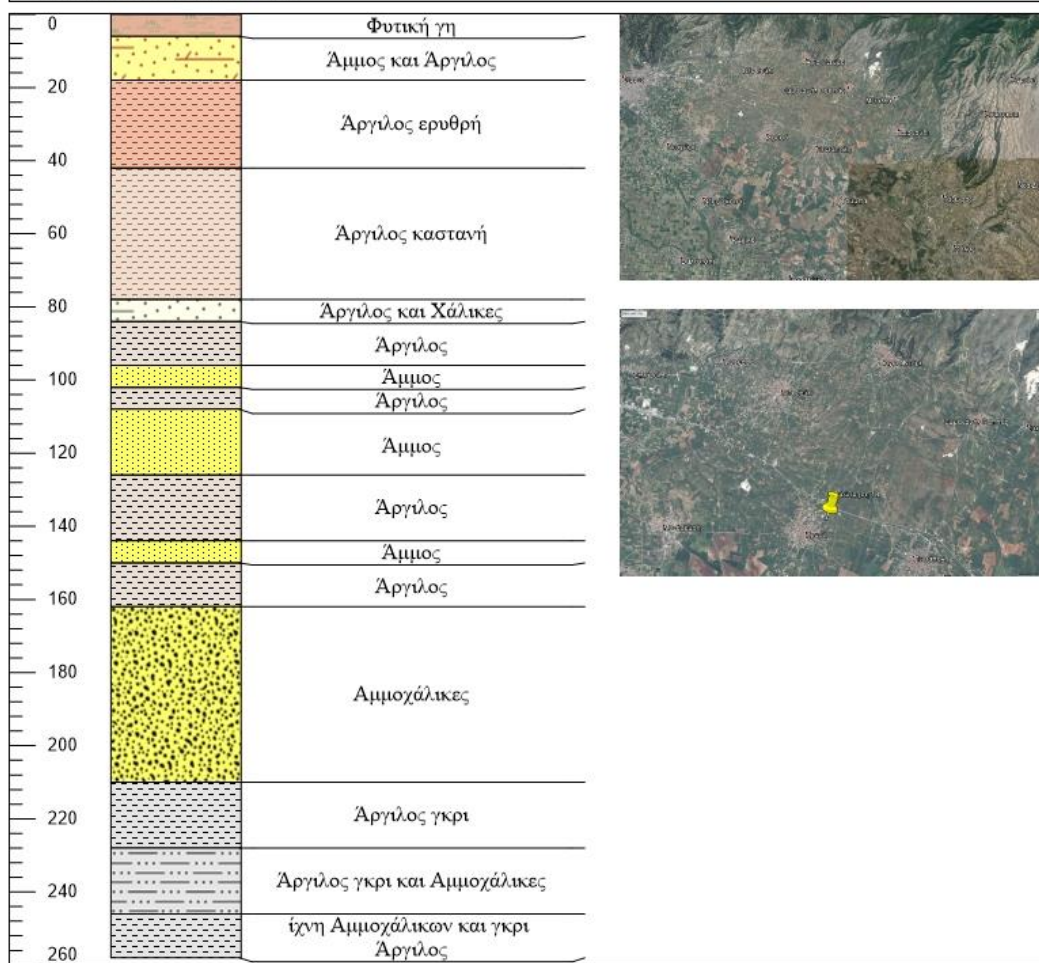
Νομός: Σερρών

Δήμος: Εμμ. Παππά

Κοινότητα: Χρυσού

Συντεταγμένες:

X: 470504, Y: 4543684, Z: 66 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

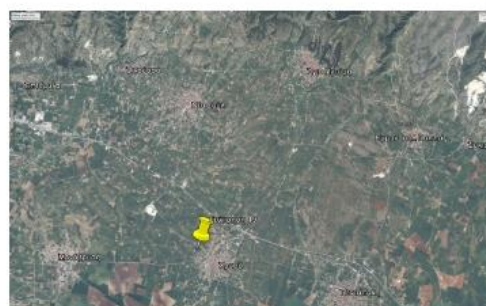
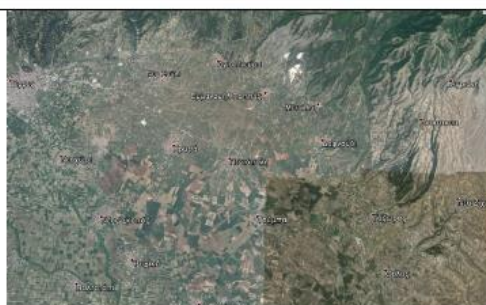
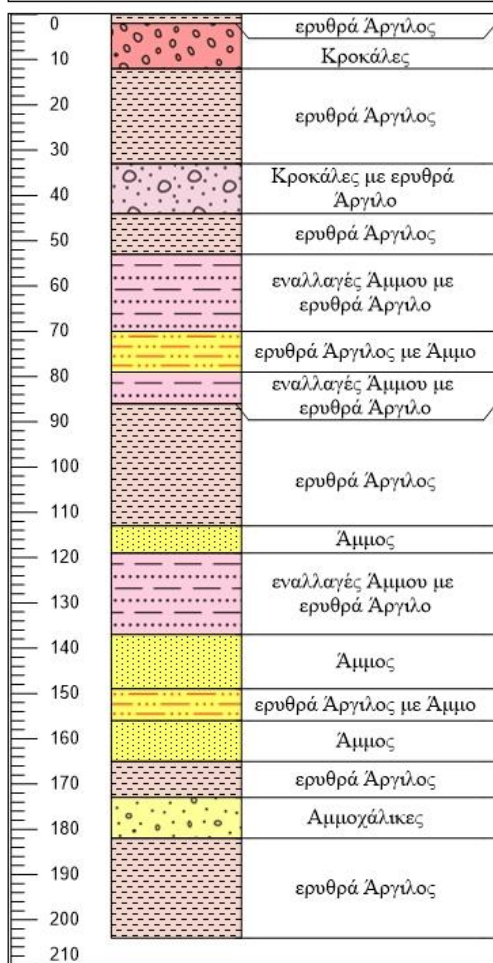
2016



Τομή Γεώτρησης 19

Ημερομηνία Κατασκευής: 3/1977
Γεωλόγος: Δ. Κολέσης
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 120 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 30 m
Στάθμη Άντλησης: 60 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Εμμ. Παππά
Κοινότητα: Χρυσού
Συντεταγμένες:
X: 470918, Y: 4543292, Z: 66 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 20

Ημερομηνία Κατασκευής: 3/1971

Γεωλόγος: Γ. Φυλακτός

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 35 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 30 m

Στάθμη Αντλησης: 60 m

Θέση:

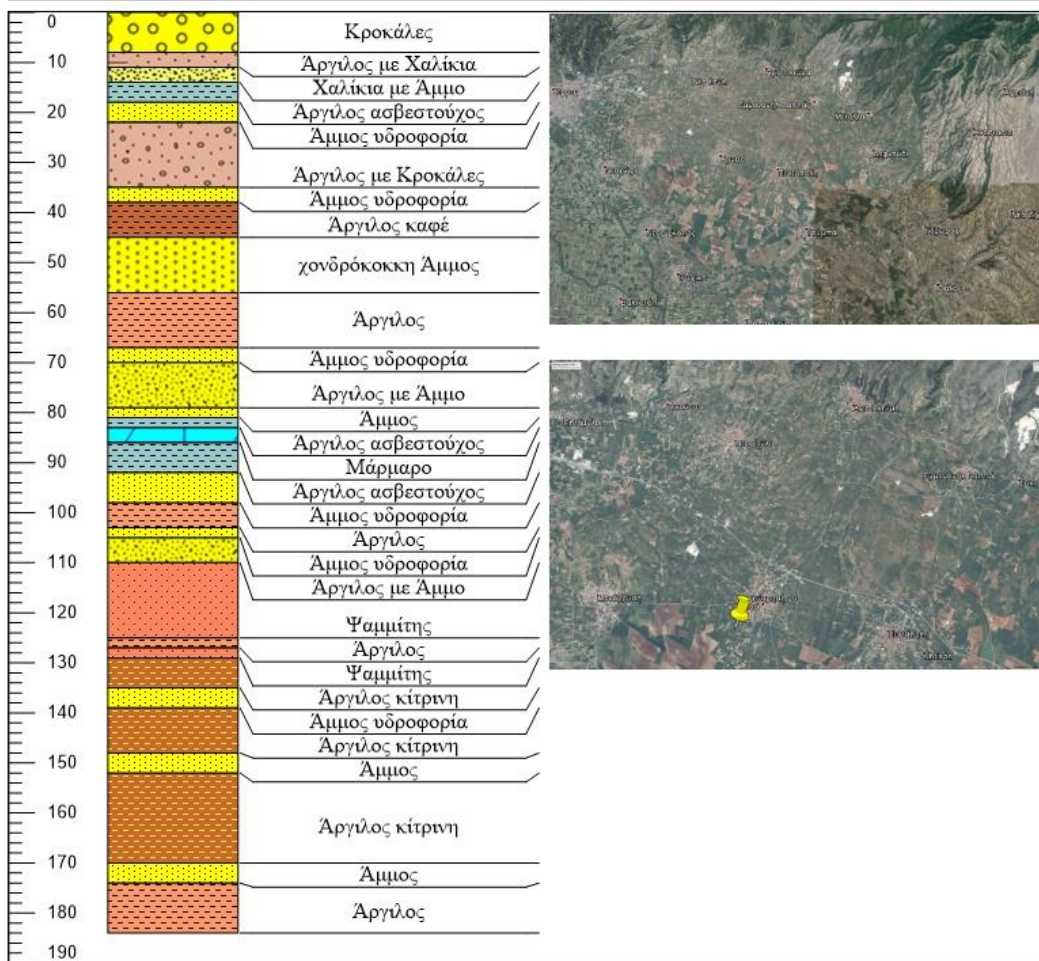
Νομός: Σερρών

Δήμος: Εμμ. Παππά

Κοινότητα: Χρυσού

Συντεταγμένες:

X: 469720, Y: 454379, Z: 60 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

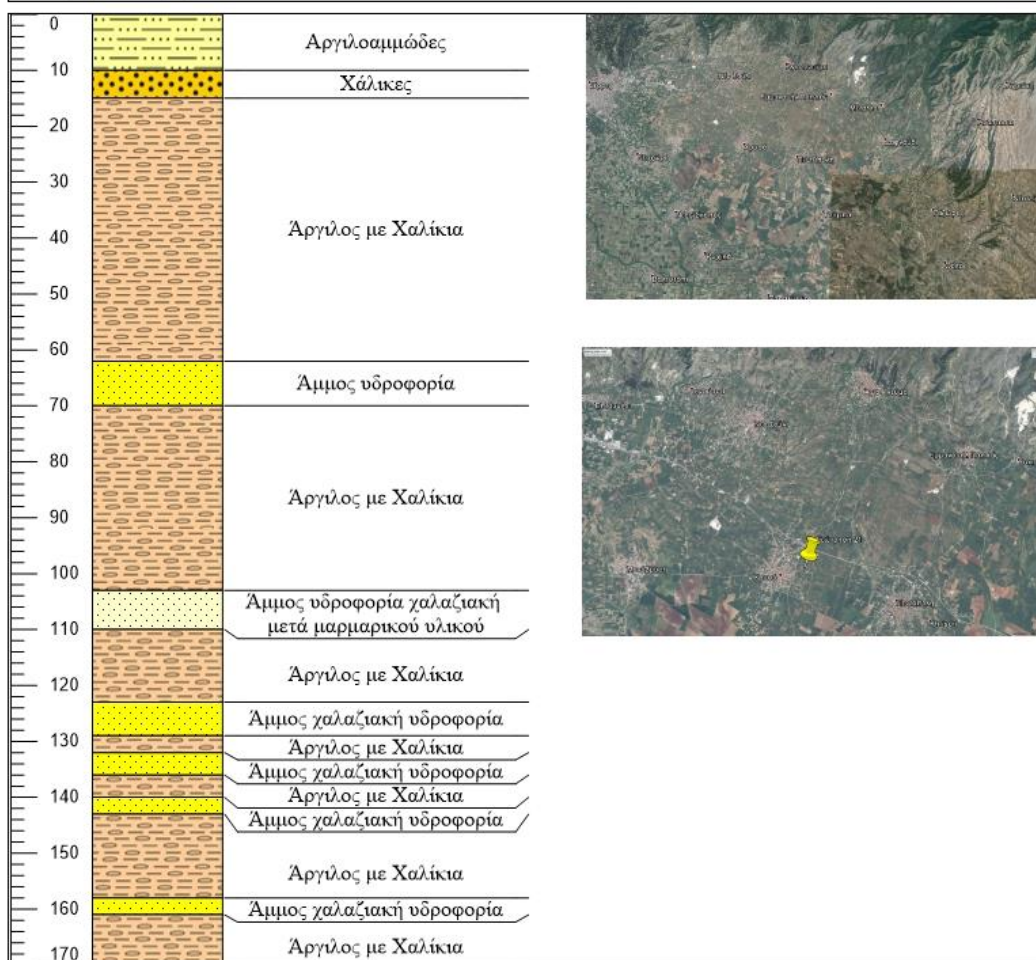
2016



Τομή Γεώτρησης 21

Ημερομηνία Κατασκευής: 10/1962
Γεωλόγος: Δεργιαδές
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 45 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 30 m
Στάθμη Αντλησης: 60 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Εμμ. Παππά
Κοινότητα: Χρυσού
Συντεταγμένες:
X: 470531, Y: 4544013, Z: 82 m



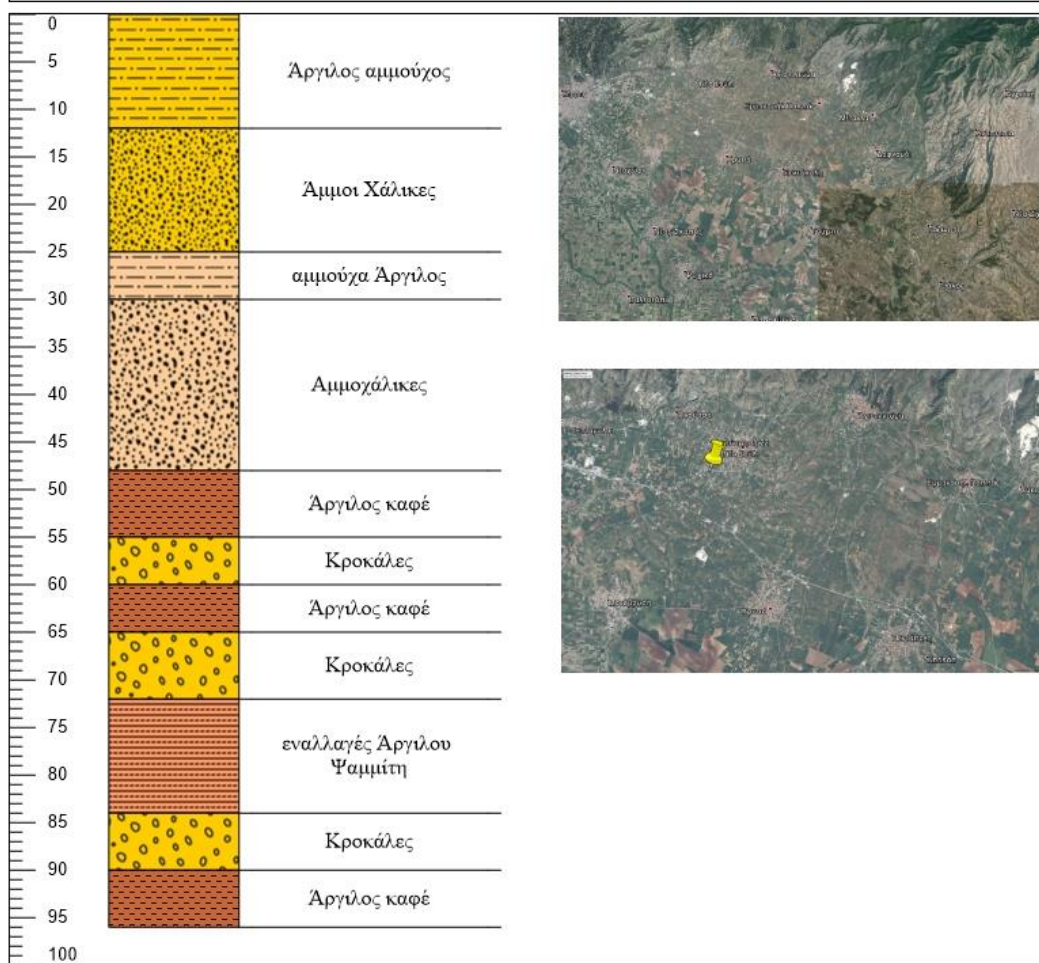
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ριζιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 22

Ημερομηνία Κατασκευής: 10/2008
Γεωλόγος: Παρ. Παπααναγιώτου
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 150 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 2 m
Στάθμη Αντλησης: 6 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Εμμ. Παππά
Κοινότητα: Νέου Σουλίου
Συντεταγμένες:
X: 465616, Y: 4547913, Z: 46 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 23

Ημερομηνία Κατασκευής: 5/1997

Γεωλόγος: Αργ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 25 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 20 m

Στάθμη Αντλησης: 65 m

Θέση:

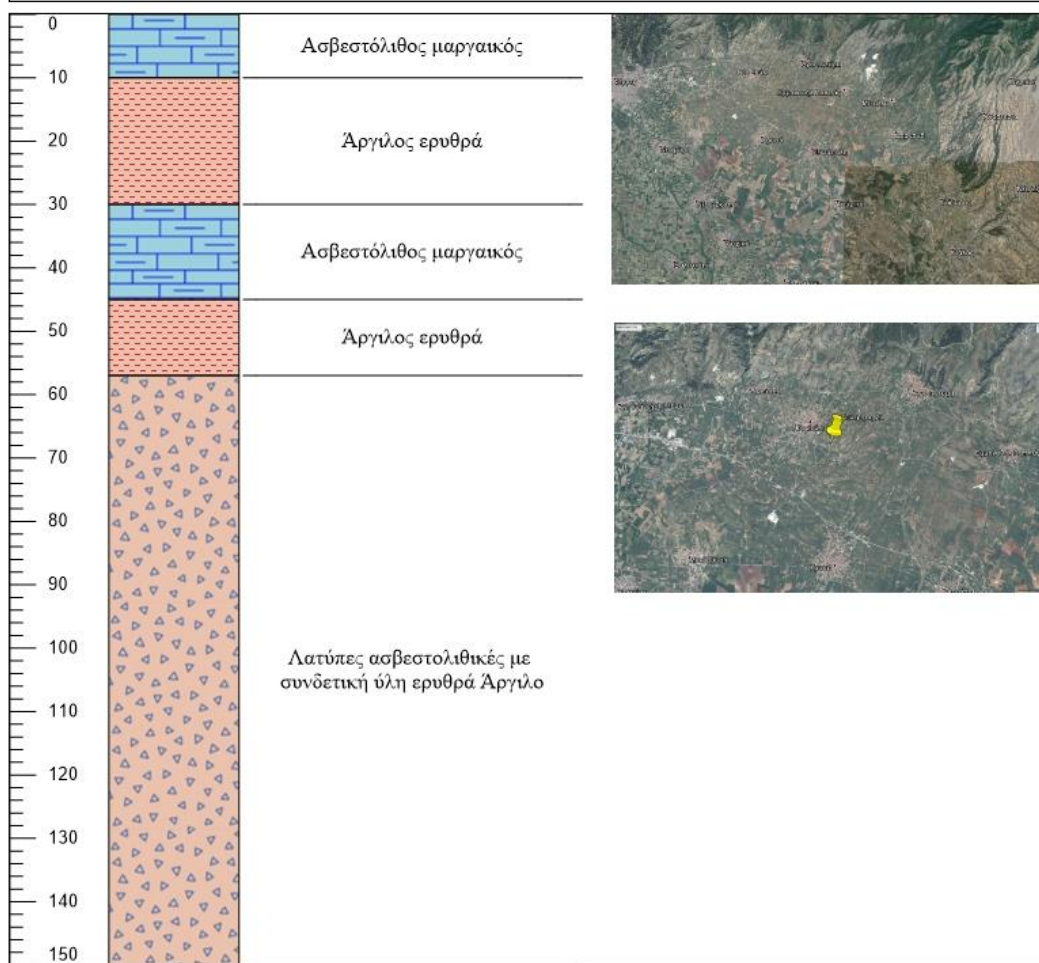
Νομός: Σερρών

Δήμος: Εμμ. Παππά

Κοινότητα: Νέου Σουλίου

Συντεταγμένες:

X: 469147, Y: 4548850, Z: 43 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



Τομή Γεώτρησης 24

Ημερομηνία Κατασκευής: 3/2005

Γεωλόγος: Αργ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 100 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 153,1 m

Στάθμη Αντλησης: 154,17 m

Θέση:

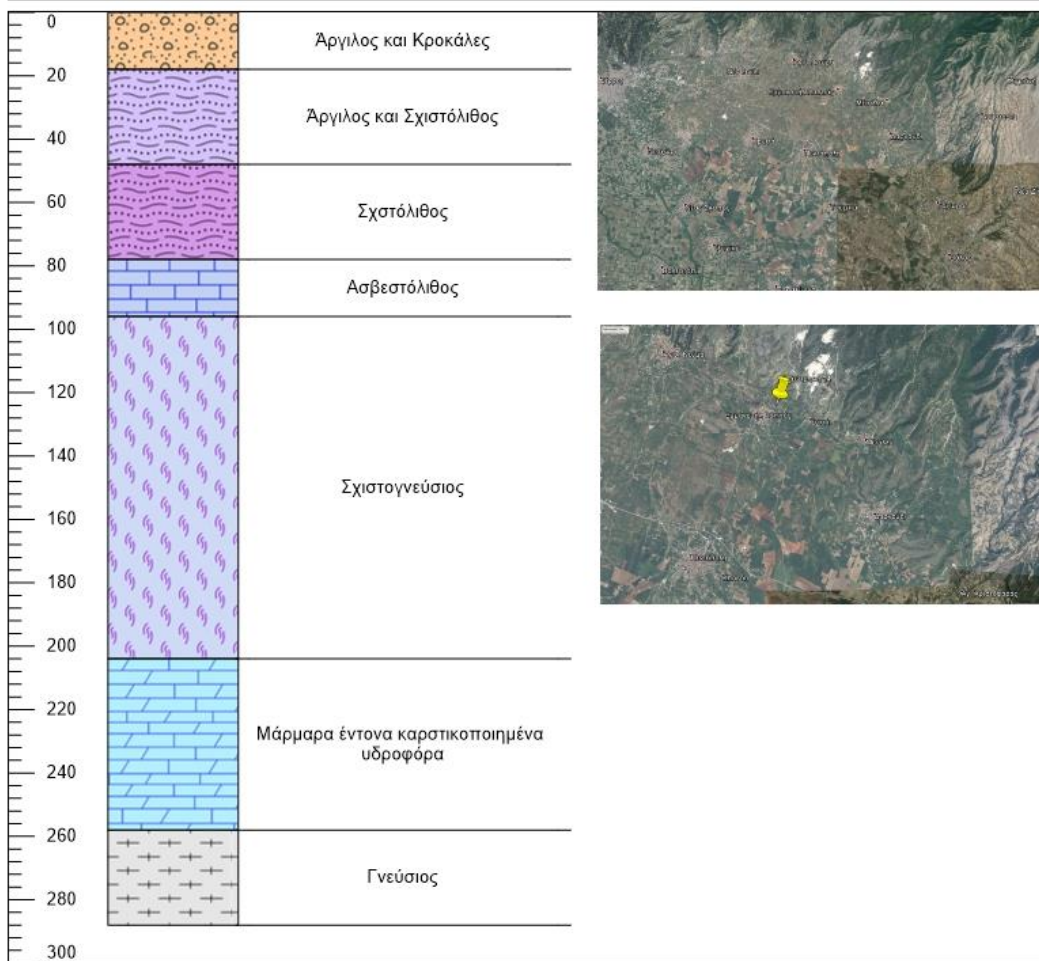
Νομός: Σερρών

Δήμος: Εμμ. Παππά

Κοινότητα: Εμμ. Παππά

Συντεταγμένες:

X: 476172, Y: 4548095, Z: 291 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

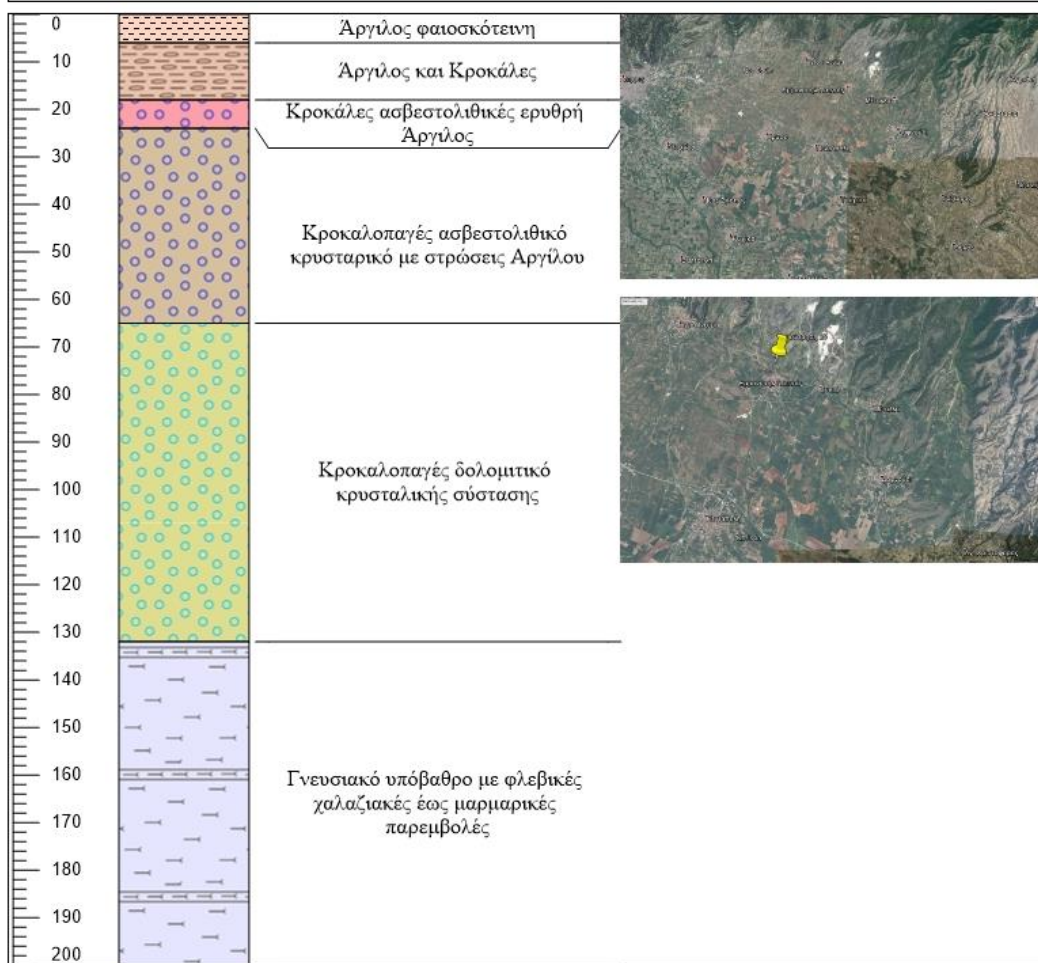
2016



Τομή Γεώτρησης 25

Ημερομηνία Κατασκευής: 4/1996
Γεωλόγος: Δ. Τραγούδας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 30 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 83 m
Στάθμη Αντλίας: 100 m

Θέση:
Νομός Σερρών
Δήμος: Εμμ. Παππά
Κοινότητα: Εμμ. Παππά
Συντεταγμένες:
X: 476428, Y: 4547498, Z: 245 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 26

Ημερομηνία Κατασκευής: 12/1994

Γεωλόγος: Δ. Τραγούδας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 25 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 83,20 m

Στάθμη Αντλησης: 110 m

Θέση:

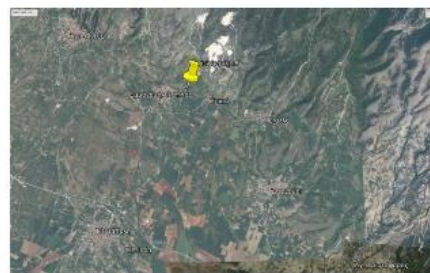
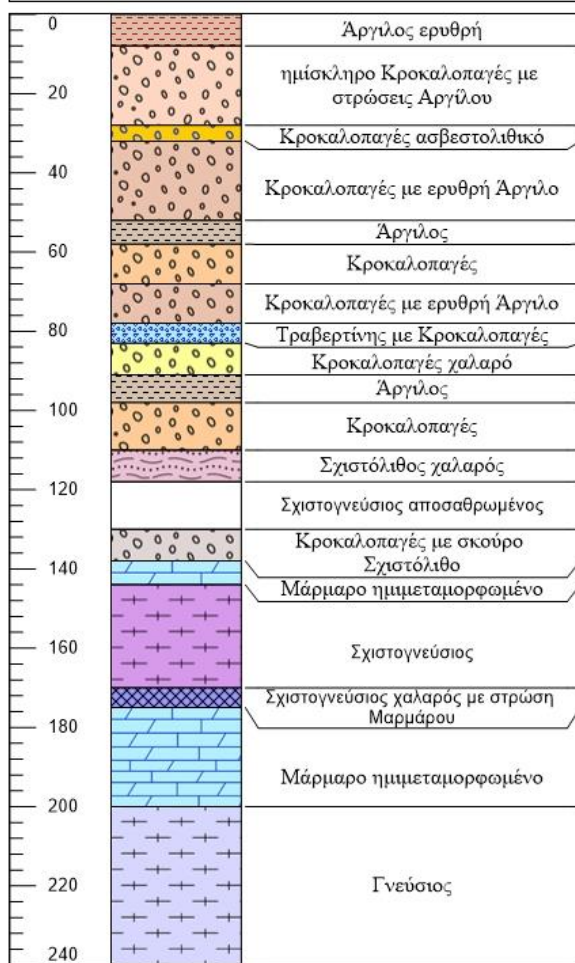
Νομός: Σερρών

Δήμος: Εμμι. Παππά

Κοινότητα: Εμμι. Παππά

Συντεταγμένες:

X: 475767, Y: 4547447, Z: 231 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

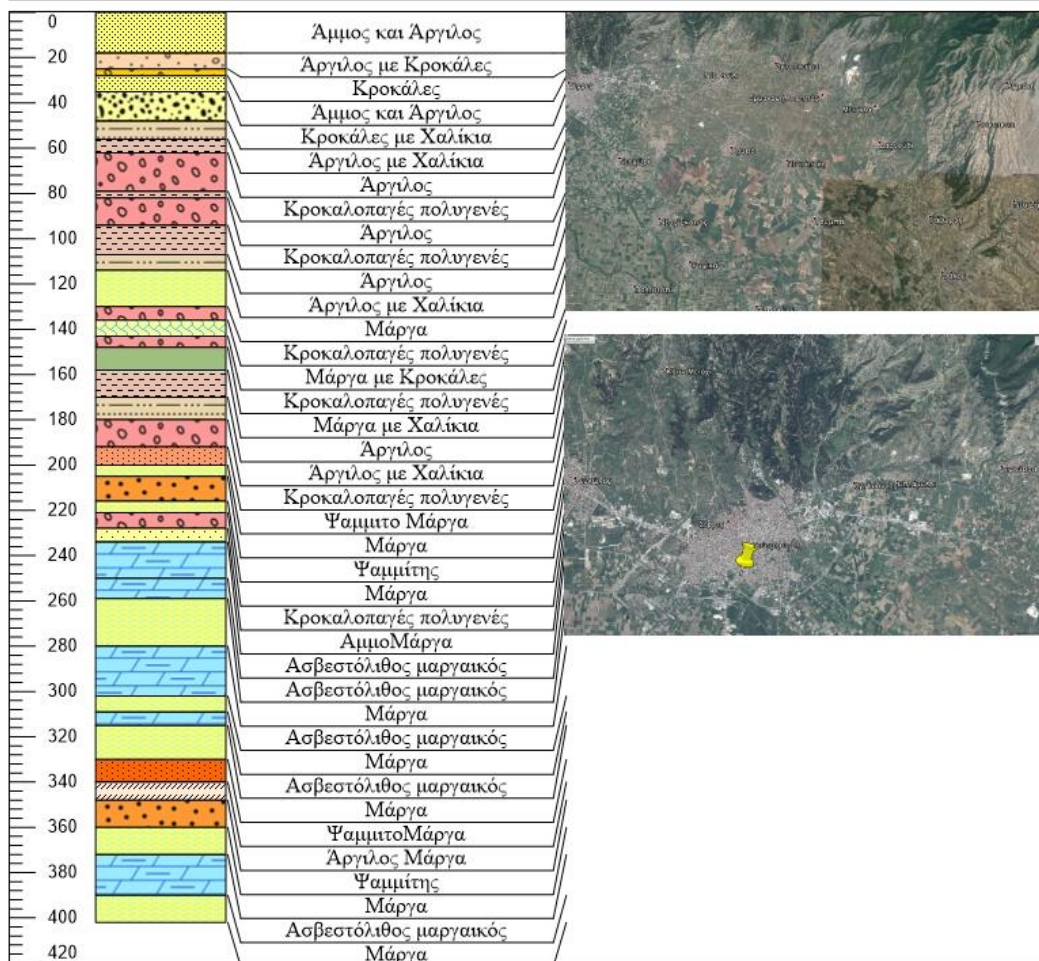
2016



Τομή Γεώτρησης 27

Ημερομηνία Κατασκευής: 12/1994
Γεωλόγος: ΓΕΩΕΡΥΝΑ Ο.Ε.
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 120 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 5,7 m
Στάθμη Αντλησης: 94 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Σερρών
Πόλη Σερρών
Συντεταγμένες:
X: 465268, Y: 4548350, Z: 37 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 28

Ημερομηνία Κατασκευής: 6/2001

Γεωλόγος: ΓΕΩΠΕΡΥΝΑ Ο.Ε.

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 130 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 27 m

Στάθμη Αντλησης: 85 m

Θέση:

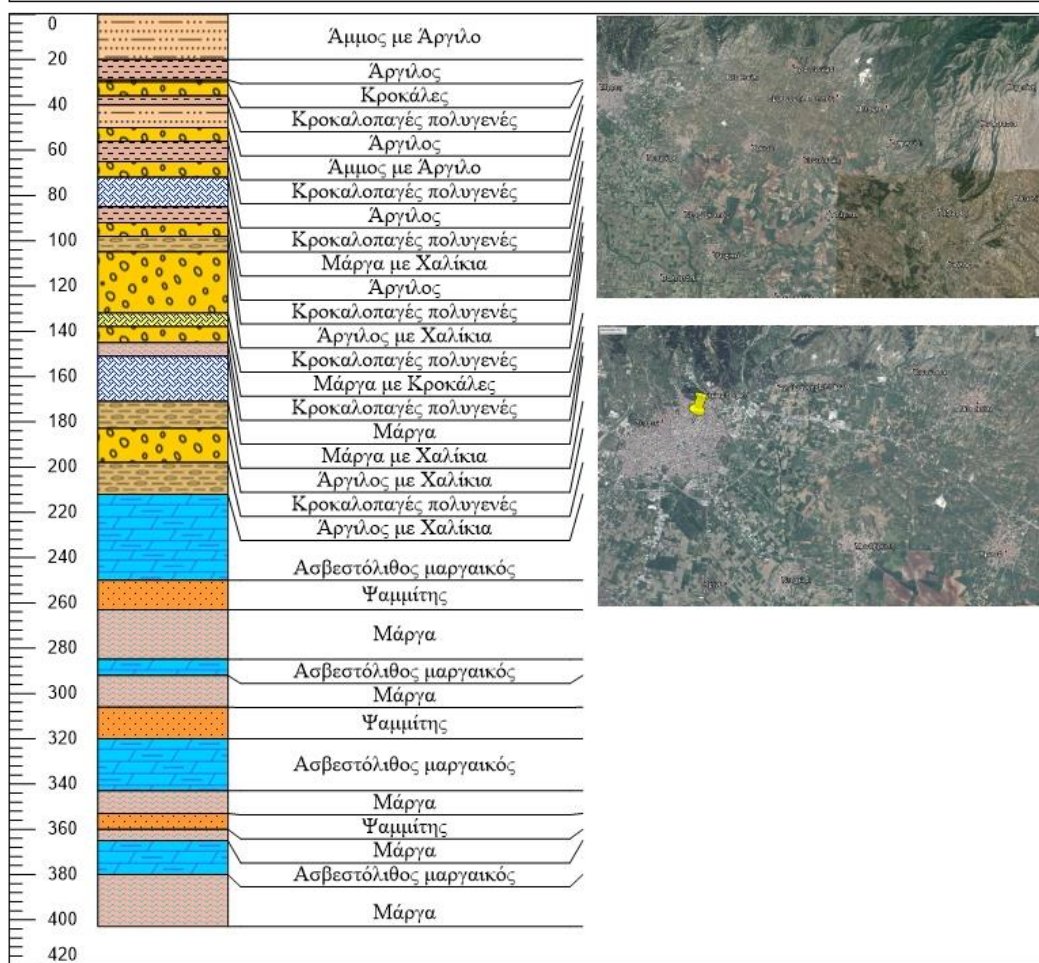
Νομός: Σερρών

Δήμος: Σερρών

Πόλη Σερρών

Συντεταγμένες:

X: 464328, Y: 4548526, Z: 48 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 29

Ημερομηνία Κατασκευής: 6/1982

Γεωλόγος: Ι.Γ.Μ.Ε.

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 100 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 10,63 m

Στάθμη Αντλησης: 85 m

Θέση:

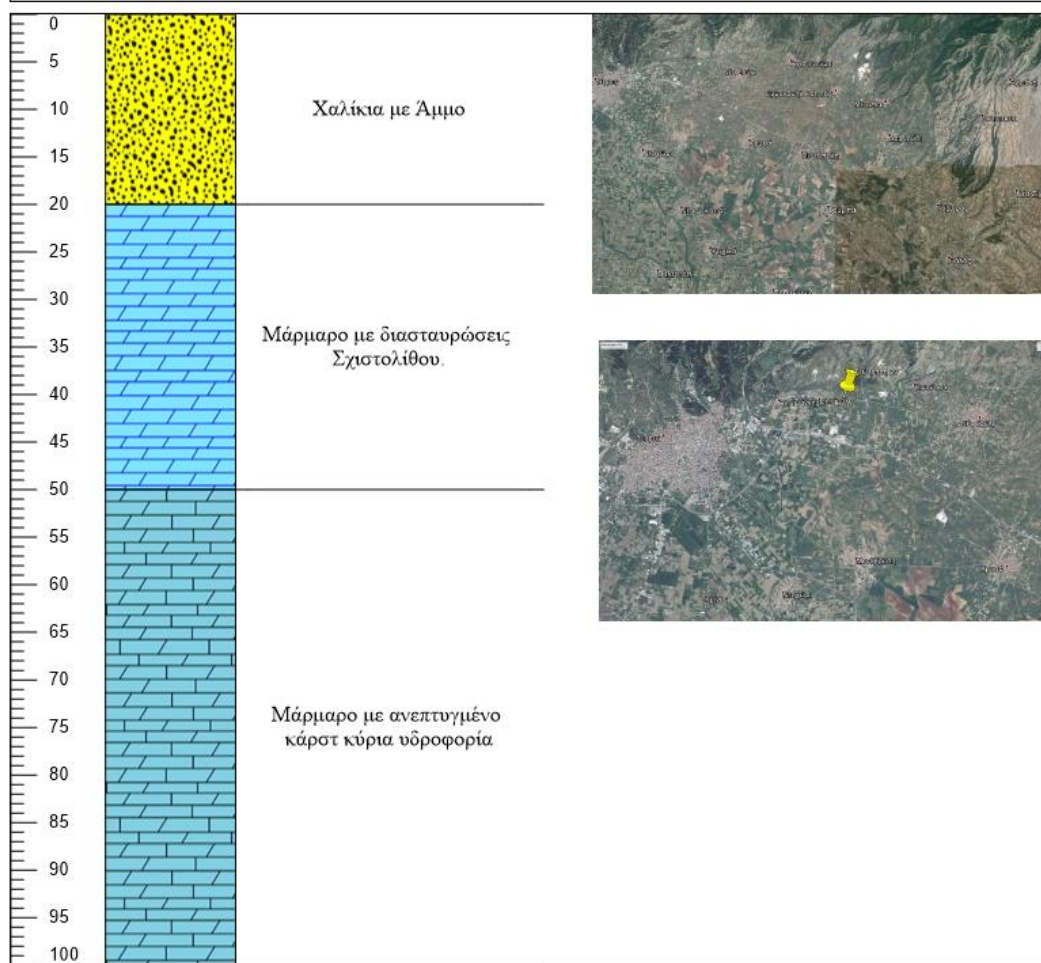
Νομός: Σερρών

Δήμος: Σερρών

Κοινότητα: Επταμύλων

Συντεταγμένες:

X: 466077, Y: 4550249, Z: 87,52 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



Τομή Γεώτρησης 30

Ημερομηνία Κατασκευής: 10/1996

Γεωλόγος: Αργ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 100 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 18 m

Στάθμη Αντλησης: 55 m

Θέση:

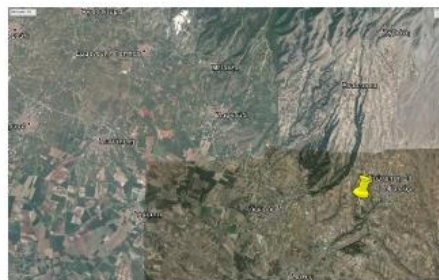
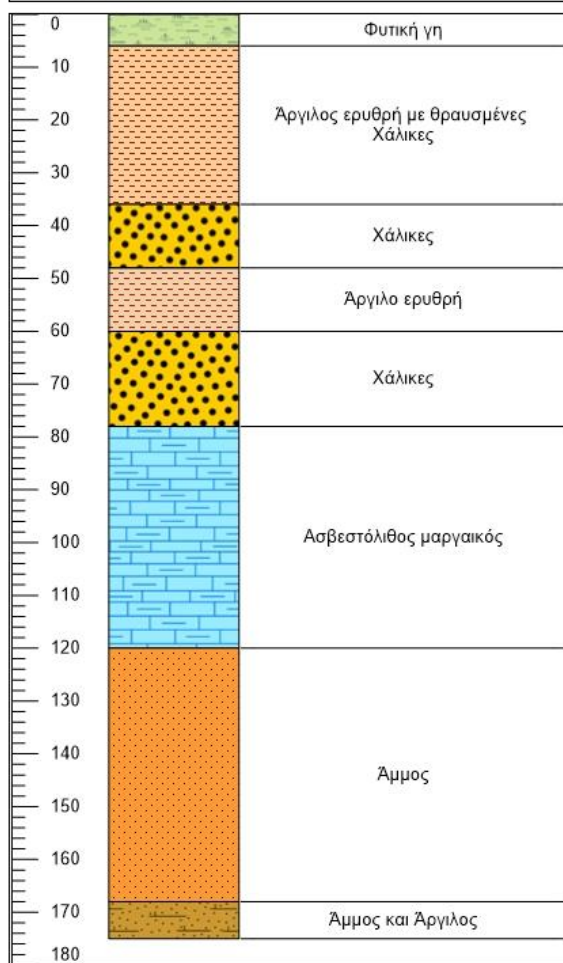
Νομός: Σερρών

Δήμος: Νέας Ζίχνης

Κοινότητα: Νέας Ζίχνης

Συντεταγμένες:

X: 481650, Y: 4537634, Z: 63 m



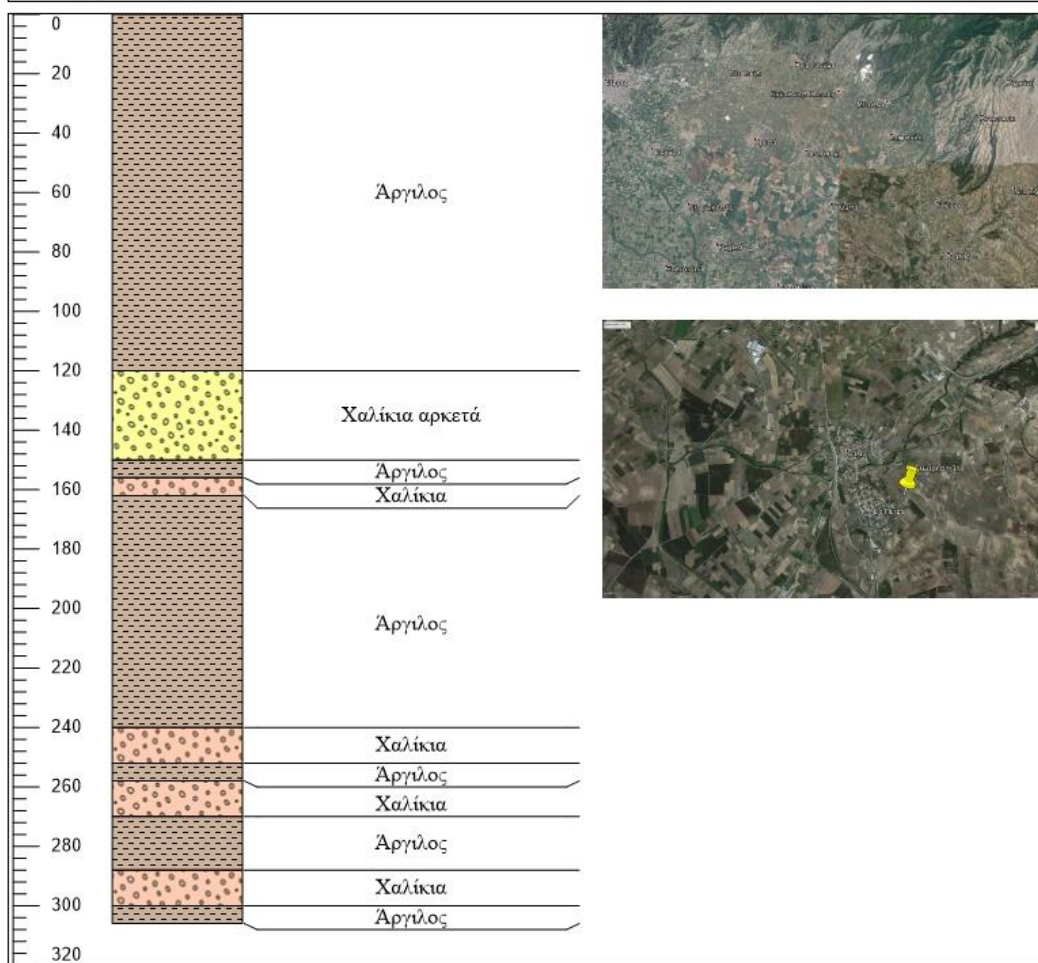
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 31

Ημερομηνία Κατασκευής: 2/2000
Γεωλόγος: Αν. Τσιπούρης
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 80 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 32 m
Στάθμη Αντλησης: 46 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Νέας Ζίχνης
Κοινότητα: Νέας Πέτρας
Συντεταγμένες:
X: 482020,299, Y: 4537082,074, Z: 51,934 m



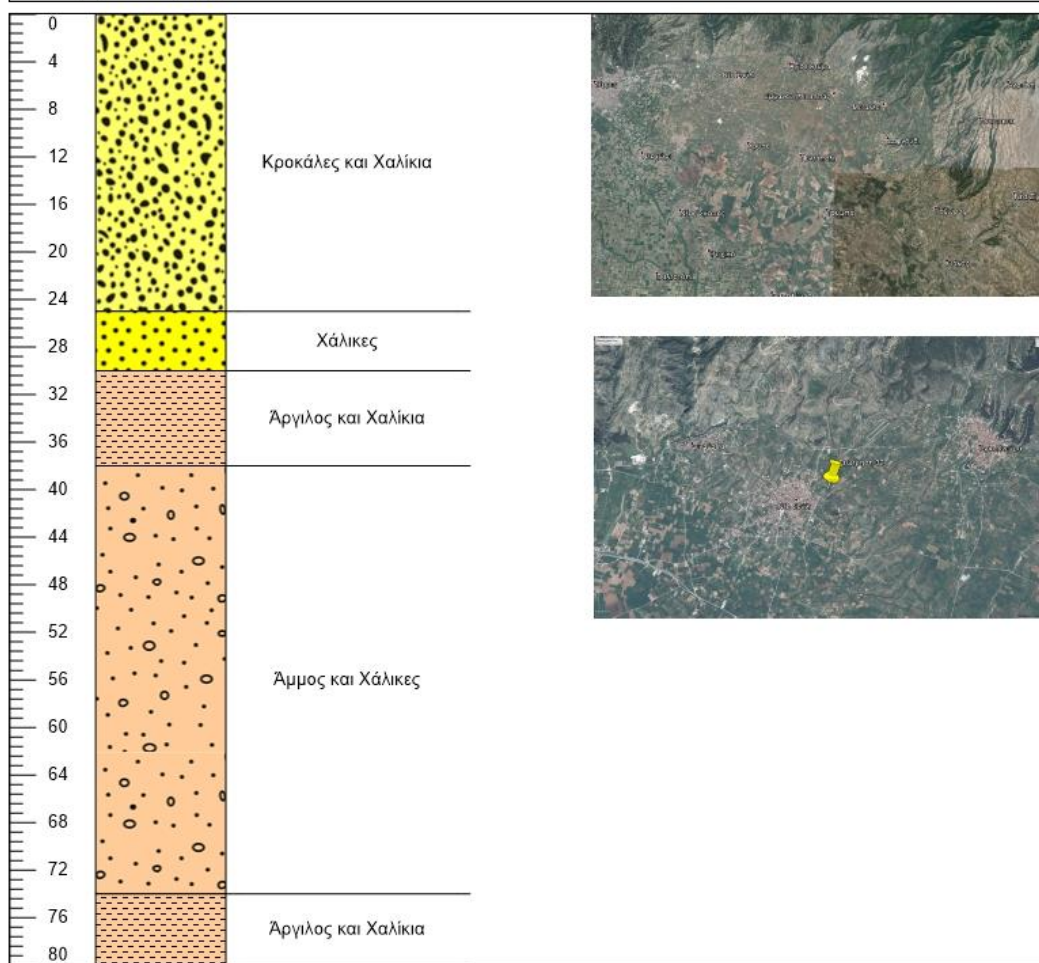
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 32

Ημερομηνία Κατασκευής: 2/1994
Γεωλόγος: Δ. Τραγούδας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 100 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 10 m
Στάθμη Αντλήσης: 20 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Σερρών
Κοινότητα: Νέου Σουλίου
Συντεταγμένες:
X: 467169, Y: 4547885, Z: 49,83 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 33

Ημερομηνία Κατασκευής: 3/1999

Γεωλόγος: Αθ. Ταουσιάνης

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 113 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 100 m

Στάθμη Αντλησης: 116 m

Θέση:

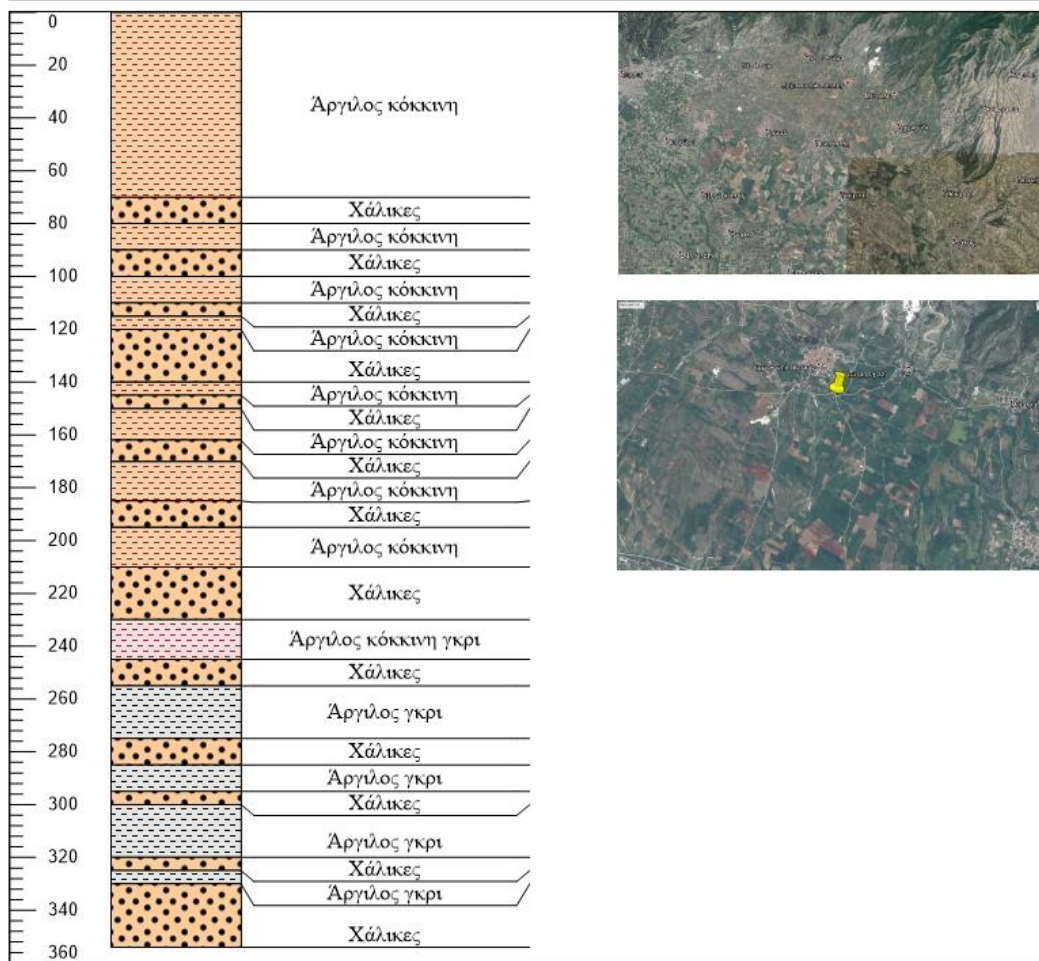
Νομός: Σερρών

Δήμος: Σερρών

Κοινότητα: Εμμ. Παππά

Συντεταγμένες:

X: 476162.172, Y: 4543641.607, Z: 108,052 m



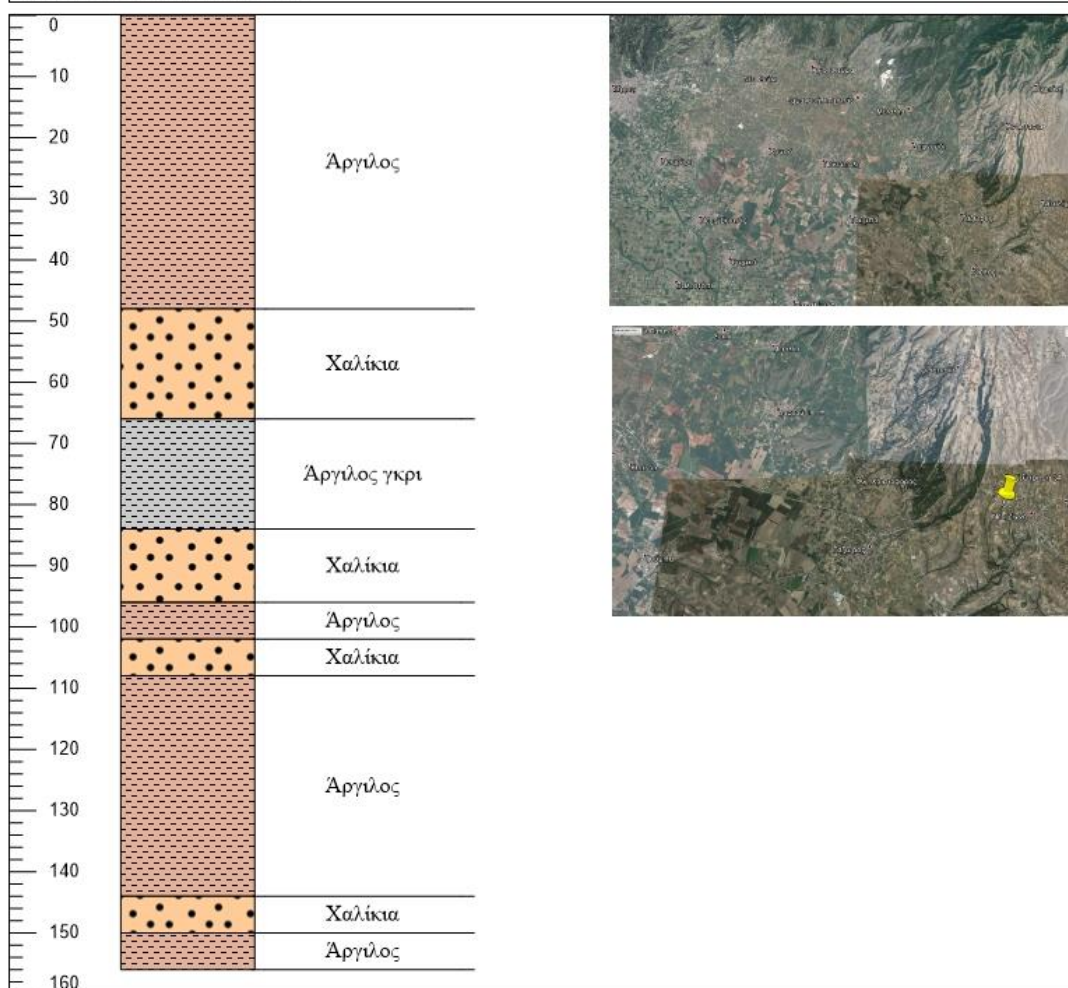
Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 34

Ημερομηνία Κατασκευής: 11/1995
Γεωλόγος: Δ. Τραγούδας
Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 132 m³/h
Υδροστατική Στάθμη: 39 m
Στάθμη Αντλησης: 45 m

Θέση:
Νομός: Σερρών
Δήμος: Νέας Ζίχνης
Κοινότητα: Νέας Ζίχνης
Συντεταγμένες:
X: 484985, Y: 4536977, Z: 69,52 m



Μαρία Χατζοπούλου
«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς
περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»
Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2016



Τομή Γεώτρησης 35

Ημερομηνία Κατασκευής: 9/1995

Γεωλόγος: Αργ. Μανδάνας

Εκμεταλλεύσιμη Παροχή: 160 m³/h

Υδροστατική Στάθμη: 25 m

Στάθμη Αντλησης: 35 m

Θέση:

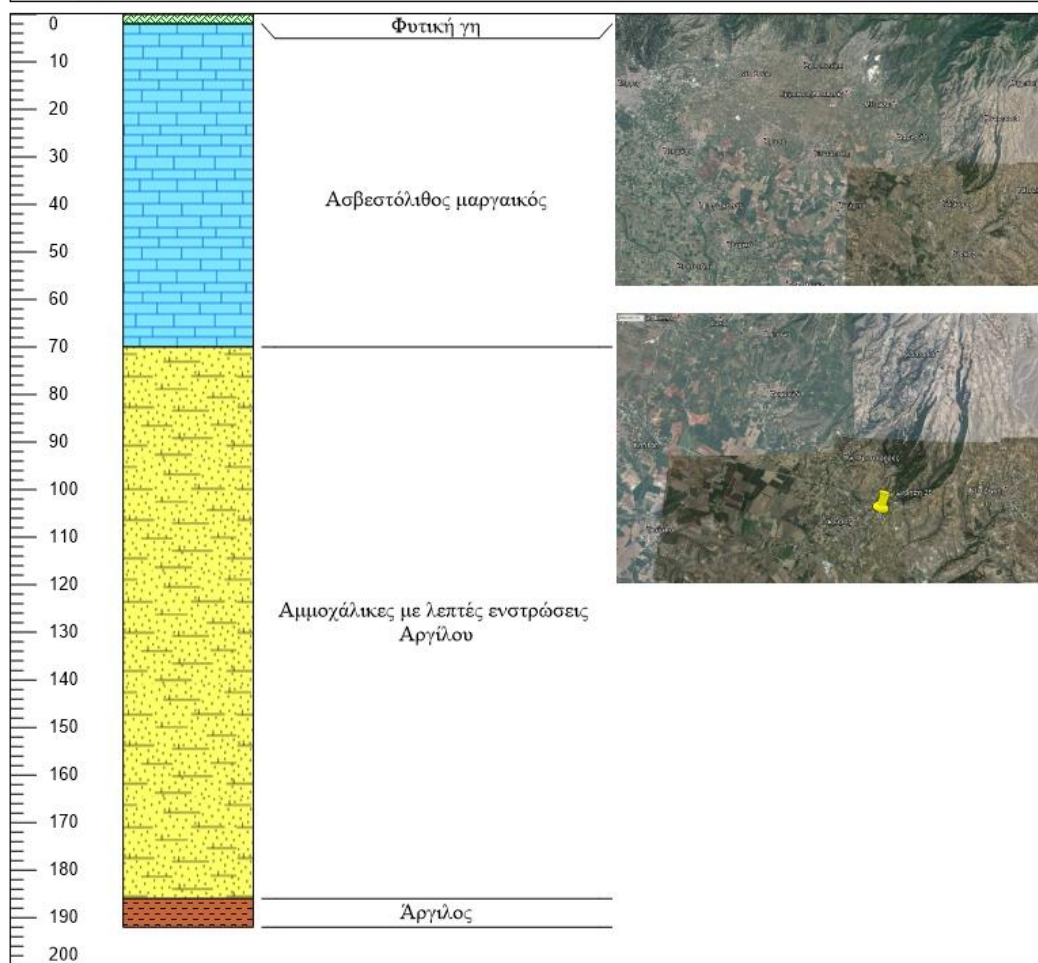
Νομός: Σερρών

Δήμος: Νέας Ζίχνης

Κοινότητα: Γαζώρου

Συντεταγμένες:

X: 479541,019, Y: 4540116,089, Z: 63,40 m



Μαρία Χατζοπούλου

«Μορφοτεκτονική μελέτη του βορείου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών»

Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

2016



9 Συζήτηση – συμπεράσματα

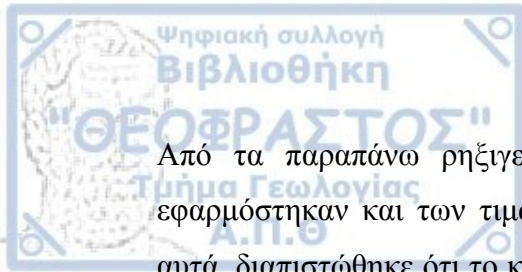
Από DEM, δορυφορικές εικόνες και υπαίθρια παρατήρηση τα ρηξιγενή πρηνή που καταγράφηκαν επιβεβαιώθηκαν ότι όντως πρόκειται για ρηξιγενή πρηνή στην περιοχή μελέτης του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών.

Εξετάστηκε αρχικά η μορφολογία των αντερεισμάτων σε κάθε ένα από τα διαπιστωμένα ρηξιγενή πρηνή του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών για να παρατηρηθεί πως τα πρηνή αυτά επηρεάζουν την μορφολογία της περιοχής. Παρατηρήθηκε ότι ορισμένα ρηξιγενή πρηνή επηρεάζουν εντονότερα τη μορφολογία ενώ άλλα λιγότερο. Έπειτα από την δισδιάστατη απεικόνιση της μορφολογίας του κάθε αντερείσματος καταγράφηκε η θέση των ρηξιγενών πρηνών που τα τέμνουν. Με τον τρόπο αυτό υποστηρίχτηκε η ύπαρξη των ρηξιγενών πρηνών που έχουν καταγραφεί στη μελέτη αυτή, αρχικά με τη χρήση δορυφορικών εικόνων, στη συνέχεια με την χρήση του προγράμματος Global Mapper v 15 και έπειτα με υπαίθρια παρατήρηση.

Μέσω του προγράμματος Global Mapper v 15 απεικονίστηκε δισδιάστατα η μορφολογία των κύριων ρεμάτων της περιοχής του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών και διαπιστώθηκε σε ποιο υψόμετρο τα ρηξιγενή πρηνή τέμνουν τα ρέματα και πως αυτά επηρεάζουν τη μορφολογία και τη ροή τους.

Έγινε προσπάθεια αντιστοίχισης των ρηξιγενών πρηνών που καταγράφηκαν στη μελέτη αυτή από την εφαρμογή του (Digital Elevation Model – DEM), τις δορυφορικές εικόνες και τις υπαίθριες παρατηρήσεις με τους τέσσερις κλάδους των ρηγματίων της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών που αρχικά προσδιόρισαν οι Tranos and Mountrakis (2004). Η αντιστοιχία είναι η ακόλουθη:

- 1) Κλάδος Σερρών, περιλαμβάνει το 1^ο ρηξιγενές πρηνές.
- 2) Κλάδος Επταμύλων – Αγ. Πνεύμα, περιλαμβάνει το 2^ο, 3^ο, 4^ο, 10^ο, 21^ο και 22^ο ρηξιγενές πρηνές.
- 3) Κλάδος Αγ. Πνεύμα – Μέταλλα, περιλαμβάνει το 4^ο, 5^ο, 23^ο, 24^ο, 25^ο, 26^ο και 27^ο ρηξιγενές πρηνές.
- 4) Κλάδος Δαφνούδι – Νέα Ζίχνη, περιλαμβάνει το 6^ο, 7^ο, 8^ο, 9^ο, 11^ο, 12^ο, 13^ο, 14^ο, 15^ο, 16^ο, 17^ο, 18^ο, 19^ο, 20^ο, 28^ο, 29^ο και 30^ο ρηξιγενές πρηνές.



Από τα παραπάνω ρηξιγενή πρανή μέσω των μορφοτεκτονικών δεικτών που εφαρμόστηκαν και των τιμών που προέκυψαν από τις μετρήσεις σε κάθε ένα από αυτά, διαπιστώθηκε ότι το κάποια έχουν μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας και χρήζουν περισσότερης προσοχής και περεταίρω μελέτης.

Τα ρηξιγενή πρανή με τον μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας είναι τα παρακάτω:

Το 2^ο, 3^ο, 5^ο και το 6^ο ρηξιγενές πρανές όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

9.1 Βασικά συμπεράσματα από κάθε κεφάλαιο.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εισαγωγής, γίνεται αναφορά στο σκοπό της διατριβής, την γενική περιγραφή της περιοχής που βρίσκεται γεωγραφικά και τι έκταση καταλαμβάνει. Ακολουθεί ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάστηκε ο μορφοτεκτονικός χάρτης και οι γενικές αρχές μορφοτεκτονικής ανάλυσης με τους κύριους μορφοτεκτονικούς δείκτες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο της γεωλογίας, αναπτύσσεται η γεωλογία της περιοχής με ανάλυση του υποβάθρου και των ιζημάτων που αποτέθηκαν στη λεκάνη των Σερρών από τον σχηματισμό της ως σήμερα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο του λογισμικού, περιγράφονται τα λογισμικά προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν στη διατριβή για να μελετηθεί τρισδιάστατα και δισδιάστατα η περιοχή της ρηξιγενούς ζώνης των Σερρών.

Στο έκτο κεφάλαιο της νεοτεκτονικής, αναλύεται το γεωτεκτονικό περιβάλλον της περιοχής του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών, η εξέλιξη του, οι μεγάλες δομές που παρατηρούνται στη περιοχή, οι παραμορφωτικές φάσεις που υπέστη η ρηξιγενής ζώνη των Σερρών από το αρχικό της άνοιγμα ως σήμερα, το πεδίο των τάσεων που ασκήθηκαν σε αυτή, καταγραφή των νεοτεκτονικών ρηγμάτων, καθώς και όσοι σεισμοί καταγράφηκαν με τα ως τώρα δεδομένα.

Στο έβδομο κεφάλαιο της μορφοτεκτονικής ανάλυσης, αναλύεται ο τρόπος εφαρμογής των δύο κύριων μορφοτεκτονικών δεικτών στην περιοχή του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών, τα αποτελέσματα αυτών καθώς και σε ποια συμπεράσματα καταλήγουν.

Στο όγδοο κεφάλαιο των γεωτρήσεων, περιλαμβάνεται παράρτημα των στρωματογραφικών στηλών των γεωτρήσεων, δίνονται πληροφορίες σχετικά με την προέλευση τους, τη διάνοιξη τους, τη στρωματογραφία της κάθε γεώτρησης μέχρι ένα ορισμένο βάθος και δίνονται οι συντεταγμένες της γεωγραφικής κατανομής αυτών στο χώρο της λεκάνης.

Στο ένατο κεφάλαιο, γίνεται καταγραφή των συμπερασμάτων, συζήτηση και τι προβληματισμοί δημιουργούνται.

Στο δέκατο κεφάλαιο γίνεται παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών που συλλέχθηκαν.

9.2 Συζήτηση για την ενοποίηση των συμπερασμάτων και αποτελέσματα της διατριβής.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται σε αυτή τη διατριβή προσφέρουν επιπλέον στοιχεία σχετικά με την ενεργό τεκτονική του βόρειου ρηξιγενούς περιθωρίου της λεκάνης των Σερρών. Στην περιοχή μελέτης για πρώτη φορά πραγματοποιείται μορφοτεκτονική ανάλυση και μελέτη αυτής μέσω κύριων μορφοτεκτονικών δεικτών. Οι τιμές των κύριων μορφοτεκτονικών δεικτών επιβεβαιώνουν παλαιότερες μελέτες που θεωρούσαν ορισμένα ρήγματα της ρηξιγενής ζώνης των Σερρών περισσότερο ενεργά από κάποια άλλα.

Η μελέτη αυτή θέτει τις βάσεις για μελλοντικές έρευνες, οι οποίες, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διατριβής, θα πρέπει να εστιάσουν στα παρακάτω ζητήματα:

- Οργάνωση και πραγματοποίηση παλαιοσεισμολογικών τομών εγκάρσια στα περισσότερο ενεργά ρηξιγενή πρηνή που καταγράφηκαν. Ο στόχος θα είναι να βρεθεί ακριβώς η θέση του ρήγματος, η γωνία κλίσης του και να μελετηθεί η μετακίνηση του ρήγματος (άλματα) που προκάλεσε τον σχηματισμό του ενεργού ρηξιγενούς πρηνούς. Έτσι θα μπορούσαν να βοηθηθούν οι μηχανικοί σε μελλοντικές κατασκευές στην περιοχή της λεκάνης των Σερρών.
- Επίσης τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιτρέπουν συγκρίσεις με την εφαρμογή μορφοτεκτονικών δεικτών σε άλλες περιοχές του Ελληνικού χώρου και συμβολή στην ενεργό τεκτονική της Ελλάδας, αλλά και της Ευρώπης.
- Επιπροσθέτως θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν εφαρμογές μεθόδων κοντινού πεδίου όπως (γεωφυσικές διασκοπήσεις, μέθοδος ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης κ.ά.) στα ενεργά ρηξιγενή πρηνή που καταγράφηκαν με σκοπό να αυξηθούν οι πληροφορίες και τα διαθέσιμα δεδομένα αυτών για καλύτερη εκτίμηση του βαθμού ενεργότητας τους.

Συμπερασματικά, βάση του συνόλου της μελέτης που πραγματοποιήθηκε στο περιθώριο της λεκάνης Σερρών και ειδικότερα των τιμών που προέκυψαν από την εφαρμογή των μορφοτεκτονικών δεικτών αλλά και τη διαπίστωση τους από υπαίθρια παρατήρηση, τα ρηξιγενή πρηνή με τον μεγαλύτερο βαθμό ενεργότητας είναι τα 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 16, 22 και 24 και χρήζουν περισσότερης προσοχής στο μέλλον. Επομένως τα αποτελέσματα της διατριβής μπορούν να συμβάλουν στις κατασκευές μεγάλων τεχνικών έργων, στην ασφαλέστερη πολεοδομική επέκταση της πόλης των Σερρών, στην σύγκριση αποτελεσμάτων για μελλοντικούς ερευνητικούς σκοπούς κ.ά.

10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μουντράκης, Δ., 2010. Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας.
- Παπαφιλίππου – Πέννου, 2004. Δυναμική εξέλιξη και σύγχρονες εξωγενείς διεργασίες του υδρογραφικού συστήματος της ταφρολεκάνης των Σερρών. Διδακτορική διατριβή.
- Παυλίδης, Σ., 2003. Γεωλογία των σεισμών.
- Χατζηπέτρος, Α., 1998. Παλαιοσεισμολογική-Μορφοτεκτονική μελέτη και μηχανική συμπεριφορά των συστημάτων ενεργών διαρρήξεων Μυγδονίας, Ανατολικής Χαλκιδικής, Κοζάνης-Γρεβενών.
- Ψιλοβίκος Α., Βαβλιάκης Ε, Βουβαλίδης Κ., Π.– Π.Ε., 2001. Γεωμορφολογικές, υδρογραφικές και ιζηματολογικές διεργασίες στη λεκάνη των Σερρών που οφείλονται στη δράση της ρηξιγενούς τεκτονικής του Τεταρτογενούς. Πρακτικά 9ου Διεθνούς Συνεδρίου Τομ. XXXIV, 451–457.
- Caputo, R., Sboras, S., Pavlides, S., C.A., 2012. The Greek Database of Seismogenic Sources (GreDaSS): state-of-the-art for northern Greece. *Ann. Geophys.* 55, 4401–5168.
- F Kockel, H Mollat, H.W., 1971. *Geologie des Serbo-Mazedonischen Massivs und seines mesozoischen Rahmens (Nordgriechenland)*. Geol. Jahrb.
- Himmerkus, F., Reischmann, T., Kostopoulos, D., 2009. Serbo-Macedonian revisited: A Silurian basement terrane from northern Gondwana in the Internal Hellenides, Greece. *Tectonophysics* 473, 20–35. doi:10.1016/j.tecto.2008.10.016
- Himmerkus F., Zachariadis P., Reischmann T., K.D., 2012. The basement of the Mount Athos peninsula, northern Greece: insights from geochemistry and zircon ages. *Int. J. Earth Sci.* 101, 1467–1485.
- Karistineos, N., Ioakim, C., 1989. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic evolution of the serres basin (N. Greece) during the miocene. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 70. doi:10.1016/0031-0182(89)90096-5
- Lybérís, N., 1984. Tectonic evolution of the North Aegean trough 17, 709–725. doi:10.1144/GSL.SP.1984.017.01.57
- Meinhold G., Reischmann T., Kostopoulos D., Frei D., L.A.N., 2010. Mineral chemical and geochronological constraints on the age and provenance of the eastern Circum-Rhodope Belt low-grade metasedimentary rocks, NE Greece. *Sediment. Geol.* 229, 207 – 223.
- Mercier, J.L., Sorel, D., Vergely, P., Simeakis, K., 1989. Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. *Basin Res.* 2, 49–71.
- Mountrakis, D., Tranos, M., Papazachos, C., Thomaidou, E., Karagianni, E., Vamvakaris, D., 2006. Neotectonic and seismological data concerning major active faults, and the stress regimes of Northern Greece. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* 260, 649–670. doi:10.1144/GSL.SP.2006.260.01.28
- Mouslopoulou, V., Saltogianni, V., Gianniou, M., Stiros, S., 2014. Geodetic evidence for tectonic activity on the Strymon Fault System, northeast Greece. *Tectonophysics* 633, 246–255. doi:10.1016/j.tecto.2014.07.012
- Papanikolaou, A., & Panagopoulos, D., 1981. On the structural style of Southern

- Rhodope Greece. Geol. Balc. 3, 13–22.
- Pavlidis, S., Caputo, R., Sboras, S., Chatzipetros, A., Papathanasiou, G., Valkaniotis, S., 2010. The Greek catalogue of active faults and database of seismogenic sources. Bull. Geol. Soc. Greece 43, 486–494.
- Pavlidis, S.B., Kondopoulou, D.P., Kiliass, A.A., Westphal, M., 1988. Complex rotational deformations in the Serbo-Macedonian massif (north Greece): structural and paleomagnetic evidence, Tectonophysics. Elsevier. doi:10.1016/0040-1951(88)90205-3
- Psilovikos A., 1983. Geomorphological and structural modification of the serbomacedonian massif during the neotectonic stage. Tectonophysics, 110 (1984) 21-45.
- Snel E., Mărunțeanu M. and, M.J.E., 2006. Calcareous nannofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy of the Upper Miocene and Lower Pliocene of the Northern Aegean (Orphanic Gulf-Strymon Basin areas), Greece. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 238, 125–150. doi:10.1016/j.palaeo.2006.03.022
- Tranos, M.D., 2011. Strymon and Strymonikos Gulf basins (Northern Greece): Implications on their formation and evolution from faulting. J. Geodyn. 51, 285–305. doi:10.1016/j.jog.2010.10.002
- Tranos, M.D., 1998. Contribution to the study of the neotectonic deformation in the region of Central Macedonia and North Aegean. Univ. Thessaloniki.
- Tranos, M.D., Mountrakis, D.M., 2004. The Serres fault zone (SZF): an active fault zone in Eastern Macedonia (Northern Greece). 5th Int. Symp. East. Mediterr. Geol. Thessaloniki. 2, 892 – 895.
- van Hinsbergen, D.J.J., Langereis, C.G., Meulenkamp, J.E., 2005. Revision of the timing, magnitude and distribution of Neogene rotations in the western Aegean region. Tectonophysics 396, 1–34. doi:10.1016/j.tecto.2004.10.001
- Zagorchev, I.S., 1992. Neotectonics of the central parts of the Balkan Peninsula: Basic features and concepts. Geol. Rundschau 81, 635–654. doi:10.1007/BF01791382
- Zagorchev, I., 2007. Late Cenozoic development of the Strouma and Mesta fluviolacustrine systems, SW Bulgaria and northern Greece. Quat. Sci. Rev. 26, 2783–2800. doi:10.1016/j.quascirev.2007.07.017
- Zagorchev, I., 2002. Neogene fluviolacustrine systems in the northern Peri-Aegean Region. Geol. Balc. 32, 139–144.
- Zagorchev, I., Ognjanova, N., Stoykova, K., Dimadis, L., 2002. Pontian Lacustrine Regimes and Marine Ingressions in He Strymon Area, Northern Greece.