ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Χ. ΧΑΤΖΗΙΩΑΝΝΟΥ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗΣ (ΒΑ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Χ. ΧΑΤΖΗΙΩΑΝΝΟΥ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5268

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗΣ (ΒΑ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ)

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας

Επιβλέπων

Αλέξανδρος Χατζηπέτρος. Αναπληρωτής Καθηγητής

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗΣ (ΒΑ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ)– *Διπλωματική Εργασία*

STUDY OF THE SURFACE RUPTURES IN STRATONIKI VILLAGE (NE CHALKIDIKI)

– Bachelor Thesis

Εικόνα Εξωφύλλου: Επιφανειακές διαρρήξεις σε δρόμο της Στρατονίκης.

Πρόλογος – Αντικείμενο Εργασίας

Το θέμα της πτυχιακής διατριβής μου ανατέθηκε από τον Αναπληρωτή Καθηγητή, κ. Αλέξανδρο Χατζηπέτρο. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας, έγινε προσπάθεια να μελετηθούν οι επιφανειακές ρωγμώσεις που παρουσιάζονται στο οδικό δίκτυο του οικισμού της Στρατονίκης και για τις οποίες έγινε σχετική χαρτογράφηση το καλοκαίρι του 2019. Η πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2019-2020.

Όσον αφορά το περιεχόμενο της εργασίας:

Στο 1^{ο} κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή όπου αναλύεται ο σκοπός της διατριβής και παρατίθενται κάποιες βασικές έννοιες σχετικά με τη Γεωλογία και Τεκτονική.

Στο 2^{ο} κεφάλαιο της εργασίας αναφέρονται κάποια γενικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης, τη γεωγραφική της θέση, τη γεωλογία και την τεκτονική της.

Στο 3^{ο} κεφάλαιο περιγράφονται οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν στην έρευνα πεδίου και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των γεωμετρικών στοιχείων.

Στο 4^{ο} κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από τη μελέτη σχετικά με τα αίτια του φαινομένου.

Στο 5^{ο} κεφάλαιο παρατίθεται η βιβλιογραφία που μελετήθηκε προκειμένου να εκπονηθεί η παρούσα διατριβή.

Στα παραρτήματα Ι,ΙΙ και ΙΙΙ περιέχονται ο πίνακας επιφανειακών διαρρήξεων που διαμορφώθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, οι χάρτες του οικισμού με τις διαρρήξεις που χαρτογραφήθηκαν και οι δύο χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. (γεωλογικός-1978 και τεχνικογεωλογικός-2008) για την περιοχή της Στρατονίκης που μελετήθηκαν.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αλέξανδρο Χατζηπέτρο, για την ανάθεση του θέματος και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγηση και συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Αισθάνομαι, επίσης, την ανάγκη να ευχαριστήσω τους κατοίκους της Στρατονίκης για την φιλοξενία και την συμπάθεια που μου έδειξαν κατά τη διάρκεια της εργασίας μου στο χωριό τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν και συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής διατριβής, με τις χρήσιμες παρατηρήσεις, τις συμβουλές τους, αλλά και τη σημαντική ηθική τους υποστήριξη.

Περίληψη

Τίτλος: Μελέτη των επιφανειακών ρωγμώσεων στον οικισμό της Στρατονίκης (ΒΑ Χαλκιδική)

Όνομα: Αθανάσιος Χ. Χατζηϊωάννου

Στον οικισμό της Στρατονίκης (ΒΑ Χαλκιδική) εμφανίζονται επιφανειακές διαρρήξεις οι οποίες έχουν προκαλέσει εμφανείς ζημιές στους δρόμους αλλά και σε οικίες τους χωριού. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται από το 2004 τουλάχιστον.

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή, με τίτλο «Μελέτη των επιφανειακών ρωγμώσεων στον οικισμό της Στρατονίκης (ΒΑ Χαλκιδική)», παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σχετικής χαρτογράφησης και της ποσοτικής ανάλυσης των γεωμετρικών στοιχείων των ρωγμώσεων που καταγράφηκαν. Η χαρτογράφηση έλαβε χώρα στη Στρατονίκη, το καλοκαίρι του 2019 και κατά τη διάρκειά της αποτυπώθηκε το ίχνος των διαρρήξεων, ενώ ταυτόχρονα μετρήθηκαν και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, που είναι το μήκος (length) (m), η παράταξη (strike) (^{o}), το άνοιγμα (heave) (mm) και το άνυσμα μετατόπισης (vector) (^{o}).

Η Στρατονίκη βρίσκεται σε άμεση γειτονία με το μεγάλο ενεργό ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας, το οποίο έχει σεισμικό δυναμικό M=6.8. Επίσης, στην ευρύτερη περιοχή λαμβάνει χώρα μεταλλευτική δραστηριότητα η οποία εκτείνεται υπόγεια και κάτω ακριβώς από τον οικισμό. Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη, ενώ η γεωλογική της δομή είναι σχετικά απλή. Ο οικισμός βρίσκεται πάνω σε Πλειστοκαινικές αποθέσεις οι οποίες υπέρκεινται ασύμφωνα στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Συνολικά, έγινε χαρτογράφηση και καταγραφή 208 γραμμικών και 71 ακανόνιστων αστοχιών στους δρόμους του οικισμού. Στη συνέχεια, ακολούθησε ομαδοποίηση των στοιχείων που σχετίζονται με τις διαρρήξεις, καθώς και στατιστική επεξεργασία αυτών, ούτως ώστε να γίνει συσχετισμός των ποσοτικών τους χαρακτηριστικών. Επίσης, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των παρατάξεων και των ανυσμάτων μετατόπισης, με στόχο το συσχετισμό τους με γεωλογικούς παράγοντες, οι οποίοι είναι κυρίως το ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας και η μορφολογία της περιοχής.

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης φαίνεται ότι η παράταξη των διαρρήξεων συγκεντρώνεται κυρίως σε δύο άξονες: ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΑΝΑ-ΔΒΔ.

Αντίθετα, το άνυσμα μετατόπισης εμφανίζει μεγαλύτερη χωρική διασπορά, όμως και πάλι παρατηρείται συγκέντρωση σε μία κύρια κατεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ, αλλά και μία δευτερεύουσα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Από τον συσχετισμό της παράταξης με το άνυσμα μετατόπισης συμπεραίνουμε ότι η παραμόρφωση δεν ακολουθεί ένα μοντέλο απλού εφελκυσμού, αλλά συνδέεται με κατά θέσεις ισχυρή οριζόντια μετατόπιση.

Τέλος, από τη σύγκριση της χαρτογράφησης με την αντίστοιχη η οποία δημοσιεύθηκε από το ΙΓΜΕ το 2008, φαίνεται ότι ο αριθμός των διαρρήξεων έχει αυξηθεί σημαντικά (279 έναντι 49). Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων, αλλά και τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην παρούσα διατριβή, εκτιμάται ότι το φαινόμενο είναι πολυπαραγοντικό. Αυτό σημαίνει ότι οφείλεται στη συνδυασμένη δράση πολλών παραγόντων οι οποίοι είναι τόσο γεωλογικοί (μορφολογία, λιθολογία, υδρογεωλογία, τεκτονική κλπ), όσο και ανθρωπογενείς (υπόγειες εκμεταλλεύσεις, κακοτεχνίες κλπ). Το ποσοστό στο οποίο συμμετέχει ο κάθε παράγοντας παραμένει προς διερεύνηση.

Abstract

Title: Study of the surface ruptures in the Stratoniki village (NE Chalkidiki)

By: Athanasios C. Chatziioannou

In the village of Statoniki (NE Chalkidiki) there are surface ruptures that have caused visible damages on the streets and in the houses. This phenomenon has been observed since at least 2004.

In the present dissertation, entitled "Study of the surface ruptures in Stratoniki village (NE Chalkidiki)", the results of the rupture mapping and quantitative analysis of the ruptures' geometric characteristics are presented. The mapping took place in Stratoniki in the summer of 2019 and during the process the trace of the ruptures was recorded, while at the same time the geometric characteristics mentioned above were measured. These are the length (m), the strike (^{o}), the heave (mm) and the displacement vector (^{o}).

Stratoniki is in the vicinity of the large active fault of Stratoni-Barbara, which has seen a seismic potential of M=6.8. Also, in the wider area, the mining activity that takes place extends underground and just below the settlement. Geotectonically, the area belongs to the Serbo-Macedonian zone and its geological structure is relatively simple. The settlement is located on Pleistocene sediments, which have deposited unconformably on the crystalline schist substratum.

In total, 208 linear and 71 irregular road surface ruptures were mapped and recorded. This was followed by grouping of the data related to the ruptures, as well as statistical processing in order to correlate their quantitative characteristics. Also, a statistical analysis of the strike and vector data was performed to associate them with geological factors, the main of which are the Stratoni-Barbara fault and the area morphology.

From the results of the statistical analysis, it seems that the order of the ruptures is mainly concentrated in two axes: NNE-SSW and ESE-WNW. On the contrary, the displacement vector shows a larger spatial dispersion, but again a concentration is observed in a main ENE-WSW direction, but also a secondary NNW-SSE. From the correlation of the arrangement with the displacement vector we conclude that the deformation does not follow a simple tensile model but is associated with a locally strong horizontal displacement.

Finally, from the comparison between our mapping and the one published by the Institute of Geological and Mining Research (2008), it appears that the number of the ruptures has increased significantly (279 compared to 49). Based on the results of the analyses, but also the data presented in the present dissertation, it is estimated that the phenomenon is multifactorial. The factors are geological (morphology, lithology, hydrogeology, tectonics etc.) as well as anthropogenic (underground exploitation, defects etc.) and the degree of each factor's effect remains to be investigated.

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή

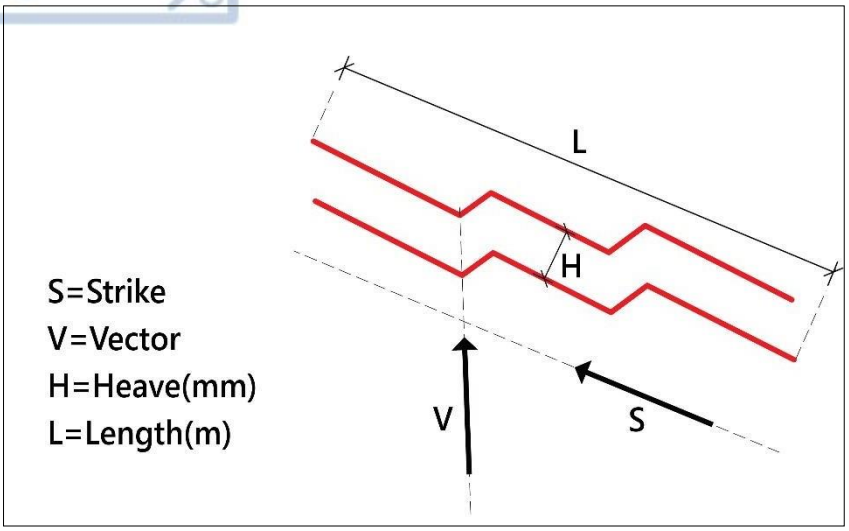
1.1 Σκοπός εργασίας

Το βασικό θέμα που πραγματεύεται η παρούσα διατριβή είναι οι επιφανειακές διαρρήξεις που παρατηρούνται στον οικισμό της Στρατονίκης. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται από το 2004, τουλάχιστον, ενώ οι διαρρήξεις απλώνονται σε όλη την έκταση του χωριού, στους δρόμους, τις αυλές των κατοικιών αλλά και μέσα στις ίδιες τις κατοικίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν προκαλέσει εμφανείς ζημιές σε κατοικίες και κατασκευές. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αύξηση των διαρρήξεων τα τελευταία χρόνια, έχει δημιουργήσει ανησυχία στους κατοίκους, την πολιτεία, αλλά και την επιστημονική κοινότητα.

Εικόνα 1-1. Διάρρηξη σε τοίχους και περιφράξεις οικιών της Στρατονίκης

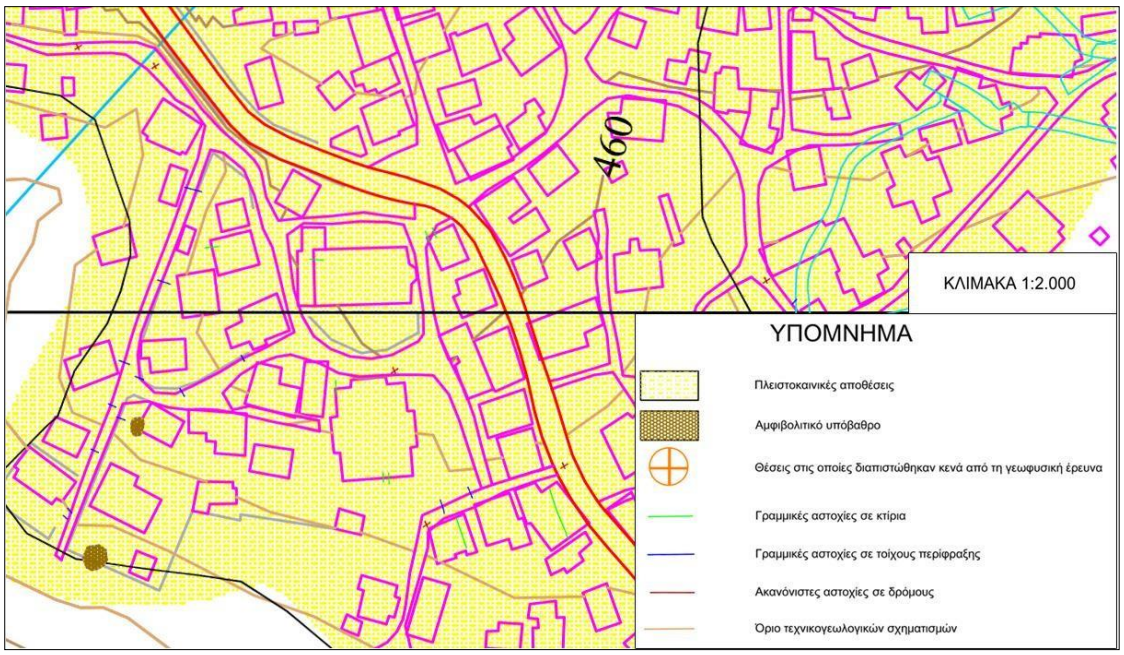
Στα πλαίσια της έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 2019 στη Στρατονίκη, χαρτογραφήθηκαν μόνο οι ρωγμώσεις που βρίσκονται πάνω στο οδικό δίκτυο του οικισμού και καταγράφηκαν τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά και

συγκεκριμένα το μήκος (length) (m), η παράταξη (strike) (°), το άνοιγμα (heave) (mm) και το άνυσμα μετατόπισης (vector) (°), όπως φαίνονται στο σχήμα της εικόνας 1-2.



Εικόνα 1-2. Επεξηγηματικό σχήμα για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ρωγμώσεων που μετρήθηκαν στο ύπαιθρο

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης καθώς επίσης και της ποσοτικής και στατιστικής ανάλυσης των ρωγμώσεων αυτών. Γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτών, συσχέτιση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν για τις χαρτογραφημένες διαρρήξεις και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τα αίτια του φαινομένου, αλλά και τη σημαντικότητα αυτού. Επίσης, γίνεται σύγκριση με την προηγούμενη αντίστοιχη χαρτογράφηση του Ι.Γ.Μ.Ε. (2008), η οποία παρατίθεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.



Εικόνα 1-3. Τμήμα του γεωτεχνικού χάρτη του ΙΓΜΕ, (2008) (Κεντρική Στρατονίκη)

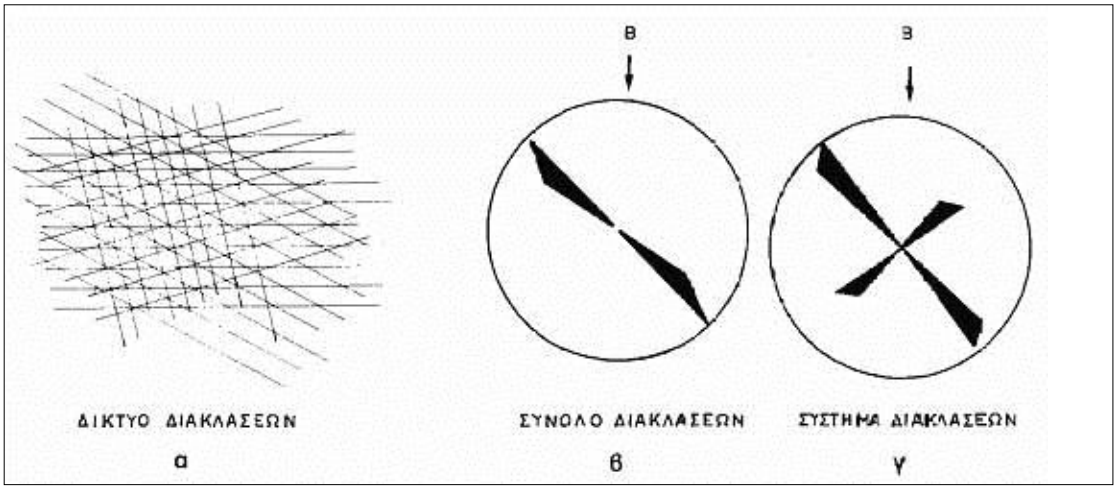
Η ομαδοποίηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν και η κατασκευή ροδοδιαγραμμάτων έγινε με το πρόγραμμα Georose 0.5.1 (Yong Technology Inc., 2014).

1.2 Βασικές έννοιες

Οι ρηξιγενείς τεκτονικές δομές είναι στην ουσία, επιφάνειες τεκτονικών ασυνεχειών οι οποίες διαχωρίζουν πετρώματα με διαφορετική ή όχι σύσταση, απόχρωση, υφή ή ηλικία και προκαλούν διαταραχή στις πρωταρχικές κανονικές δομές ή θέσεις των γεωλογικών σχηματισμών.

Οι δομές αυτές μπορεί να είναι παραμορφώσεις μη περιστροφικές, αλλά και περιστροφικές έως πλάγιες. Με βάση τη μορφολογία τους, διακρίνονται σε διακλάσεις, ρωγμώσεις, πτεροειδείς διακλάσεις και ρήγματα.

Α) Ως διάκλαση (αγγλ. joint) εννοείται κάθε ρηξιγενής τεκτονική δομή, όταν τα τμήματα του γεωλογικού σχηματισμού εκατέρωθεν δεν παρουσιάζουν σημαντική μετατόπιση.

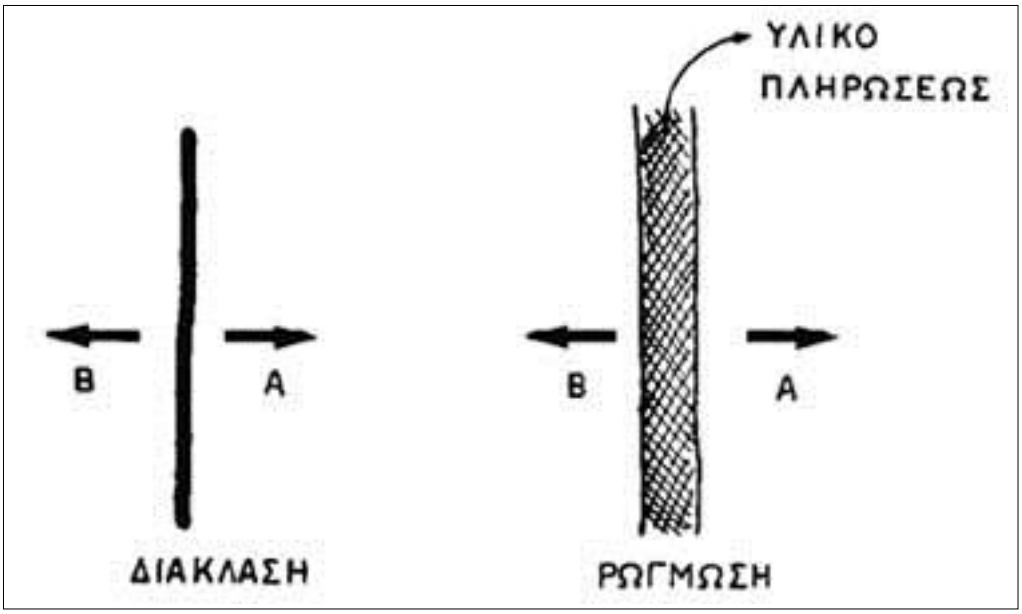


Εικόνα 1-4. α) δίκτυο διακλάσεων, β) σύνολο διακλάσεων, γ) σύστημα διακλάσεων (Κίλιας, 2009)

Δίκτυο διακλάσεων είναι το σύνολο των διακλάσεων ενός γεωλογικού σχηματισμού, χωρίς να θεωρηθεί η όποια γενετική εξάρτηση που μπορεί να υπάρχει μεταξύ τους.

Σύνολο διακλάσεων (αγγλ. joint set) είναι οι διακλάσεις οι οποίες αναπτύσσονται κατά μία συγκεκριμένη διεύθυνση, ενώ ένα σύστημα διακλάσεων (αγγλ. joint system) αποτελείται από δύο ή περισσότερα σύνολα, τα οποία ανήκουν στην ίδια παραμορφωτική φάση.

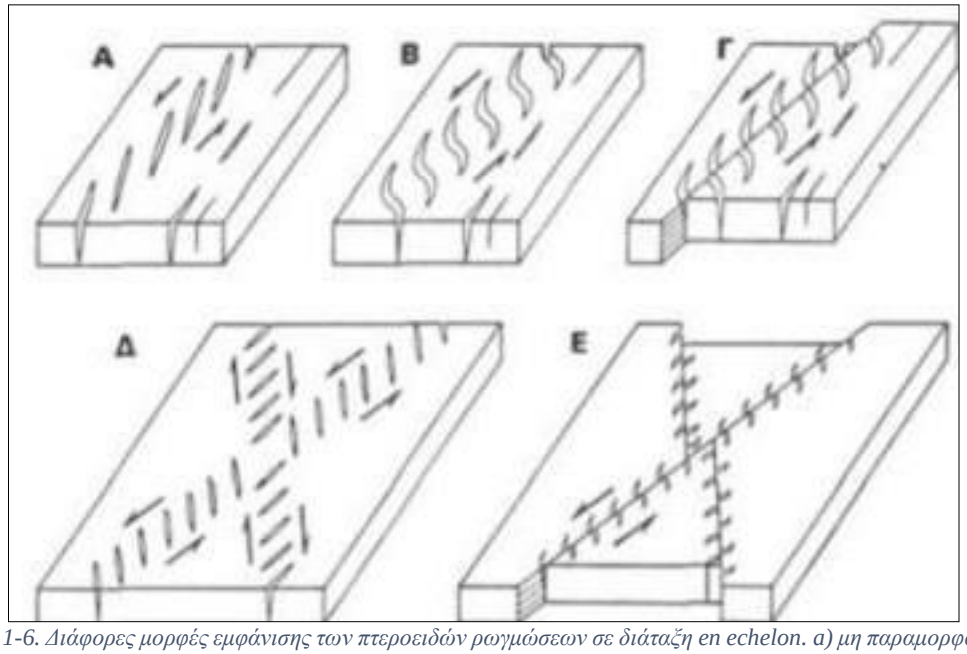
Β) Ρώγμωση (αγγλ. fracture) είναι μία διάκλαση, στην οποία παρατηρείται μικρής κλίμακας απομάκρυνση των τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού εκατέρωθεν αυτής, κάθετα ως προς τα τοιχώματα της διάκλασης.



Εικόνα 1-5. Μετατροπή μιας διάκλασης σε ρώγμωση, από την επίδραση εφελκυστικής τάσης (Κίλιας, 2009)

Σαφή όρια μεταξύ διάκλασης, ρώγμωσης και ρήγματος δεν υπάρχουν.

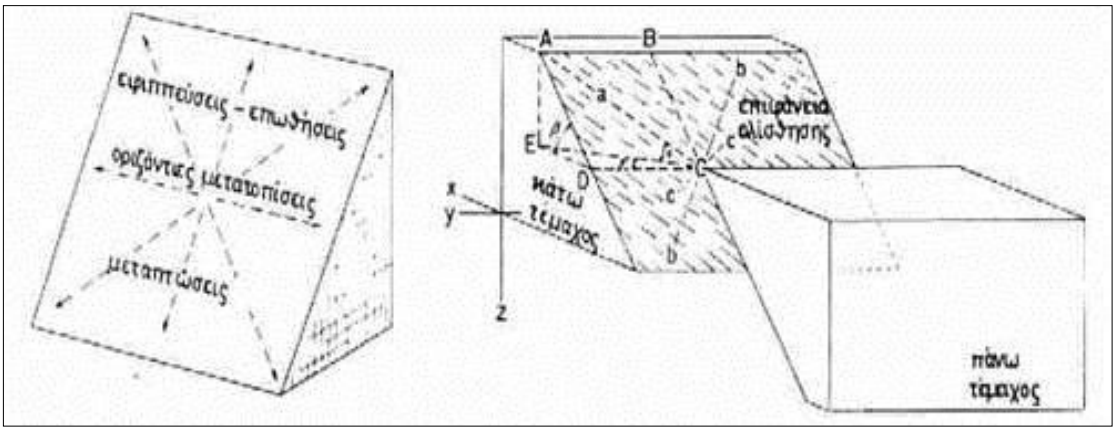
Γ) Πτεροειδείς ρωγμώσεις ή πτεροειδείς διακλάσεις (αγγλ. pinnate fractures) ονομάζονται οι μικρορωγμώσεις που έχουν σχήμα σφηνοειδές και κεκαμμένο ως σίγμα τελικό (S). Η γένεσή τους οφείλεται στη δράση διατμητικών τάσεων, ως αποτέλεσμα δυνάμεων συμπίεσης ή εφελκυσμού.



Εικόνα 1-6. Διάφορες μορφές εμφάνισης των πτεροειδών ρωγμώσεων σε διάταξη en echelon. α) μη παραμορφωμένες, β) σιγμοειδείς, γ) μεταγενέστερα διαρρηγμένες, δ) συνδεδεμένες/συζυγείς, ε) συζυγείς/μεταγενέστερα μετατοπισμένες (Mattauer, 1973)

Σχηματίζονται, συνήθως, στα όρια δύο τμημάτων ενός γεωλογικού σχηματισμού, τα οποία κινούνται με φορά αντίθετη ή δέχονται την επίδραση τάσεων με αντίθετες διευθύνσεις, δηλαδή διατμητικών.

Δ) Ως Ρήγμα (αγγλ. fault) χαρακτηρίζεται κάθε ρηξιγενής δομή, εκατέρωθεν της οποίας παρατηρείται μετατόπιση των επί μέρους τεμαχών του γεωλογικού σχηματισμού, ο οποίος παραμορφώνεται. Η έκταση της μετατόπισης αυτής μπορεί να είναι της τάξης του 1cm, έως και πάνω από 1km (αθροιστική μετατόπιση), σε πολλές περιπτώσεις.



Εικόνα 1-7. Οι δυνατές μετατοπίσεις κατά μήκος μιας κεκλιμένης ρηξιγενούς επιφάνειας (Brinkmann, 1972)

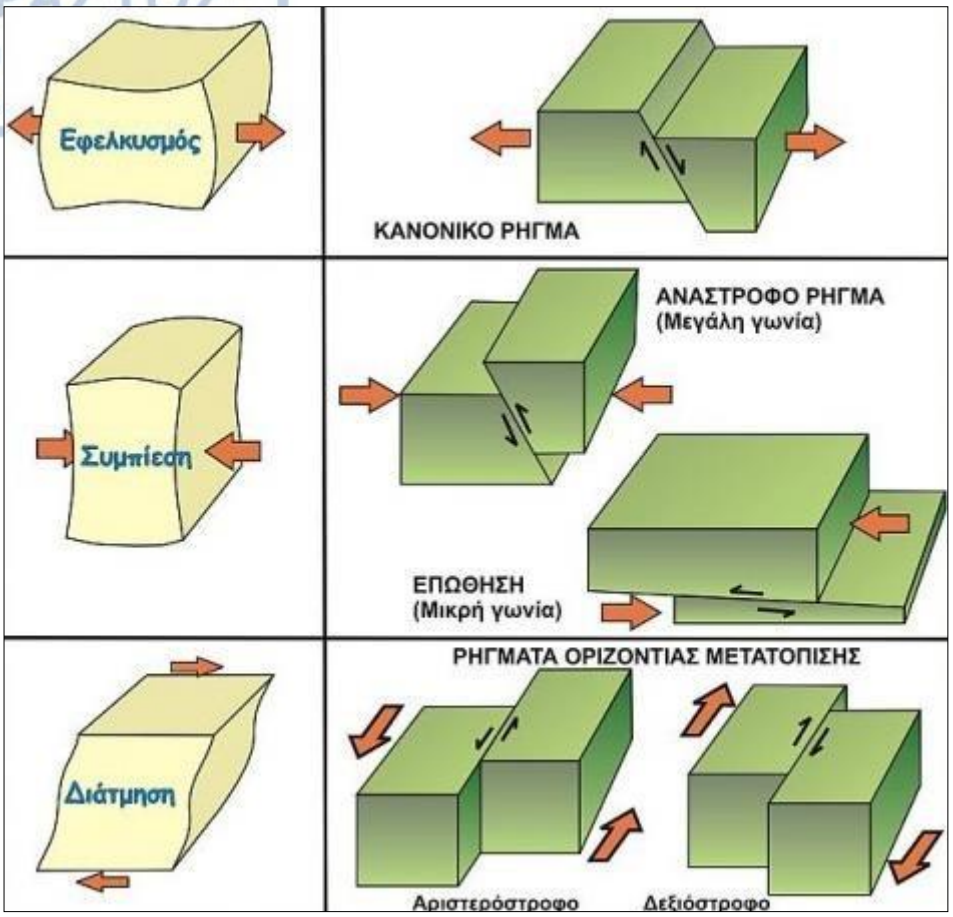
Η επιφάνεια του ρήγματος (ρηξιγενής επιφάνεια) μπορεί να είναι κατακόρυφη, κεκλιμένη ή οριζόντια. Επίσης, μπορεί να εμφανίζονται λείες επίπεδες, κεκαμμένες ή σιγμοειδείς, όπως οι επιφάνειες των διακλάσεων που προαναφέρθηκαν.

Τα ρήγματα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού εκατέρωθεν σε τρεις κατηγορίες.

α) Ανάστροφα ρήγματα ή ρήγματα σμίκρυνσης (αγγλ. reverse faults). Το άνω τέμαχος κινείται προς τα πάνω. Η δράση αυτών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία εφιππεύσεων, επωθήσεων, υποθήσεων, λεπιώσεων και τεκτονικών καλυμμάτων.

β) Κανονικά ή μεταπτωτικά ρήγματα (αγγλ. normal faults). Το άνω τέμαχος κινείται προς τα κάτω. Τα ρήγματα αυτά συνδέονται με εφελκυστικές τάσεις, λέπτυνση του φλοιού και άνοιγμα λεκανών.

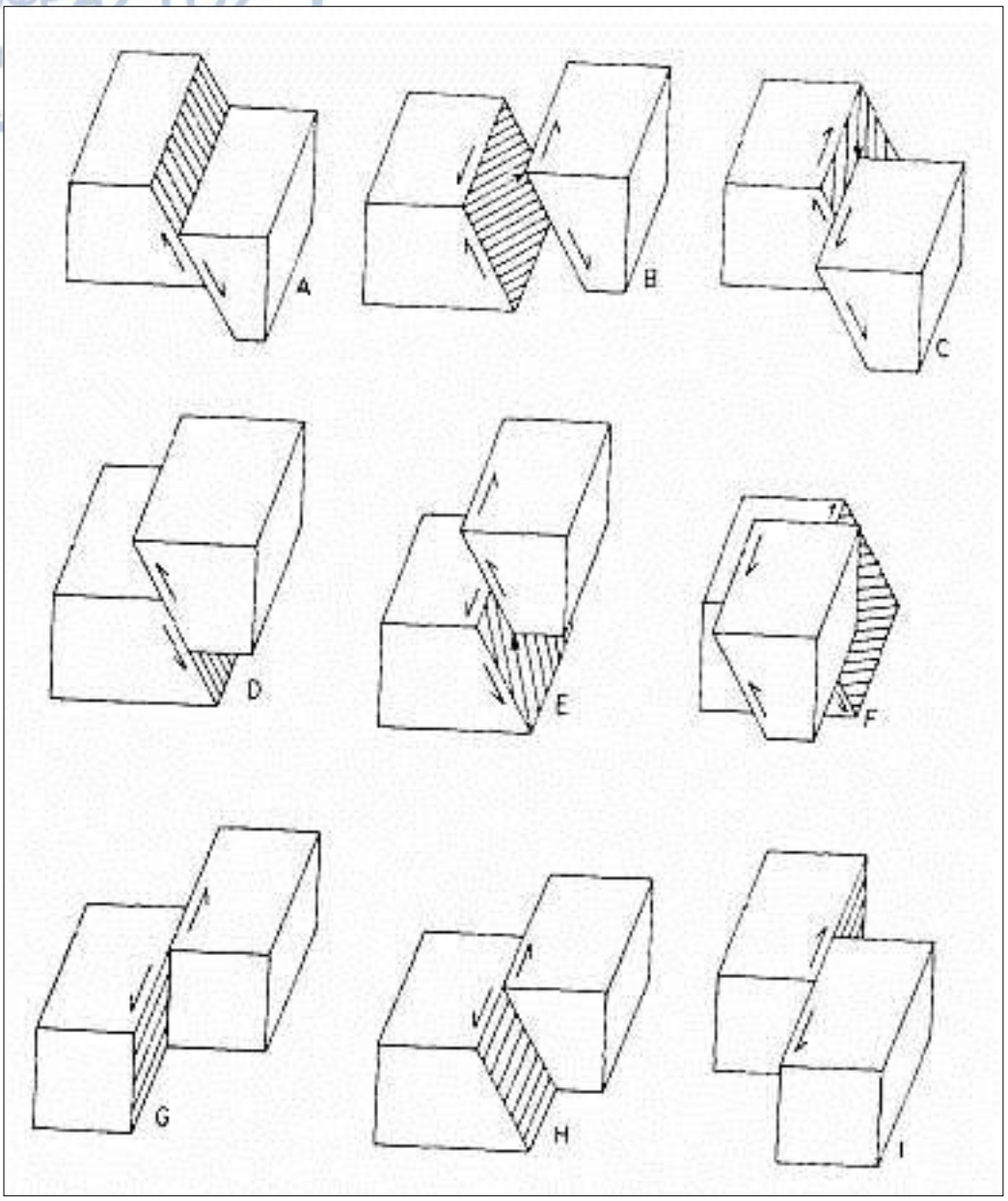
γ) Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης (αγγλ. strike-slip faults). Είναι αυτά που προκαλούν οριζόντια μετατόπιση των τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού, εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας.



Εικόνα 1-8. Βασικοί τύποι ρηγμάτων και αντίστοιχες τεκτονικές τάσεις

Εν τούτοις, σε αρκετές των περιπτώσεων έχουν παρατηρηθεί μεταβατικές μορφές μεταξύ των κατηγοριών α) και γ), αλλά και μεταξύ των β) και γ). Στην πρώτη περίπτωση δημιουργούνται τα πλάγια ανάστροφα ρήγματα, ενώ στη δεύτερη έχουμε τα πλάγια κανονικά.

Ως προς τον τρόπο γένεσης, τα ρήγματα θεωρούνται αντίθετα με τις διακλάσεις και ρωγμώσεις. Αυτό συμβαίνει, αφού πρόκειται για διατμητικες ρηξιγενείς δομές, οι οποίες προκαλούνται, έστω και δευτερογενώς (ac-ρήγματα), από τάσεις διατμητικές, ως αποτέλεσμα δυνάμεων συμπίεσης ή εφελκυσμού (Κίλιας, 2009).



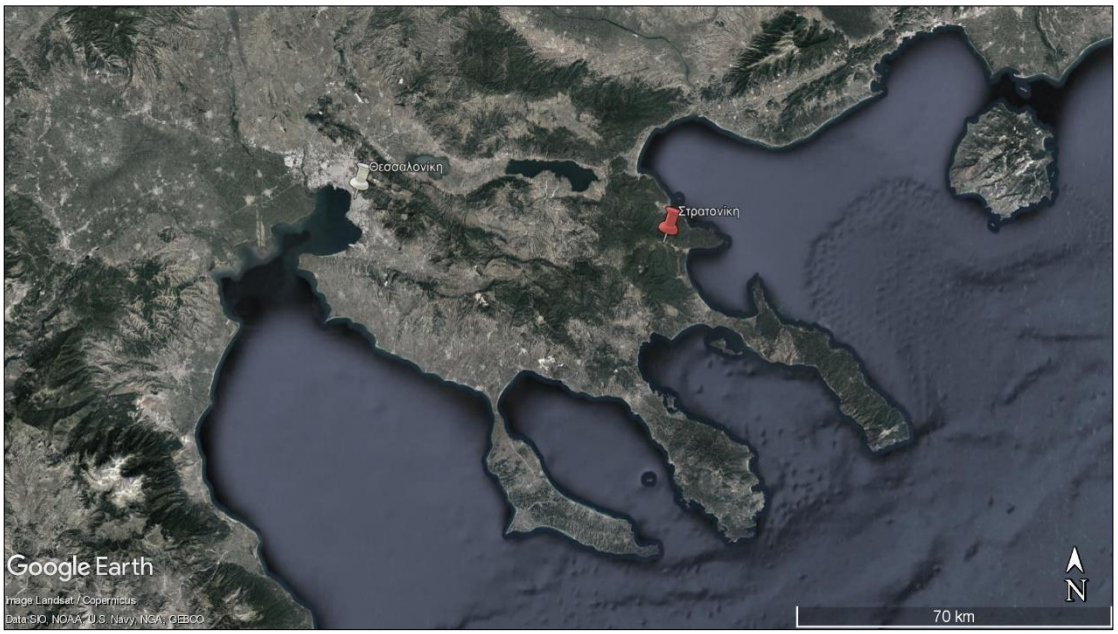
Εικόνα 1-9. Οι κυριότεροι τύποι ρηγμάτων. Α) κανονικό ρήγμα, Β) πλάγιο κανονικό ρήγμα αριστερόστροφο, C) πλάγιο κανονικό ρήγμα δεξιόστροφο, D) ανάστροφο ρήγμα, Ε) πλάγιο ανάστροφο ρήγμα αριστερόστροφο, F) πλάγιο ανάστροφο ρήγμα δεξιόστροφο, G) ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, Η) ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κεκλιμμένη ρηξιγενή επιφάνεια αριστερόστροφο, Ι) ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με κατακόρυφη ρηξιγενή επιφάνεια δεξιόστροφο (Krausse et al., 1978)

2 Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

2.1 Γεωγραφική θέση

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στον οικισμό της Στρατονίκης που σύμφωνα με τη διοικητική διαίρεση της Ελλάδας από το πρόγραμμα «Καλλικράτης» βρίσκεται στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και πιο συγκεκριμένα στην περιφερειακή ενότητα Χαλκιδικής. Ανήκει στο δήμο Αριστοτέλη - Τοπική κοινότητα Στρατονίκης, δημοτική κοινότητα Σταγείρων-Ακάνθου (Εικόνα 2-1).

Η Στρατονίκη είναι ένα ορεινό χωριό της Βορειοανατολικής Χαλκιδικής. Είναι χτισμένη στους πρόποδες του Στρατονικού όρους, με θέα στον Ακάνθιο κόλπο, τον Άθωνα και τον κόλπο του Αγίου Όρους. Βρίσκεται 92 km Ανατολικά της Θεσσαλονίκης, σε υψόμετρο 420 m από την επιφάνεια της θάλασσας και σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο πληθυσμός του αριθμεί 587 κατοίκους (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)



Εικόνα 2-1. Δορυφορική εικόνα με σημειωμένη τη θέση της περιοχής μελέτης (εξαγωγή χάρτη με το πρόγραμμα Google-Earth Pro)

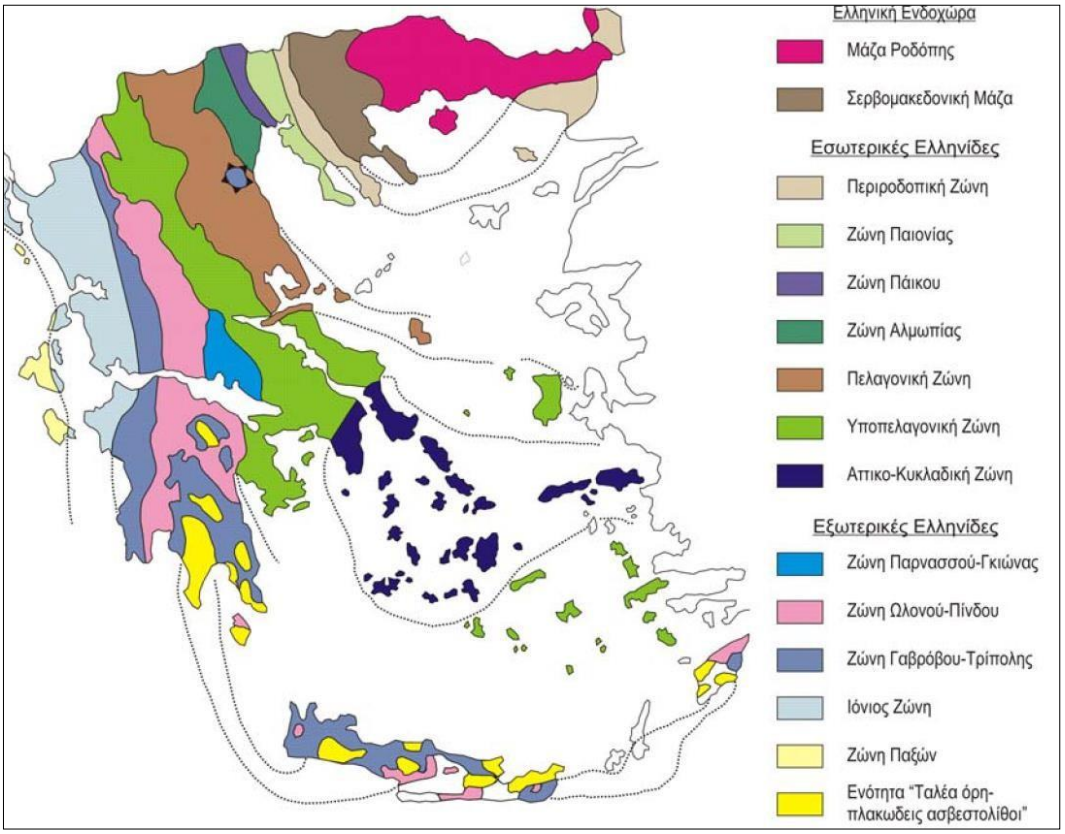
Το πραγματικό όνομα του χωριού ως το 1926 ήταν Ίσβορος και ήταν γνωστό από τα αρχαία χρόνια για τη μεταλλευτική του δραστηριότητα. Στα χρόνια της Τουρκοκρατίας γνώρισε ιδιαίτερη ανάπτυξη λόγω των μεταλλείων, στα οποία εργάζονταν Έλληνες, Εβραίοι, Τούρκοι, Κιρκάσιοι, Αλβανοί και άλλοι λαοί των Βαλκανίων. Μεταλλεία λειτουργούσαν επίσης και στα χωριά Στρατώνι, Στάγειρα, Νεοχώρι, Παλαιοχώρι και Βαρβάρα, τα λεγόμενα Μαντεμοχώρια. Το πρώτο συνθετικό

του ονόματος προέρχεται από τη λέξη *μαντέμι* (<τουρκ. *maden*), που σημαίνει «μετάλλευμα, μεταλλείο».

Τα Μαντεμοχώρια είναι κτισμένα στην ευρύτερη περιοχή του ρήγματος Στρατωνίου-Βαρβάρας, αφού αυτό αποτελεί και την γενεσιουργό αιτία της μεταλλοφορίας. Περισσότερα για το ρήγμα αυτό θα αναφερθούν στις επόμενες ενότητες.

2.2 Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται πάνω στο ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας, το οποίο χωρίζει το σχηματισμό Κερδυλλίων στα Βόρεια από το σχηματισμό του Βερτίσκου στα Νότια. Αυτοί οι σχηματισμοί αποτελούν τις δύο υποενότητες της Σερβομακεδονικής μάζας, η οποία εκτείνεται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ μεταξύ της μάζας της Ροδόπης στα Ανατολικά και της Περιροδοπικής στα Δυτικά.

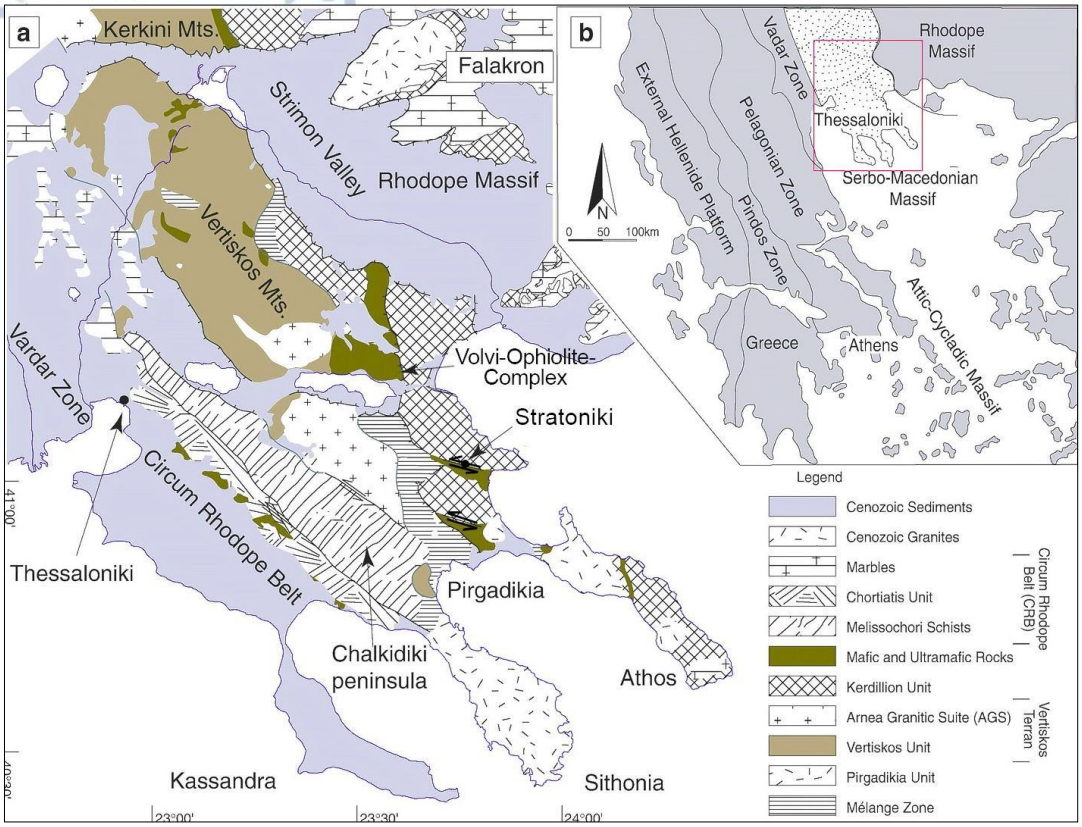


Εικόνα 2-2. Γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας (Μουντράκης, 1985)

2.2.1 Λιθοστρωματογραφία Σερβομακεδονικής μάζας

Τα πετρώματα που συγκροτούν την Σερβομακεδονική μάζα είναι εξολοκλήρου κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα. Η Σερβομακεδονική, όπως

προαναφέρθηκε, συγκροτείται από τις υποενότητες Κερδυλλίων και Βερτίσκου, με την πρώτη να είναι παλαιότερη και υποκείμενη της δεύτερης (Μουντράκης, 1985).

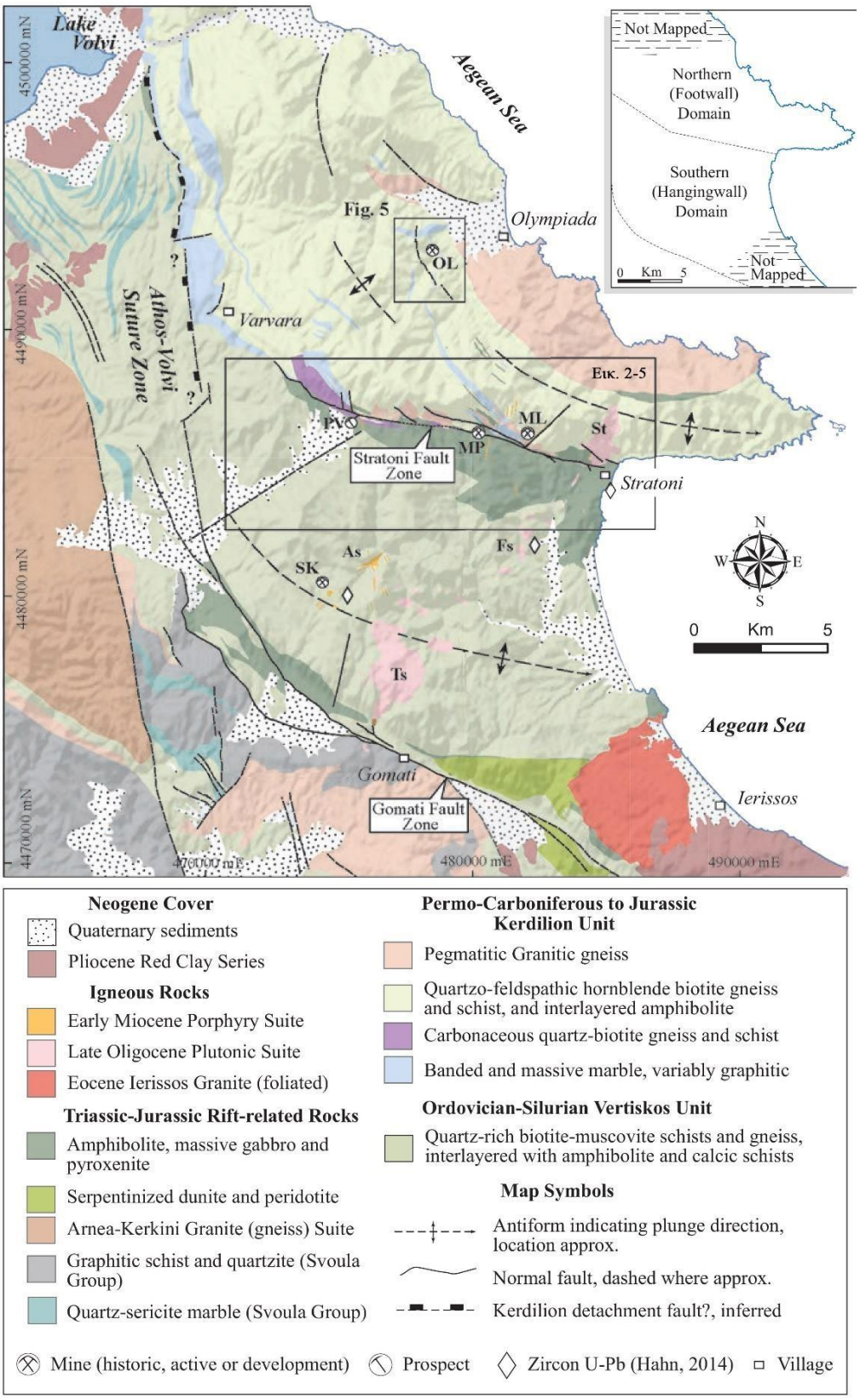


Εικόνα 2-3. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Σερβομακεδονικής γεωτεκτονικής ζώνης (τροποποιημένος από: Himmerkus et al., 2009; Kockel, F., Mollat, H., Walther, 1977)

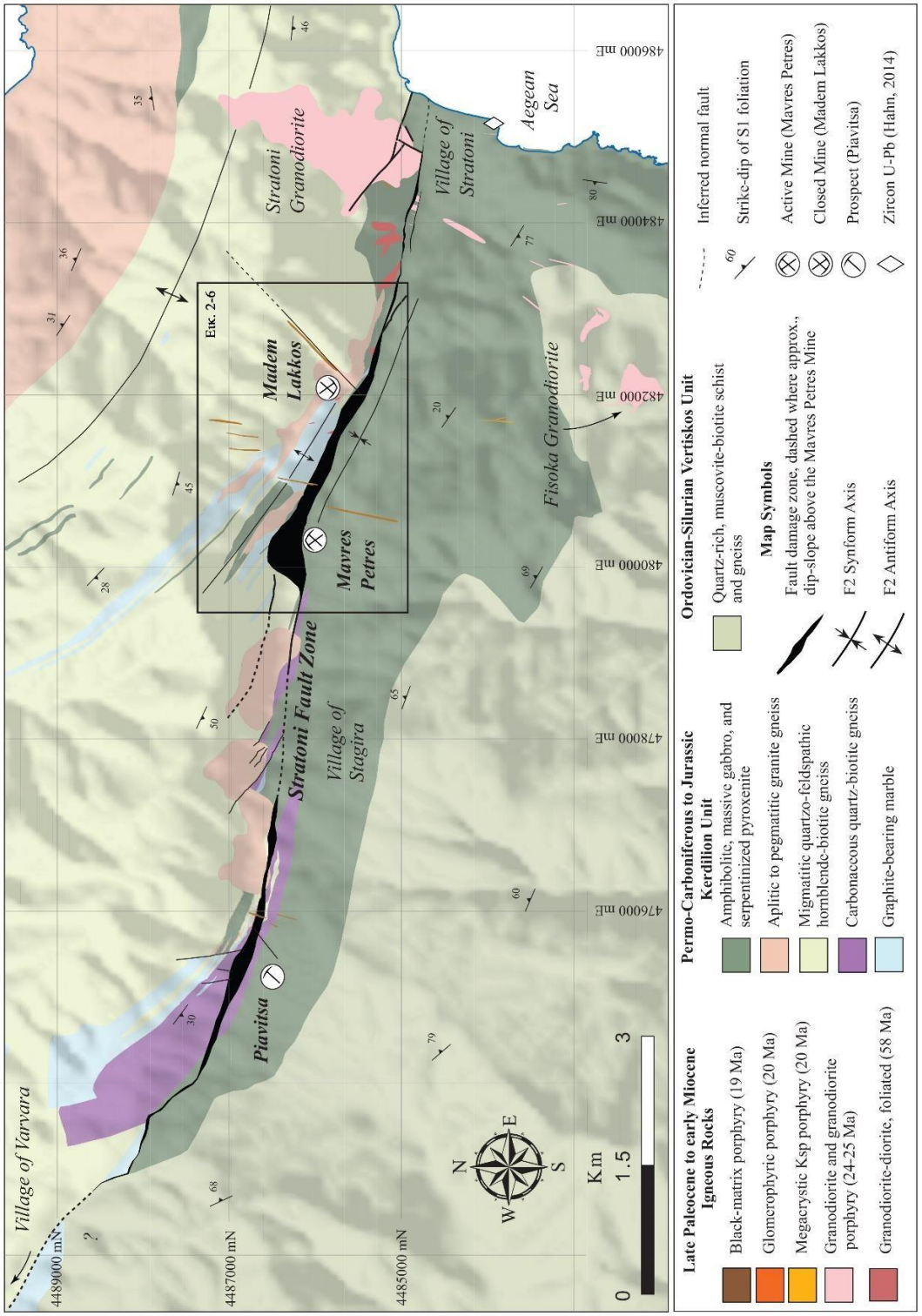
Η υποενότητα των Κερδυλλίων βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της Χαλκιδικής και φτάνει μέχρι το όριο του Στρυμόνα ποταμού. Θεωρείται τμήμα του ηπειρωτικού φλοιού της Ροδοπικής μάζας, ενώ τα πετρώματά της αποτελούν τα βαθύτερα στρώματα στην Σερβομακεδονική και πιθανόν και σε ολόκληρη την Ελλάδα. Συγκροτείται από μιγματιτικούς-βιοτιτικούς γνεύσιους, γρανατούχους-διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, αμφιβολίτες, αμφιβολιτιωμένους εκλογίτες και μάρμαρα. Τα στρώματα των βιοτιτικών-κεροστιλβικών γνευσίων εναλλάσσονται, ενώ τα μάρμαρα διατάσσονται σε τρεις ορίζοντες με πάχος από 10m έως 300m (Δημητριάδης, 1974).

Δυτικά της υποενότητας των Κερδυλλίων βρίσκεται αυτή του Βερτίσκου, η οποία καταλαμβάνει τον κύριο κορμό της Χαλκιδικής και περιλαμβάνει στην πλειοψηφία της τμήματα του ωκεάνιου φλοιού της Τηθύος. Είναι τεκτονικά ανώτερη και συγκροτείται από μια ακολουθία γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και μαρμάρων. Στους ανώτερους ορίζοντες της ζώνης κυριαρχούν οι μεταγάββροι-μεταδιαβάσες και αμφιβολίτες, οι οποίοι προήλθαν από βασικά πυριγενή πετρώματα

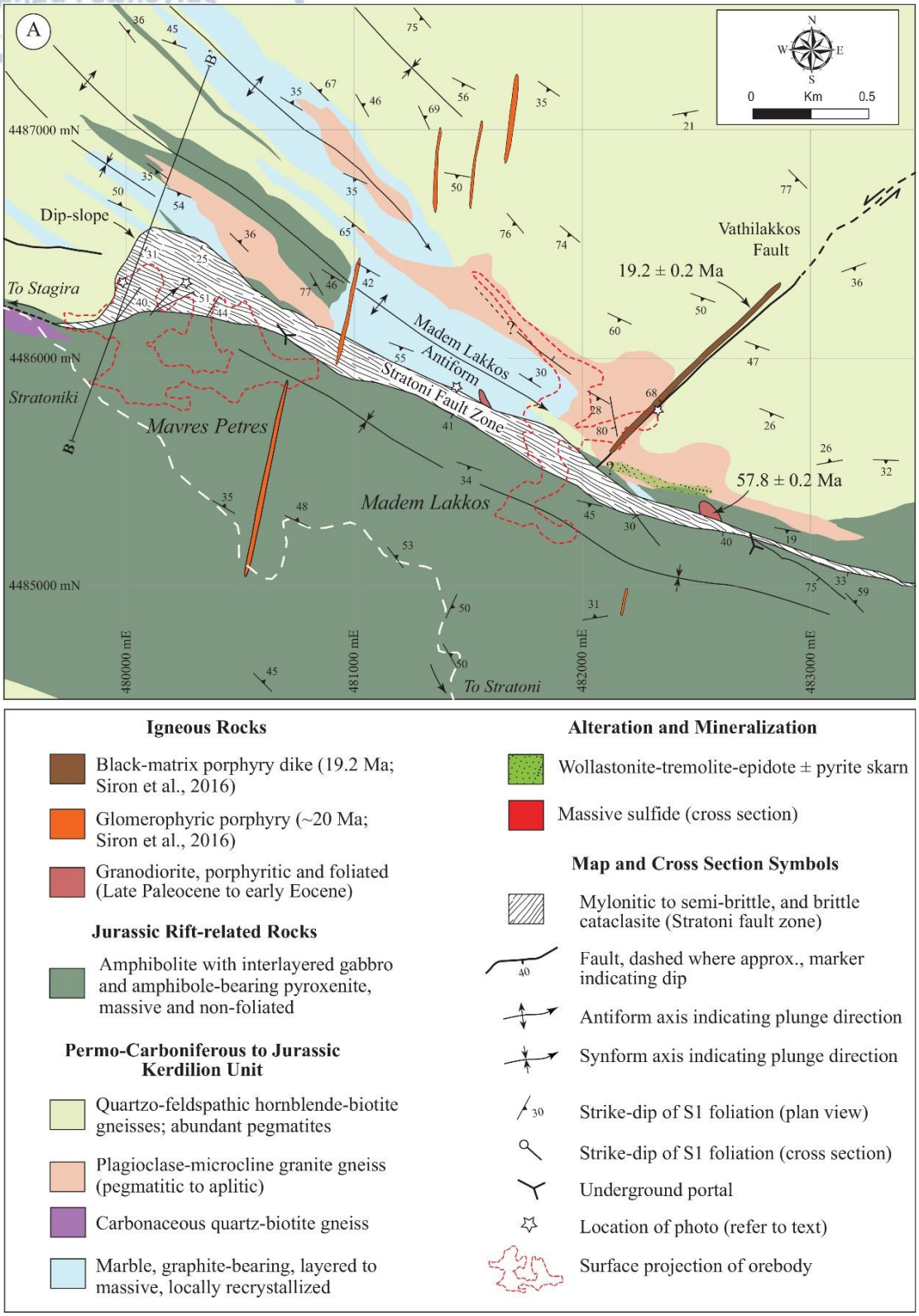
που μεταμορφώθηκαν. Οι σχηματισμοί αυτοί συνήθως παρεμβάλλονται μέσα στα άλλα σερπεντινικά σώματα με τεκτονικές επαφές.



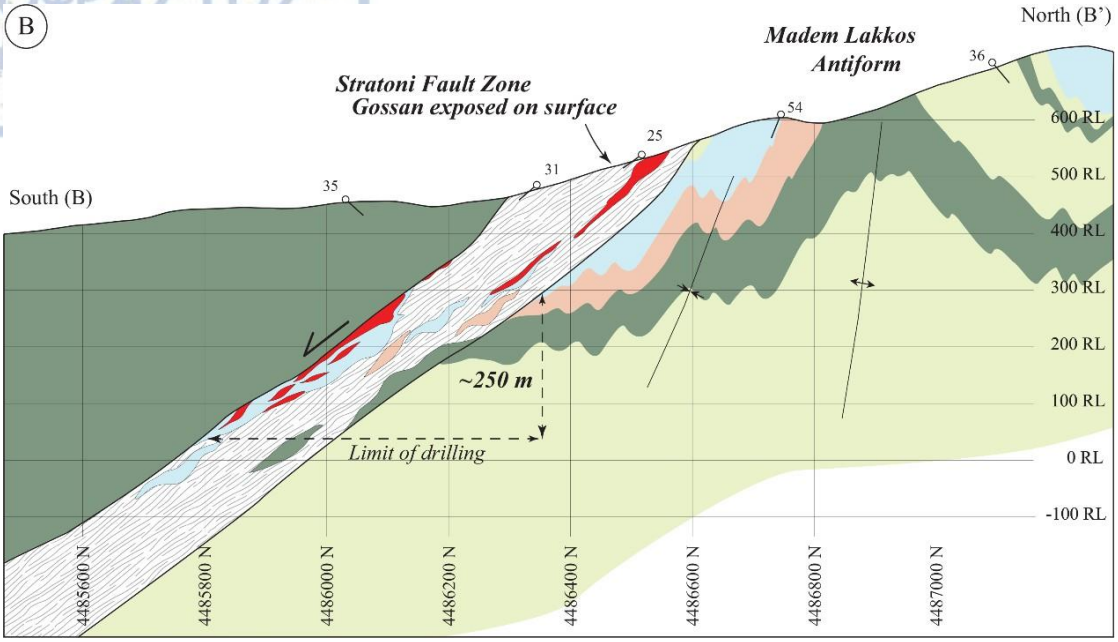
Εικόνα 2-4. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης βασισμένος στο φύλλο «Στρατονίκη» του ΙΓΜΕ (Τροποποιημένος από: Kockel et al., 1977; Siron et al., 2018)



Εικόνα 2-5. Γεωλογικός χάρτης της ζώνης του ρήγματος Στρατωνίου (Τροποποιημένος από: Kockel et al., 1978a,b; Siron et al., 2018)



Εικόνα 2-6Α. Λεπτομερής γεωλογικός χάρτης της περιοχής της Στρατονίκης, με τα αποθέματα των Μαύρων Πετρών και του Μαντέμ Λάκκου, σε κλίμακα 1:5000 (Siron et al., 2018)



Εικόνα 2-6B. Γεωλογική τομή B-B' του χάρτη της εικόνας 2-6A (Siron et al., 2018)

2.2.2 Λιθοστρωματογραφία περιοχής μελέτης

Ο οικισμός της Στρατονίκης βρίσκεται εντός της λεκάνης απορροής του Κοκκινόλακα, ενώ εντάσσεται λιθοστρωματογραφικά στη ρηξιγενή ζώνη του ρήγματος Στρατωνίου-Βαρβάρας.

Το υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα των σχηματισμών της Σερβομακεδονικής μάζας. Εκατέρωθεν του ρήγματος διατάσσονται πυριγενή πετρώματα, τα οποία είναι πολύ σημαντικά αφού αποτελούν μητρικά πετρώματα της μεταλλοφορίας.

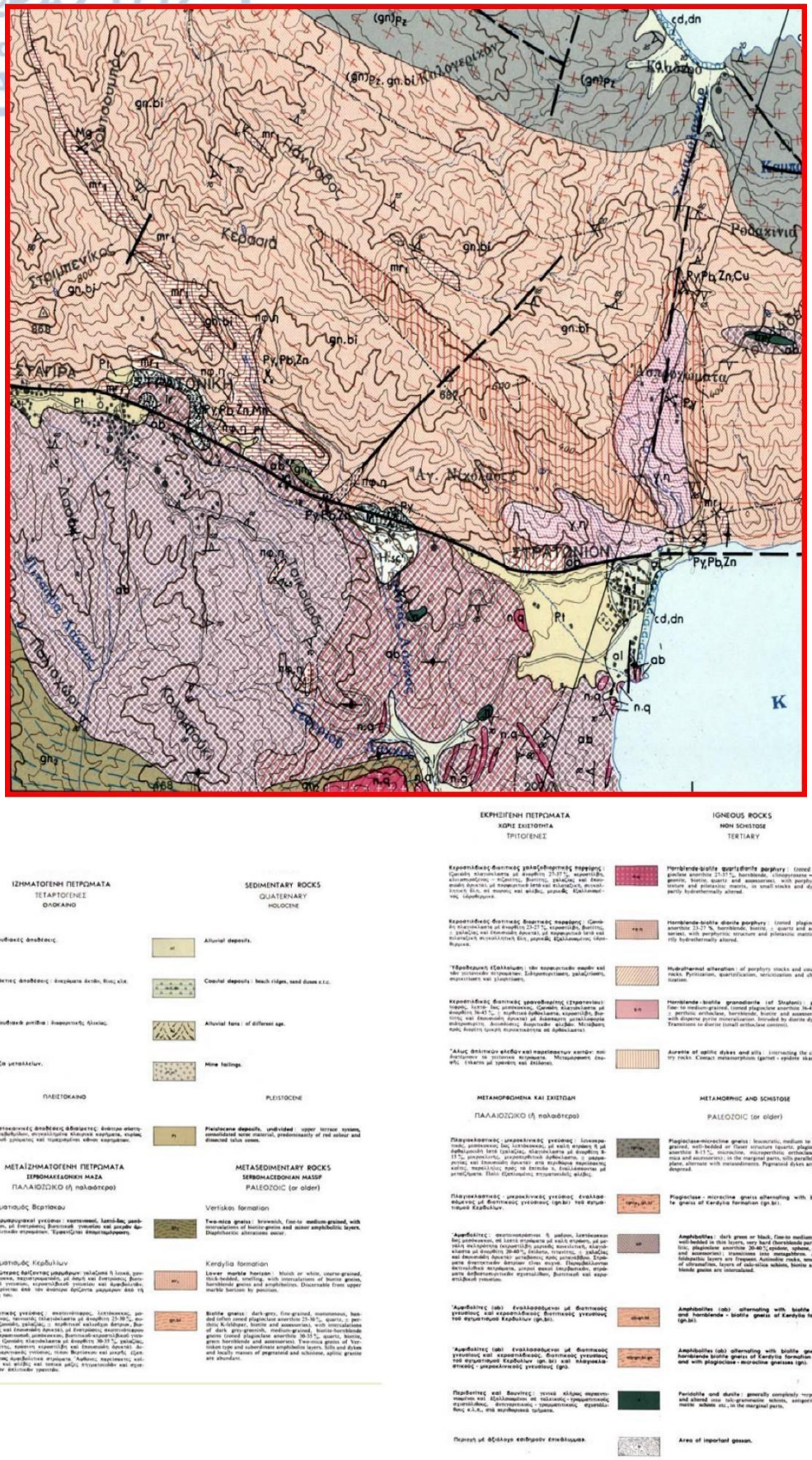
Βασικός πυριγενής όγκος είναι ο Γρανοδιορίτη Στρατωνίου, ο οποίος μεταβαίνει σε διορίτη και συναντάται στο βόρειο σύνορο του Στρατωνίου και στη θέση Ασπροχώματα. Επίσης, παρατηρείται ζώνη μεταμόρφωσης επαφής (skarn) και άλως απλιτικών διεισδύσεων στα περιθώρια του γρανοδιορίτη. Το δεύτερο πυριγενές είναι ο Χαλαζοδιοριτικός πορφύρης, του οποίου υδροθερμικές εξαλλοιώσεις παρατηρούνται κατά θέσεις. Κάνει την εμφάνισή του με τη μορφή μικρών κοιτών και φακών στα Νότια του Στρατωνίου, με μεγαλύτερη εξάπλωση στη θέση Γεφυριού Λάκκος. Ο Διοριτικός πορφύρης αποτελεί το τρίτο πυριγενές πέτρωμα και εμφανίζεται σε μικρή έκταση στα Βόρεια της Στρατονίκης. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι και οι τρεις πορφύρες περιέχουν σε μεγάλα ποσοστά Κεροστίλβη και Βιοτίτη, με συνέπεια να χαρακτηρίζονται «Κεροστιλβικοί-Βιοτιτικοί» και έχουν περιορισμένη εξάπλωση επιφανειακά στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Στα όρια των πυριγενών εντοπίζεται μια ζώνη υδροθερμικής εξαλλοίωσης των περιβαλλόντων πετρωμάτων.

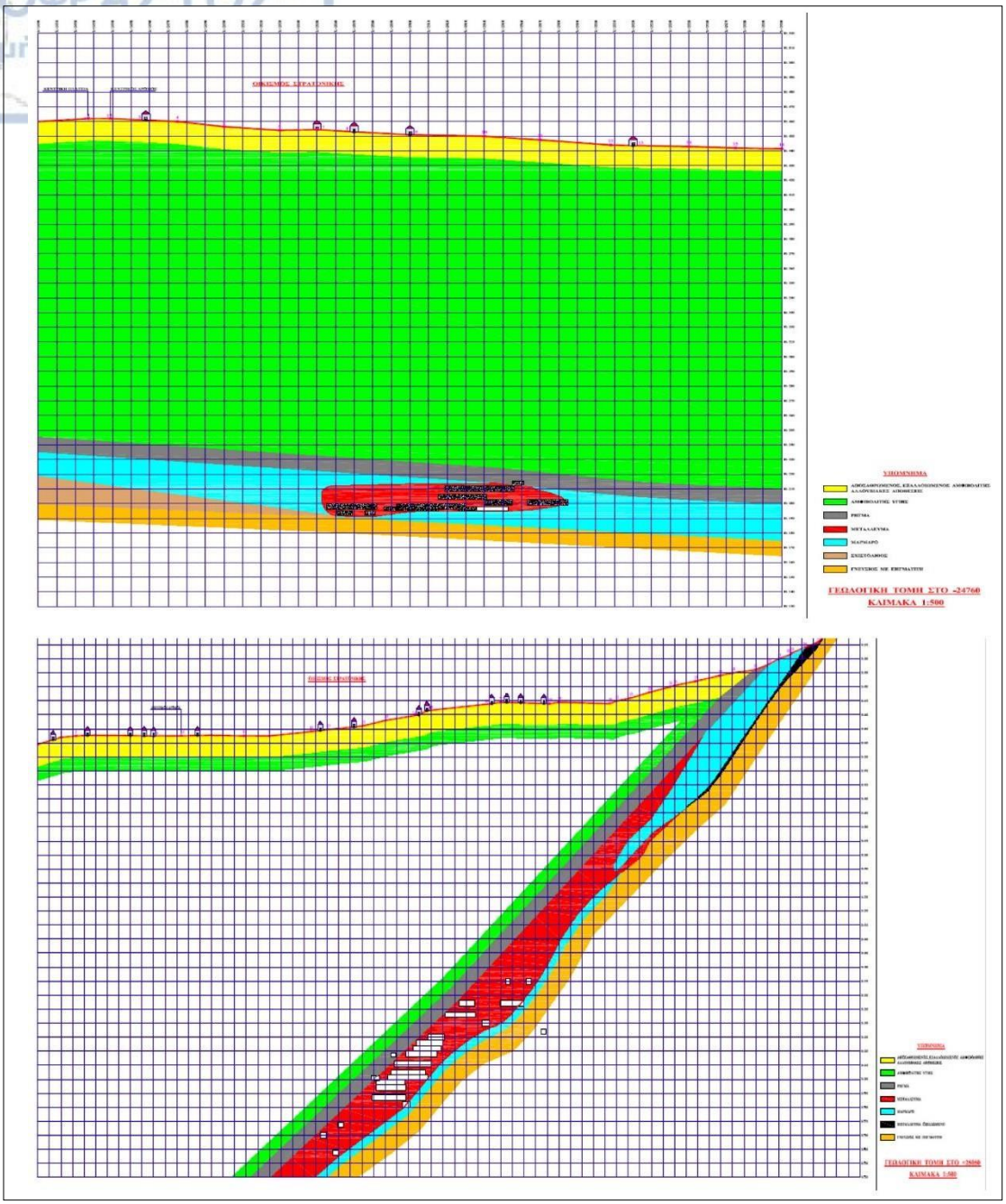
Από τα νεότερα ιζήματα της περιοχής σημαντικότερα είναι τα υλικά ποτάμιων αναβαθμίδων, με το ανώτερο, Πλειστοκαινικής ηλικίας σύστημα να εντοπίζεται σε όλο το μήκος της κοιλάδας μεταξύ Σταγείρων και Στρατονίκης. Το κατώτερο σύστημα είναι ηλικίας Ολοκαίνου και έχει αποτεθεί στην κοιλάδα του Νεοχωρίου, πολύ μακριά από την περιοχή μελέτης. Στη συνέχεια, εμφανίζονται Πλειστοκαινικές αποθέσεις (αδιαίρετες), οι οποίες περιλαμβάνουν πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων. Κώνοι κορημάτων πρόσφατης ηλικίας αποτελούν έναν ξεχωριστό σχηματισμό με μικρή εξάπλωση, που παρατηρείται στις εξόδους μικρών ρεμάτων (Χατζηπέτρος, 1998).

Τέλος, στην περιοχή εντοπίζεται η αλλουβιακή λεκάνη του Κοκκινόλακα, η οποία περιλαμβάνει χαλαρά ιζήματα (άμμο, χαλίκια, κροκάλες κτλ), αλλά και όγκους αποσαθρωμένων πετρωμάτων που μεταφέρθηκαν από τον επιφανειακό υδροφορέα και αποτελούνται από πετρώματα της περιοχής (μάρμαρα, γνευσίους, αμφιβολίτες, διορίτες, πηγματίτη, χαλαζία και τεμάχη μεταλλοφορίας σιδηρομαγγανίων). Επίσης, στα επιφανειακά στρώματα παρατηρούνται σκουριές, οι οποίες αποτελούν προϊόντα προηγούμενης εκκαμίνευσης. Το συνδετικό υλικό των ιζημάτων είναι αργιλικής σύστασης και βρίσκεται σε αφθονία στο βόρειο τμήμα της λεκάνης. Με γεωφυσικές μεθόδους, το πάχος των ιζημάτων εκτιμάται γύρω στα 10-15m στα Βόρεια της λεκάνης, ενώ στο κεντρικό και νότιο τμήμα της υπερβαίνει τα 60m. Στο ανατολικό περιθώριο του βορείου τμήματός της συναντώνται ποταμοχειμάρριες αναβαθμίδες.

Από την γεωτεχνική μελέτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (Αρβανιτίδης et al., 2008) προκύπτει ότι οι γνεύσιοι, τα μάρμαρα και οι αμφιβολίτες της περιοχής, οι οποίοι εντάσσονται στη Σερβομακεδονική ζώνη, είναι έντονα παραμορφωμένοι. Επίσης, εντοπίστηκαν καθιζήζεις σε πλευρικά κορρήματα που υπέρκεινται αμφιβολιτικών πετρωμάτων σε απόσταση 100m περίπου από παλαιότερες εκμεταλλεύσεις. Εκτός από αυτά, αποτυπώθηκε έγκοιλο σε βάθος 1,5m και με διάμετρο 0,5m, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

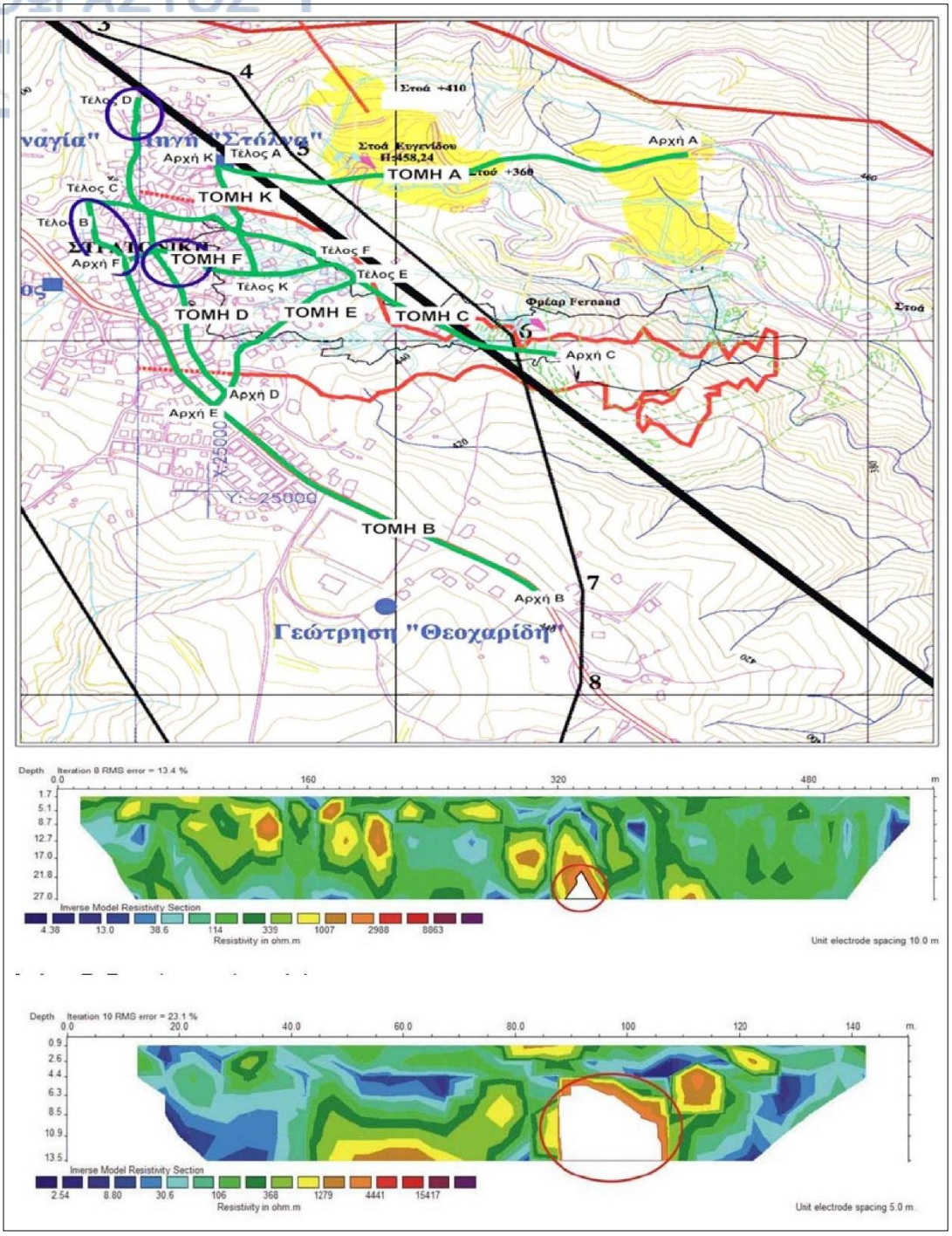


Εικόνα 2-7. Τμήμα του γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε για την περιοχή μελέτης σε κλίμακα 1:50000 και υπόμνημα (Kockel et al., 1978b)



Εικόνα 2-8. Τομές παράλληλα (επάνω) και εγκάρσια (κάτω) του μεταλλοφόρου ρήγματος στη θέση του οικισμού της Στρατονίκης. Το απόλυτο υψόμετρο των ενεργών μετώπων εκμετάλλευσης (λευκά παραλληλόγραμμα) κυμαίνεται από 150-280m και του οικισμού από 440-450m. Με γκρι χρώμα συμβολίζεται το ρήγμα, κίτρινο οι χαλαρές αποθέσεις, πράσινο ο αμφιβολίτης, κόκκινο το μετάλλευμα, γαλάζιο το μάρμαρο και ανοικτό καφέ οι γνεύσιοι. (Αρβανιτίδης et al., 2008)

Η εκγάρσια τομή της εικόνας 2-8 μοιάζει με αυτή της εικόνας 2-6Β, με τη διαφορά ότι ο Siron (2018) έχει ομαδοποιήσει τους σχηματισμούς της ρηξιγενούς ζώνης με βάση την γεωλογική δομή και την τεκτονική παραμόρφωση που έχουν υποστεί λόγω του ρήγματος. Έτσι, στην εικόνα 2-6Β φαίνεται μια μυλωνιτιωμένη ζώνη ενός κατακλαστίτη, ενώ στην εικ. 2-8 διακρίνονται σχηματισμοί βάση λιθολογίας, καθώς και οι θέσεις εκμετάλλευσης.



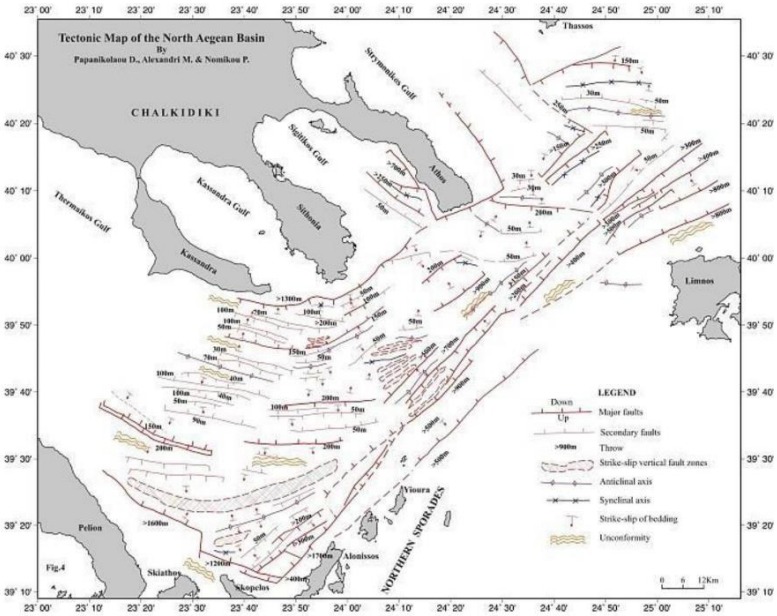
Εικόνα 2-9. Στο πάνω τμήμα της εικόνας παρίσταται χάρτης διατομών μετρήσεων ηλεκτρικής τομογραφίας. Μέσα σε μπλε κύκλο βρίσκονται οι περιοχές με πιθανότητα ύπαρξης υόγειων «κενών». Στο κάτω απεικονίζονται οι τομές A και K, στις οποίες οι γεωφυσικές ανωμαλίες εντός των κόκκινων κύκλων ερμηνεύονται ως «έγκοιλα» (Αρβανιτίδης et al., 2008).

2.3 Τεκτονικό περιβάλλον

Το ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας μαζί με το ρήγμα Γοματίου (νοτιότερα) αποτελούν το σύστημα ρηγμάτων της Ανατολικής Χαλκιδικής και συνδέονται άμεσα με το σύστημα ρηγμάτων της Μυγδονίας λεκάνης, μέσω «τυφλών» ρηξιγενών ζωνών (Pavlides & Kilias, 1987). Το σύστημα ενεργών ρηγμάτων της Μυγδονίας επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τη δράση της τάφρου του Βορείου Αιγαίου (Pavlides & Soulakellis, 1990). Πρόκειται για μια περιοχή με ιδιαίτερα πολύπλοκη τεκτονική δομή, αφού επηρεάζεται από το μεγάλο δεξιόστροφο ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας, αλλά και από τις εφελκυστικές δυνάμεις, λόγω της χαλάρωσης των τάσεων πίσω από το Ελληνικό τόξο, καθώς η Αφρικανική πλάκα βυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική.

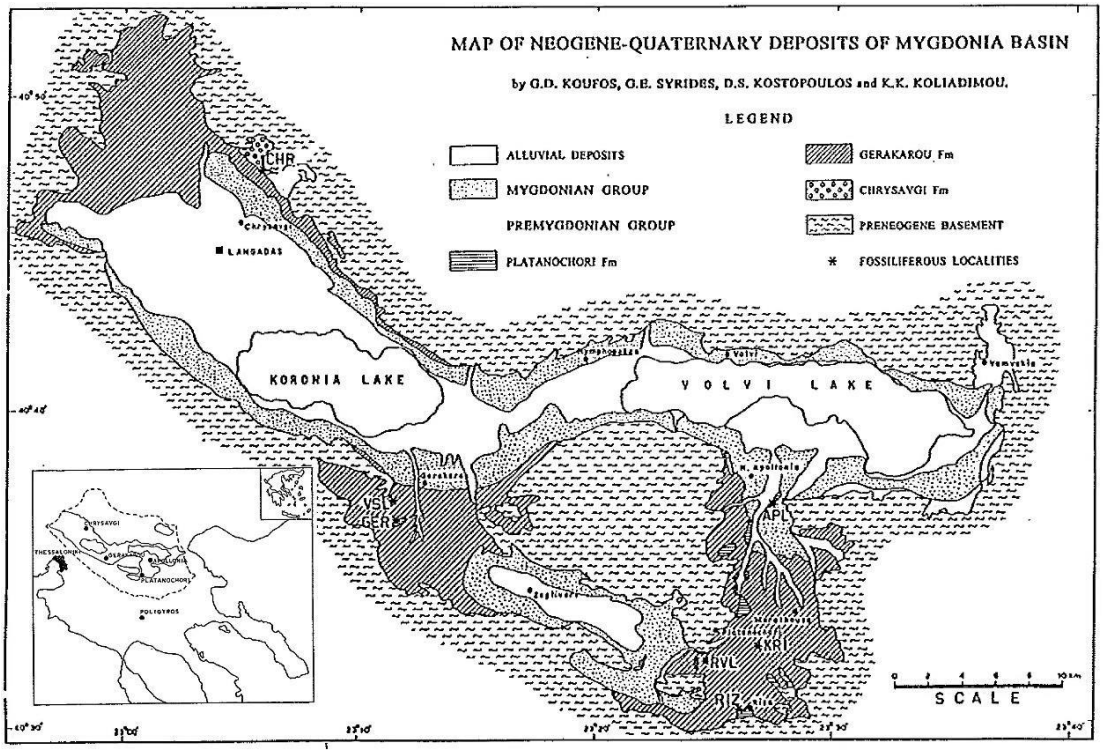
2.3.1 Μυγδονία λεκάνη

Η λεκάνη της Μυγδονίας είναι ένα επίμηκες τεκτονικό βύθισμα Α-ΑΒΑ της Θεσσαλονίκης και εκτείνεται μεταξύ των βουνών Καμήλας και Ρεντίνας. Περιλαμβάνει τις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, οι οποίες αποτελούν τα υπολείμματα της μεγάλης λίμνης της Μυγδονίας, που υπήρξε κατά το Πλειστόκαινο.



Εικόνα 2-10. Τεκτονικός χάρτης της λεκάνης του Βορείου Αιγαίου (Papanikolaou et al., 2006)

Το ενδιαφέρον για τη συγκεκριμένη περιοχή έγκειται στην άμεση γειτονία της με την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας και επειδή όπως προαναφέρθηκε, συνδέεται τεκτονικά με τα ρήγματα της περιοχής της Ανατολικής Χαλκιδικής.



Εικόνα 2-11. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης της Μυγδονίας (Koufos et al., 1995)

Εξαιρετικά σημαντική είναι η γενική εικόνα εξέλιξης της Μυγδονίας λεκάνης και η σύνδεσή της με τις επικρατούσες τεκτονικές τάσεις της ευρύτερης περιοχής κατά το αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με νεοτεκτονικές παρατηρήσεις, η εξέλιξή της μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις περιόδους (Παυλίδης, 2003; Χατζηπέτρος, 1998).

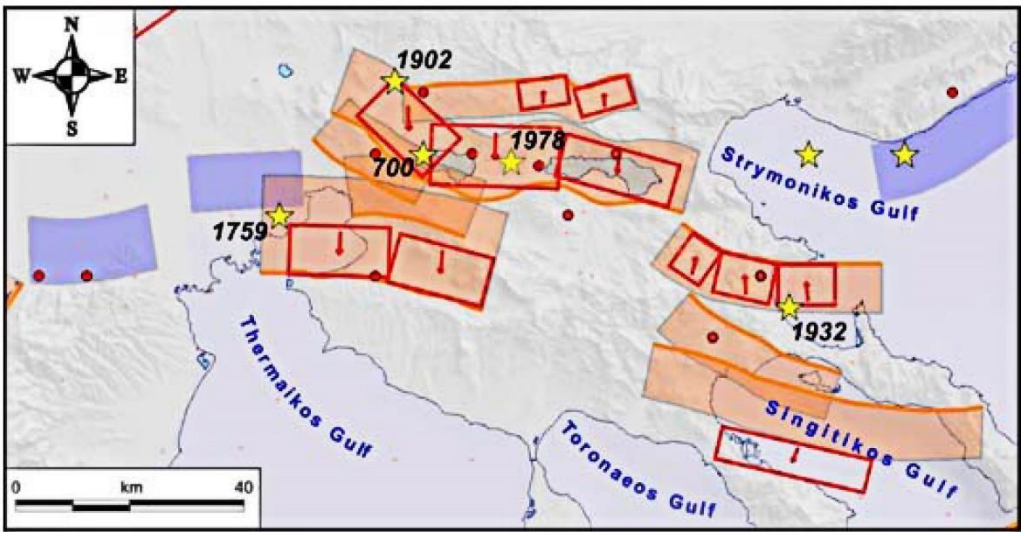
Α) Μέσο(;) – Άνω Μειόκαινο. Στο διάστημα αυτό, η περιοχή δεν επηρεαζόταν από το ρήγμα της Β. Ανατολίας (Dewey et al., 1986). Ο εφελκυσμός, κατά την περίοδο αυτή, είχε γενική διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (Mercier et al., 1987), ενώ τα ΒΑ-ΝΔ παράταξης ρήγματα που υπήρχαν, ήταν κατά κύριο λόγο κανονικά με μικρή συνιστώσα αριστερόστροφης κίνησης (Lyberis, 1984).

Β) Πλειόκαινο – Κατώτερο Πλειστόκαινο. Κατά την περίοδο αυτή, ξεκινά η επίδραση στην περιοχή, του ρήγματος της Β. Ανατολίας, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση εφελκυσμού σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Ως συνέπεια του εφελκυσμού αυτού, δημιουργούνται ρήγματα ΒΔ-ΝΑ παράταξης και επαναδραστηριοποιούνται παλαιότερα (Mercier et al., 1987).

Γ) Μέσο Πλειστόκαινο – Σήμερα. Η διεύθυνση του ενεργού τεκτονικού πεδίου στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι Β-Ν, με μικρές αποκλίσεις από ΒΒΑ-ΝΝΔ, έως

ΒΒΔ-ΝΝΑ, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κανονικά ρήγματα με παράταξη Α-Δ, τα οποία είναι αυτά που σήμερα λογίζονται ως ενεργά.

Το πεδίο εφελκυσμού στην περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης επιβεβαιώθηκε και από τον σεισμό του 1978 στη λεκάνη της Μυγδονίας, αφού το άνυσμα ολίσθησης (slip vector) που μετρήθηκε στις επιφανειακές διαρρήξεις παρουσίασε διεύθυνση εφελκυσμού Β-Ν (Mercier et al., 1979).



Εικόνα 2-12. Χάρτης των ενεργών ρηγμάτων του «Ρηξιγενούς Συστήματος της Χαλκιδικής» και των κύριων σεισμικών επεισοδίων, από τη βάση δεδομένων GreDaSS (Caputo et al., 2012)

2.3.2 Ρηξιγενής Τεκτονική

Οι παραμορφώσεις και μεταμορφώσεις που έχουν υποστεί τα μεταμορφωμένα πετρώματα της περιοχής μελέτης, οφείλονται στην Αλπική ορογένεση και σε παλαιότερες περιόδους πτύχωσεις, Παλαιοζωϊκής ηλικίας.

Στην ευρύτερη περιοχή διακρίνονται τέσσερα ρήγματα, με σημαντικότερο το ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας για το οποίο γίνεται εκτενής αναφορά παρακάτω. Έχει γενική παράταξη Α-Δ, κλίση 33°-55° προς ΝΔ και διέρχεται από το βόρειο άκρο της αλλουβιακής λεκάνης Στρατωνίου. Παράλληλα με αυτό, στην περιοχή του Μαντέμ Λάκκου και των Μαύρων Πετρών συναντώνται και άλλα μικρότερα ρήγματα με μικρή κλίση. Ένα δεύτερο σύστημα ρηγμάτων απαντάται στην περιοχή, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και σχεδόν κατακόρυφη κλίση, το οποίο είναι περίπου παράλληλο στον άξονα των αντικλίνων. Το τρίτο σύστημα ρηγμάτων βρίσκεται κατά μήκος του ρέματος Βαθύλακκος και αποτελείται από ένα σημαντικό ρήγμα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και κλίση 75° προς ΒΔ, καθώς και από μικρότερα ρήγματα που ταυτίζονται με μικρορέματα της περιοχής. Τέλος, στον κάτω ρου του Κοκκινόλακα σηναντώνται

σημαντικά ρήγματα τα οποία είναι παράλληλα με την παράταξη των αμφιβολιτών και γνευσίων (Αρβανιτίδης et al., 2008).

2.3.2.1 Ρήγμα Στρατωνίου

Πρόκειται, ίσως, για τη σημαντικότερη τεκτονική δομή της περιοχής μελέτης, αφού ο οικισμός της Στρατονίκης γειτνιάζει άμεσα με αυτό. Έχει γενική διεύθυνση Α-Δ και αποτελεί το χαρτογραφικό όριο μεταξύ των σχηματισμών Κερδυλλίων και Βερτίσκου, καθώς και με το οφειολιθικό σύμπλεγμα της Βόλβης, όπως φαίνεται στον απλοποιημένο μεταλλογενετικό χάρτη της περιοχής (Σχήμα 2-10). Εκτός των άλλων, το ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας είναι εξαιρετικά σημαντικό για τον μεταλλογενετικό του ρόλο, αφού αποτελεί τον λόγο εμφάνισης των πλούσιων κοιτασμάτων της περιοχής.

Τα διάφορα μεταλλοφόρα διαλύματα εκμεταλλεύονται τον κενό χώρο που δημιουργεί το σύστημα ρηγμάτων της περιοχής, έτσι ώστε να κυκλοφορήσουν, να μεταφέρουν και να αποθέσουν μέταλλα με τη μορφή θειούχων ορυκτών, κυρίως του σιδήρου, του μολύβδου και του ψευδαργύρου. Ακόμη, εντοπίζονται κοιτάσματα Χρυσού-Αργύρου αλλά και μια σειρά επιφανειακών εμφανίσεων Μαγγανίου.

Σύμφωνα με τον Siron (2018), κατά μήκος του ρήγματος Στρατωνίου-Βαρβάρας αναπτύσσονται κοιτάσματα αντικατάστασης Au-Ag-Zn-Pb, συμπαγών έως ημισυμπαγών σουλφιδίων, τα οποία φιλοξενούνται στα μάρμαρα. Επίσης, υπάρχουν κατά θέσεις, πλούσια σε χαλαζία Au-Ag-As-Pb-Zn-Cu σουλφίδια, μικρής έκτασης Cu skarn και πλούσια σε χρυσό υδροθερμικά λατυποπαγή σύστασης χαλαζία-ροδοχρωσίτη, κυρίως στην περιοχή της Πιάβιτσας. Στο χάρτη της Εικ. 2-5 φαίνονται οι μεταλλοφορίες της περιοχής του ρήγματος με μεγάλη λεπτομέρεια.

Η διαδικασία της μεταλλογένεσης εντός της ρηξιγενούς ζώνης εξελίσσεται από την επιφάνεια έως και τα βαθύτερα τμήματά της και διαφοροποιείται σε όλο το μήκος της, το οποίο ξεπερνά τα 25km, εκ των οποίων τα 15 βρίσκονται στην ξηρά.

Εκτός από τη Στρατονίκη, το ρήγμα διέρχεται και από τους οικισμούς Στάγειρα και Στρατώνι, ενώ φαίνεται να ενώνεται, στα Δυτικά, με το ρήγμα Βαρβάρας, το οποίο έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και διαφοροποιείται ως ένα ανεξάρτητο τμήμα ρήγματος, λόγω της μεταβολής στην παράταξή του αυτή, σύμφωνα με τους Παυλίδη και Τρανό (1991).

Μορφολογικά η ευρύτερη περιοχή επηρεάζεται από το ρήγμα Στρατωνίου και χωρίζεται σε δύο τμήματα, λόγω της μετάπτωσης που παρουσιάζει στο νότιο τμήμα του. Το βόρειο τμήμα (footwall block) χαρακτηρίζεται από υψηλό ανάγλυφο,

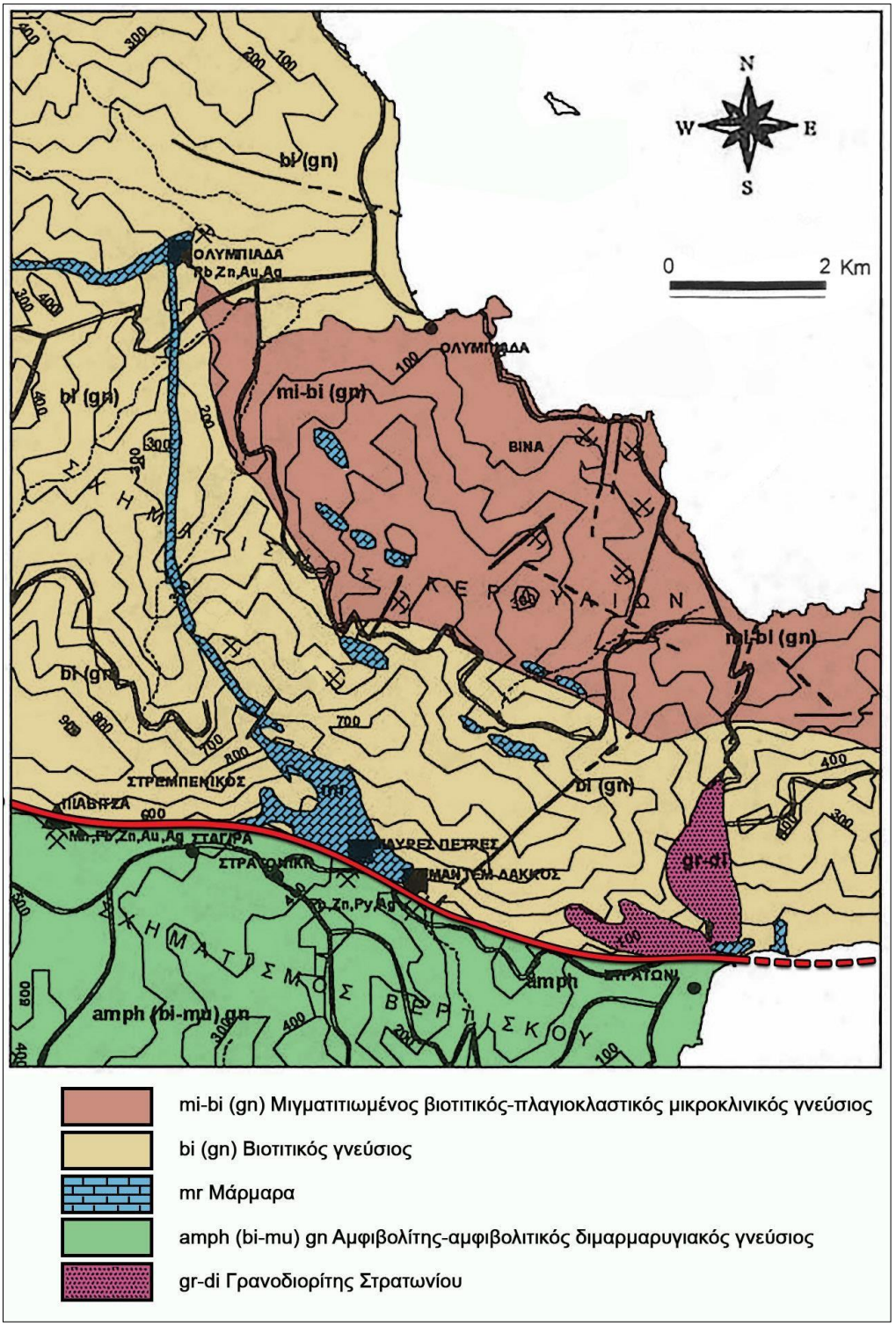
περιλαμβάνει το Στρατωνικό όρος και στα Νότια συμπίπτει με το ρήγμα Στρατωνίου. Αντίθετα, στο νότιο τμήμα (hangingwall block) το ανάγλυφο είναι χαμηλό και ομοιόμορφο, με εκτενές υδρογραφικό δίκτυο (Pavlides & Tranos, 1991). Χαρακτηριστικό του πρανούς στα ανατολικά, από το Στρατώνι μέχρι τη θέση Λιβάδι, είναι οι τριγωνικές κλιτύες οι οποίες διατάσσονται κατά μήκος της ακτής του Στρατωνίου και σε γενική διεύθυνση Α-Δ, παράλληλα με τη διεύθυνση του ρήγματος (Chatzipetros et al. 2004). Επίσης, στο χώρο της άμεσης ζώνης του ρήγματος και παράλληλα με αυτό παρατηρούνται τεταρτογενείς αποθέσεις, αρκετές και σημαντικές σε πάχος, αποτελούμενες από συνεκτικά πλευρικά κορήματα ερυθρού χρώματος με γωνιώδη τεμάχη από τα πετρώματα του υποβάθρου. Αποθέσεις σαν κι αυτές των Σταγείρων και του Στρατωνίου είναι πιθανό να έχουν δημιουργηθεί εξαιτίας της νεοτεκτονικής δράσης του ρήγματος Στρατωνίου, αφού αυτό συνδέεται με τη σεισμική ακολουθία της Ιερισσού του 1932, με μέγεθος σεισμού M 7.0 (Georgalas & Galanopoulos, 1953; Pavlides & Tranos, 1991; Μαραβελάκης, 1933).

2.3.2.2 Ρήγμα Βαρβάρας

Το ρήγμα Βαρβάρας είναι ουσιαστικά η συνέχεια του ρήγματος Στρατωνίου προς τα ΒΔ, από τα δυτικά του οικισμού των Σταγείρων έως τον οικισμό της Βαρβάρας. Η διεύθυνσή του, όμως, είναι ΒΔ-ΝΑ, με αποτέλεσμα να θεωρείται ως ένα ιδιαίτερο τμήμα του συνολικού ρήγματος Στρατωνίου-Βαρβάρας. Έχει μήκος περίπου 6km, ενώ παρουσιάζει μετάπτωση προς ΝΔ και διαμορφώνει μια μεγάλης έκτασης κοιλάδα/χαράδρα, γνωστή ως ρέμα Ξηρόλακος. Στην έκτασή του αυτή, παραμορφώνει τα πετρώματα της υποενότητας Κερδυλλίων (μάρμαρα, γνευσίους) και οριοθετεί το οφειολιθικό σύμπλεγμα Βόλβης στα Βόρεια.

Σε ρηξιγενείς επιφάνειες μέσα στο σχηματισμό των μαρμάρων εντοπίζονται τεκτονικές αναβαθμίδες ασβεστιτικής σύστασης με ινώδεις γραμμώσεις ολίσθησης, ασβεστιτικής σύστασης επίσης, οι οποίες αντιστοιχούν σε δύο φάσεις τεκτονικής παραμόρφωσης. Η μία φάση είναι οριζόντιας αριστερόστροφης μετατόπισης και η δεύτερη είναι μεταπτωτική, νεότερης ηλικίας (Τρανός, 1998). Επίσης, παρατηρήθηκαν και γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης, οι οποίες προσδιορίζουν μία δεξιόστροφη κίνηση οριζόντιας μετατόπισης, νεότερη της προαναφερθείσας αριστερόστροφης και παλαιότερη της κανονικής, που όμως είναι ελάχιστες και με μικρό μήκος, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπουν ασφαλή και γενικά συμπεράσματα. Αντίθετα, οι γραμμώσεις που προσδιορίζουν την αριστερόστροφη κίνηση χαρακτηρίζονται από

μεγάλο μήκος ανάπτυξης και κυριαρχούν στην περιοχή, ενώ επικαλύπτονται από τις κανονικές γραμμώσεις ολίσθησης, γεγονός που μαρτυρά ότι είναι νεότερες από τις τελευταίες (Μιχαηλίδου et al., 2005).



Εικόνα 2-13. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής ενδιαφέροντος. Με κόκκινο χρώμα φαίνεται το ρήγμα Στρατωνίου το οποίο χωρίζει τους σχηματισμούς Κερδυλλίων και Βερτίσκου, καθώς και η προέκτασή του στη θάλασσα, με διακεκομμένες (Τροποποιημένος από: Θεοδωρούδης et al., 2000)

3 Έρευνα πεδίου

3.1 Μεθοδολογία

Η μέθοδος εργασίας που ακολουθήθηκε αποτελείται από τρία βασικά στάδια, το πρώτο εκ των οποίων είναι η προετοιμασία πριν την επιτόπια έρευνα. Η προετοιμασία αυτή περιλαμβάνει τη μελέτη χαρτών και τεχνικών εκθέσεων σχετικών με την περιοχή ενδιαφέροντος, καθώς και βιβλιογραφική ενημέρωση σχετικά με τη γεωλογία της ευρύτερης περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες της περιοχής, το φύλλο «Στρατονίκη» των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50000 (Kockel et al., 1978b) και η τεχνικογεωλογική έκθεση του ΙΓΜΕ (Αρβανιτίδης et al., 2008). Ακόμη, μελετήθηκε ο «Τεχνικογεωλογικός Χάρτης Περιοχής Στρατονίκης», κλίμακας 1:2000 (Μαλτζάρης & Πογιατζή, 2008), που μαζί με τον τεχνικογεωλογικό χάρτη αποτελούν τμήμα της Γεωφυσικής-Τεχνικογεωλογικής-Υδρογεωλογικής Μελέτης της Μεταλλευτικής Περιοχής «Μαύρες Πέτρες Μαντέμ Λάκκου» (ΙΓΜΕ, 2008).

Στη συνέχεια και αφού δημιουργήθηκε ένα υπόβαθρο πληροφοριών σχετικά με την περιοχή ενδιαφέροντος, ακολούθησε το κύριο κομμάτι της έρευνας πεδίου, το οποίο αποτελείται από υπαίθρια εργασία. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2019 και διήρκησε τρεις ημέρες. Στο διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση των επιφανειακών ρωγμώσεων στο οδικό δίκτυο της Στρατονίκης, καθώς και καταγραφή των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών.

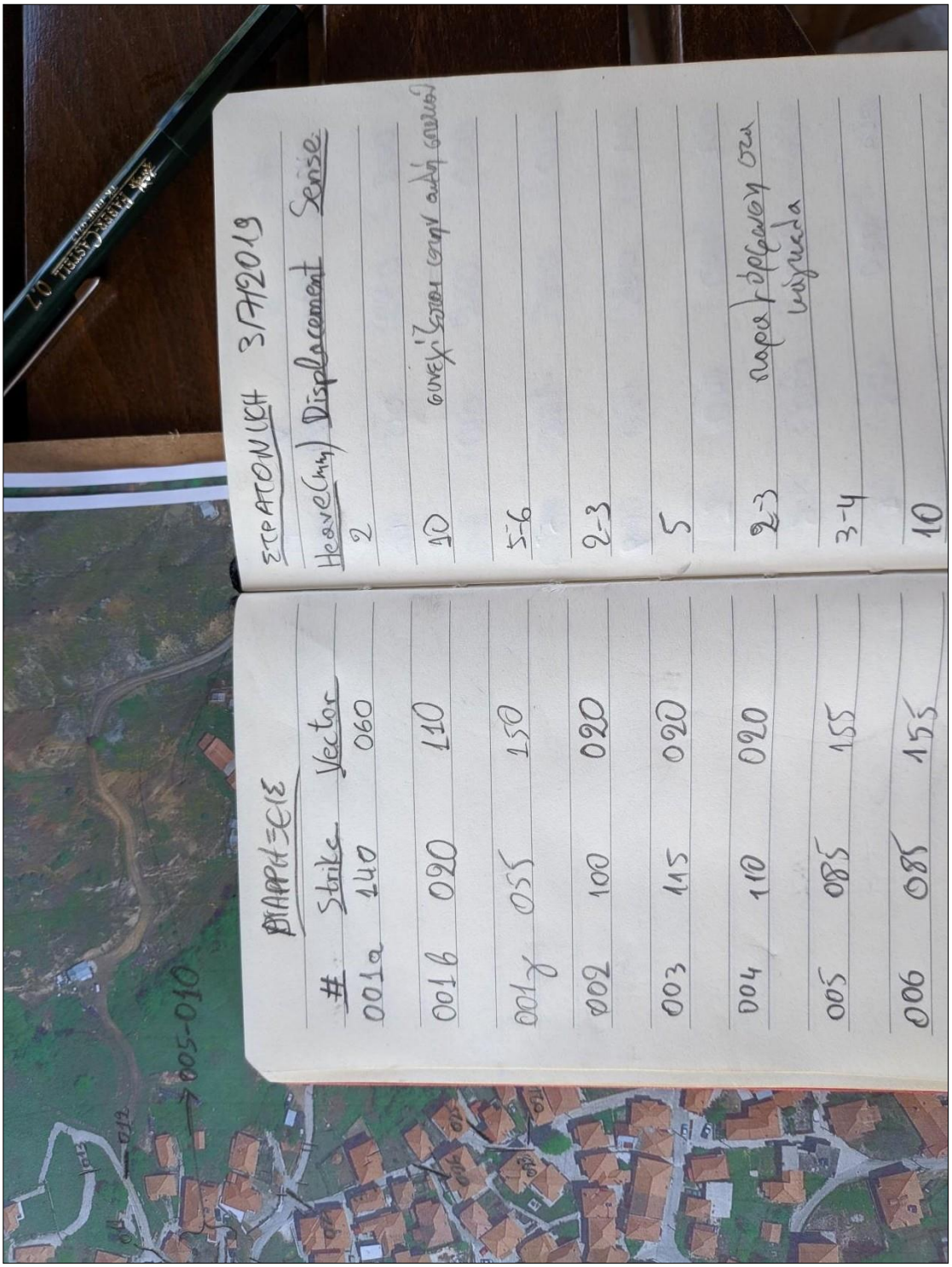
Με βάση τον τεχνικογεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (2008), έγινε ένας εντοπισμός κάποιων βασικών ρηγμάτων, προκειμένου να κατανοηθεί η διαδικασία που ακολουθήθηκε σε εκείνη τη χαρτογράφηση, αλλά και να δημιουργηθεί μία σταθερή βάση για να εκπονηθεί η παρούσα. Μόλις γίνει ο εντοπισμός του εκάστοτε ρήγματος, αποτυπώνεται το ίχνος του πάνω σε χάρτη που εκτυπώθηκε από το Google Earth και λαμβάνει έναν μοναδικό κωδικό. Συνολικά, καταχωρήθηκαν 208 μοναδικοί κωδικοί γραμμικών αστοχιών, όμως χαρτογραφήθηκαν και 71 ακανόνιστες, για τις οποίες δεν ήταν εφικτό να μετρηθεί η παράταξη και τα υπόλοιπα γεωμετρικά στοιχεία, με συνέπεια να μη συμπεριληφθούν στον πίνακα επιφανειακών ρωγμώσεων που δημιουργήθηκε. Ακολούθως, η θέση της κάθε αστοχίας φωτογραφήθηκε και η εικόνες καταχωρήθηκαν στην ψηφιοποιημένη μορφή του πίνακα που θα αναφερθεί παρακάτω. Εκτός των άλλων, στον πίνακα έχουν καταγραφεί με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας η

παράταξη (strike) και το άνυσμα μετατόπισης (vector) σε μοίρες, ενώ με τη χρήση υποδεκάμετρου το άνοιγμα της ρώγμωσης (heave) σε mm.

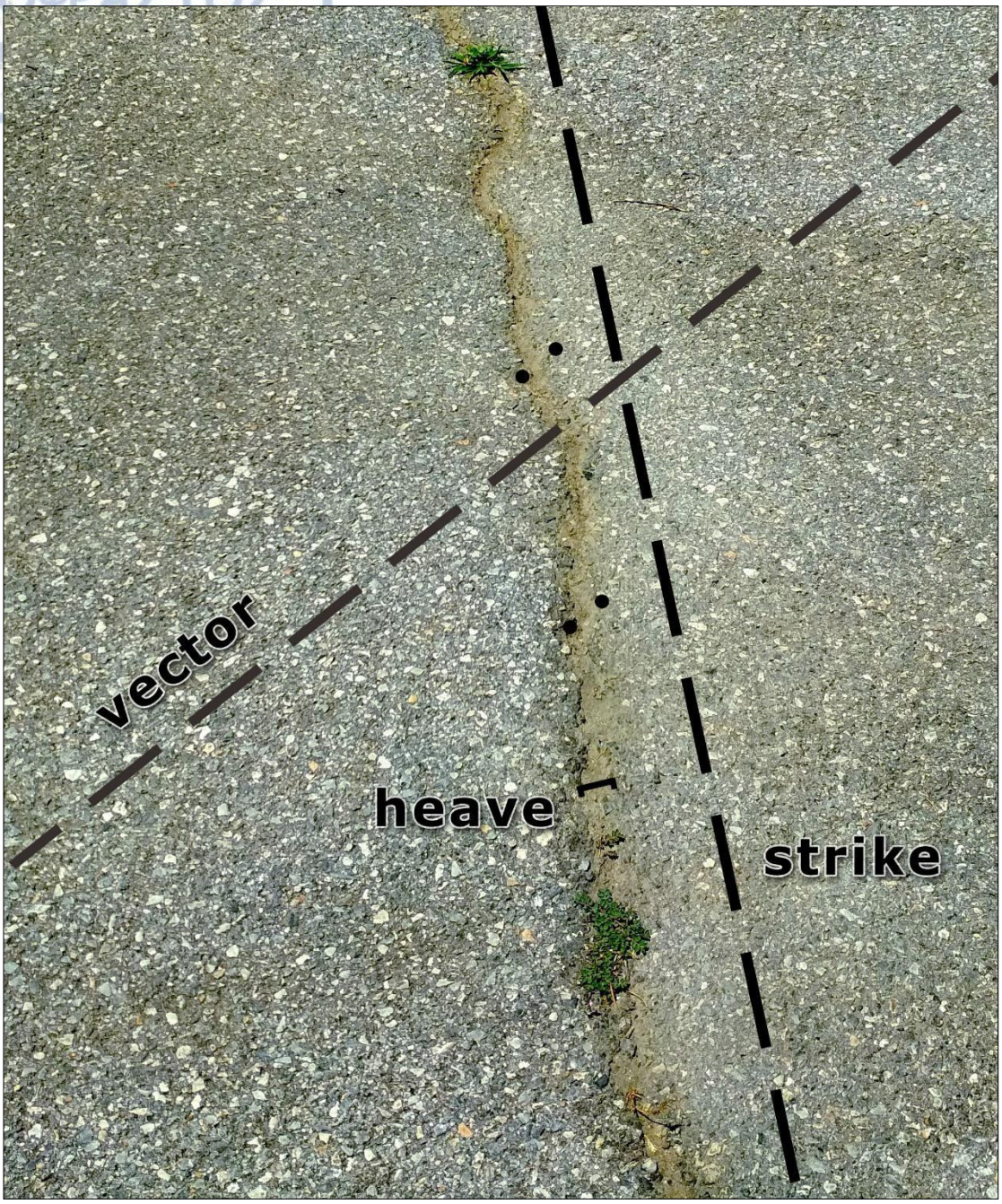
Εικόνα 3-1. Παράδειγμα μέτρησης παράταξης ρώγμωσης με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας. Η ρώγμωση βρίσκεται πάνω σε τοίχο περίφραξης οικίας της Στρατονίκης

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο της μεθοδολογίας περιλαμβάνει τις εργασίες γραφείου που ακολούθησαν μετά την επί τόπου έρευνα. Προκειμένου να μπορούν να παρουσιαστούν τα δεδομένα της χαρτογράφησης και να είναι εφικτή η σύγκρισή τους με την προηγούμενη του ΙΓΜΕ, έγινε λεπτομερής ψηφιοποίηση των ιχνών όλων των αστοχιών, γραμμικών και ακανόνιστων, με το πρόγραμμα Google Earth, αποθηκεύτηκαν σε αρχείο μορφής .kmz και στη συνέχεια εξήχθησαν με τη μορφή χαρτών, οι οποίοι παρατίθενται στο «ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ». Από τα ψηφιοποιημένα ίχνη τους υπολογίστηκε το μήκος των γραμμικών αστοχιών, όπως προαναφέρθηκε, με το ίδιο πρόγραμμα. Εκτός από τις αστοχίες που καταγράφηκαν στην παρούσα χαρτογράφηση, ψηφιοποιήθηκαν επίσης και οι αστοχίες που εμφανίζονται στον τεχνικογεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ. Οι αστοχίες της χαρτογράφησης του 2019

εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα, οι αστοχίες της χαρτογράφησης του 2008 από το ΙΓΜΕ με κίτρινο, ενώ υπάρχουν και κάποιες αστοχίες με μπλε χρώμα, οι οποίες διακρίθηκαν από δορυφορικές εικόνες της περιόδου 2016-2017, μέσω του Google Earth. Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης παρουσιάζονται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 3-2. Σημειώσεις από την πρώτη μέρα της χαρτογράφησης



Εικόνα 3-3. Επεξηγηματική απεικόνιση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν κατά την υπαίθρια εργασία. Όπου strike η παράταξη, vector το άνυσμα μετατόπισης και heave το άνοιγμα της ρώγμωσης. Στην εικόνα φαίνονται δύο από τα ζεύγη σημείων σύμφωνα με τα οποία υπολογίζεται ο άξονας vector, στον οποίο και είναι παράλληλα.

Αμέσως μετά την ψηφιοποίηση των ιχνών, έγινε ψηφιοποίηση και των στοιχείων που καταγράφηκαν στο ύπαιθρο σε πίνακα. Συνολικά, στον πίνακα επιφανειακών ρωγμώσεων που δημιουργήθηκε με το excel του Microsoft office 365 καταχωρήθηκαν για κάθε γραμμική αστοχία τα παρακάτω στοιχεία:

i. Κωδικός ταυτότητας της αστοχίας (ID). Ο κωδικός αυτός αποτελείται από τρία ψηφία και σε κάποιες περιπτώσεις διαιρείται σε α,β και γ, για

σύνθετες ρωγμώσεις με πάνω από έναν άξονες. Οι κωδικοί ξεκινούν από το «001α» και καταλήγουν στο αριθμό «168».

ii. Παράταξη (Strike) της αστοχίας σε μοίρες, η οποία είναι ουσιαστικά η γενική διεύθυνση του άξονα της αστοχίας.

iii. Άνυσμα μετατόπισης (vector) σε μοίρες. Πρόκειται για τη διεύθυνση του άξονα που ενώνει δύο σημεία εκατέρωθεν της ρώγμωσης, τα οποία αρχικώς ήταν ενωμένα και στη συνέχεια μετατοπίστηκαν με διεύθυνση διαφορετική του νοητού άξονα που τέμνει κάθετα την παράταξη της ρωγμής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-3.

iv. Άνοιγμα ρώγμωσης (heave) σε mm. Είναι η μέση κάθετη απόσταση μεταξύ των δύο τεμαχών εκατέρωθεν της ρώγμωσης και υπολογίστηκε αφού έγιναν μετρήσεις με υποδεκάμετρο σε διάφορα σημεία της ρώγμωσης.

v. Μήκος ρώγμωσης (length) σε m. Υπολογίστηκε ηλεκτρονικά μετά την ψηφιοποίηση των ιχνών των αστοχιών με το πρόγραμμα Google Earth.

vi. Εικόνα θέσης ρώγμωσης. Η θέση της κάθε ρώγμωση φωτογραφήθηκε κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου με υποτυπώδη κάμερα κινητού, τύπου «Smartphone».

Τέλος, από τον ψηφιοποιημένο πίνακα του excel δημιουργήθηκαν διαγράμματα διασποράς δύο αξόνων για όλα τα στοιχεία του. Από τα γεωμετρικά στοιχεία του πίνακα, η παράταξη (strike) και το άνυσμα μετατόπισης (vector) ομαδοποιήθηκαν και δημιουργήθηκαν ροδοδιαγράμματα, με χρήση του προγράμματος Georose (Yong Technology Inc., 2014). Τα διαγράμματα διασποράς και τα ροδοδιαγράμματα είναι πολύ σημαντικά για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τη γενική διεύθυνση των διαρρήξεων, αλλά και τη συσχέτιση μεταξύ κάποιων από τα γεωμετρικά στοιχεία τους και παρουσιάζονται στην ενότητα 3.3.

3.2 Αποτελέσματα Χαρτογράφησης

Για να γίνουν κατανοητά τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης, θα πρέπει η παρούσα χαρτογράφηση να συγκριθεί με την αντίστοιχη χαρτογράφηση του ΙΓΜΕ, του 2008. Παρακάτω παρατίθενται χάρτες με τα ρήγματα του 2008 και του 2019 για τις ίδιες περιοχές του οικισμού. Οι χάρτες εξήχθησαν από τα ψηφιοποιημένα δεδομένα, μέσω του Google Earth.

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι πέντε περιοχές του οικισμού με τις σημαντικότερες διαφορές στο πλήθος και την κατανομή των ρωγμώσεων ανάμεσα στις δύο χαρτογραφήσεις. Κάθε εικόνα αποτελείται από δύο χάρτες της ίδιας περιοχής που διατάσσονται κατακόρυφα. Στον ανώτερο χάρτη εμφανίζονται με κίτρινο χρώμα οι ρωγμώσεις της χαρτογράφησης του 2008, ενώ στον κατώτερο , με κόκκινο χρώμα οι ρωγμώσεις του 2019.

Με μια πρώτη ματιά φαίνεται ότι κάποιες από τις διαρρήξεις του 2008 αναπτύχθηκαν σε μήκος, ενώ εμφανίστηκαν και άλλες με περίπου ίδια παράταξη στην ευρύτερη περιοχή, σύμφωνα με τη χαρτογράφηση του 2019. Η περίπου ίδια παράταξη των νεότερων με τις παλαιότερες ρωγμώσεις αποτελεί ένα στοιχείο που επιβεβαιώνει την ορθότητα της χαρτογράφησης του 2019 και αποδεικνύει ότι πρόκειται για ένα φαινόμενο, το οποίο ξεκίνησε πριν το 2008 και συνεχίζει εξελικτικά την πορεία του μέχρι και σήμερα.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν και ρωγμώσεις της χαρτογράφησης ΙΓΜΕ (2008), οι οποίες κατά την εργασία πεδίου ήταν δύσκολο να εντοπιστούν ή δεν εντοπίστηκαν καθόλου. Αυτό συνέβη διότι ένα μεγάλο μέρος του χωριού ανακατασκευάστηκε την τελευταία δεκαετία. Πολλά σπίτια ανακαινίστηκαν και ένα μεγάλο μέρος του οδικού δικτύου στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του οικισμού επενδύθηκε με ακανόνιστες πέτρες σχιστολίθου, με αποτέλεσμα να μην γίνονται εμφανείς τυχόν ρωγμώσεις όπως στην άσφαλτο.

Εικόνα 3-4. Σύγκριση των χαρτογραφημένων ρωγμώσεων του 2008 (επάνω) και του 2019 (κάτω). Νότιο τμήμα του οικισμού

Εικόνα 3-5. Σύγκριση των χαρτογραφημένων ρωγμώσεων του 2008 (επάνω) και του 2019 (κάτω). Βορειότερο τμήμα του οικισμού

Εικόνα 3-6. Σύγκριση των χαρτογραφημένων ρωγμώσεων του 2008 (επάνω) και του 2019 (κάτω). Νοτιότερο τμήμα του οικισμού

Εικόνα 3-7. Σύγκριση των χαρτογραφημένων ρωγμώσεων του 2008 (επάνω) και του 2019 (κάτω). Κεντρικό-Βορειοανατολικό τμήμα του οικισμού

Εικόνα 3-8. Σύγκριση των χαρτογραφημένων ρωγμώσεων του 2008 (επάνω) και του 2019 (κάτω). Κεντρικό-Νότιο τμήμα του οικισμού

3.3 Ποσοτική ανάλυση

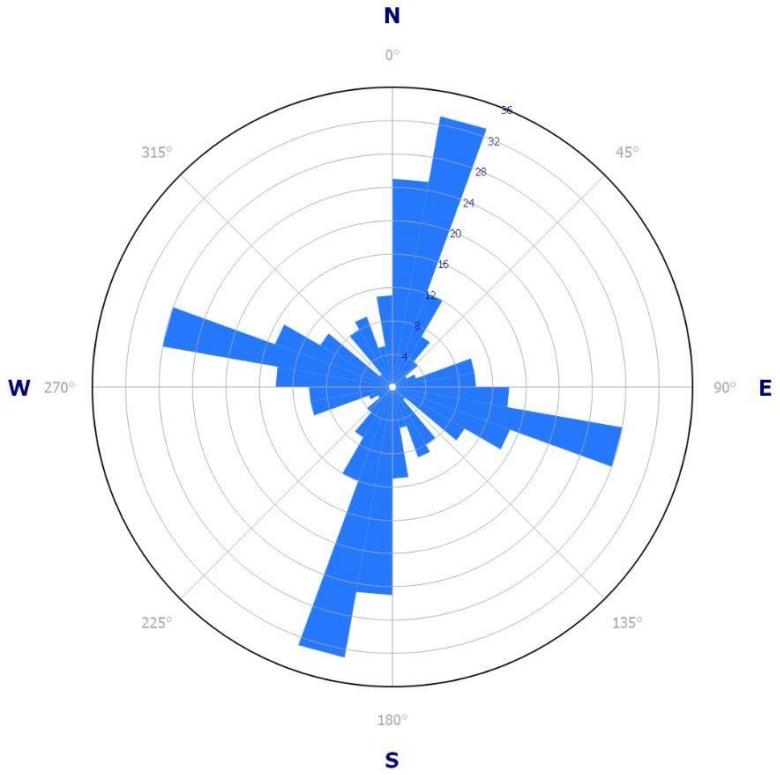
Η ποσοτική ανάλυση των στοιχείων που καταγράφηκαν κατά την εργασία υπαίθρου είναι πολύ βασική, προκειμένου να εξαχθούν τα συμπεράσματα της παρούσας διατριβής σε σχέση με τα αίτια γένεσης του φαινομένου. Για τα ψηφιοποιημένα στοιχεία έγινε ανάλυση δύο ειδών. Η πρώτη μορφή ανάλυσης έγινε με τη δημιουργία ροδοδιαγραμμάτων των στοιχείων παράταξης (strike) και ανύσματος μετατόπισης (vector), χρησιμοποιώντας το δωρεάν λογισμικό Georose 0.5.1 (Yong Technology Inc., 2014). Η δεύτερη μορφή ανάλυσης είναι στατιστική, περιλαμβάνει διαγράμματα διασποράς όλων των γεωμετρικών στοιχείων και έγινε με τη χρήση του λογισμικού Microsoft Excel.

3.3.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

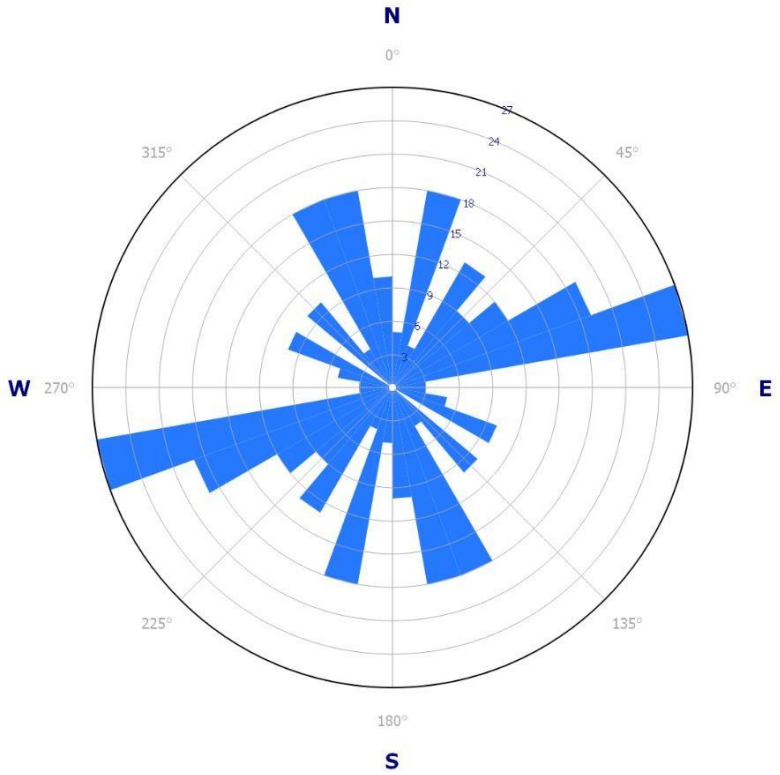
Από τα στοιχεία της παράταξης (strike) και του ανύσματος μετατόπισης (vector) δημιουργήθηκαν δύο ροδοδιαγράμματα.

Το πρώτο ροδοδιάγραμμα (Εικ. 3-9) αντιστοιχεί στα στοιχεία της παράταξης και δείχνει δύο κύριες διευθύνσεις παράταξης, μία ΒΒΑ-ΝΝΔ και μία ΔΒΔ-ΑΝΑ. Σύμφωνα με την ενότητα 1.2, πρόκειται για ένα σύστημα διακλάσεων/ρωγμώσεων αποτελούμενο από δύο σύνολα, τα οποία έχουν τις διεύθυνσης που προαναφέρθηκαν και ανήκουν στην ίδια παραμορφωτική φάση. Σύμφωνα με το ροδοδιάγραμμα αυτό, ο οικισμός χωρίζεται σε δύο τμήματα εκατέρωθεν της παράταξης ΒΒΑ-ΝΝΔ του πρώτου συνόλου και σε δύο τμήματα εκατέρωθεν της παράταξης ΔΒΔ-ΑΝΑ του δεύτερου. Στην πρώτη περίπτωση χωρίζεται σε ανατολικό και ένα δυτικό τμήμα, ενώ στη δεύτερη σε βόρειο και νότιο.

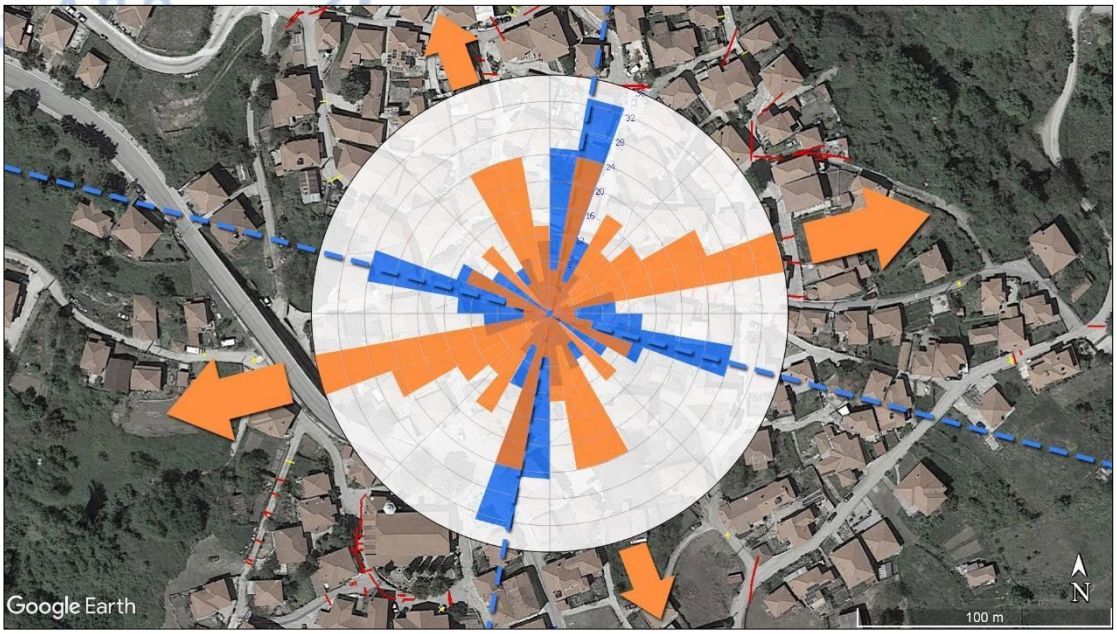
Το δεύτερο ροδοδιάγραμμα (Εικ. 3-10) αφορά το άνυσμα μετατόπισης (vector), το οποίο δεν είναι τίποτε άλλο παρά μία παράταξη, η οποία διαφέρει από την κύρια παράταξη της ρώγμωσης. Πρόκειται για την παράταξη ή διεύθυνση κατά την οποία γίνεται η μετατόπιση των δύο τεμαχών και μετράται με γεωλογική πυξίδα όπως και η κανονική παράταξη (strike), με τον τρόπο που αναλύθηκε στην ενότητα της μεθοδολογίας. Το ροδοδιάγραμμα αυτό δείχνει μία κύρια παράταξη ΑΒΑ-ΔΝΔ και μία δευτερεύουσα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Οι παρατάξεις αυτές δείχνουν την κίνηση των τμημάτων στα οποία χωρίζεται ο οικισμός με βάση το ροδοδιάγραμμα της εικόνας 3-9 και στην εικόνα 3-11 γίνεται μία προσπάθεια απεικόνισης των κινήσεων αυτών, με την τοποθέτηση των ροδοδιαγραμμάτων πάνω στον χάρτη του χωριού. Τέλος, στην εικόνα 3-12 γίνεται απλουστευμένη απεικόνιση των κινήσεων των τμημάτων του οικισμού.



Εικόνα 3-9. Ροδοδιάγραμμα της παράταξης (strike) των ρωγμώσεων

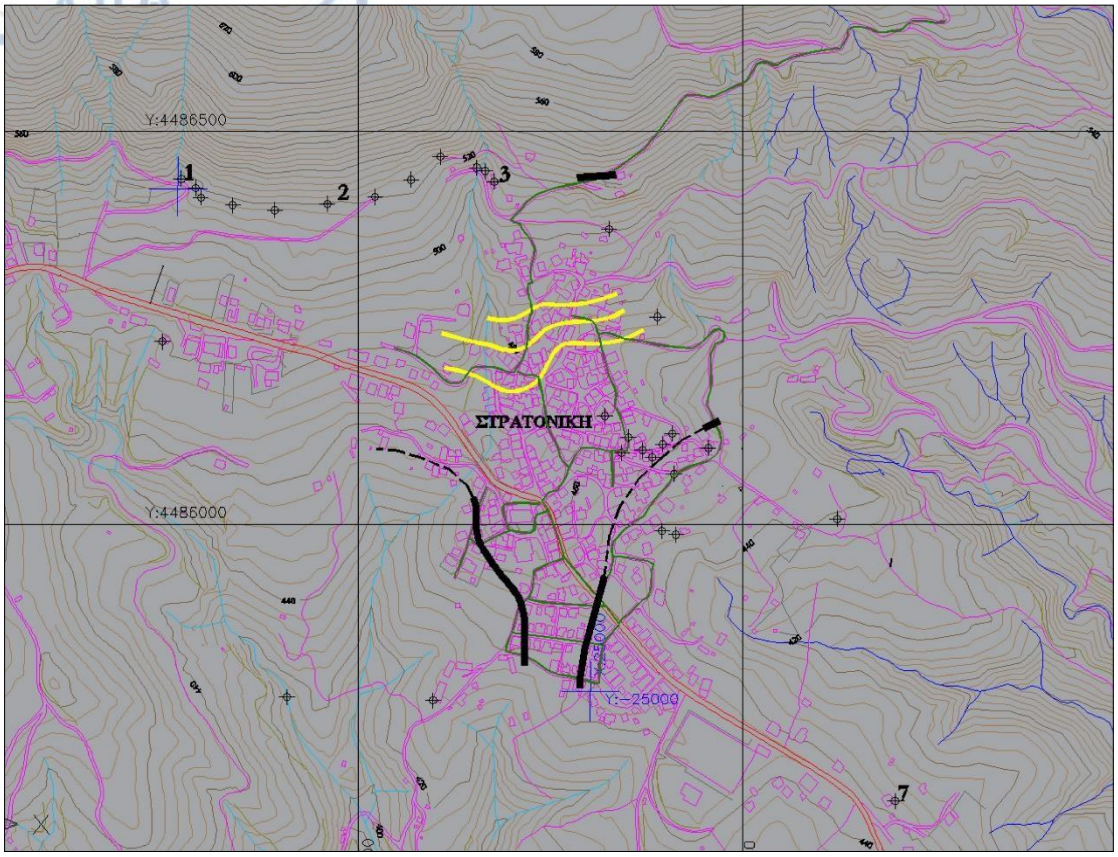


Εικόνα 3-10. Ροδοδιάγραμμα του ανύσματος μετατόπισης (vector) των ρωγμώσεων



Εικόνα 3-12. Τα ροδοδιαγράμματα της παράταξης με μπλε χρώμα και του ανύσματος μετατόπισης με πορτοκαλί χρώμα, εφαπτόμενα πάνω στον χάρτη του οικισμού με τον ίδιο προσανατολισμό

Εικόνα 3-13. Χάρτης του οικισμού της Στρατονίκης με τις κύριες παρατάξεις των ρωγμώσεων (διακεκκομένες γραμμές) και τις κύριες διευθύνσεις κίνησης (βέλη) των τμημάτων που δημιουργούνται



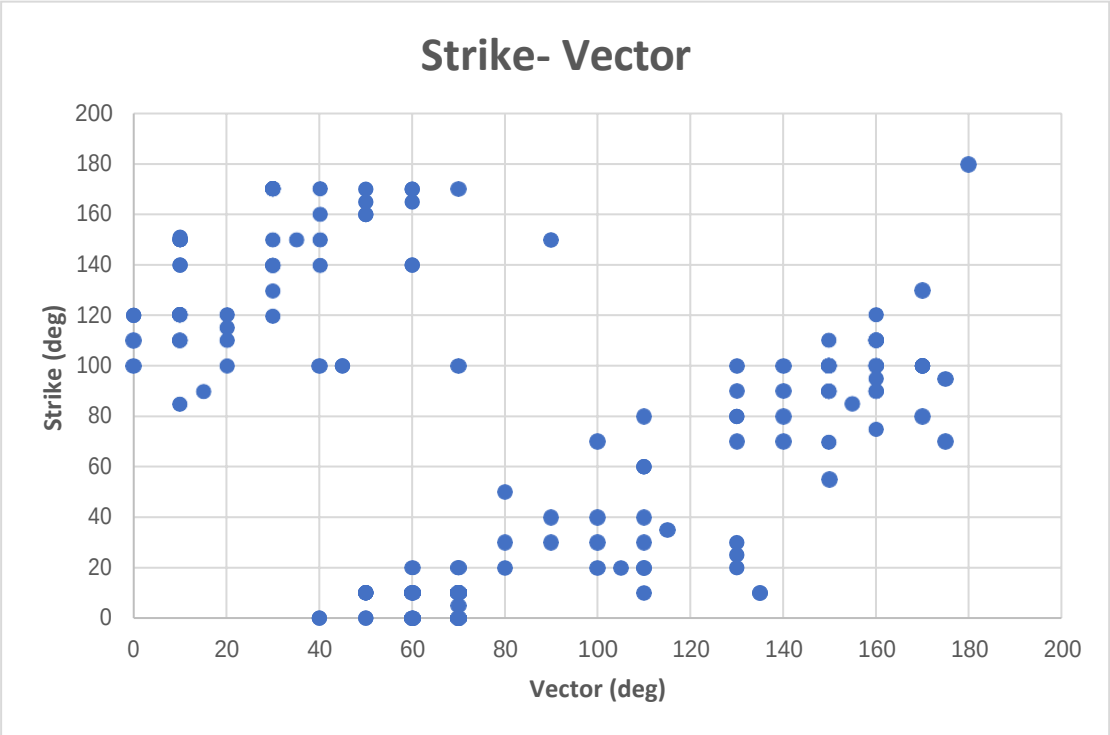
Εικόνα 3-14. Χάρτης μετρήσεων γεωραντάρ-GPR/tracer (συμβολίζεται με σταυρό), με τα δύο ρήγματα (με συμπαγείς μαύρες γραμμές) να περιβάλλουν το χωριό και να οριοθετούν το ύβωμα (χαρακτηρίζεται με κίτρινες γραμμές) πάνω στο οποίο δομείται το μεγαλύτερο τμήμα του οικισμού (Αρβανιτίδης et al., 2008)

Η εικόνα 3-14 παρατίθεται ούτως ώστε να συγκριθούν τα δύο κύρια ρήγματα που εμφανίζονται με μαύρη γραμμή και με τις παρατάξεις που μετρήθηκαν από εμάς κατά τη διάρκεια της υπαίθριας εργασίας. Όπως φαίνεται, η μία από τις δύο κύριες παρατάξεις, με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ, είναι πολύ κοντά με τη γενική διεύθυνση Β-Ν, που έχουν τα ρήγματα της εικόνας του γεωραντάρ.

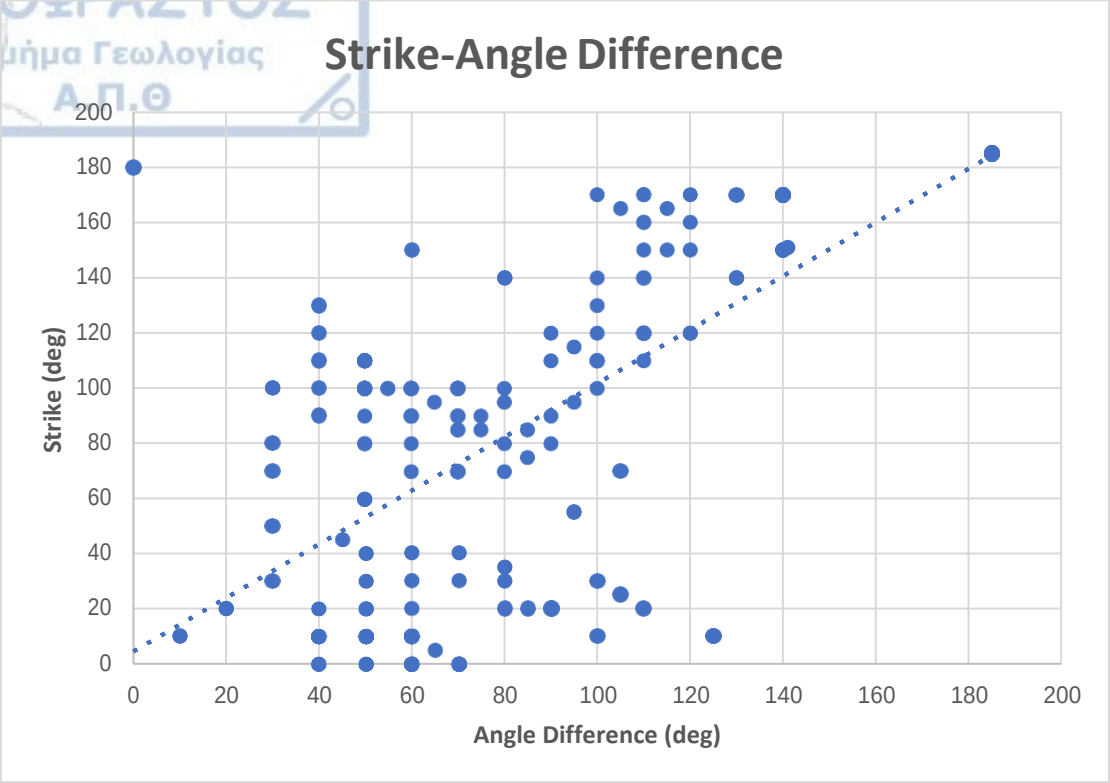
3.3.2 Στατιστική ανάλυση

Για την στατιστική ανάλυση των στοιχείων δημιουργήθηκαν διαγράμματα διασποράς με το λογισμικό Microsoft Excel, στα οποία συσχετίζονται μεταξύ τους η παράταξη (strike), το άνυσμα μετατόπισης (vector), το άνοιγμα της ρώγμωσης (heave) και το μήκος της ρώγμωσης (length).

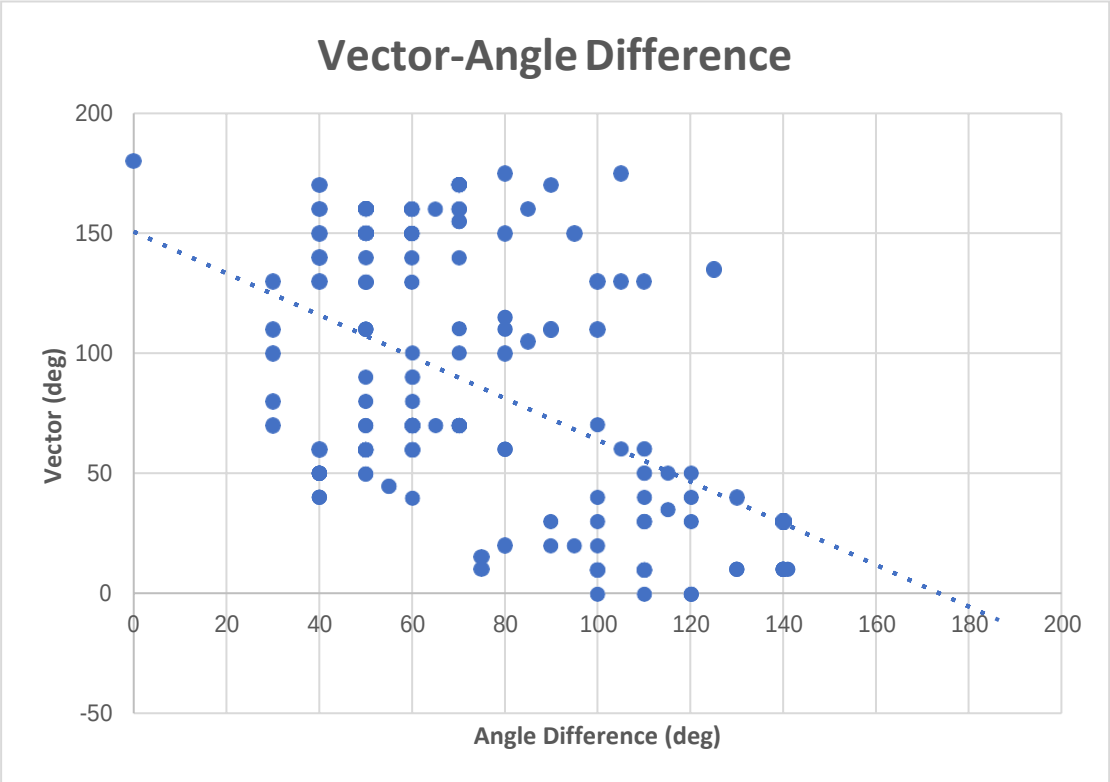
Το διάγραμμα μεταξύ παράταξης (strike) και ανύσματος μετατόπισης (vector), που φαίνεται στην εικόνα 3-14α, είναι το πιο σημαντικό και από αυτό εξάγονται τα πιο δόκιμα συμπεράσματα. Για να κατανοηθεί καλύτερα η σχέση μεταξύ των παρατάξεων strike και vector δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα των εικόνων 3-14β και 3-14γ. Σε αυτό συσχετίζονται τα δεδομένα strike με τη διαφορά κατ' απόλυτη τιμή των γωνιών strike-vector. Στα διαγράμματα αυτά έχει σχηματιστεί και γραμμή τάσης, η οποία ενώνει τα σημεία με διαφορά γωνιών 90°. Έτσι, γίνεται ξεκάθαρο ότι η παράταξη (strike) και το άνυσμα μετατόπισης (vector), δεν είναι κάθετα μεταξύ τους, όπως φαίνεται και από τις εικόνες 3-12 και 3-13 παραπάνω. Η διαφορά των γωνιών τους πλησιάζει τις 90° όμως τις φτάνει σε πολύ λίγες περιπτώσεις.



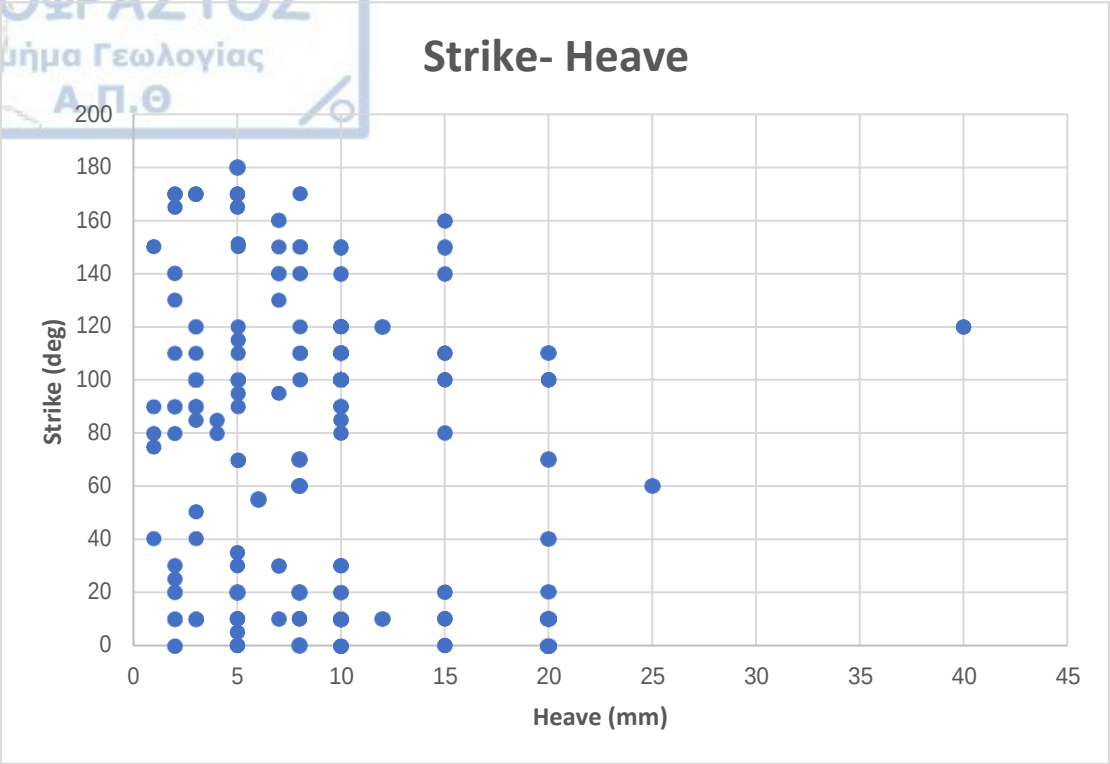
Εικόνα 3-14α. Διάγραμμα γωνίας παράταξης (strike) και ανύσματος μετατόπισης (vector)



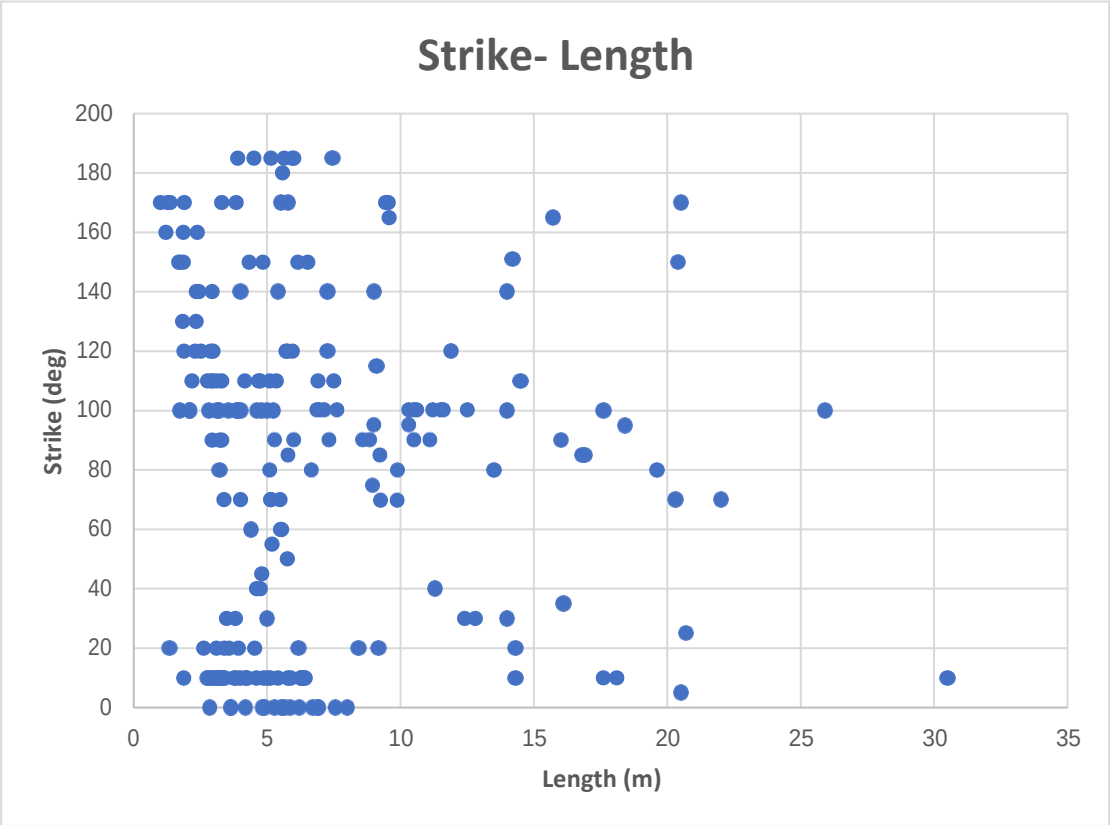
Εικόνα 3-14β. Διάγραμμα γωνίας παράταξης (strike) και διαφοράς γωνιών strike-vector (angle difference)



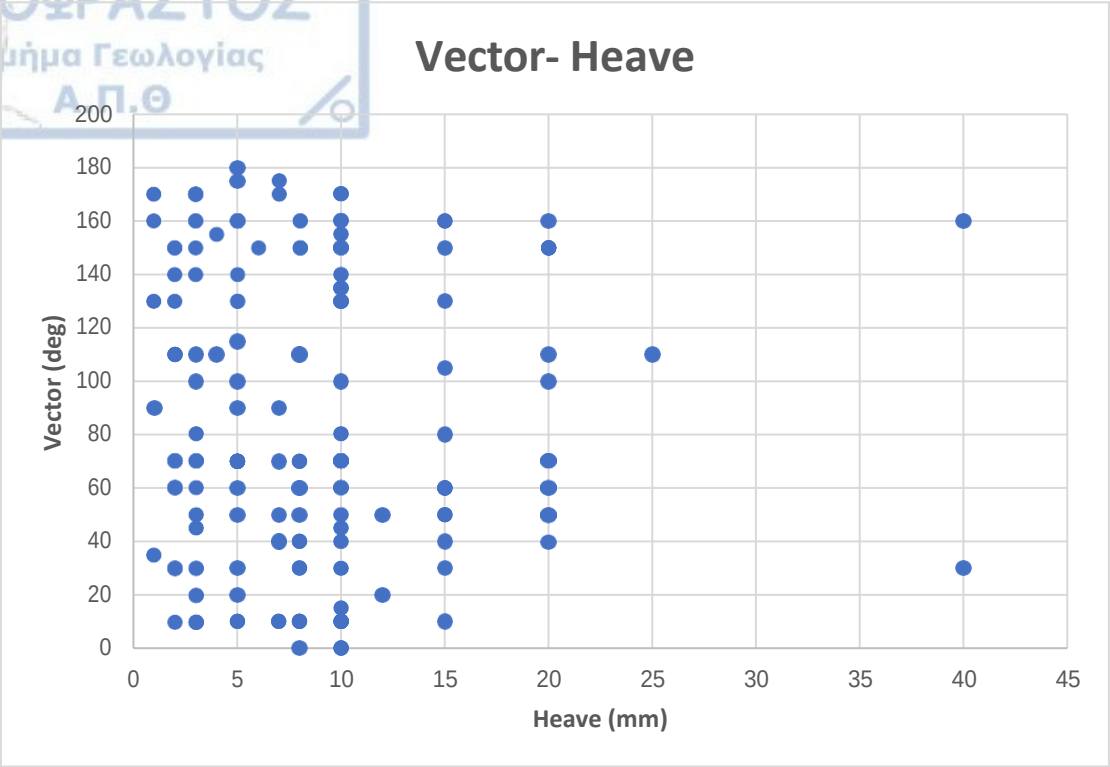
Εικόνα 3-14γ. Διάγραμμα ανύσματος μετατόπισης (vector) και διαφοράς γωνιών strike-vector (angle difference)



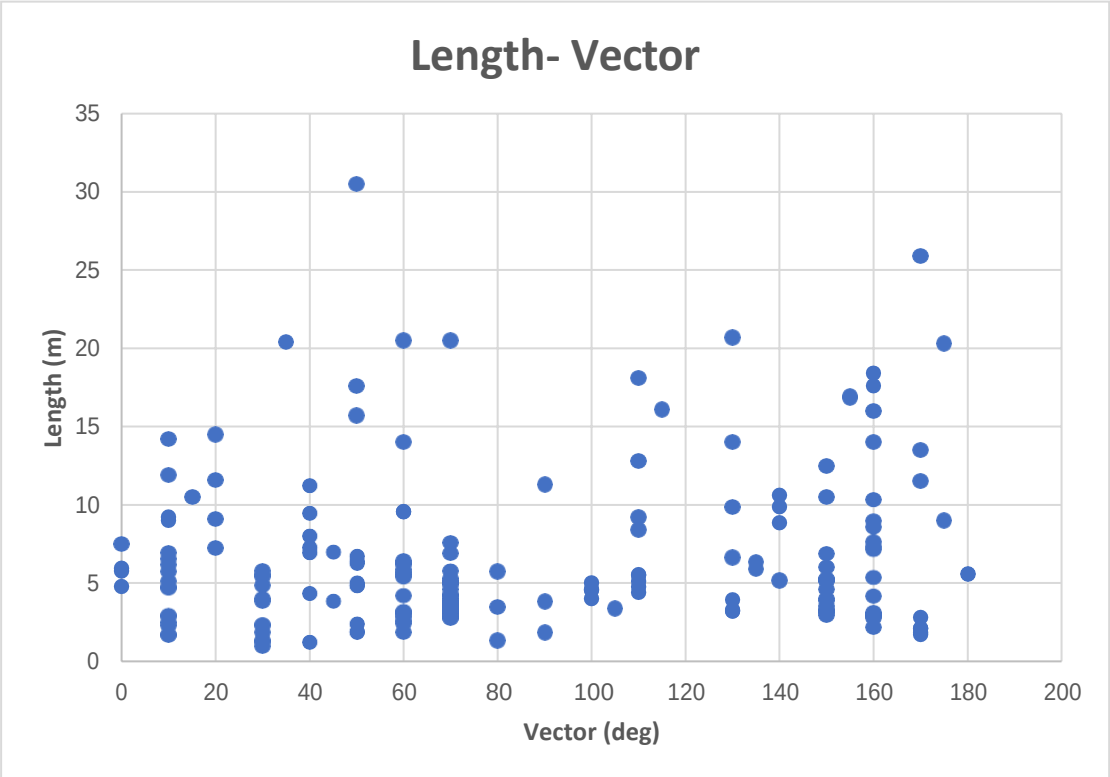
Εικόνα 1-15. Διάγραμμα γωνίας παράταξης (strike) και ανοίγματος ρώγμωσης (heave)



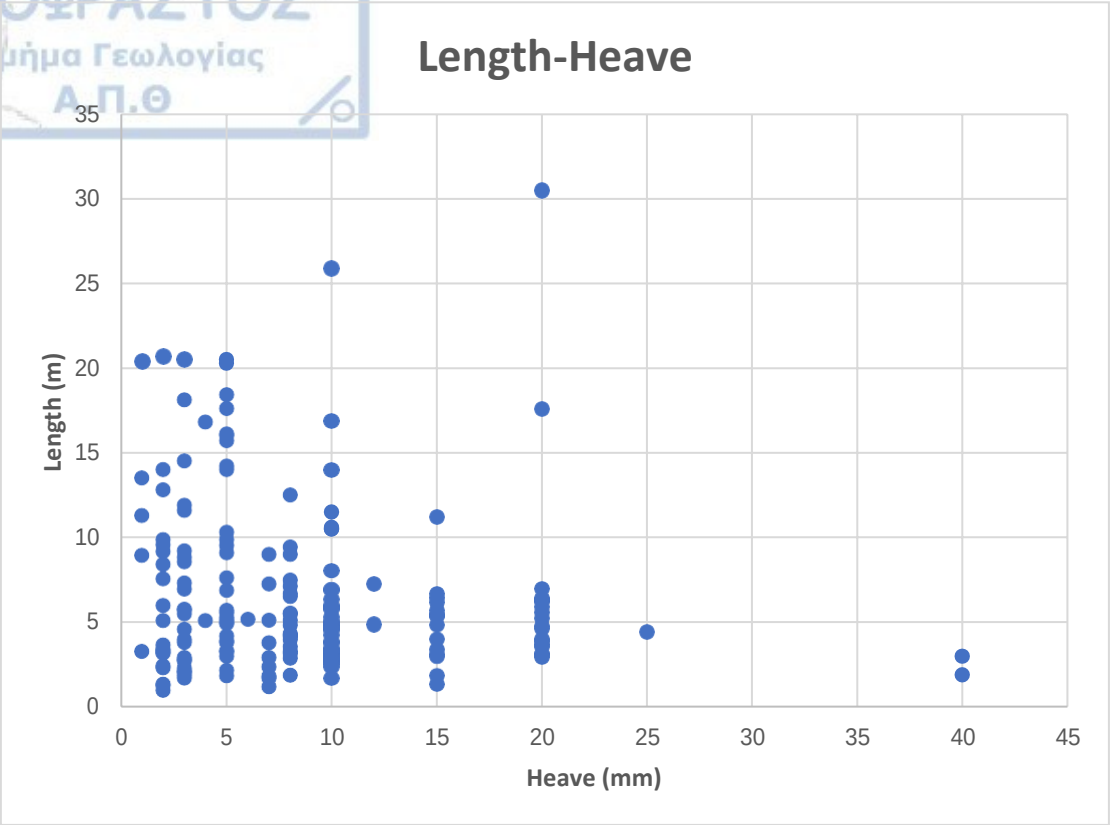
Εικόνα 3-16. Διάγραμμα γωνίας παράταξης (strike) και μήκους ρώγμωσης (length)



Εικόνα 3-17. Διάγραμμα ανύσματος μετατόπισης (vector) και ανοίγματος ρώγμωσης (heave)



Εικόνα 3-18. Διάγραμμα μήκους ρώγμωσης (length) και ανύσματος μετατόπισης (vector)



Εικόνα 3-19. Διάγραμμα μήκους ρώγμωσης (length) και ανοίγματος ρώγμωσης (heave)

4 Συζήτηση – Συμπεράσματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη των επιφανειακών διαρρήξεων στον οικισμό της Στρατονίκης, οι οποίες φαίνεται ότι αυξάνονται σε συνάρτηση με το χρόνο. Στην χαρτογράφηση του Ι.Γ.Μ.Ε. που έγινε το 2008 ο αριθμός των επιφανειακών διαρρήξεων του οδικού δικτύου ήταν 49, ενώ τον Ιούλιο του 2019 μετρήθηκαν συνολικά 279 διαρρήξεις. Με έναν απλό υπολογισμό, το ποσοστό αύξησης των διαρρήξεων σε διάστημα 11 ετών αγγίζει το 469,39%, που σημαίνει ότι η μέση αύξηση για κάθε έτος στο διάστημα αυτό ήταν 42,67%.

Από την ποσοτική ανάλυση των στοιχείων που μετρήθηκαν κατά την υπαίθρια εργασία προκύπτει ότι οι παρατάξεις των διαρρήξεων κατατάσσονται σε δύο κύριες διευθύνσεις, ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΔΒΔ-ΑΝΑ. Η πρώτη χωρίζει τον οικισμό σε δύο τμήματα τα οποία αποχωρίζονται μεταξύ τους κατά διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ, ενώ τα τμήματα εκατέρωθεν της δεύτερης αποχωρίζονται κατά διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Επίσης, οι διευθύνσεις κατά τις οποίες γίνεται ο αποχωρισμός δεν είναι κάθετες ως προς την παράταξη που χωρίζει τα τμήματα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Η Στρατονίκη, όπως προαναφέρθηκε στο εισαγωγικό κεφάλαιο, βρίσκεται στους πρόποδες του Στρατωνικού Όρους και ως εκ τούτου, το έδαφός της είναι κατηφορικό. Η μορφολογία της περιοχής παρουσιάζει κλίση προς τα ΑΝΑ και ταυτίζεται με την μία εκ των δύο κύριων παρατάξεων που περιεγράφηκαν παραπάνω. Ακόμη, το ενεργό ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας, για το οποίο έγινε εκτενής αναφορά σε προηγούμενο κεφάλαιο, παρουσιάζει περίπου την ίδια παράταξη, Δ-Α, ενώ, από την εικόνα του γεωραντάρ (εικ. 3-14) φαίνονται δύο κύρια ρήγματα που οριοθετούν το ύβωμα όπου είναι κτισμένος ο οικισμός και έχουν γενική παράταξη Β-Ν. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα ρήγματα της περιοχής, σε συνδιασμό με τη μορφολογική της κλίση, επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την εξέλιξη του συγκεκριμένου φαινομένου.

Το σύστημα ρηγμάτων της περιοχής συνδέεται με έντονη σεισμική δραστηριότητα, με το σεισμό μεγέθους Μ7.0 του 1932 να αποτελεί το σημαντικότερο επεισόδιο αυτής. Με βάση αυτά, η τεχνικογεωλογική μελέτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (Αρβανιτίδης et al., 2008) κατατάσσει την περιοχή στη δεύτερη βαθμίδα σεισμικότητας από τις τρεις κατηγορίες του ΕΑΚ 2000. Φαίνεται, λοιπόν, ότι ο ρόλος που παίζει το ρηξιγενές σύστημα στην περιοχή είναι διττός, καθώς ήταν αυτό που συνέβαλε στην

δημιουργία και ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών λόγο του μεταλλογενετικού του χαρακτήρα, εντούτοις λόγω της ενεργότητάς του μπορεί να τις ισοπεδώσει ανά πάσα στιγμή.

Από το γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. «Φύλλο Στρατονίκη» (Kockel et al., 1978b), αλλά και από τα συμπεράσματα της γεωφυσικής μελέτης (Αρβανιτίδης et al., 2008), προκύπτει ότι ο οικισμός είναι δομημένος, κατά ένα μεγάλο τμήμα, πάνω σε Πλειστοκαινικές αποθέσεις, ενώ στην περιοχή υπάρχουν και γνέυσιοι, οποίοι χαρακτηρίζονται από μεγάλη ετερογένεια όσον αφορά το βαθμό αποσάθρωσής τους. Επίσης, το ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας επηρεάζει και τη λιθολογία του εδάφους, αφού σε περιοχές κατά μήκος της ζώνης του εμφανίζεται ζώνη μυλωνιτίωσης των περιβαλλόντων πετρωμάτων. Σύμφωνα με τον Siron (2018), οι σχηματισμοί της ρηξιγενούς ζώνης ομαδοποιούνται με βάση την τεκτονική τους καταπόνιση σε έναν κατακλαστίτη, ο οποίος παρουσιάζεται μυλωνιτιωμένος και θρυμματισμένος κατά θέσεις. Από τις τομές των εικόνων 2-6Β και 2-8, φαίνεται ότι η ρηξιγενής ζώνη κλίνει προς τα Νότια και περνάει κάτω ακριβώς από τον οικισμό. Ακόμη, από τη γεωφυσική έρευνα (Αρβανιτίδης et al., 2008) προκύπτει η ύπαρξη εγκοίλων στους σχηματισμούς που υπόκεινται του οικισμού. Έτσι, με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι η θέση του οικισμού είναι μία επικίνδυνη έως απαγορευτική για θεμελίωση θέση.

Είναι, επίσης, γνωστό ότι κάτω ακριβώς από τον οικισμό λαμβάνει χώρα υπόγεια εκμετάλλευση του κοιτάσματος αντικατάστασης ψευδαργύρου-μολύβδου που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.3.2. Σύμφωνα με δημοσιεύματα, η εκμετάλλευση αυτή γίνεται με εκρηκτικά από το 2000 και φαίνεται να παίζει και αυτή σημαντικό ρόλο για την εμφάνιση και εξέλιξη των διαρρήξεων. Οι εκρήξεις που γίνονται, σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων, έχουν προκαλέσει κάποιες από τις ρωγμές του οικισμού, όμως σύμφωνα και πάλι με τη γεωτεχνική έρευνα του Ι.Γ.Μ.Ε. (2008), η χρήση των εκρηκτικών υπό το νέο ιδιοκτησιακό καθεστώς δεν υπερβαίνει τα όρια που έχουν τεθεί. Παρόλα αυτά, σίγουρα δεν μπορούν να αποκλειστούν από το κάδρο των αιτίων του φαινομένου, αφού γίνονται εντός μιας ρηξιγενούς ζώνης με μυλωνιτιωμένα και διαρρηγμένα πετρώματα, η συμπεριφορά των οποίων είναι δύσκολο να προβλεφθεί.

Τέλος, από πληροφορίες των κατοίκων, φαίνεται ότι το ύψος της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους. Εφόσον η μορφολογία της περιοχής κλίνει προς ΑΝΑ, όπως και το ενεργό ρήγμα, τότε και το υδρογραφικό δίκτυο θα κλίνει προς την ίδια κατεύθυνση. Είναι, λοιπόν, πολύ πιθανό ο υδροφορέας να κινείται όχι μόνο παράλληλα με τη ρηξιγενή ζώνη, αλλά και

εντός αυτής εισχωρώντας στα διάκενα, αλλά και στα έγκοιλα που υπάρχουν στα ανώτερα στρώματα, όπως προαναφέρθηκε.

Συνοψίζοντας από τα αποτελέσματα των αναλύσεων, αλλά και τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην παρούσα διατριβή, εκτιμάται ότι το φαινόμενο είναι πολυπαραγοντικό. Οι παράγοντες που αναλύθηκαν παραπάνω και οι οποίοι είναι τόσο γεωλογικοί (τεκτονική, λιθολογία, υδρογεωλογία κτλ), όσο και ανθρωπογενείς (υπόγειες εκμεταλλεύσεις), επιδρούν συνδυαστικά, συντηρώντας το και εξελίσσοντάς το. Η παρούσα μελέτη δεν αρκεί για να προσδιοριστεί σχετικά το ποσοστό συμμετοχής του κάθε παράγοντα, οπότε αυτό παραμένει προς διερεύνηση.

5 Βιβλιογραφία

Caputo, R., Chatzipetros, A., Pavlides, S., & Sboras, S. (2012). The Greek Database of Seismogenic Sources (GreDaSS): state-fo-the-art for northern Greece. *Annals of Geophysics*, *55*, 1–53. https://doi.org/https://doi.org/10.4401/ag-5168

Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Saroglu, F., & Sengör, A. M. C. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of eastern Anatolia - a young collision zone, in: Collison tectonics, Closs, H., D. Roeder and K. Schmidt, Eds., Special Publication of the Geological Society of London, *19*, 3–36.

Georgalas, G., & Galanopoulos, A. (1953). Das Grosse Erdbeben Der Chalkidike Vom 26 September 1932. *Bull. Geol. Soc. Greece*, *1*.

Himmerkus, F., Reischmann, T., & Kostopoulos, D. (2009). Serbo-Macedonian revisited: A Silurian basement terrane from northern Gondwana in the Internal Hellenides, Greece. *Tectonophysics*, *473*(1–2), 20–35. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.10.016

Kockel, F., Mollat, H., & Walther, H. W. (1977). Erläuterungen zur geologischen Karte der Chalkidiki und angrenzender Gebiete 1:100000 (Nord-Griechenland). Bundesan-stalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1–119.

Kockel, F., Mollat, H., & Walther, H. W. (1978a). Geological map of Greece, Stavros sheet. Athens: Institute of Geological and Mining Research.

Kockel, F., Mollat, H., & Walther, H. W. (1978b). Geological map of Greece, Stratoniki sheet. Athens: Institute of Geological and Mining Research.

Koufos, G. D., Syrides, G. E., Kostopoulos, D. S., & Koliadimou, K. K. (1995). Preliminary results about thestratigraphy and the palaeoenvironment of Mygdonia

Basin, Macedonia, Greece. *Geobios*, *28*(SUPPL. 1), 243–249. https://doi.org/10.1016/S0016-6995(95)80171-5

Krausse, H., Pilger, A., Reimer, V., & Schönfeld, M. (1978). *Bruchhafte Verformung. Erscheinungsbild und Deutung mit Übungsaufgaben (Clausthaler Tektonische Hefte, 16)*. Clausthal-Zellerfeld.

Lyberis, N. (1984). *Geodynamique du domain égeen depuis le Miocene superieur. Thèse Doctorat d' Etat*. Universite P.M. Curie, Paris VI.

Mercier, J. L., Sorel, D., & Simeakis, K. (1987). Changes in the state of stress in the overridins plate of a subduction zone: the Aegean Arc from the Pliocene to the present. *Ann. Tectonicae*, *1*, 20–39.

Mercier, Jacques Louis, Mouyaris, N., Simeakis, K., Roundoyannis, T., & Angelidhis, C. (1979). Intra-plate deformation: a quantitative study of the faults activated by the 1978 Thessaloniki earthquakes. *Nature*, *278*(5699), 45–48. https://doi.org/10.1038/278045a0

Papanikolaou, D., Alexandri, M., & Nomikou, P. (2006). Active faulting in the north Aegean basin. *Geological Society of America Special Papers*, *409*, 189–209.

Pavlides, S., & Kilias, A. (1987). Neotextonic and active faults along the Serbomacedonian zone (SE Chalkidiki, Northen Grece). *Ann. Tectonicae*, *1*, 97–104.

Pavlides, S., & Soulakellis, N. (1990). Multifractured seismogenic area of Thessaloniki 1978 earthquake. (Northern Greece, in Savascin M.Y. and Eronat A.H., eds. In *Proceedings of IESCA-90, 1-6 October 1990, Izmir-Turkey. VII* (pp. 64–75).

Pavlides, S., & Tranos, M. (1991). Structural characteristics of two strong earthquakes in the North Aegean. Ierissos (1932) and Agios Efstratios (1968). *Journal of Structural Geology*, *13*(2), 205–214. https://doi.org/10.1016/0191-8141(91)90068-T

Siron, C. R., Rhys, D., Thompson, J. F. H., Baker, T., Veligrakis, T., Camacho, A., & Dalampiras, L. (2018). Structural controls on porphyry Au-Cu and Au-rich polymetallic Carbonate-hosted replacement deposits of the Kassandra mining District, Northern Greece. *Economic Geology*, *113*(2), 309–345. https://doi.org/10.5382/econgeo.2018.4552

Yong Technology Inc. (2014). Georose. Edmonton, Canada. Retrieved from http://www.yongtechnology.com/download/georose

Αρβανιτίδης, Ν., Ατζέμογλου, Α., Μαλτζάρης, Φ., & Πογιατζή, Ε. (2008). *Γεωφυσική*

και Τεχνικογεωλογική Μελέτη Περιοχής Στρατονίκης-Σταγίρων. Θεσσαλονίκη.

Δημητριάδης, Σ. (1974). *Πετρολογική μελέτη των μιγματιτικών γνευσίων και αμφιβολιτών των περιοχών Ρεντίνας - Ασπροβάλτας, Σταυρού - Ολυμπιάδος*. Πανεπ. Θεσσαλονίκης.

ΕΛΣΤΑΤ. (2011). Απογραφή Πληθυσμού - Κατοικιών 2011 (De facto). Retrieved October 4, 2020, from https://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous

Θεοδωρούδης, Α., Αρβανιτίδης, Ν., Δήμου, Ε., Stefoni, R., Περαντώνης, Γ., & Δαλαμπίρας, Λ. (2000). Το επι-μεσοθερμικό ρηξιγενές σύστημα πολύτιμων, βασικών μετάλλων και μαγγανίου στην περιοχή Βίνα-Στρεμπένικος της ΒΑ Χαλκιδικής. In *3ο Συνέδριο ορυκτού πλούτου: Ορυκτές πρώτες ύλες - Υπόγεια έργα - Μεταλλουργία* (pp. 77–86). Αθήνα.

Κίλιας, Α. (2009). *Εισαγωγή στην τεκτονική γεωλογία*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Όλυμπος.

Μαλτζάρης, Φ., & Πογιατζή, Ε. (2008). Τεχνικογεωλογικός Χάρτης Περιοχής Στρατονίκης, 1:2000. Αθήνα: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.

Μαραβελάκης, Ι. (1933). *Οι Γεωλογικοί και Μακροσεισμικοί Χαρακτήρες των Σεισμών της Χαλκιδικής*. Θεσσαλονίκη: Τυπογραφείο Ο. Θεοδωρίδου. Εργαστ. Ορυκτ.-Γεωλ.-Πετρολ. ΑΠΘ.

Μιχαηλίδου, Α., Χατζηπέτρος, Α., & Παυλιδης, Σ. (2005). Ποσοτική ανάλυση - μορφοτεκτονικοί δείκτες για τις περιοχές των ρηγμάτων Στρατωνίου - Βαρβάρας και Γο- ματίου - μεγάλης Παναγιάς (Ανατολική Χαλκιδική). *Bull. Geol. Soc. Greece, XXXVIII*, 14–29.

Μουντράκης, Δ. (1985). *Γεωλογία της Ελλάδας*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Παυλίδης, Σ. (2003). *Γεωλογία των Σεισμών. Εισαγωγή στη νεοτεκτονική, μορφοτεκτονική, παλαιοσεισμολογία και αρχαιοσεισμολογία.* Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Τρανός, Μ. (1998). *Συμβολή στη μελέτη της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης στο χώρο της κεντρικής Μακεδονίας και του βορείου Αιγαίου, Διδακτ. Διατρ.* Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

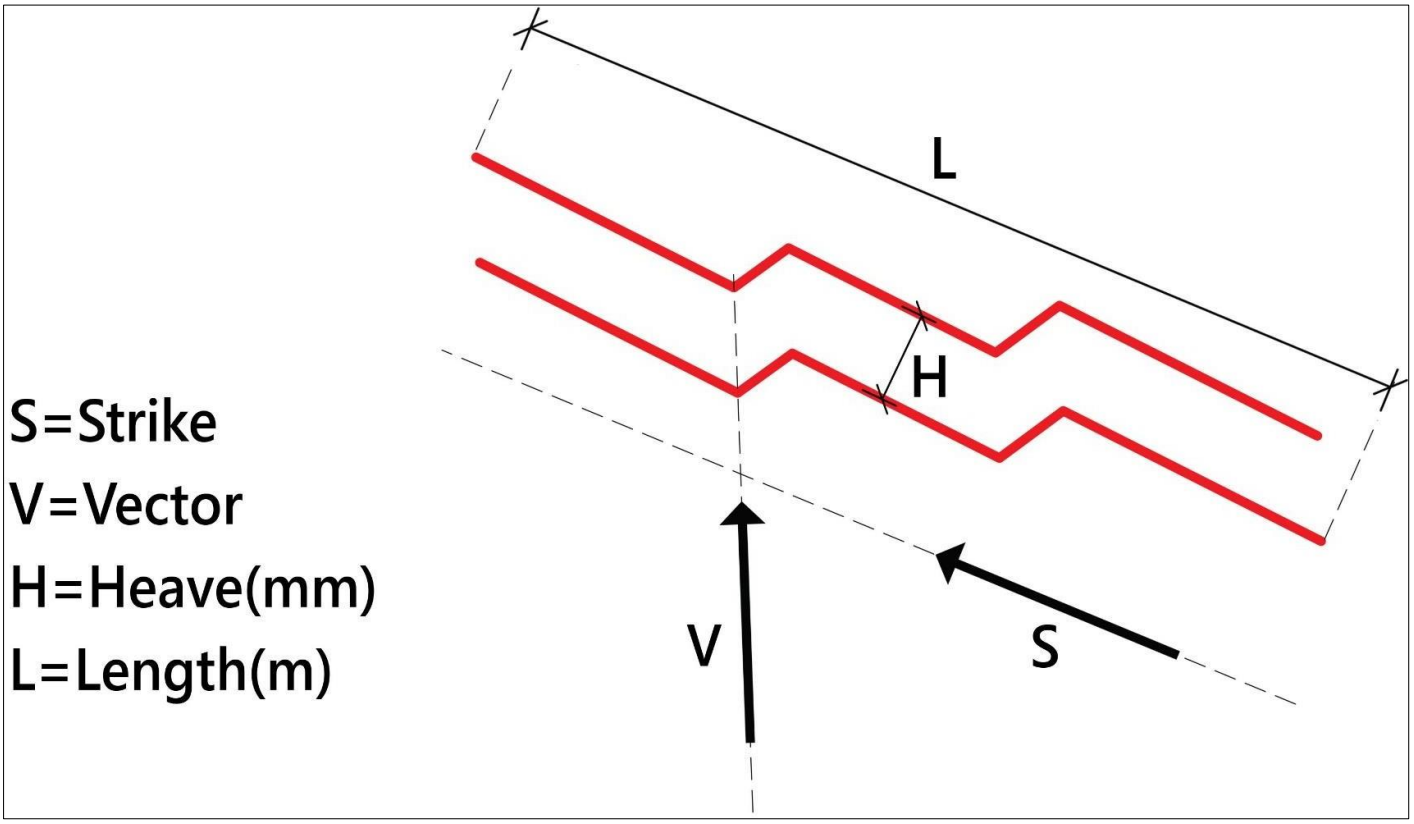
Χατζηπέτρος, Α. (1998). *Παλαιοσεισμολογική - Μορφοτεκτονική Μελέτη και Μηχανική Συμπεριφορά των Συστημάτων Ενεργων Διαρρήξεων Μυγδονίας, Ανατολικής Χαλκιδικής, Κοζάνης - Γρεβενών, Διδακτ. Διατρ.* Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας επιφανειακών ρωγμώσεων

ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗ - ΙΟΥΛΙΟΣ 2019

Στην εικόνα 1 παρατίθεται σχηματικό διάγραμμα για την επεξήγηση των μετρηθεισών παραμέτρων. S: παράταξη (strike), V: κατεύθυνση μετατόπισης (displacement vector), H: άνοιγμα (heave), L: ορατό μήκος (length). Στις εικόνες που ακολουθούν, το πεδίο ID αντιστοιχεί στον μοναδικό κωδικό κάθε διάρρηξης όπως αυτή μετρήθηκε και αποτυπώθηκε στο σχετικό χάρτη.

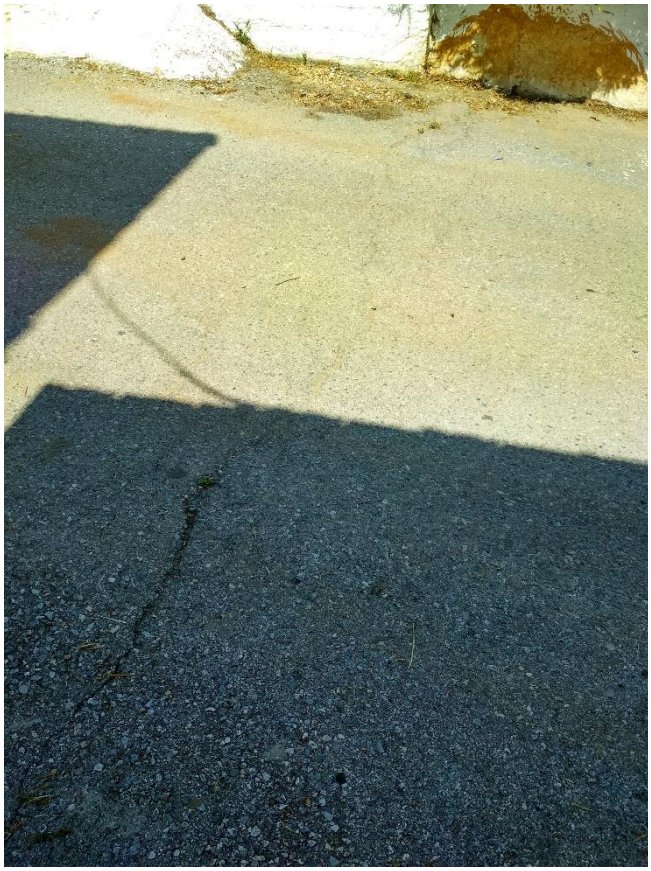


Εικόνα 1

ID=001α S=140 V=240 H=2 L=14

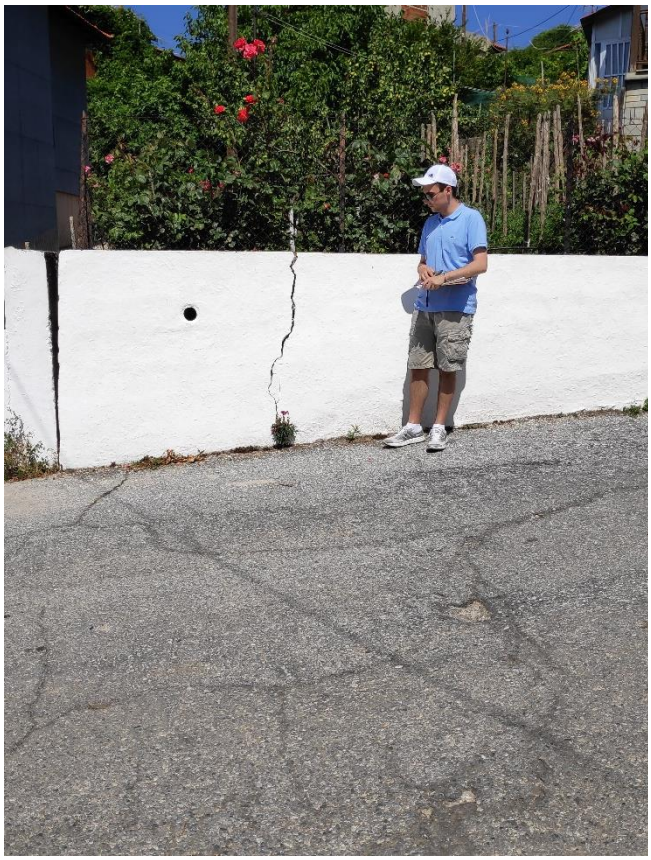
ID=001γ S=055 V=150 H=6 L=5,18

ID=001β S=020 V=100 H=10 4,53



ID=002 S=100 V=200 H=3 L=11,6

ID=003 S=115 V=200 H=5 L=9,1



ID=005 S=085 V=155 H=4 L=16,8

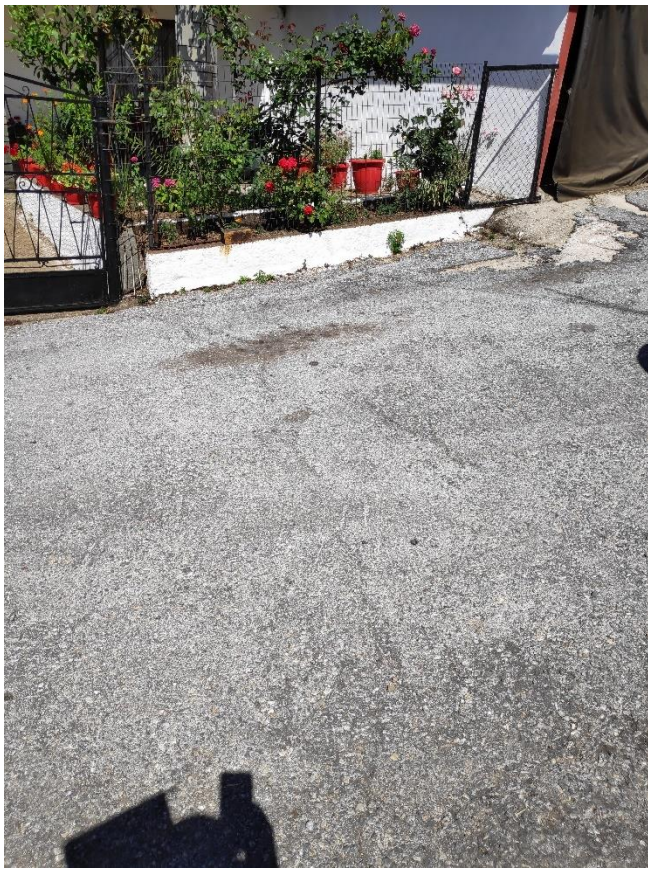
ID=004 S=110 V=200 H=3 L=14,5

ID=006 S=085 V=155 H=10 L=16,9

ID=007 S=095 V=160 H=5 L=18,4

ID=009 S=085 V=190 H=3 L=9,22

ID=008 S=090 V=195 H=10 L=10,5



ID=010 S=095 V=175 H=7 L=9

ID=011 S=025 V=130 H=2 L=20,7

ID=012 S=080 V=140 H=2 L=9,88

ID=013 S=180 V=180 H=5 L=5,57

ID=014 S=070 V=175 H=5 L=20,3

ID=015 S=150 V=165 H=1 L=20,4

ID=016 S=080 V=170 H=1 L=13,5

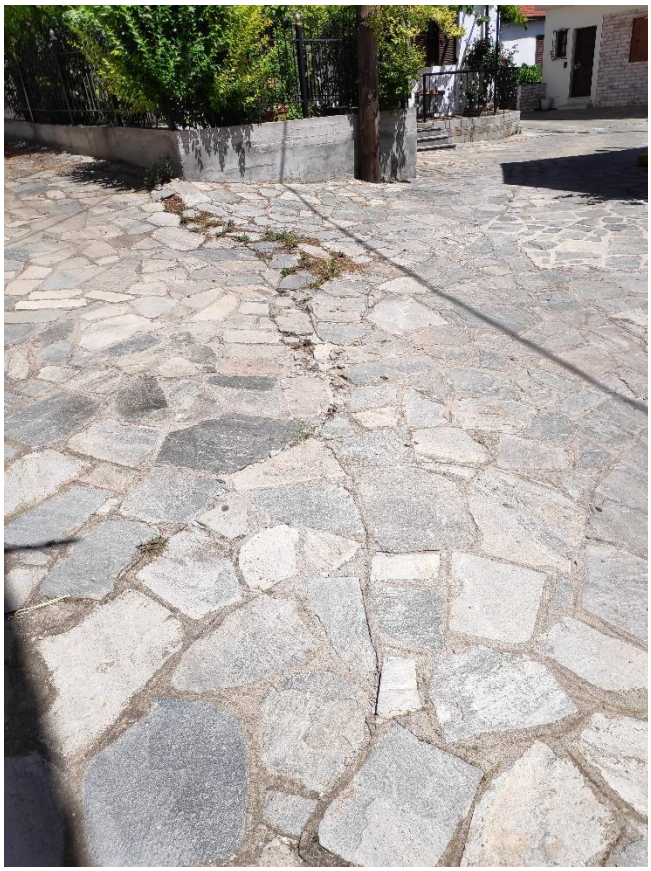
ID=017 S=075 V=160 H=1 L=8,95

ID=018 S=165 V=240 H=2 L=9,57

ID=019 S=030 V=110 H=2 L=12,8

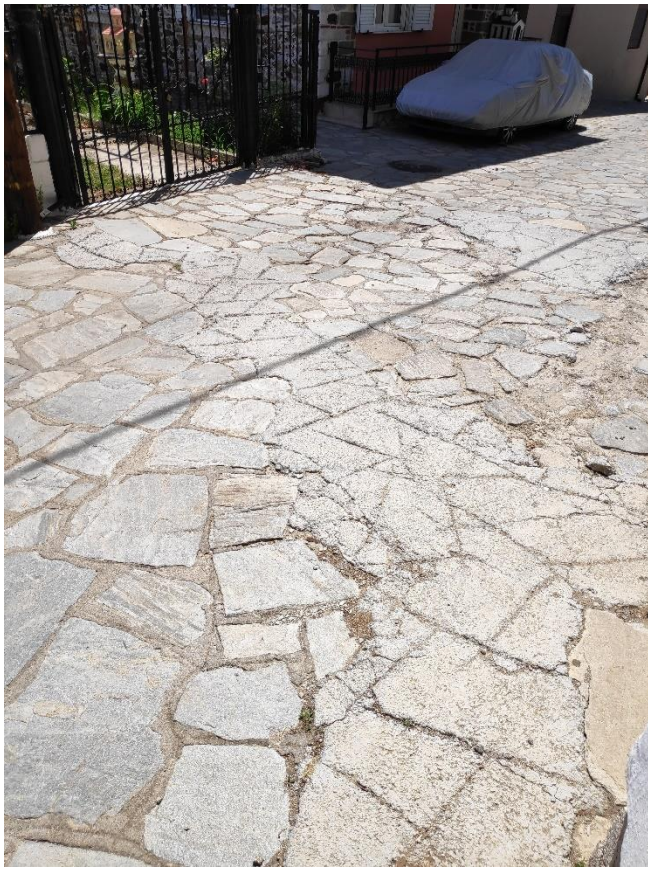
ID=020 S=040 V=090 H=1 L=11,3

ID=021 S=020 L=6,17

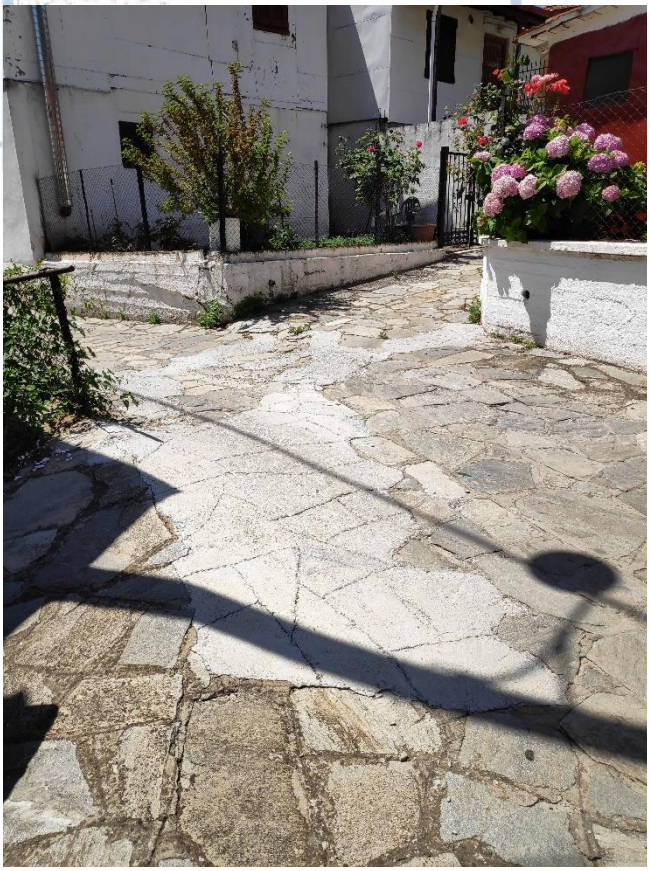


ID=022 S=160 L=19,6

ID=023 S=200 L=14,3



ID=024 S=090 L=11,1



ID=025 S=030 L=12,4

ID=027 S=035 V=115 H=5 L=16,1

ID=026 S=010 L=14,3

ID=028 S=165 V=230 H=5 L=15,7

ID=029α S=020 V=110 H=2 L=9,17

ID=029β S=020 V=110 H=2 L=8,42

ID=030 S=070 L=3,38

ID=031 S=085 L=5,78

ID=032 S=130 V=210 H=2 L=2,33

ID=033α	S=020	V=105	H=15	L=3,39
ID=033β	S=100	V=225	H=3	L=6,96
ID=034α	S=010	V=135	H=10	L=88
ID=034β	S=010	V=135	H=10	L=6,31
ID=034γ	S=100	V=225	H=10	L=3,84
ID=035	S=005	V=250	H=5	L=20,5

ID=036α	S=185	L=7,45
ID=036β	S=185	L=5,95
ID=036γ	S=185	L=6
ID=036δ	S=185	L=5,14
ID=036ε	S=185	L=5,63
ID=036στ	S=185	L=4,51
ID=036ζ	S=185	L=3,89

ID=037 S=095 L=10,3

ID=038 S=070 L=5,48

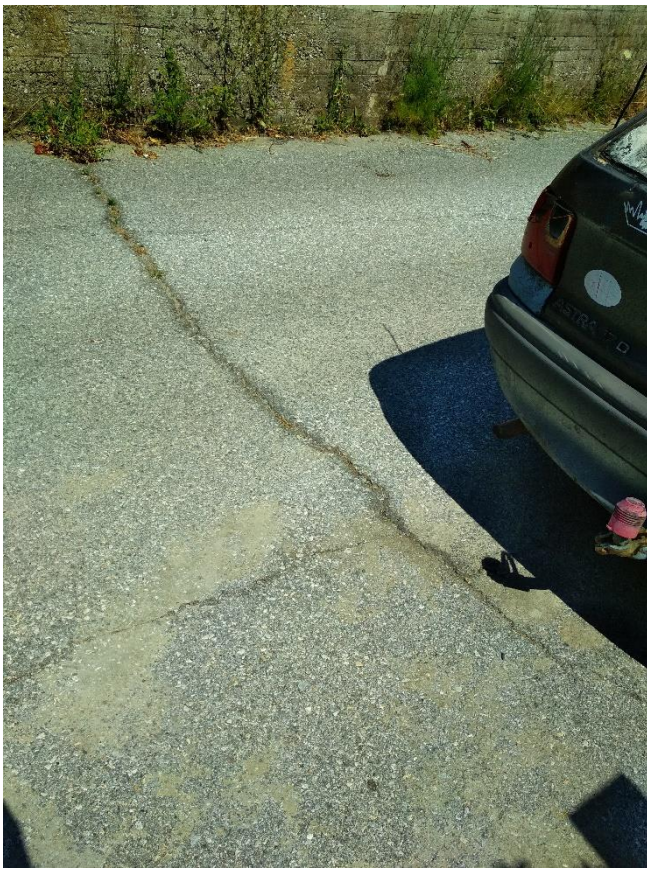
ID=039 S=045 L=4,79

ID=040 S=070 L=22

ID=041 S=010 V=110 H=3 L=18,1

ID=042 S=150 V=190 H=8 L=6,52

ID=044α S=090 V=160 H=3 L=8,57



ID=043 S=120 V=200 H=12 L=7,25

ID=044β S=170 V=240 H=3 L=20,5

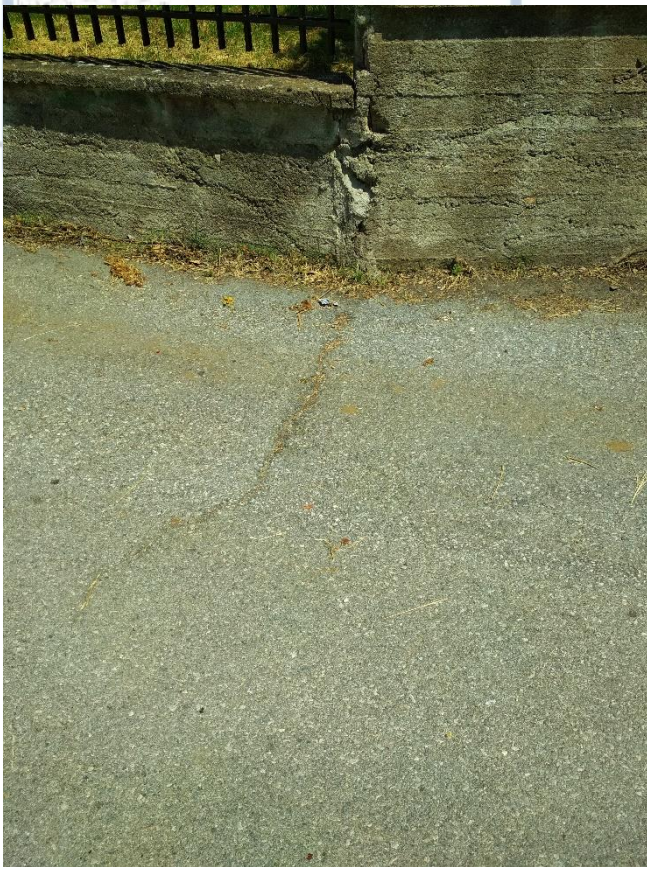
ID=045 S=050 V=260 H=3 L=5,75

ID=046γ S=160 V=230 H=7 L=2,38

ID=046α S=150 V=190 H=10 L=1,69

ID=046β S=070 L=9,25

ID=047α S=140 V=220 H=7 L=7,26



ID=047β S=160 V=220 H=7 L=1,21

ID=048 S=000 V=220 H=20 L=6,93

ID=047γ S=020 V=130 H=5 L=3,92

ID=049 S=000 V=240 H=20 L=5,54

ID=050α S=010 V=240 H=20 L=6,25

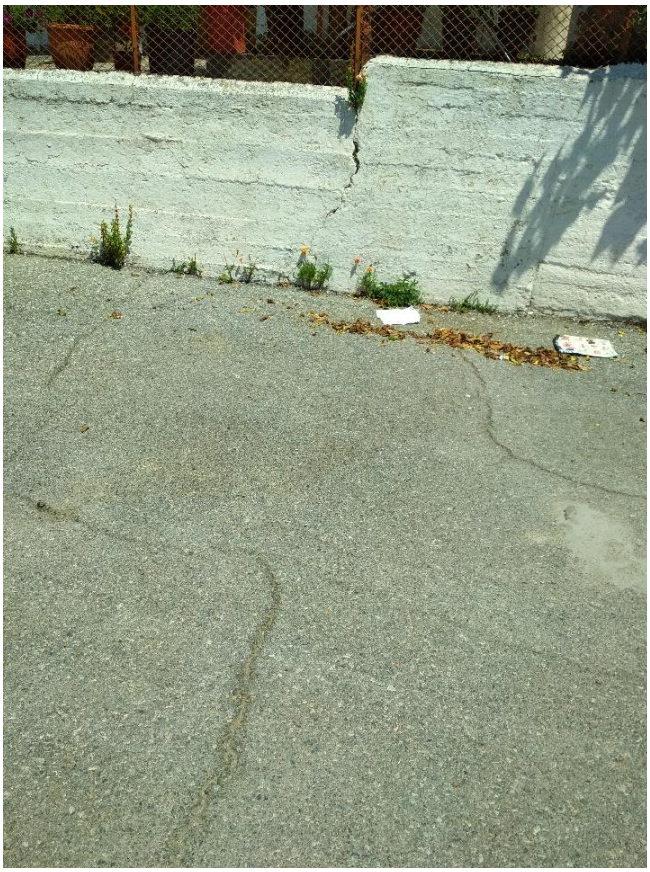
ID=051 S=010 V=250 H=10 L=5,77

ID=050β S=100 V=220 H=15 L=11,2

ID=052 S=000 V=230 H=8 L=6,7

ID=053 S=000 V=240 H=20 L=5,87

ID=054 S=000 V=240 H=10 L=4,21



ID=055 S=000 V=240 H=20 L=6,21

ID=056 S=000 V=240 H=10 L=2,87

ID=057 S=000 V=240 H=15 L=5,67

ID=058 S=000 V=250 H=5 L=5,29

ID=059 S=000 V=250 H=5 L=6,89

ID=060 S=140 V=240 H=2 L=2,44

ID=062 S=010 V=230 H=20 L=6,37

ID=061 S=010 V=240 H=2 L=3,2

ID=063 S=010 V=230 H=20 L=6,26

ID=064 S=010 V=240 H=15 L=5,4

ID=065 S=000 V=230 H=15 L=4,83

ID=066 S=010 V=230 H=12 L=4,86

ID=067 S=000 V=250 H=20 L=3,67

ID=068 S=030 V=260 H=10 L=3,47

ID=069 S=010 V=250 H=20 L=2,94

ID=071 S=010 V=240 H=15 L=3,1

ID=070 S=020 V=260 H=15 L=1,34

ID=072 S=010 V=240 H=15 L=6,41

ID=073 S=120 V=190 H=10 L=2,51

ID=075 S=120 V=180 H=10 L=5,95

ID=074 S=110 V=150 H=8 L=3,29

ID=076 S=080 V=110 H=4 L=5,1

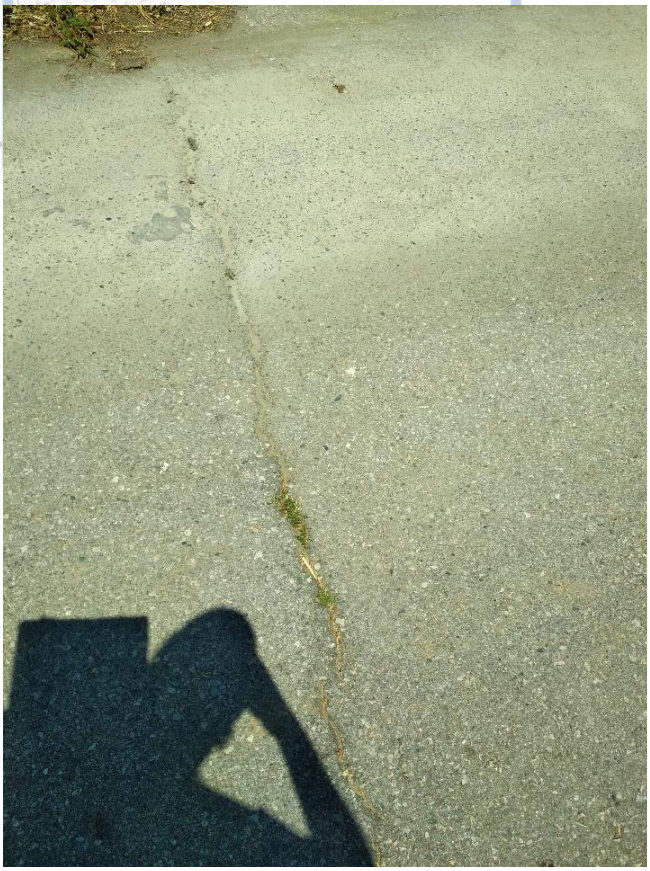
ID=077 S=060 V=110 H=8 L=5,5

ID=078 S=060 V=110 H=8 L=5,54

ID=079 S=100 V=250 H=10 L=4,98

ID=080α S=150 V=090 H=5 L=1,86

ID=080β S=170 V=230 H=3 L=1,89



ID=081 S=140 V=210 H=15 L=5,39

ID=083 S=140 V=210 H=10 L=2,35

ID=082 S=150 V=190 H=15 L=6,15

ID=084 S=080 V=130 H=15 L=6,65

ID=085 S=120 V=180 H=10 L=5,76

ID=087 S=110 V=160 H=15 L=5,35

ID=086 S=100 V=140 H=10 L=10,6

ID=088 S=070 V=100 H=20 L=4

ID=089 S=040 V=110 H=20 L=4,75

ID=091 S=140 V=210 H=8 L=4

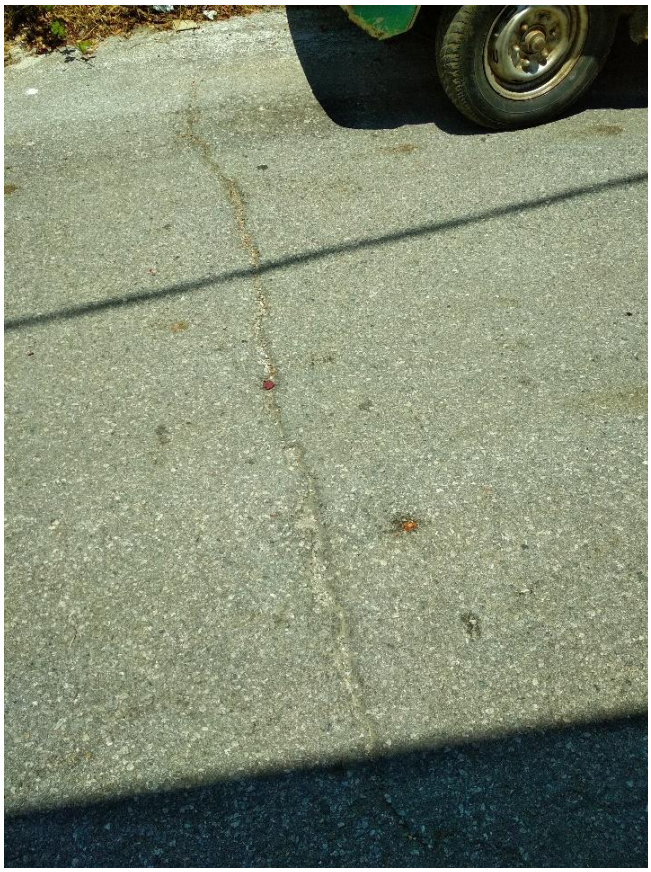
ID=090 S=060 V=110 H=25 L=4,4

ID=092 S=120 V=190 H=8 L=2,89

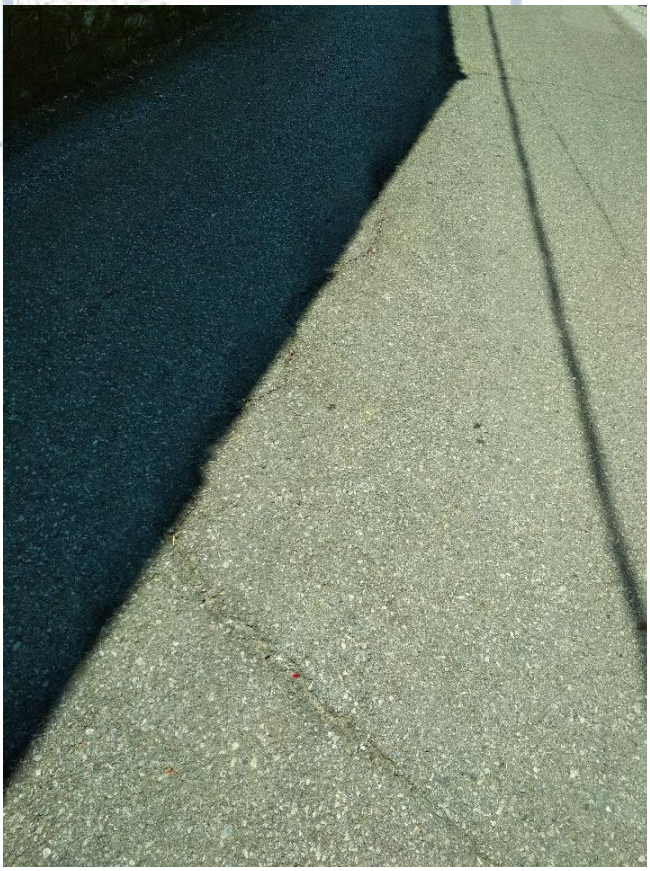
ID=093α S=120 V=190 H=3 L=2,3

ID=094 S=150 V=190 H=7 L=1,73

ID=093β S=040 V=100 H=3 L=4,6



ID=095 S=130 V=170 H=7 L=1,83



ID=096 S=030 V=100 H=5 L=5

ID=098 S=030 V=090 H=7 L=3,81

ID=097 S=140 V=190 H=7 L=2,94

ID=099 S=090 V=140 H=3 L=8,84

ID=100 S=090 V=160 H=5 L=16

ID=102 S=100 V=130 H=10 L=3,2

ID=101 S=090 V=160 H=3 L=7,32

ID=103 S=090 V=150 H=3 L=2,93

ID=104α S=090 V=150 H=10 L=5,28

ID=104β S=010 V=230 H=10 L=5

ID=105 S=100 V=150 H=15 L=4

ID=106α S=100 V=150 H=20 L=4,59

ID=106β S=010 V=230 H=20 L=17,6

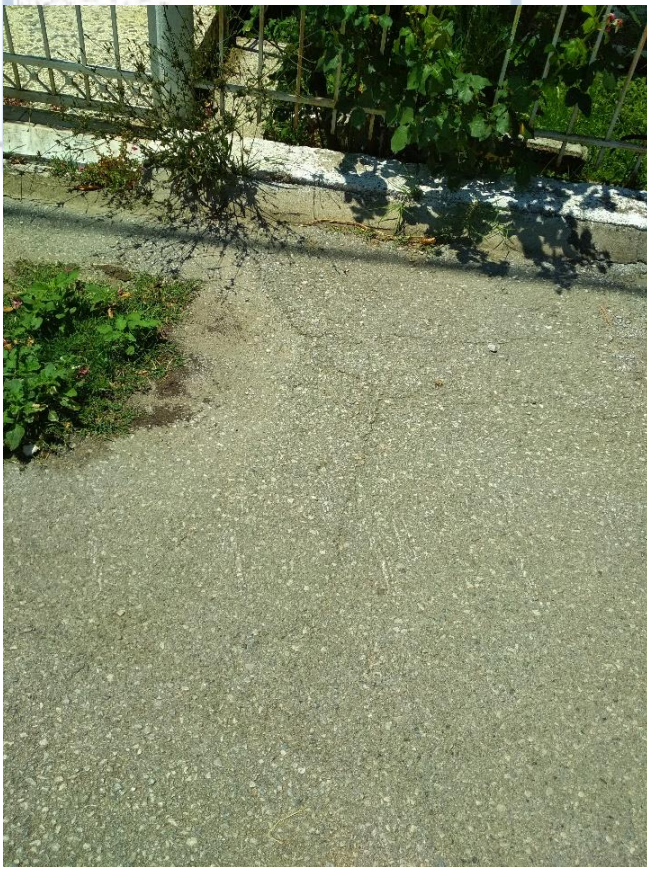
ID=107 S=100 V=150 H=10 L=3,1

ID=108 S=100 V=150 H=20 L=5,2

ID=109 S=100 V=150 H=20 L=3,88

ID=110 S=100 V=150 H=20 L=3,53

ID=111 S=100 V=170 H=3 L=2,1



ID=112 S=100 V=170 H=3 L=1,72

ID=114 S=100 V=170 H=3 L=2,1

ID=113 S=100 V=170 H=3 L=2,8

ID=115 S=070 V=130 H=5 L=9,87

ID=116 S=110 V=190 H=10 L=6,91

ID=118 S=110 V=190 H=10 L=4,73

ID=117 S=110 V=190 H=10 L=4,68

ID=119 S=010 V=250 H=3 L=4

ID=120 S=010 V=250 H=10 L=3,76

ID=121β S=120 V=190 H=3 L=11,9

ID=121α S=010 V=250 H=7 L=5,12

ID=122α S=010 V=250 H=10 L=4,59

ID=122β S=100 V=180 H=10 L=4,77

ID=123 S=170 V=250 H=5 L=3,29

ID=124β S=100 V=150 H=10 L=10,5

ID=124α S=100 V=150 H=8 L=12,5

ID=124γ S=100 V=150 H=10 L=6,86

ID=125 S=010 V=250 H=10 L=3,32

ID=126 S=010 V=250 H=10 L=2,79

ID=128 S=010 V=250 H=5 L=3

ID=127 S=010 V=250 H=8 L=4,26

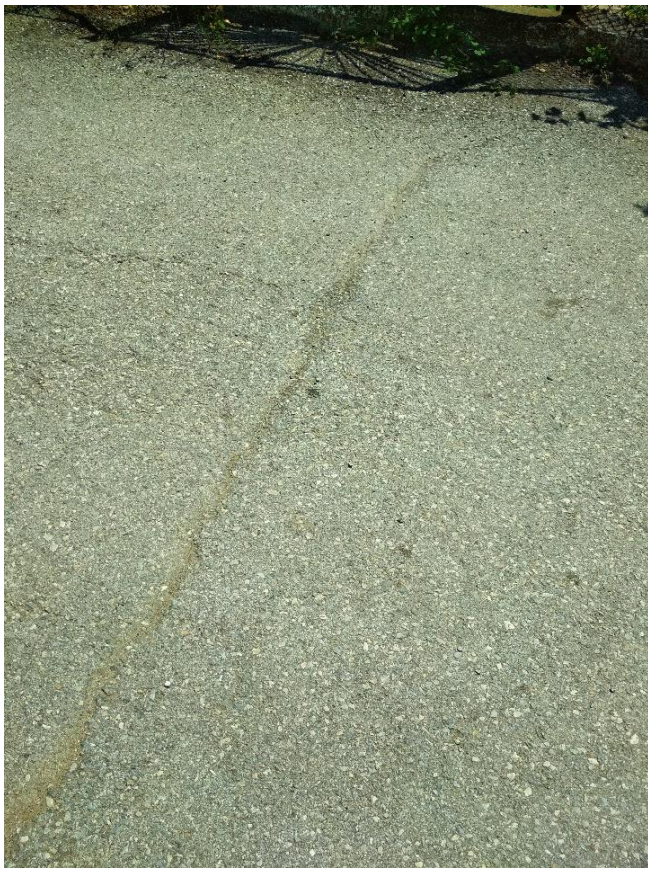
ID=129 S=010 V=250 H=3 L=3,83

ID=130 S=010 V=250 H=5 L=4,19

ID=131γ S=100 V=160 H=5 L=17,6

ID=131α S=010 V=250 H=3 L=2,75

ID=131β S=100 V=160 H=5 L=10,3

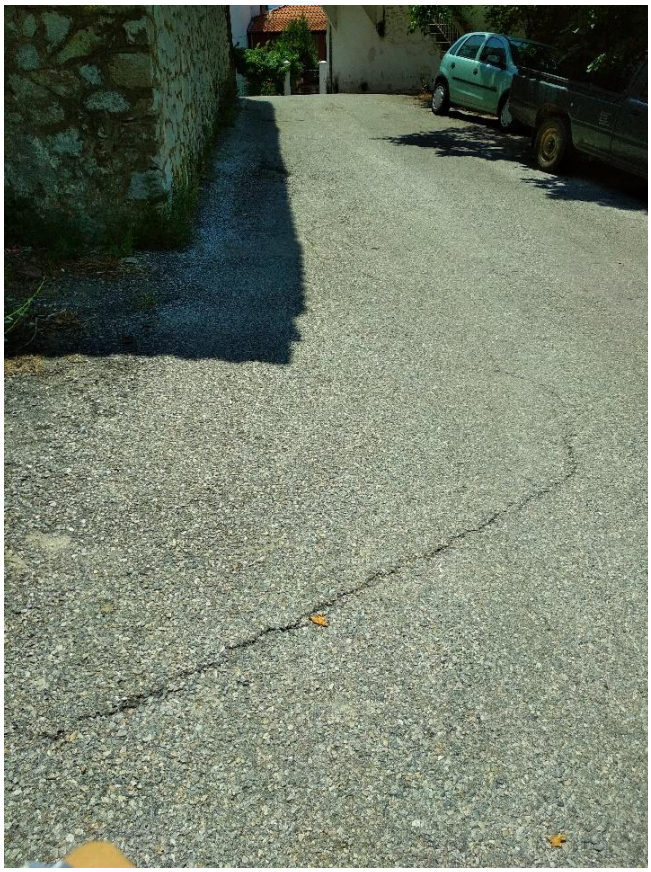


ID=132 S=010 V=250 H=2 L=3,43

ID=133 S=010 V=250 H=2 L=3,35

ID=135 S=010 V=250 H=5 L=3,31

ID=134 S=100 V=160 H=5 L=7,62



ID=136 S=030 V=130 H=10 L=14

ID=137 S=090 V=130 H=1 L=3,29

ID=138β S=000 V=220 H=10 L=8

ID=138α S=080 V=130 H=10 L=3,21

ID=139α S=070 V=150 H=8 L=5,13

ID=139β S=170 V=220 H=8 L=9,44

ID=140 S=070 V=140 H=5 L=5,14

ID=141 S=151 V=190 H=5 L=14,2

ID=142 S=090 V=150 H=2 L=6

ID=143 S=090 V=150 H=2 L=3,22

ID=144α S=170 V=210 H=3 L=5,77

ID=144β S=170 V=210 H=3 L=5,51

ID=145 S=170 V=210 H=5 L=3,83

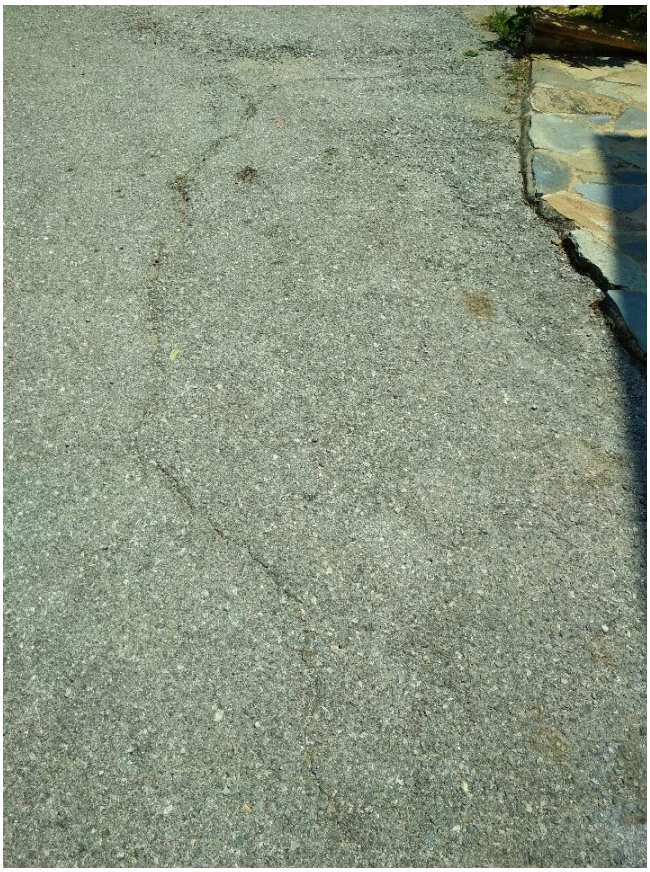
ID=146β S=170 V=210 H=2 L=1,36

ID=146α S=170 V=210 H=2 L=1,28

ID=146γ S=170 V=210 H=2 L=1

ID=147 S=150 V=210 H=8 L=4,84

ID=149 S=110 V=160 H=8 L=4,16



ID=148 S=110 V=180 H=8 L=7,49

ID=150 S=110 V=160 H=10 L=2,92

ID=151α S=110 V=160 H=15 L=2,97

ID=151β S=160 V=230 H=15 L=1,86

ID=153α S=110 V=160 H=5 L=2,18

ID=153β S=110 V=160 H=10 L=2,77

ID=152 S=110 V=160 H=20 L=3,13

ID=154 S=010 V=230 H=20 L=30,5

ID=155 S=120 V=160 H=40 L=2,97

ID=156 S=000 V=250 H=5 L=4,93

ID=157α S=120 V=190 H=5 L=5,71

ID=157β S=110 V=190 H=2 L=5,1

ID=158 S=140 V=190 H=8 L=9

ID=159 S=100 V=160 H=8 L=7,14

ID=161 S=150 V=220 H=8 L=4,33

ID=160 S=120 V=210 H=40 L=1,88

ID=162 S=000 V=250 H=2 L=3,66

ID=163 S=000 V=250 H=2 L=7,56

ID=164 S=170 V=240 H=5 L=9,54

ID=165α S=010 V=240 H=8 L=1,89

ID=165β S=010 V=240 H=8 L=3,17

ID=166α S=020 V=240 H=10 L=2,62

ID=166β S=100 V=170 H=10 L=11,5

ID=166γ S=100 V=170 H=10 L=25,9

ID=167 S=020 V=250 H=8 L=3,57

ID=168 S=020 V=250 H=20 L=3,1

ID=169 S=100 V=160 H=5 L=14

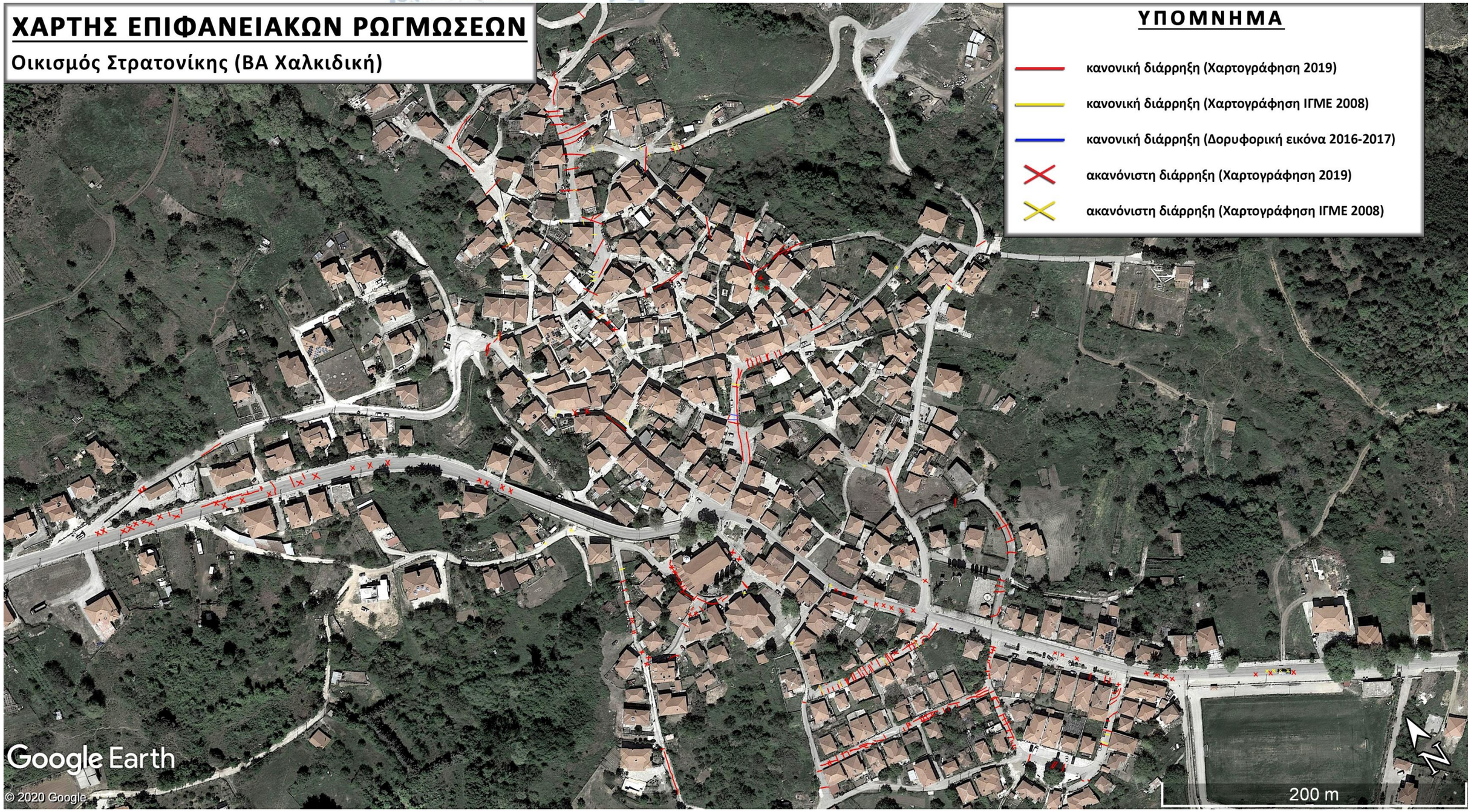
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

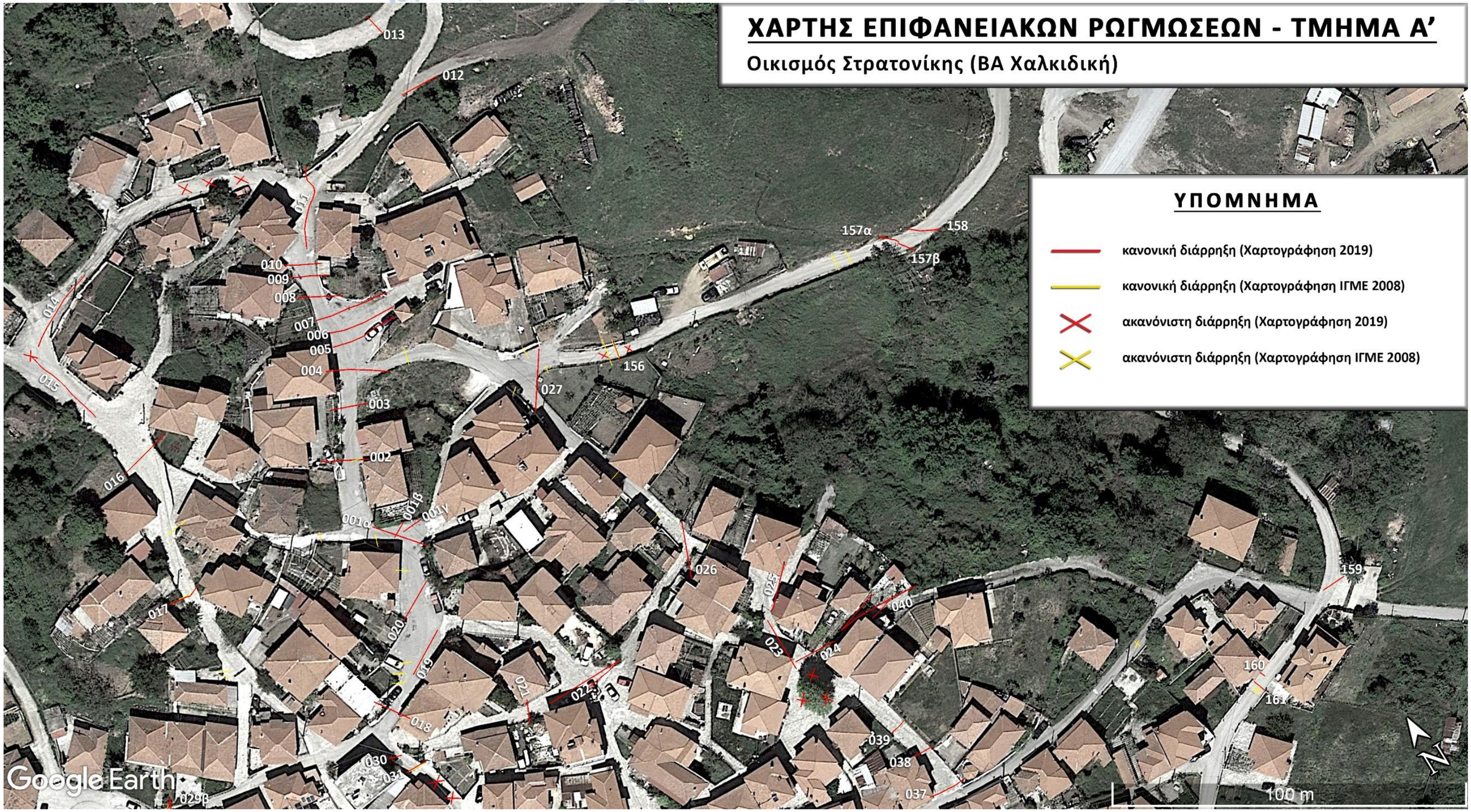
Χάρτες επιφανειακών ρωγμώσεων

ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗ – ΙΟΥΛΙΟΣ 2019

ΧΑΡΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ

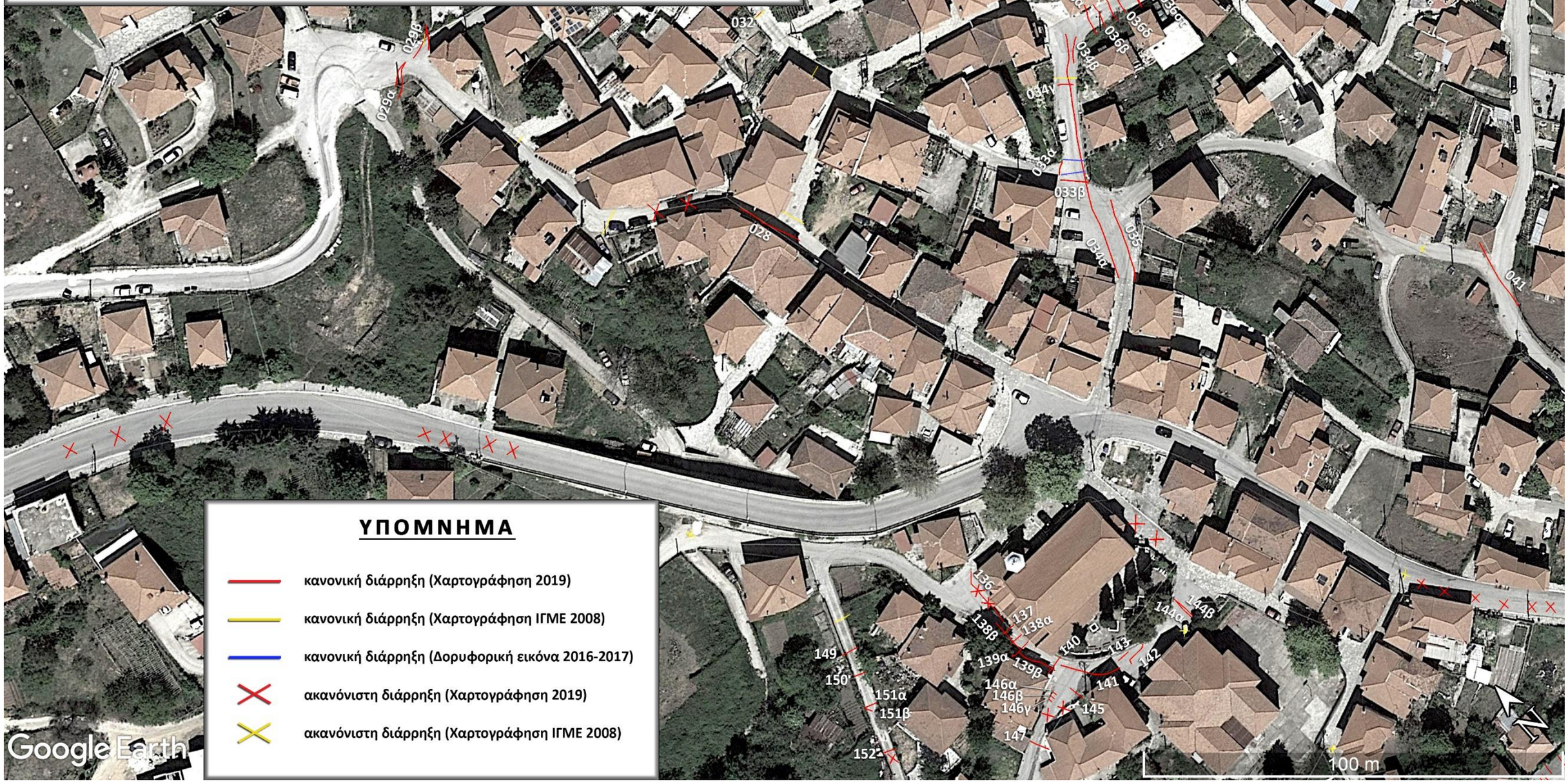
Οικισμός Στρατονίκης (ΒΑ Χαλκιδική)

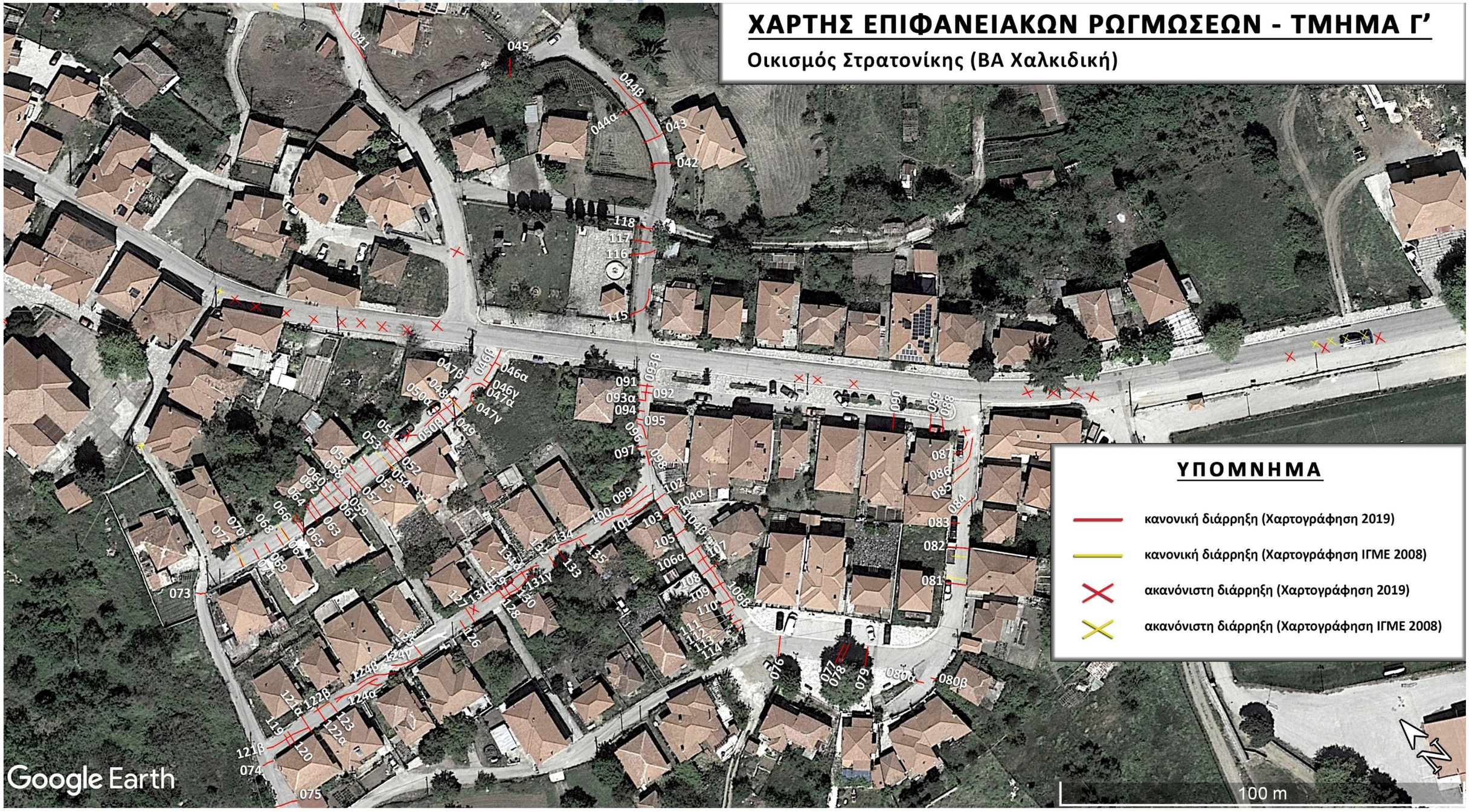


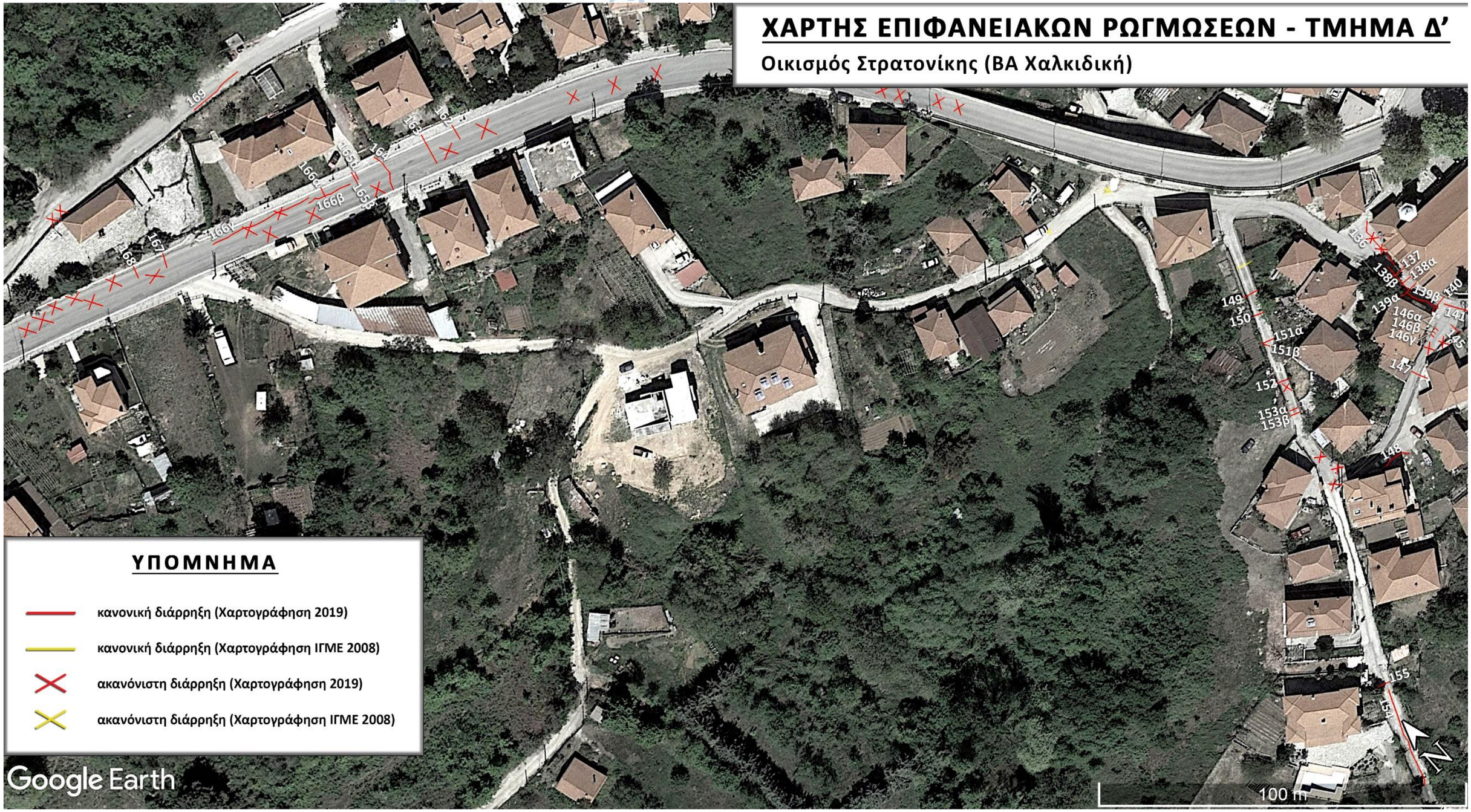


ΧΑΡΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΡΩΓΜΩΣΕΩΝ - ΤΜΗΜΑ Β’

Οικισμός Στρατονίκης (ΒΑ Χαλκιδική)



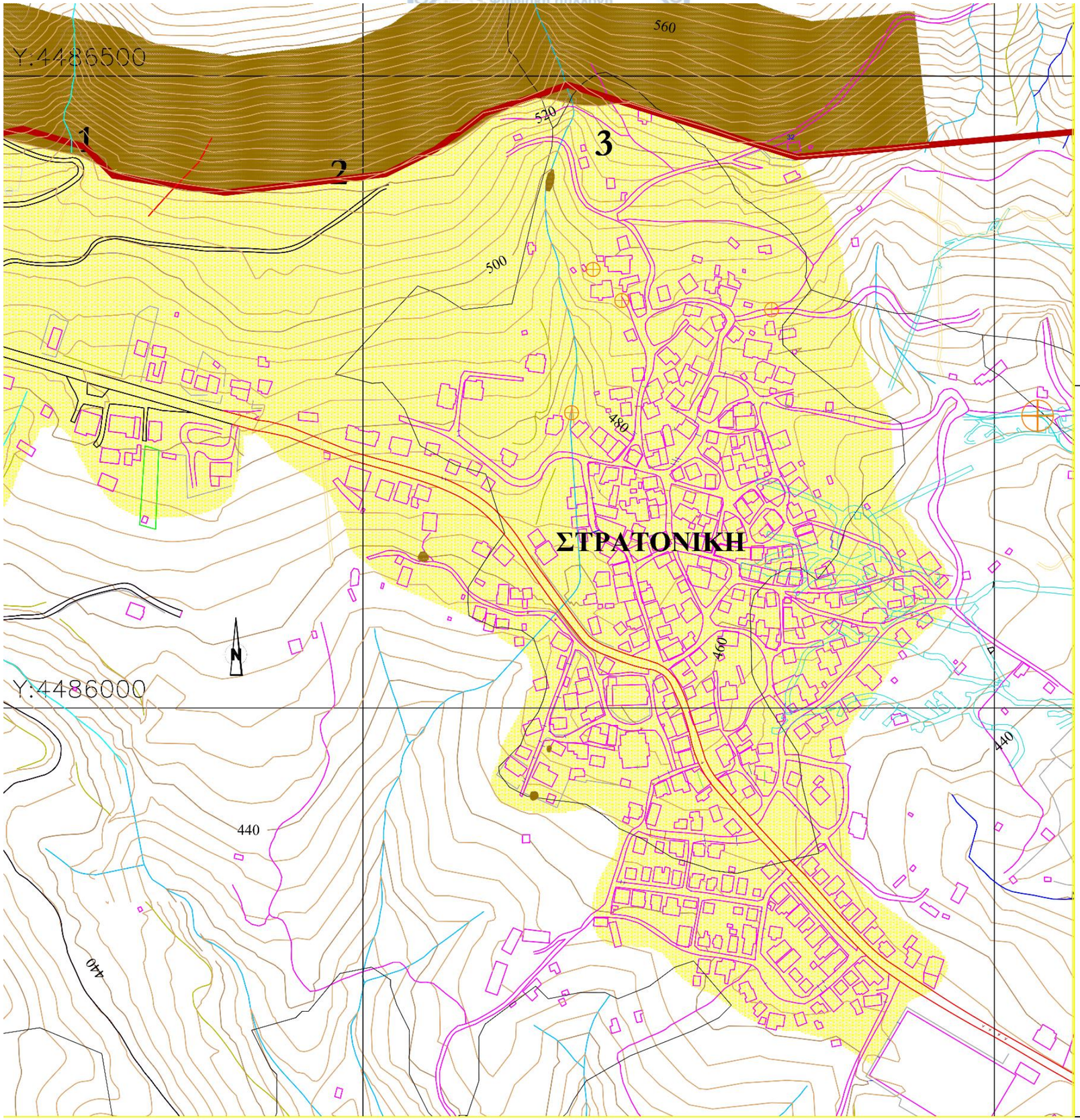




ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Χάρτες της περιοχής μελέτης

ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗ – ΙΟΥΛΙΟΣ 2019



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Πλειστοκαινικές αποθέσεις
- Αμφιβολιτικό υπόβαθρο
- Θέσεις στις οποίες διαπιστώθηκαν κενά από τη γεωφυσική έρευνα
- Γραμμικές αστοχίες σε κτίρια
- Γραμμικές αστοχίες σε τοίχους περίφραξης
- Ακανόνιστες αστοχίες σε δρόμους
- Όριο τεχνικογεωλογικών σχηματισμών

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 70 - 115 27 ΑΘΗΝΑ - ΤΗΛ. 2107798412 - FAX 210 7752211

ΤΟΜΕΑΣ: ΒΑΣΙΚΗΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ - ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ "ΜΑΥΡΕΣ ΠΕΤΡΕΣ ΜΑΝΤΕΜ ΛΑΚΚΟΥ"

ΣΥΝΤΑΞΗ: ΦΙΛΗΜΩΝΑΣ ΜΑΛΤΖΑΡΗΣ - ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΠΟΓΙΑΤΖΗ

ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ ΑΕ

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ: **ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗΣ**

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:2.000

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: ΜΑΡΤΙΟΣ 2008

ΕΙΚ. 3

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

ΦΥΛΛΟ ΣΤΡΑΤΟΝΙΚΗ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
GEOLOGICAL MAP OF GREECE

INSTITUTE OF GEOLOGICAL AND MINING RESEARCH

STRATONIKI SHEET

ΥΠΟΜΝΗΜΑ — LEGEND

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ — SEDIMENTARY ROCKS

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ — QUATERNARY

ΟΛΟΚΑΙΝΟ — HOLOCENE

Ἀλλουβιακές ἀποθέσεις.	al	**Alluvial deposits.**
Παράκτιες ἀποθέσεις: ἀναχώματα ἀκτῶν, θῖνες κλπ.	cd,dn	**Coastal deposits**: beach ridges, sand dunes e.t.c.
Ἀλλουβιακὰ ριπίδια: διαφορετικῆς ἡλικίας.		**Alluvial fans**: of different age.
Μπάζα μεταλλείων.	M,st	**Mine tailings.**

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ — PLEISTOCENE

Πλειστοκαινικές ἀποθέσεις ἀδιαίρετες: ἀνώτερο σύστημα ἀναβαθμίδων, συγκολλημένα πλευρικὰ κορήματα, κυρίως ἐρυθροῦ χρώματος καὶ τεμαχισμένοι κῶνοι κορημάτων.	Ft	**Pleistocene deposits, undivided**: upper terrace system, consolidated scree material, predominantly of red colour and dissected talus cones.

ΜΕΤΑΪΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ — METASEDIMENTARY ROCKS

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ — SERBOMACEDONIAN MASSIF

ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ (ἢ παλαιότερο) — PALEOZOIC (or older)

Σχηματισμός Βερτίσκου — Vertiskos formation

Διμαρμαρυγιακοὶ γνεύσιοι: καστανωποί, λεπτό- ἕως μεσόκοκκοι, μὲ ἐνστρώσεις βιοτιτικοῦ γνευσίου καὶ μικρῶν ἀμφιβολιτικῶν στρωμάτων. Ἐμφανίζεται ἀπομεταμόρφωση.	gn₂	**Two-mica gneiss**: brownish, fine-to medium-grained, with intercalations of biotite-gneiss and minor amphibolitic layers. Diaphthoritic alterations occur.

Σχηματισμός Κερδυλίων — Kerdylia formation

Κατώτερος ὁρίζοντας μαρμάρων: γαλαζωπὰ ἢ λευκά, χονδρόκοκκα, παχυστρωματώδη, μὲ ὀσμὴ καὶ ἐνστρώσεις βιοτιτικοῦ γνευσίου, κεροστιλβικοῦ γνευσίου καὶ ἀμφιβολιτῶν. Διακρίνεται ἀπὸ τὸν ἀνώτερο ὁρίζοντα μαρμάρων ἀπὸ τὴ θέση του.	mr₁	**Lower marble horizon**: bluish or white, coarse-grained, thick-bedded, smelling, with intercalations of biotite gneiss, hornblende gneiss and amphibolites. Discernable from upper marble horizon by position.
Βιοτιτικὸς γνεύσιος: σκοτεινότεφρος, λεπτόκοκκος, μονότονος, ταινιωτὸς (πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτη 25-30 %, συχνὰ ζωνώδη, χαλαζίας, ± περθιτικοὶ καλιοῦχοι ἄστριοι, βιοτίτης καὶ ἐπουσιώδη ὀρυκτά), μὲ ἐνστρώσεις σκοτεινότεφρου ἕως πρασινωποῦ, μεσόκοκκου, βιοτιτικοῦ-κεροστιλβικοῦ γνευσίου (ζωνώδη πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτη 30-35 %, χαλαζίας, βιοτίτης, πράσινη κεροστίλβη καὶ ἐπουσιώδη ὀρυκτά). Διμαρμαρυγιακὸς γνεύσιος, τύπου Βερτίσκου καὶ μικρῆς ἐξαπλώσεως ἀμφιβολιτικὰ στρώματα. Ἄφθονες παρείσακτες κοῖτες καὶ φλέβες καὶ τοπικὰ μάζες πηγματιτοειδῶν καὶ σχιστωδῶν ἀπλιτικῶν γρανιτῶν.	gn.bi	**Biotite gneiss**: dark-grey, fine-grained, monotonous, banded (often zoned plagioclase anorthite 25-30 %, quartz, ± perthitic K-feldspar, biotite and accessories), with intercalations of dark grey-greenish, medium-grained, biotite-hornblende gneiss (zoned plagioclase anorthite 30-35 %, quartz, biotite, green hornblende and accessories). Two-mica gneiss of Vertiskos type and subordinate amphibolite layers. Sills and dykes and locally masses of pegmatoid and schistose, aplitic granite are abundant.

ΕΚΡΗΞΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ — IGNEOUS ROCKS

ΧΩΡΙΣ ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑ — NON SCHISTOSE

ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ — TERTIARY

Κεροστιλβικὸς-βιοτιτικὸς χαλαζοδιοριτικὸς πορφύρης: (ζωνώδη πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτη 27-37 %, κεροστίλβη, κλινοπυρόξενος — πιζονίτης, βιοτίτης, χαλαζίας καὶ ἐπουσιώδη ὀρυκτά), μὲ πορφυριτικὸ ἱστὸ καὶ πιλοταξική, συγκολλητικὴ ὕλη, σὲ σωροὺς καὶ φλέβες, μερικῶς ἐξαλλοιωμένος ὑδροθερμικά.	π.q	**Hornblende-biotite quartzdiorite porphyry**: (zoned plagioclase anorthite 27-37 %, hornblende, clinopyroxene — pigeonite, biotite, quartz and accessories), with porphyritic texture and pilotaxitic matrix, in small stocks and dykes, partly hydrothermally altered.
Κεροστιλβικὸς-βιοτιτικὸς διοριτικὸς πορφύρης: (ζωνώδη πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτη 23-27 %, κεροστίλβη, βιοτίτης, ± χαλαζίας καὶ ἐπουσιώδη ὀρυκτά), μὲ πορφυριτικὸ ἱστὸ καὶ πιλοταξικὴ συγκολλητικὴ ὕλη, μερικῶς ἐξαλλοιωμένος ὑδροθερμικά.	πσ.η	**Hornblende-biotite diorite porphyry**: (zoned plagioclase anorthite 23-27 %, hornblende, biotite, ± quartz and accessories), with porphyritic structure and pilotaxitic matrix; partly hydrothermally altered.
Ὑδροθερμικὴ ἐξαλλοίωση: τῶν πορφυριτικῶν σωρῶν καὶ τῶν γειτονικῶν πετρωμάτων. Σιδηροπυριτίωση, χαλαζιτίωση, σερικιτίωση καὶ χλωριτίωση.	▨	**Hydrothermal alteration**: of porphyry stocks and country rocks. Pyritization, quartzification, sericitization and chloritization.
Κεροστιλβικὸς βιοτιτικὸς γρανοδιορίτης (Στρατονίου): τεφρός, λεπτό- ἕως μεσόκοκκος, (ζωνώδη πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτη 36-45 %, ± περθιτικὰ ὀρθόκλαστα, κεροστίλβη, βιοτίτης καὶ ἐπουσιώδη ὀρυκτά) μὲ διάσπαρτη μεταλλοφορία σιδηροπυρίτη. Διεισδύσεις διοριτικῶν φλεβῶν. Μετάβαση πρὸς διορίτη (μικρὴ περιεκτικότητα σὲ ὀρθόκλαστα).	γ.η	**Hornblende-biotite granodiorite (of Stratoni)**: grey, fine- to medium-grained, (zoned plagioclase anorthite 36-45 %, ± perthitic orthoclase, hornblende, biotite and accessories), with disperse pyrite mineralization. Intruded by diorite dykes. Transitions to diorite (small orthoclase content).
Ἄλως ἀπλιτικῶν φλεβῶν καὶ παρείσακτων κοιτῶν: ποὺ διατέμνουν τὰ γειτονικὰ πετρώματα. Μεταμόρφωση ἐπαφῆς (skarns μὲ γρανάτη καὶ ἐπίδοτο).	▥	**Aureole of aplitic dykes and sills**: intersecting the country rocks. Contact metamorphism (garnet - epidote skarns).

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΧΙΣΤΩΔΗ — METAMORPHIC AND SCHISTOSE

ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ (ἢ παλαιότερο) — PALEOZOIC (or older)

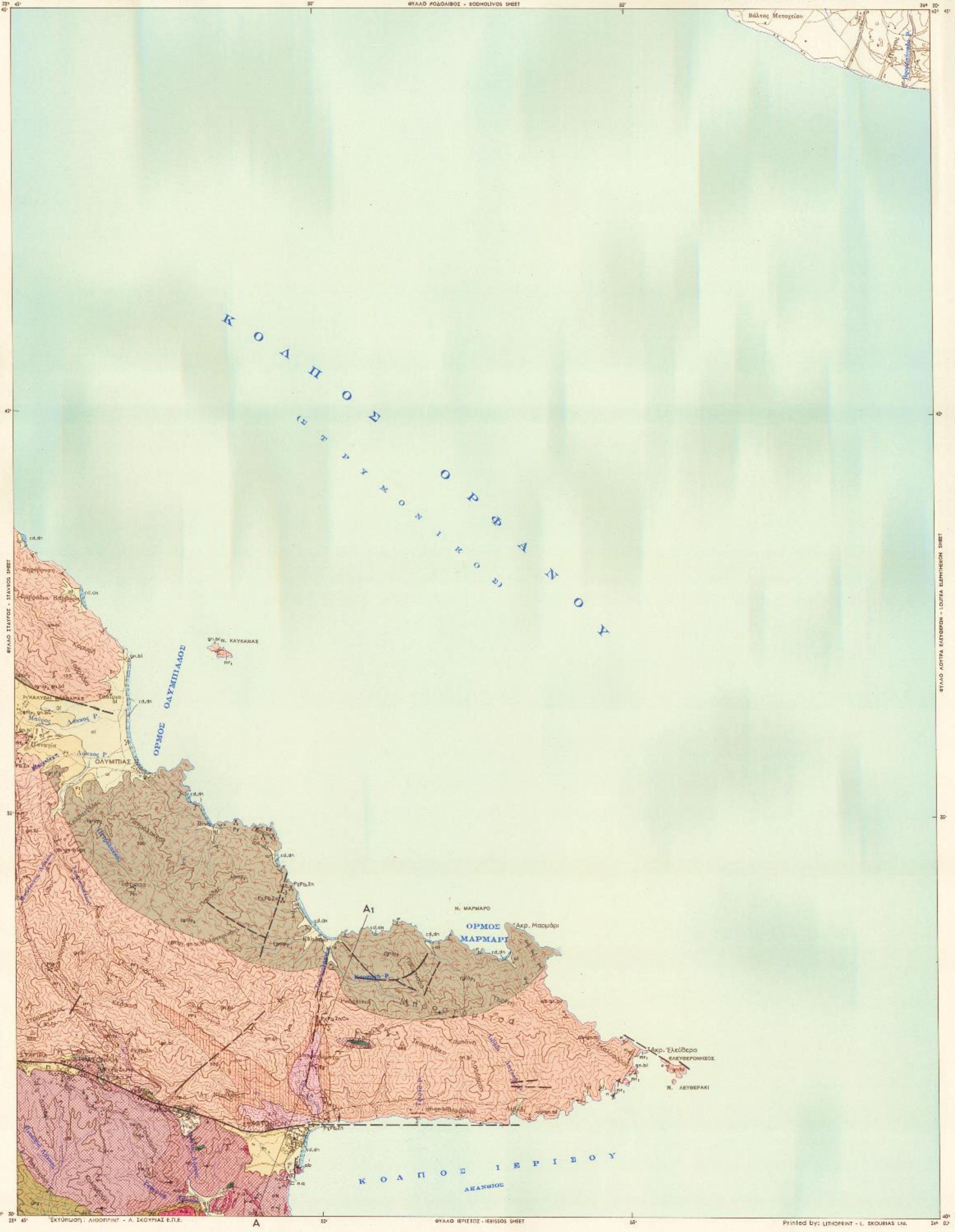
Πλαγιοκλαστικὸς - μικροκλινικὸς γνεύσιος: λευκοκρατικός, μεσόκοκκος ἕως λεπτόκοκκος, μὲ καλὴ στρώση ἢ μὲ ὀφθαλμοειδῆ ἱστὸ (χαλαζίας, πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτη 8-15 %, μικροκλινής, μικροπερθιτικὸ ὀρθόκλαστο, ± μαρμαρυγίας καὶ ἐπουσιώδη ὀρυκτά)· στὰ περιθώρια παρείσακτες κοῖτες, παράλληλες πρὸς τὸ ἐπίπεδο s, ἐναλλάσσονται μὲ μεταϊζήματα. Πολὺ ἐξαπλωμένες πηγματιτοειδεῖς φλέβες.	(gn)pz	**Plagioclase-microcline gneiss**: leucocratic, medium to fine-grained, well-bedded or flaser structure (quartz, plagioclase anorthite 8-15 %, microcline, microperthitic orthoclase, ± mica and accessories); in the marginal parts, sills parallel to s plane, alternate with metasediments. Pegmatoid dykes are widespread.
Πλαγιοκλαστικὸς - μικροκλινικὸς γνεύσιος ἐναλλασσόμενος μὲ βιοτιτικοὺς γνευσίους (gn.bi) τοῦ σχηματισμοῦ Κερδυλίων.	(gn)pz,gn.bi	**Plagioclase - microcline gneiss alternating with biotite gneiss of Kerdylia formation (gn.bi).**
Ἀμφιβολίτες: σκοτεινοπράσινοι ἢ μαῦροι, λεπτόκοκκοι ἕως μεσόκοκκοι, σὲ λεπτὰ στρώματα μὲ καλὴ στρώση, μὲ μεγάλη σκληρότητα (κεροστίλβη μερικῶς ποικιλιτική, πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτη 20-40 % ἐπίδοτο, τιτανίτης, ± χαλαζίας καὶ ἐπουσιώδη ὀρυκτά)· μεταβάσεις πρὸς μεταγάββρο. Στρώματα ἀνατηκτικῶν ἀστρίων εἶναι συχνά. Παρεμβάλλονται ἀκτινολιθικὰ πετρώματα, μικροὶ φακοὶ ὑπερβασικῶν, στρώματα ἀσβεστοπυριτικῶν σχιστολίθων, βιοτιτικοῦ καὶ κεροστιλβικοῦ γνευσίου.	ab	**Amphibolites**: dark green or black, fine-to medium-grained, well-bedded in thin layers, very hard (hornblende partly poikilitic, plagioclase anorthite 20-40 % epidote, sphene, ± quartz and accessories); transitions into metagabbros. Anatectic feldspathic layers are frequent. Actinolite rocks, small lenses of ultramafites, layers of calc-silica schists, biotite and hornblende gneiss are intercalated.
Ἀμφιβολίτες (ab) ἐναλλασσόμενοι μὲ βιοτιτικοὺς γνευσίους καὶ κεροστιλβικοὺς βιοτιτικοὺς γνευσίους τοῦ σχηματισμοῦ Κερδυλίων (gn.bi).	ab-gn.bi	**Amphibolites (ab) alternating with biotite gneiss and hornblende - biotite gneiss of Kerdylia formation (gn.bi).**
Ἀμφιβολίτες (ab) ἐναλλασσόμενοι μὲ βιοτιτικοὺς γνευσίους καὶ κεροστιλβικούς, βιοτιτικοὺς γνευσίους τοῦ σχηματισμοῦ Κερδυλίων (gn. bi) καὶ πλαγιοκλαστικοὺς - μικροκλινικοὺς γνευσίους (gn).	ab-gn.bi.gn	**Amphibolites (ab) alternating with biotite gneiss and hornblende biotite gneiss of Kerdylia formation (gn.bi) and with plagioclase - microcline gneisses (gn).**
Περιδοτίτες καὶ δουνίτες: γενικὰ πλήρως σερπεντινιωμένοι καὶ ἐξαλλοιωμένοι σὲ ταλκικοὺς - γραμματιτικοὺς σχιστόλιθους, ἀντιγοριτικοὺς - γραμματιτικοὺς σχιστόλιθους κ.λ.π., στὰ περιθωριακὰ τμήματα.	🟩 σ	**Peridotite and dunite**: generally completely serpentinized and altered into talk-grammatite schists, antigorite-grammatite schists etc., in the marginal parts.
Περιοχὴ μὲ ἀξιόλογο «σιδηροῦν ἐπικάλυμμα».	Ir	**Area of important gossan.**

Γεωλογικὸ ὅριο	——	Geological boundary
Γεωλογικὸ ὅριο πιθανὸ ἢ καλυμμένο	– – –	Geological boundary probable or covered
Ὅριο πετρογραφικῶν σχηματισμῶν. (Κατὰ προσέγγιση ὅριο τῶν ἐκρηξιγενῶν πετρωμάτων ποὺ εἰσδύουν στὰ μεταϊζήματα)	-·-·-	Boundary of petrographic formations. (Approximate limitation of igneous rocks injecting metasediments)
Ἄξονας δευτερεύουσας πτυχῆς, μὲ ἔνδειξη τῆς βυθίσεώς του	—+→ 10	Minor fold axis, showing plunge
Ὁριζόντιος ἄξονας δευτερεύουσας πτυχῆς	←+→	Horizontal minor fold axis
Ρῆγμα	——	Fault
Ρῆγμα πιθανὸ ἢ καλυμμένο	— — —	Fault probable or covered
Παράταξη s ἐπιπέδων	40	Strike and dip of s-planes
Κατακόρυφα s ἐπίπεδα		Vertical s planes
Προσανατολισμὸς σχιστότητας μεταμορφωμένων πετρωμάτων	≈	Strike lines within metamorphic rocks
Μεταλλεῖο ἐνεργό	⚒	Active mine
Μεταλλεῖο ἀργό	⚒	Idle mine
Μικρὲς ἐμφανίσεις μεταλλευμάτων		Minor ore occurences
Ὀρυκτὰ χαλκοῦ	Cu	Copper minerals
Σιδηροπυρίτης	Py	Pyrite
Γαληνίτης	Pb	Galena
Σφαλερίτης	Zn	Sphalerite
Ὀρυκτὰ μαγγανίου	Mn	Manganese

ΚΛΙΜΑΚΑ 1 : 50.000 SCALE

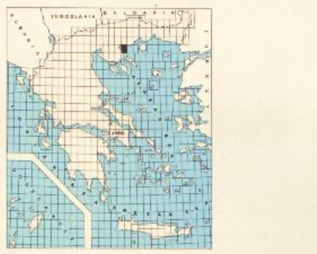
Ἰσοδιάσταση 40 μ Contour interval 40 m.

1 ½ 0 1 2 3 4 Km



Ἐκτύπωση: ΛΙΘΟΠΡΙΝΤ - Λ. ΣΚΟΥΡΙΑΣ Ε.Π.Ε.

Printed by: LITHOPRINT - L. SKOURIAS Ltd.



Ἡ γεωλογικὴ χαρτογράφηση ἔγινε ἀπὸ τοὺς Δρ. F. KOCKEL, Δρ. H. MOLLAT καὶ Dr. H. W. WALTHER γεωλόγους τοῦ Ὁμοσπονδιακοῦ Ἰνστιτούτου γιὰ τὶς Γεωεπιστήμες καὶ Πρῶτες Ὕλες (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover), κατὰ τὸ ἔτος 1969 καὶ ἀπὸ τοὺς Π. ΑΝΤΩΝΙΑΔΗ καὶ Κ. ΙΩΑΝΝΙΔΗ, γεωλόγους τοῦ Ι. Γ. Μ. Ε. κατὰ τὰ ἔτη 1969-1970.

Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεῖα τῶν Δρ. Μ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ καὶ Ν. Η. NEUBAUER.

Πρόγραμμα ἐκπονήσεως Βασικοῦ Γεωλογικοῦ Χάρτη τῆς Ἑλλάδος σὲ κλίμακα 1:50.000: Διεύθυνση Γεωλογίας καὶ Γεωλογικῶν Χαρτογραφήσεων. Διευθυντής: Δρ Ι. ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ.

Ἐπιμέλεια ἐκδόσεως: Γραφεῖο Ἐκδόσεως Γεωλογικῶν Χαρτῶν τοῦ Ι.Γ.Μ.Ε., κατὰ τὸ ἔτος 1978.

Γενικὸς Διευθυντής: Δρ. Γ. ΜΑΧΑΙΡΑΣ.

The geological mapping has been effected by Dr. F. KOCKEL, Dr. H. MOLLAT and Dr. H. W. WALTHER geologists of the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover), during the year 1969 and by P. ANTONIADES and K. IOANNIDES, geologists of I.G.M.R., during the years 1969-1970.

Data of Dr. M. NICOLAOU and W. H. NEUBAUER have been used.

Program for compiling the Geological Map of Greece, in scale 1:50.000: Section of Geology and Geological Mapping. Director: Dr. J. BORNOVAS.

Published by: Publication Department of Geological Maps of I.G.M.R., during the year 1978.

General Director: Dr. G. MACHAIRAS.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ A - A1
CROSS SECTION