

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Τμήμα Γεωγραφίας

ΔΙ-ΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
“ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ”

ΒΗΧΑ ΜΑΡΙΑ

2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Τμήμα Γεωγραφίας

ΔΙ-ΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
“ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ”

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής

Επιβλέπων: Σπυρίδων Παυλίδης, Καθηγητής Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας

Μέλος: Αλέξανδρος Χατζηπέτρος, Καθηγητής Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας

Μέλος: Νικόλαος Ζούρος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας

ΙΟΥΝΙΟΣ, 2021

ΑΡΤΑ

BHXA MAPIA, 2021

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Δι-ιδρυματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών “Φυσικοί κίνδυνοι και Αντιμετώπιση Καταστροφών” του τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Βεβαιώνω πως η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα δικής μου δουλειάς και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής. Στις δημοσιευμένες ή μη δημοσιευμένες πηγές που αναφέρω έχω χρησιμοποιήσει παρενθέσεις μέσα στο κείμενο και έχω παραθέσει τις πηγές στο τμήμα της βιβλιογραφίας

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Σπυρίδων Παλίδης

Αλέξανδρος Χατζηπέτρος

Νικόλαος Ζούρος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι μια σύντομη ανασκόπηση της επιστήμης της σεισμολογίας, η αναφορά στην ιστορία της και η γνώση περί της σεισμοτεκτονικής του Βορειοελλαδικού χώρου. Επίσης κύριο κομμάτι της πτυχιακής είναι να παρουσιαστεί κατάλογος με τα κυριότερα ρήγματα της Βόρειας Ελλάδας παρουσιάζοντας και τα κύρια χαρακτηριστικά τους. Παράλληλα η διεξαγωγή έρευνας πραγματοποιήθηκε με σκοπό να διαπιστωθεί το επίπεδο αντίληψης και γνώσης των εκπαιδευτικών πάνω στην σεισμολογία, στην έννοια του ρήγματος καθώς και στις εκπαιδευτικές σχολικές ανάγκες.

Υλικό και μέθοδος: Η συλλογή δεδομένων για το ερευνητικό κομμάτι έγινε με την δημιουργία και την χρήση ερωτηματολογίου που απευθυνόταν σε εκπαιδευτικούς Α' και Β' Γυμνασίου του Νομού Άρτας. Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε σε εννέα σχολεία, έπειτα συλλέχθηκαν, συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα.

Αποτελέσματα: Βρέθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί είχαν αυξημένο επίπεδο γνώσης στους τομείς των κοινωνικών και πολιτισμικών επιπτώσεων από σεισμούς και στα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης σεισμών, ενώ το χαμηλότερο επίπεδο γνώσεων εμφανίζεται στους σεισμούς στην αρχαία Ελλάδα. Από την άλλη πιο σημαντικός τομέας διδασκαλίας βρέθηκε πως είναι με διαφορά τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης σεισμών, και δεύτερος πιο επικρατέστερος ο τομέας της δυναμικότητας ρηγμάτων στην Ελλάδα. Ο τομέας που δεν δίνουν τόσο έμφαση για διδασκαλία οι εκπαιδευτικοί είναι της αλληλεπίδρασης μεταξύ φυσικών κινδύνων. Γενικά, παρατηρείται πως οι εκπαιδευτικοί δίνουν βάση στην διδασκαλία σε τομείς που έχουν οι ίδιοι τις λιγότερες γνώσεις,

Συμπεράσματα: Υπάρχει σχετικά μια μέτρια γνώση των εκπαιδευτικών σχετικά με τον τομέα της σεισμολογίας. Σε λίγους τομείς φαίνεται οι εκπαιδευτικοί να κατέχουν ικανοποιητικό ποσοστό γνώσεων. Το ενθαρρυντικό είναι όμως πως κρίνουν τους περισσότερους τομείς αναγκαίους για διδασκαλία

Λέξεις κλειδιά: Ρήγματα Βορειοελλαδικού χώρου, Εκπαιδευτικοί και σεισμολογία, Γεωλογία- Γεωγραφία Γυμνασίου, Σημαντικότητα διδασκαλίας Γεωλογίας- Γεωγραφίας, Έρευνα εκπαιδευτικών.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΠΕΡΙ ΡΗΓΜΑΤΩΝ.....	9
1.1. Γενικά στοιχεία.....	9
1.2. Γεωμετρικά στοιχεία ρηγμάτων και η ταξινόμηση τους.....	10
1.3. Ταξινόμηση Ρηγμάτων.....	11
ΕΝΟΤΗΤΑ 2: Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	13
2.1. Κλασσική Περίοδος (550π.Χ. - 1500μ.Χ.).....	14
2.1.1. Μεγάλοι σεισμοί στην Αρχαία Ελλάδα.....	18
2.1.2. Μεγάλοι σεισμοί στην Ελλάδα κατά την περίοδο της Βυζαντινής εποχής.....	19
2.2. Περίοδος εμφάνισης της Νέας επιστήμης (1500 – 1900μ.Χ.).....	19
2.2.1. Μεγάλοι σεισμοί την περίοδο 1500-1900 μ.Χ στην Ελλάδα.....	22
2.3. Νέα περίοδος της Σεισμολογίας (1900 και μετά).....	24
2.3.1. Μεγάλοι σεισμοί από το 1900 μέχρι σήμερα στην Ελλάδα.....	24
2.3.2. Αναλυτικός πίνακας φονικών σεισμών στην Ελλάδα από το 1900 μέχρι σήμερα.....	30
Αναλυτικός πίνακας φονικών σεισμών στην Ελλάδα από το 1900 μέχρι σήμερα (συνέχεια).....	31
ΕΝΟΤΗΤΑ 3: Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	32
3.1. Εισαγωγή.....	32
3.2. Μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων.....	35
3.3. Τεκτονικές ή Λιθοσφαιρικές πλάκες.....	35
ΕΝΟΤΗΤΑ 4. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	38
4.1. Σεισμολογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά στον Ελλαδικό χώρο.....	41
4.2. Σεισμολογικά και Τεκτονικά χαρακτηριστικά στον Βόρειο Ελλαδικό χώρο.....	44
4.3. Ενεργά τεκτονικά Ρήγματα στον Βόρειο Ελλαδικό Χώρο.....	46
ΕΝΟΤΗΤΑ 5. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	51
5.1. ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ.....	51
5.1.1. Ενεργά ρήγματα που ανήκουν στην ζώνη Αλιάκμονα.....	51
Α. ΡΗΓΜΑ ΡΥΜΝΙΟΥ- ΣΑΡΑΚΗΝΑΣ.....	51
Β. ΡΗΓΜΑ ΣΕΡΒΙΩΝ- ΒΕΛΒΕΝΤΟΥ.....	52
Γ. ΡΗΓΜΑ ΒΕΡΜΙΟΥ- ΒΕΡΓΙΝΑΣ.....	53
5.1.2. <i>Ρήγμα Βάρης-Χρωμίου</i>	54
5.1.3. <i>Ρήγμα Προαστίου-Ασβεστόπετρας</i>	55
5.1.4. <i>Ρήγμα Εμπορίου-Πέρδικας</i>	56
5.1.5. <i>Ρήγμα Χειμαδίτιδας-Αγ. Αναργύρων</i>	57
5.1.6. <i>Ρήγμα Περαίας-Μανιακίου</i>	58
5.1.7. <i>Ρήγμα Βεγορίτιδας-Αγ. Παντελεήμονα</i>	59
5.1.8. <i>Ρήγμα Νυμφαίου-Πετρών</i>	60
5.1.9. <i>Ρήγμα Σιάτιστων-Κοζάνης</i>	61
5.1.10. <i>Ρήγμα Μαυροδενδρίου-Ποντοκόμης-Μαυροπηγής</i>	62
5.2. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ.....	63
5.2.1. <i>Ρήγμα Ανθεμούντα</i>	63
5.2.2. <i>Ρήγμα Ασβεστοχωρίου-Πολίχνης</i>	64
5.2.3. <i>Ρήγμα Γερακαρούς-Νικομιδηνού-Στίβου-Περιστερώνα</i>	65
5.2.4. <i>Ρήγμα Πηλαίας-Πανοράματος</i>	66
5.2.5. <i>Ρήγμα Καλαμαριάς</i>	67
5.2.6. <i>Ρήγμα Ευκαρπίας</i>	68
5.2.7. <i>Ρήγμα Λουτρών-Βόλβης-Νέας Απολλώνιας</i>	69
5.2.8. <i>Ρήγμα Νέας Μαδύτου</i>	70
5.2.9. <i>Ρήγμα Λητής-Λαγυνών και πιθανό ρήγμα Μελισσοχωρίου</i>	71
5.2.10. <i>Ρήγμα Σοχού</i>	72

5.2.11. Σεισμική ρηξιγενής Ζώνη Σχολαρίου-Ανάληψης-Άσσηρου.....	73
5.2.12. Ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας.....	74
5.2.13. Ρήγμα Γοματίου-Μεγάλης Παναγιάς.....	75
5.2.14. Ρήγμα Βουρβουρούς.....	76
5.3. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗ.....	77
5.3.1. Ρήγμα Δράμας-Προσοτσάνης.....	77
5.3.2. Ρήγμα Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής.....	78
5.3.3. Ρήγμα Μαρώνειας-Μάκρης.....	79
5.4. ΤΜΗΜΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ.....	80
5.4.1. Ρήγμα Βόρειας Σαμοθράκης.....	80
5.4.2. Ρήγμα Άθω.....	81
5.4.3. Ρήγμα Νότιας Κασσάνδρας.....	82
ΕΝΟΤΗΤΑ 6: ΛΟΓΟΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	83
6.1. Σκοπός.....	83
6.2. Μεθοδολογία.....	83
6.3. Εργαλεία μελέτης- μεθοδολογία.....	84
ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	86
ΕΝΟΤΗΤΑ 8: ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	102
Ξένη Βιβλιογραφία.....	102
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	103
Ιστοσελίδες.....	104

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

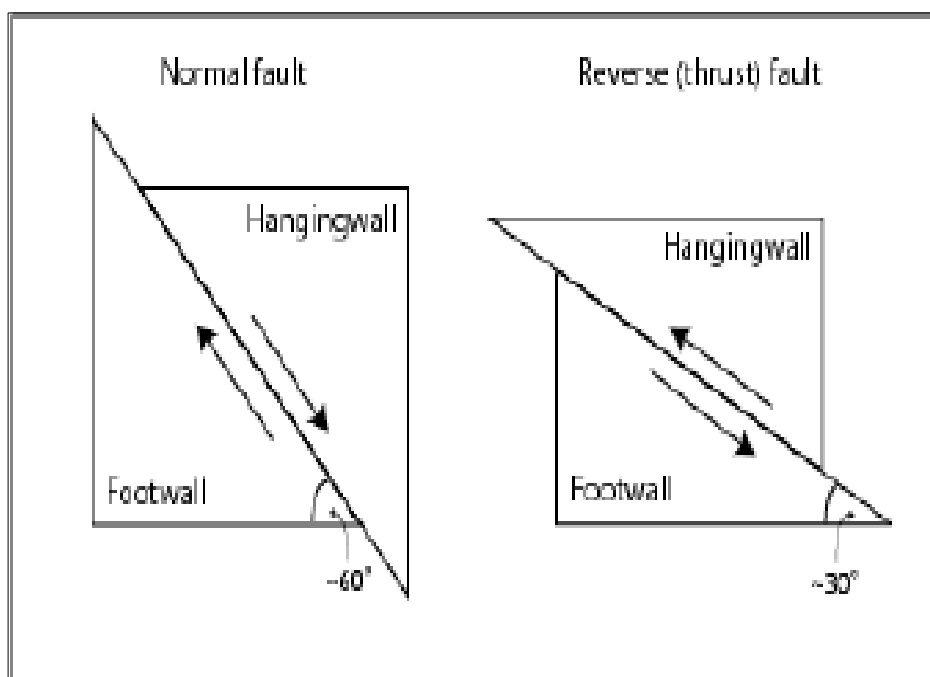
ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΠΕΡΙ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

1.1. Γενικά στοιχεία

Ρήγμα ονομάζεται στην γεωλογία η διακοπή της συνέχειας μιας ομάδας στρωμάτων πετρωμάτων του στερεού φλοιού της Γης, η οποία συμβαίνει κατά επίπεδη επιφάνεια και σε μεγάλη έκταση. Ετυμολογικά ο όρος παράγεται από το αρχαίο ελληνικό ρήμα “ρήγνυμι” που σημαίνει “ραγίζω”, “σπάζω”, “θραύω”. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες ρηγμάτων, τα κανονικά ρήγματα, τα ανάστροφα και τα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Ως ενεργό ρήγμα ορίζουμε εκείνο που συνδέεται με σεισμό τα τελευταία 10.000 χρόνια και έχει σχέση με την ενεργό τεκτονική της περιοχής.

1.2. Γεωμετρικά στοιχεία ρηγμάτων και η ταξινόμηση τους

Το ρήγμα, αποτελεί, μια ξαφνική διακοπή της συνέχειας των πετρωμάτων κατά μήκος μιας επιφάνειας διάρρηξης, που οφείλεται στην θραύση των πετρωμάτων και στην σχετική μετατόπιση των δυο τεμαχών εκατέρωθεν της επιφάνειας αυτής. Η μετατόπιση λαμβάνει χώρα επί της επιφάνειας διάρρηξης και τα χαρακτηριστικά του ρήγματος αφορούν την κλίση, την διεύθυνση και την σχέση τους με άλλα ρήγματα. Αποτελεί ουσιαστικά μια θραύση του φλοιού και απελευθέρωση της ενέργειας που πηγάζει από έναν σεισμό. Είναι πιθανόν σε ορισμένες περιοχές να εμφανίζονται παράλληλα ασυνεχή ρήγματα που σχετίζονται μεταξύ τους δημιουργώντας μια ρηξιγενή ζώνη. Η δομή ενός ρήγματος περιλαμβάνει την οροφή, την βάση και το μέτωπο ολίσθησης.



Εικόνα 1.: Απεικονίζεται η οροφή και το δάπεδο σε κανονικό (αριστερά) και ανάστροφο (δεξιά) ρήγμα. (www.nationmaster.com)

Το τέμαχος που βρίσκεται προς την φορά κλίσης του ρήγματος ονομάζεται **οροφή** (ή πάνω τέμαχος), ενώ το τέμαχος που βρίσκεται αντίθετα από την φορά κλίσης του ρήγματος ονομάζεται **δάπεδο** (ή κάτω τέμαχος).

Ολίσθηση καλείται η μετατόπιση δυο τεμαχών εκατέρωθεν της διαρρηγμένης επιφάνειας, τα οποία πριν την μετατόπιση ήταν ενωμένα. Η ολίσθηση αναλύεται σε δυο συνιστώσες, την ολίσθηση κατά κλίση και την ολίσθηση κατά παράταξη, και μπορεί να υπολογιστεί μόνο εάν είναι γνωστές και οι δύο αυτοί παράμετροι. Διότι δεν είναι πάντα εφικτό να γνωρίζουμε τους δυο παραμέτρους μπορούμε να κάνουμε λόγο για τον υπολογισμό του άλματος, όπου αποτελεί γεωμετρικό μέγεθος που αντιστοιχεί στην φαινόμενη μετατόπιση των τεμαχών μετρούμενη σε οποιαδήποτε δεδομένη διεύθυνση.

1.3. Ταξινόμηση Ρηγμάτων

Η ταξινόμηση των ρηγμάτων έχει άμεση σχέση με την δημιουργία του ρήγματος και σχετίζεται με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους. Σύμφωνα λοιπόν, με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους διακρίνονται δυο γενικές κατηγορίες ρηγμάτων:

- Οριζόντια ρήγματα
- Κεκλιμένα ρήγματα

Στα οριζόντια ρήγματα η κίνηση γίνεται μόνο οριζόντια είτε δεξιά είτε αριστερά και εν συνεχεία χαρακτηρίζονται ως αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Στα κεκλιμένα ρήγματα το επίπεδο του ρήγματος είναι κατακόρυφο και διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες σύμφωνα με την σχετική μετατόπιση της οροφής και του δαπέδου:

- ◆ Τα κανονικά ρήγματα, όπου η οροφή έχει μετακινηθεί προς τα κάτω σε σχέση με το δάπεδο.
- ◆ Τα ανάστροφα ρήγματα, όπου το τοίχωμα έχει μετακινηθεί προς τα κάτω σε σχέση με την οροφή.

Τα κανονικά ρήγματα οφείλουν την δημιουργία τους σε εφελκυστικές δυνάμεις και σχετίζονται με επιμήκυνση χώρου, ενώ από την αντίθετη πλευρά, τα ανάστροφα ρήγματα οφείλουν την δημιουργία τους σε συμπιεστικές δυνάμεις και σχετίζονται με περιορισμό του χώρου.

Αν εξακριβωθεί πως στα ανάστροφα ρήγματα έχει κινηθεί μόνο το κάτω τέμαχος προς τα κάτω, τότε μιλάμε για υποθητικό ρήγμα. Αντιθέτως αν κινηθεί μόνο το πάνω τέμαχος ή και τα δύο τεμάχη συγχρόνως τότε μιλάμε για το φαινόμενο της εφίππευσης ή της επώθησης σύμφωνα με την

γωνία κλίσης της ρηξιγενούς επιφάνειας. Δηλαδή, αν η γωνία κλίσης είναι μεγαλύτερη των 45° μιλάμε για εφίπλευση ενώ αν έχει γωνία κλίσης μικρότερη των 45° μιλάμε για επώθηση.

Υπάρχουν επίσης τεκτονικές δομές που συνδέονται με την παρουσία κανονικών ρηγμάτων.

Αυτά είναι τα τεκτονικά κέρατα και οι τεκτονικοί τάφροι.

- Τεκτονικό κέρασ ονομάζεται η ανύψωση ενός τεμάχου ενός γεωλογικού σχηματισμού που οφείλεται στην δράση μια ομάδας κανονικών ρηγμάτων με αντίθετες διευθύνσεις κλίσεων.
- Τεκτονική τάφρος, αντίθετως, ονομάζεται η βύθιση ενός τεμάχου ενός γεωλογικού σχηματισμού που οφείλεται στην δράση μιας ομάδας κανονικών ρηγμάτων με αντίθετες διευθύνσεις κλίσεων. (Παυλίδης, 2016)

Άλλη μια κατηγορία ταξινόμησης των ρηγμάτων ολίσθησης κατά κλίση είναι αυτή των σύμφωνων και των αντίθετων ρηγμάτων.

- ◆ Σύμφωνα ρήγματα καλούνται αυτά όπου η κλίση των στρωμάτων είναι ταυτόσημη με την μέγιστη κλίση της επιφάνειας του ρήγματος.
- ◆ Αντίθετα ρήγματα καλούνται αυτά όπου η κλίση των στρωμάτων είναι αντίθετη με την μέγιστη κλίση της επιφάνειας του ρήγματος.

Επίσης τα ρήγματα ταξινομούνται και με βάση το μήκος του ρήγματος. Υπάρχουν τα ρήγματα πρώτης τάξης, τα οποία είναι τα μεγαλύτερα ρήγματα μιας περιοχής, ακολουθούν τα μικρότερα ρήγματα όπου αποτελούν τα δεύτερης τάξης ρήγματα και συνεχίζουν τα τρίτης τάξης. Η διαφοροποίηση αυτή έχει να κάνει με τον χρόνο δημιουργίας καθώς ένα ρήγμα όπου ξεκινάει από ρήγμα πρώτης τάξης αποτελεί ρήγμα δεύτερης τάξης, ένα ρήγμα όπου ξεκινάει από δεύτερης τάξης αποτελεί τρίτης τάξης κ.ο.κ.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εισαγωγή στην ιστορία της σεισμολογίας στην Ελλάδα ξεκινάει τον 6ο αιώνα π.Χ. και μέχρι σήμερα συνεχίζει να εξελίσσεται.

Οι έρευνες για τους πιο γνωστούς ισχυρούς σεισμούς που έλαβαν χώρα την περίοδο 550 π.Χ.- 1995 μ.Χ. διακρίνεται σε τρεις ξεχωριστές περιόδους ανάλογα με το σύνολο των σεισμών που μελετήθηκαν:

2.1. Κλασσική Περίοδος (550π.Χ. - 1500μ.Χ)

Η πρώτη περίοδος καλύπτει το χρονικό εύρος από το 550 π.Χ. μέχρι το 1550 μ.Χ. και συμπίπτει με την έναρξη της Κλασσικής περιόδου στην Ελλάδα και την ανάπτυξη του πολιτισμού στις Ιωνικές πόλεις της αρχαίας Ιωνίας, της Κάτω Ιταλίας και της Σικελίας. Ο αριθμός των σεισμών για τους οποίους υπάρχουν πληροφορίες είναι πολύ μικρός σε σχέση με την πραγματικότητα. Υπάρχουν στοιχεία για περίπου 110 συνολικά σεισμούς, δηλαδή, για 5 σεισμούς ανά αιώνα κατά μέσο όρο, ενώ ο πραγματικός αριθμός των μεγάλων σεισμών μεγέθους γύρω στα 6,5 ρίχτερ που συμβαίνουν στην περιοχή είναι κατά μέσο όρο 80 ανά αιώνα. Ο μικρός αυτός αριθμός σεισμών για τους οποίους υπάρχουν περιγραφές σε σχέση με το συνολικό αριθμό σεισμών που πραγματικά έγιναν κατά το διάστημα αυτό, οφείλεται στο ότι την προσοχή των ερευνητών αυτής της εποχής (φιλοσόφων, ιστορικών, κ.α.) τράβηξαν μόνο εξαιρετικά και συνεπώς σπάνια γεγονότα, τα οποία είχαν έντονες επιπτώσεις στη ζωή των ανθρώπων αυτής της εποχής, όπως είναι μεγάλοι σεισμοί που προκάλεσαν καταστροφές σε μεγάλη έκταση, κατέστρεψαν σημαντικά πολιτισμικά κέντρα, προκάλεσαν μεγάλα θαλάσσια κύματα κλπ.

Συγκεκριμένα, ο Θαλής ο Μιλήσιος (625-547 π.Χ.) πίστευε ότι αιτία των σεισμών αποτελεί το νερό και ότι η γη είναι ένα πλεύμενο καράβι στο οποίο η κίνηση της θάλασσας προκαλεί τους σεισμούς. Με τον τρόπο αυτό γίνεται κατανοητό ότι η επιστήμη της σεισμολογίας την συγκεκριμένη περίοδο ήταν φτωχή από πληροφορίες και καλύπτει ένα μικρό φάσμα σεισμών, κυρίως μεγάλου μεγέθους ($M \geq 6$).

Ο Αναξίμανδρος (611-546 π.Χ.), μαθητής του Θαλή, φαίνεται ότι ασχολήθηκε ιδιαίτερα με τους σεισμούς και είχε αποκτήσει σημαντικές σεισμολογικές γνώσεις, αφού, όπως αναφέρεται από τον Κικέρωνα, όταν επισκέφθηκε την Σπάρτη, γύρω στα 550 π.Χ. προέβλεψε ένα μεγάλο σεισμό και προειδοποίησε τους Σπαρτιάτες οι οποίοι διανυκτέρευαν στο ύπαιθρο και σώθηκαν από την καταστροφή. Σύμφωνα με τον Αναξίμανδρο οι σεισμοί ήταν αποτέλεσμα του αέρα. Πιο συγκεκριμένα πίστευε πως έπειτα από μεγάλες ξηρασίες ή έντονες βροχοπτώσεις δημιουργούνταν

μεγάλες σχισμές στην Γη όπου εισέρχονταν ο αέρας και προκαλούσε τους σεισμούς. Συνεπώς, τέτοιες καταστροφές συμβαίνουν είτε σε εποχές υψηλής θερμοκρασίας είτε μετά από υπερβολική πτώση νερού.

Ο Φερεκύδης Βάβυος Σύριος (600-550 π.Χ.) δάσκαλος του Πυθαγόρα και μαθητής του Πιττακού λέγεται ότι ήταν ο πρώτος που έγραψε για την φύση και τους Θεούς. Αναφέρεται πως ο Φερεκύδης είχε προβλέψει σεισμό από την άντληση νερού από πηγάδι, καθώς ενώ έπινε νερό προέβλεψε πως θα γίνει σεισμός σε 3 ημέρες, γεγονός που συνέβη.

Ο Αναξιμένης (585-525 μ.Χ.), ο τρίτος Μιλήσιος μεγάλος φιλόσοφος, πίστευε ότι η αιτία των σεισμών βρίσκεται στην ίδια την γη και δεν οφείλεται σε εξωτερικούς παράγοντες. Επομένως, η πηγή τους βρίσκεται στην αποσάθρωση ορισμένων τμημάτων της και στην επίδραση της ξηρασίας, της υγρασίας και των ανέμων που διευκολύνουν την αποσάθρωσή τους. Για τον λόγο αυτό, έλεγε ότι οι σεισμοί οι σεισμοί γίνονται κατά τη διάρκεια μεγάλων ξηρασιών και πολυομβριών.

Ο Πυθαγόρας (585-500 π.Χ.), είχε υιοθετήσει την άποψη ότι η ροή θερμότητας από το εσωτερικό της γης δημιουργεί τα γεωλογικά φαινόμενα, επομένως και τους σεισμούς.

Ο Περμενίδης ο Ελεάτης (515- 440 π.Χ.) υπήρξε κατά πάσα πιθανότητα μαθητής του Ξενοφάνη. Σύμφωνα με τον Περμενίδη ο κόσμος ούτε γεννήθηκε ποτέ, ούτε μεταβάλλεται, ούτε κινείται, ούτε είναι δυνατόν να χαθεί. Υποστηρίζει πως η Γη “απλώνεται” εξίσου προς όλες τις κατευθύνσεις και όλα τα μέρη της είναι ισορροπημένα καθώς δεν υπάρχει η δύναμη ή κάποιο αίτιο να προκαλέσει κλίση στην μια μεριά σε σχέση με άλλη. Επομένως είναι δυνατόν να ανακινείται μέρος του αλλά όχι να αναδεύεται και να κινείται στο σύνολό του.

Ο Αναξαγόρας (500-428 π.Χ.) θεωρούσε τη φωτιά υπεύθυνη τουλάχιστον για μερικούς σεισμούς. Σύμφωνα με αυτόν τον φιλόσοφο, τα κοιλάματα (σπήλαια) μέσα στη Γη περιέχουν ατμούς οι οποίοι συγκρούονται και παράγουν φωτιά, όπως τα σύννεφα παράγουν τις αστραπές, και καθώς η φωτιά έχει τάση να κατευθύνεται προς τα πάνω προκαλεί ισχυρές εκρήξεις στα εμπόδια που συναντάει κατά τη γρήγορη άνοδό της με συνέπεια να προκαλεί έντονους εδαφικούς κραδασμούς και θόρυβο. Μεταγενέστεροι οπαδοί του, διαφοροποίησαν ελαφρώς την υπόθεση του Αναξαγόρα και υποστήριξαν ότι η φωτιά, κατά την άνοδό της, κατακαίει τα στηρίγματα των σπηλαίων με συνέπεια αυτά να καταρρέουν και να προκαλούν τις εδαφικές δονήσεις.

Ο Αντιφών ο Σοφιστής, (5ος αιώνας π.Χ.), θεωρούσε ότι οι σεισμοί προκαλούνταν από φωτιές που καίνε και λιώνουν την γη, προκαλώντας ρωγμές και τρέμουλο. Μια θεωρία που προέρχεται ίσως από ηφαιστειακές εκρήξεις και είναι η μια μόνη πληροφορία που έχουμε από τον Αντιφών.

Ο Μητρόδωρος ο Χίος (5ο-4ο αιώνα π.Χ.), πίστευε ότι κανένα σώμα που βρίσκεται στη σωστή και φυσική του θέση δεν είναι σε θέση να κινηθεί ή να αναδυθεί εκτός και αν κάτι το ωθεί ή το τραβά. Συνεπώς η Γη είναι στην φυσική της θέση αλλά τμήματα της Γης είναι ικανά να κινούνται.

Ο Αρχέλαος ο Αθηναίος (490- 420 π.Χ.) ήταν μαθητής του Αναξαγόρα και δάσκαλος του Σωκράτη. Ο Αρχέλαος πίστευε ότι ο αέρας ή οι ατμοί προκαλούν τους σεισμούς. Αυτός διατύπωσε την άποψη ότι ο αέρας μπαίνει μέσα στη Γη, συμπιέζεται έντονα και προκαλεί τις εδαφικές δονήσεις και τους θορύβους που ακούγονται κατά τη γένεση των σεισμών και όταν ο συμπιεσμένος αέρας δημιουργεί ρωγμή στην επιφάνεια της Γης προκαλεί εκτεταμένες καταστροφές.

Ο Δημόκριτος (460-362 π.Χ.), υποστήριξε ότι υπάρχουν τεράστια υπόγεια σπήλαια που πλημμυρίζουν από έντονες βροχοπτώσεις, στην συνέχεια ξεχειλίζουν πιέζοντας την επιφάνεια της Γης στην οποία προκαλούν ρωγμές. Καθώς τα ξηρά υπόγεια σπήλαια αντλούν νερό από από άλλα δημιουργούνται οι αναταράξεις στην Γη.

Ο Καλλισθένης (4ος αιώνας π.Χ.) πίστευε ότι ο αέρας μπαίνει μέσα στη Γη από κρυφές πηγές που βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα και όταν το νερό της θάλασσας εμποδίζει την έξοδο του, ο αέρας στριφογυρίζει και διαταράσσει τη Γη. Έτσι εξηγούσε και τη μεγαλύτερη επίδραση των σεισμών σε παραθαλάσσιες περιοχές.

Μια ενδιαφέρουσα υπόθεση βασισμένη σε προηγούμενους μελετητές διατυπώθηκε από τον Αριστοτέλη (384-323 π.Χ.), έπειτα από παρατηρήσεις του. Η υπόθεση αυτή επικράτησε των άλλων λόγω της πρωτοτυπίας της. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα μ' αυτή, ο άνεμος ως γενεσιουργός των σεισμών, αποτελούνταν από κινούμενο θερμό και ξηρό αέριο, το οποίο προέρχεται από αναθυμιάσεις του εσωτερικού της γης, εξαιτίας της θέρμανσής της από τον ήλιο και την εσωτερική της θερμότητα. Έτσι, κινούμενος στο εσωτερικό της γης, έχει την μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγάλη δύναμη κρούσης. Ο Αριστοτέλης, παρατήρησε ότι εκεί όπου η θάλασσα είναι «ροώδης» και η ξηρά «σπηλαιώδης», συμβαίνουν οι μεγαλύτεροι σεισμοί, διότι η πρώτη σπρώχνει τον αέρα που εξέρχεται από το εσωτερικό πάλι προς τα μέσα και η δεύτερη ταλαντώνεται έντονα λόγω της απορρόφησης μεγάλων ποσοτήτων ανέμων. Διατύπωσε ακόμα την άποψη ότι τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (τσουνάμι) οφείλονται σε μεγάλη συμπίεση ανέμου στο εσωτερικό της γης από το νερό και τον επιφανειακό άνεμο. Σε περίπτωση που μαζευτούν μεγάλες ποσότητες ανέμου, δημιουργείται μια απότομη κίνησή του προς τα πάνω που προκαλεί τον σεισμό και την ισχυρή μετακίνηση της θάλασσας. Πίστευε επίσης, ότι στα νησιά υπάρχει μικρή πιθανότητα γένεσης σεισμών, επειδή εκεί το νερό είναι κρύο και δεν δημιουργούνται αναθυμιάσεις. Επίσης, θεωρούσε ότι την άνοιξη και το φθινόπωρο γίνονται οι περισσότεροι σεισμοί, επειδή τότε ο άνεμος είναι ισχυρότερος. Ισχυρίστηκε ότι μετά το πέρας ενός σεισμού, γίνονται μετασεισμοί μικρότερης

έντασης περίπου για σαράντα ημέρες. Παρατήρησε ότι πριν από κάθε σεισμό προκαλείται κάποιος θόρυβος, ο οποίος αποτελεί άνεμο λεπτής υφής και για αυτό προηγείται του σεισμού. Σε περίπτωση που ο άνεμος αυτός είναι πολύ λεπτής υφής, δημιουργεί μόνο θόρυβο, αλλά όχι σεισμό. (C. Liner, 1997)

Οι σεισμοί την κλασική αυτή περίοδο διακρίθηκαν σε επτά κατηγορίες ανάλογα με την διεύθυνση της κίνησης του σεισμού και των αποτελεσμάτων τους στο έδαφος. Η διάκριση αυτή αποδίδεται σε εργασία με όνομα De Mund (Επί του Κόσμου), πιθανώς του Αριστοτέλη. Οι κατηγορίες που προτείνει είναι (Παπαζάχος, 2003):

Βράσται (κατακόρυφη σεισμική κίνηση)

Επικλίνεται (πλάγια διεύθυνση κίνησης)

Ρήκται (γένεση ρηγμάτων)

Χασματίαι (γένεση χασμάτων)

Ωσται (δημιουργία ανέμου, κατάρρευση και κατολισθήσεις του εδάφους)

Παλματίαι (δημιουργία ταλαντώσεων)

Μυκητίαι (θόρυβος κατά τους σεισμούς)

Από τους τελευταίους κλασσικούς συγγραφείς που διατύπωσαν απόψεις για τους σεισμούς είναι ο Επίκουρος (341 π.Χ.), ο οποίος απέδιδε τη γένεση των σεισμών στη διαβρωτική και μεταφορική δράση του νερού και ο Ρωμαίος Σενέκας (4 π.Χ.- 65 μ.Χ.), ο οποίος πραγματοποίησε ανασκόπηση των μέχρι τότε απόψεων για τα αίτια γένεσης των σεισμών και διατύπωσε και τη δική του άποψη η οποία ουσιαστικά συμπίπτει με αυτή του Αρχέλαου.

Πέρα όμως από τις φυσιοκρατικές απόψεις των Ελλήνων φιλοσόφων για τα αίτια των σεισμών, επικρατούσαν και θεοκρατικές αντιλήψεις. Έτσι, ο σεισμός θεωρείτο ως “Διοσημία” δηλαδή φαινόμενο που έστελνε ο Δίας. Όταν συνέβαιναν τέτοια φαινόμενα, διαλύονταν η εκκλησία του δήμου και αναβάλλονταν οι υποθέσεις που δικάζονταν. Επίσης πίστευαν ότι ο Ποσειδώνας σείει τη Γη και για αυτό ονομαζόταν από τους ποιητές “ενοσίγαιος”, “ενοσιχθών”, “γαιήοχος”, δηλαδή ότι κρατάει ή απέχει τη Γη, αλλά και “σεισίχθων”, δηλαδή ότι σείει τη Γη.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι η συμβολή των αρχαίων Ελλήνων και Λατίνων φιλοσόφων στην κατανόηση της επιστήμης της Σεισμολογίας ήταν καθοριστική. Αρχικά, αποδέχτηκαν την ύπαρξη φυσικών αιτιών (π.χ. του νερού και της θερμότητας από το εσωτερικό της γης) που προκαλούν την γένεση των σεισμών, ενώ σε δεύτερη φάση πραγματοποίησαν αρκετές έρευνες πεδίου (μακροσκοπική έρευνα) για την ερμηνεία των παρατηρήσεων και την καταγραφή αξιόλογων πληροφοριών για την συμπεριφορά και τις συνέπειες

των σεισμών προς μεταγενέστερη έρευνα. Αποτέλεσαν ουσιαστικά τη βάση για την μελέτη και την δημιουργία εφαρμόσιμης, μέσα από πειράματα, σεισμολογικής γνώσης.

2.1.1. Μεγάλοι σεισμοί στην Αρχαία Ελλάδα

Σχετικά με τις περιγραφές των σεισμικών επιπτώσεων κατά την αρχαιότητα, βρίσκονται σε κείμενα των αρχαίων Ελλήνων και Λατίνων ιστορικών, γεωγράφων κλπ. όπως είναι ο Ηρόδοτος, ο Θουκυδίδης, ο Ξενοφών, ο Κικέρωνας κ.α.

Το 494 π.Χ. σεισμός μεγέθους 6,6 βαθμών συμβαίνει στην Χίο, όπου υπάρχουν 120 θύματα με την πλειοψηφία να είναι παιδιά.

Γνωστός μεγάλος σεισμός επίσης, είναι ο σεισμός της Σπάρτης το 464 π.Χ. του οποίου η σφοδρότητα ήταν ασύλληπτη. Οι κορυφές του Ταΰγετου απερράγησαν και άνοιξαν χάσματα σε διάφορα σημεία. Στο γυμνάσιο λίγο πριν από τον σεισμό παρουσιάστηκε ένας λαγός. Τα παιδιά που βγήκαν να τον κυνηγήσουν σώθηκαν ενώ τα υπόλοιπα που παρέμειναν μέσα σκοτώθηκαν με την κατάρρευση του κτιρίου. Ο κοινός τάφος τους ονομάστηκε Σεισματίας.

Ένας από τους μεγαλύτερους σεισμούς εκείνη την εποχή ήταν αυτός που συνέβη το 426 π.Χ. με επίκεντρο τη Φθιώτιδα και για τον οποίο κάνουν αναφορά τόσο ο Θουκυδίδης όσο και ο Στράβωνας, παραθέτοντας ότι μετά το σεισμό, εισέβαλε ένα μεγάλο θαλάσσιο κύμα, σαρώνοντας τη βόρεια Εύβοια και τις Θερμοπύλες, ενώ τα θερμά νερά της Αιδηψού και των Θερμοπυλών στέρεψαν για τρεις ημέρες και πάνω από 3.000 άτομα σκοτώθηκαν στις περιοχές της Στυλίδας και των Θερμοπυλών.

Η πόλη της Ελίκης βυθίστηκε το 373 π.χ. στο Αχαϊκό έδαφος από σεισμό και τσουνάμι. Δεν επέζησε κανείς από τον σεισμό αυτό σύμφωνα με τις αναφορές. Επικρατούσε η άποψη ότι η πόλη καταστράφηκε από την οργή του Ποσειδώνα και πολλοί αρχαίοι συγγραφείς βρήκαν στην καταστροφή της Ελίκης την αφορμή να επισκεφθούν την Ελλάδα και να γράψουν συγγράμματα όπως π.χ. ο Πλάτων με το έργο του “Ατλαντίδα”.

Καθώς οι δονήσεις διήρκησαν μέρες και ήταν συνεχείς και ισχυρές, όλα τα σπίτια γκρεμίστηκαν εκ θεμελίων και αναφέρονται πάνω από 20.000 θύματα. Ήταν σεισμός 7,0 βαθμών, ο πιο φονικός των ιστορικών χρόνων. Η ολοκληρωτική καταστροφή αυτή, θεωρήθηκε ότι οφειλόταν στην οργή του θεού Ποσειδώνα, την οποία προκάλεσαν οι Σπαρτιάτες, διότι είχαν αποσπάσει από τον βωμό του στο Ταίναρο και θανατώσει είλωτες καταδικασμένους σε θάνατο, που είχαν καταφύγει σε αυτό το φημισμένο άσυλο.

Άλλος ένας σεισμός, το 227 π.Χ., μεγέθους 7,2 βαθμών με επίκεντρο τη Ρόδο, γκρέμισε τον Κολοσσό του Ηλίου, το μεγαλύτερο μέρος από τα τείχη και το ναύσταθμο της Ρόδου, ενώ σεισμός

της ίδιας έντασης, το έτος 17 μ.Χ. με επίκεντρο τις Σάρδεις, γκρέμισε σπουδαίες πόλεις της Μικράς Ασίας, όπως ήταν η Λαοδίκεια και τα Θυάτεια, καθώς και η Ρόδος.

2.1.2. Μεγάλοι σεισμοί στην Ελλάδα κατά την περίοδο της Βυζαντινής εποχής

Ένας τρομακτικός σεισμός που έλαβε χώρα στις 21 Ιουλίου του 365 μ.Χ. μεγέθους 8,2 βαθμών, ήταν αυτός με επίκεντρο τα Φαλάσαρνα της Δυτικής Κρήτης, ο οποίος κατέστρεψε δέκα πόλεις της Κρήτης, ενώ ο Χιώτης (1886) αναφέρει ότι ράγισαν οι κορυφές του Ταΰγετου, γκρεμίστηκε ο ναός του Δία στην Ολυμπία και δημιουργήθηκαν τόσα θαλάσσια σεισμικά κύματα (τσουνάμι) που έφτασαν μέχρι την Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου, πλημμυρίζοντας την, αλλά και σε όλες τις παραλιακές πόλεις της Μεσογείου.

Μια άλλη δόνηση μεγέθους 7,5 βαθμών στις 8 Νοέμβρη του 447 μ.Χ., με επίκεντρο την Κωνσταντινούπολη, γκρέμισε τα τείχη της Πόλης και έπληξε τη Φρυγία, τη Βυθινία και τον Ελλήσποντο.

Στις 7 Ιουλίου του 551 μ.Χ., ένας σεισμός 7,2 βαθμών με επίκεντρο τη Χαιρώνεια, ισοπέδωσε εκτός από τη Χαιρώνεια, την Πάτρα και τη Ναύπακτο ολόκληρη.

Το 597 μ.Χ. ένας σεισμός 6,8 βαθμών με επίκεντρο τους Φιλίππους, ερήμωσε την πόλη και άλλαξε την ροή του ποταμού Στρυμόνα.

Μία φοβερή δόνηση 8,0 βαθμών, το Δεκέμβριο του 1303, με επίκεντρο τη Ρόδο, κατέστρεψε τελείως το νησί, σκότωσε 4.000 ανθρώπους στο Χάνδακα, ενώ εξ αιτίας του προκλήθηκαν μεγάλες καταστροφές στην Κορώνη, τη Μεθώνη, μεγάλο μέρος της Κρήτης και πολλά μέρη της Πελοποννήσου, ενώ και η Αλεξάνδρεια έπαθε τα πάνδεινα εξαιτίας του σεισμού.

Τέλος, ένας σεισμός 7,2 βαθμών, την 1η Ιουλίου 1494, με επίκεντρο το Ηράκλειο, προκάλεσε εξαιρετικά μεγάλες ζημιές σε πολλές περιοχές της Κρήτης, ενώ στο λιμάνι μεγάλα κύματα προξένησαν βίαιες συγκρούσεις αγκυροβολημένων πλοίων.

2.2. Περίοδος εμφάνισης της Νέας επιστήμης (1500 – 1900μ.Χ.)

Στην Ευρώπη την περίοδο αυτή αλλάζει το ενδιαφέρον της επιστημονικής έρευνας. Η επιστημονική κοινότητα στρέφεται προς την πειραματική έρευνα και πραγματοποιούνται έτσι περισσότερες επιστημονικές μελέτες. Η περίοδος αυτή αποτελεί την έναρξη της αλλαγής απόψεων σχετικά με τα αίτια γέννησης σεισμών αν και μέχρι τον 17ο αιώνα οι απόψεις που αναπτύσσονταν ήταν ακόμα επηρεασμένες από τον Αριστοτέλη.

Μερικές απόψεις την περίοδο αυτή ήταν πως ο σεισμός οφειλόταν σε υπόγεια έκρηξη την οποία προκαλούσε η ένωση θείου και αζώτου σύμφωνα με τον Gardan (1501-1576μ.Χ.). Ο A. Kircher (1678μ.Χ.) στήριζε την άποψη πως οι σεισμοί συνδέονται με αγωγούς φωτιάς που βρίσκονται στο εσωτερικό της γης. Από την άλλη, Ο M. Lister και ο N. Lasmery υιοθέτησαν την άποψη πως ο σεισμός δημιουργείται από εκρήξεις εύφλεκτων υλικών που βρίσκονται σε συγκεκριμένες περιοχές στο εσωτερικό της Γης, άποψη που στήριζε και ο Νεύτων.



Εικόνα 2.: Το πρώτο σεισμοσκόπιο που κατασκευάστηκε το 132 μ.Χ. από τον Κινέζο φιλόσοφο Zhang Heng (78-132 μ.Χ.). Το σεισμοσκόπιο περιείχε εκκρεμές (κατακόρυφος κύλινδρος) το οποίο, αποκρινόμενο στην εδαφική δόνηση, ωθούσε μέσω μοχλών σφαιρίδια να πέσουν σε υποδοχείς (ανοιχτά στόματα βατράχων) που βρίσκονται στην βάση του.

Ταυτόχρονα κατά την διάρκεια του διαστήματος αυτού, πραγματοποιήθηκαν και σημαντικές μακροσεισμικές παρατηρήσεις για καταστροφικούς σεισμούς οι οποίες ήταν η βάση για την ταχεία ανάπτυξη της θεωρίας της ελαστικότητας κατά το 19ο αιώνα. Ο σεισμός της Λισαβόνας που συνέβει την 1^η Νοέμβρη του 1755, ήταν η αιτία που ο J. Mitchell ερμήνευσε την σεισμική κίνηση ως αποτέλεσμα της διάδοσης ελαστικών κυμάτων στο εσωτερικό της Γης, μια ερμηνεία που πρώτη

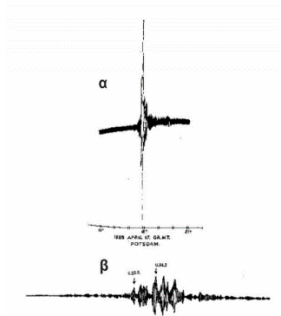
φορά εντάχθηκε στην ιστορία της Σεισμολογίας. Την ερμηνεία αυτή εξέλιξαν με την σειρά τους ο T. Young, R. Mallet και J. Milne. Ο R. Mallet σύμφωνα με τα μακροσεισμικά αποτελέσματα του σεισμού της Νάπολης το 1857, οδηγήθηκε σε ένα εντυπωσιακό συμπέρασμα που εξηγούσε πως ο σεισμός γεννιέται σε ορισμένη “σεισμική εστία”, όπου σήμερα ονομάζεται “υπόκεντρο”, και έπειτα διαδίδεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις. (Παπαζάχος Β., Καρακαίσης Γ., Χατζηδημητρίου Π. (2005).

Αυτοί που ασχολήθηκαν αρχικά με πειραματικά προβλήματα ελαστικότητας ήταν ο Γαλιλαίος (1638) και ο Hook (1660) που διατύπωσε και τον ομώνυμο νόμο, ενώ οι Γάλλοι επιστήμονες Navier (1821) και Cauchy (1822) είναι οι πρώτοι που ανέπτυξαν τις εξισώσεις της θεωρίας της ελαστικότητας. Το έτος 1830 ο Poisson και ο Stokes το έτος 1849, απέδειξαν σύμφωνα με τις εξισώσεις της κίνησης και τους καταστατικούς νόμους της ελαστικότητας την ύπαρξη μόνο δύο τύπων ελαστικών κυμάτων που διαδίδονται στο εσωτερικό ομογενούς στερεού, τα επιμήκη κύματα (P κύματα) και τα εγκάρσια κύματα (S κύματα). Το έτος 1887 ο Λόρδος Reyleigh απέδειξε θεωρητικά την ύπαρξη των ομώνυμων επιφανειακών κυμάτων και το έτος 1911 ο Love απέδειξε επίσης θεωρητικά, την ύπαρξη του δεύτερου θεμελιώδους είδους επιφανειακών κυμάτων που φέρουν κιάλα και το όνομά του (Παπαζάχος Β., Καρακαίσης Γ., Χατζηδημητρίου Π., (2005)

Οι δύο σημαντικές εξελίξεις τον 19^ο αιώνα που αποτέλεσαν την βάση για την εξέλιξη της επιστήμης της Σεισμολογίας ήταν η θεωρία της ελαστικότητας και η εφεύρεση του σειсмоγράφου.

Οι πρώτοι σειсмоγράφοι κατασκευάστηκαν στην Ιαπωνία από τους Άγγλους Cray, Milne και Ewing περίπου το 1880, αποτελούσαν μηχανικούς σειсмоγράφους οι οποίοι κατέγραφαν πάνω σε αιθαλωμένο γυαλί. Η πρώτη αναγραφή μακρινού σεισμού έγινε τυχαία το 1889 στο Potsdam από οριζόντιο αυτογραφικό εκκρεμές τύπου Rebeur -Paschwitz. Αυτή οφειλόταν σε σεισμό της Ιαπωνίας, που έγινε σε απόσταση 9000 Km περίπου από το σημείο αναγραφής. Τα κύματα Reyleigh αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά στα σειсмоγράμματα το 1980 από τον Oldham στην Αγγλία και τον Wiechert στη Γερμανία.

Το 1898 ο E. Wiechert εισήγαγε τον πρώτο σειсмоγράφο με ιζώδη απόσβεση, ο οποίος έχει τη δυνατότητα αναγραφής του συνόλου της εδαφικής κίνησης που οφείλεται σε ορισμένο σεισμό. (Παπαζάχος Β., Χατζηδημητρίου Π., Καρακαίσης Γ., (2005))



Εικόνα 3. Ένα από τα πρώτα σειсмоγράμματα. Προέρχεται από σεισμό που έγινε στην Ιαπωνία στις 17 Απριλίου 1889 και καταγράφηκε από σειсмоγράφο τύπου Rebeur- Paschwitz εγκατεστημένο στο Potsdam της Γερμανίας (Von Rebeur- Paschwitz, E., 1889.)

2.2.1. Μεγάλοι σεισμοί την περίοδο 1500-1900 μ.Χ στην Ελλάδα.

- **1508μ.Χ.** Στην Κρήτη, στην περιοχή της Ιεράπετρας συνέβη σεισμός 7,2 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ. Από τον σεισμό έχασαν την ζωή τους σχεδόν 300 άτομα, ενώ μεγάλες καταστροφές, σχεδόν ολοκληρωτικές δέχτηκε η πόλη της Ιεράπετρας και τα Σητεία.
- **1509μ.Χ.** Στην Ανατολική Θράκη σεισμός μεγέθους 7,7 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ με επίκεντρο την περιοχή της Κωνσταντινούπολης, άφησε πίσω του 10.000 ανθρώπινα θύματα, ενώ δημιουργήθηκε και μεγάλο θαλάσσιο κύμα.
- **1674μ.Χ** Σεισμός 6,5 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ συνέβη στην νήσο *Κέρκυρα* με αντίκτυπο σοβαρές καταστροφές και 200 θύματα.
- **1704μ.Χ.** Υπό θαλάσσιας περιοχής της πόλης *Λευκάδας*, σεισμός μεγέθους 6,6 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ ήταν η αιτία 40 άνθρωποι να χάσουν την ζωή τους, καθώς πολλές κατοικίες κατέρρευσαν. Ο σεισμός έγινε αισθητός σε νησιά του Ιονίου, όπως και σε Πρέβεζα και Άρτα.
- **1742μ.Χ.** Σεισμός σε περιοχή της *Ζακύνθου* μεγέθους 6,5 βαθμών προκάλεσε τον θάνατο 120 ανθρώπων, οι οποίοι είχαν παγιδευτεί στα ερείπια των κατεστραμμένων σπιτιών.
- **1767 μ.Χ.** Στο νησί της *Κεφαλονιάς*, σεισμός μεγέθους 7,2 βαθμών, ο οποίος ήταν ο πιο καταστροφικός μέχρι τότε με 250 νεκρούς και ολοκληρωτική καταστροφή πολλών κτιρίων. Επίσης αξιοσημείωτο αποτέλεσμα του σεισμού ήταν ρωγμή που σχηματίστηκε στο έδαφος με μήκος 100μ και πλάτος 1μ. Αισθητός επίσης έγινε στην *Λευκάδα* όπου σημειώθηκαν και εκεί αρκετές καταστροφές. Η μετασεισμική δραστηριότητα στο νησί της *Κεφαλονιάς* επέμεινε μέχρι και ένα έτος.

- **1786 μ.Χ.** Στο νησί της *Κέρκυρας*, σεισμός 6,6 βαθμών άφησε πίσω 120 θύματα και πάρα πολλούς τραυματίες.
- **1791 μ.Χ.** Στην *Ζάκυνθο* 22 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους από σεισμό 6,6 βαθμών ο οποίος συνέβη στο ανατολικό μέρος του νησιού ο οποίος προκάλεσε καταστροφές και στην Πελοπόννησο, στην περιοχή της Γαστούνης, και έγινε αισθητός μέχρι την Ιταλία.
- **1810 μ.Χ.** Ένας από τους καταστροφικότερους σεισμούς την περίοδο αυτή συνέβη στο *Ηράκλειο* της Κρήτης. Το μέγεθος του σεισμού έφτασε τους 7,8 βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ με 2.500 θύματα και με το 1/3 των σπιτιών του νησιού κατεστραμμένο. Ο σεισμός έγινε αισθητός στην Ιταλία, στην Μάλτα, στην Β. Αφρική και στην Κύπρο.
- **1825 μ.Χ.** Στην *Λευκάδα* 58 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους από σεισμό μεγέθους 6,7 βαθμών.
- **1843 μ.Χ.** Στο νησί *Χάλκη* στα Δωδεκάνησα συνέβη φονικός σεισμός μεγέθους 6,5 βαθμών με αποτέλεσμα την κατάρρευση ολόκληρου βουνού και τον θάνατο 600 ανθρώπων.
- **1856 μ.Χ.** Σεισμός 8,2 βαθμών συμβαίνει στην Κρήτη, στην πόλη του *Ηρακλείου*. Στοίχησε την ζωή 550 ανθρώπων και τραυμάτισε άλλους 650. Η ζημιά που υπέστη η πόλη ήταν καταστροφική καθώς όλα τα σπίτια καταστράφηκαν αν και ολόκληρη η Κρήτη βίωσε την καταστροφή με συνολικά 6.500 σπίτια ολοσχερώς κατεστραμμένα και 11.500 να φέρουν σοβαρές ζημιές.
- **1867 μ.Χ.** Η *Λέσβος* δέχεται έναν από τους φονικότερους σεισμούς έως εκείνη την περίοδο. Σεισμός μεγέθους 6,8 βαθμών ήταν η αιτία να χάσουν την ζωή τους 550 άνθρωποι και να τραυματιστούν άλλοι 800. Όλη η Μυτιλήνη βίωσε την καταστροφή καθώς καταστράφηκε σχεδόν ολοκληρωτικά και η φωτιά που έκανε την εκδήλωση της μετά τον σεισμό αποτελείωσε ότι είχε μείνει όρθιο.
- **1870 μ.Χ.** Η *Αράχοβα* την χρονιά αυτή βίωσε σεισμό 6,8 βαθμών με θύματα 120 ανθρώπους και 380 τραυματίες. Η μετασεισμική δραστηριότητα είχε διάρκεια έως και 3,5 χρόνια μετά τον σεισμό.
- **1881 μ.Χ.** Η Χίος δέχτηκε τον πιο φονικό σεισμό μέσα σε δυο αιώνες. Σεισμός μεγέθους 6,4 βαθμών στοίχησε την ζωή σε 3.500 ανθρώπους και ποσοστό διπλάσιο τραυματίστηκε. Η μετασεισμική δράση είχε διάρκεια 3 χρόνια.

- **1894 μ.Χ.** Στην Φθιώτιδα, στην περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου, συνέβησαν δύο σεισμοί με τον μεγαλύτερο να φτάνει τους 7 βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ. Χάθηκαν 255 άνθρωποι και προκλήθηκε μεγάλος αριθμός καταστροφών καθώς επίσης δημιουργήθηκε θαλάσσιο κύμα ύψους 3 μέτρων, το οποίο εισέβαλε 1 χμλ στην στεριά.

(Παπαζάχος & Παπαζάχου, (2003).

2.3. Νέα περίοδος της Σεισμολογίας (1900 και μετά)

Στην νέα αυτή περίοδο δημιουργήθηκε μεγάλο πλήθος σεισμολογικών σταθμών με σημαντικές καταγραφές που αφορούσαν την εύρεση του επίκεντρου και άλλων σεισμολογικών παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένης της κλίμακας Ρίχτερ (1935) και της λεπτομερούς ανάλυσης της δομής του εσωτερικού της γης.

Την περίοδο 1928 – 1964 δημοσιεύτηκαν περίπου 160 σεισμολογικές μελέτες, οι οποίες υποδείκνυαν την αυξημένη ερευνητική δραστηριότητα. Το 1906 κατασκευάστηκε ο πρώτος ηλεκτρομαγνητικός σειсмоγράφος από τον Β. Galitzin και το 1959 εγκαταστάθηκε στο Αστεροσκοπείο Αθηνών. Την επόμενη δεκαετία και αργότερα, εγκαταστάθηκαν στον ίδιο χώρο σεισμόμετρα βραχείας περιόδου (τύπου Benioff) και σεισμόμετρα μακράς περιόδου (τύπου Willmore), που καθιστούσαν το Αστεροσκοπείο ως σταθμό διεθνούς σεισμολογικής σημασίας. Όλα αυτά, σε συνδυασμό με ένα οργανωμένο τηλεμετρικό δίκτυο καταγραφής παρατηρήσεων και ένα εθνικό δίκτυο επιταχυνσιομέτρων, που εγκαταστάθηκαν αργότερα (1981), συνέβαλαν στην ανάπτυξη της Σεισμολογίας στην Ελλάδα. Τέλος, από το 1965 και μετά, με την επιχορήγηση από ελληνικούς και ξένους φορείς, όπως είναι η Ευρωπαϊκή Ένωση, η UNESCO και άλλοι, δημοσιεύτηκε πλήθος ερευνών με στοιχεία συγγενή με την επιστήμη της Σεισμολογίας.

Σήμερα, έχουν ιδρυθεί πέντε σεισμολογικά κέντρα που παρέχουν πληθώρα πολύτιμων πληροφοριών και είναι οι εξής:

- Εργαστήριο Σεισμολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ) Τομέας Γεωφυσικής τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο
- Εργαστήριο Σεισμολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ.
- Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών, Θεσσαλονίκη
- Εργαστήριο Σεισμολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

2.3.1. Μεγάλοι σεισμοί από το 1900 μέχρι σήμερα στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τον Παπαζάχο & Παπαζάχου (2003):

- **1932 μ.Χ.** Στην Χαλκιδική, στην περιοχή της Ιερισσού, σεισμός 7 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ στοίχισε την ζωή σε 160 ανθρώπους, ενώ τα κτήρια που καταστράφηκαν ή υπέστησαν μεγάλες ζημιές αγγίζουν τον αριθμό των 7.000.
- **1933 μ.Χ.** 200 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους από σεισμό 6,6 βαθμών στο νησί της Κως και 600 τραυματίστηκαν σοβαρά. Το νησί βίωσε την ολοκληρωτική καταστροφή με τον σεισμό να γίνεται αισθητός μέχρι το νησί της Νισύρου και της Αλικαρνασσού. Φαινόμενο που έλαβε χώρα πριν την εκδήλωση του σεισμού είναι το στέρεμα των πηγών του νησιού.
- **1953 μ.Χ.** Τον Ιούνιο του 1953 έλαβε χώρα μια σεισμική ακολουθία από 3 κύριους σφοδρούς σεισμούς και με μετασεισμική δραστηριότητα που έφτασε τους 153 μετασεισμούς. Η περίοδος της σεισμικής ακολουθίας ξεκίνησε στις 9 του Αυγούστου και έλαβε τέλος στις 12 του μήνα αφήνοντας πίσω της τεράστιες καταστροφές σε Ζάκυνθο, Ιθάκη και Κεφαλονιά. Τα θύματα που άφησε πίσω του ήταν 455 και 2,412 τραυματισμένοι σοβαρά καθώς οι αγνοούμενοι και οι άστεγοι έφτασαν τους 21 και 145.052 αντίστοιχα.

Ανήκουν στην κατηγορία των πιο καταστροφικών σεισμών στην νεότερη περίοδο της Ελλάδας. Η ακολουθία έλαβε χώρα ως εξής:

- Πρώτος σεισμός έγινε στις 9 Αυγούστου του 1953, ημέρα Κυριακή και ώρα 9:41 π.μ. στην Ιθάκη στην περιοχή του Σταυρού. Καταστράφηκαν σπίτια σε Ιθάκη και Κεφαλονιά και άφησε πίσω του πολλούς τραυματισμένους.
- Δεύτερη σεισμική δόνηση 6,8 βαθμών συνέβη την Τρίτη στις 11 του μήνα και ώρα 8:32 π.μ. στην Ζάκυνθο. Ακολούθησαν αρκετοί μετασεισμοί μέσα στην μέρα με μεγάλες καταστροφές να έχουν λάβει χώρα σε Σάμη, Αργοστόλι, Ληξούρι, Ζάκυνθο.
- Την επομένη ακριβώς μέρα, σεισμός 5,2 βαθμών ταρακούνησε την Κεφαλονιά και λίγη ώρα αργότερα συνέβη δεύτερος σεισμός, ο πιο καταστροφικός για την νήσο Κεφαλονιά στην σύγχρονη ιστορία, μεγέθους 7,2 βαθμών. Η ένταση του σεισμού προσδιορίστηκε ως X+ (10+) στην κλίμακα Μερκάλι, ήταν δηλαδή “εξαιρετικά καταστροφικός”. Ο σεισμός κατέστρεψε ολοκληρωτικά το Αργοστόλι, το Ληξούρι και την Ζάκυνθο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η σεισμική αυτή δραστηριότητα ανύψωσε την Κεφαλονιά κατά 60 εκ.



Εικόνα 4: Φωτογραφία που απεικονίζει τα αποτελέσματα του σεισμού σε Κεραλονιά- Ζάκυνθο- Ιθάκη (<http://www.pamepreveza.gr>)

- **1954 μ.Χ.** Σεισμός Σοφάδων μεγέθους 7,2 R “χτυπάει” την Καρδίτσα με 25 νεκρούς, μεγάλο αριθμό τραυματιών και χιλιάδες σπίτια κατεστραμμένα ολοσχερώς ή χαρακτηρισμένα ως μη κατοικήσιμα.
- **1956 μ.Χ.** Αμοργός- Σαντορίνη σεισμός μεγέθους 7,5 R σκότωσε 55 άτομα και τραμάτισε σχεδόν τον διπλάσιο αριθμό. Την εκδήλωση του έκανε θαλάσσιο κύμα, τσουνάμι, με ύψος 25 μέτρων



Εικόνα 5.: Εικόνες από εφημερίδα που απεικονίζει την καταστροφή που υπέστη το κυκλαδίτικο νησί.

- **1978 μ.Χ.** Σεισμός μεγέθους 6,5 βαθμών με “θύμα” την Θεσσαλονίκη ήταν η αιτία να χάσουν την ζωή τους 45 άνθρωποι, οι οποίοι ήταν ένοικοι μιας δόροφης πολυκατοικίας η οποία κατέρρευσε. Ο σεισμός έγινε αισθητός, και δημιούργησε ζημιές σε Κιλκίς, Σέρρες, Χαλκιδική καθώς και σε Βουλγαρία, Γιουγκοσλαβία και Αλβανία.



Εικόνα 6.: Πρωτοσέλιδο τοπικής εφημερίδας την χρονιά εκείνη που απεικονίζει την πολυκατοικία που κατέρρευσε.

- **1981 μ.Χ.** Σεισμός στην περιοχή του Κορινθιακού κόλπου βαθμών 6,7 Ρίχτερ “χτύπησε” σοβαρά την Αθήνα. Οι νεκροί έφτασαν τους 20 ενώ οι τραυματίες τα 500 άτομα.

Η καταστροφή ήταν τεράστια καθώς 22.500 κτήρια καταστράφηκαν ολοκληρωτικά ενώ άλλα 60.000 έπαθαν σοβαρές ζημιές.

- **1995 μ.Χ.** Στην περιοχή του Αιγίου σημειώθηκε σεισμός μεγέθους 6,1 R και ήταν η αιτία να χάσουν την ζωή τους 20 άνθρωποι.
- **1995 μ. Χ.** Σεισμός μεγέθους 6,6 R στις 13 Μαΐου αναστάτωσε τους κατοίκους της Κοζάνης και των Γρεβενών αφήνοντας πίσω του πάνω από 10.000 άστεγους. Ως θαύμα περιγράφεται το γεγονός που δεν θρήνησαν ούτε ένα θύμα, έχοντας μόνο 12 ελαφριά τραυματισμένους.
- **1999 μ.Χ.** Αθήνα, σεισμική δόνηση μεγέθους 5,9 R προκάλεσε τον θάνατο 143 ανθρώπων, ενώ τραυματίστηκαν 700. Τα κτήρια που καταστράφηκαν ήταν πάρα πολλά με αποτέλεσμα να μείνουν άστεγες 40.000 οικογένειες.



Εικόνα 7. Εικόνες από την καταστροφή που δημιούργησε το χτύπημα του Εγκέλαδου στην Αθήνα το 1999 μ.Χ.

- **2006 μ.Χ.** Στην υποθαλάσσια περιοχή ενδιάμεσα από Κρήτη και Κύθηρα σεισμός μεγέθους 6,9 R ταρακούνησε την Μεσόγειο και έγινε αισθητός σε 3 ηπείρους.
- **2008 μ.Χ.** Στην περιοχή της βορειοδυτικής Πελοποννήσου, σεισμός μεγέθους 6,5 R έγινε αισθητός σε πολύ μεγάλη έκταση μιας και το εστιακό του βάθος ήταν μόλις 10 χλμ.

Αυτή τη φορά ο σεισμός στοίχισε την ζωή 2 ανθρώπων.



Εικόνα 8. Φωτογραφία που απεικονίζει την καταστροφή που υπέστη ένα οίκημα στην περιοχή της Ανδραβίδας.
(πηγή <http://www.tovima.gr/2019/07/19/society/oi-megalyteroi-seismoι-pou-exoun-simeiothei-stin-ellada/>)

- **2014 μ.Χ.** 6,1 R στην Κεφαλονιά με έντονη σεισμική δραστηριότητα κινεί τους κατοίκους να αφήσουν τα σπίτια τους και να αναζητήσουν διανυκτέρευση σε άλλο μέρος.
- **2017 μ.Χ.** 12 Ιουνίου 2017 σεισμός μεγέθους 6,1 R ταρακούνησε την Λέσβο. Το επίκεντρο βρισκόταν στο χωριό Βρίσα όπου βρήκε τραγικό θάνατο μια γυναίκα 43 χρόνων όταν κατέρρευσε το οίκημα της.



Εικόνα 9. Φωτογραφία από το χωριό της Βρίσας μέρες μετά τον σεισμό, όπου διακρίνεται το μέγεθος της καταστροφής.

2.3.2. Αναλυτικός πίνακας φονικών σεισμών στην Ελλάδα από το 1900 μέχρι σήμερα

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΕΙΣΜΟΥ	ΘΥΜΑΤΑ
8 Ιουνίου 1804	Πάτρα	6,6	10
16 Φεβρουαρίου 1810	Κρήτη	7,8	2.500
23 Αυγούστου 1817	Αίγιο	6,5	65
19 Ιανουαρίου 1825	Λεύκαδα	6,7	24
5 Μαΐου 1829	Δράμα	7,3	10
30 Οκτωβρίου 1840	Χάλκη	6,5	600
11 Οκτωβρίου 1845	Λέσβος	6,8	1
11 Ιουνίου 1846	Μεσσήνη	6,5	30
18 Αυγούστου 1853	Θήβα	6,8	13
12 Οκτωβρίου 1856	Ρόδος	8,2	618
29 Φεβρουαρίου 1858	Κόρινθος	6,7	21
6 Ιουνίου 1861	Κορινθιακός Κόλπος	6,7	20
23 Ιουλίου 1865	Λέσβος	6,7	10
4 Φεβρουαρίου 1867	Κεφαλλονιά	7,2	224
7 Μαρτίου 1867	Λέσβος	6,8	550
28 Δεκεμβρίου 1869	Λευκάδα	6,6	15
1 Αυγούστου 1870	Αράχοβα	6,8	117
3 Απριλίου 1881	Χίος	6,4	4200
27 Ιουνίου 1886	Φιλατρά	7,5	326
25 Οκτωβρίου 1889	Λέσβος	6,7	36
9 Φεβρουαρίου 1893	Σαμοθράκη	6,8	1
17 Απριλίου 1893	Ζάκυνθος	6,4	23
23 Μαΐου 1893	Θήβα	6,2	2
27 Απριλίου 1894	Αταλάντη	7,0	225
14 Μαΐου 1895	Παραμυθιά Θεσπρωτία	6,3	75
11 Αυγούστου 1904	Σάμος	6,8	4
27 Νοεμβρίου 1914	Λευκάδα	6,3	16

Αναλυτικός πίνακας φονικών σεισμών στην Ελλάδα από το 1900 μέχρι σήμερα (συνέχεια)

26 Ιουνίου 1926	Ρόδος	7,7-8	12
22 Απριλίου 1928	Κόρινθος	6,3	20
26 Σεπτεμβρίου 1932	Ιερισσός	7,0	161
23 Απριλίου 1933	Κως	6,6	200
25 Φεβρουαρίου 1935	Κρήτη	7,0	8
22 Ιουλίου 1938	Ωροπός	6,0	18
1 Μαρτίου 1941	Λάρισα	6,3	40
6 Οκτωβρίου 1947	Μεσσηνία	7,0	3
22 Απριλίου 1948	Λευκάδα	6,5	10
23 Ιουλίου 1949	Χίος	6,7	11
12 Αυγούστου 1953	Αργοστόλι	7,2	476
30 Απριλίου 1954	Σοφάδες	7,0	25
19 Απριλίου 1955	Βόλος	6,2	1
9 Ιουλίου 1956	Αμοργός	7,5	53
25 Απριλίου 1957	Ρόδος	7,2	18
9 Μαρτίου 1965	Αλόνησος	6,1	2
31 Μαρτίου 1965	Αγρίνιο	6,8	6
4 Απριλίου 1965	Αρκαδία	6,1	18
6 Ιουλίου 1965	Κορινθιακός Κόλπος	6,3	1
5 Φεβρουαρίου 1966	Λίμνη Κρεμαστών	6,2	1
29 Οκτωβρίου 1966	Κατούνα Αιτ/ανίας	6,0	1
1 Μαΐου 1967	Δροσοπηγή Ιωαννίνων	6,4	9
19 Φεβρουαρίου 1968	Άγιος Ευστράτιος	7,1	20
22 Ιουνίου 1978	Θεσσαλονίκη	6,5	45
24 Φεβρουαρίου 1981	Αλκωνίδες	6,7	20
13 Σεπτεμβρίου 1986	Καλαμάτα	6,0	20
15 Ιουνίου 1995	Αίγιο	6,1	26
13 Μαΐου 1995	Κοζάνη- Γρεβενά	6,6	0
7 Σεπτεμβρίου 1999	Πάρνηθα	5,9	143
8 Ιουνίου 2008	Ανδραβίδα	6,5	2

ΕΝΟΤΗΤΑ 3: Η ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

3.1. Εισαγωγή

Η Τεκτονική Γεωλογία αποτελεί κλάδο της Γεωλογίας. Ερευνά την κατασκευή του γήινου φλοιού, δηλαδή τη δομή των πετρωμάτων καθώς και τις διεργασίες, τις κινήσεις και τις δυνάμεις που την παρήγαγαν. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζει τις αλλαγές που προκαλούν οι ενδογενείς δυνάμεις στο φλοιό της γης, μελετά δηλαδή το τρόπο δημιουργίας, τη γεωμετρία και την κινηματική των δομών του στερεού φλοιού.

Ο πρωταρχικός στόχος της τεκτονικής γεωλογίας είναι η μέτρηση των τωρινών γεωμετριών των πετρωμάτων, για να αποκαλυφθούν πληροφορίες σχετικά με το ιστορικό παραμόρφωσης στα πετρώματα και, τελικά, την κατανόηση του πεδίου τάσεων που συνέβαλε στην παρατηρούμενη καταπόνηση. Αυτή η κατανόηση της δυναμικής του πεδίου των τάσεων μπορεί να συνδεθεί με σημαντικά γεγονότα στο γεωλογικό παρελθόν.



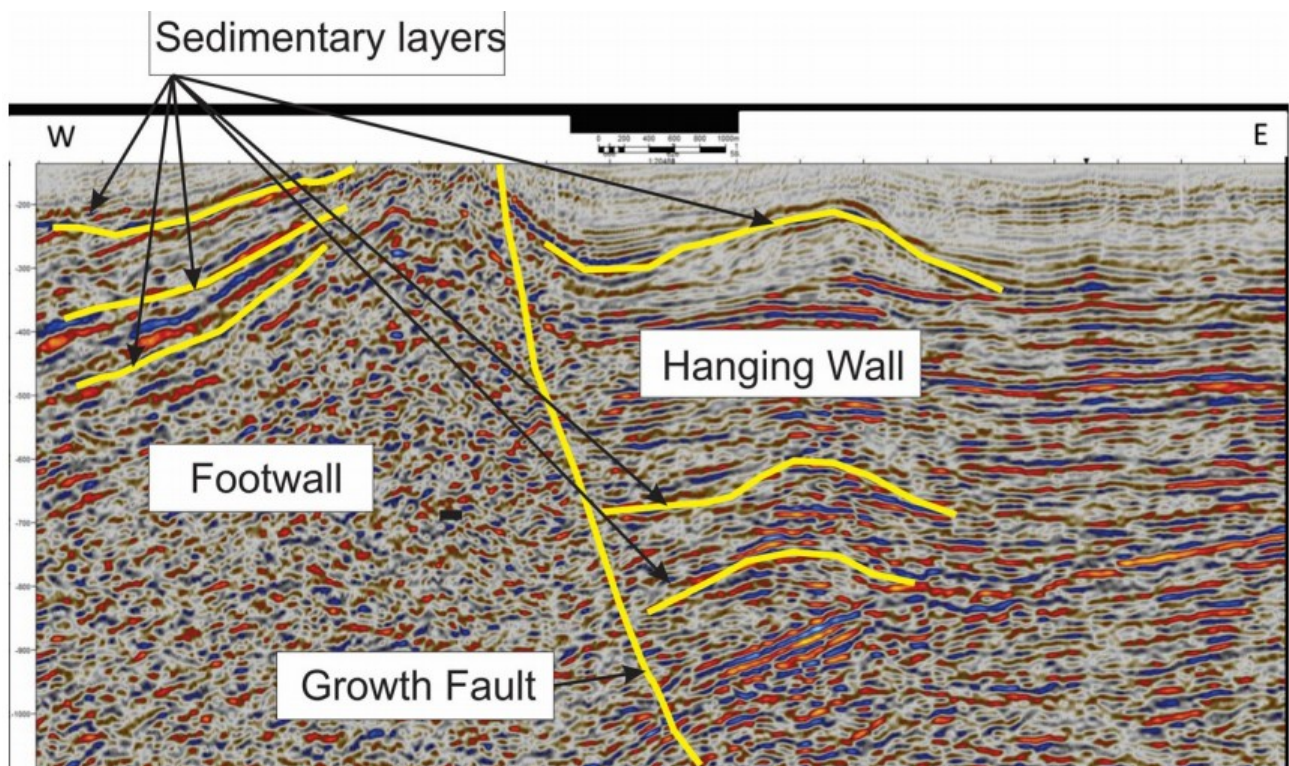
Εικόνα 10. Το ρήγμα του Αγίου Ανδρέα στις Η.Π.Α. (από google)

Στόχος είναι να γίνει κατανοητή η δομική εξέλιξη μιας συγκεκριμένης περιοχής σε σχέση με τα περιφερειακά ευρέως διαδεδομένα πρότυπα παραμόρφωσης των πετρωμάτων (π.χ. ορογένεση, ρωγματώσεις) λόγω της τεκτονικής των πλακών. Οι τεκτονικές πλάκες είναι τα τμήματα από τα οποία απαρτίζεται ο στερεός φλοιός κάποιου ουράνιου σώματος, όταν αυτός δεν είναι ενιαίος. Τεκτονικές πλάκες υφίστανται στη Γη και στον Άρη.

Η Τεκτονική χρησιμοποιεί κάθε κλάδο της γεωλογίας για να μπορέσει να αποσαφηνίσει πως εξελίσσεται ένα τμήμα του φλοιού της γης από τα ανώτερα τμήματά του μέχρι τα κατώτερα: παραδείγματα τέτοιων κλάδων είναι :

- **Γεωφυσική**

Το μαγνητικό πεδίο της γης καθώς και η αναστροφή της πολικότητάς του διαπιστώθηκε στις μεσο-ωκεάνιες οροσειρές και απέδειξε τη θεωρία των τεκτονικών πλακών. Η τεκτονική χρησιμοποιείται για την μελέτη της διάδοσης των ηχητικών κυμάτων στο φλοιό της γης και την καταγραφή τους σε γεώφωνα της ανάκλασης. Ο προσδιορισμός των ανακλαστήρων, δηλαδή των πετρωμάτων εκείνων με διαφορές στις ταχύτητες διάδοσης των σεισμικών κυμάτων επιτυγχάνεται μέσω της εξέτασης και της μελέτης των τεκτονικών διεργασιών. Κατά αυτόν τον τρόπο παράγονται γεωλογικές τομές με κατακόρυφη κλίμακα το χρόνο σε δευτερόλεπτα.



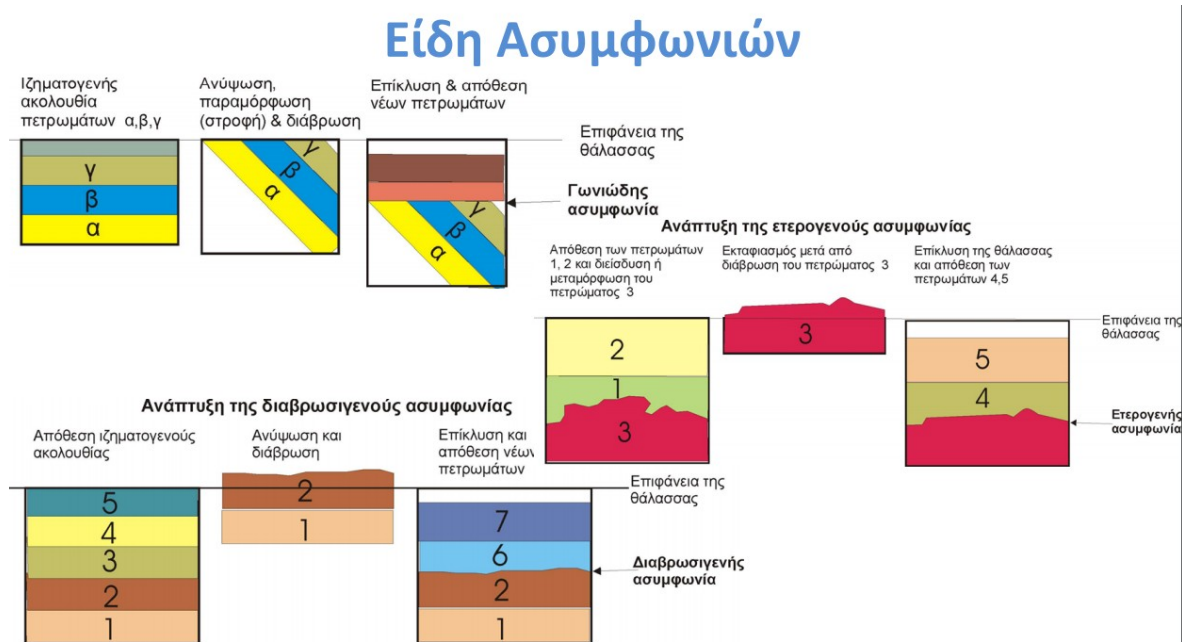
Εικόνα 11.: Προφίλ γεωφυσικών ερευνών (από google.com).

- Ασυμφωνίες

Κοινή και χαρακτηριστική δομή των ιζηματογενών πετρωμάτων αποτελεί η στρώση ή/ και η στρωμάτωση Επάλληλα στρώματα ιζημάτων διαφορετικής σύστασης, τα οποία πρωτογενώς είναι σχεδόν οριζόντια. Για να δημιουργηθεί υπάρχουν πολλοί λόγοι, ο κυριότερος των οποίων είναι η προσφορά διαφορετικών υλικών στο χώρο ιζηματογένεσης. **Ασυμφωνία ονομάζεται μια επιφάνεια διάβρωσης ή μη απόθεσης η οποία ξεχωρίζει νεότερα στρώματα από παλαιότερα πετρώματα.** Χαρακτηρίζει την παροδική διακοπή της ιζηματογένεσης ή τη διάβρωση μέρους των ιζημάτων ή συνδυασμό των δύο σε μία ακολουθία πετρωμάτων.

Ιδιαίτερη η σημασία τους στην τεκτονική γεωλογία για τους εξής λόγους:

1. Οι ασυμφωνίες προέρχονται κυρίως από τεκτονικές αιτίες.
2. Μοιάζουν με τα χαμηλής γωνίας κλίσεως ρήγματα.
3. Χρησιμοποιούνται στη χρονολόγηση ορογενετικών και
4. Ηπειρογενετικών κινήσεων



Εικόνα 12.: Τα είδη των ασυμφωνιών (από google.com).

3.2. Μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων

Οι μηχανικές ιδιότητες του πετρώματος έχουν σημαντικό ρόλο στις δομές που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της παραμόρφωσης βαθιά κάτω από το φλοιό της γης. Οι συνθήκες υπό τις οποίες υπάρχει ένα πέτρωμα θα έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικές δομές που οι γεωλόγοι παρατηρούν πάνω από το έδαφος στην ύπαιθρο. Η τεκτονική γεωλογία προσπαθεί να συσχετίσει τους σχηματισμούς που βλέπουν οι άνθρωποι με τις αλλαγές που πέρασε το πέτρωμα για να φτάσουν στην τελική δομή. Η γνώση των συνθηκών παραμόρφωσης που οδηγούν σε τέτοιες δομές μπορεί να δια φωτίσει το ιστορικό της παραμόρφωσης του βράχου.

Η θερμοκρασία και η πίεση παίζουν τεράστιο ρόλο στην παραμόρφωση του βράχου. Στις συνθήκες κάτω από το φλοιό της γης με εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία και πίεση, τα πετρώματα είναι όλκιμα. Μπορούν να λυγίσουν, να διπλώσουν ή να σπάσουν. Άλλες ζωτικές συνθήκες που συμβάλλουν στο σχηματισμό της δομής του βράχου κάτω από τη γη είναι τα πεδία τάσεων.

3.3. Τεκτονικές ή Λιθοσφαιρικές πλάκες

Οι τεκτονικές πλάκες αποτελούν τμήματα της λιθόσφαιρας με πάχος περίπου 100 km και στο άνω τμήμα της εντοπίζεται ο φλοιός (~7 km κάτω από τους ωκεανούς και ~35 km κάτω από της ηπείρους) ενώ το κάτω τμήμα της είναι πυκνότερο από το ανώτερο μέρος του άνω μανδύα. Κάτω από τη λιθόσφαιρα και μέσα στον άνω μανδύα εντοπίζεται η ασθενόσφαιρα που αναγνωρίζεται ως ένα θερμό, ρευστό στρώμα αποτελούμενο από μερικώς τηγμένο πέτρωμα.

Οι άκαμπτες λιθοσφαιρικές πλάκες αποκτούν κίνηση εξαιτίας της μεταφοράς υλικού στην πλαστική ασθενόσφαιρα. Το θερμό τμήμα του μανδύα ανέρχεται στις περιοχές κάτω από τις μεσωκεάνιες ράχες ενώ το ψυχρό και πυκνότερο τμήμα του μανδύα κατέρχεται στις περιοχές κατάδυσης. Οι ηφαιστειακές εκρήξεις πάνω από τις λιθοσφαιρικές πλάκες προκαλούνται εξαιτίας της ανόδου του μάγματος από τα βαθύτερα σημεία προς την επιφάνεια της Γης. Το μάγμα ποικίλει ως προς τη σύστασή του από υπερβασικό, βασικό, ενδιάμεσο έως όξινο εξαρτώμενο από την αναλογία και τη σύσταση σε διοξείδιο του πυριτίου που περιέχει.

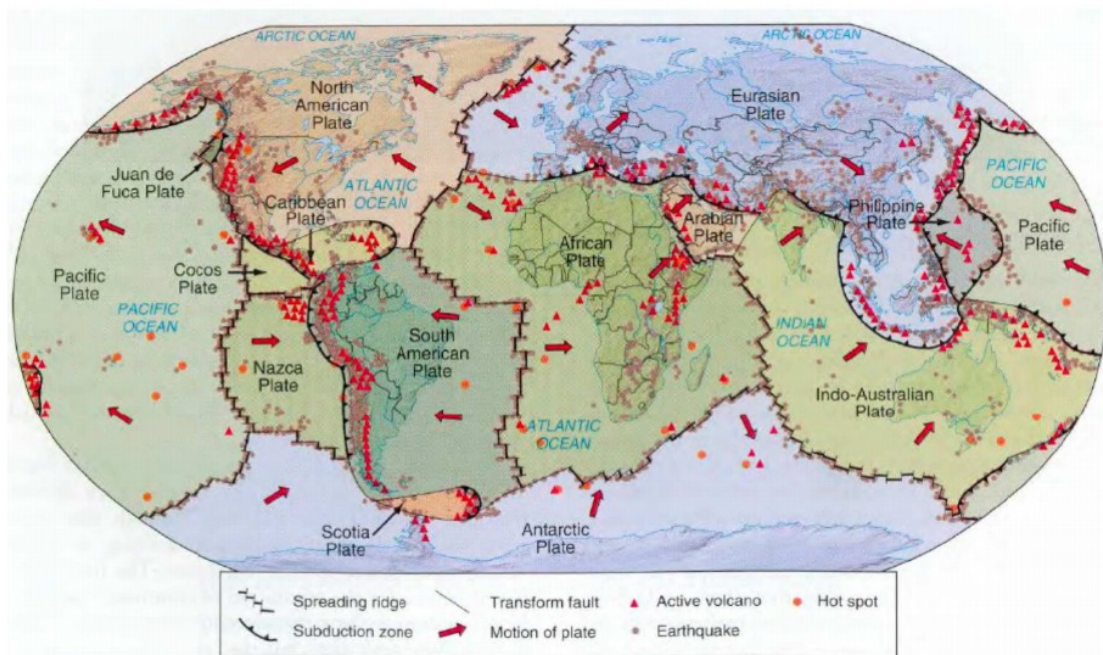
Η τεκτονική των πλακών είναι μια θεωρία που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, η οποία περιγράφει την κίνηση των ηπείρων μέσω του διαχωρισμού και της σύγκρουσης των πλακών. Είναι κατά κάποιον τρόπο τεκτονική γεωλογία σε πλανητική κλίμακα και χρησιμοποιείται σε όλη τη τεκτονική γεωλογία και την σεισμολογία ως πλαίσιο για την ανάλυση και κατανόηση χαρακτηριστικών παγκόσμιας, περιφερειακής και τοπικής κλίμακας.

Ο φλοιός της γης αποτελείται από επιμέρους τμήματα που ονομάζονται λιθοσφαιρικές πλάκες, που κινούνται μεταξύ τους και δημιουργούν προϋποθέσεις ανάπτυξης δομών. Η θεωρία

των λιθοσφαιρικών πλακών αποτελεί για τη γεωλογία μια θεωρία ίσης σπουδαιότητας με την ατομική θεωρία για τη χημεία και τη φυσική. Η θεμελίωση της θεωρίας αυτής ξεκίνησε στις αρχές του αιώνα από τον Α. Wegener τον Hess (1930, 1962) και για πρώτη φορά σαν ενιαία θεωρία από τους Isacks, Oliver and Sykes (1964)

Τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών διακρίνονται με βάση την κίνησή τους ανά περιοχές σε:

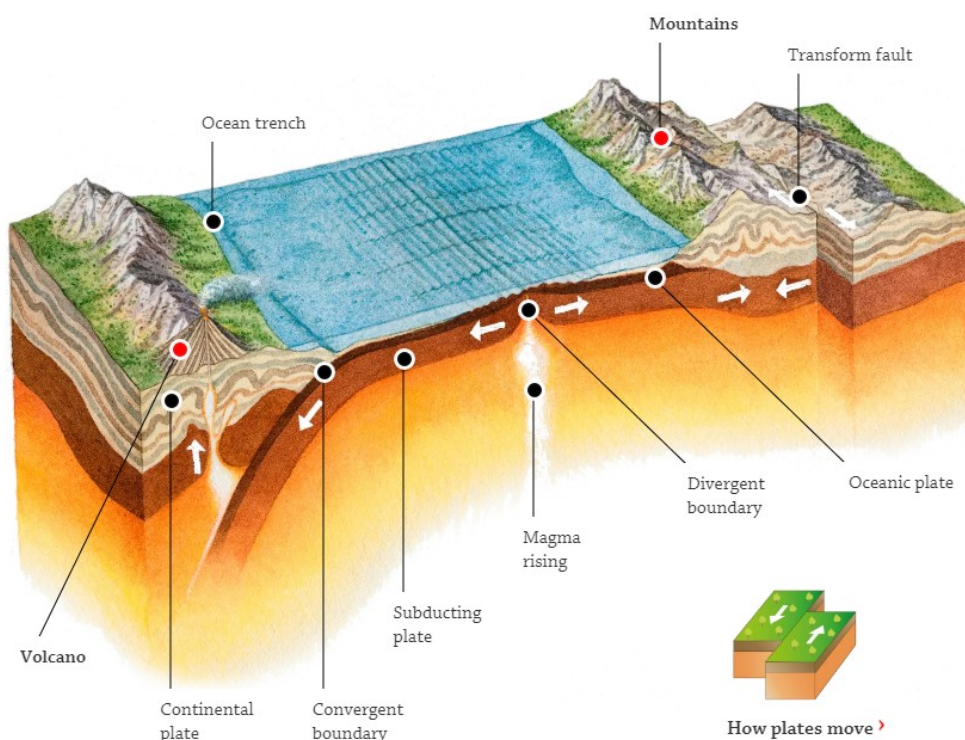
1. Συγκλίνοντα, όταν οι γειτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες πλησιάζουν η μία την άλλη (οπότε και καταστρέφεται φλοιός) γιατί η μία πλάκα βυθίζεται κάτω από την άλλη. Σύγκλιση, καταστροφή φλοιού και δημιουργία αναγλύφου (ορογένεση) συμβαίνει μεταξύ Ευρασιατικής και Αφρικανικής πλάκας, Ιαπωνικής και πλάκας του Ειρηνικού.
2. Αποκλίνοντα, όταν οι γειτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες απομακρύνονται η μία από την άλλη (οπότε και παράγεται φλοιός) γιατί από το κενό ανάμεσα στις δύο πλάκες βγαίνει υλικό και ψύχεται δίνοντας έτσι νέο φλοιό. (* Απόκλιση, δημιουργία φλοιού και άνοιγμα ωκεανού συμβαίνει στον Ατλαντικό ωκεανό κατά μήκος ενός νοητού εγκάρσιου άξονα (μεσωκεάνια ράχη) μέρος της οποίας αποτελεί και η Ισλανδία όπου εκεί έχει αναδυθεί από την θάλασσα.
3. Πλευρικός ολισθαίνοντα, όταν υπάρχει πλευρική κίνηση μεταξύ των λιθοσφαιρικών πλακών χωρίς παραγωγή ή καταστροφή φλοιού. Πλευρική ολίσθηση συμβαίνει μεταξύ των πλακών του Ειρηνικού και της Β. Αμερικής, κατά μήκος του ρήγματος του Αγ. Ανδρέα (Λος Άντζελες).



Εικόνα 13.: Η χωρική κατανομή των τεκτονικών πλακών (από <https://cosmosmagazine.com/>)

Αν και η πλευρική έκταση των τεκτονικών πλακών σήμερα είναι καλά καθορισμένη, αυτό που θεωρείται αβέβαιο είναι το πάχος τους. Ωστόσο, σύμφωνα με υπολογισμούς που έχουν γίνει, η πλάκα σπάνια υπερβαίνει τα 145 χλμ. βάθους. Κάθε πλάκα συντίθεται από μια συμπαγή μάζα πετρωμάτων. Η ζώνη των πετρωμάτων αυτών ονομάζεται λιθόσφαιρα, για να διακρίνεται από τη βαθύτερη ασθενόσφαιρα, στην οποία τα πετρώματα βρίσκονται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και έτσι υφίστανται πλαστική παραμόρφωση, όταν υπόκεινται σε τεκτονικές πιέσεις.

Οι κινήσεις του μανδύα προκύπτουν από την ανάγκη να μεταφερθεί στην επιφάνεια της Γης η θερμοκρασία που παράγεται εξαιτίας της ραδιενεργού εξασθένισης. Για αυτό, άλλωστε, τα πρότυπα μεταγωγής της ενέργειας ποικίλλουν ανάλογα με το χρόνο. Αυτό φαίνεται ορισμένες φορές από τις αλλαγές στα όρια των πλακών. Για παράδειγμα, η εξασθένιση που σχημάτισε τις δυτικές οροσειρές της Βόρειας Αμερικής, σταμάτησε πριν από 10 εκατομμύρια χρόνια περίπου, αν και κάποια δραστηριότητα συνεχίζει να ενεργοποιεί ηφαίστεια και σεισμούς, στο όρος της Αγίας Ελένης, στην Ουάσινγκτον και την Αλάσκα.

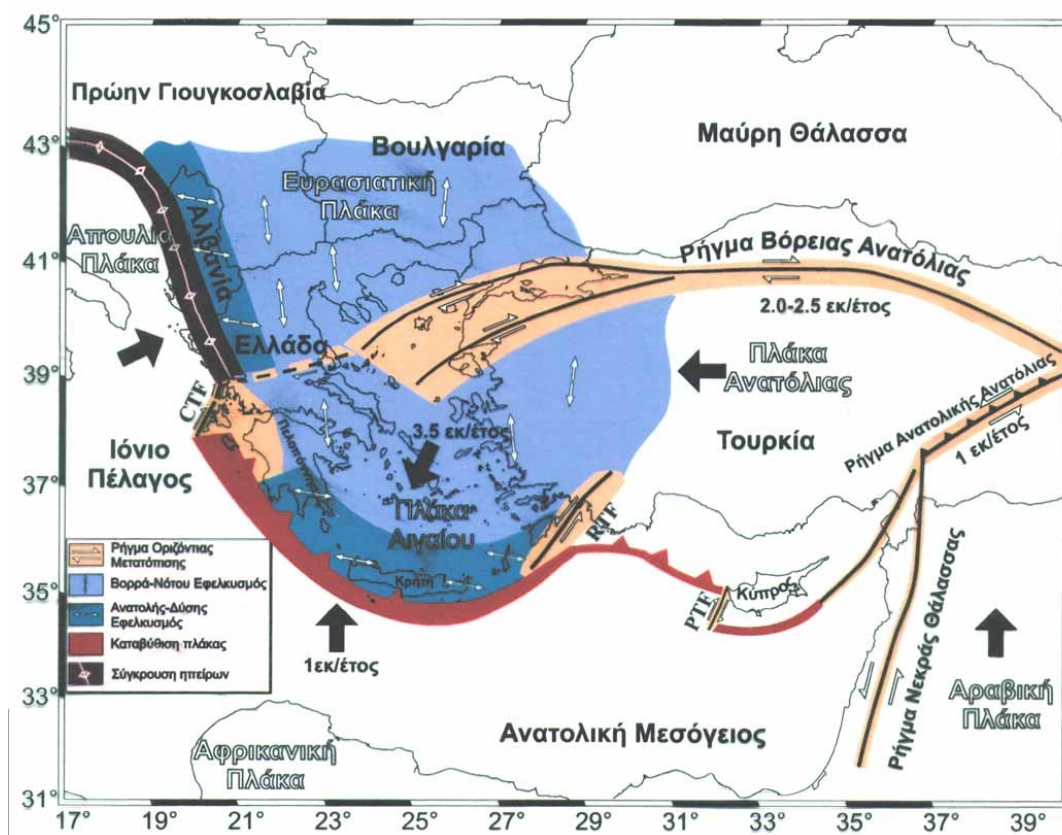


Εικόνα 14. Γεωδυναμικά καθεστάτα σχηματιζόμενα από τις κινήσεις των λιθосφαιρικών πλακών
(από <https://cosmosmagazine.com/>)

ΕΝΟΤΗΤΑ 4. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Ο Ελλαδικός χώρος χαρακτηρίζεται ως μια από τις πλέον πιο δραστήριες σεισμικά περιοχές της Ευρώπης. Η σύγκλιση της Αφρικανικής και της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας αποτελεί την κύρια διεργασία που διαμορφώνει την τεκτονική ιστορία και εικόνα του Ελλαδικού χώρου και προκαλεί το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών από το σχετικά πρόσφατο παρελθόν έως και σήμερα. Τα όρια της Ελληνικής πλάκας εντοπίζονται στη ζώνη σύγκλισης και σύγκρουσης της Αφρικανικής με την Ευρασιατική λιθοσφαιρική πλάκα που διακρίνεται για το πολύπλοκο σύστημα κίνησης, παραμόρφωσης και υψηλής σεισμικής δραστηριότητας. Σαφώς, αποτελεί μια από τις πιο δραστήριες σεισμικά περιοχές της Ευρώπης . (Κ.Κ. Makropoulos & P.W. Burton, 1983)

Τα κύρια τεκτονικά χαρακτηριστικά του Ελλαδικού χώρου είναι η Ελληνική τάφος, το Ελληνικό τόξο και η λεκάνη του βορείου Αιγαίου.



Εικόνα 15 Γεωδυναμικό μοντέλο Αιγαίου (Παπαζάχος, 1997)

- Η Ελληνική τάφος αποτελείται από μια σειρά μικρότερων γραμμικών τάφρων (πχ. τάφροι του Πλινίου και του Στράβωνα ΝΑ της Κρήτης) και τοποθετείται παράλληλα με το Ελληνικό τόξο, ενώ μοιράζεται πολλές ομοιότητες με τις ωκεάνιες τάφρους που βρίσκονται στα κυρτά μέρη των νησιωτικών τόξων όπου πραγματοποιείται σύγκλιση των τεκτονικών πλακών (Παπαζάχος και Παπαζάχου 2003).
- Το Ελληνικό τόξο αποτελείται από το εξωτερικό ιζηματογενές τόξο, το οποίο συνδέει τις Δυναρικές Άλπεις με τις Τουρκικές Ταυρίδες, και το εσωτερικό ηφαιστειακό τόξο που βρίσκεται σε μια απόσταση 120 χλμ. από αυτό (Parazachos and Comninakis, 1971). Το ιζηματογενές τόξο (νότια σειρά των Ελληνιδων, Ιονια νησιά, Κρήτη Κάρπαθος, Ρόδος) αποτελείται από Παλαιοζωικά μέχρι τριτογενή πετρώματα, ενώ το ηφαιστειακό τόξο από διάφορα ηφαιστειακά νησιά, ενεργά ανδευτικά ηφαίστεια (Μέθανα, Σαντορίνη, Νίσυρος), θειωνιές και ατμίδες (Σουσάκι, Μήλος, Κως). Μεταξύ του ιζηματογενούς και του ηφαιστειακού τόξου υπάρχει το κρητικό πέλαγος (λεκάνη του νοτίου Αιγαίου) με μέγιστο βάθος θαλάσσιου πυθμένα περίπου 2000 μέτρα (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003).
- Η λεκάνη του βορείου Αιγαίου αποτελεί το πιο ενδιαφέρον τοπογραφικό χαρακτηριστικό τεκτονικής προέλευσης με μέγιστο βάθος θαλασσίου πυθμένα περίπου 1500 μέτρα. Προέκταση της λεκάνης αυτής προς τα ανατολικά αποτελούν οι μικρές λεκάνες του Μαρμαρά (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003). Το γεωλογικό πλαίσιο της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από την πίεση των Ελληνίδων στη σταθερή ζώνη της Απούλιας, κάθετα στη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Τα κύρια τεκτονικά συστήματα της Ελλάδας είναι:

- η δεξιόστροφη παράλληλη ολίσθηση που εκτείνεται από το ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας στη Λεκάνη του βορείου Αιγαίου,
- η δεξιόστροφη παράλληλη ολίσθηση κατά μήκος του ρήγματος της Κεφαλονιάς στο Ιόνιο πέλαγος,
- η σύγκλιση κατά μήκος του Ελληνικού τόξου και επέκταση στη βόρεια και κεντρική Ελλάδα και στη Πελοπόννησο.

Στο βόρειο Αιγαίο ξεχωρίζει η γρήγορη (~24 χιλ/έτος) δυτική προς νοτιοδυτική κίνηση (σε σχέση με την Ευρασία) της μικροπλάκας Ανατολίας–Αιγαίου από την σχεδόν ακίνητη βορειοανατολική Ελλάδα (έως 5 χιλ/έτος). Η Ελληνική τάφος, στα νοτιοδυτικά του Δυτικού Ελληνικού Τόξου χαρακτηρίζεται από σεισμούς μικρού βάθους (βάθος <25χλμ) στη κεντρική και νότια περιοχή, ενώ στο Ελληνικό Τόξο συμβαίνουν σεισμοί κυρίως μεσαίου βάθους (25-75 χλμ). Το νότιο μέρος του Αιγαίου παρουσιάζει πολύ μικρή σεισμικότητα και συχνά κινείται σαν ένα άκαμπτο ενιαίο τμήμα. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει επίσης τα ηφαιστιακά νησιά των Κυκλάδων. Όσον αφορά την ηφαιστειακή δραστηριότητα, η Νίσηρος πρέπει να επισημανθεί, όπου έχουν παρατηρηθεί σημαντικές επιφανειακές μετακινήσεις τα τελευταία χρόνια. Τέλος, το δεξιόστροφο ρήγμα μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς αποτελεί το βόρειο τμήμα του Δυτικού Ελληνικού τόξου και είναι μια από τις πιο σειсмоγενείς ζώνες της Ελλάδας όπου έχουν παρατηρηθεί μετακινήσεις της τάξης 2-4 χιλ/έτος βόρεια του ρήγματος και 7-30 χιλ/έτος νότια του ρήγματος. (K.C. Makropoulos & P.W. Burton, 1983)

Σύμφωνα με τους Παπαζάχο και Παπαζάχου (2003) προκύπτουν κάποιες σημαντικές παραδοχές, στηριζόμενες στις εφαρμογές μελετών, τεχνικών και μεθόδων ωσάν τις προαναφερθείσες, που αναφέρουν τα εξής:

- Δεδομένα αποδίδουν την ύπαρξη καταδυόμενης λιθοσφαιρικής πλάκας κάτωθεν του Αιγαίου,
- Παρατηρείται ιδιαίτερη ομοιομορφία και ομοιογένεια των χαρακτηριστικών από τα επιφανειακά σεισμολογικά και τεκτονικά στοιχεία, και
- Παρατηρείται η ύπαρξη περιοχής χαμηλών ταχυτήτων κάτω από τις Δυναρίδες οροσειρές.

Όσον αφορά ειδικότερα στις Δυναρίδες οροσειρές, σύμφωνα με έρευνα (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003), βρέθηκε πως η ταχύτητα διάδοσης των επιμήκων κυμάτων P είναι πολύ υψηλή σε βάθη μεταξύ 60 και 90 χιλιομέτρων, ενώ στην περιοχή του νοτίου Αιγαίου είναι πολύ χαμηλές. Ως αποτέλεσμα της ζώνης αυτής ορίζεται η ενεργή ηφαιστειακή και κατά συνέπεια γεωθερμική δραστηριότητα.

Ακόμα, τα συλλεγμένα δεδομένα από τα σεισμικά κύματα P και S στις ευρύτερες περιοχές του ιονίου πελάγους, της Ευβοίας καθώς και της Πελοποννήσου, υποδεικνύουν την ύπαρξη και άλλης καταδυόμενης λιθοσφαιρικής (μικρο-) πλάκας με πάχος ανάμεσα στα 30 και 40 χιλιόμετρα, με την διαφορά πως η κλίση της υφίσταται αλλαγή σε βάθη των 80 χιλιομέτρων. Η γεωμετρία της

ζώνης Benioff στις παραπάνω περιοχές, καταδεικνύει την ύπαρξη σφήνας άνωθεν της καταδύομενης πλάκας, περιοχή στην οποία πραγματοποιείται γένεση μάγματος και δημιουργία ηφαιστειακού τόξου. Μάλιστα, στην Πελοπόννησο οι ταχύτητες επαύξησης εξαιτίας της πάχυνσης του φλοιού εντοπίζονται χαμηλές εν αντιθέσει της Εύβοιας που παρατηρούνται υψηλές εξαιτίας της λέπτυνσης του φλοιού.

Στην περιοχή της Πελοποννήσου σε μικρότερα βάθη παρατηρούνται χαμηλές ταχύτητες του πρίσματος επαύξησης λόγω του πάχους του φλοιού, σε αντίθεση με την Εύβοια, όπου οι ταχύτητες είναι υψηλές, λόγω της λέπτυνσης του φλοιού (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003).

Η σύγκλιση και καταβύθιση της Αφρικανικής με την Ευρασιατικής, με κατεύθυνση προς το βορρά, πραγματοποιείται με ταχύτητα περίπου 10 χιλιοστά ανά χρόνο και ξεκίνησε πριν από περίπου 50 εκατομμύρια χρόνια. Η τεκτονική αυτή διεργασία είναι ο λόγος που η Μεσόγειος αναφέρεται ως το υπόλειμμα του κλεισίματος της Τηθύος θάλασσας. Οι έρευνες δείχνουν πως η σεισμικότητα παρουσιάζει υψηλότερα ποσοστά στην Μεσόγειο, κατά μήκος:

- της ζώνης καταβύθισης της Ελληνικής Τάφρου της νότιας Ελλάδας,
- της ζώνης καταβύθισης της Καλαβρίας στην νότια Ιταλία, και
- της ζώνης Βόρειας Ανατολίας στην δυτική Τουρκία.

Αποτελεί γεγονός πως οι εφελκυστικές δυνάμεις εξαιτίας της καταβύθισης της Αφρικανικής κάτω από την Ευρασιατική πλάκα, στην περιοχή της Ελληνικής Τάφρου, δημιουργούν υψηλά ποσοστά σύγκλισης. Η τεκτονική εξάπλωση του Αιγαίου σχετίζεται άμεσα με τα κανονικά ρήγματα της περιοχής. Το μεγάλο ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας που εντοπίζεται στη θάλασσα του Μαρμαρά, χωροθετεί υψηλή σεισμικότητα εξαιτίας της κίνησης της υποπλάκας της Ανατολίας και της Ευρασιατικής (K.C. Makropoulos & P.W. Burton, 1984)

Η καταβύθιση της Μεσογείου Θάλασσας κάτω από το Τυρρηνικό Πέλαγος, που βρίσκεται στην ζώνη της Καλαβρίας, δημιουργεί μια περιοχή έντονης σεισμικότητας στη νότια Ιταλία και την Σικελία. Τα ενεργά ηφαίστεια βρίσκονται πάνω από τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους στο Αιγαίο και τις Κυκλάδες, καθώς και στη νότια Ιταλία. Με το πέρασμα του χρόνου έχουν προκληθεί σοβαροί σεισμοί με εκτεταμένες καταστροφές στην ευρύτερη περιοχή, συμπεριλαμβανομένων πολλών περιοχών της Ελλάδας (κυρίως νότιας), της Κύπρου, της Σικελίας, της οροσειράς του Άτλαντα της Βόρειας Αφρικής και της Ιβηρικής Χερσονήσου.(K.C. Makropoulos & P.W. Burton, 1984)

4.1. Σεισμολογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά στον Ελλαδικό χώρο.

Σύμφωνα με τους Παπαζάχο και Παπαζάχου (2003) η σεισμολογία μελετά την ενεργό τεκτονική μιας περιοχής μέσω:

1. Της χωρικής κατανομής των σεισμικών εστιών που καθορίζουν τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών,
2. Των μηχανισμών γένεσης σεισμών που καθορίζουν τις τάσεις και τη διεύθυνση κίνησης των πλακών, και
3. Του ρυθμού πρόκλησης σεισμικής ροπής που καθορίζει τον βαθμό παραμόρφωσης του φλοιού.

Οι Jackson και McKenzie (1998) μελέτησαν την ενεργό παραμόρφωση της λιθόσφαιρας στην περιοχή του Αιγαίου. Η επεξεργασία των δεδομένων κατέδειξε πως η περιοχή επεκτείνεται περίπου 20 με 60 χιλιοστά κάθε έτος. Οι γεωδαιτικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για να μελετηθεί η κίνηση των μικρότερων πλακών και της παραμόρφωσης στην ευρύτερη περιοχή σε συνδυασμό με την εφαρμογή νεοτεκτονικών και παλαιομαγνητικών δεδομένων για την μελέτη της ενεργού παραμόρφωσης, συνέβαλαν στην έρευνα, τον εντοπισμό και τη συσχέτιση με παλαιότερων πληροφοριών για ενεργά ρήγματα και ζώνες διάρρηξης στον Ελλαδικό χώρο.

Στην περιοχή του Αιγαίου κυριαρχεί η δράση των δυνάμεων εφελκυσμού και της οριζόντιας μετατόπισης, που συσχετίζεται με τις κινήσεις της Αφρικής, της Ινδίας και της Αραβίας προς τον βορρά και την Ευρασία. Η ενεργός τεκτονική στην περιοχή περιλαμβάνει:

- ζώνη ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης στις περιοχές της Κεφαλονιάς, του Βόρειου Αιγαίου και συνεχίζει προς την Βόρεια Ανατολία,
- ένα πεδίο εφελκυσμού διεύθυνσης Βορρά - Νότου στην ηπειρωτική και βόρεια Ελλάδα, και
- τάσεις εφελκυσμού διεύθυνσης Ανατολή - Δύση πάνω από την περιοχή της Κρήτης.

Τέλος, υπάρχει και μια ζώνη ανάστροφων ρηγμάτων κατά μήκος του Ελληνικού Τόξου, ως αποτέλεσμα της κατάδυσης της Ωκεάνιας πλάκας κάτω από την ηπειρωτική.

Σύμφωνα με τους Μακρόπουλος και Burton., η βύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική, νοτιοδυτικά της Κρήτης, πραγματοποιείται με ρυθμό 3-4 εκατοστών το χρόνο. Το γεγονός αυτό εξηγεί τη διαμόρφωση πολλών μικρότερων σεισμικών ζωνών που καθιστά τον Ελλαδικό χώρο ως ένα από τους πλέον σειсмоγενείς στην Ευρώπη και αυτόν με τα συχνότερα και περισσότερα σεισμικά φαινόμενα. Όμως, η πλειονότητα των φαινομένων αυτών λαμβάνουν χώρα είτε σε πολύ μεγάλο εστιακό βάθος είτε κάτω από τη θάλασσα, με αποτέλεσμα την μειωμένη σεισμική επικινδυνότητα. Η ορθή απόδοση της σεισμικότητας μιας περιοχής περιλαμβάνει μια λίστα με τα μεγέθη και την συχνότητα των σεισμικών φαινομένων. Οι Μακρόπουλος και Burton (1983), ήταν οι πρώτοι που απέδωσαν τους πρώτους ολοκληρωμένους καταλόγους με σεισμικά φαινόμενα στον Ελλαδικό χώρο και παρείχαν δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με το επίκεντρο και το μέγεθος.

Για την μελέτη των ποιοτικών και ημι-ποσοτικών σεισμολογικών χαρακτηριστικών κάποιας περιοχής, χρησιμοποιούνται σύμβολα όπως ορθογώνια κύκλοι, τετράγωνα κλπ., ώστε να υποδηλώνεται οποιαδήποτε διαφορά παρατηρείται στο μέγεθος, το βάθος και την εστία του εκάστοτε σεισμού. Κατά τον τρόπο αυτό, δημιουργούνται χάρτες με τις κατανομές των επικέντρων των σεισμών και λαμβάνεται μια πρώτη εικόνα των σεισμικότητων σε διάφορες χώρες της γης. Προϋπόθεση για την αξιοπιστία τέτοιων χαρτών αποτελεί η χρήση στοιχείων με έγκυρα δεδομένα όσον αφορά το μέγεθος και το χρόνο. Σύμφωνα με τους Παζάχος και Παπαζάχου (2003), η διαμόρφωση των κλάσεων κατά την κατασκευή τέτοιων χαρτών είναι η ακόλουθη:

- Το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, να κατηγοριοποιείται σε μικρότερα όπου θα υφίσταται ως ανώτερο όριο η χρονολογία που μελετάται και ως κατώτερο διαφορετικά χρονικά διαστήματα.
- Το κάθε μικρότερο χρονικό διάστημα θα πρέπει να διαθέτει ένα κατώτατο όριο ανάλογο της αντίστοιχης κλάσης. Τουτέστιν, κάποια κλάση με παλαιά χρονολογία θα πάρει μεγαλύτερη τιμή από κάποια κλάση με πιο πρόσφατη χρονολογία, ούτως ώστε να υπάρχει πληρότητα σε κάθε κλάση.

Οι Παπαζάχος και Κομνηνάκης (1978) αναφέρουν πως η κατάδυση της λιθοσφαιρικής πλάκας της Ανατολικής Μεσογείου κάτω από το Αιγαίο έχει ως αποτέλεσμα τη έντονη σεισμική δράση στο κεντρικό και νότιο τμήμα του Αιγαίου. Η συγκεκριμένη γεωλογική/τεκτονική διεργασία θερμαίνει την άνω επιφάνεια της καταδυόμενης πλάκας και κινείται προς τα πάνω. Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται ρεύματα και αγωγοί ρευμάτων θερμού υλικού ως το επίπεδο της λιθόσφαιρας, τα οποία εν συνεχεία ψύχονται και επαναβυθίζονται. Απόρροια όλων αυτών των κινήσεων είναι η δημιουργία ρηγμάτων ανάστροφου χαρακτήρα που είναι αίτια σεισμών με

ενδιάμεσο εστιακό βάθος στην περιοχή της κατάδυσης της λιθόσφαιρικής πλάκας της Ανατολικής Μεσογείου. Ακόμα, η παραγόμενη θερμότητα της λιθόσφαιρας του Αιγαίου, γεννά οριζόντιες εφαπτομενικές δυνάμεις εφελκυσμού. Ως αποτέλεσμα της αναγνωρίζεται η θραύση της πλάκας και στη συνέχεια η διεύθυνση θερμού υλικού που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω εκδηλώνεται με ηφαιστειακά και γεωθερμικά φαινόμενα, ενώ επίσης παρατηρούνται επιφανειακοί σεισμοί εσωτερικά του ελληνικού τόξου εξαιτίας της θραύσης και του εφελκυσμού.

Οι Gutenberg και Richer (1944) κατέληξαν σε μια μαθηματική η οποία στηρίζεται στον αριθμό (Nt) των σεισμών που συμβαίνουν σε μια περιοχή, κάποια χρονική περίοδο t ετών και έχουν μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο ενός μεγέθους (M) και αποτελεί έναν ουσιαστικά έναν ποσοτικό υπολογισμό και είναι η κάτωθι:

$$\text{Log}Nt = at - bM$$

Δείχνει δηλαδή τον αριθμό των σεισμών σε μια περιοχή σε δεδομένο χρόνο και με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο του μεγέθους (M). Οι παράμετροι a , b υπολογίζονται σε κάθε περιοχή με βάση τις διαθέσιμες παρατηρήσεις.

4.2. Σεισμολογικά και Τεκτονικά χαρακτηριστικά στον Βόρειο Ελλαδικό χώρο

Ο Ελλαδικός χώρος εντοπίζεται στην πρώτη θέση σε Μεσόγειο και Ευρώπη και την έκτη παγκοσμίως στην λίστα σεισμικότητας, θέσεις οι οποίες αποδόθηκαν εξαιτίας του υψηλού αριθμού σεισμικών γεγονότων. Τα τελευταία 60 συναπτά έτη έχουν καταγραφεί πολλές σεισμικές δονήσεις, όμως υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες περιπτώσεις που συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον και την υψηλότερη σημασία από άποψη έντασης, υλικών ζημιών, ανθρώπινων απωλειών και εν γένει επιπτώσεων.

Η νήσος του Αγίου Ευστρατίου αποτέλεσε εν έτη 1968 και μήνα Φεβρουάριο, το επίκεντρο ισχυρού σεισμού μεγέθους 7,1 R, ο οποίος ταρακούνησε το τμήμα του Βόρειου Αιγαίου. Αποτέλεσμα του καταστρεπτικού σεισμού ήταν η ισοπέδωση του νησιού Δασκαλιό, ανατολικά του Αγίου Ευστρατίου. Ακόμα, παρατηρήθηκαν ισχυρά κύματα στην Λήμνο ενώ προκλήθηκαν ζημιές τόσο στη Λήμνο όσο και σε Λέσβο και βόρεια Εύβοια.

Τον Ιούνιο του 1978 καταγράφηκε ισχυρά σεισμικά φαινόμενα στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Ο κύριος σεισμός είχε μέγεθος 6,5 R με επίκεντρο την περιοχή μεταξύ των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά, ενώ είχαν προηγηθεί 2 προσεισμοί 5,8 και 5,3 R. Επίσης, ακολούθησαν αρκετοί μετασεισμοί μέχρι και σε απόσταση 7 έως 10 χιλιομέτρων από την Θεσσαλονίκη της τάξεως των 5 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ. Οι επιπτώσεις των σεισμικών δραστηριοτήτων ήταν ισοπεδωτικές καθώς υπολογίστηκαν περίπου 9500 μη επισκευάσιμες βλάβες σε κτιριακές

εγκαταστάσεις, 23500 σοβαρές βλάβες και 67500 ελαφρές ζημιές στους ευρύτερους νομούς της Θεσσαλονίκης, του Κιλκίς, των Σερρών και της Χαλκιδικής. 48 πολίτες έχασαν τη ζωή τους και 200 τραυματίστηκαν. Τα χωριά Στίβος, Σχολάρι, Γεράκαρος και Άσσηρος υπέστησαν σημαντικότερες βλάβες.

Ένα από τα σημαντικότερα σεισμικά φαινόμενα στον Βόρειο Ελλαδικό χώρο έλαβε χώρα στις περιοχές Γρεβενών και Κοζάνης τον Μάιο του 1995, καθώς και στα ευρύτερα χωριά τους. Εκτός του κύριου σεισμικού γεγονότος προηγήθηκαν προσεισμοί μεγέθους περίπου 4,5 R ακόμα και 4 λεπτά πριν τον κύριο, ενώ ακολούθησαν και μετασεισμοί ο μεγαλύτερος των οποίων καταγράφηκε σε μέγεθος 5,5 της κλίμακας Ρίχτερ. Σύμφωνα με τους Pavlides and Mountrakis (1987) και το ΙΓΜΕ, οποιαδήποτε πλάνα για την εγκατάσταση συγκεκριμένων χώρων πυρηνικών αποβλήτων στην παραπάνω περιοχή ακυρώθηκε εξαιτίας της επιφανειακής εμφάνισης και της αναγνώρισης ρηγμάτων. Ο Pavlides (1995) επεσήμανε πως ο συγκεκριμένος σεισμός ήταν ο δυνατότερος της τότε δεκαετίας και είχε προκαλέσει τεράστια εντύπωση τόσο στην ελληνική και παγκόσμια επιστημονική κοινότητα όσο και στην ελληνική κυβέρνηση και κοινωνία. Ο συγκεκριμένος σεισμός:

- Αποτέλεσε απόρροια του γεμίσματος της τεχνητής λίμνης που εντοπίζεται εγγύς του επικέντρου σύμφωνα με τον Παπαζάχο.
- Αποτέλεσε τυχαίο και μεμονωμένο σεισμικό φαινόμενο όμοιο με αυτά που αναγνωρίζονται σε κρατωνικές περιοχές όπως της Ινδίας, της Αυστραλίας και του Καναδά, που χαρακτηρίζονται ως ασεισμικές και ανενεργές τεκτονικά.
- Ίσως παρομοιάζει φαινόμενα που δύναται να εμφανιστούν ανά 200 ή/και περισσότερα έτη μιας ενεργής τεκτονικά περιοχής.

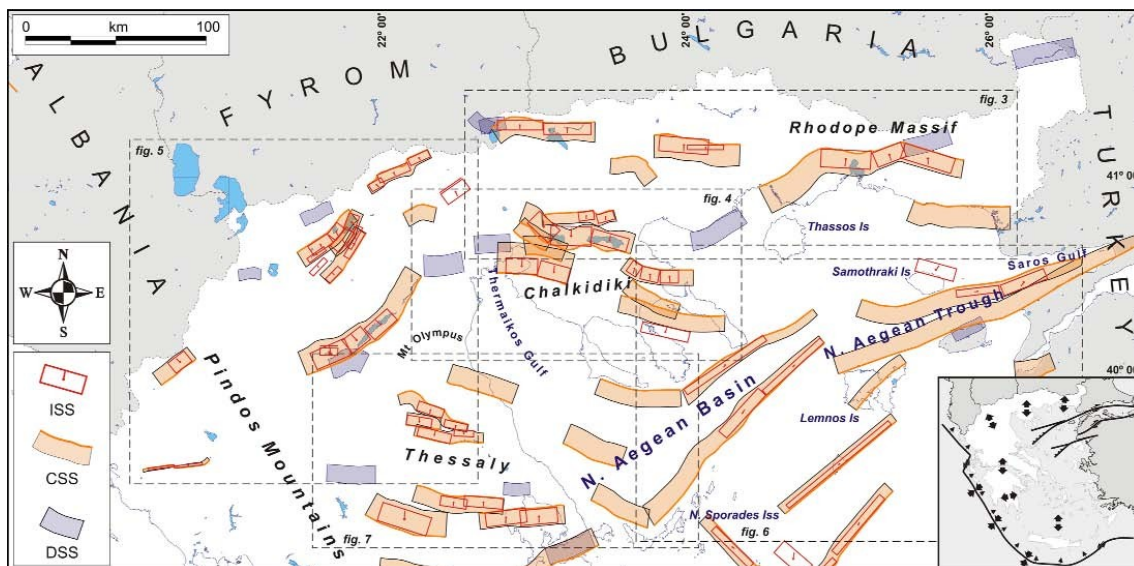
Οι παλαιοσεισμολογικές και αρχαιοσεισμολογικές μελέτες έχουν καταδείξει πως μπορούν να αποδώσουν δεδομένα και πληροφορίες που συνδέονται με τα παραπάνω συμπεράσματα, καθώς όπως φαίνεται τα τελευταία 2000 χρόνια έχουν αναγνωριστεί τουλάχιστον 5 ισχυρά σεισμικά φαινόμενα στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, η οποία μέχρι πρότινος θεωρούταν ασεισμική ζώνη και αποδεικνύεται πως η σεισμική επικινδυνότητα δεν είναι ασήμαντη.

Γενικά, μπορεί να ειπωθεί πως ο βόρειος Ελλαδικός χώρος και δε η Δυτική Μακεδονία, δεν θεωρείτε περιοχή με σημαντικούς σεισμούς αλλά μια περιοχή με ελάχιστη σεισμική επικινδυνότητα. Παρόλα αυτά, δυο σεισμικά γεγονότα μεγέθους 5,1 και 5,2 της κλίμακας Ρίχτερ

στην περιοχή της Έδεσσας το 1986 σε συνδυασμό με τους σεισμούς της περιοχής Γρεβενών – Κοζάνης, κλόνισε αυτούς τους ισχυρισμούς και προκάλεσαν μεγάλη αναστάτωση στους πολίτες, καθώς παρατηρήθηκε (Eleftheriou,1991) μεγάλη τρωτότητα στις περισσότερες κτιριακές εγκαταστάσεις και τέθηκε υπό αμφισβήτηση η θεωρία των ασεισμικών μπλοκ.

4.3. Ενεργά τεκτονικά Ρήγματα στον Βόρειο Ελλαδικό Χώρο

Η επιστημονική ιστοσελίδα <http://eqgeogr.weebly.com/> (Caputo & Pavlides, 2013) έχει αποδώσει με μεγάλη ακρίβεια και συνάφεια τα ενεργά ρήγματα του ελλαδικού χώρου. Σε αυτό τον τεκτονο-σεισμολογικό χάρτη αποτυπώνονται τα ελληνικά δεδομένα των σεισμογενών πηγών, δηλαδή των ρημάτων. Οι λόγοι ύπαρξης και γένεσης όλων αυτών των τεκτονικών μορφών, δομών και κινήσεων, αναλύθηκαν εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο.

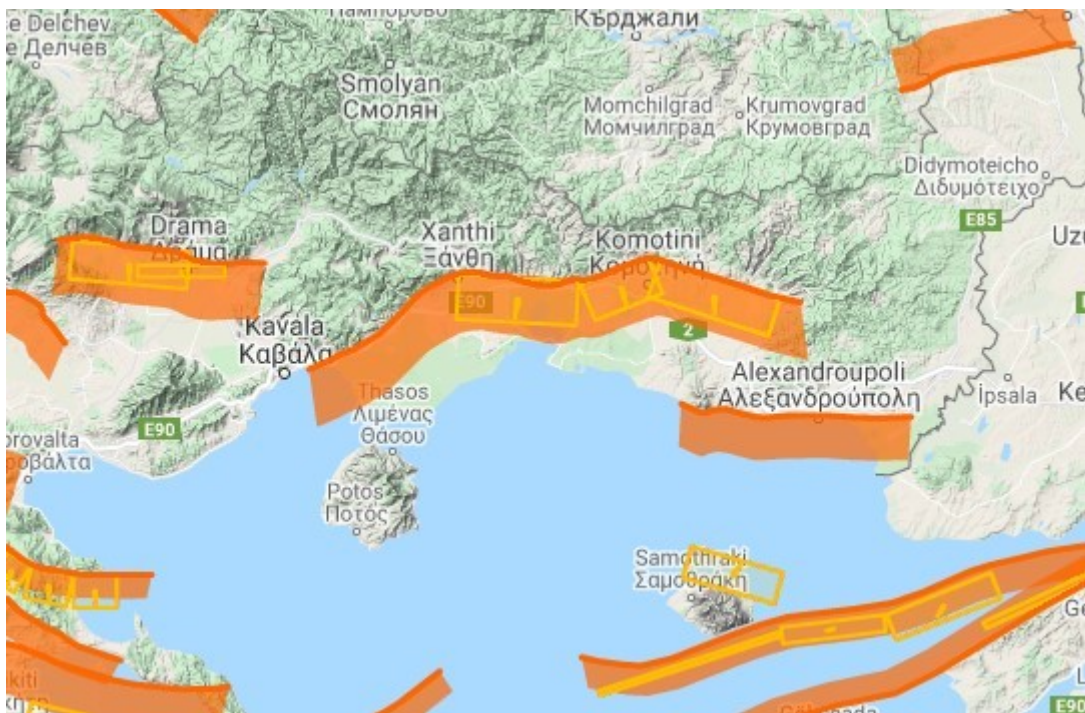


Εικόνα 16.: Η χωρική κατανομή των κύριων ρημάτων του ελληνικού χώρου (από <http://gredass.unife.it/>)

Παρατηρώντας προσεκτικότερα τον χάρτη μπορούν να αναγνωριστούν τα κυριότερα ρήγματα καθώς και το πεδίο δράσης τους και αναφέρονται τα σημαντικότερα από αυτά από άποψη έντασης, δράσης και επιπτώσεων. Ειδικότερα:

Ανατολική Μακεδονία και Θράκη

Στον Ελλαδικό χώρο, και ειδικότερα στις περιοχές της Καβάλας, της Ξάνθης, της Κομοτηνής και της Αλεξανδρούπολης αναγνωρίζονται τα μεγάλα ρήγματα, καθώς επίσης και νότια της Σαμοθράκης έως και την Τουρκία ένα κομμάτι του ρήγματος της Ανατόλιας. Ακόμα, αναγνωρίζεται και ένα μεγάλο ρήγμα στο ΒΒΑ τμήμα του Ελλαδικού χώρου στα σύνορα με την Αδριανούπολη.



Εικόνα 17. Η χωρική κατανομή των κύριων ρηγμάτων της ανατολικής Μακεδονίας (από <http://gredass.unife.it/>).

Κεντρική Μακεδονία

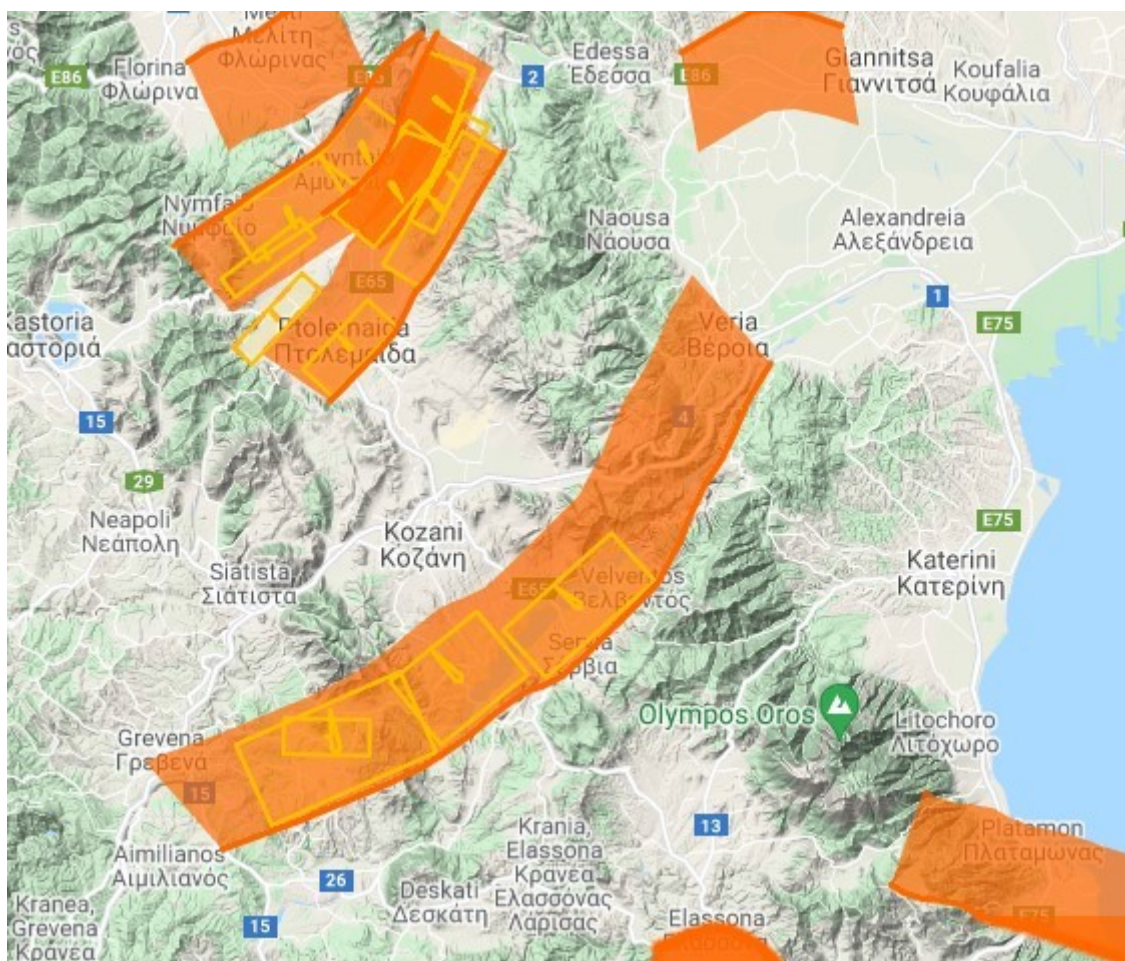
Η ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας παρουσιάζεται αρκετά ενεργή τεκτονικά, μιας και βορειοδυτικά της Καβάλας και στην περιοχή των Σερρών αναγνωρίζονται μεγάλα ρήγματα. Βορειοανατολικά της Γευγελής, κοντά στα σύνορα του Ελλαδικού χώρου παρατηρείται ευρείας κλίμακας ρήγμα όπως και βορειότερα στην Στρούμιτσα. Είναι ξεκάθαρο πως η περιοχή της Θεσσαλονίκης εντοπίζεται στην δυσχερέστερη θέση αφού μπορούν να παρατηρηθούν 7 ρήγματα στην ευρύτερη περιοχή. Τέλος, η περιοχή της Χαλκιδικής παρουσιάζει μεγαλύτερη τεκτονική δραστηριότητα στο ανατολικό και βορειοανατολικό κομμάτι της και συγκεκριμένα στον κόλπο του Αγίου Όρους και βόρεια του «Τρίτου ποδιού».



Εικόνα 18.: Η χωρική κατανομή των κύριων ρηγμάτων της κεντρικής Μακεδονίας (από <http://gredass.unife.it/>).

Δυτική Μακεδονία

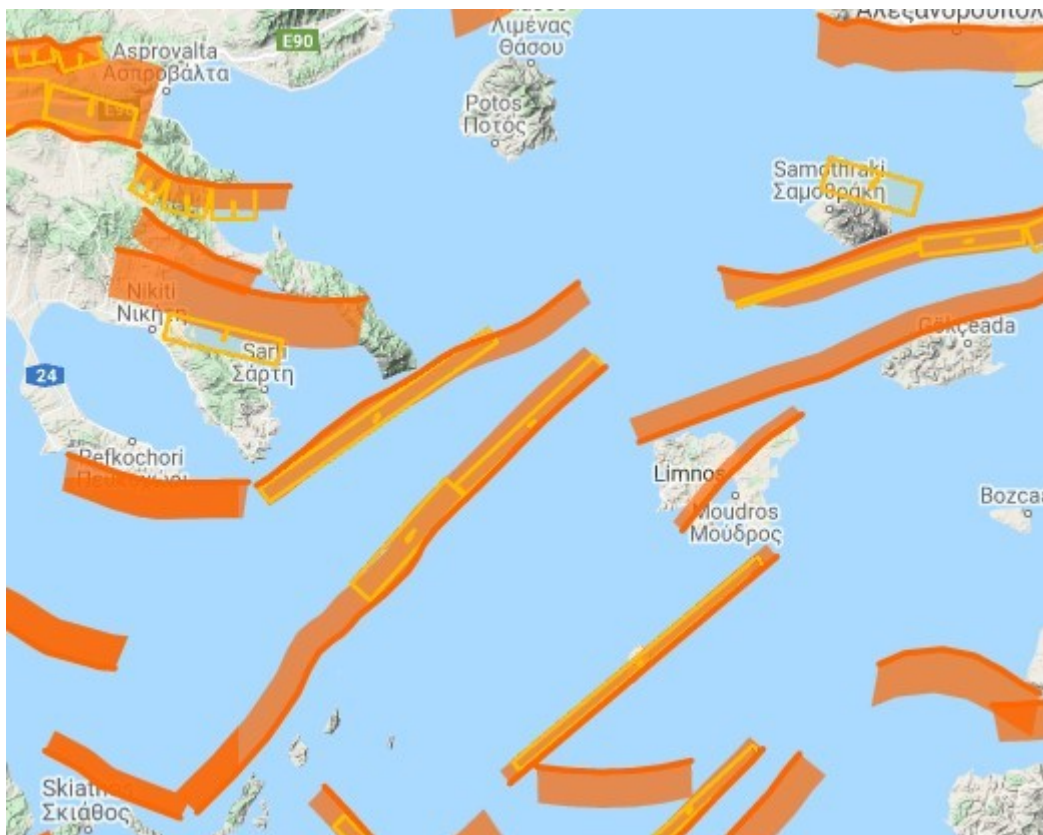
Καθίσταται σαφές πως η Δυτική Μακεδονία με την Ήπειρο καθώς και το βόρειο τμήμα της Λάρισας που συνορεύει με την Περιφέρεια αυτή, παρουσιάζουν μεγάλα ρήγματα. Στο τελευταίο αυτό κομμάτι εντοπίζεται ένα σύστημα ρηγμάτων σχετικά μεγάλης κλίμακας καθώς επίσης και ένα ρήγμα στα βορειοανατολικά της Λάρισας και ΝΝΔ της Κατερίνης προς την ακτογραμμή. Βορειοδυτικά της Κατερίνης εκτείνεται ευρύ ρήγμα, ενώ αναγνωρίζεται σύστημα ρηγμάτων στο βορειοανατολικό κομμάτι της περιοχής ανάμεσα στην Κατερίνη και την Κορυτσά, νοτιοανατολικά της Μπίτολα. Επίσης, στην Ήπειρο, στο βόρειο, στο ανατολικό προς την ακτογραμμή και στο νότιο κομμάτι της κοντά στα Ιωάννινα παρουσιάζονται μεγάλα ρήγματα. Τέλος, στην περιοχή του Αργυρόκαστρου στην Αλβανία εντοπίζεται ρήγμα μεγάλης κλίμακας που εκτείνεται έως και τα σύνορα με την Ήπειρο/Δυτική Μακεδονία.



Εικόνα 19.: Η χωρική κατανομή των κύριων ρηγμάτων της δυτικής Μακεδονίας (από <http://gredass.unife.it/>)

Βόρειο Αιγαίο

Η περιοχή του Βόρειου αιγαίου διακρίνεται αναμφισβήτητα για την προέκταση του ρήγματος της Ανατόλιας, το οποίο επηρεάζει ξεκάθαρα το βορειότερο κομμάτι του Αιγαίου, την Χαλκιδική καθώς και την περιοχή του Παγασητικού Κόλπου. Διακρίνονται ακόμα και ρήγματα που διασχίζουν τις νήσους της Ίμβρου, της Σαμοθράκης, της Λήμνου, της Μυτιλήνης, του Άγιου Ευστράτιου. Ακόμα, η νήσος της Σκύρου στο βόρειο κομμάτι της συνορεύει με μεγάλο ρήγμα. Η λεκάνη της βόρειας Σκύρου στο νότιο κομμάτι του βορείου Αιγαίου φιλοξενεί ένα σύστημα ρηγμάτων.



Εικόνα 20: Η χωρική κατανομή των κύριων ρηγμάτων του βορείου Αιγαίου (από <http://gredass.unife.it/>).

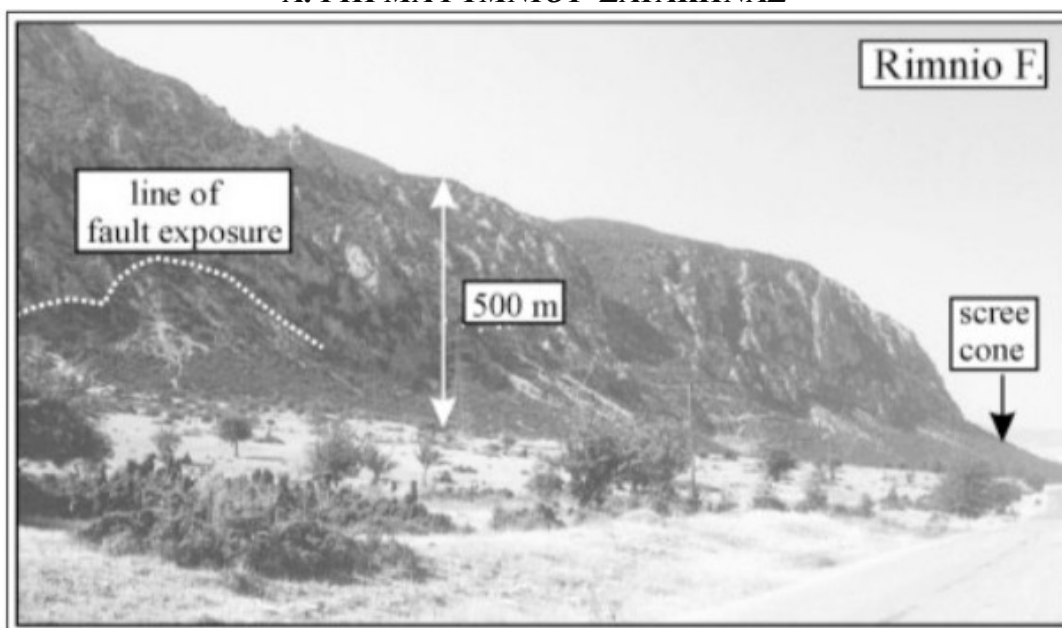
ΕΝΟΤΗΤΑ 5. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τα κυριότερα ενεργά ρήγματα συγκεντρώθηκαν από τη βάση δεδομένων σεισμογενετικών πηγών GreDaSS (Greek Database of Seismogenic Sources, <http://gredass.unife.it/>) και τις εργασίες των Caputo et. al. (2013) και Παυλίδης (2016).

5.1. ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

5.1.1. Ενεργά ρήγματα που ανήκουν στην ζώνη Αλιάκμονα

A. ΡΗΓΜΑ ΡΥΜΝΙΟΥ- ΣΑΡΑΚΗΝΑΣ



Εικόνα 21.: Φωτογραφία που διακρίνεται το ρήγμα του Ρύμνιου. (Παυλίδης, 2016).

- Ανήκει στην ρηξιγενή ζώνη του Αλιάκμονα
- Η διεύθυνση του ρήγματος είναι ΑΒΑ-ΔΝΔ ($B60-70^\circ$)
- Αποτελεί κανονικό ρήγμα, λιστρικής γεωμετρίας.
- Το ρήγμα έχει μήκος 30 km και διέρχεται από τα χωριά Ρύμνιο- Παλαιοχώρι- Σαρακήνα, Κέντρο, Νησί.
- Το ρήγμα στην περιοχή του Ρύμνιου εμφανίζει Μεσοζωικούς ασβεστολίθους και Πλειοκαινικά- Τεταρτογενή ιζήματα, έως την περιοχή του Παλαιοχωρίου διασχίζει οφειολιθικά πετρώματα (Βούρινο, υποπελαγική ζώνη), και ως την περιοχή του Νησιού διασχίζει μολασσικά ιζήματα (σχηματισμός Τσοτυλίου).

- Σοβαρός σεισμός που προκλήθηκε από το ρήγμα είναι ο σεισμός Κοζάνης- Γρεβενών, μεγέθους $M=6,6$ που έλαβε χώρα στις 13.05.95.

B. ΡΗΓΜΑ ΣΕΡΒΙΩΝ- ΒΕΛΒΕΝΤΟΥ



Εικόνα 22: Φωτογραφία του ρήγματος των Σερβιών- Βελβεντού (από <http://tkm.tee.gr>)

- Ανήκει στην ρηξιγενή ζώνη του Αλιάκμονα.
- Πρόκειται για ενεργό τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης.
- Έχει διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ (60°) και κλίση $60^\circ-70^\circ$ προς ΒΔ.
- Το μήκος του ρήγματος φτάνει τα 24 km περίπου.
- Μέγιστο βάθος εμφανίζει στα 13km
- Εμφανίζει κατοπτρική επιφάνεια σε Μεσοζωικούς ασβεστολίθους της Πελαγικής ζώνης.
- Η τεκτονική δράση του ρήγματος πιθανόν ήταν η αιτία να σχηματιστεί η βύθιση-λεκάνη όπου καλύπτεται από την λίμνη του Πολυφύτου.
- Από τις νεοτεκτονικές δράσεις έχει σχηματιστεί στο ρήγμα των Σερβιών μια νέα κατοπτρική επιφάνεια όπου εμφανίζεται ένα λειασμένο ανθρακικό επιφλοίωμα πάχους 2-3 cm.

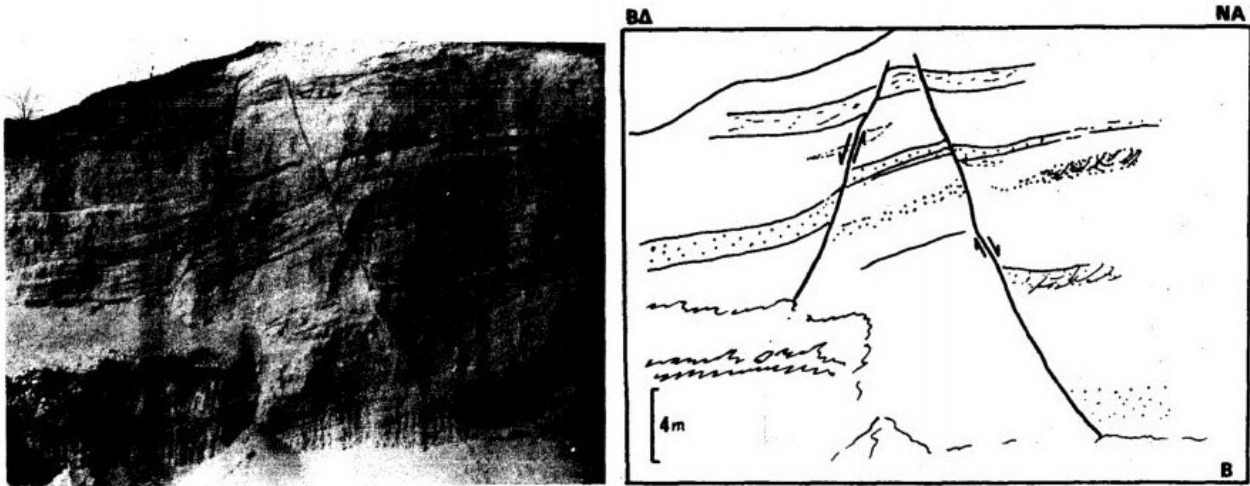
Γ. ΡΗΓΜΑ ΒΕΡΜΙΟΥ- ΒΕΡΓΙΝΑΣ

- Ανήκει στην Ρηξιγενή ζώνη του Αλιάκμονα και αποτελεί την συνέχεια του ρήγματος Σερβιών- Βελβεντού.
- Παρουσιάζει διεύθυνση ΒΑ- ΝΔ (50°-60°).
- Διαχωρίζει τα βουνά Βέρμιο- Φλάμπουρο καθώς αποτελεί φυσικό όριο.
- Έχει μήκος 20 km, αν και εμφανίζεται να αποτελείται από δυο ξεχωριστά τμήματα ρήγματος.

5.1.2. *Ρήγμα Βάρης-Χρωμίου*

- Εμφανίζεται στο οφειολιθικό σύμπλεγμα του Βούρινου.
- Έχει διεύθυνση Α-Δ, και ενεργοποιήθηκε τμηματικά από τον σεισμό στις 13.05.1995 που συνέβη στην περιοχή Κοζάνης- Γρεβενών.
- Έδρασε ως δευτερογενή δραστηριότητα του ρήγματος Ρύμνιου- Παλαιοχωρίου- Κέντρου και προκάλεσε αντιθετικές μεταπτώσεις με κλίση προς τον Νότο.
- Αξιοσημείωτο το γεγονός που αποτελεί αντιθετικό κανονικό ρήγμα παρόλο που αποτελούσε ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης.
- Συνολικό μήκος περίπου 15km.

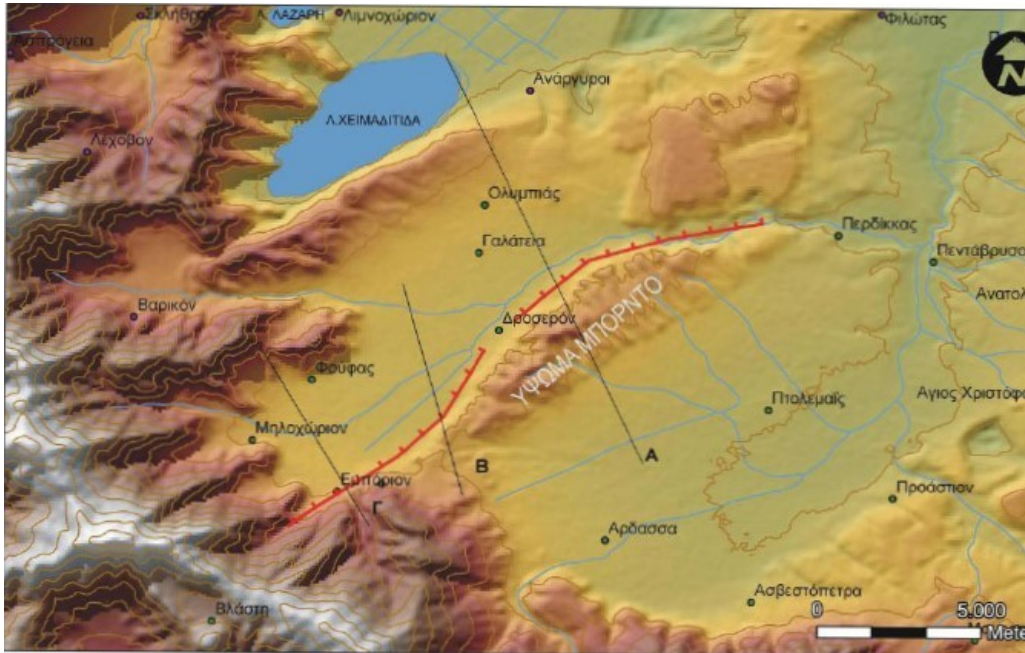
5.1.3. Ρήγμα Προαστίου-Ασβεστόπετρας



Εικόνα 23: Το ρήγμα του Προαστίου που φαίνεται να σχηματίζει ένα τεκτονικό κέρασ (Παυλίδης, 1985).

- Ρηξιγενής ζώνη Κομνηνών, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.
- Συνολικό μήκος Προαστίου- Ασβεστόπετρας περίπου 11 km
- Αποτελεί ένα από τα έξι μεγάλα ρήγματα που ανήκουν στην λεκάνη Φλώρινα-Αμυνταίου- Πτολεμαϊδας.
- Τα ρήγματα αυτά εμφανίζουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (40-60°) και διασχίζουν εγκάρσια την μεγάλη λεκάνη με αποτέλεσμα να την έχουν τεμαχίσει σε μικρότερες λεκάνες (βυθίσματα).
- Τα έξι αυτά ρήγματα από Νότο ως Βορρά θα ονομαστούν στην συνέχεια (Παυλίδης, 1985, Pavlides & Mountrakis, 1987):
 1. Ρήγμα Προαστίου-Ασβεστόπετρας
 2. Ρήγμα Εμπορίου- Πέρδικας
 3. Ρήγμα Χειμαδίτιδας- Αναργύρων
 4. Ρήγμα Περαίας- Μανιάκι
 5. Ρήγμα Βεγορίτιδας- Αγ. Παντελεήμονας
 6. Ρήγμα Νυμφαίου- Ξυνού Νερού- Λίμνης Πετρών.

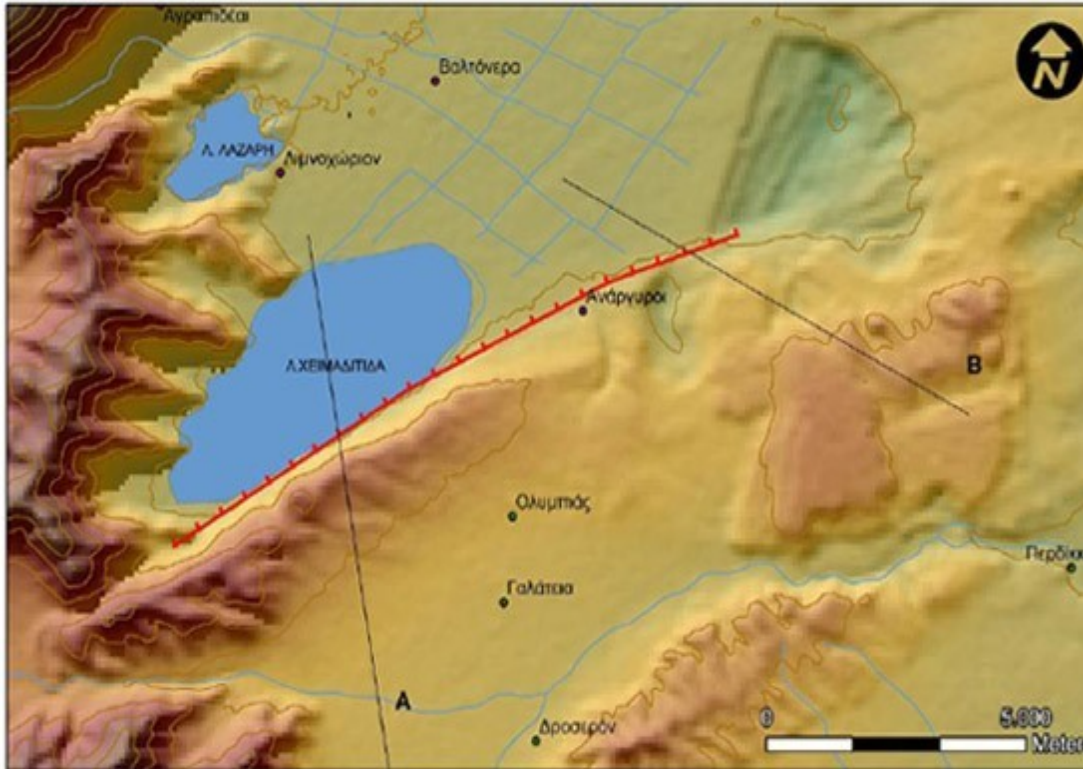
5.1.4. Ρήγμα Εμπορίου-Πέρδικας



Εικόνα 24: Τοπογραφικός χάρτης όπου διακρίνεται η θέση του ρήγματος Εμπορίου- Πέρδικας καθώς και το ύψωμα Μπορντό (Παυλίδης 1985, Ξανθοπούλου 2006).

- Αποτελεί ένα από τα έξι ρήγματα της λεκάνης Φλώρινας- Αμυνταίου- Πτολεμαΐδας.
- Συναντάται και με το όνομα Μπορντό λόγω της θέσης του που βρίσκεται κατά μήκος του ΒΔ βυθίσματος του υψώματος Μπορντό.
- Το ρήγμα έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (50°), μήκος κοντά στα 11,7 km και πλάτος 8,5 km.

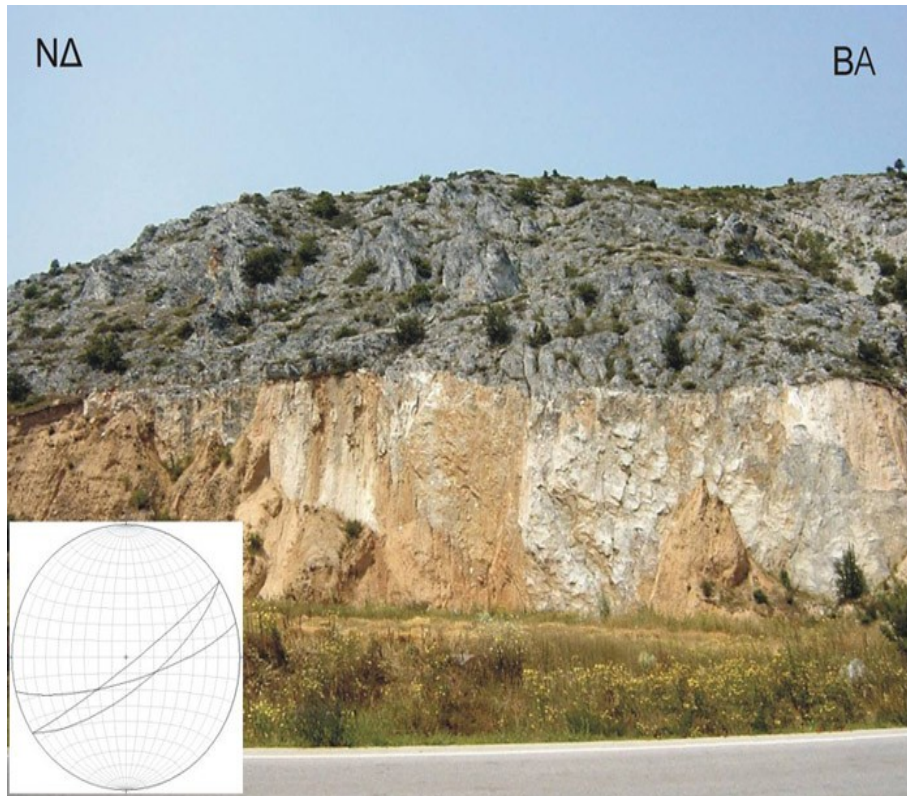
5.1.5. Ρήγμα Χειμαδίτιδας-Αγ. Αναργύρων



Εικόνα 25: Τοπογραφικός χάρτης στον οποίο διακρίνεται η θέση του ρήγματος Χειμαδίτιδας- Αγ. Αναργύρων και εντοπίζονται τα δυο μορφολογικά τμήματα (Παυλίδης 1985, Ξανθοπούλου 2006).

- Αποτελεί ενεργό κανονικό ρήγμα της Λεκάνης Φλώρινας- Αμυνταίου- Πτολεμαΐδας.
- Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (60°) και κλίση προς τα Βορειοανατολικά.
- Προφανώς αποτελεί τον λόγο δημιουργίας του βυθίσματος στην λίμνη Χειμαδίτιδα.
- Το ρήγμα έχει μήκος 11,5 km, διασχίζει το χωριό Ανάργυροι και έχει δημιουργήσει μια μικρή μορφοτεκτονική αναβαθμίδα κατά μήκος του αδρευτικού καναλιού.
- Το μήκος του συνολικού άλματος του ρήγματος υπολογίζεται σε 130m.

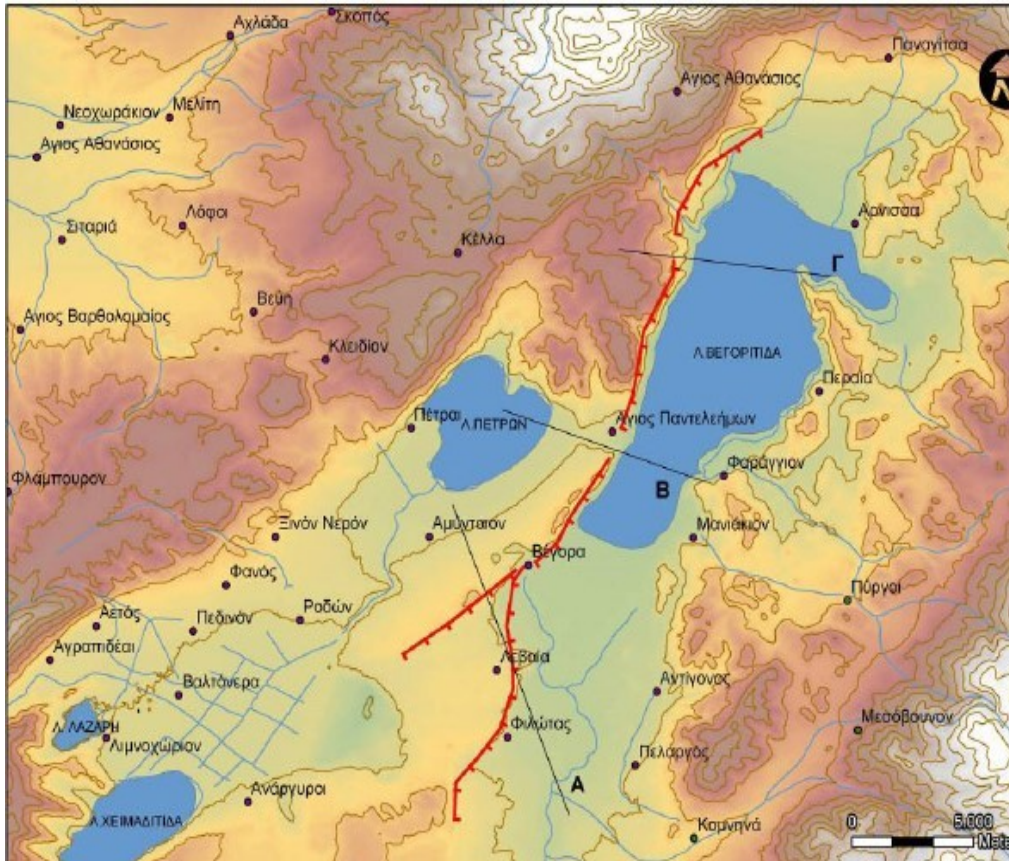
5.1.6. Ρήγμα Περαίας-Μανιακίου



Εικόνα 26: Φωτογραφία ρηξιγενούς (κατοπτρικής επιφάνειας) του ρήγματος της Περαίας- Βεγορίτιδας σε Μεσοζωικούς Ασβεστολίθους (Παυλίδης 1985, Ξανθοπούλου 2006)

- Η θέση του ρήγματος εντοπίζεται ανατολικά της λίμνης Βεγορίτιδας.
- Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (40°) και κλίση $75-85^{\circ}$, καθώς και μετάπτωση προς τα Νοτιοανατολικά.
- Παρουσιάζει συνολικό μήκος 13,8 km και πλάτος 8,9 km.
- Μπορεί να γίνει αντιληπτό στον εθνικό δρόμο μεταξύ Θεσσαλονίκη- Πτολεμαίδα, στην διαδρομή από το χωριό Περαία προς το Μανιάκι.

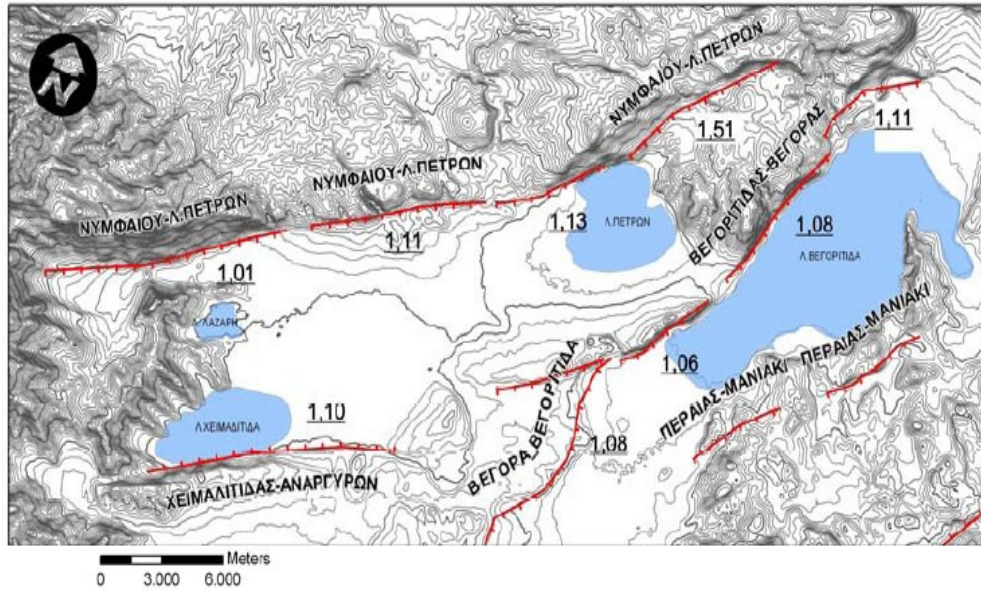
5.1.7. Ρήγμα Βεγορίτιδας-Αγ. Παντελεήμονα



Εικόνα 27: Τοπογραφικός χάρτης όπου διακρίνεται το ρήγμα της Βεγορίτιδας- Αγ. Παντελεήμονας και οι τρεις γεωμορφολογικές ενότητες του ρήγματος (Παυλίδης, 1985, Ξανθοπούλου 2006).

- Αποτελεί ενεργό κανονικό ρήγμα της ρηξιγενούς ζώνης της λίμνης Βεγορίτιδας.
- Εμφανίζει κλίση 60° με διεύθυνση προς τα ΒΑ-ΝΔ ($30-40^\circ$).
- Έχει μήκος 9,5 km και στο μεγαλύτερο μέρος του εμφανίζεται να διασχίζει τους Μεσοζωικούς ασβεστολίθους της Πελαγικής ζώνης με αποτέλεσμα να δημιουργεί βύθισμα στην λίμνη Βεγορίτιδα.
- Το άλμα του ρήγματος υπολογίζεται γύρω στα 200-500m.

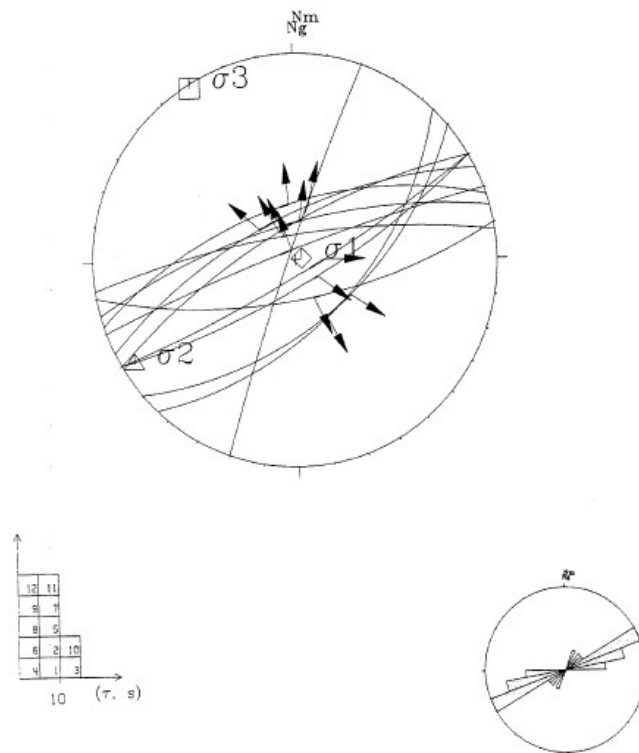
5.1.8. Ρήγμα Νυμφαίου-Πετρών



Εικόνα 28: Τπογραφικός χάρτης όπου διακρίνεται το ρήγμα του Νυμφαίου και ξεχωρίζουν τα τμήματα που το απαρτίζουν (Παυλίδης, 1985 Ξανθοπούλου 2006)

- Αποτελεί το σημαντικότερο ρήγμα της λεκάνης Φλώρινας- Αμυνταίου- Πτολεμαΐδας.
- Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (40-50°), και κλίση μεγέθους 60° προς τα Νοτιοανατολικά.
- Εμφανίζει μήκος 30 km διασχίζοντας εγκάρσια την λεκάνη, και είναι η αιτία της δημιουργίας του εξάρματος Ξυνού Νερού/ Κλειδιού.
- Αποτελεί ένα κανονικό ρήγμα μετάπτωσης ΝΑ.

5.1.9. Ρήγμα Σιάτιστων-Κοζάνης



Εικόνα 29: Δυναμική ανάλυση ρηξιγενών επιφανειών που βρέθηκαν κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης Σιάτιστα- Κοζάνης.

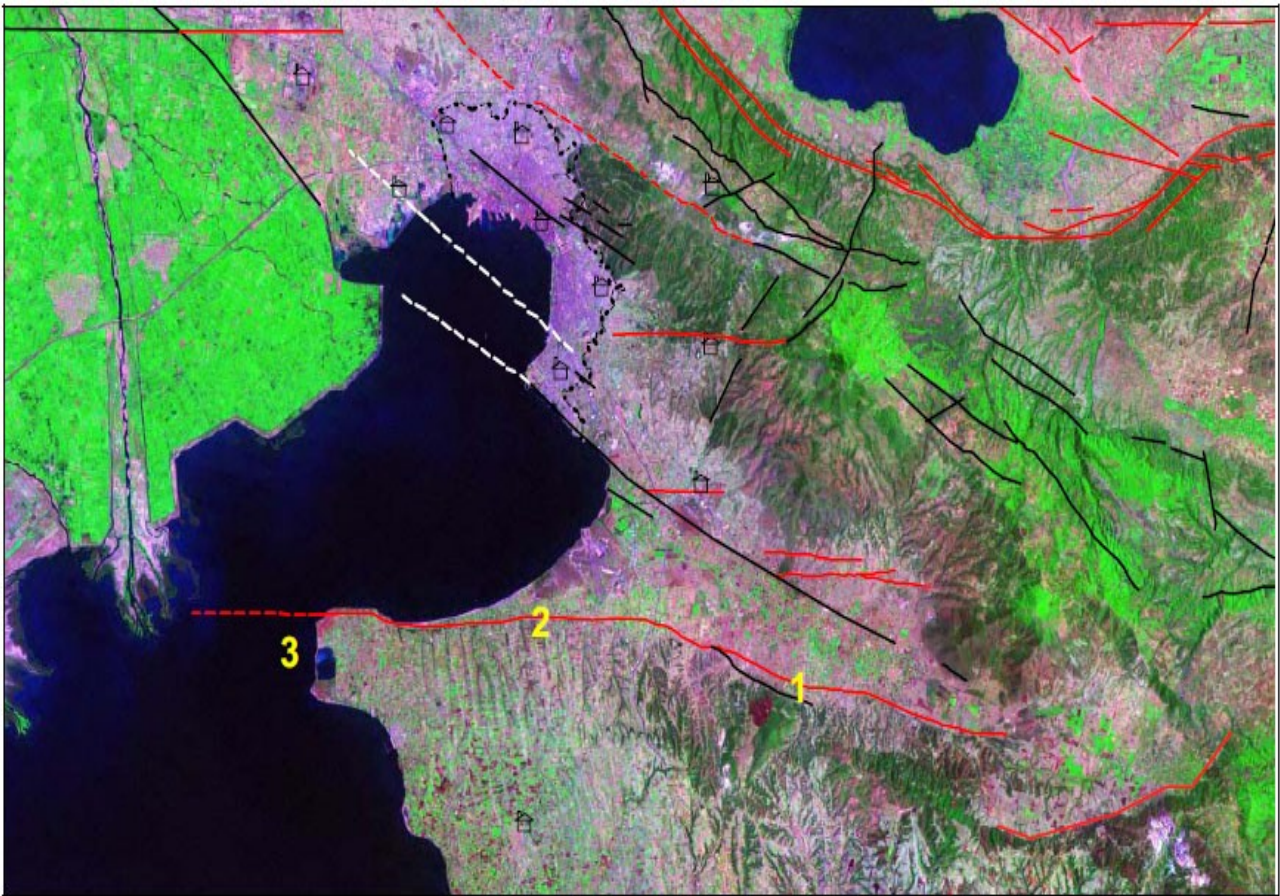
- Μεγάλου μήκους ρηξιγενής ζώνη ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης
- Το ρήγμα αποτελείται από πολλές μικρές συνεχείς ρηξιγενείς επιφάνειες
- Έχει συνολικό μήκος περίπου 28 km.

5.1.10. Ρήγμα Μαυροδενδρίου-Ποντοκόμης-Μαυροπηγής

- Πρόκειται για κανονικό ρήγμα.
- Αποτελεί τμήμα του δυτικού κρασπεδικού ρήγματος της Νεογενούς λεκάνης της Πτολεμαΐδας.
- Ρηξιγενής ζώνη παράλληλων κανονικών ρηγμάτων ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης
- Εμφανίζει μεγάλες γωνίες κλίσης ($>60^\circ$) προς τα ΑΒΑ
- Εσωτερικά του κρασπεδικού ρήγματος, αναπτύσσονται κανονικά ρήγματα ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης.
- Η ρηξιγενής αυτή ζώνη οριοθετεί κυρίως Τριαδικά- Ιουρασικά ανθρακικά πετρώματα της Πελαγικής ζώνης με τα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης Πτολεμαΐδας- Αγ. Δημητρίου.

5.2. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

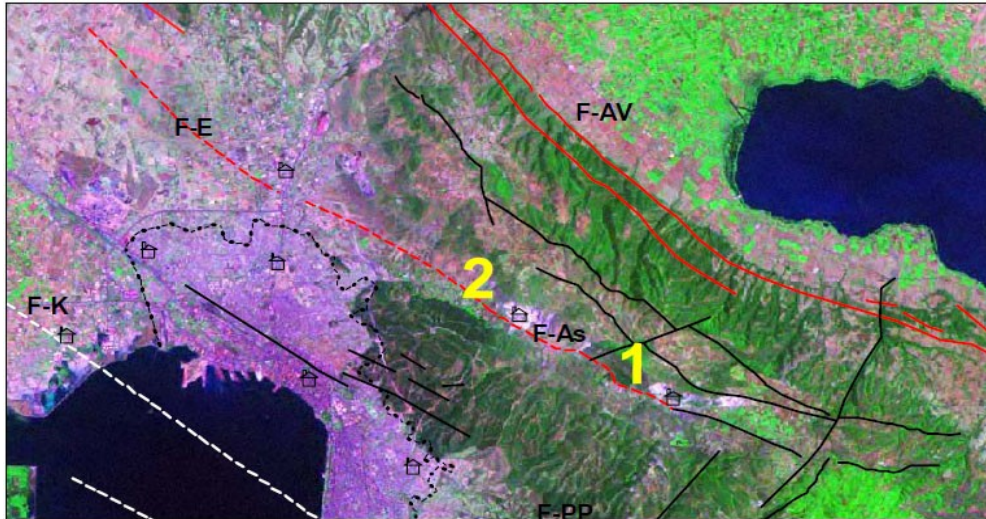
5.2.1. Ρήγμα Ανθεμούντα



Εικόνα 30: Χάρτης landsat όπου φαίνεται η θέση του ρήγματος Ανθεμούντα καθώς και τα τρία τμήματα που τον αποτελούν (από <http://gredass.unife.it>).

- Αποτελεί κανονικό ενεργό ρήγμα μετάπτωσης προς Βορρά.
- Χωρίζεται σε τρία τμήματα, με το πρώτο να ξεκινάει από τον Ν. Ρύσιο μέχρι τον Γαλαρινό με διεύθυνση B100-110⁰ και μήκος 17km. Το δεύτερο από τον Ν. Ρύσιο έως το Αγγελολώρι με διεύθυνση B90⁰ και μήκος 15 km. Και το τρίτο τμήμα είναι υποθετική προέκταση του ρήγματος μήκους 3km προς τον θαλάσσιο χώρο.
- Παρουσιάζει συνολικό άλμα 200 m.
- Έχει γενική διεύθυνση Α-Δ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ (περίπου N100⁰) και κλίση 70⁰ προς τα Βόρεια.
- Συνολικό ορατό μήκος 32 Km.
- Έχει μέγιστο βάθος 20 Km.
- Πιθανή σύνδεση με τον σεισμό το 1677 στα Βασιλικά, μεγέθους M=6.2.

5.2.2. Ρήγμα Ασβεστοχωρίου-Πολίχνης



Εικόνα 31: Εικόνα στη οποία φαίνεται το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου (F-As) και δίπλα το ρήγμα της Ευκαρπίας (F-E) (από <http://gredass.unife.it>)

- Εμφανίζει κινηματική αριστερόστροφου πλαγκιοκανονικού ρήγματος.
- Ρηξιγενής γραμμή ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης με προέκταση προς τα Ανατολικά.
- Παρουσιάζει μεγάλη γωνία κλίσης προς τα ΒΑ (περίπου 85°).
- Ορατό μήκος 15 km.
- Πιθανή επαναδραστηριοποίηση κατά τον μεγάλο σεισμό του 1978 της Θεσσαλονίκης.

5.2.3. Ρήγμα Γερακαρούς-Νικομιδηνού-Στίβου-Περιστερώνα



Εικόνα 32: Φωτογραφία σεισμολογικής ανοιχτής ρωγμής του ρήγματος Γερακαρούς που προκλήθηκε μετά από τον σεισμό της Θεσσαλονίκης το έτος 1978. (από <http://gredass.unife.it/>)

- Γενική διεύθυνση σεισμικού ρήγματος ABA-ΔΝΔ με τοξοειδή ανάπτυξη και μετάπτωση προς Βορρά.
- Ρηξιγενής ζώνη Βόλβης.
- Μεγάλη γωνία κλίσης ($75-85^{\circ}$) προς Βορρά με συνεχή μείωση ως 35° .
- Ρήγμα ληστρικής γεωμετρίας με συνολικό άλμα 250m.
- Καταστροφικός σεισμός στις 20/06/1978, μεγέθους $M=6,5$.

5.2.4. Ρήγμα Πηλαίας-Πανοράματος



Εικόνα 33: Δορυφορική εικόνα του ρήγματος Πυλαίας- Πανοράματος (F-PP) όπου διακρίνονται και τα επιμέρους τμήματα του (0-1-2-3) (από <http://gredass.unife.it/>)

- Αποτελεί κανονικό ρήγμα.
- Διεύθυνση ρήγματος Α-Δ ($B\ 95-100^0$) και κλίση $60-90^0$ προς Βορρά.
- Χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα με μήκος 3km έκαστος.
- Το πρώτο τμήμα έχει παράταξη $B100^0$, το δεύτερο τμήμα καταμήκος του Πανοράματος έχει διεύθυνση Α-Δ, το τρίτο τμήμα διασχίζει τη νότια μεριά της Πυλαίας προς την πόλη της Θεσσαλονίκης και το τέταρτο τμήμα αποτελεί την προέκταση μέσα στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

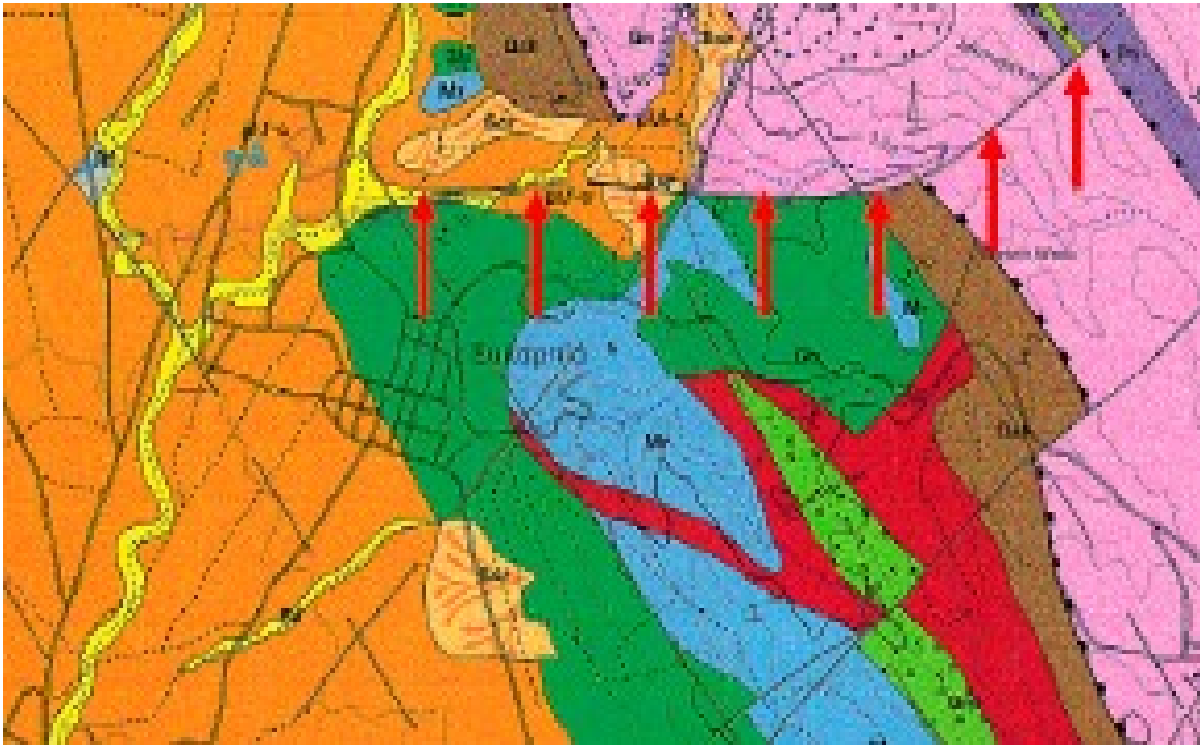
5.2.5. Ρήγμα Καλαμαριάς



Εικόνα 34: Η εμφάνιση του ρήγματος της Καλαμαριάς (κόκκινο χρώμα) έπειτα από εκσκαφή (από <http://gredass.unife.it/>)

- Το ρήγμα παρουσιάζει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, παράταξη B100-110⁰ και μετάπτωση προς Βορρά.
- Έχει μήκος 1km και παρουσιάζει άλμα 1,5m.
- Τελευταία δραστηριοποίηση του ρήγματος πριν 2.000 χρόνια.

5.2.6. Ρήγμα Ευκαρπίας



Εικόνα 35: Γεωτεχνικός χάρτης ΙΓΜΕ, που διακρίνεται το ρήγμα της Ευκαρπίας.

- Το ρήγμα της Ευκαρπίας απέχει μόλις 6 km από το κέντρο της πόλης της Θεσσαλονίκης.
- Χωρίζεται σε δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα έχει μήκος 2,5 km και διεύθυνση Α-Δ (Β90) και το δεύτερο τμήμα έχει μήκος 1,2 km και διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (Β55).
- Θεωρείται πιθανά ενεργό ρήγμα.
- Το ρήγμα παρουσιάζει δυναμικό μεγέθους 6,1 R και δυναμικό μετατόπισης 0,3m.

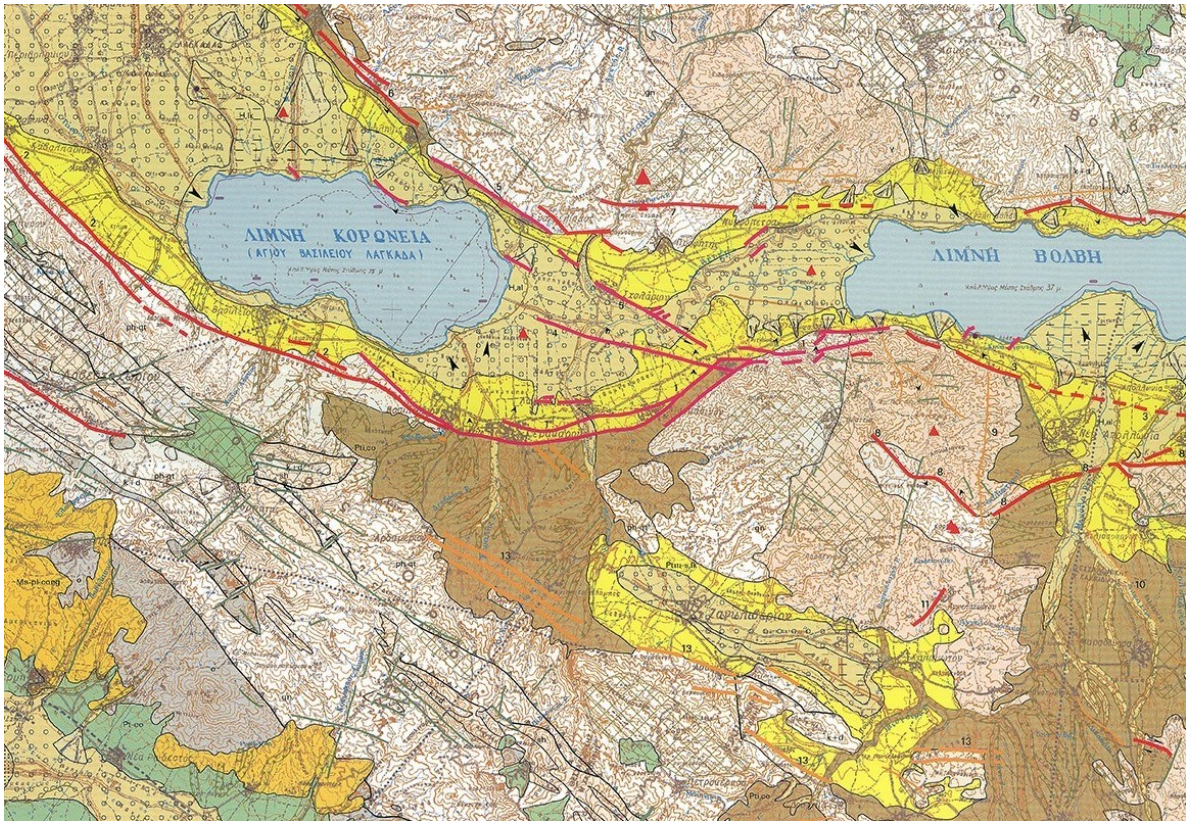
5.2.7. Ρήγμα Λουτρών-Βόλβης-Νέας Απολλώνιας



Εικόνα 36: Θεσσαλονίκη. Φωτογραφία από τον σεισμό του ρήγματος της Βόλβης το καλοκαίρι του '78. (πηγή www.mixanitouxronou.gr)

- Το ρήγμα της Βόλβης είναι ένα κανονικό ρήγμα.
- Αποτελεί την συνέχεια προς τα Ανατολικά του σεισμικού ρήγματος Περιστερώνα.
- Είναι γενικής διεύθυνσης Α-Δ έως και ΔΒΔ-ΑΝΑ με μετάπτωση προς τον Βορρά.
- Παρουσιάζει συνολικό μήκος 10km.
- Συνολικό άλμα 250m.
- Σύνδεση του ρήγματος με θερμές πηγές Βόλβης.

5.2.8. Ρήγμα Νέας Μαδύτου



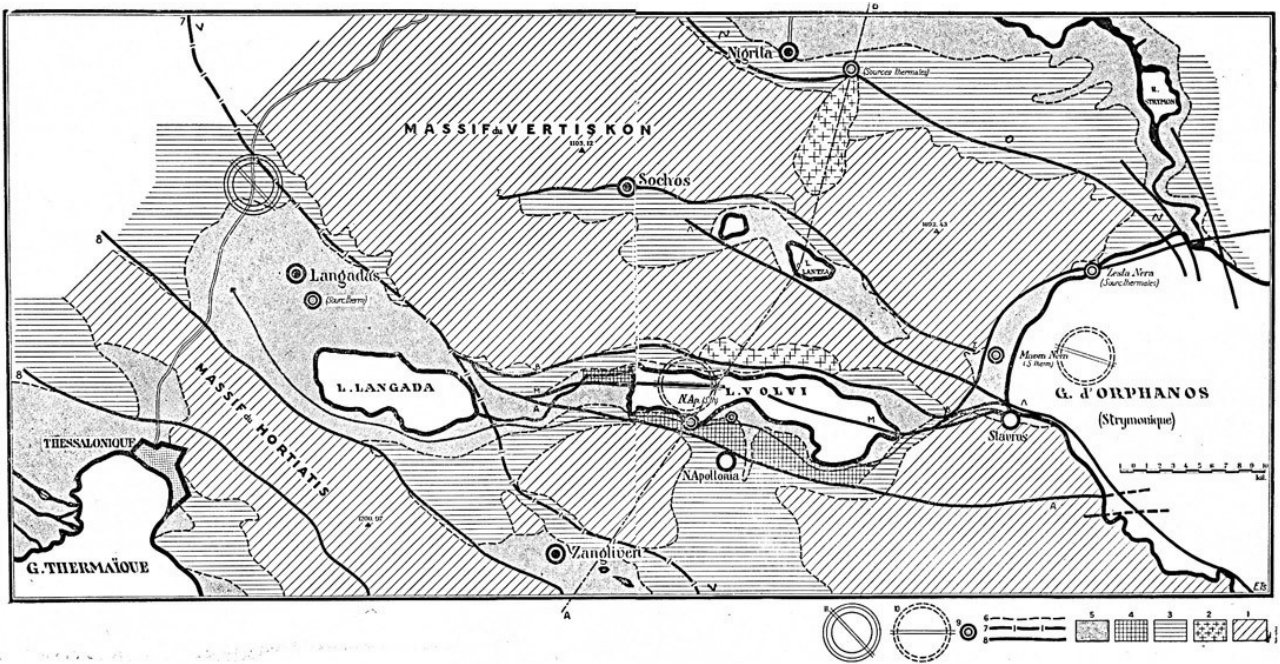
Εικόνα 37. Νεοτεκτονικός χάρτης όπου διακρίνεται η ρηξιγενής γραμμή Νέας Απολλωνίας- Νέας Μαδύτου- Ολυμπιάδας. (από <http://www.oasp.gr>, Mountrakis et. al.)

- Ρηξιγενή γραμμή γενικής διεύθυνσης Α-Δ.
- Έχει διεύθυνση που κυμαίνεται από ΔΒΔ- ΑΝΑ μέχρι Α-Δ και είναι σχεδόν παράλληλο με το ρήγμα της Βόλβης.
- Σαν σύνολο Νέας Απολλωνίας- Νέας Μαδύτου- Ολυμπιάδας αποτελεί μια μεγάλο μήκος ρηξιγενή που φτάνει τα 30 km.
- Εκτίμηση του άλματος πως είναι της τάξης των 5 m.

5.2.9. *Ρήγμα Λήτης-Λαγυνών και πιθανό ρήγμα Μελισσοχωρίου*

- Πιθανόν αποτελούν τμήματα της ρηξιγενούς ζώνης η οποία οριοθετεί τη Μυγδονία λεκάνη.
- Η ρηξιγενής ζώνη αποτελείται από τα ρήγματα: Μελισσοχωρίου, Λήτης- Λαγυνών- Αγ. Βασιλείου, Γερακαρούς- Νικομηδινού- Στίβου- Περιστερώνα, Απολλωνίας.
- Το ρήγμα στην περιοχή Λήτης- Λαγυνά αποτελεί κανονικό ρήγμα, έχει διεύθυνση ΒΔ- ΝΑ, μήκος 5 km και εμφανίζει μετάπτωση προς τα ΒΑ.
- Το μορφολογικό άλμα στη θέση Λήτης υπολογίζεται στα 80 m.
- Αποτελεί ενεργό ρήγμα.

5.2.10. Ρήγμα Σοχού



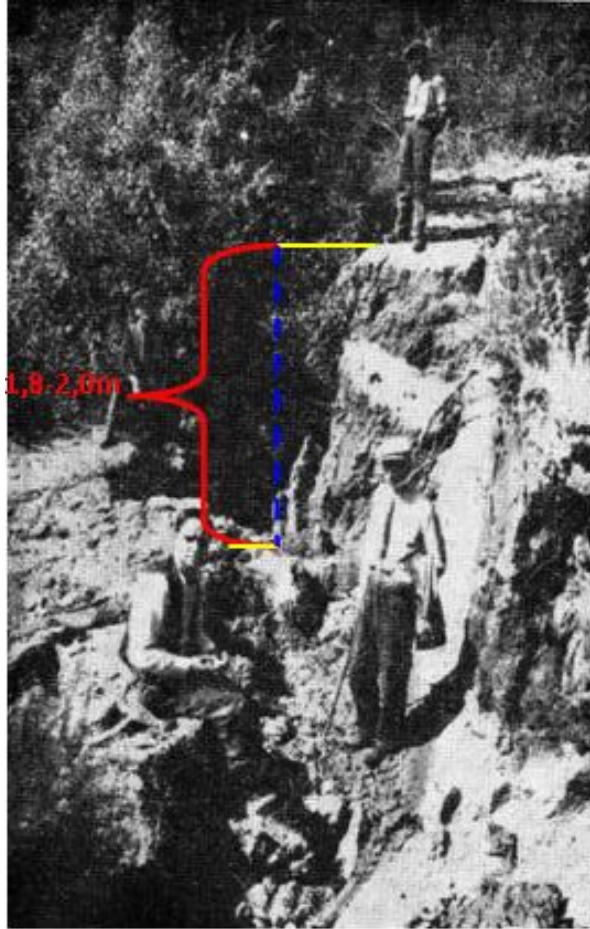
Εικόνα 38: Χάρτης όπου φαίνεται το ρήγμα του Σοχού (F-So). (από <http://gredass.unife.it/>)

- Το ρήγμα του Σοχού έχει διεύθυνση Α-Δ (περίπου 90^0) και κλίση 60^0 προς τα Νότια.
- Διέρχεται από τα χωριά Σοχός- Αυγή- Κρυονέρι- Πέντε Βρύσες.
- Συνολικό μήκος, υπολογίζοντας και την προέκταση που πιθανότητα παρουσιάζει προς το χωριό Μαυρούδα, είναι 35 km.
- Πρόκειται για κανονικό ρήγμα, με μετάπτωση προς τον Νότο.
- Υπάρχει συσχέτιση του ρήγματος με τον σεισμό του 1932, μεγέθους $M= 6,2$.
- Ενεργό σεισμικό ρήγμα.

5.2.11. Σεισμική ρηξιγενής Ζώνη Σχολαρίου-Ανάληψης-Άσσηρου

- Πρόκειται για μια μεγάλη ρηξιγενή ζώνη μήκους 30km.
- Μέρος της ρηξιγενής ζώνης ενεργοποιήθηκε λόγω του σεισμού της Θεσσαλονίκης το 1978.
- Παρουσιάζει διεύθυνση ΒΔ- ΝΑ, με μετάπτωση προς τα ΝΔ.
- Το πρώτο τμήμα του ρήγματος ή αλλιώς ρήγμα Σχολαρίου, υπολογίστηκε πως έχει μήκος 8km.
- Το δεύτερο τμήμα ή ρήγμα Ανάληψης- Ασσήρου έχει μήκος 20 km με διεύθυνση ΒΔ- ΝΑ (130-150°).
- Αποτελεί ενεργό ρήγμα και πιθανώς σχετίζεται με τον μεγάλο σεισμό της Ασσήρου το 1902 μεγέθους $M=6.6$.

5.2.12. Ρήγμα Στρατωνίου-Βαρβάρας



Εικόνα 39: Φωτογραφία από το ρήγμα στην περιοχή Στρατωνίου το 1932 όπου φαίνεται η μετατόπιση του ρήματος που είναι της τάξης 1,8- 2,0m. (από <http://gredass.unife.it/>)

- Πρόκειται ουσιαστικά για δύο διαφορετικά ρήγματα, το ρήγμα Στρατωνίου και το ρήγμα Βαρβάρας που το ένα αποτελεί συνέχεια του άλλου.
- Το ρήγμα Στρατωνίου είναι ένα κανονικό ρήγμα με διεύθυνση Α-Δ.
- Παρουσιάζει μήκος 15 km στην ξηρά και επεκτείνεται ανατολικά υποθαλάσσια σε άλλα 15-20 km.
- Έχει δυναμικό μεγέθους $M=7,0$ και δυναμικό μετατόπισης 1,4m.
- Μπορεί να δώσει σεισμό μεγέθους $M=6,6$ R.
- Το ρήγμα Βαρβάρας αποτελεί και αυτό κανονικό ρήγμα με γενική διεύθυνση ΒΔ- ΝΑ και μετάπτωση προς τα ΝΝΔ.
- Με συνολικό μήκος 6km.

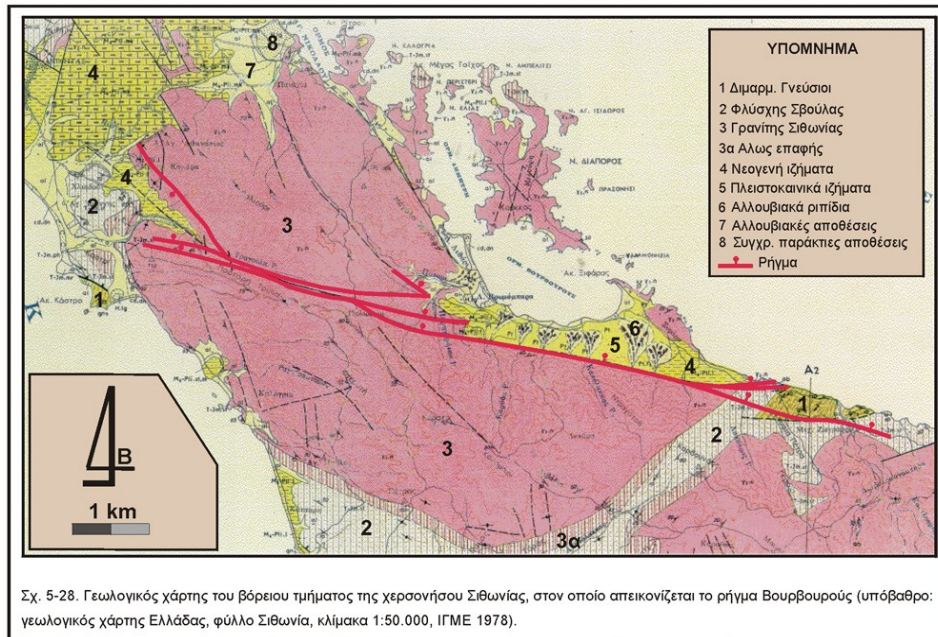
5.2.13. Ρήγμα Γοματίου-Μεγάλης Παναγιάς



Εικόνα 40: Χάρτης όπου διακρίνεται το ρήγμα Γοματίου- Μεγάλης Παναγιάς (από <http://gredass.unife.it/>)

- Το ρήγμα Γοματίου αποτελεί μια ΒΔ- ΝΑ διεύθυνσης μεγάλης ρηξιγενής γραμμή μήκους περίπου 15,5 km και μετάπτωση προς τα ΝΔ.
- Αποτελεί κανονικό αριστερόστροφο ρήγμα.
- Η συνολική ρηξιγενής γραμμή ξεκινάει από την περιοχή της Μεγάλης Παναγιάς και καταλήγει στην περιοχή Ξηροποτάμι με μήκος 20 km.

5.2.14. Ρήγμα Βουρβουρούς

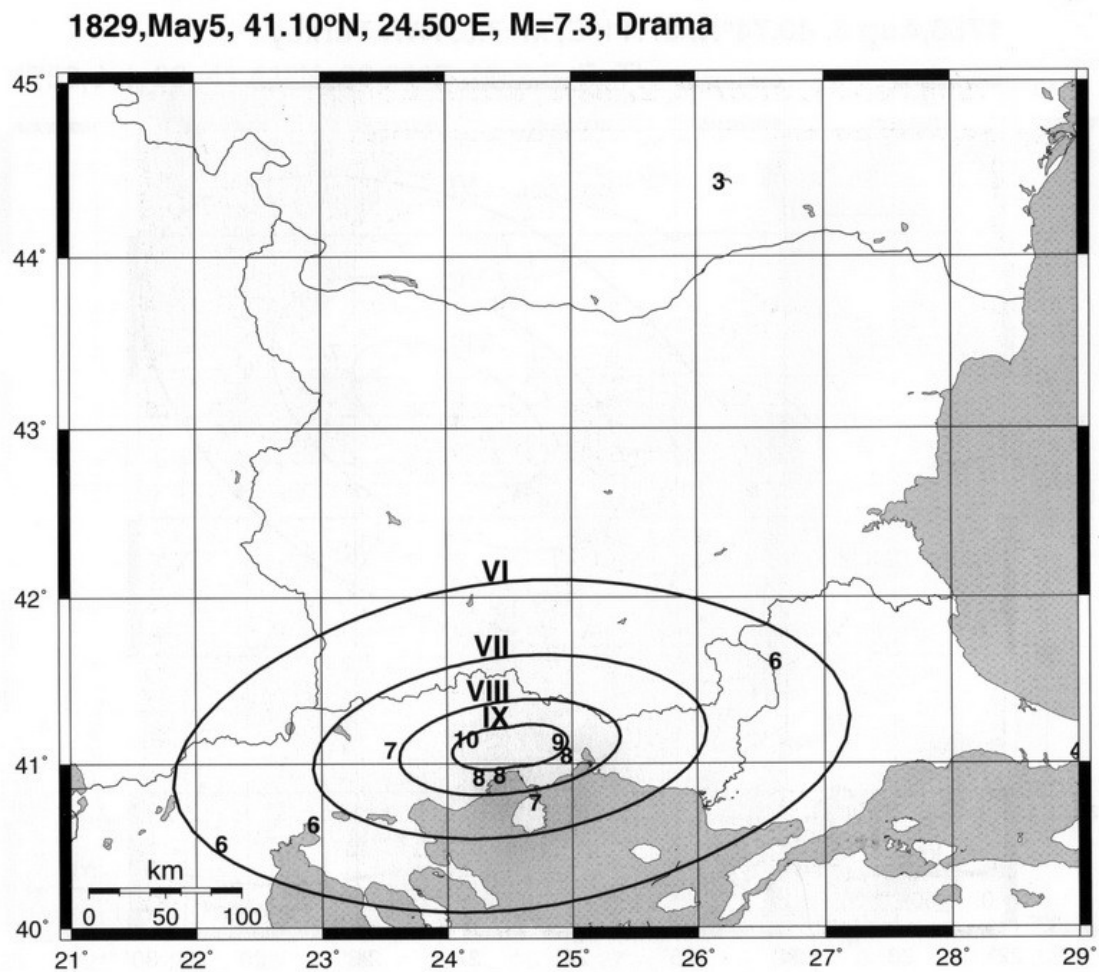


Εικόνα 41: ΙΓΜΕ 1978, Γεωλογικός χάρτης της χερσονήσου της Σιθωνίας στον οποίο εμφανίζεται το ρήγμα της Βουρβουρούς (από <http://gredass.unife.it>)

- Το ρήγμα της Βουρβουρούς έχει συνολικό μήκος 15 km.
- Παρουσιάζει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.
- Πιθανή προέκταση υποθαλάσσια.
- Σύμφωνα με την μορφοτεκτονική το ρήγμα χωρίζεται σε δυο τμήματα, με το πρώτο τμήμα να χωρίζεται σε άλλα δυο ρήγματα προς τα ανατολικά, ενώ το δεύτερο τμήμα χωρίζει τα Νεογενή και Πλειστοκαινικά ιζήματα από τον γρανίτη Σιθωνίας.

5.3. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗ

5.3.1. Ρήγμα Δράμας-Προσοτσάνης



Εικόνα 42: Χάρτης όπου διακρίνεται η χάραξη ισόσειστων καμπυλών προσδιορισμού της έντασης σε κάθε περιοχή γύρω από την δράση του σεισμού στις 05.05.1829 μεγέθους $M=7,3$ (Παπαζάχου & Παπαζάχου, 1989).

- Πρόκειται για ένα κανονικό- πλαγιοκανονικό ρήγμα.
- Έχει διεύθυνση Α-Δ.
- Συνολικό μήκος περίπου 30 km.
- Ευθύνεται για τον μεγάλο σεισμό που πραγματοποιήθηκε στη Δράμα και έγινε αισθητός στις περιοχές της Καβάλας, Σερρών, Ξάνθης, Θεσσαλονίκης
- Η Δράμα καταστράφηκε σχεδόν ολοκληρωτικά.

5.3.2. Ρήγμα Καβάλας-Ξάνθης-Κομοτηνής



Εικόνα 43: Φωτογραφία από το ρήγμα Καβάλας- Ξάνθης (αριστερά) και Ξάνθης- Κομοτηνής (δεξιά) (από <http://gredass.unife.it>)

- Το ρήγμα Καβάλας- Ξάνθης- Κομοτηνής είναι κανονικό- πλαγιοκανονικό ρήγμα.
- Αποτελεί ρηξιγενής ζώνη προϋπαρχόντων ρηγμάτων ABA- ΔΝΔ έως Α-Δ διεύθυνσης.
- Εμφανίζει συνολικό μήκος 110 km.
- Η ζώνη των ρηγμάτων έχει πλάτος 500-1000m και εμφανίζεται τμηματοποιημένη περιλαμβάνοντας μικρότερα κανονικά ρήγματα μήκους 5km.

5.3.3. Ρήγμα Μαρόνειας-Μάκρης

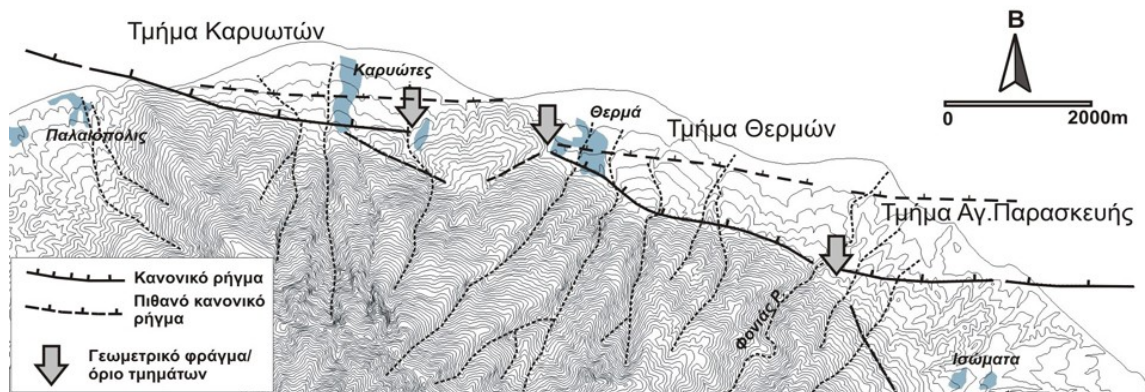


Εικόνα 44: Ρήγμα Μαρόνειας- Μάκρης, παραλία Μαρμαρίτσα στην Θράκη. (Πηγή: <https://el.wikipedia.org>)

- Το ρήγμα οριοθετεί την ακτογραμμή μεταξύ Αγίου Χαραλάμπους και Αλεξανδούπολης.
- Είναι κανονικό- Πλαγιοκανονικό ρήγμα με διεύθυνση Α-Δ.
- Συνολικό μήκος περίπου 35km.
- Κλίση 60° περίπου προς τα Νότια.
- Ορατό ύψος του ρήγματος 5m.

5.4. ΤΜΗΜΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

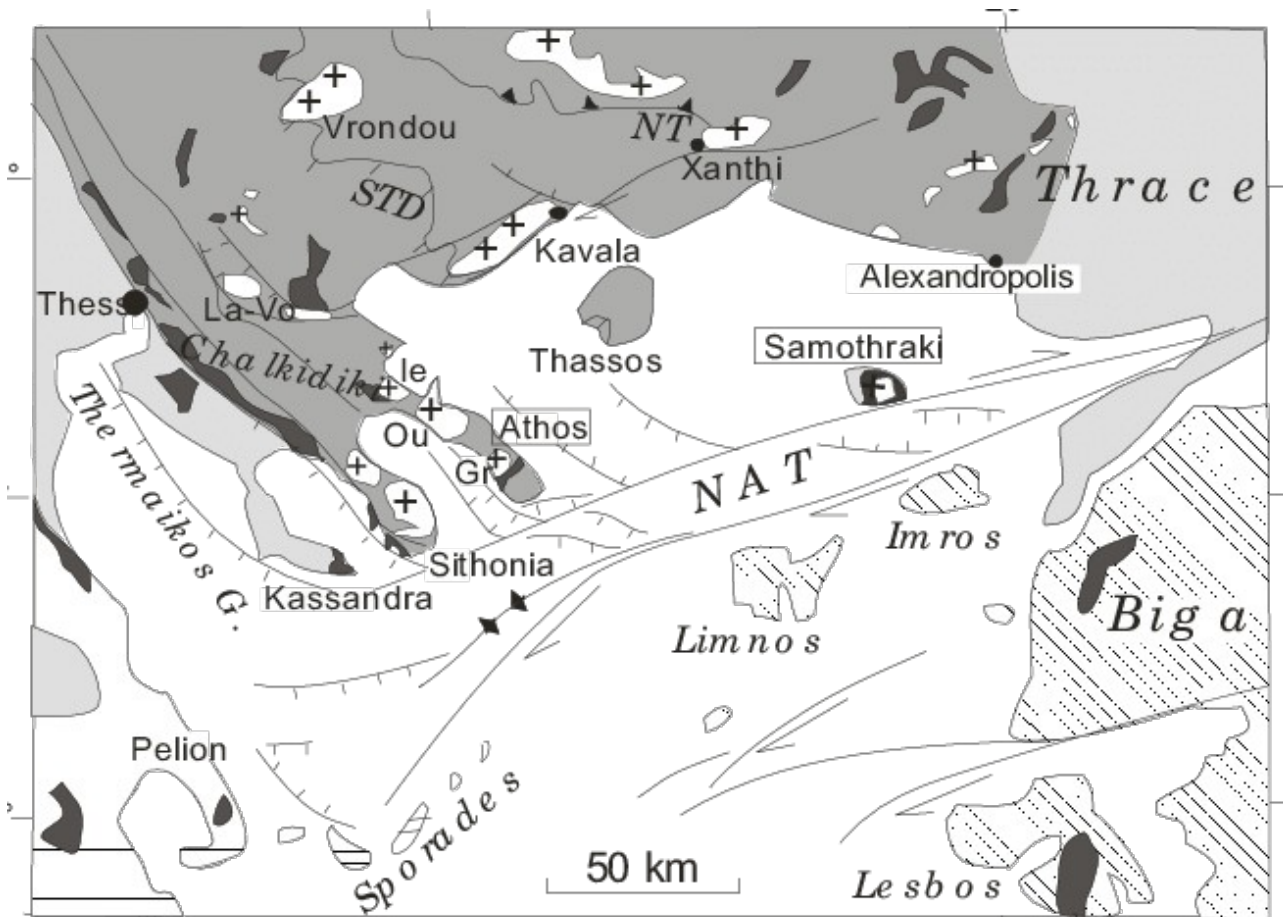
5.4.1. Ρήγμα Βόρειας Σαμοθράκης



Εικόνα 45: Λεπτομερής χάρτης της Βόρειας Σαμοθράκης όπου διακρίνονται τα τμήματα του ρήγματος.
(Παυλίδης, 2005)

- Το ρήγμα σχετίζεται με τον σεισμό στις 09.02.1893 μεγέθους $M=6,5-6,8$ R.
- Η κλίση καθώς και το βάθος παραμένουν άγνωστα, παρόλα αυτά σύμφωνα με την γεωμετρία προτείνεται μια μέση κλίση της τάξης των 60° .
- Παρουσιάζει διεύθυνση ANA- ΔΒΔ και διασχίζει το βόρειο τμήμα του νησιού.
- Το συνολικό μήκος υπερβαίνει ίσως τα 14km.
- Πρόκειται για ένα κανονικό ρήγμα.

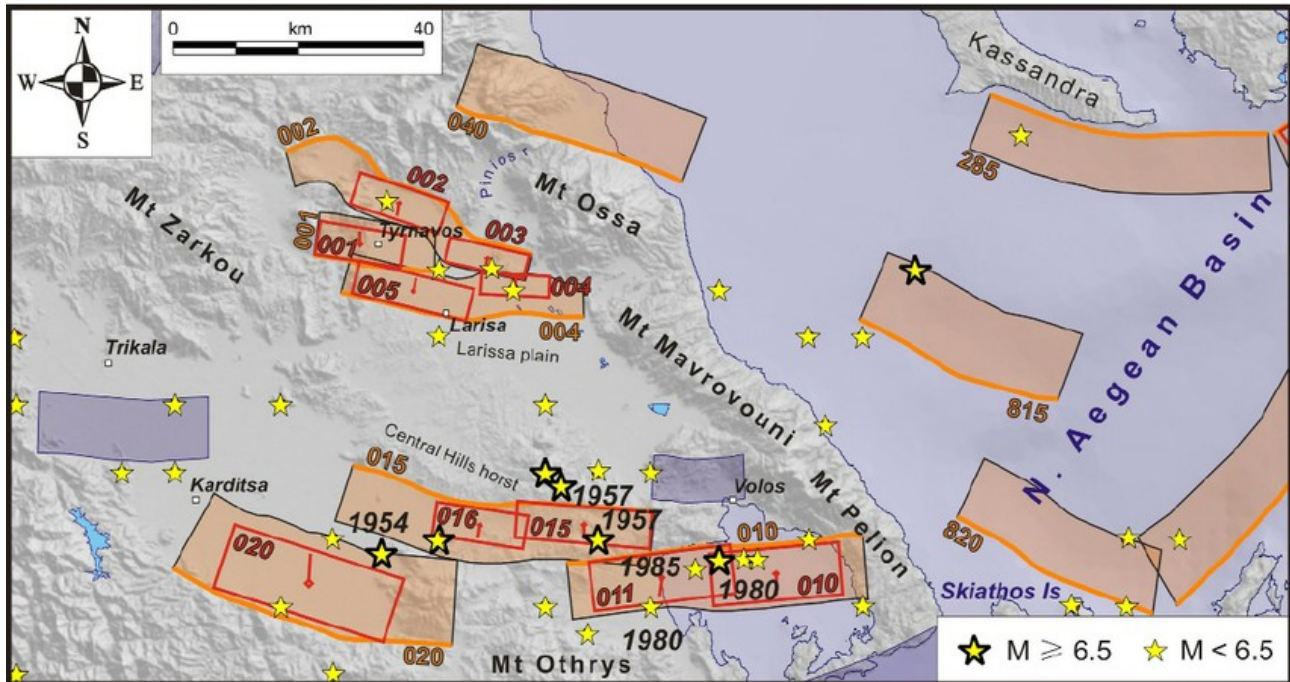
5.4.2. Ρήγμα Αθω



Εικόνα 46: Χάρτης όπου διακρίνονται τα ρήγματα του Βορείου τμήματος του Αιγαίου, μεταξύ και το ρήγμα Αθως. (πηγή: <https://www.researchgate.net>)

- Το ρήγμα του Αθως είναι τμήμα του μεγάλου ρήγματος της Νότιας Χαλκιδικής.
- Παρόλο που αποτελεί αμφίβολο ρήγμα, πιθανόν να ευθύνεται για τον σεισμό στις 08.11.1905 μεγέθους $M=7,5$ R.
- Συνολικό μήκος υπολογίζεται στα 65 km και μέγιστο βάθος στα 16 km περίπου.

5.4.3. Ρήγμα Νότιας Κασσάνδρας



Εικόνα 47 : Φωτογραφία όπου διακρίνεται πάνω δεξιά το ρήγμα της Κασσάνδρας. (από

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

- Αποτελεί την δυτική συνέχεια του ρήγματος της Νότιας Χαλκιδικής.
- Εμφανίζει διαφορετική κινηματική συμπεριφορά από το ρήγμα της Νότιας Χαλκιδικής.
- Είναι το βορειότερο ρήγμα της λεκάνης του Βόρειου Αιγαίου.
- Μέγιστο αναμενόμενο βάθος 14,5 km.
- Άλμα ρήγματος 0,8- 1,4 mm/y.
- Μέγιστη δυναμική ρήγματος $M=6.9$ R.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6: ΛΟΓΟΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

6.1. Σκοπός

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι να διαπιστωθεί η γνώση των εκπαιδευτικών σχετικά με τη σεισμολογία και οι αντιλήψεις τους όσον αφορά την διδασκαλία του μαθήματος “Γεωλογία- Γεωγραφία” στο Γυμνάσιο. Το συγκεκριμένο μάθημα διδάσκεται στις δύο τάξεις του Γυμνασίου (Α΄ και Β΄) και η επαφή των μαθητών με την επιστήμη της Γεωλογίας είναι περιορισμένη ως αποτέλεσμα να μην καλύπτονται βασικές γνώσεις του μαθήματος. Η έρευνα αποσκοπεί στο να αναδείξει την γνώση που κατέχουν οι καθηγητές και τι θεωρούν εκείνοι σημαντικό να διδάσκεται.

6.2. Μεθοδολογία

Κατά την διάρκεια πραγματοποίησης της έρευνας έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση τόσο σε έντυπο υλικό, όσο και σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων μέσω του διαδικτύου. Η ηλεκτρονική αναζήτηση διενεργήθηκε με βάση τους όρους “γνώση των εκπαιδευτικών σχετικά με την σεισμολογία”. Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην πλειοψηφία ήταν:

www.google.gr/com, και www.scholar.google.com

Ως χρονικό διάστημα αναζήτησης τέθηκε η περίοδος 2000-2021 προκειμένου η βιβλιογραφία να περιέχει πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα που θα βοηθούσαν στην εκπόνηση της έρευνας. Επίσης, προτιμήθηκε βιβλιογραφία σε περιορισμό δυο γλωσσών, της ελληνικής και της αγγλικής.

6.3. Εργαλεία μελέτης- μεθοδολογία

Η συλλογή δεδομένων κατά την διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας έγινε με την χρήση ερωτηματολογίου το οποίο περιλαμβάνει ερωτήσεις κλειστού τύπου και ερωτήσεις σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert. Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε σε εννέα σχολεία του Νομού Άρτας , τα οποία αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα, και απαντήθηκε από εκπαιδευτικούς.

ΣΧΟΛΕΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ
1 ^ο Γυμνάσιο Άρτας	18
2 ^ο Γυμνάσιο Άρτας	20
3 ^ο Γυμνάσιο Άρτας	15
4 ^ο Γυμνάσιο Άρτας	16
5 ^ο Γυμνάσιο Άρτας	11
Γυμνάσιο Ανέζας	9
Γυμνάσιο Γραμμενίσσας	6
Γυμνάσιο Κωστακίων	7
Γυμνάσιο Φιλοθέης	6

Πίνακας όπου εμφανίζονται τα σχολεία που διανεμήθηκαν τα ερωτηματολόγια και ο αριθμός ερωτηματολογίων που συλλέχθηκαν από το κάθε ένα.

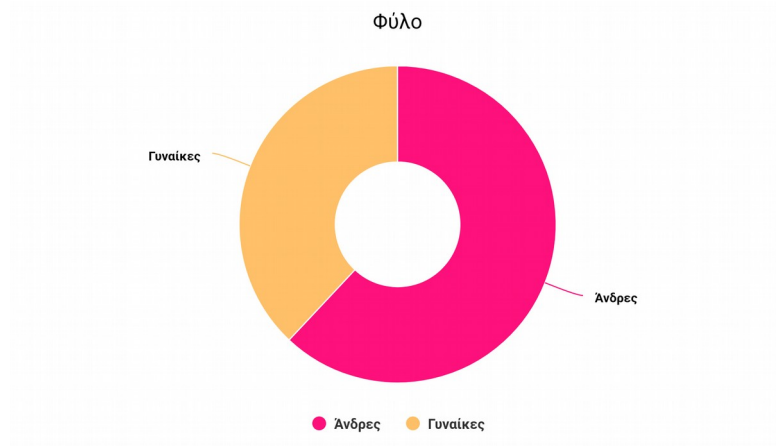
Το ερωτηματολόγιο που μοιράστηκε έχει δημιουργηθεί από εμένα την ίδια καθώς δεν χρειάστηκε σχετική άδεια. Αποτελείται στο σύνολο του από 15 ερωτήσεις σε δυο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα υπάρχουν 7 γενικές ερωτήσεις κλειστού τύπου που αφορούν τα εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού ενώ στην δεύτερη ενότητα υπάρχουν 8 ερωτήσεις τύπου κλίμακας Likert που αφορούν τις γνώσεις των εκπαιδευτικών πάνω σε συγκεκριμένα θέματα καθώς και την αναγκαιότητα διδασκαλίας που κρίνουν οι ίδιοι για αυτά. Ο χρόνος που απαιτεί η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι λιγότερο από πέντε λεπτά.

6.4 Περιορισμοί της έρευνας

Από τα 200 ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν, λήφθηκαν συμπληρωμένα τα 108. Ο σχετικά μικρός αριθμός συμμετοχής οφείλεται στο χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκε η έρευνα καθώς ήταν η περίοδος πριν την εξεταστική περίοδο και το τέλος της σχολικής χρονιάς. Επίσης υπάρχουν σχολεία στον νομό που δεν μοιράστηκαν ερωτηματολόγια, όπως το Γυμνάσιο της Άγναντας ,του Βουργαρελίου, κ.α. λόγω της μεγάλης χιλιομετρικής απόστασης σε συνάρτηση με τον περιορισμένο χρόνο της έρευνας.

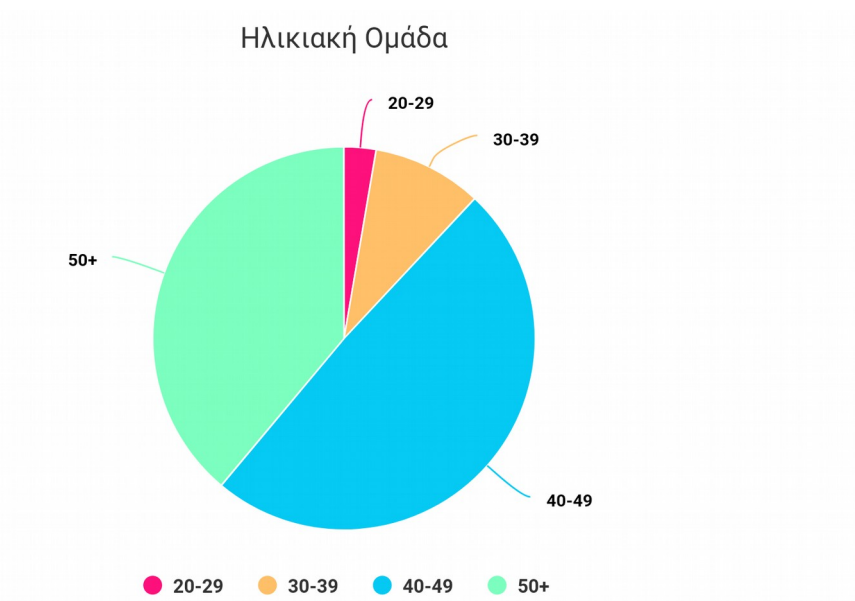
ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από το δείγμα των 108 εκπαιδευτικών το 62% αποτελείται από άντρες και το 38% από γυναίκες.

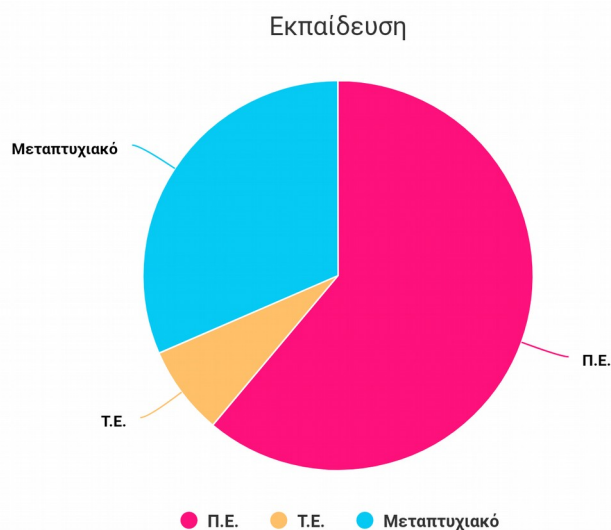


Πίνακας 1. Πίνακας όπου απεικονίζονται τα ποσοστά ανδρών- γυναικών εκπαιδευτικών.

Η ηλικιακή ομάδα με την μεγαλύτερη συμμετοχή της τάξης του 49% ήταν η 40-49 έτη, ακολουθούσε η ηλικιακή ομάδα 50+ έτη με συμμετοχή 38,8%, και οι μικρότερες σε συμμετοχή ηλικιακές ομάδες 30-39 έτη με συμμετοχή 9,25% και η ηλικιακή ομάδα 20-29 έτη με συμμετοχή 2,7%.

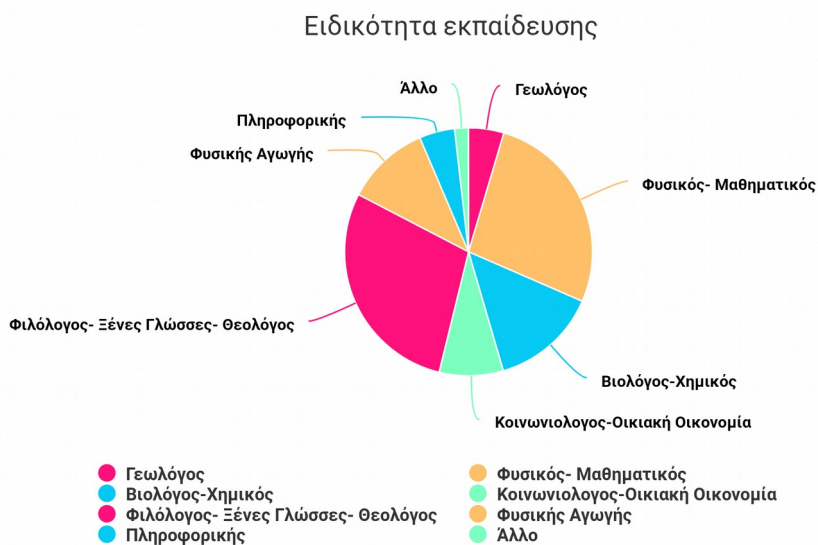


Πίνακας 2. Πίνακας όπου απεικονίζονται τα ποσοστά ανά ηλικιακή ομάδα των εκπαιδευτικών. Όσον αφορά την εκπαίδευση το 61,1% είναι απόφοιτοι πανεπιστημιακής εκπαίδευσης, το 31,5 % κατέχει μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών, και μόλις το 7,4% είναι απόφοιτοι τεχνολογικής εκπαίδευσης.



Πίνακας 3. Πίνακας όπου εμφανίζονται τα ποσοστά τίτλων εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών.

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών ανήκει στην ειδικότητα των Φιλολόγων- Ξένων Γλωσσών- Θεολόγων με ποσοστό 28,7%, έπειτα με ποσοστό 26,8% είναι οι Φυσικοί- Μαθηματικοί, ακολουθούν με ποσοστό 13,9% οι Βιολόγοι- Χημικοί, και με μικρότερη συμμετοχή της τάξης 10,9% οι εκπαιδευτικοί Φυσικής Αγωγής, με 8,3% οι Κοινωνιολόγοι και οι Οικονομολόγοι, με 5,5% οι Γεωλόγοι, με 4,6% οι εκπαιδευτικοί Πληροφορικής και ένα ποσοστό 1,8% που ανήκει σε άλλη κατηγορία.



Πίνακας 4. Πίνακας όπου εμφανίζονται τα ποσοστά ανάλογα με την ειδικότητα εκπαίδευσης.

Στην ερώτηση για το αν διδάσκεται το μάθημα της Γεωλογίας- Γεωγραφίας από ειδικότητα ΠΕ.04.05 απάντησε θετικά το 94,4% του συνόλου και μόλις το 5,6% έδωσε αρνητική απάντηση.

Για το αν έχουν παρακολουθήσει κάποιο σεμινάριο επιμόρφωσης που αφορά το αντικείμενο της σεισμολογίας θετικά απάντησε το 26,9% και αρνητικά το 73,1%. Επίσης από το ποσοστό που έδωσε αρνητική απάντηση, στο ερώτημα αν θα τους ενδιέφερε να παρακολουθήσουν κάποιο σεμινάριο επιμόρφωσης στο μέλλον, θετική απάντηση έδωσε το 22,7% ενώ το 77,3% έδωσε ξανά αρνητική απάντηση.

Σχετικά με το αν θεωρούν τις γνώσεις τους επαρκής πάνω στην Σεισμολογία- Γεωλογία το 54,6% απάντησε “Ναι, αλλά θα μπορούσαν να βελτιωθούν”, το 41,7% απάντησε “Όχι”, ενώ μόνο το 3,7% απάντησε πως οι γνώσεις τους είναι επαρκείς.

Όσον αφορά τη δεύτερη ενότητα και τις ερωτήσεις σε κλίμακα Likert, παρουσιάζονται στην συνέχεια τα αποτελέσματα.

Σεισμοί στην αρχαία Ελλάδα

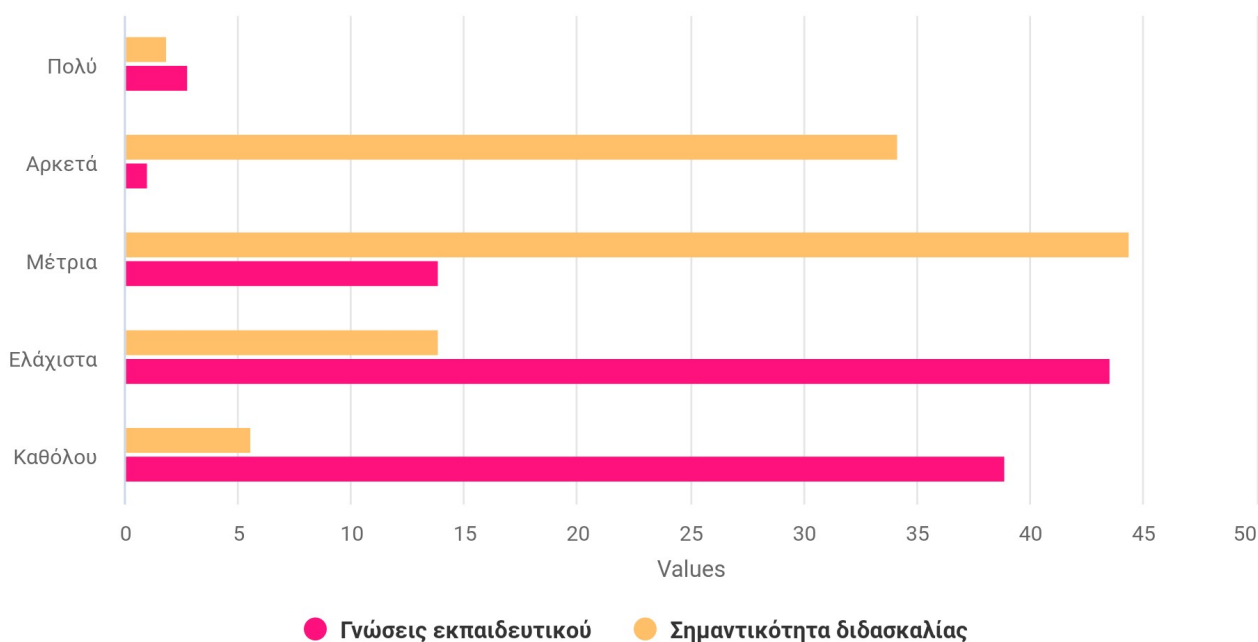
Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 38,9%
 Ελάχιστα- 43,6%
 Μέτρια- 13,9%
 Αρκετά- 1%
 Πολύ- 2,8%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

Καθόλου- 5,6%
 Ελάχιστα- 13,9%
 Μέτρια- 44,4%
 Αρκετά- 34,2%
 Πολύ- 1,9%

Σεισμοί στην αρχαία Ελλάδα



Πίνακας 5. Αποτελέσματα σχετικά με τους σεισμούς στην αρχαία Ελλάδα

Δυναμικότητα ρηγμάτων στην Ελλάδα

Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 8,3%

Ελάχιστα- 23,1%

Μέτρια- 37%

Αρκετά- 25%

Πολύ- 6,4%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

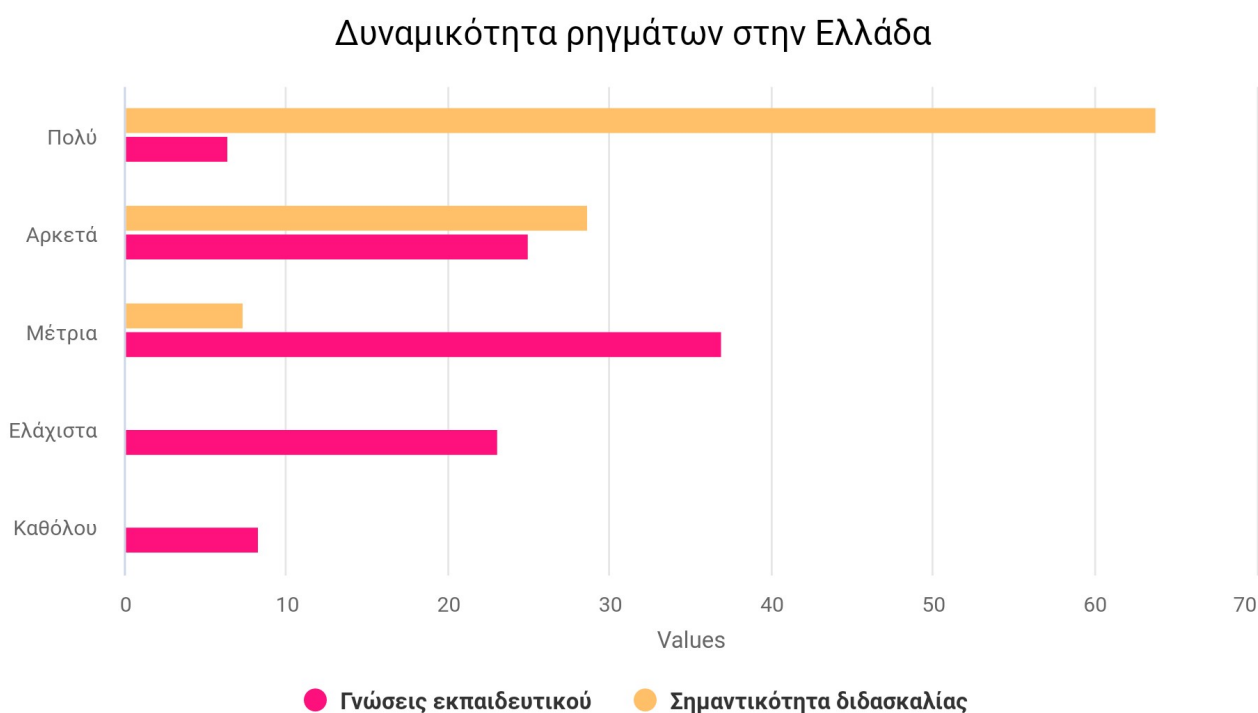
Καθόλου- 0%

Ελάχιστα- 0%

Μέτρια- 7,4%

Αρκετά- 28,7%

Πολύ- 63,9%



Πίνακας 6. Αποτελέσματα σχετικά με την δυναμικότητα ρηγμάτων στην Ελλάδα.

Οι μεγαλύτεροι φονικοί σεισμοί στην Ελλάδα

Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 3,7%

Ελάχιστα- 15,7%

Μέτρια- 62,9%

Αρκετά- 10,1%

Πολύ- 7,4%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

Καθόλου- 11,1%

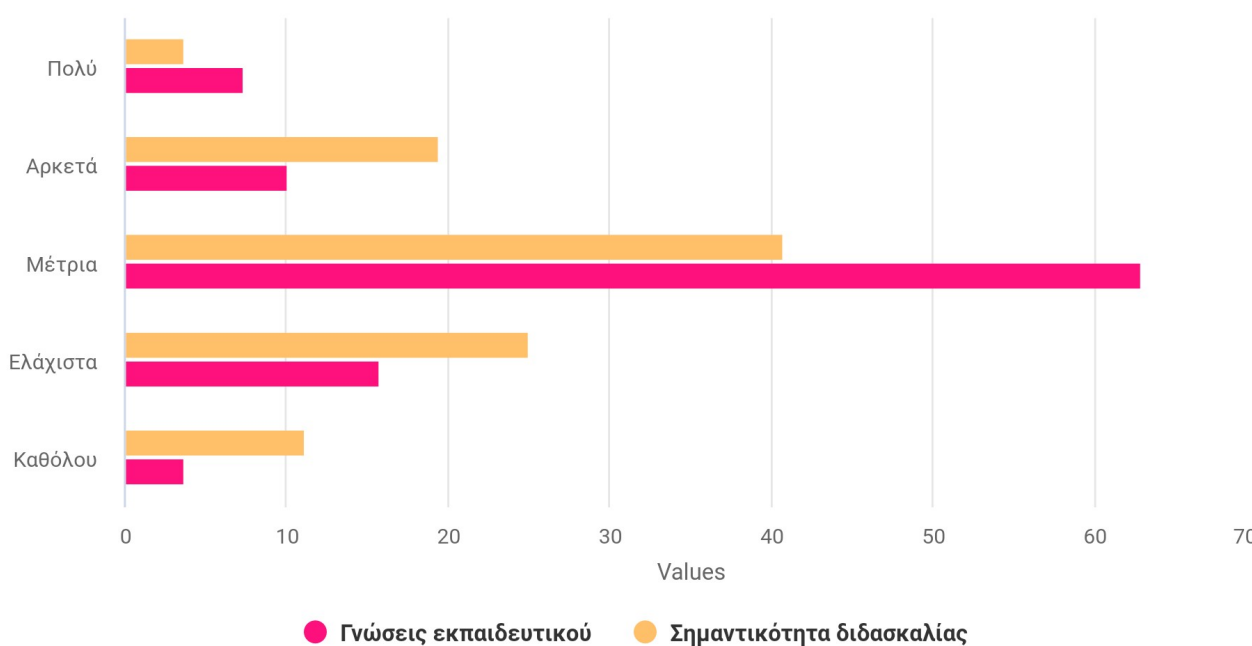
Ελάχιστα- 25%

Μέτρια- 40,7%

Αρκετά- 19,4%

Πολύ- 3,7%

Οι μεγαλύτεροι φονικοί σεισμοί στην Ελλάδα



Πίνακας 7. Αποτελέσματα σχετικά με τους μεγαλύτερους σεισμούς στην Ελλάδα.

Αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών κινδύνων

Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 18,5%

Ελάχιστα- 50,9%

Μέτρια- 24%

Αρκετά- 3,7%

Πολύ- 2,7%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

Καθόλου- 33,3%

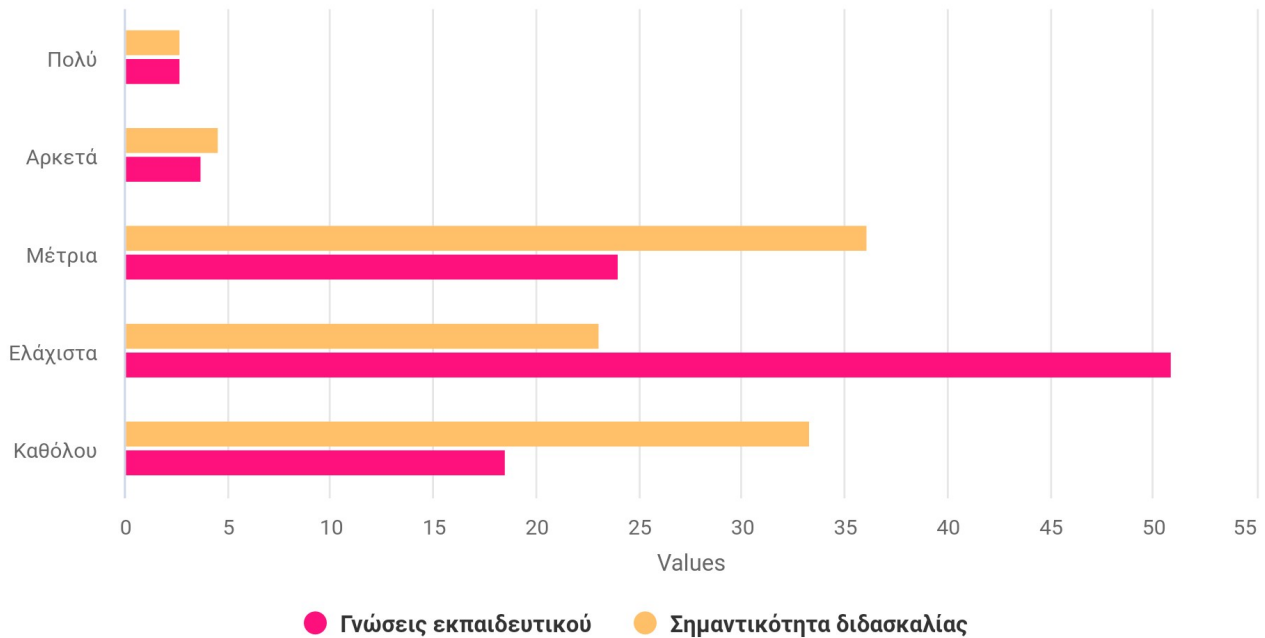
Ελάχιστα- 23,1%

Μέτρια- 36,1%

Αρκετά- 4,6%

Πολύ- 2,7%

Αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών κινδύνων



Πίνακας 8. Αποτελέσματα σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών κινδύνων.

Η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών

Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 8,3%

Ελάχιστα- 24%

Μέτρια- 25,9%

Αρκετά- 27,7%

Πολύ- 13,9%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

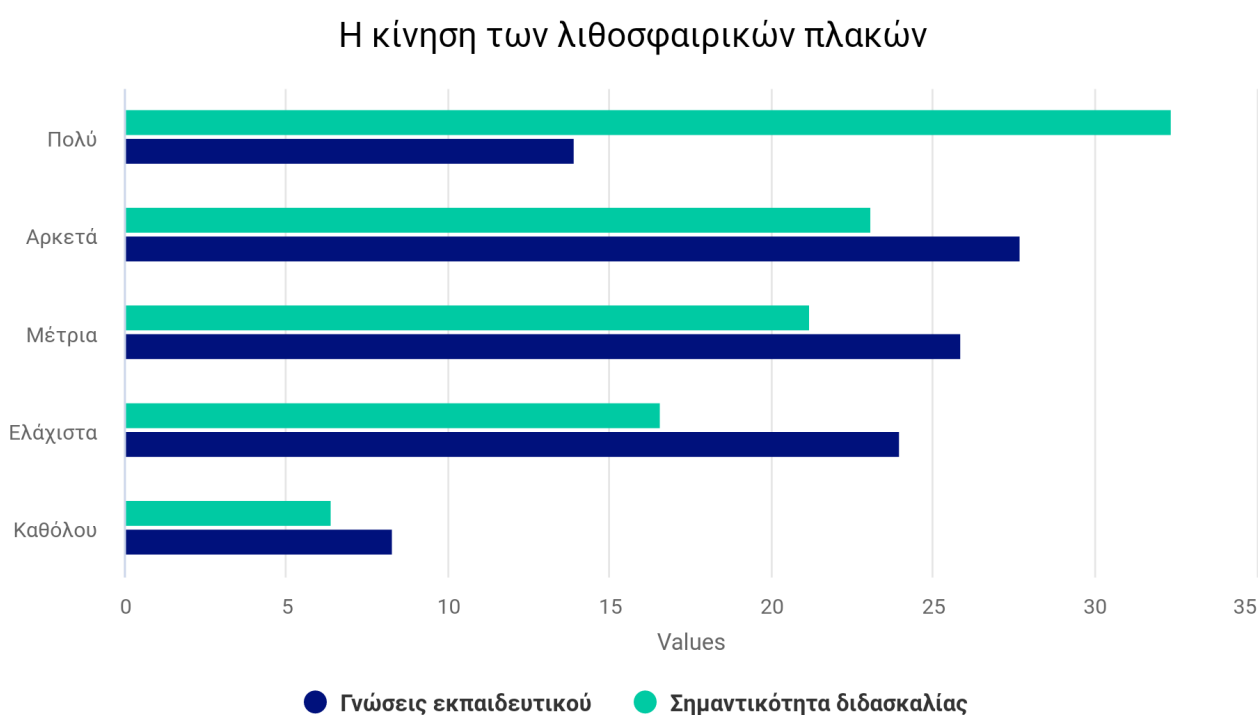
Καθόλου- 6,4%

Ελάχιστα- 16,6%

Μέτρια- 21,2%

Αρκετά- 23,1%

Πολύ- 32,4%



Πίνακας 9. Αποτελέσματα σχετικά με την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών.

Μηχανισμός γέννησης σεισμών

Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 19,4%

Ελάχιστα- 25,9%

Μέτρια- 44,4%

Αρκετά- 2,7%

Πολύ- 7,4%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

Καθόλου- 4,6%

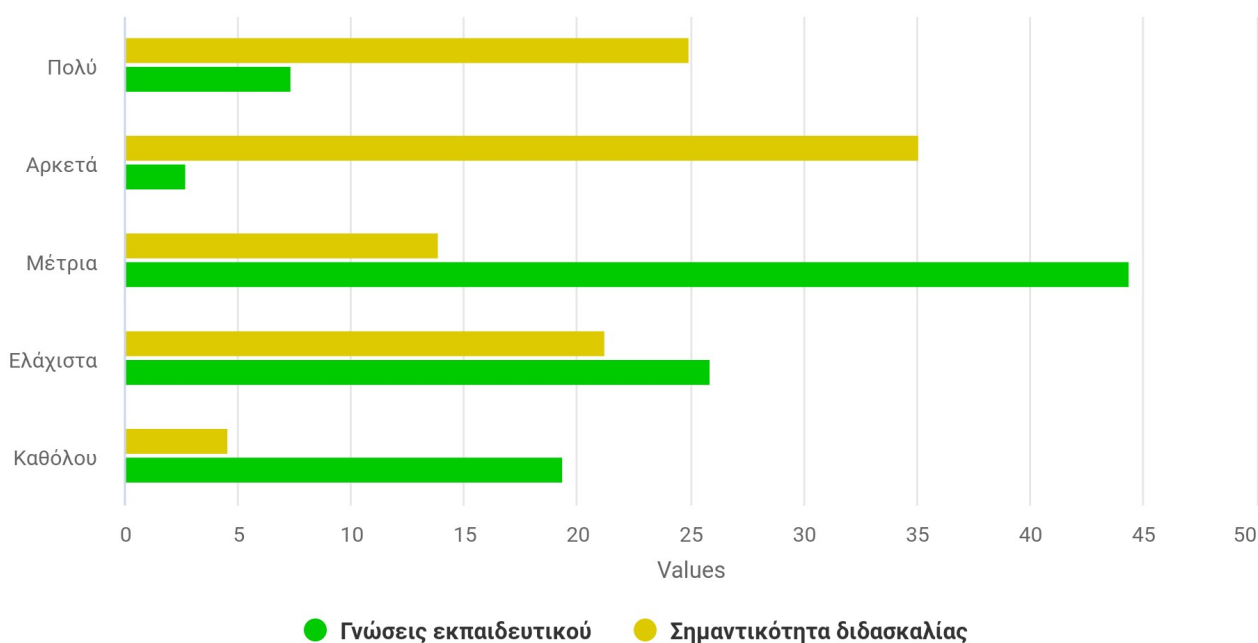
Ελάχιστα- 21,2%

Μέτρια- 13,9%

Αρκετά- 35,1%

Πολύ- 25%

Μηχανισμός γέννησης σεισμών



Πίνακας 10. Αποτελέσματα σχετικά με τον μηχανισμό γέννησης σεισμών.

Κοινωνικές και πολιτισμικές επιπτώσεις σεισμών

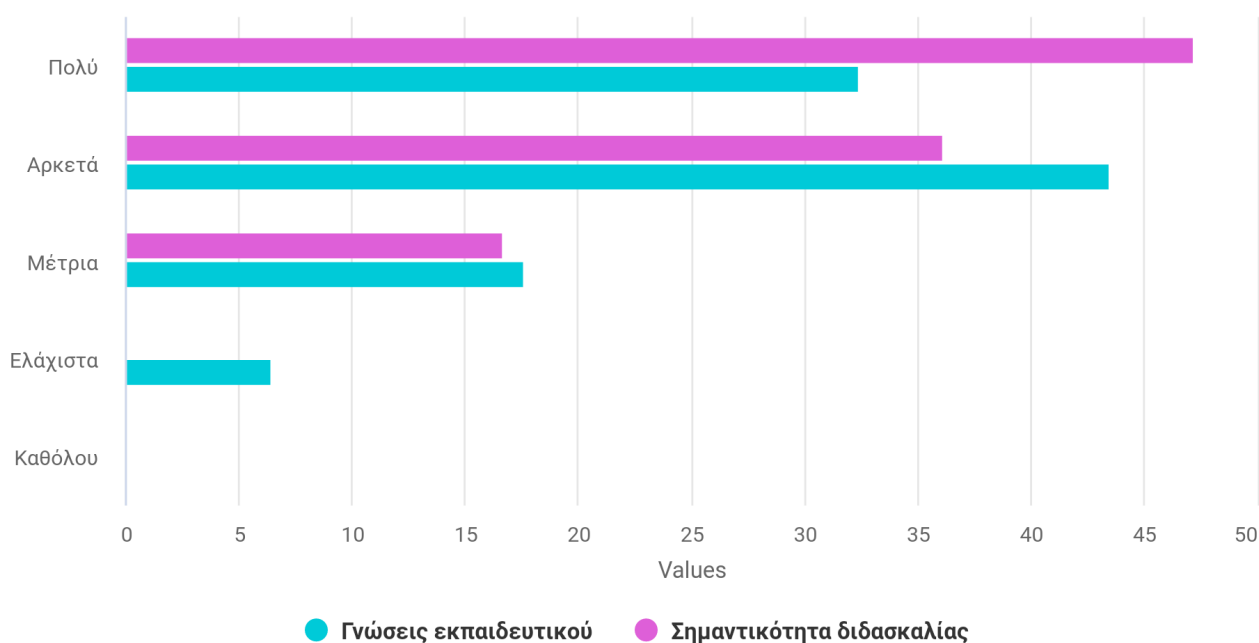
Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 0%
Ελάχιστα- 6,4%
Μέτρια- 17,6%
Αρκετά- 43,5%
Πολύ- 32,4%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

Καθόλου- 0%
Ελάχιστα- 0%
Μέτρια- 16,7%
Αρκετά- 36,1%
Πολύ- 47,2%

Κοινωνικές και Πολιτισμικές επιπτώσεις σεισμών



Πίνακας 11. Αποτελέσματα σχετικά με τις κοινωνικές και πολιτισμικές επιπτώσεις σεισμών.

Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης σεισμών

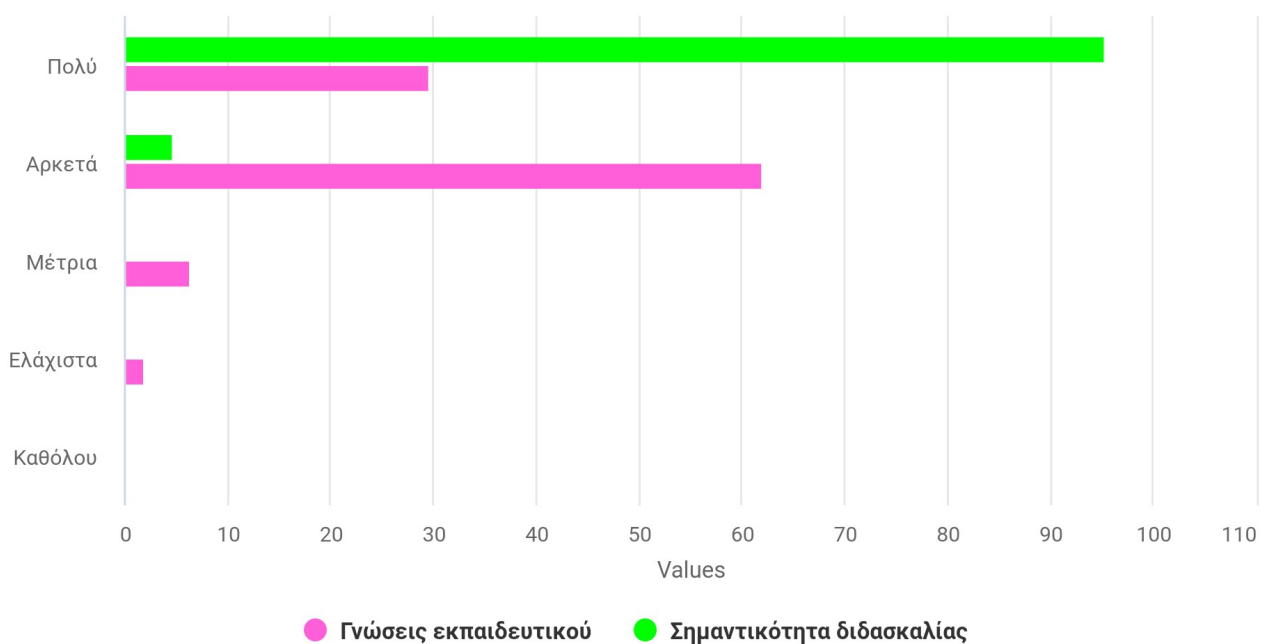
Γνώσεις εκπαιδευτικών

Καθόλου- 0%
Ελάχιστα- 1,8%
Μέτρια- 6,4%
Αρκετά- 62%
Πολύ- 29,6%

Σημαντικότητα διδασκαλίας

Καθόλου- 0%
Ελάχιστα- 0%
Μέτρια- 0%
Αρκετά- 4,6%
Πολύ- 95,3%

Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης σεισμών



Πίνακας 12. Αποτελέσματα σχετικά με τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης σεισμών.

ΕΝΟΤΗΤΑ 8: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών που έλαβε μέρος στην έρευνα βρίσκεται στην ηλικιακή ομάδα των 40+ έτη και κατέχει πανεπιστημιακό τίτλο σπουδών. Οι ειδικότητες με τις περισσότερες συμμετοχές είναι οι εκπαιδευτικοί Φιλολογίας- Ξένων Γλωσσών- Θεολογίας και ακολουθεί η ειδικότητα των Φυσικών και των Μαθηματικών.

Παρατηρούμε πως στα περισσότερα σχολεία το μάθημα της Γεωλογίας- Γεωγραφίας διδάσκεται από εκπαιδευτικό ΠΕ.04.05 καθώς το 94,4% απάντησε θετικά στην ερώτηση.

Το γεγονός αυτό είναι ενθαρρυντικό καθώς σημαίνει πως το μάθημα διδάσκεται από εκπαιδευτικό που κατέχει τις κατάλληλες γνώσεις του αντικειμένου. Το υπόλοιπο ποσοστό της τάξης του 5,6% απάντησε πως το μάθημα της Γεωλογίας- Γεωγραφίας διδάσκεται από εκπαιδευτικό ειδικότητας ΠΕ.04.01.

Η επιστήμη της Γεωλογίας είναι μια ιδιαίτερη επιστήμη που συχνά δεν φέρεται να προσελκύει το ενδιαφέρον άλλων ειδικοτήτων για περισσότερη γνώση, παρόλα αυτά ένα ποσοστό 27% έχει παρακολουθήσει σεμινάριο επιμόρφωσης σχετικά με την σεισμολογία. Μπορεί να μην θεωρείται υψηλό ποσοστό γενικά, αλλά με δεδομένο τις ειδικότητες που συμμετείχαν στην έρευνα θα μπορούσαμε να πούμε πως η σεισμολογία αρχίζει να κερδίζει το ενδιαφέρον και άλλων ειδικοτήτων εκτός των γεωλόγων.

Οι γνώσεις ποτέ δεν είναι αρκετές σε κανένα τομέα, και αυτό φαίνεται να ισχύει και για τους εκπαιδευτικούς που ενώ θεωρούν επαρκής τις γνώσεις πάνω στην σεισμολογία, πιστεύουν ότι θα μπορούσαν να βελτιωθούν. Αυτό ίσως δείχνει και ένα ενδιαφέρον ή μια πρόθεση να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους στο μέλλον αναφορικά με την επιστήμη της Γεωλογίας.

Παρατηρείται πως οι εκπαιδευτικοί δίνουν την περισσότερη βαρύτητα στην διδασκαλία των μέτρων πρόληψης και αντιμετώπισης, έπειτα στις κοινωνικές και πολιτισμικές επιπτώσεις από σεισμούς, μέτρια σημασία στους σεισμούς της αρχαίας Ελλάδας και ελάχιστα με καθόλου στους τομείς των μεγαλύτερων φονικών σεισμών στην Ελλάδα και στην αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών κινδύνων. Συγκριτικά με τις απαντήσεις που δόθηκαν στους αντίστοιχους τομείς για τις γνώσεις που κατέχουν, βλέπουμε πως στον τομέα των μέτρων πρόληψης και αντιμετώπισης περίπου το 30% των εκπαιδευτικών κατέχει υψηλό ποσοστό γνώσεων ενώ το 95% των εκπαιδευτικών το θεωρεί το πιο σημαντικό για διδασκαλία. Ο τομέας των κοινωνικών και πολιτισμικών επιπτώσεων θα μπορούσαμε να πούμε πως βρίσκεται σε σχετική αναλογία γνώσεων και σημαντικότητας διδασκαλίας με την ζυγαριά να κλείνει και εδώ προς την σημαντικότητα διδασκαλίας.

Άξιο προσοχής είναι το γεγονός πως στον τομέα των σεισμών στην Αρχαία Ελλάδα οι εκπαιδευτικοί φέρουν την λιγότερη γνώση, παρόλα αυτά δίνουν μέτρια με αρκετή σημαντικότητα διδασκαλίας. Αυτό παρατηρείται και στον επόμενο τομέα, της δυναμικότητας των ρηγμάτων στην Ελλάδα όπου μόλις το 6,4% των εκπαιδευτικών έχει υψηλό ποσοστό γνώσεων ενώ το 63,9% αυτών κρίνει πολύ σημαντική την διδασκαλία του συγκεκριμένου τομέα. Παρόλο που και στους δύο τομείς η γνώση των εκπαιδευτικών είναι χαμηλή, η υψηλή σημαντικότητα που κρίνουν πως έχουν προς την διδασκαλία δείχνει πως αναγνωρίζουν το ενδιαφέρον που μπορεί να παρουσιάζουν προς την εκπαίδευση αλλά και την σημασία που θα έχουν οι γνώσεις αυτές στους μαθητές.

Ο τομέας που βρίσκεται στην τελευταία σειρά σημαντικότητας διδασκαλίας είναι αυτός της αλληλεπίδρασης μεταξύ φυσικών κινδύνων όπου η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών την θεωρούν από καθόλου σημαντική έως μέτρια σημαντική. Παράλληλα παρατηρούμε πως και οι γνώσεις τους κυμαίνονται σε αυτές τις κλίμακες με την πλειοψηφία των γνώσεων να βρίσκεται στο ελάχιστο. Είναι ένας σημαντικός τομέας που παρέχει σημαντική γνώση για μια φυσική καταστροφή και τι μπορεί να επιφέρει σαν ακόλουθο καθώς μας δίνει την γνώση σχετικά με το τι να περιμένουμε και εν συνεχεία τρόπους για να το αντιμετωπίσουμε.

8.1 Συμπεράσματα- Προτάσεις

Η Ελλάδα είναι μια από τις πιο σεισμογενείς χώρες στον κόσμο λόγω της γεωτεκτονικής της θέσης. Παρουσιάζει αρκετά μεγάλο αριθμό ρηγμάτων διαφορετικής δυναμικότητας που το κάθε ένα φέρει την δική του ιστορία καταστροφής ή δημιουργίας. Η Βόρεια Ελλάδα είναι μια περιοχή με αρκετό σεισμολογικό ενδιαφέρον καθώς φιλοξενεί κάποια από τα πιο σημαντικά ρήγματα της χώρας.

Ο εντοπισμός και η δημιουργία ενός καταλόγου που θα βρίσκονται σε αυτόν τα πιο σημαντικά ρήγματα του βορειοελλαδικού χώρου με τα χαρακτηριστικά τους αποσκοπεί στην διευκόλυνση της διδασκαλίας αυτών σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Ένας κατάλογος με φωτογραφίες των ρηγμάτων είναι πιο προσιτός στα παιδιά, τους παρέχει την “εικόνα” του ρήγματος, είναι συγκεντρωμένες όλες οι πληροφορίες για το κάθε ένα αντίστοιχα, και μπορούν να ανατρέξουν χωρίς δυσκολία σε οποιοδήποτε ρήγμα ξανά θελήσουν.

Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα της χώρας δεν έχουν δώσει βαρύτητα στην επιστήμη της γεωλογίας και στις φυσικές καταστροφές. Αυτό το αντιλαμβανόμαστε από το γεγονός πως τα παιδιά έρχονται σε επαφή με την συγκεκριμένη επιστήμη στις τάξεις της Α' και Β' Γυμνασίου, και αυτό για πολύ μικρό αριθμό μαθημάτων. Αποτέλεσμα αυτού είναι πως οι μαθητές δεν έχουν σαφή εικόνα της επιστήμης και συνεπώς δεν γνωρίζουν σημαντικά πράγματα για τον κόσμο γύρω τους αλλά δεν έρχονται και σε επαφή με την επιστήμη της γεωλογίας ώστε να αποκτήσουν ερεθίσματα για περαιτέρω γνώσεις ή ακόμη και σπουδές πάνω στη συγκεκριμένη επιστήμη.

Οι φυσικές καταστροφές είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής και οφείλουμε να είμαστε ενημερωμένοι, όπως και το κράτος να προετοιμάζει τα παιδιά για αυτές. Θα ήταν πολύ θετικό στο μέλλον να δούμε εμπλουτισμένο το μάθημα της “Γεωλογίας- Γεωγραφίας” με περισσότερα γεωλογικά δεδομένα καθώς και την διδασκαλία του και σε άλλες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Οι εκπαιδευτικοί εκτελούν σημαντικό έργο στην καθημερινότητα τους, καθώς σκοπός τους είναι να μεταδώσουν τις γνώσεις τους και να παροτρύνουν τους μαθητές στην μάθηση των επιστημών.

Με βάση την έρευνα που πραγματοποιήθηκε βρέθηκε πως το επίπεδο των εκπαιδευτικών σχετικά με την επιστήμη της Γεωλογίας, και ιδιαίτερα το κομμάτι της σεισμολογίας είναι σε μέτριο επίπεδο. Ενθαρρυντικό αποτέλεσμα το γεγονός πως άλλες ειδικότητες έχουν βρει ενδιαφέρον στην συγκεκριμένη επιστήμη. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην εξοικείωση με το διαδίκτυο που έχει αναπτυχθεί σε σχέση με το παρελθόν, τα διαδικτυακά επιμορφωτικά σεμινάρια που λαμβάνουν χώρα ανά τακτά χρονικά διαστήματα καθώς και την αύξηση των φυσικών καταστροφών που δέχεται η χώρα.

Η σημαντικότητα της διδασκαλίας, προφανώς και επικεντρώθηκε στα μέτρα προστασίας και πρόληψης, αλλά κύριο κομμάτι της προστασίας είναι και η γνώση του τι προηγείται ή του τι μπορεί να ακολουθήσει. Από την αρχαία Ελλάδα, υπάρχουν μαρτυρίες για σεισμούς και προσπάθειες εξήγησης του φαινομένου που μοιάζουν πιο πολύ ως μύθοι αν δεν έχεις την γνώση να τα εξηγήσεις.

Σκοπός μας θα έπρεπε να είναι η συνεχής μάθηση γύρω από τον κόσμο της γεωλογίας, γιατί είναι ο δικός μας κόσμος και είναι δυστυχές να μην γνωρίζουμε πως λειτουργεί και τι μας επιφέρει με κάθε κίνηση. Επιμορφωτικά σεμινάρια στα σχολεία τόσο για εκπαιδευτικούς όσο και για μαθητές, διαλέξεις, υλικό μέσω internet, αύξηση περιεχομένου σχετικά με την γεωλογία στα σχολικά βιβλία είναι κάποιες προτάσεις για τα εκπαιδευτικά ιδρύματα που θα μπορούσαν να αλλάξουν τα τωρινά δεδομένα και να αποκτήσουν τα σχολεία πιο ενημερωμένο εκπαιδευτικό προσωπικό σχετικά με τους σεισμούς και τις φυσικές καταστροφές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Bath M., (1979), "Introduction to Seismology". Springer Basel AG.
- Jackson, J., and D. McKenzie (1988), The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East, *Geophys.*
- Karakaisis G.F. & Papazaxos C.B. "Seismology in Greece: a report". (http://geophysics.geo.auth.gr/new_web_site_2007/download_files/IASPEI_giorgos.pdf)
- Makropoulos K.C. & Burton P.W. (1983) "Greek tektonics and seismicity". (<http://www.geophysics.geol.uoa.gr/papers/makro/makro017.pdf>)
- Liner C., (1997), Greek Seismology "Being an annotated sourcebook of earthquake and concepts in classical antiquity". Department of Geosciences, University of Tulsa.
- Papazachos, B.C. and Comninakis, P.. 1971. Geophysical and tectonic features of the Aegean arc. "J. Geophys. Res.", 76, 8517 - 8533.
- Papazachos, B.C., D. G. Panagiotopoulos, E. M. Scordilis, G. F. Karakaisis, C. A. Papaioannou, B. G. Karacostas, E. E. Papadimitfiou, A.A. Kiratzi, P. M. Hatzidimitriou, G. N. Leventakis, P. S. Voidomatis, K. I. Pefitselis, and T. M. Tsapanos (1995). Focal properties of the 13 May 1995 large ($M_s = 6$) earthquake in the Kozani area (North Greece), in Proc. of the XV Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, Athens, Greece 17-20 September 1995.
- Papazachos, C. B., 1997. An alternative method for a reliable estimation of seismicity with an application in Greece and the surrounding area, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 111-119, 1999. Επίσης, παρουσιάστηκε στο 29th IASPEI 7 General Assembly, Thessaloniki.
- Papazachos. B.C. and Comninakis, P.E.. 1978. Deep structure and tectonics of the eastern Mediterranean. *Tectonophysics*.
- Pavlidis S. and Mountrakis D., 1987. Extensional tectonics of northwestern Macedonia, Greece, since the late Miocene, *Journal of Structural Geology*,
- Pavlidis, S. B., N. C. Zouros, A. A. Chatzipetros, D. S. Kostopoutos, and D. M. Mountrakis (1995). The 13 May 1995 western Macedonia, Greece (Kozani Grevena) earthquake; preliminary results, *Terra Nova* 7
- Pirazzoli, P.A., Laborel, J., Stiros, S.C., 1996. Earthquake clustering in the Eastern Mediterranean during historical times. *Journal of Geophysical Research*.

Striros Stathis C. (1997), Historical seismicity, palaeoseismicity and seismic risk in Western Macedonia, Northern Greece.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ζερβοπούπου Α., Διδακτορική Διατριβή “Νεοτεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης σε σχέση με τα εδάφη θεμελίωσης”, (2010), Θεσσαλονίκη.

Κουκουβέλας Ιωάννης (1998), “Τεκτονική Γεωλογία” Εκδόσεις Leader books

Κουσκουνά Β., Μισαηλίδης Ι., Σακελλαρίου Ν., Σακκάς Γ., Μακρόπουλος Κ., (2010),

“Χαρτογράφηση σεισμολογικών πληροφοριών στην Ελλάδα 19ος αιώνας μέχρι σήμερα”. Εθνικό και Καποδιστριακό πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μουντράκης Δημοσθένης (1985), Γεωλογία της Ελλάδας, University studio Press

Παπαζάχος Β. και Παπαζάχου, Κ (2008), Εισαγωγή στη Γεωφυσική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Παπαζάχος Β. & Παπαζάχου Κ., (2003) “Οι σεισμοί της Ελλάδας,” Εκδόσεις: Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Παραδεισοπούλου, Π. “Μικροσεισμική μελέτη της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης”.

Διατριβή Ειδίκευσης. Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., 2003

Τσελέντης Α. “Σύγχρονη σεισμολογία” Β’ Τόμος, Εκδόσεις: Παπασωτηρίου, Αθήνα 1997

Παυλίδης, Σ. (2006/ 2016), “Γεωλογία των Σεισμών: Εισαγωγή στην νεοτεκτονική, μορφοτεκτονική και παλαιοσεισμολογία”, Εκδόσεις: University Studio Press.

Κατσικάτσος Γ.Χ., (1992), “Γεωλογία της Ελλάδας”, Ελλάδα.

Δούτσος Θ. (2010), “Γεωλογία: Αρχές και εφαρμογές”, Αθήνα, Εκδόσεις: Leader Books

Ιστοσελίδες

<http://eqgeogr.weebly.com/>

http://eqgeogr.weebly.com/uploads/8/2/8/3/8283914/gredass_poster_a0l.pdf

<https://cosmosmagazine.com/>

<https://www.google.com>

https://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/mgs_plates.html

<https://epiloges.tv/serres-epikindyno-na-epanergopoiithei-to-rigma-mpelles-kerkini/>

<http://www.oasp.gr>

<http://www.igme.gr>

<http://el.science.wikia.com>

<http://www.sciencedirect.com>

<http://tkm.tee.gr>

<http://www.researchgate.net>

<http://www.geologyin.com>

<http://www.tovima.gr>

<http://www.sciencephoto.com/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ- ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Δ.Π.Μ.Σ. “ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ”

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

**“ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ
ΡΗΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΟΥΣ ΣΕΣΜΟΥΣ”**

Αξιότιμέ εκπαιδευτικέ,

Το ερωτηματολόγιο που ακολουθεί, το οποίο σας παρακαλώ θερμά να συμπληρώσετε, εκπονήθηκε στα πλαίσια της μεταπτυχιακής μου εργασίας και στόχο έχει να συγκεντρώσει πληροφορίες για τις γνώσεις των εκπαιδευτικών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με τη σεισμική δραστηριότητα και την συμπεριφορά των ρηγμάτων. Η έρευνα επιδιώκει την καταγραφή των αντιλήψεων και των γνώσεων πάνω στον συγκεκριμένο κλάδο καθώς αποσκοπεί στην περαιτέρω ενημέρωση των καθηγητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Για να παρουσιάζουν όμως εγκυρότητα και αξιοπιστία τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από την παρούσα έρευνα, σημειώστε ελεύθερα και ειλικρινά τις απόψεις σας, όποιες και αν είναι. Σας υπενθυμίζω πως το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο και προορίζεται αποκλειστικά για ερευνητική χρήση.

Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων για την συμμετοχή σας και σας εύχομαι καλή συνέχεια.

Μαρία Βήχα

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια

“Φυσικοί κίνδυνοι και Αντιμετώπιση καταστροφών”

email: mvicha9@gmail.com

(Παρακαλώ συμπληρώστε με ακρίβεια τα παρακάτω προσωπικά στοιχεία)

- Φύλο:** Άνδρας Γυναίκα
- Ηλικιακή ομάδα:** 20-29 30-39 40-49 50+
- Εκπαίδευση:** Μεταπτυχιακό Π.Ε. Τ.Ε.
- Ειδικότητα εκπαιδευτικού:** Γεωλόγος
- Φυσικός- Μαθηματικός
- Βιολόγος- Χημικός
- Κοινωνιολόγος- Οικιακή Οικονομία
- Φιλολόγος- Ξένες Γλώσσες- Θεολόγος
- Φυσικής Αγωγής
- Πληροφορικής

Στο σχολείο σας το μάθημα της Γεωλογίας- Γεωγραφίας διδάσκεται από ειδικότητα ΠΕ04.05;

Ναι Όχι Αν όχι, από τι ειδικότητα διδάσκεται;.....

Έχετε παρακολουθήσει σεμινάρια επιμόρφωσης που αφορούν το αντικείμενο της σεισμολογίας- γεωλογίας; Ναι Όχι

Αν όχι, θα σας ενδιέφερε να παρακολουθήσετε στο μέλλον; Ναι Όχι

Θεωρείτε τις γνώσεις σας επαρκής πάνω στην Σεισμολογία- Γεωλογία;

Ναι Ναι, αλλά θα μπορούσαν να βελτιωθούν Όχι

Σε τι βαθμό πιστεύετε ότι κατέχετε γνώσεις για τους παρακάτω τομείς και πόσο σημαντικό θεωρείτε να διδάσκονται στο σχολείο στα πλαίσια του μαθήματος Γεωλογίας-Γεωγραφίας. (Παρακαλώ βαθμολογήστε την κάθε απάντηση με βάση την κλίμακα: 1 (Καθόλου), 2 (Ελάχιστα), 3 (Μέτρια), 4 (Αρκετά), έως 5 (Πολύ)).

Σεισμοί στην αρχαία Ελλάδα					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Δυναμικότητα ρηγμάτων στην Ελλάδα					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Οι μεγαλύτεροι φονικοί σεισμοί στην Ελλάδα					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών κινδύνων					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Μηχανισμός γέννησης σεισμών					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Κοινωνικές και πολιτισμικές επιπτώσεις σεισμών					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης σεισμών					
ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ	1	2	3	4	5
ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	1	2	3	4	5

Σας ευχαριστώ για την ειλικρίνεια σας

