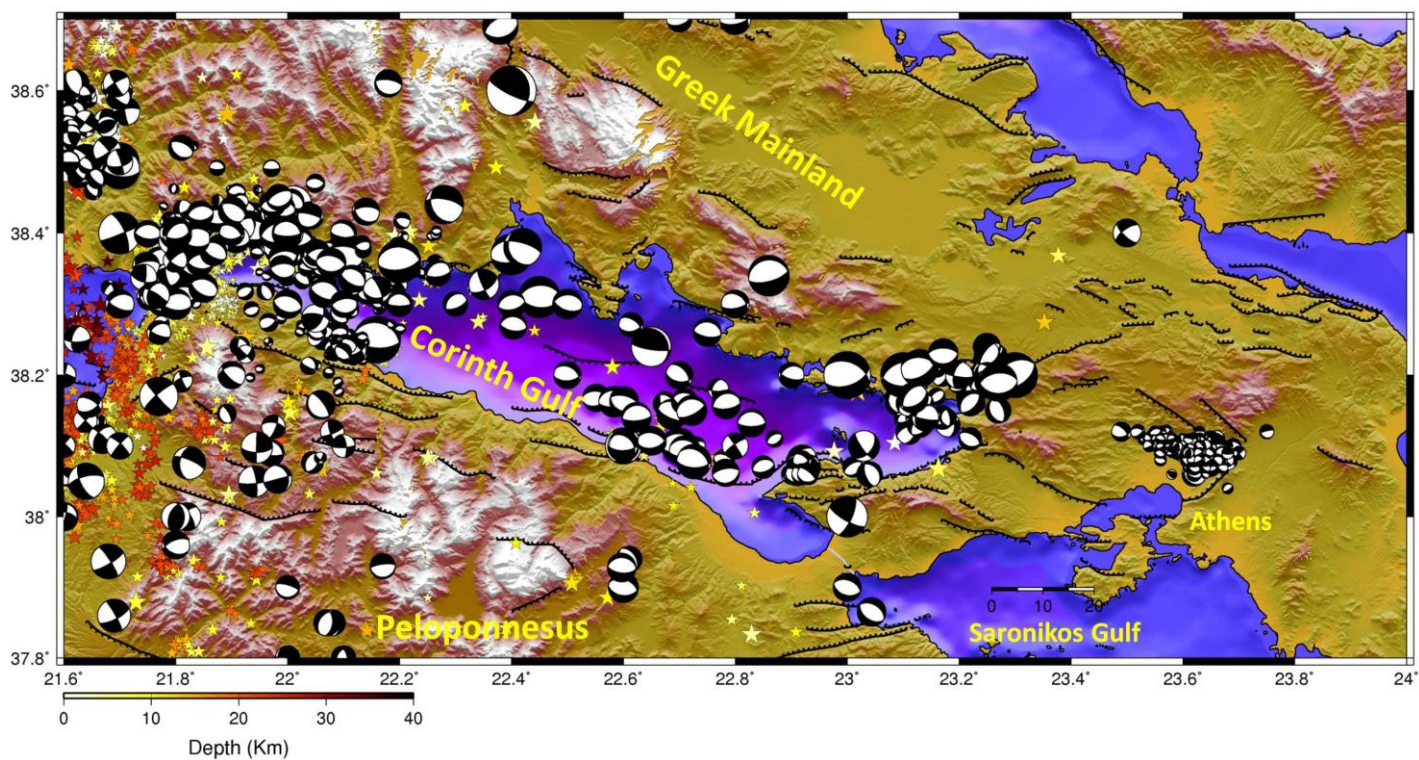




ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΚΑΛΕΣΗ ΧΑΡΑ - ΒΙΓΛΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ



ΕΠΙΒΛΕΨΗ: Ι. ΚΑΣΣΑΡΑΣ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓ. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΘΗΝΑ 2015

1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
2. ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ	5
3.1. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	5
3.2. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	6
3.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	6
3.2.2. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ	8
3.2.3. ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΔΟΜΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	8
3.2.4. ΣΤΑΔΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	11
3.2.5. ΡΗΞΙΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ	13
3.3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	18
3.3.1. ΓΕΝΙΚΑ	18
3.3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ	18
3.3.3. ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ	21
4. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	23
4.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ	23
4.1.1. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ 500 Π.Χ. ΕΩΣ 1500 Μ.Χ.	23
4.1.2. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ 1501 ΕΩΣ 1900	26
4.2. ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ (1901-σήμερα)	29
4.3. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Google Earth	35
5. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	38
5.1.ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ RASMON (Rio-Antirio Strong Motion Network) ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ CORSSA	38
5.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ	46
5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	49
5.4. ΦΑΣΜΑΤΑ	63
6. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ WEB	68
7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	84
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	87

2. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί μία από τις πιο νέες ενεργές τεκτονικά περιοχές της Ελλάδας, με συνεχή γεωλογική και τεκτονική εξέλιξη τα τελευταία 2 εκατομμύρια έτη. Τα μεγάλα ρήγματα που παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή έχουν προκαλέσει ισχυρούς σεισμούς, πολλοί εκ των οποίων ήταν καταστροφικοί. Ο τελευταίος μεγάλος σεισμός της 15^{ης} Ιουνίου 1995 στην περιοχή του Αιγίου, μεγέθους $M_w=6.2$, έδωσε το έναυσμα στην επιστημονική κοινότητα να διεξάγει πλήθος ερευνητικών προσπαθειών σε μια πολυπαραμετρική προσέγγιση της ενεργού παραμόρφωσης της περιοχής.

Στόχος της μελέτης είναι (α) η βιβλιογραφική ανάλυση εργασιών και ερευνών που έχουν διεξαχθεί στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου τα τελευταία χρόνια από ελληνικούς και ξένους φορείς και (β) η δημιουργία ψηφιακής πλατφόρμας επιταχυνσιογραφημάτων του δικτύου RASMON και της κατακόρυφης διάταξης CORSSA του Εργαστηρίου Σεισμολογίας του ΕΚΠΑ.

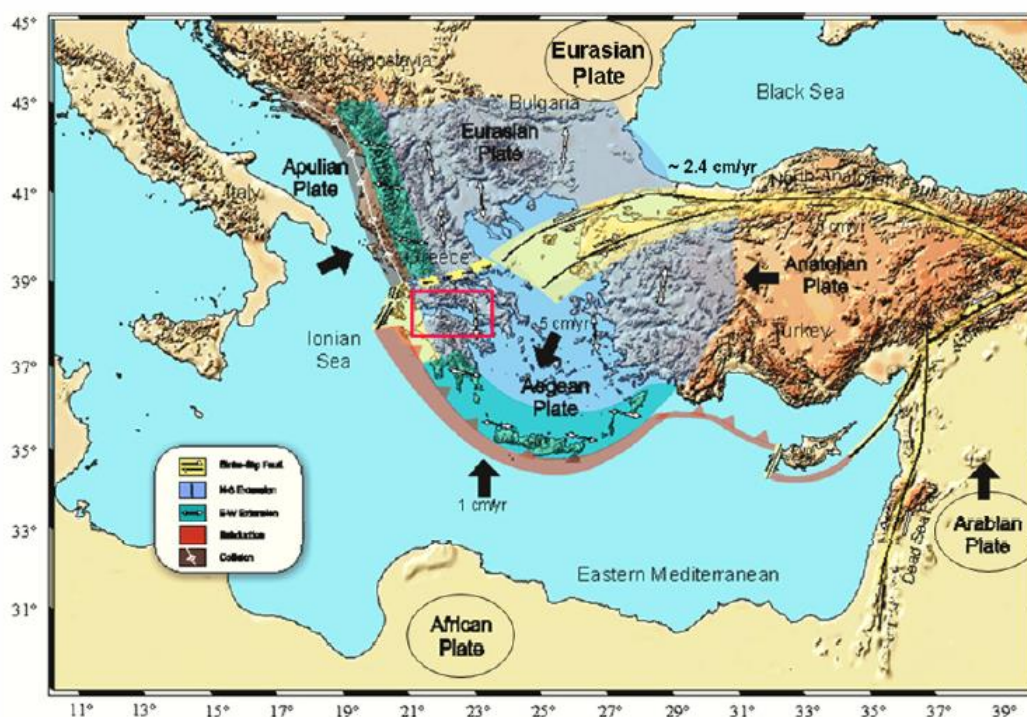
Ευχαριστούμε τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Ιωάννη Κασσάρα για την αμέριστη και αδιάλειπτη επιστημονική βοήθειά του κατά την εκπόνηση της παρούσης. Επίσης, ευχαριστούμε τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Βασιλική Μητροπούλου για τη βοήθειά της.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

3.1. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η Ανατολική Μεσόγειος αποτελεί μία από τις πιο πολύπλοκες περιοχές της υδρογείου. Διακρίνονται τρεις λιθοσφαιρικές πλάκες: η Ευρασιατική, η Αφρικανική και η πλάκα της Σαουδικής Αραβίας (Εικ. 1). Η πλάκα της Αφρικής κινείται προς το Βορρά, δηλαδή προς την Ευρασιατική, ενώ και η πλάκα της Σαουδικής Αραβίας κινείται προς το Βορρά, αλλά με μεγαλύτερη ταχύτητα και συγκρούεται με την Ευρασιατική πλάκα. Η σύγκρουση αυτή αναγκάζει την ηπειρωτική μικρο-πλάκα της Τουρκίας να κινηθεί προς τα δυτικά, κατά μήκος του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας.

Η κίνηση αυτή της Τουρκίας πιέζει τον ηπειρωτικό φλοιό του Αιγαίου από ανατολικά, το οποίο όμως είναι μπλοκαρισμένο από την δυτική πλευρά του. Ο ηπειρωτικός φλοιός του Αιγαίου, αφού δεν μπορεί να κινηθεί προς Βορρά, Δύση και Ανατολή, παραμορφώνεται και αναγκάζεται να «ξεφύγει» προς το Νότο. (Lykousis, Sakellariou, Paranikolaou, 1998) Στη διαδικασία αυτής της διαφυγής της μικροπλάκας του Αιγαίου προς το Νότο (Εικ. 2), ο λιθοσφαιρικός φλοιός σπάει σε διάφορες ζώνες, οι οποίες είναι παράλληλες με το Ελληνικό Τόξο, δηλαδή το νοητό τόξο που περιλαμβάνει τα Ιόνια νησιά, τη Κρήτη, τη Κάρπαθο και τη Ρόδο.



Εικ. 1: Χάρτης των γεωτεκτονικών κινήσεων στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.

Το Ελληνικό Τόξο αποτελεί το όριο μεταξύ της μικρο-πλάκας του Αιγαίου και της Αφρικανικής πλάκας, η οποία βυθίζεται κάτω από αυτό. (Lykousis, Sakellariou, Paranikolaou, 1998) Το Αιγαίο χαρακτηρίζεται από εκτατική παραμόρφωση (Jackson 1994) που εντοπίζεται μεταξύ των δύο λιθοσφαιρικών πλακών, της Ευρασίας και της Αφρικής, οι οποίες συγκλίνουν με ρυθμό περίπου 1 cm / έτος

(DeMets *et al.*, 1990). Ο συνολικός εφελκυσμός που παρατηρείται σε όλο το Αιγαίο είναι περίπου 3-5cm / έτος (Reilinger *et al.*, 1997) και πιθανότατα ξεκίνησε κατά την περίοδο του Μειοκαίνου (Mercier *et al.*, 1976). Όλες αυτές οι κινήσεις και οι παραμορφώσεις των λιθοσφαιρικών πλακών και μικρο-πλακών γίνονται αντιληπτές μέσω των συχνών, μικρών και μεγάλων σεισμών που εκδηλώνονται στην περιοχή.

Μία από τις ζώνες παραμόρφωσης του ηπειρωτικού φλοιού του Αιγαίου είναι και ο Κορινθιακός Κόλπος. Πρόκειται για μία σχετικά πρόσφατη γεωλογική δομή, η οποία άρχισε να δημιουργείται πριν από 4-5 εκατομμύρια χρόνια. Πριν την δημιουργία του Κορινθιακού, η Πελοπόννησος ήταν ενωμένη με την Κεντρική Ελλάδα και οι οροσειρές της Κεντρικής Ελλάδας ήταν συνεχόμενες με αυτές της Πελοποννήσου. (Lykousis, Sakellariou, Paranikolaou, 1998)



Εικ. 2: Χάρτης που απεικονίζει τις κινήσεις των πλακών και τις γεωγραφικές ονομασίες. Το λευκό βέλος παρουσιάζει τη κίνηση του Αιγαίου σε σχέση με την Ευρώπη. Οι ταχύτητες είναι από McClusky *et al.*, 2000. (Tiberi *et al.*, 2000).

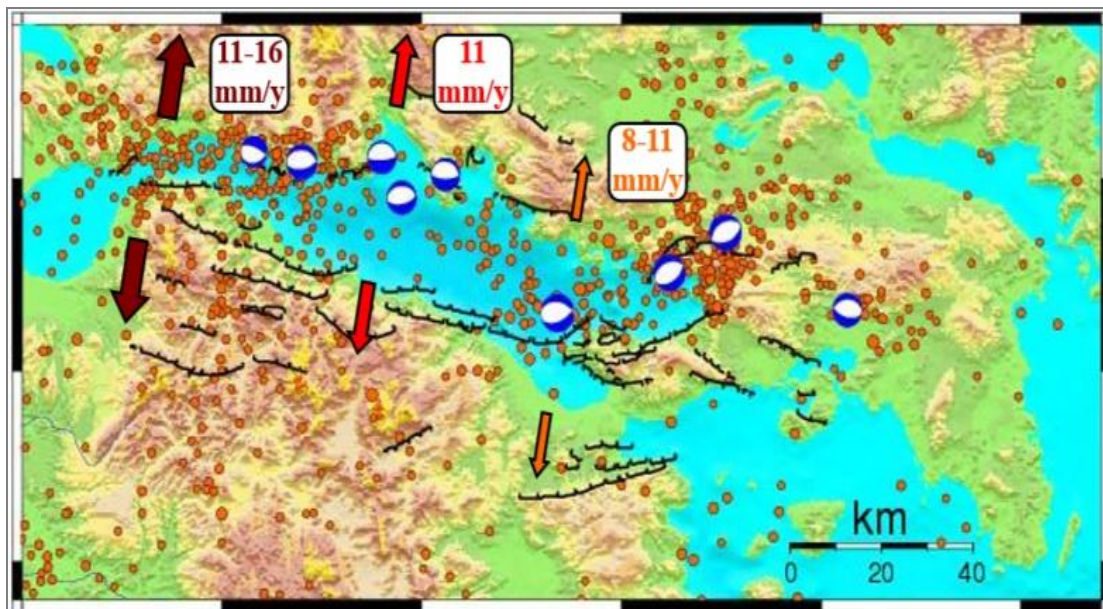
3.2. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

3.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

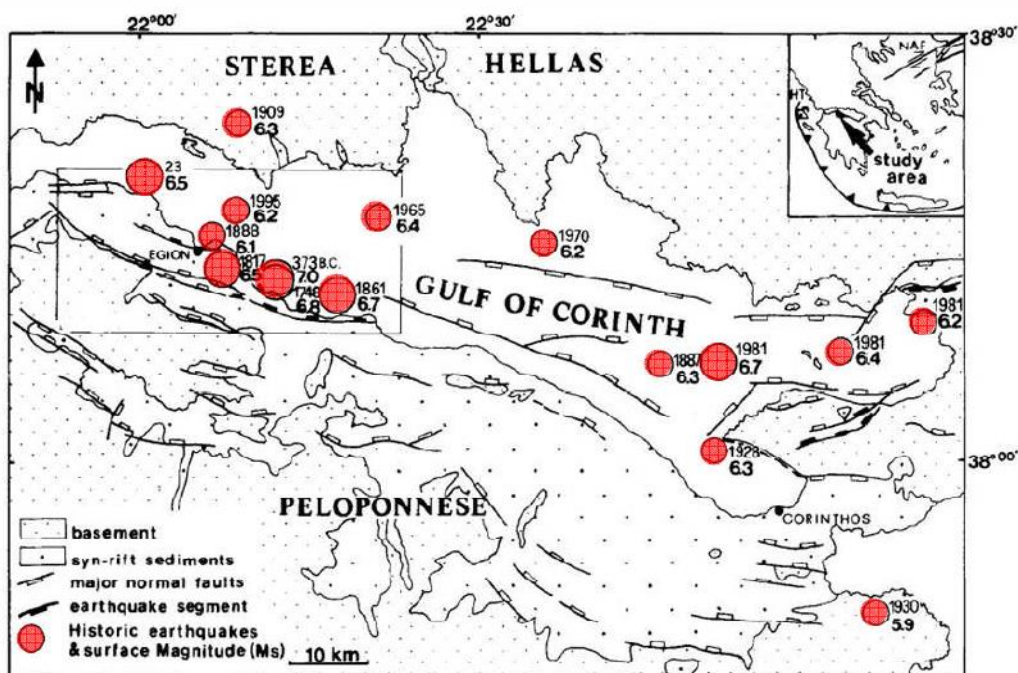
Ο Κορινθιακός Κόλπος, ο οποίος αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, θεωρείται μία από τις πιο σημαντικές ενεργές δομές σε όλο τον κόσμο. Το υψηλό επίπεδο σεισμικότητας που τον χαρακτηρίζει (Makropoulos & Burton, 1984), καθώς και ο εφελκυσμός στην διεύθυνση B-N που κυμαίνεται μεταξύ 10 με 15 mm/έτος (Εικ. 3), δείχνουν ότι ο Κόλπος αποτελεί μία βασική περιοχή στην Ευρώπη, όπου η μελέτη των διαφόρων φαινομένων συνδέεται με την εκδήλωση σεισμών.

Ειδικότερα, πρόκειται για μία περιοχή που έχει βιώσει πολλούς καταστροφικούς σεισμούς, τις τελευταίες δεκαετίες, ενώ υπήρξε το αντικείμενο εκτεταμένων γεωλογικών, γεωδαιτικών και σεισμολογικών μελετών. Αποτελεί μία επιμήκη

θαλάσσια λεκάνη, προσανατολισμένη σε διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, η οποία διατέμνει την Κεντρική ηπειρωτική Ελλάδα, χωρίζοντας την Στερεά Ελλάδα από την Πελοπόννησο. Εκτείνεται από τη περιοχή του Ρίου – Αντιρρίου (Εικ. 4) και του όρους Παναχαϊκού στα Δυτικά έως και τον Κόλπο των Αλκυονίδων και την Κόρινθο στα Ανατολικά. (Skourtsos & Kranis, 2009). Το μήκος του Κορινθιακού Κόλπου είναι περίπου 100 km και το πλάτος του αυξάνεται από περίπου 10 km στα δυτικά έως 30 km στα ανατολικά, ενώ το βαθύτερο τμήμα του (900 m) βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Κόλπου.



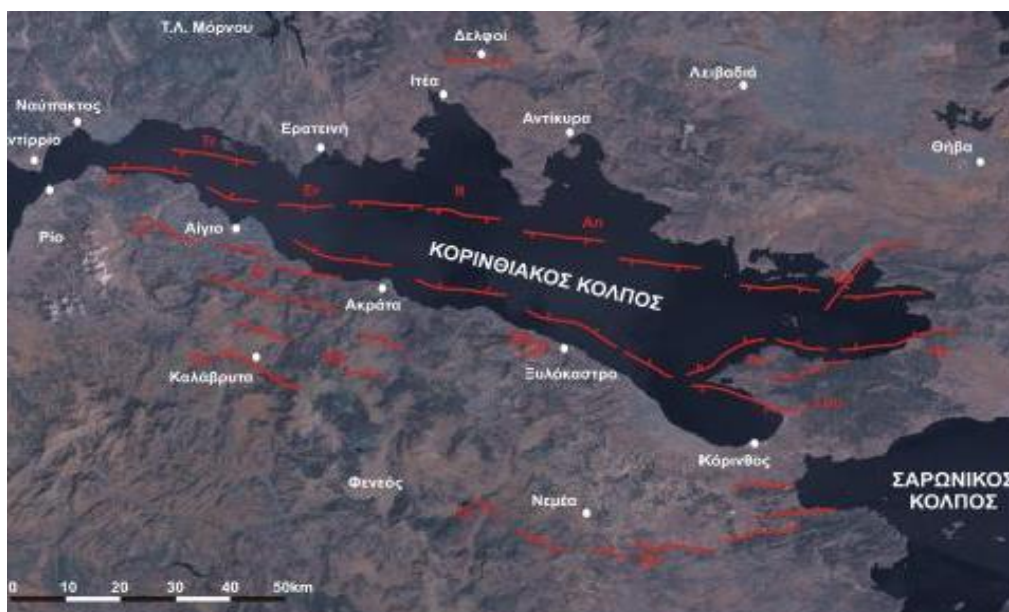
Εικ. 3: Χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου, όπου τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση και το ρυθμό με τον οποίο πραγματοποιείται ο εφελκυσμός. (Kaviris et al., 2008).



Εικ. 4: Χάρτης στον οποίο απεικονίζεται η περιοχή του Αγίου και τα επίκεντρα των ιστορικών σεισμών στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου. (Koukouvelas and Doutsos, 1996).

3.2.2. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

Ο Κορινθιακός Κόλπος έχει διεύθυνση κατά προσέγγιση κάθετη στις Ελληνίδες οροσειρές και υφίσταται εφελκυσμό στην διεύθυνση Β-Ν (Doutsos & Koukouvelas, 2001) (Εικ. 5). Πρόκειται για μία μεγάλη τεκτονική ασυνέχεια στην αλπική ορογενετική αλυσίδα και στις τεκτονοϊζηματογενείς ενότητες της Ελλάδας που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη κανονικών ενεργών συνιζηματογενών ρηγμάτων, τα οποία έχουν διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (Ferentinis et al., 1985). Μεγάλο ποσοστό αυτών των ρηγμάτων είναι υπεύθυνα για την γένεση σεισμών, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, που χαρακτηρίζουν την περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου (Taylor et al., 2011).



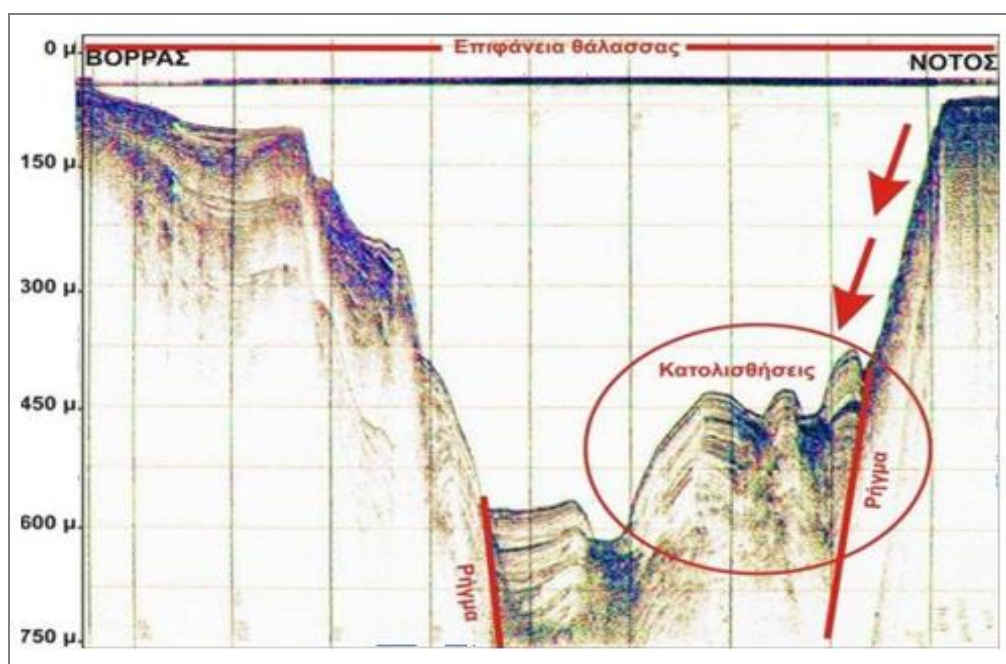
Εικ. 5: Δορυφορική φωτογραφία Landsat της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου με τα κυριότερα ρήγματα, τα οποία είναι παράλληλα προς τον άξονα της τεκτονικής τάφρου.

Με βάση το χαρακτηρισμό του Κορινθιακού Κόλπου ως μία ασύμμετρη τεκτονική τάφρο παρατηρείται ένα ανυψωμένο νότιο περιθώριο, καθώς και ένα βυθισμένο βόρειο περιθώριο. Αυτό φαίνεται παρατηρώντας το σχήμα της ακτογραμμής, η οποία είναι απότομη και γραμμική στο νότιο τμήμα και ελικοειδής με πολλούς κόλπους στο βόρειο τμήμα (Armijo et al., 1996). Η ασυμμετρία αυτή είναι επίσης εμφανής στα σεισμικά προφίλ που προκύπτουν από διάφορες έρευνες (Brooks & Ferentinis, 1984).

3.2.3. ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΔΟΜΗ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Τα κανονικά ρήγματα που παρατηρούνται στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου είναι υπεύθυνα για την ανύψωση των Πλειστοκαινικών ιζημάτων της Βόρειας Πελοποννήσου, καθώς και για το έντονο χερσαίο και υποθαλάσσιο ανάγλυφο. (Lykousis, Sakellariou, Papanikolaou, 1998) Οι κατακόρυφες και οριζόντιες μετατοπίσεις οφείλονται στην παρουσία των ενεργών ρηγμάτων στην στεριά, αλλά και στον υποθαλάσσιο χώρο. Τα υποθαλάσσια ρήγματα οδηγούν σε συνεχή βύθιση με ρυθμό περίπου 3.6 mm/yr.

Επίσης, στο βυθό του Κόλπου συσσωρεύονται φερτά υλικά, άμμος και λάσπη, τα οποία μεταφέρονται εκεί και αποτίθενται με ρυθμό 2.5 μέτρα/ 1000 χρόνια. Επομένως, ο βυθός του Κορινθιακού Κόλπου βαθαίνει με ρυθμό 1-1.5 μέτρο στα 1000 χρόνια. (Lykousis, Sakellariou, Papanikolaou, 1998)



Εικ. 6: Βαθυμετρική τομή, στην οποία φαίνονται τα ρήγματα και οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις (περιοχή Ελίκης).

Την τελευταία δεκαετία, μετά τον σεισμό του Αιγίου, το ΕΛΚΕΘΕ και άλλοι φορείς, όπως το Πανεπιστήμιο της Πάτρας, πραγματοποίησαν συστηματικές έρευνες, από τις οποίες ανακαλύφθηκε ότι στον βυθό του Κορινθιακού Κόλπου υπάρχουν μεγάλα ρήγματα και μεγάλες υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, γεγονός που δικαιολογεί την χαρακτηριστική υποθαλάσσια δομή της περιοχής αυτής. Οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις (Εικ. 6) οφείλουν την εκδήλωσή τους στις απότομες υποθαλάσσιες κλιτύες του Κορινθιακού Κόλπου και μπορεί να οδηγήσουν σε πιθανή εμφάνιση τσουνάμι. Για παράδειγμα, το 373 π.Χ. εκδηλώθηκε τσουνάμι, το οποίο κατέστρεψε την Αρχαία Ελίκη, στην περιοχή μεταξύ Αιγίου και Διακοφτού, καθώς κατά την εκδήλωση αυτού, η Ελίκη κατακλύστηκε από τη θάλασσα (Armijo et al., 1996).

Οι Heezen et al., (1986) ήταν από τους πρώτους που μελέτησαν την υποθαλάσσια μορφολογία του Κορινθιακού Κόλπου. Συγκεκριμένα, παρατήρησαν ότι στο κεντρικό τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου υπάρχει μεγάλη ομοιότητα με την υποθαλάσσια μορφολογία των ωκεανών, εφόσον διακρίνονται τρεις χαρακτηριστικές φυσιογραφικές ενότητες, η ηπειρωτική κρηπίδα, η κατωφέρεια (πλαγιά) και η αβυσσική πεδιάδα σε μικρότερη, ωστόσο, κλίμακα.

Πιο αναλυτικά, το εύρος αλλά και το βάθος των ορίων της κρηπίδας δεν είναι σταθερά και σε αρκετές περιπτώσεις, η κρηπίδα μπορεί να θεωρηθεί στενή και όχι καλά αναπτυγμένη. Κατά μήκος του νότιου και κεντρικού περιθωρίου του Κορινθιακού Κόλπου, η κρηπίδα είναι ιδιαίτερα περιορισμένη, με εύρος που κυμαίνεται μεταξύ 50 και 250 μέτρων. (Στεφάτος, 2005) Ωστόσο, στο βόρειο περιθώριο του Κόλπου, η κρηπίδα εμφανίζεται σαφώς καλύτερα αναπτυγμένη στους Κόλπους Αντικύρων, Ιτέας και Τολοφώνα-Ερατεινής.

Σε πολλές περιπτώσεις, κατά μήκος της κατωφέρειας εντοπίζονται υποθαλάσσια πρηνή, τα οποία και συνδέονται με την παρουσία ρηγμάτων στα περιθώρια της λεκάνης. Η παρουσία αυτών των πρηνών φαίνεται σε αρκετές περιπτώσεις να επηρεάζει την γεωμετρία του υποθαλάσσιου δικτύου καναλιών και χαραδρώσεων (Poulos *et al.*, 1996).

Ο μεγάλος αριθμός υποθαλάσσιων χαραδρώσεων και καναλιών, τα οποία διατέμνουν την κρηπίδα και την κατωφέρεια περιφερειακά του Κορινθιακού Κόλπου, καταλήγουν στην λεκάνη. Το στόμιο απόληξης τους εντοπίζεται σε βάθος 700-750m, κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Στο νότιο και κεντρικό περιθώριο του Κορινθιακού Κόλπου, οι κύριες χαραδρώσεις φαίνονται να συσχετίζονται με τις εκβολές μεγάλων ποταμών αποτελώντας ουσιαστικά την προέκτασή τους, όπως παρατήρησαν οι Heezen *et al.* (1986) και Brooks & Ferentinos (1984).

Τέλος, η αβυσσική πεδιάδα καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου, έχει μήκος 57 km και εκτείνεται έως το μέγιστο βάθος των 950m στο κέντρο του. Τόσο το δυτικό, όσο και το ανατολικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου, χαρακτηρίζονται από πολύ μικρότερα βάθη νερού που δεν ξεπερνούν τα 400 μέτρα και ουσιαστικά, αποτελούν και τα όρια της αβυσσικής πεδιάδας του κεντρικού Κορινθιακού Κόλπου.

Οι παρατηρήσεις που αφορούν τον πυθμένα του Κορινθιακού Κόλπου, όπως αυτές προέκυψαν από τις καταδύσεις του βαθυσκάφους «ΘΕΤΙΣ» του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών, έδειξαν τα παρακάτω:

- Τα κατώτερα πρηνή (βάθος 200-250m) παρουσιάζουν διαβρωσιγενή κανάλια τουρβιδιτικών ροών, τα οποία καλύπτονται επιφανειακά από αμμορυτίδες. (Εικ. 7- Β)
- Κροκάλες ρηχής παράκτιας ζώνης σε βάθη περίπου 100-200m. (Εικ. 7- Α και Γ)
- Φαινόμενα ασταθούς δομής ιζημάτων του πυθμένα σε απότομα πρηνή (περίπου σε βάθος 50-100m). (Εικ. 7-Δ). Τα παραπάνω τεκμηριώνουν την σύγχρονη ροή ιζηματογενούς υλικού από την ρηχή παράκτια ζώνη προς τα βαθύτερα τμήματα, φαινόμενο που παρατηρείται ιδιαίτερα στον Δυτικό Κορινθιακό Κόλπο.



Εικ. 7.: Φωτογραφίες από το βαθυσκάφος ΘΕΤΙΣ του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ).

3.2.4. ΣΤΑΔΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Η εξέλιξη του Κορινθιακού Κόλπου, ο οποίος αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, έχει μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές στο πέρασμα των χρόνων. Ειδικότερα, οι *Lykousis, Sakellariou, Paranikolaou, (1998)* μελέτησαν εκτενώς τον Κορινθιακό Κόλπο και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αναπτύχθηκε σε τρία στάδια.

Αρχικά, το βύθισμα του Κορινθιακού Κόλπου άρχισε να διαμορφώνεται, όταν τα πρώτα ρήγματα, πριν 4-5 εκατομμύρια χρόνια, διέρρηξαν κάθετα τις οροσειρές. Τα ιζήματα του αρχικού βυθίσματος, του λεγόμενου «Πρωτο-Κορινθιακού Κόλπου» (Εικ. 8), βρίσκονται σήμερα στην Βόρεια Πελοπόννησο, από την περιοχή της Κορίνθου και της Νεμέας μέχρι το Ξυλόκαστρο, την περιοχή των Καλαβρύτων και το Αίγιο.

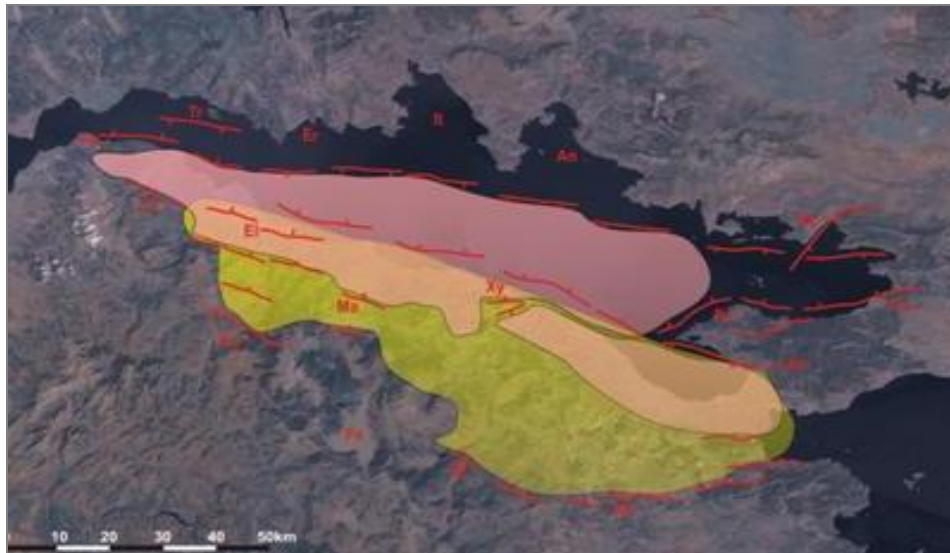
Κατά τη διάρκεια του πρώτου αυτού σταδίου της δημιουργίας του Κορινθιακού Κόλπου, η Πελοπόννησος διαχωρίστηκε από την Στερεά Ελλάδα και άρχισε να απομακρύνεται προς τα νότια.



Εικ. 8: Πρώτο στάδιο εξέλιξης του Κορινθιακού Κόλπου.

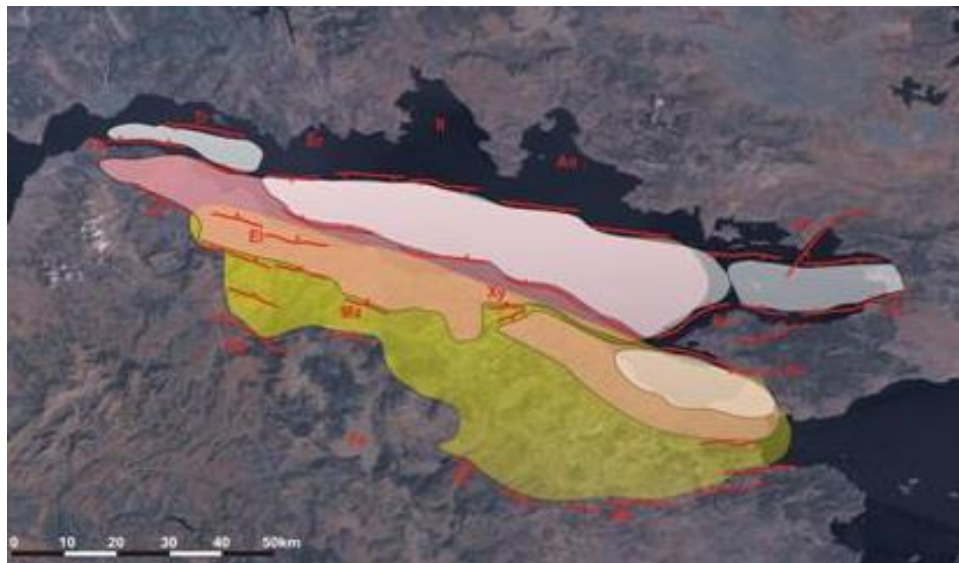
Στην συνέχεια, πριν από 1.5 εκατομμύριο χρόνια, τα πρώτα ρήγματα, που βρίσκονταν νοτιότερα, σταμάτησαν να λειτουργούν και παρατηρήθηκαν νέα ρήγματα που εντοπίζονται πιο βόρεια από αυτά. Τα νέα ρήγματα στις περιοχές της Περαχώρας, του Ξυλοκάστρου και του Αιγίου άλλαξαν ριζικά την μορφολογία της περιοχής του Πρωτο-Κορινθιακού Κόλπου. Οι περιοχές νότια από τα νέα ρήγματα άρχισαν να ανυψώνονται, ενώ οι περιοχές βόρεια από αυτά να βυθίζονται.

Αυτό το στάδιο εξέλιξης του Κορινθιακού Κόλπου άρχισε πριν από 1-1.5 εκατομμύριο χρόνια και τελείωσε πριν από 500.000 χρόνια. Όπως διακρίνεται στην παρακάτω εικόνα (ροζ χρώμα στην Εικ. 9) παρατηρείται πως εκείνη τη χρονική περίοδο ο Κορινθιακός Κόλπος ξεκίνησε να παίρνει την σημερινή του μορφή.



Εικ. 9: Δεύτερο στάδιο εξέλιξης του Κορινθιακού Κόλπου.

Τέλος, το τρίτο στάδιο εξέλιξης του Κορινθιακού Κόλπου (Εικ. 10) ξεκίνησε πριν από 500.000 χρόνια, όταν δημιουργήθηκε μια νεότερη γενιά ρηγμάτων, τα οποία βρίσκονται βορειότερα από τα προηγούμενα. Τα νέα ρήγματα συνεχίζουν να είναι ενεργά μέχρι σήμερα και έχουν δημιουργήσει την βαθειά λεκάνη του Κορινθιακού Κόλπου, τον Κόλπο των Αλκυονίδων, καθώς και τον Δυτικό Κορινθιακό Κόλπο.



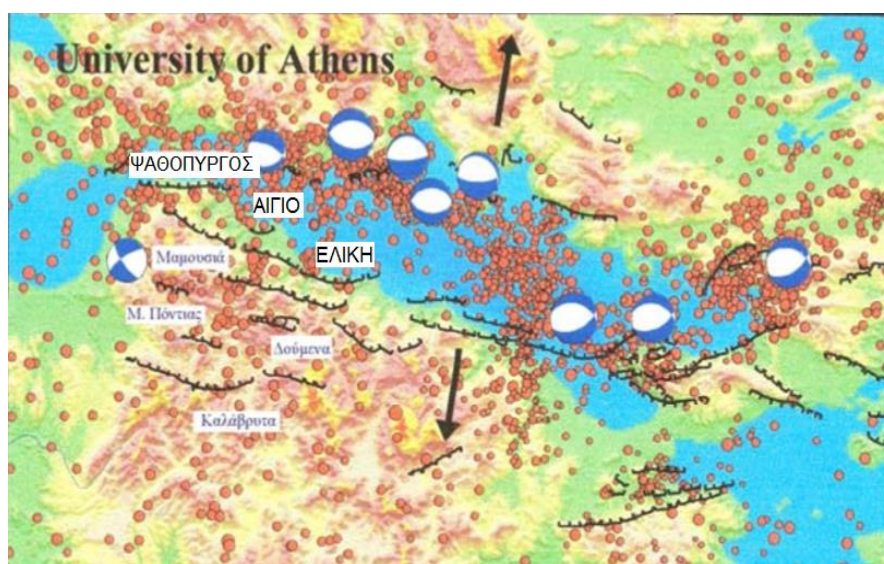
Εικ. 10: Τρίτο στάδιο εξέλιξης του Κορινθιακού Κόλπου.

3.2.5. ΡΗΞΙΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ

Το τελευταίο στάδιο εξέλιξης της τάφρου του Κορινθιακού Κόλπου ελέγχεται από δύο σημαντικές υποθαλάσσιες ρηξιγενείς ζώνες, οι οποίες εντοπίζονται κατά μήκος της βόρειας και νότιας κατωφέρειας του Κορινθιακού Κόλπου. Αυτές οι ζώνες παρουσιάζουν μέση διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ, παράλληλη προς την μέση διεύθυνση των ακτογραμμών και προς τον επιμήκη άξονα του Κόλπου, ενώ αποτελούνται από μία σειρά ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ, τα οποία διατάσσονται κλιμακωτά (*en echelon*). (*Papanikolaou et al., 1997*)

Η κατακόρυφη μετατόπιση, κατά μήκος των δύο υποθαλάσσιων αυτών ρηξιγενών ζωνών, είναι της τάξης των 200 μέτρων στο δυτικό τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου και αυξάνεται σταδιακά προς τα ανατολικά. Η κύρια διεύθυνση των ρηξιγενών δομών διαφοροποιείται μόνο στο δυτικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου, στην περιοχή μεταξύ Ρίου-Αντιρρίου και των εκβολών του Μόρνου, όπου η επικρατούσα διεύθυνση των ρηγμάτων είναι ΝΔ-ΒΑ. (*Papanikolaou et al., 1997*)

Οι σημαντικές αυτές ζώνες (Εικ. 11) χωρίζουν την περιοχή σε μεγάλα ρηξιγενή τεμάχια, τα οποία αποτελούν μεγάλα τεκτονικά βυθίσματα ή τεκτονικά κέρατα. Κάθε ένα από αυτά τα τεμάχια παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά, σε σχέση με την σεισμική δραστηριότητα, τόσο των περιθωριακών ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών, όσο και αυτών που βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Έτσι, κάποια από αυτά σήμερα εμφανίζονται σαν ανενεργά και αποτελούν τις σχετικά πιο σταθερές περιοχές, ενώ άλλα παρουσιάζουν έντονη σεισμική δραστηριότητα ή βρίσκονται σε μια ενδιάμεση κατάσταση.

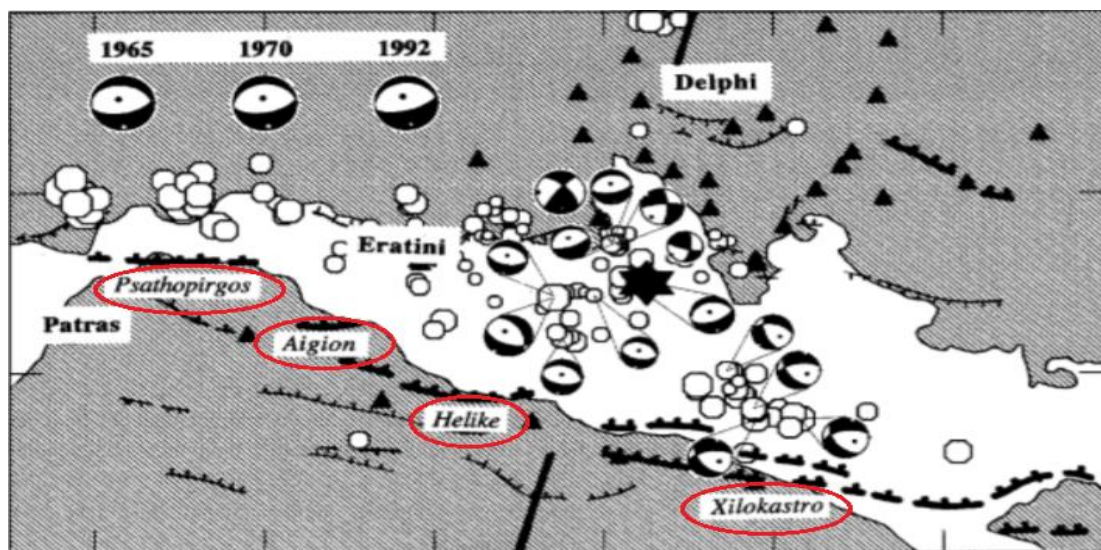


Εικ. 11: Οι κυριότερες ρηξιγενείς ζώνες του Κορινθιακού Κόλπου.

Πέρα από τις μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, υπάρχουν και μικρότερα ρήγματα, παράλληλα σε αυτές, τα οποία ακολουθούν την ίδια διεύθυνση (Α-Δ), καθώς και τα υπόλοιπα επιμέρους χαρακτηριστικά τους. (*Bernard et al., 1997*)

Ο Κορινθιακός Κόλπος παρουσιάζει ιδιαίτερο τεκτονικό ενδιαφέρον, καθώς περιλαμβάνει μερικές από τις πιο μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, όπως είναι τα ρήγματα της Ελίκης και του Ξυλοκάστρου (*Bernard et al., 1997*), ενώ τα ρήγματα αυτά μαζί

με το ρήγμα του Ψαθοπύργου ορίζουν τα περιθώρια του νότιου Κορινθιακού Κόλπου (Εικ. 12-13) (Moretti et al., 2003).



Εικ. 12.: Χάρτης σεισμικότητας για τα σεισμικά γεγονότα του 1965, 1970, 1992. Απεικονίζονται τα σημαντικά ρήγματα Ψαθοπύργου, Αιγίου, Ελίκης, Ξυλοκάστρου στο νότιο τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου. (Hatzfeld et al., 1996)



Εικ. 13: Απεικόνιση ρήγματος περιοχής Ξυλοκάστρου. Η πόλη είναι ορατή στο πίσω τμήμα. Οι ασβεστόλιθοι που διακρίνονται προς τα νότια (δεξιά) είναι Ιουρασικής ηλικίας και ανήκουν στην ενότητα Πίνδου (Armijo et al., 1996).

Τα κύρια ρήγματα της ευρύτερης περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου ήταν ενεργά κατά το Τεταρτογενές. Η λέπτυνση του άνω μέρους των ιζημάτων υποδηλώνει ότι τα ρήγματα αυτά ήταν ενεργά συγχρόνως με την ιζηματογένεση.

Η σύγκριση μεταξύ των ρηγμάτων στο χερσαίο και στο θαλάσσιο τμήμα της τάφρου σχετίζεται με παράγοντες που αφορούν το μήκος των ρηγμάτων, την ιζηματογένεση ή τη διάβρωση. (Moretti et al., 2003). Τα ρήγματα που απαντώνται στη χέρσο και τα οποία έχουν υποστεί ανάλυση είναι 60 και είναι ενεργά, ενώ χαρακτηρίζονται ως κανονικά.

Ειδικότερα, στο βόρειο άκρο του Κορινθιακού Κόλπου βρίσκονται μικρότερου μεγέθους αντιθετικά ρήγματα, ενώ στο νότιο άκρο βρίσκεται ένα κύριο υποθαλάσσιο κανονικό ρήγμα, το οποίο δημιουργεί ένα υποθαλάσσιο τεκτονικό 'σκαλοπάτι' περίπου 500 μέτρων. Η τεκτονική στο τμήμα νοτίως του κύριου αυτού ρήγματος χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολυάριθμων κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ και βύθιση βόρεια, τα οποία συμπληρώνονται από μια λιγότερο πολυάριθμη σειρά αντιθετικών ρηγμάτων και μια σειρά ρηγμάτων μετασχηματισμού, κάθετα περίπου στην προηγούμενη διεύθυνση με πλαγιοκανονικό χαρακτήρα (Εικ. 14).

Πιο συγκεκριμένα, εξετάζοντας το δυτικό, κεντρικό και ανατολικό Κορινθιακό Κόλπο στο βόρειο και στο νότιο περιθώριο αυτού παρατηρούνται τα εξής:

ΔΥΤΙΚΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

Το δυτικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου παρουσιάζει ιζήματα ομαλής κλίσης προς Βορρά και Νότο και ελέγχεται από δύο ρηξιγενείς ζώνες που έχουν διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ. (Εικ. 14)

Χαρακτηρίζεται από παρουσία ενεργών ρηγμάτων με πρόσφατη δράση. Στο νότιο περιθώριο βρίσκονται τέσσερα ρήγματα, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη μορφολογία της ευρύτερης περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου (Βαλιμίτικα, Διακοφτό, Ακράτα, Αιγείρα). Μεταξύ της Ακράτας και της παραλίας Πλατάνου, υπάρχουν ρήγματα, εκ των οποίων αυτό της Ακράτας αποτελεί το ρήγμα με τη μεγαλύτερη κατωφέρεια, η οποία είναι ίση με 280m. Σε αυτό το περιθώριο εντοπίζονται τα ρήγματα του Αιγίου, της Ελίκης και του Ψαθοπύργου, τα οποία-όπως προαναφέρθηκε-αποτελούν πολύ σημαντικές ρηξιγενείς δομές της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου.

Στο βόρειο περιθώριο βρίσκονται άλλα τρία κύρια ρήγματα στις περιοχές: Ερατεινή, Ψαρομύτα, Τριζόνια. Το ρήγμα της Ερατεινής διασπάται από δύο άλλα ρήγματα σε τρία τεμάχια. (Moretti et al., 2003) (Εικ. 14).

Επίσης, ρήγματα παρατηρήθηκαν στις περιοχές Τρυπιά, Βαλιμίτικα, Τεμένη, όπου παρατηρήθηκαν φαινόμενα υποχώρησης ακτών, ρευστοποιήσεων και καθιζήσεων (Lekkas et al., 1997), φαινομένων που παρατηρήθηκαν κατά τον σεισμό του Αιγίου στις 15/6/1995, με τα οποία πιθανότατα συνδέονται άμεσα. Οι υποθαλάσσιες ολισθήσεις παρατηρήθηκαν στις περιοχές Τρυπιά, Νικολέϊκα, στις εκβολές του Σελινούντα και του Μεγανείτη, καθώς επίσης, στον Όρμο της Ερατεινής.

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

Το νότιο περιθώριο χαρακτηρίζεται από το μεγαλύτερο σε μήκος ρήγμα, το ρήγμα του Ξυλοκάστρου, το οποίο είναι παράλληλο στην ακτογραμμή, ενώ θεωρείται το μόνο συνεχές ενεργό ρήγμα στην περιοχή αυτή (Εικ. 14).

Το βόρειο περιθώριο του Κορινθιακού Κόλπου σε αυτό το τμήμα χαρακτηρίζεται από ρηξιγενείς δομές που εντοπίζονται στην περιοχή της Αντίκυρας.

Η μορφολογία που παρατηρείται είναι επακόλουθο της υψηλής ενεργότητας που παρουσιάζουν τα ρήγματα που βρίσκονται σε αυτό το τμήμα. (Moretti et al., 2003)

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

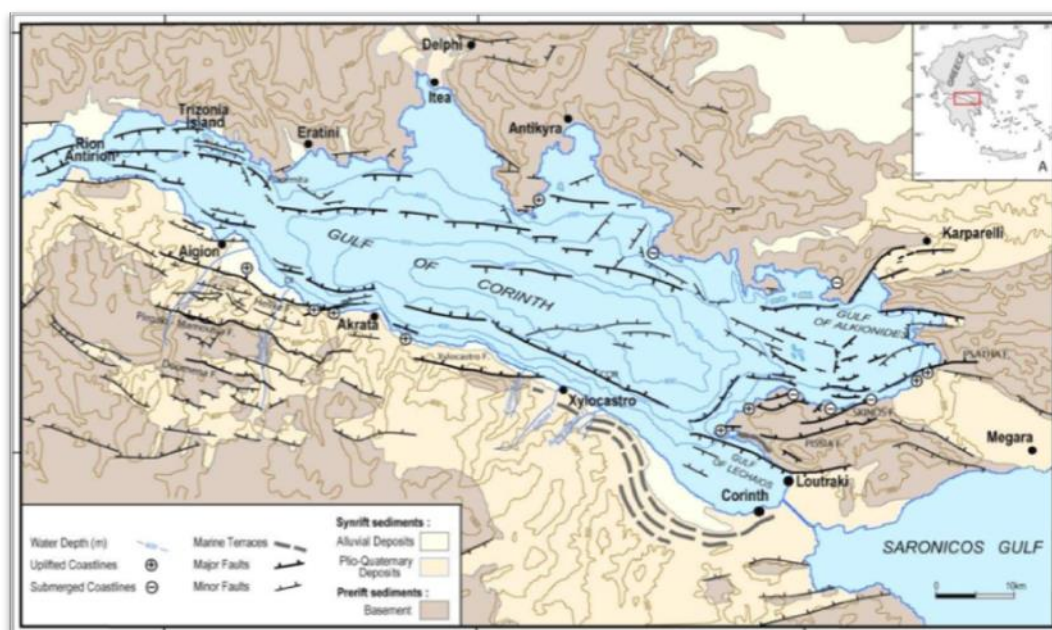
Το ανατολικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου τέμνει τη λεκάνη των Μεγάρων, μέσω ενός περίπλοκου τύπου ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Παρατηρείται σύστημα εννέα υποθαλάσσιων ρηγμάτων. Η λεκάνη των Αλκυονίδων ορίζεται από 8 κύρια ρήγματα. Βορειοανατολικά της ακτής της χερσονήσου της Περαχώρας βρίσκεται το ρήγμα αυτής, με κατωφέρεια 600 μέτρων, το οποίο μετατοπίζει το νοτιότερο περιθώριο του ρήγματος προς τα Βόρεια.

Το νότιο περιθώριο χαρακτηρίζεται από το ρήγμα της Στράβας, το οποίο μαζί με το ανατολικό και δυτικό ρήγμα των Αλκυονίδων, οριοθετούν τη λεκάνη των Αλκυονίδων προς το Βορρά.

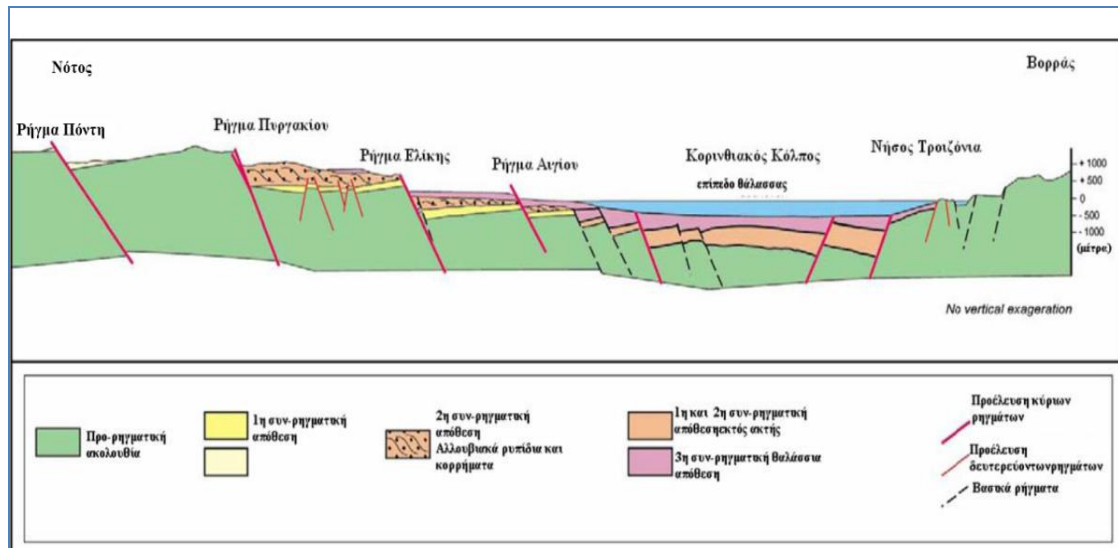
Στο βόρειο περιθώριο, δύο ρήγματα (της Εγκοσθένας και της Δομβραίνας) κόβουν τη βόρεια πλευρά του Κόλπου των Αλκυονίδων, ενώ στο κέντρο της λεκάνης, άλλα σημαντικά ρήγματα δημιουργούν τεκτονικά κέρατα, τις Αλκυονίδες νήσους, οι οποίες δεν είναι τίποτα άλλο, παρά τεκτονικά κέρατα που έχουν δημιουργηθεί από τα ρήγματα Δασκαλειό και Γλαρονήσι (Moretti et al., 2003) (Εικ. 14).

Σύμφωνα με Stefatos et al., (2002) το μήκος των προαναφερθέντων κύριων υποθαλάσσιων ρηγμάτων στον Κορινθιακό Κόλπο κυμαίνεται μεταξύ 3 και 26 χιλιομέτρων. Το γεγονός ότι το μήκος αυτό δεν υπερβαίνει τα 26 χιλιόμετρα αποτελεί ένδειξη ότι υπάρχει ένας περιορισμός στο μέγιστο μέγεθος ενός σεισμού, που μπορεί να συμβεί υπό την επίδραση ενός εξ'αυτών των ρηγμάτων, με $M_w=6.7$. Αυτός ο περιορισμός έχει επιβεβαιωθεί από τα αρχεία της ιστορικής σεισμικότητας. (Ambraseys & Jackson, 1990).

Τέλος, παρατηρείται ότι τα ρήγματα Ακράτα, Αιγείρα, Περαχώρα, Στράβα, Δασκαλειό, ανατολικά των Αλκυονίδων νήσων, Ερατεινή, Ψαρομύτα και Τριζόνια ήταν ενεργά κατά το Ολόκαινο, αποδεικνύοντας έτσι την ανυψωμένη απολιθωμένη ακτογραμμή και τις θαλάσσιες αναβαθμίδες στις νότιες ακτές του Κορινθιακού Κόλπου. (Moretti et al., 2003)



Εικ. 14: Απεικόνιση των ρηγμάτων που βρίσκονται στο βόρειο, νότιο, ανατολικό και δυτικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου. (Moretti et al., 2003)



Εικ. 15: Σχηματική αναπαράσταση ρηγμάτων Ελίκης, Αιγίου και Τριζονίων στον Κορινθιακό Κόλπο (γεωλογική τομή B-N) στην περιοχή του Αιγίου. (Moretti et al., 2003)

3.3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

3.3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Όπως έχει προαναφερθεί, ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα, με υψηλούς ρυθμούς απομάκρυνσης, μεταξύ των δύο τεμαχών, της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας. Μέσα στα πλαίσια της παραπάνω εξέλιξης και απομάκρυνσης, αποτελεί μία από τις πιο πρόσφατες δομές (*Moretti et al., 2003*), ενώ οι πιθανές αιτίες για τη γρήγορη και έντονη τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής μελετώνται. Επίσης, μελετώνται η μορφολογία και το ανάγλυφο της περιοχής, προκειμένου να εντοπιστούν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που διαρρηγνύονται από την επίδραση των ρηγμάτων που υπάρχουν στην περιοχή αυτή.

Πιο συγκεκριμένα, οι σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης είναι οι εξής:

- άμμοι και κροκάλες: σύγχρονοι παράκτιοι σχηματισμοί, κατά τόπους συγκολλημένοι.
- σύγχρονες προσχώσεις: από ποικίλα υλικά μεταφερθέντα από την κοιλάδα της Κορίνθου.
- σύγχρονοι κώνοι κορημάτων: τα κορήματα αυτά είναι σχηματισμοί που οφείλονται στην κίνηση υλικών, λόγω βαρύτητας, ανέμου, νερού, που στην συνέχεια μεταφέρθηκαν στις πλαγιές των βουνών.
- ποταμολιμναίες αποθέσεις: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, άργιλοι και ερυθροί πηλοί.
- μάργες: υποκίτρινες έως λευκές. Αποτελούνται από λεπτόκοκκους ψαμμίτες και κροκαλοπαγή υλικά.
- ασβεστόλιθοι: υπολιθογραφικοί χονδροπλακώδεις –λεπτοστρωματώδεις.
- κροκαλοπαγή: συνεκτικά ιζήματα.
- φλύσχης αδιαίρετος.
- αλλουβιακές αποθέσεις: από ποικίλα υλικά εντός χειμάρρων, καθώς και στις κοίτες αυτών.

3.3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΟΝ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ

Από γεωλογική άποψη, στον Κορινθιακό Κόλπο και συγκεκριμένα:

➤ στο νότιο τμήμα αυτού διακρίνονται χαρακτηριστικοί πολυπτυχωμένοι πελαγικοί ασβεστόλιθοι και ραδιολαρίτες (σχηματισμοί που υπάγονται στην ενότητα της Πίνδου), ενώ στις ακτές παρατηρείται έντονη εμφάνιση μαργών και αργίλων (μεταλικά ιζήματα Κορινθιακού Κόλπου).

Καθώς προχωράμε προς την ακτή, διακρίνονται μάργες, άργιλοι, καθώς και δελταϊκές αποθέσεις Πλειοκαινικής- Πλειστοκαινικής ηλικίας και κατά μήκος των ακτών επικρατούν Πλειστοκαινικές- Ολοκαινικές αλλουβίες αποθέσεις.

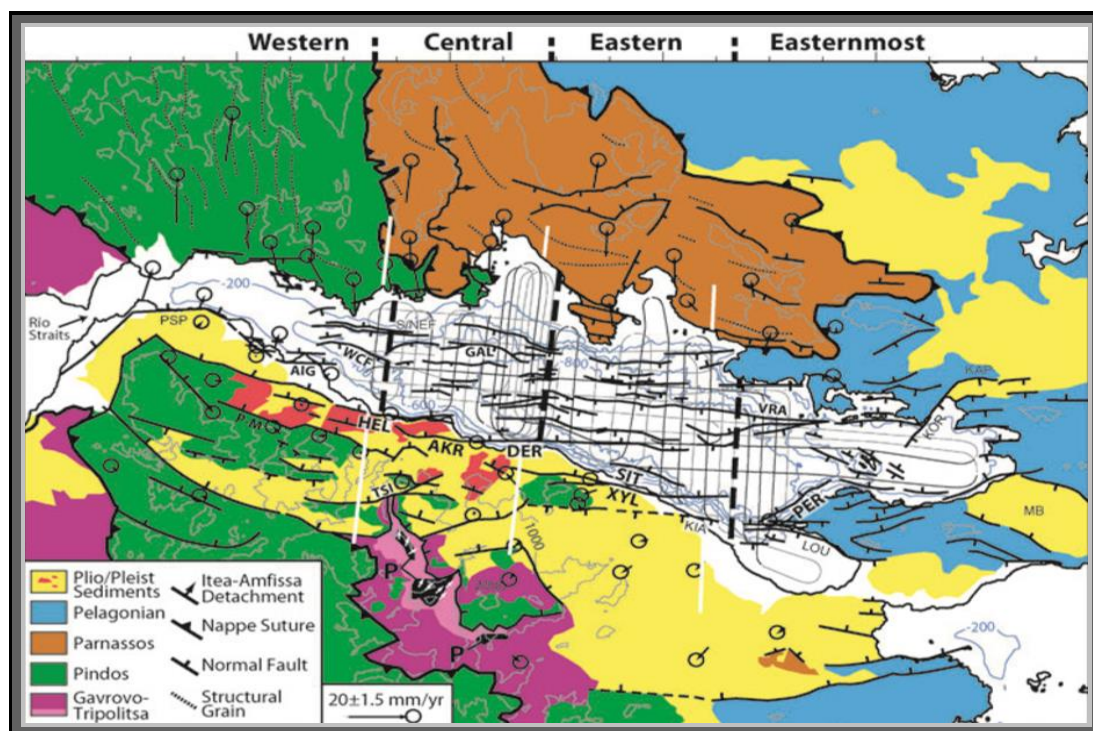
- Στο βόρειο τμήμα, διακρίνονται οι ενότητες της Πίνδου, του Παρνασσού (νηριτική ενότητα με αναδύσεις, λόγω βωξιτών), καθώς και αυτή της Βοιωτίας (επίσης, νηριτική ενότητα).
- Στο δυτικό τμήμα, παρατηρούνται στρώματα που ανήκουν στην ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας, ενώ διακρίνονται και υποκείμενα στρώματα της Υποπελαγονικής ενότητας (νηριτική ενότητα), καθώς και στρώματα που ανήκουν στην ενότητα της Πίνδου.
- Στο ανατολικό τμήμα, τα Καινοζωικά ιζήματα επικάθονται πάνω στο Προνεογενές υπόβαθρο της Πελοποννήσου, το οποίο αποτελείται από τις γεωλογικές ζώνες Γαβρόβου-Τρίπολης, Ωλονού-Πίνδου και Υποπελαγονικής (Εικ. 16).

Σχετικά με τις γεωλογικές ενότητες που παρατηρούνται στον Κορινθιακό Κόλπο, η ζώνη της Τρίπολης και η Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά αποτελούν τις αυτόχθονες ενότητες της περιοχής, πάνω στις οποίες επωθήθηκε η ζώνη της Πίνδου ως αλλόχθονη ενότητα.

α) Η ζώνη της Τρίπολης έχει καθοριστεί σαν ύβωμα που παρουσίασε συνεχή νηριτική ιζηματογένεση κατά τους αλπικούς χρόνους και έδωσε μια σειρά ανθρακικών πετρωμάτων συνολικού πάχους μεγαλύτερου από 1800m. Αυτά αποτελούνται από Άνω Τριαδικούς δολομίτες και μεσοζωικούς ασβεστολίθους που επικαλύπτονται από ένα φλύσχη, κυρίως μαργαϊκό.

β) Η φυλλιτική σειρά αποτελείται από ημιμεταμορφωμένα πετρώματα, φυλλίτες, χαλαζίτες και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, γνωστούς με τον όρο 'Plattenkalk'.

γ) Η ζώνη της Πίνδου αποτελείται από ασβεστολίθους και δολομίτες του Τριαδικού, την σχιστοκερατολιθική διάπλαση του Ιουρασικού, τον Κάτω Τριαδικό φλύσχη, τους Τριαδικούς πελαγικούς ασβεστολίθους και τέλος, τον Ηωκαινικό φλύσχη.

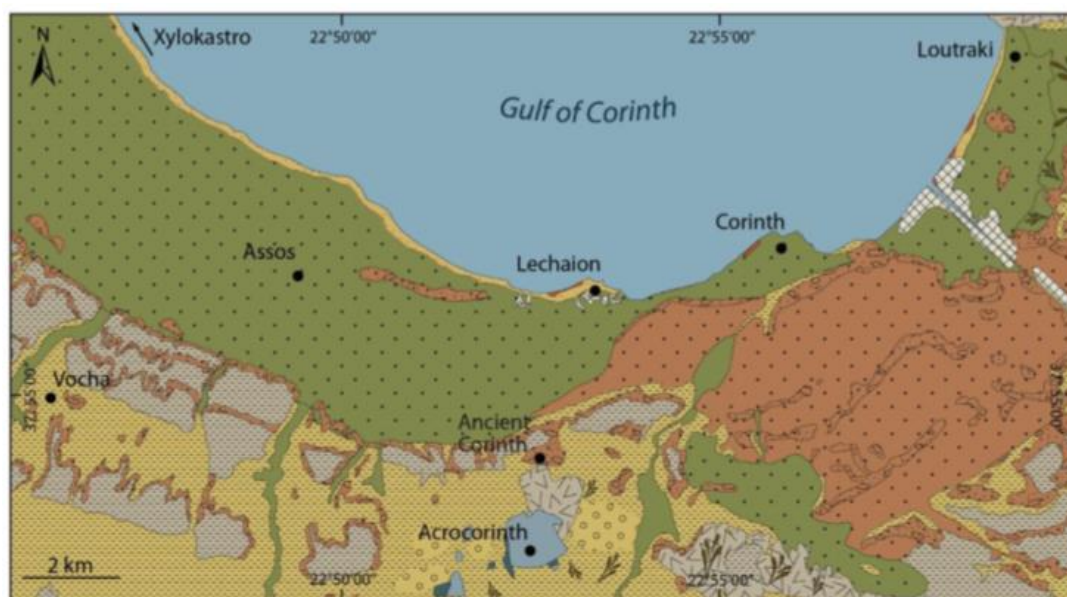


Εικ. 16: Γεωλογικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου, όπου απεικονίζονται οι γεωλογικές ενότητες και τα ρήγματα της περιοχής (Taylor et al., 2011).

Η τεκτονική δομή, καθώς και η λιθολογία των σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου έχουν επηρεάσει την μορφολογία του ανάγλυφου. Οι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής ζώνης, αν και έντονα πτυχωμένοι, δεν παρουσιάζουν την λεπιοειδή δομή της ζώνης Πίνδου, ενώ το κυριότερο τεκτονικό τους χαρακτηριστικό είναι οι μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες με διεύθυνση Α-Δ, οι οποίες οριοθετούν τόσο την επαφή με τους μεταλπικούς σχηματισμούς στις περιοχές Αθικίων, Κλένιας και Αγίου Βασιλείου, όσο και διάφορες τεκτονικές ενότητες με την μορφή τάφρων και κεράτων, όπως στις περιοχές Ακροκορίνθου (Εικ. 17), Κουταλά και Ονείων. (Taylor et al., 2011)

Με ειδικότερη αναφορά στο τέμαχος της Ακροκορίνθου, παρατηρείται να προβάλλει ως τεκτονικό κέρασ μέσα από διαδοχικές γενεές κλαστικών ιζημάτων και μαργών, ενώ παρουσιάζεται με ηλικία Μ. Ιουρασικό. Ωστόσο, μεταγενέστερες εργασίες προτείνουν ότι περιλαμβάνει και το Μ. Τριαδικό, ενώ ο Richter (1992) υποστηρίζει ότι ανήκει στο Α. Ιουρασικό – Κ. Κρητιδικό.

Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι το τέμαχος αυτό ανήκει στη ζώνη του Παρνασσού, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι είναι μετάβαση της Ανατολικής Ελλάδας προς τη ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Μία τρίτη άποψη, θεωρεί τους ασβεστολίθους αντίστοιχους προς αυτούς των Γερανίων που προωθήθηκαν προς τα Δυτικά (Χριστοδούλου, 1970). Το τέμαχος της Ακροκορίνθου αποτελείται από ανοικτότεφρους ασβεστολίθους ενίοτε ερυθρούς, με κονδύλους ή ενστρώσεις πυριτολίθων. Αυτοί εμφανίζονται χονδροπλακώδεις έως λεπτοστρωματώδεις, ενώ κατά θέσεις είναι δολομιτωμένοι.



Εικ. 17: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης, όπου παρατηρείται η περιοχή της Ακροκορίνθου στο νότιο τμήμα. Με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι αλλούβιες αποθέσεις της παράκτιας περιοχής, ενώ με κίτρινο χρώμα νοτιότερα απεικονίζονται οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι.

3.3.3. ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ

Η κύρια λεκάνη του Κορινθιακού Κόλπου χαρακτηρίζεται από περιβάλλον απόθεσης τουρβιδιτικού χαρακτήρα ιζημάτων. (Brooks & Ferentinos, 1984) Το πάχος των πρόσφατων Πλειο-Τεταρτογενών ιζημάτων δεν είναι σταθερό και σε συμφωνία με το βάθος του Κόλπου και το άλμα των δύο περιθωριακών ρηξιγενών ζωνών αυξάνεται από δυτικά (100μ.) προς ανατολικά (>550μ.) (Papanikolaou et al., 1997).

Οι περιοχές μέγιστου πάχους ιζημάτων είναι επιμήκεις σε διεύθυνση Α-Δ και παρουσιάζουν κλιμακωτή διάταξη κατά μήκος του Κορινθιακού Κόλπου, ενώ βρίσκονται σε συμφωνία με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των ρηγμάτων που συνιστούν τις δύο περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες.

Σε κάποιες περιοχές του Κορινθιακού Κόλπου, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο τμήμα της κύριας λεκάνης καλύπτεται από μάζες πρόσφατων ιζημάτων που έχουν αποκοπεί από το εξωτερικό τμήμα της πλατφόρμας και έχουν ολισθήσει κατά μήκος της κατωφέρειας προς τα βαθύτερα σημεία. (Papanikolaou et al., 1997).

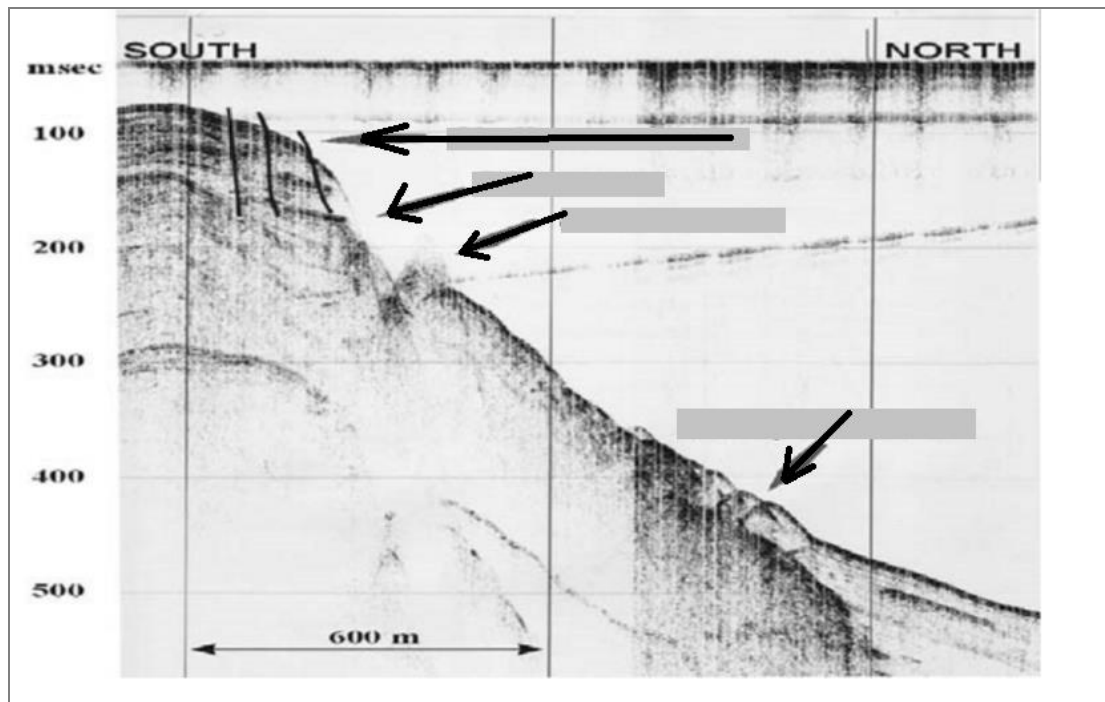
Τεταρτογενή ιζήματα που εκτίθενται στο ανυψωμένο νότιο τμήμα του ρήγματος περιλαμβάνουν μία δελταϊκή ακολουθία, η εναπόθεση της οποίας συνεχίζεται μέχρι σήμερα στον Κόλπο. Αυτά τα Τεταρτογενή ιζήματα είναι κυρίως προσχωσιγενή και παράκτια έως και λιμναία στο Νότο, λιμναία τύπου Gilbert και με παρουσία μαργών στο κέντρο, και λιμναίες μάργες που υπερκαλύφθηκαν από λεπτά υπερκείμενα πετρώματα στα βόρεια (Doutsos & Piper, 1990).

Τα πρώτα στάδια της ιζηματογένεσης στην Κορινθιακή τάφρο πραγματοποιούνται κάτω από καθεστώς χαμηλής ενέργειας σε ένα ήσυχο λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον απόθεσης, με αποτέλεσμα την απόθεση λεπτομερών φάσεων και κυρίως μαργών με κυμαινόμενο ποσοστό ασβεστιτικού υλικού. Το καθεστώς αυτό φαίνεται να αλλάζει δραματικά κατά το Μέσο Πλειστόκαινο, με έντονη εφελκυστική τεκτονική και απόθεση ποταμοχερσαίων, αλλουβιακών και δελταϊκών ριπιδίων στο νότιο περιθώριο της λεκάνης, καθώς και δελταϊκών ριπιδίων τύπου Gilbert και μαργών βορειότερα.

Ουσιαστικά, τα ιζήματα του Τεταρτογενούς που αναπτύσσονται στην περιοχή έρευνας, συνιστούν μια βορείως μετατιθέμενη δελταϊκή ακολουθία ιζημάτων, η απόθεση της οποίας συνεχίζεται μέχρι σήμερα εντός του Κορινθιακού Κόλπου.

Από έρευνες που διεξήχθησαν στον Κορινθιακό Κόλπο και ειδικότερα πυρηνοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στον βυθό, αποκαλύφθηκε η ύπαρξη λιμναίων ιζημάτων κάτω από 13 μέτρα πάχους θαλάσσια ιζήματα.

Στα νότια πρηνή του Κορινθιακού Κόλπου παρατηρούνται μεγάλης έκτασης σύνθετα κατολισθητικά φαινόμενα, τα οποία ενεργοποιούνται από την σεισμική δραστηριότητα, σε συνδυασμό με τα ενεργά ρήγματα των βορείων ακτών της Πελοποννήσου, που διαμορφώνουν τις μεγάλες κλίσεις στα πρηνή αυτά. Σε πολλές περιοχές του Δ. Κορινθιακού Κόλπου, το μεγαλύτερο τμήμα της κύριας λεκάνης καλύπτεται από μάζες πρόσφατων ιζημάτων που έχουν αποκοπεί από το εξωτερικό τμήμα της πλατφόρμας και έχουν ολισθήσει κατά μήκος της κατωφέρειας προς τα βαθύτερα σημεία (Εικ. 18)



Εικ. 18: Απεικόνιση της υποθαλάσσιας μορφολογίας, όπου διακρίνονται τα φαινόμενα ολίσθησης.

Ο πυθμένας της λεκάνης του Κορινθιακού Κόλπου καλύπτεται από ιζήματα μετά-Καλάβριας ηλικίας, τα οποία συνίστανται από τουρβιδίτες, με παρεμβολές ρωών κορημάτων.

Το αποτέλεσμα της ιζηματογένεσης στον Κόλπο είναι ο σχηματισμός παλαιών και σύγχρονων δελταϊκών ριπιδίων, τα οποία προελαύνουν προς τον Βορρά από τα νότια περιθώρια του Κόλπου. Τα προγενέστερα (Πλειόκαινο - Τεταρτογενές) δελταϊκά ριπίδια βρίσκονται σήμερα ανυψωμένα έως και 1000 με 1200m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας στις βόρειες ακτές της Πελοποννήσου, όπως έχει προαναφερθεί. (Στεφάτος, 2005)

4. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

4.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Από τους ιστορικούς ακόμη χρόνους η σπουδαιότητα του Κορινθιακού Κόλπου, τόσο γεωγραφικά όσο και στρατηγικά, ήταν ιδιαίτερα μεγάλη και όταν ένας σεισμός συνέβαινε στις γύρω περιοχές, αποτελούσε αντικείμενο σχολιασμού από μεγάλες προσωπικότητες της εκάστοτε εποχής, ενώ θεωρούνταν κακός οινός στη πλειονότητα των περιπτώσεων. Οι καταγραφές αφορούν κυρίως ζημιές και αλλαγές στην επιφάνεια της γης, φαινόμενα τα οποία δεν μπορούσαν να εξηγηθούν διαφορετικά, αλλά και καταστροφές σε σπουδαία κτήρια, όπως εκκλησίες, μνημεία, ναούς κ.ά.

4.1.1. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ 500 Π.Χ. ΕΩΣ 1500 Μ.Χ.

Η πρώτη καταγραφή έγινε από τον Θουκυδίδη και αναφερόταν σε έναν ισχυρό σεισμό που έγινε αισθητός σε Αθήνα, Εύβοια, Βοιωτία και Ορχομενό, με πιθανή εστία την Αταλάντη, το 427 π.Χ., ενώ ένα χρόνο αργότερα γίνεται αναφορά και πάλι για έναν ισχυρό σεισμό που έλαβε χώρα στη περιοχή της Αταλάντης από τον οποίο και υπέστη μετατόπιση η βορειοανατολική γωνία του Παρθενώνα.

Αργότερα, βρέθηκαν αναφορές για το σεισμό του 420 π.Χ., με εκτιμώμενο μέγεθος 6, στη Κόρινθο. Σύμφωνα με τον Θουκυδίδη, ήταν καλοκαίρι μετά το πέρας των Ολυμπιακών αγώνων, όταν οι Αργείοι κάλεσαν τους συμμάχους τους για να ενώσουν τις δυνάμεις τους. Ωστόσο, η συμφωνία δεν επιτεύχθηκε, λόγω του σεισμού που θεωρήθηκε κακός οινός.

Επιπροσθέτως, ο Θουκυδίδης, αναφερόμενος στην επιχείρηση των Σπαρτιατών για την κατάκτηση της Αργολίδας, παρατήρησε πως αυτή σταμάτησε εξαιτίας ενός σεισμού, όταν οι πρώτοι έφτασαν στην περιοχή των Κλεωνών Αργολίδας, την άνοιξη του 414 π.Χ. (εκτιμώμενο μέγεθος σεισμού: 6).

Σύμφωνα με καταγραφές από τους Ξενοφώντα και Πausανία, το 388 π.Χ., όταν ο Αγησίπολις βρισκόταν στην Νεμέα και κατευθυνόταν προς το Άργος, έγινε μεγάλος σεισμός, τον οποίο-ωστόσο- θεώρησε καλό οινό και συνέχισε ως τα τείχη της πόλης, όπου-όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται «ο Θεός συνέχισε να κουνάει τη Γη»-πολλοί στρατιώτες σκοτώθηκαν και ο Αγησίπολις απέσυρε τον στρατό του.

Στην περιοχή του Δυτικού Κορινθιακού Κόλπου και συγκεκριμένα, στην περιοχή του Αιγίου, χαρακτηριστικός ήταν ο σεισμός της αρχαίας Ελίκης το 373 π.Χ. Ο σεισμός αυτός πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ με βάση τα όσα αναφέρει ο Στράβωνας, η περιοχή Βούρα εξαφανίστηκε από ένα μεγάλο ρήγμα και η Ελίκη από θαλάσσιο κύμα (παλιρροϊκό κύμα, τσουνάμι).

Από την άλλη πλευρά, κατά τον Pausanία, η Ελίκη που απέιχε 40 στάδια από το Αίγιο και ήταν παραθαλάσσια πόλη, αφανίστηκε μαζί με τα οικοδομήματά της. Ακολούθησε παλιρροϊκό κύμα, το οποίο κάλυψε το δάσος του Ποσειδώνα, με αποτέλεσμα να διακρίνονται μόνο οι κορυφές των δέντρων. Εκτός από την περιοχή της Ελίκης που επλήγη από την σεισμική αυτή δόνηση, και στα Βούρα παρατηρήθηκαν ολοκληρωτικές καταστροφές. Από το συνολικό πληθυσμό, σώθηκαν μόνο αυτοί που απουσίαζαν σε εκστρατείες, οι οποίοι όταν επέστρεψαν ξαναέχτισαν τη πόλη τους.

Οι αναφορές συνεχίζουν ακόμη και από άλλους επιφανείς της εποχής, όπως, για παράδειγμα, ο Αριστοτέλης, ο οποίος αναφέρει ότι ο σεισμός και το κύμα συνέβησαν ταυτόχρονα, ενώ ο Διόδωρος ο Σικελιώτης σημειώνει ότι εκείνη τη χρονική περίοδο σημειώθηκαν σεισμοί και κατακλυσμοί σε ολόκληρη την Πελοπόννησο, με αποτέλεσμα τον αφανισμό πληθυσμού και πόλεων, που δεν είχε αναφερθεί μέχρι τότε στα ιστορικά χρονικά.

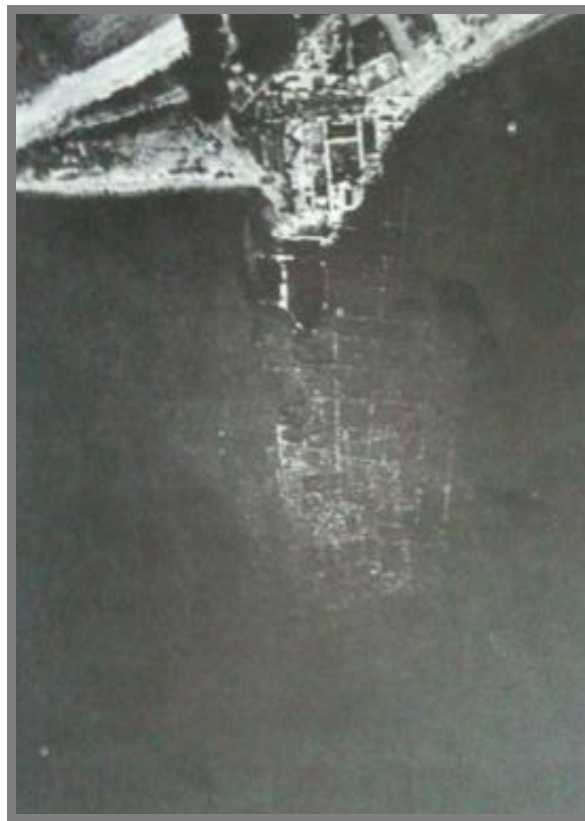
Ταυτόχρονα, ο Αιλιανός αναφέρει ότι πέντε μέρες πριν από το σεισμό, πολλά ζώα κατευθύνθηκαν προς τη Κερύνεια (χωριό της Κορινθίας), ενώ αυτή η ασυνήθιστη συμπεριφορά δημιούργησε ερωτηματικά στους κατοίκους, οι οποίοι δεν μπόρεσαν να δώσουν κάποια περαιτέρω εξήγηση.

Στην περιοχή των Συκεών, σύμφωνα με τον Πausανία, το 303 π.Χ. ένας σεισμός οδήγησε στην εγκατάλειψη της πόλης από τους κατοίκους της.

Ένας εξίσου καταστροφικός σεισμός συνέβη το 23 μ.Χ. στο Αίγιο, το οποίο καταστράφηκε και οι κάτοικοι του ζήτησαν την βοήθεια των Ρωμαίων, οι οποίοι και τους απάλλαξαν από την φορολογία για τρία χρόνια.

Το 61 ο φιλόσοφος Σενέκας αναφέρεται σε ένα σεισμό, ο οποίος κατέστρεψε ολοσχερώς τις πόλεις της Αχαΐας.

Ο χρονογράφος Μαλάλας καταγράφει πως τη νύχτα της 20ής Ιουνίου του 74 η πόλη της Κορίνθου δέχθηκε «την οργή του θεού» μέσω ενός σεισμού, ο οποίος κατέστρεψε την πόλη, καθώς και το λιμάνι της (Εικ. 19-20). Η ανοικοδόμηση αυτής έγινε από κάποιους ναούς, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από ευρήματα επιγραφών στον Ισθμό της Κορίνθου.



Εικ. 19: Αεροφωτογραφία από το βυθισμένο λιμάνι της αρχαίας Κορίνθου.



Εικ. 20: Η σημερινή μορφή του βυθισμένου λιμανιού.

Το 521 ένας ακόμη σεισμός έπληξε την πόλη της Κορίνθου, σύμφωνα με τον Μαλάλα, ο οποίος αναφέρει πως η καταστροφή ήταν πολύ μεγάλη.

Το 543 αναφέρεται σεισμός στην πόλη της Κορίνθου, ο οποίος ήταν ιδιαίτερα ισχυρός και κατέστρεψε ακόμη και τα τείχη της πόλης, σύμφωνα με τον μητροπολίτη της Νισίβου.

Στην περιοχή της Ναυπάκτου, το 551, καταγράφηκε ένας ιδιαίτερα μεγάλος σεισμός (πιθανότατα μεγέθους 6.5), ο οποίος έγινε αισθητός μέχρι και την Πάτρα και προκάλεσε πολλούς θανάτους, σύμφωνα με τον ιστορικό Προκόπιο.

Το 580 γίνεται λόγος για ένα σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου, για τον οποίο δεν υπάρχουν ιστορικές καταγραφές ή άλλες έγκυρες πηγές. Ωστόσο, το γεγονός γίνεται φανερό από ευρήματα αρχαιολόγων (νομίσματα, σκελετοί και σχετικές θέσεις αυτών), τα οποία ύστερα από εκτενείς μελέτες οδήγησαν στο συμπέρασμα αυτό.

Το 996, σύμφωνα με τον Έλληνα ιστορικό Σάθα, το Γαλαξίδι δεχόταν την εισβολή πειρατών κατά την διάρκεια της οποίας έγινε ένας μεγάλος σεισμός, ο οποίος κατέστρεψε την πόλη και εκδίωξε τους κατοίκους της, που γύρισαν λίγα χρόνια αργότερα και έχτισαν την πόλη από την αρχή.

Τον Ιούνιο του 1402, στην πόλη του Ξυλόκαστρου, σημειώθηκε ένας ιδιαίτερα καταστροφικός σεισμός, ο οποίος γνωστοποιείται μέσω μίας επιστολής στην οποία περιγράφονται όσα ο αποστολέας κατέγραψε, μέσω οπτικών ερεθισμάτων.

Αναφερόμενος στο σεισμό φαίνεται να καταγράφει τη καταστροφή των περισσότερων μονοπατιών, καθώς και των πόλεων Βοστίτσα και Διακοφτό. Τα φρούρια της περιοχής καταστράφηκαν και το βουνό διαχωρίστηκε σε τέσσερα μέρη, ενώ ακόμη σημειώθηκαν και πολλοί θάνατοι. Ο σεισμός προκάλεσε δύο μεγάλα κύματα, εκ των οποίων το ένα μάλιστα σε αντίθετη κατεύθυνση, στην Στερεά Ελλάδα, ενώ και τα δυο ήταν εξίσου μεγάλα και καταστρεπτικά, με αποτέλεσμα να βρεθούν ψάρια πάνω σε λόφους και πολλά ζώα να σκοτωθούν.

4.1.2. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ 1501 ΕΩΣ 1900

Το Μάρτιο του 1660, η πόλη του Γαλαξιδίου δέχεται και πάλι την εισβολή πειρατών κατά την διάρκεια της οποίας εκδηλώθηκε σεισμός, ο οποίος μετέτρεψε τα κτίρια της πόλης σε ερείπια, ενώ πέντε πειρατές σκοτώθηκαν. Η πόλη και πάλι εγκαταλείφθηκε, ενώ 13 χρόνια αργότερα, οι κάτοικοι επέστρεψαν και την έχτισαν ξανά.

Στην Πάτρα, τον Ιούλιο του 1714, (ημέρα Κυριακή) ένας σεισμός κατέστρεψε σχεδόν ολοκληρωτικά την πόλη, πλήθος από καμπαναριά κατέρρευσαν, ενώ πολλές εκκλησίες υπέστησαν βλάβες. Πολλοί πύργοι (κομμάτια παλατιών) γκρεμίστηκαν από κάτω προς τα πάνω, ενώ και πολλοί προμαχώνες κάστρων διαλύθηκαν. Αναφορές υπάρχουν ακόμα και για ένα γεγονός της 3^{ης} Σεπτεμβρίου του ίδιου έτους.

Στις 20 Φεβρουαρίου του 1742, ένας σεισμός συνέβη και επηρέασε και πάλι τη Κορινθία, όπου σύμφωνα με τον προφήτη Ηλία, ένας σεισμός ήταν υπαίτιος για την κατεδάφιση ενός μέρους του μοναστηρίου της σημερινής Ευρωστίνης Κορινθίας.

Μία επιστολή, η οποία αναφερόταν σε έναν σεισμό, στο Αίγιο, το Μάιο του 1748, παρουσιάζει ιδιαίτερα γλαφυρά τα όσα συνέβησαν εκείνη την περίοδο στην περιοχή.

Χαρακτηριστικά αναφέρει πως στην αρχή οι σεισμοί δεν ήταν τόσο ισχυροί, όσο ο επόμενος που ακολούθησε και ήταν εξαιρετικά δυνατός, με αποτέλεσμα να καταστρέψει σπίτια και εκκλησίες. Όταν ο σεισμός σταμάτησε, ο αποστολέας καταγράφει πως η θάλασσα αποσύρθηκε αποκαλύπτοντας τον βυθό, ενώ το κύμα που ακολούθησε με το ύψος του κάλυπτε τα βουνά της Στερεάς Ελλάδας.

Το κύμα χτύπησε με μεγάλη ταχύτητα τρεις συνολικά φορές την περιοχή, με την τελευταία να είναι ιδιαίτερα βίαιη και να υπερκαλύπτει ακόμη και το βουνό που οριοθετούσε την πόλη. Πολλοί άνθρωποι έχασαν την ζωή τους, ενώ ακολούθησαν και πολλοί μετασεισμοί. Ο κύριος σεισμός έγινε αισθητός μέχρι την Πάτρα, όπου και υπήρξαν μικρές ζημιές.

Ο προφήτης Ηλίας, σε μία σημείωση του, αναφέρεται σε ένα σεισμό που έγινε στις 6 Μαρτίου του 1753 και ο οποίος κατεδάφισε το μοναστήρι της Ευρωστίνης, καθώς και πολλά σπίτια, ενώ ακόμη πολλοί άνθρωποι και ζώα έχασαν την ζωή τους μέσα στο μοναστήρι.

Τρία χρόνια αργότερα, τον Οκτώβριο του 1756, αναφέρεται ένας ισχυρότατος σεισμός στην ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, η αισθητότητα του οποίου έφτασε μέχρι και την Σικελία.

Η πόλη της Πάτρας, στις 30 Ιανουαρίου του 1785, στις 8 το βράδυ, ταρακουνήθηκε από σεισμό, ενώ μία μέρα αργότερα στις 4 το πρωί δέχθηκε ένα ακόμη πλήγμα, το οποίο και οδήγησε στην κατάρρευση των εκκλησιών και τμημάτων των φρουριών.

Ακόμη, καταγράφηκαν 30 θάνατοι χριστιανών, ενώ για Τούρκους και αλλόθρησκους δεν υπάρχουν πληροφορίες. Επίσης, οι υπόλοιποι κάτοικοι που κατάφεραν να επιζήσουν, επί ένα μήνα, ζούσαν στην ύπαιθρο. Ο σεισμός έγινε αντιληπτός μέχρι και την Ζάκυνθο και μάλιστα είχε και μεγάλη διάρκεια χωρίς, όμως, να προκαλέσει ζημιές στο νησί.

Στις 11 Ιουνίου του 1794, στο Γαλαξίδι, ένας σεισμός ήταν υπεύθυνος για το άνοιγμα του εδάφους στα δύο, ενώ από το εσωτερικό τμήμα του εξήλθε κοκκινωπό υγρό, το οποίο και έφτασε ως την θάλασσα. Στο μεγαλύτερο μέρος των παραλίων του Κορινθιακού Κόλπου παρατηρήθηκε το φαινόμενο της ανύψωσης και ταπείνωσης της στάθμης της θάλασσας για περίπου 12 ώρες.

Στις 8 Ιουνίου του 1804, ένας σεισμός στην πόλη της Πάτρας κατέστρεψε ένα μεγάλο μέρος αυτής και πολλοί κάτοικοι έχασαν την ζωή τους. Πολλά σπίτια, ακόμα και στο Μωριά, καταστράφηκαν, ενώ ο κύριος σεισμός έγινε ιδιαίτερα αισθητός και στην Ζάκυνθο. Ακολούθησαν αρκετοί μετασεισμοί τις επόμενες δύο ημέρες.

Δύο χρόνια αργότερα, στις 23 Ιανουαρίου του 1806, ένας «τρομερός σεισμός», όπως καταγράφηκε χαρακτηριστικά, συγκλόνισε και πάλι την πόλη της Πάτρας, στην οποία κατέρρευσαν αρκετές εκκλησίες και η επίδρασή του έφτασε μέχρι και το χωριό Μίρακα στην αρχαία Ολυμπία.

Με επίκεντρο το Αίγιο, στις 23 Αυγούστου του 1817, και ώρα 8 το πρωί, ένας σεισμός ταρακούνησε την πόλη και οδήγησε στο θάνατο 65 άτομα. Το φαινόμενο διήρκεσε περίπου 1,5 λεπτά, σύμφωνα με τον Rouqueville (ταξιδιώτη), και τα κύματα εισχώρησαν περίπου 75 μέτρα μέσα στην στεριά, ενώ χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το θαλασσινό νερό ήταν καυτό και είχε προκαλέσει εγκαύματα σε ένα τοπικό ψαρά. Περίπου τα 2/3 των σπιτιών της πόλης έγιναν συντρίμια (συνολικός αριθμός κατοικιών περίπου 800 πριν το σεισμό), ενώ περί τα 2χλμ. από αυτήν, η γη είχε καλυφθεί με πυκνή λάσπη. Πολλά κοντινά χωριά υπέστησαν βλάβες, ενώ και στην Πάτρα υπήρξαν σημαντικές ζημιές. Οι μετασεισμοί που ακολούθησαν τον κύριο αυτό σεισμό διήρκεσαν 8 μέρες. Πριν την εκδήλωση του κύριου σεισμού, οι κάτοικοι είχαν ακούσει υπόγειο θόρυβο, αλλά και μικροτραντάγματα.

Σύμφωνα με την αναφορά ενός γιατρού, ονόματι Κούστα, ένας ισχυρός σεισμός έπληξε την περιοχή της Κορίνθου, στις 21 Φεβρουαρίου του 1858, με ιδιαίτερα καταστρεπτικές συνέπειες. Δύο ώρες πριν τον κύριο σεισμό, οι κάτοικοι άκουγαν θορύβους, ενώ μετά το πέρας αυτού, υπήρχε σκόνη και θόρυβος από τις κατοικίες που κατέρρεαν, αλλά και από τους βράχους που έπεφταν από το φρούριο στην περιοχή της Ακροκορίνθου. Στην αναφορά συνεχίζει, λέγοντας πως 86 άνθρωποι επλήγησαν από τον σεισμό, ενώ από αυτούς οι 21 σκοτώθηκαν και τα ζώα της περιοχής κρύφτηκαν για αρκετές μέρες.

Πολλά από τα γύρω χωριά υπέστησαν αρκετές ζημιές, ενώ ο σεισμός έγινε αισθητός μέχρι την Αργολίδα, τη Τρίπολη και σύμφωνα με μαρτυρίες ψαράδων, πιθανότατα και μέχρι την Βενετία. Η συνολική διάρκεια του σεισμού ήταν μεγαλύτερη από 10 δευτερόλεπτα και η μετασεισμική ακολουθία ήταν αισθητή μέχρι και τον Μάιο, ενώ και από άλλες πηγές θεωρείται ότι οι μετασεισμοί διήρκεσαν περίπου 3,5 χρόνια.

Το αξιοσημείωτο σε αυτό το σεισμό είναι ότι η πληγείσα περιοχή είχε ένα ελλειψοειδές σχήμα με διεύθυνση αξόνων Α-Δ και κέντρο την Ακροκόρινθο, ενώ τα χωριά που βρίσκονταν εκτός της «ελλείψεως» αυτής δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες ζημιές. Ακόμη και για την κίνηση υπάρχουν αναφορές πως αρχικά ήταν κατακόρυφη και στην συνέχεια, από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Στην ευρύτερη περιοχή παρατηρήθηκαν πολλές σχισμές στο έδαφος.

Στις 26 Δεκεμβρίου του 1861 (38.25°N, 22.16°E), ένας σεισμός έπληξε την περιοχή του Αιγίου και του Γαλαξιδίου, όπου αποσπάστηκε η περιοχή μεταξύ των ποταμών Μεγανίτου και Εράσμιου, περίπου 15km² και το τμήμα αυτό μετατράπηκε σε πυθμένα θάλασσας. Υπάρχουν αναφορές για τη περιοχή του Αιγίου, όπου και οι καταστροφές ήταν ιδιαίτερα σημαντικές. Ο εν λόγω σεισμός έγινε στις 6:49π.μ. και ήταν μεγέθους 7.5M.

Η περιοχή της Ελίκης, καθώς και του Αιγίου, επίσης, καταστράφηκαν από αυτό τον σεισμό. Μετά από αυτό το γεγονός, ο Schmidt (1881) περιέγραψε τη βύθιση αρκετών τετραγωνικών χιλιομέτρων της παράκτιας περιοχής και την ύπαρξη μίας συνεχούς

διάρρηξης. Η διάρρηξη είχε πλάτος 2m και το ίχνος του ρήγματος παρακολουθήθηκε, ερευνήθηκε σε βάθος (για 13χλμ. από τη σύγχρονη ανατολική Ελίκη έως την ακτή του Κορινθιακού Κόλπου), ενώ η περιοχή χαρτογραφήθηκε τόσο στην ύπαιθρο, αλλά και χρησιμοποιώντας εικόνες SPOT.

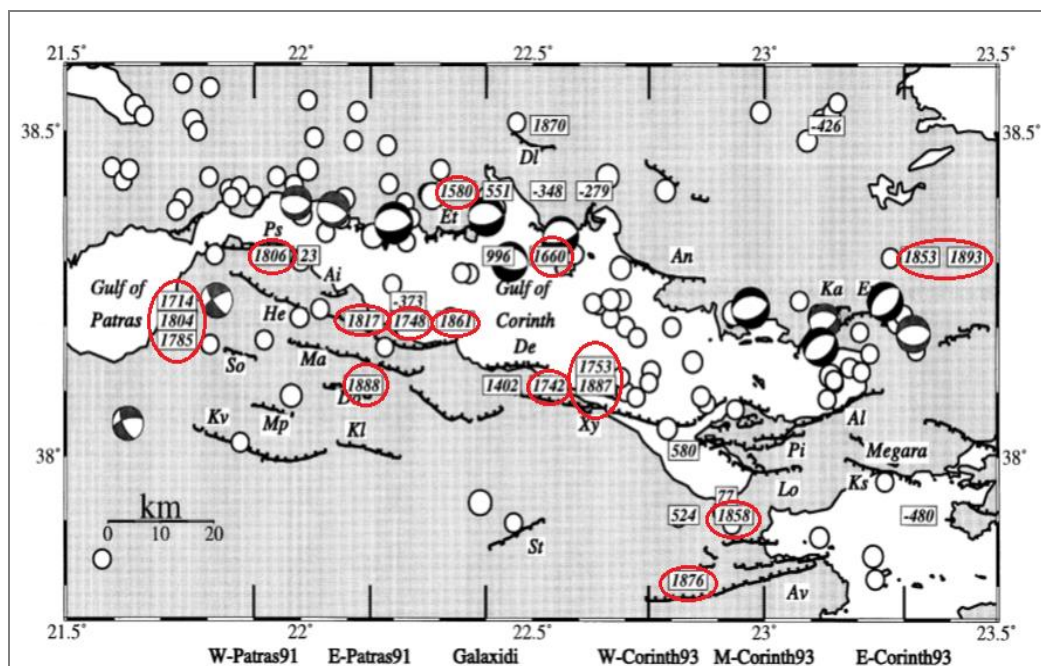
Στην περιοχή της Νεμέας, στις 26 Ιουνίου του 1876, εκδηλώθηκε σεισμός, ο οποίος έγινε αισθητός σε όλη την Πελοπόννησο και λιγότερο στην Αθήνα. Στην ευρύτερη περιοχή της Κορινθίας, παρατηρήθηκαν πτώσεις μερικών σπιτιών και πολλές καταστροφές στα υπόλοιπα, ενώ οι κάτοικοι αναγκάστηκαν να μείνουν στην ύπαιθρο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ειδικότερα, στην περιοχή της Νεμέας, καταγράφηκαν πτώσεις βράχων, πολλές σχισμές στο έδαφος, καθώς και το φαινόμενο της μετατροπής του καθαρού νερού σε λασπώδες.

Στις 3 Οκτωβρίου του 1887, ένας σεισμός, μεγέθους 6,5, έλαβε χώρα στο Ξυλόκαστρο, όπου πολλά σπίτια κατεδαφίστηκαν και άλλα υπέστησαν πλήθος ζημιών που τα κατέστησαν ακατάλληλα στη χρήση. Υπήρξαν αρκετά θύματα και η ακτίνα αισθητότητας του συγκεκριμένου σεισμού ήταν 260km. Η πληγείσα περιοχή επηρεάστηκε, κυρίως, από φαινόμενα ρευστοποιήσεων και καθιζήσεων. Επίσης, εκδηλώθηκε τσουνάμι στη περιοχή μεταξύ Ξυλόκαστρου και Συκεών.

Στο Αίγιο, στις 28 Αυγούστου του 1888, σεισμός έγινε αισθητός κατά τις απογευματινές ώρες, ενώ στις 9 Σεπτεμβρίου έγινε ισχυρότερος σεισμός (κύριος σεισμός), ο οποίος οδήγησε στην κατάρρευση πολλών σπιτιών, ενώ υπήρξαν και αρκετά θύματα.

Κατά μήκος της ακτογραμμής του Αιγίου παρατηρήθηκαν πολλές ρευστοποιήσεις και σχισμές και σε γενικές γραμμές, η ακτίνα βλαβών έφτασε τα 10km. Η αισθητότητα έφτασε μέχρι την πόλη της Πάτρας, ενώ η μετασεισμική ακολουθία ήταν ιδιαίτερα μεγάλη και ισχυρή, με αποτέλεσμα πολλά σπίτια της περιοχής να καταρρεύσουν.

Ένα χρόνο μετά, στις 25 Αυγούστου του 1889, άλλος ένας σεισμός ταρακούνησε την πόλη, όπου αρκετά σπίτια υπέστησαν ζημιές, ενώ μέχρι και στην Πάτρα παρουσιάστηκαν φθορές σε κτίρια. Ο εν λόγω σεισμός έγινε αισθητός μέχρι και τη ΝΑ Σικελία.

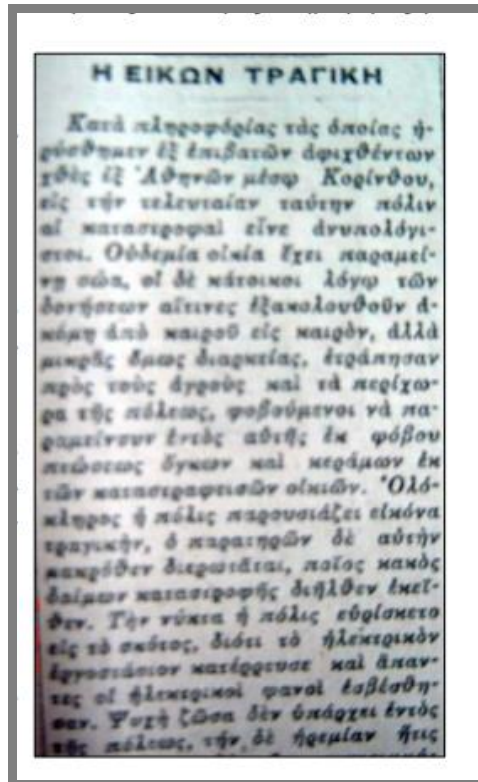


Εικ. 21: Απεικόνιση σημαντικών σεισμικών γεγονότων στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου. Οι χρονολογίες που είναι κυκλωμένες με κόκκινο χρώμα αντιστοιχούν σε σεισμούς που πραγματοποιήθηκαν στον Κορινθιακό Κόλπο στο χρονικό διάστημα 1501- 1900 (Hatzfeld et al., 2000).

4.2. ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ (1901-σήμερα)

Η πόλη της Κορίνθου δέχτηκε ένα ακόμη ισχυρό πλήγμα από σεισμό, στις 22 Απριλίου του 1928, στις 20:13 ($M=6.3$) (Εικ. 22), απόσπασμα με αναφορά στο συγκεκριμένο σεισμικό γεγονός), κατά τον οποίο σχεδόν όλα τα σπίτια στη Νέα Κόρινθο κατέρρευσαν και όσα απέμειναν είχαν σοβαρές ζημιές, με αποτέλεσμα τα περισσότερα να κριθούν ακατάλληλα (3000 οικίες σε Κόρινθο και Λουτράκι κατέρρευσαν).

Ο αριθμός των αστέγων ανερχόταν στους 15000, ενώ 20 σκοτώθηκαν και 30 τραυματίστηκαν από τον σεισμό αυτό, ο οποίος χαρακτηρίστηκε ως η 33^η χειρότερη καταστροφή στην ιστορία της Κορίνθου. Στο έδαφος της πληγείσας περιοχής παρατηρήθηκαν σχισμές. Ζημιές σε πολύ μικρότερο, όμως, βαθμό παρατηρήθηκαν στην Πάτρα, τον Πειραιά, την Αθήνα, αλλά αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως ο σεισμός έγινε αισθητός στο Βόλο και τη Κρήτη. Ακόμη, άξιο λόγου είναι το γεγονός πως παρατηρήθηκαν ισχυροί προσεισμοί, καθώς και πολλοί μετασεισμοί, με τον μεγαλύτερο να έχει μέγεθος 5.2 στις 25 και 29 Απριλίου (Εικ. 23).



Εικ. 22: Απόσπασμα από την εφημερίδα «Νεολόγος Πατρών» εκείνης της περιόδου με ημερομηνία εκδόσεως 24/04/1928, στο οποίο αναγράφονται τα εξής: «Εις την Κόρινθον ουδεμία οικία έχει παραμείνει σώα, οι δε κάτοικοι λόγω των δονήσεων οίτινες εξακολουθούν ακόμη από καιρού εις καιρόν αλλά μικράς όμως διαρκείας, ετράπησαν προς τους αγρούς και τα περίχωρα της πόλεως, φοβούμενοι να παραμείνουν εντός αυτής εκ φόβου πτώσεως όγκων και κεράμων εκ των καταστραφεισών οικιών. Ολόκληρος η πόλις παρουσιάζει εικόνα τραγικήν, ο παρατηρών δε αυτήν μακρόθεν διερωτάται, ποιος κακός δαίμων καταστροφής διήλθεν εκείθεν. Την νύκτα η πόλις ευρίσκετο εις το σκότος, διότι το ηλεκτρικόν εργοστάσιον κατέρρευσε και άπαντες οι ηλεκτρικοί φανοί εσβέσθησαν. Ψυχή ζώσα δεν υπάρχει εντός της πόλεως... Τα εκ Πατρών και Αθηνών αποσταλέντα στρατιωτικά συνεργεία συνεχίζουν το έργο της εξαγωγής τραυματιών εκ των ερειπίων. Εξ Αθηνών απεστάλησαν επίσης και γεωλόγοι οίτινες θα εξετάσουν το έδαφος της Κόρινθου».



Εικ. 23: Τίτλος από άρθρο της εφημερίδας «Νεολόγος Πατρών», μερικές ημέρες μετά το κύριο σεισμό.

Στις 17 Απριλίου του 1930, στις 20:06, ένας σεισμός, μεγέθους 6, ταρακούνησε και πάλι την περιοχή της Κορίνθου και συγκεκριμένα, το χωριό Σοφικό. Πολλά από τα γύρω χωριά υπέστησαν βλάβες, ενώ η Κόρινθος, ο Ισθμός, η Νέα Επίδαυρος και το Αρχαίο Καλαμάκι δεν είχαν παρουσιάσει ζημιές. Μόνο ένας κάτοικος τραυματίστηκε σοβαρά, ενώ άλλοι υπέστησαν ελαφρότερα τραύματα. Η μετασεισμική ακολουθία ήταν ιδιαίτερα μεγάλη, με μεγαλύτερο τον σεισμό της 18^{ης} Απριλίου, ο οποίος ήταν μεγέθους 4.8.

Στις 5 Σεπτεμβρίου του 1953 έγινε ιδιαίτερα αισθητός σεισμός στην Κόρινθο και στις 28 Αυγούστου του 1962, στις 10:59, έγινε σεισμός (ενδιάμεσου βάθους) στην ίδια περιοχή με μέγεθος 6.8. Από το σύνολο των σπιτιών που επλήγησαν, το 51% παρουσίασαν ελαφριές ζημιές, το 42% είχαν μη επισκευάσιμες ζημιές, ενώ το 7% κατέρρευσαν. Ένας άνθρωπος σκοτώθηκε και τρεις τραυματίστηκαν, ενώ ο σεισμός έγινε αισθητός στη Κρήτη, την Αττική, την Θεσσαλονίκη, την Φλώρινα, καθώς και εκτός Ελλάδος, στη νότια Ιταλία και την Γιουγκοσλαβία.

Στις 7 Φεβρουαρίου του 1963, εκδηλώθηκε σεισμική δόνηση στον Δυτικό Κορινθιακό Κόλπο. Ακολούθησε καταστροφικό κύμα στις Καμάρες, ύψους 5 μέτρων, ύστερα από παράκτια κατολίσθηση. Το κύμα έπληξε τη νότια και βόρεια ακτή του Δυτικού Κορινθιακού Κόλπου προκαλώντας μεγάλες καταστροφές σε σπίτια, μικρά και μεγάλα σκάφη και καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ενώ δύο άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους.

Στις 13 Σεπτεμβρίου του 1972, στις 04:13, έγινε σεισμός, μεγέθους 6.3, στην Άνω Καλλιθέα Κορινθίας, με τις μεγαλύτερες μακροσεισμικές εντάσεις να παρατηρούνται εκεί, ενώ το σύνολο των ζημιών (στα σπίτια) να κατανέμονται ως εξής: 28% κατέρρευσαν, 30% υπέστησαν σοβαρές ζημιές, ενώ το 42% χαρακτηρίστηκε από ελαφριές φθορές. Ένας άνθρωπος τραυματίστηκε, ενώ ο σεισμός έγινε αισθητός μέχρι τη Ρώμη και τη Μάλτα.

Στις 24 Φεβρουαρίου του 1981, παρατηρήθηκε αισθητή σεισμική δόνηση μεγέθους 6,8M, με επίκεντρο τις Αλκυονίδες, 77 χιλιόμετρα από την Αθήνα. Το αξιοσημείωτο σε αυτή την περίπτωση είναι και πάλι η μετασεισμική ακολουθία, η οποία προκάλεσε, τα ξημερώματα της επόμενης μέρας, μετασεισμό μεγέθους 6,4 και στις 4 Μαΐου τον αμέσως μικρότερο, μεγέθους 6.3.

Οι μεγαλύτερες τιμές μακροσεισμικής έντασης βρίσκονται στα νότια του Κόλπου των Αλκυονίδων (τιμή μακροσεισμικής έντασης: 9), ενώ παρατηρήθηκαν και φαινόμενα ρευστοποιήσεων, καθώς και ασθενές τσουνάμι. Μετά το κύριο σεισμό και τον πρώτο μετασεισμό, στο νότιο τμήμα του Κόλπου εμφανίστηκε το ίχνος του ρήγματος, με μήκος 15χλμ. και βύθιση του βορείου τεμάχους, ίση με 60 εκατοστά.

Από το σύνολο των ζημιών στα σπίτια, το 26% αυτών κατέρρευσαν, το 13% είχαν σοβαρές ζημιές, ενώ το 61% παρουσίασαν κάποιες φθορές. Είκοσι άνθρωποι έχασαν την ζωή τους και 500 τραυματίστηκαν.

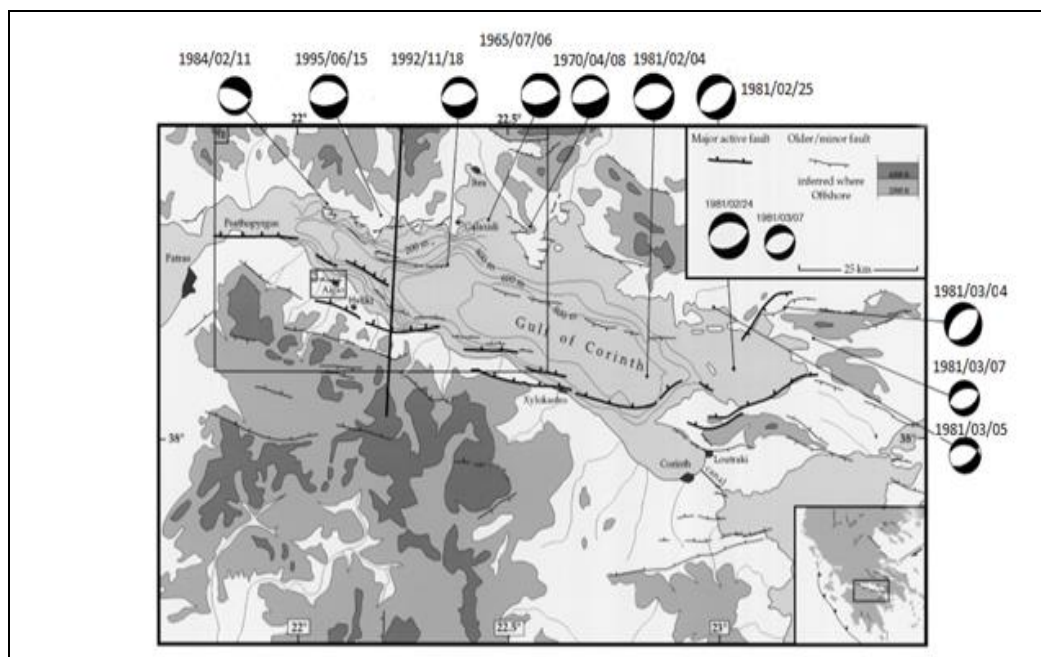
Άλλη πηγή αναφέρεται σε αισθητή σεισμική δόνηση μεγέθους 6,8M, με επίκεντρο τις Αλκυονίδες, 77 χιλιόμετρα από την Αθήνα. Μετά από 6 ώρες σημειώθηκε μετασεισμός 6,4M στα 60 χιλιόμετρα από τη Αθήνα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του NEIC, U.S. GEOLOGICAL SURVEY: 1981 02 24 20:53:38.40 38.22 22.93 33km βάθος και 6.8M, δηλαδή έτος:1981, μήνας:2 (Φεβρουάριος), μέρα: 24^η, 20:53:38.40, γεωγραφικό πλάτος 38.22, γεωγραφικό μήκος 22.93 και μέγεθος 6.8.

Στις 15 Ιουνίου του 1995 (38.27°N, 22.15 °E) εκδηλώθηκε σεισμική δόνηση στο Αίγιο, με μέγεθος 6.2M, από μικρής κλίσης κανονικό ρήγμα, ενώ το βάθος των μετασεισμών κυμάνθηκε από 5 ως 9 χιλιόμετρα και το πλήθος τους εντοπίστηκε δυτικά της ρηξιγενούς δομής. Η μελέτη του σεισμού αυτού έφερε στο φως στοιχεία που μαρτυρούν πως ο σεισμικός κίνδυνος στη νότια ακτή του Κορινθιακού Κόλπου είναι μεγαλύτερος από αυτόν στη βόρεια, ως συνέπεια, όχι μόνο γεωλογίας (ιζήματα), αλλά και λόγω κατεύθυνσης της ρήξης.

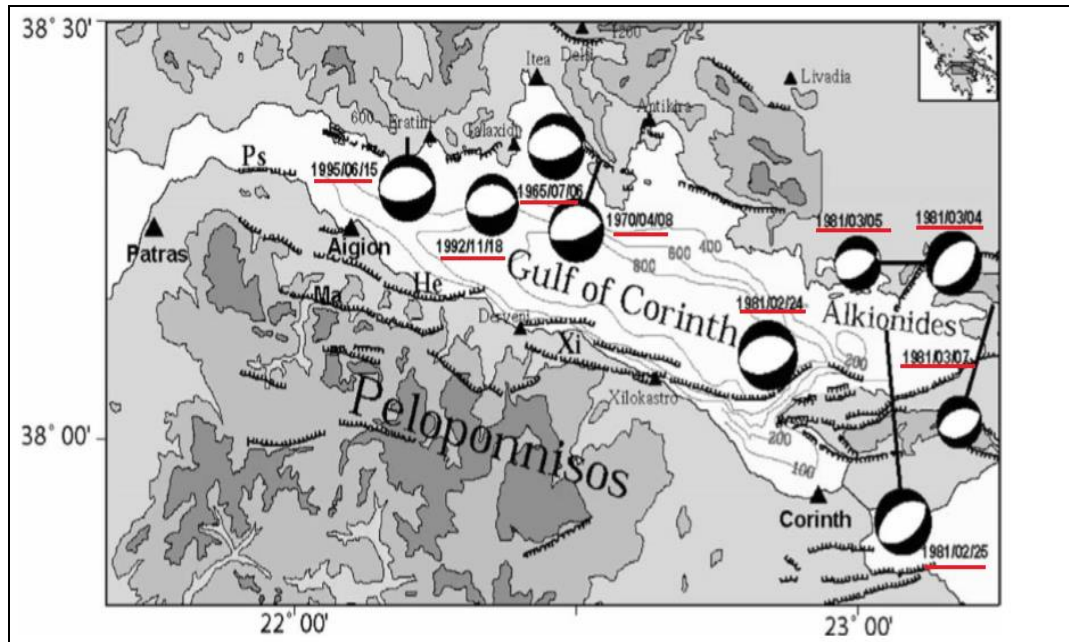
Τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα καταστρεπτικά (Εικ. 24), κυρίως στο Αίγιο, ενώ παρουσιάστηκαν πολλές ζημιές σε χωριά της Αχαΐας και της Φωκίδας. Από το σεισμό αυτό 26 άνθρωποι σκοτώθηκαν, ενώ πολλές ρωγμές παρατηρήθηκαν με μετατοπίσεις μερικών εκατοστών, κυρίως στην ακτή του Αιγίου. Ένα ασυνήθιστο κύμα παρατηρήθηκε στις 25 Δεκεμβρίου του ίδιου έτους, με ύψος 3 μέτρα, και το οποίο εισχώρησε στη στεριά περί τα 50 μέτρα, ενώ πιθανότατα αποτέλεσε απόρροια της μετασεισμικής ακολουθίας, η οποία ήταν αρκετά έντονη.



Εικ. 24: Φωτογραφία από πτέρυγα του ξενοδοχείου «Ελίκη», το οποίο κατέρρευσε στο σεισμό του 1995.



Εικ. 25: Ενεργά ρήγματα στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου και σημαντικοί σεισμοί που έχουν καταγραφεί από το 1965 και μετά (Bernard et al., 1997).



Εικ. 26: Σεισμοτεκτονικός χάρτης Κορινθιακού Κόλπου, όπου απεικονίζονται σεισμοί μεγέθους μεγαλύτερου από 5.8 (Lyon-Caen et al., 2004).

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία (γεωγραφικό πλάτος και μήκος, έτος, μήνας, μέρα, ώρα, λεπτά, δευτερόλεπτα, βάθος και μέγεθος M_w) των μεγαλύτερων σεισμών στον Κορινθιακό Κόλπο από ενόργανες και μη πηγές.

Πίνακας 1. Κατάλογος των ισχυρότερων ιστορικών και ενόργανων σεισμών στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου.

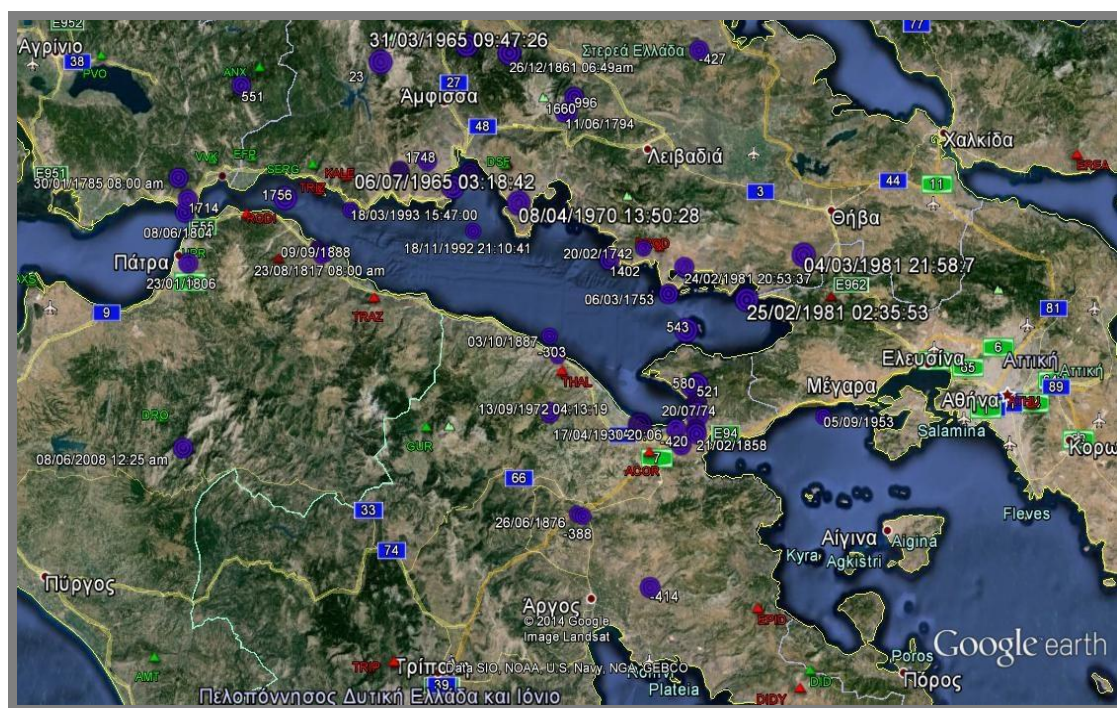
ΤΟΠΟΣ	Lat	Lon	Year	Month	Day	Hour	Min	Sec	Depth	Mw
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	38	22.8	420 BC							6
ΚΛΕΩΝΕΣ	37.8	22.8	414 BC							6
NEMEA	37.6	22.8	388 BC							6.2
ΑΙΓΙΟ	38.2	22.2	373 BC							6.8
ΣΥΚΕΕΣ	38	22.7	303 BC							6.6
ΑΙΓΙΟ	38.3	22.1	23							6.3
ΠΑΤΡΑ	38.2	22	61							6.3
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	37.9	22.9	74	6	20					6.3
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	38	22.9	521							6.3
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	38	22.8	543							6.2
ΝΑΥΠΑΚΤΟΣ	38.3	21.8	551							6.5
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	38	22.8	580							6.3
ΓΑΛΑΞΙΔΙ	38.3	22.4	996							6.8
ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ	38.11	22.41	1402	6						7
ΓΑΛΑΞΙΔΙ	38.3	22.4	1660	3						6.4
ΠΑΤΡΑ	38.2	21.7	1714	7	27					6.3
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	38.1	22.5	1742	2	20					6
ΑΙΓΙΟ	38.2	22.2	1748	5	6	15				6.6
ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ	38.1	22.5	1753	3	6					6.2
ΠΑΤΡΑ	38.2	21.7	1785	1	30	4				6.4
ΓΑΛΑΞΙΔΙ	38.3	22.4	1794	6	11					6.7
ΠΑΤΡΑ	38.2	21.7	1804	6	8					6.4
ΠΑΤΡΑ	38.2	21.8	1806	1	23					6.2
ΑΙΓΙΟ	38.3	22.1	1817	8	23	8				6.6
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	37.87	22.88	1858	2	21	7	30			6
ΑΙΓΙΟ			1861	12	26	6	49			7.5
NEMEA	37.8	22.8	1876	6	26					6.1
ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ	38.05	22.65	1887	10	3	22	53			6.5
ΑΙΓΙΟ	38.23	22.11	1888	9	9					6.3
ΓΑΛΑΞΙΔΙ	38.4	22	1889	8	23					7
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	38.08	23.12	1928	4	22	20	13	55.9	8	6.3
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	37.78	22.99	1930	4	17	20	6	39		6.0
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	37.80	22.88	1962	8	28	10	59	57.4	95	6.4
ΓΑΛΑΞΙΔΙ	38.38	22.26	1965	3	31	9	47	26.3	45	6.4
ΓΑΛΑΞΙΔΙ	38.37	22.40	1965	7	6	3	18	42.1	18	6.2
ΑΛΚΥΟΝΙΔΕΣ	38.23	22.97	1981	2	24	20	53	37.0	18	6.4
ΑΛΚΥΟΝΙΔΕΣ	38.17	23.12	1981	2	25	2	35	53.5	30	6.1
ΑΛΚΥΟΝΙΔΕΣ	38.24	23.26	1981	3	4	21	58	07.2	21	6.2
ΑΙΓΙΟ	38.40	22.27	1995	6	15	0	15	47.2	3	6.3

4.3. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Google Earth

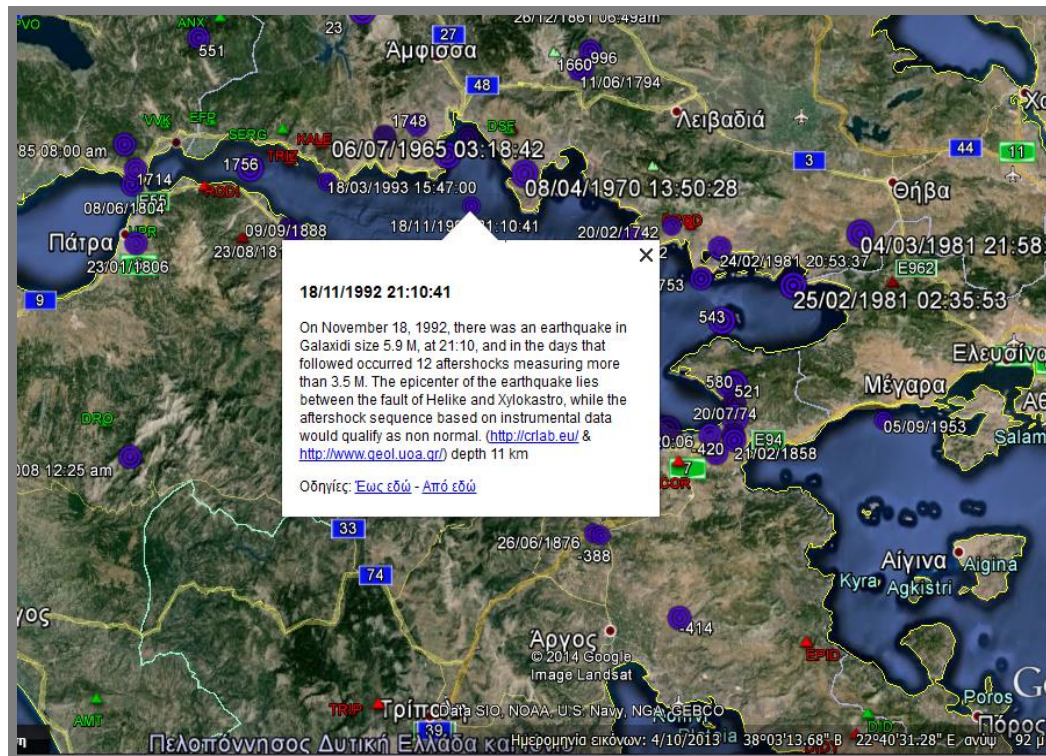
Στα πλαίσια αυτής της εργασίας δημιουργήθηκαν δύο αρχεία με τα επίκεντρα και τις ειδικότερες πληροφορίες – περιγραφές των σεισμών που περιγράφηκαν παραπάνω. Τα αρχεία αυτά (Εικ. 27-30) είναι της μορφής .kmz και δημιουργήθηκαν μέσω του προγράμματος Google Earth.

Οι απώτεροι στόχοι που οδήγησαν σε αυτή τη διαδικασία ήταν:

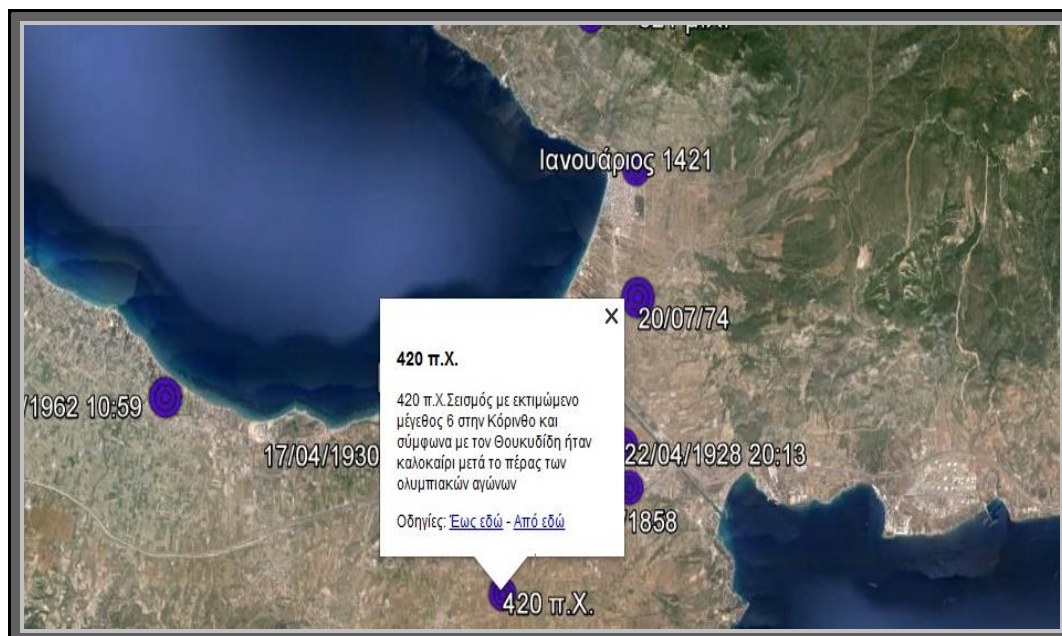
- να πραγματοποιηθεί απεικόνιση σε χάρτη των περιοχών του Κορινθιακού Κόλπου που επλήγησαν από τους σεισμούς, με βάση όσα αναφέρονται στις μελέτες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με τη σεισμικότητα της περιοχής
- να μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις περιοχές που επηρεάστηκαν από περισσότερα σεισμικά γεγονότα, με βάση την κατανομή των epicέντρων των σεισμών,
- να μπορεί ο οποιοσδήποτε να αντλεί τις ειδικότερες πληροφορίες και περιγραφές για ένα συγκεκριμένο σεισμικό γεγονός που πιθανότατα τον ενδιαφέρει, καθώς και
- να γίνεται πιθανή αξιοποίηση αυτών των στοιχείων ως γενικότερη πηγή γνώσης, ενημέρωσης ή ακόμη και ως πηγή κάποιων εργασιών.



Εικ. 27: Χάρτης που προέκυψε μέσω της εφαρμογής Google Earth, στον οποίο απεικονίζονται κύρια σεισμικά γεγονότα στην ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού κόλπου.



Εικ. 28: Επιλέγοντας ένα γεγονός του προηγούμενου χάρτη ανοίγει ένα πρόσθετο μήνυμα με τα στοιχεία και την περιγραφή του σεισμού. Το συγκεκριμένο κείμενο διατίθεται στα ελληνικά και στα αγγλικά.



Εικ. 29: Ενδεικτικό παράδειγμα απεικόνισης σεισμικού γεγονότος (420π.Χ.), για το οποίο οι περιγραφές είναι στα ελληνικά.



Εικ. 30: Ενδεικτικό παράδειγμα απεικόνισης σεισμικού γεγονότος (1888), για το οποίο οι περιγραφές είναι στα ελληνικά.

5. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Στην επιστήμη της σεισμολογίας, προκειμένου να καταγραφούν οι σεισμικές δονήσεις και στην συνέχεια, να μελετηθούν διεξοδικότερα αυτές οι καταγραφές, χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα σεισμικά όργανα, οι επιταχυνσιογράφοι και οι σειсмоγράφοι. Η ουσιαστική μελέτη της σεισμικής δραστηριότητας που παρατηρείται στον Κορινθιακό Κόλπο ξεκίνησε μετά το 1995, καθώς η συγκεκριμένη περιοχή αποτελεί ένα φυσικό εργαστήριο, όπου έχουν εγκατασταθεί πλήθος σύγχρονων δικτύων για τη συστηματική παρακολούθηση των φυσικών φαινομένων.

Οι πρώτες σεισμοτεκτονικές μελέτες στην συγκεκριμένη περιοχή πραγματοποιήθηκαν το 1990-1991, ενώ μετά τους σεισμούς που καταγράφηκαν στο Γαλαξίδι το 1992 και στο Αίγιο το 1995, η περιοχή έδωσε το έναυσμα για πλήθος μελετών. Για παράδειγμα, το CRL είναι ένα πρόγραμμα που επικεντρώθηκε στο δυτικό τμήμα της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου, γύρω από το Αίγιο. Συγκεκριμένα, αποτελείται από πλήθος μηχανημάτων, προκειμένου τα δεδομένα του να περιλαμβάνουν γεωλογικές, σεισμολογικές, αλλά και γεωδαιτικές πληροφορίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω έρευνα και μελέτη.

Προκειμένου να μπορούν να αξιοποιηθούν αυτές οι πληροφορίες από τα διάφορα σεισμολογικά δίκτυα, αυτά εφοδιάστηκαν με πλήθος σεισμικών οργάνων, επιταχυνσιογράφων, αλλά και σειсмоγράφων. Από τους επιταχυνσιογράφους γίνεται εξαγωγή των επιταχυνσιογραφημάτων, τα οποία αποτελούν γραφική παράσταση της κίνησης του εδάφους σε συνάρτηση με το χρόνο.

Ένας πρώτος διαχωρισμός των επιταχυνσιογράφων γίνεται χωρίζοντάς τους σε: α) αναλογικούς και β) ψηφιακούς, ενώ και στις δύο κατηγορίες υπάρχει ένας σκληρός δίσκος ή μία κάρτα μνήμης ή κάποιο άλλο αποθηκευτικό μέσο για την ασφάλεια των δεδομένων.

5.1. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ RASMON (Rio-Antirio Strong Motion Nertwork)

Πρόκειται για το μόνιμο δίκτυο επιταχυνσιογράφων του Εργαστηρίου Σεισμολογίας του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, το οποίο λειτουργεί από το 1991 και αποτελείται από 17 επιταχυνσιογράφους που είναι εγκατεστημένοι στην ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου.

Το σεισμολογικό δίκτυο RASMON, που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία χαρακτηρίζεται από τους εξής τύπους επιταχυνσιογράφων:

- **ETNA:** (108db, 18-bit) πρόκειται για ολοκληρωμένο καταγραφικό όργανο 3 καναλιών, μεγάλου δυναμικού εύρους, με εσωτερικό επιταχυνσιογράφο 3 συνιστωσών, με σύστημα δύναμης επαναφοράς σε ισορροπία και σύστημα GPS για εύρεση χρόνου και συντεταγμένων.
- **K2:** (114db, 24-bit) πρόκειται για ψηφιακό καταγραφικό όργανο 4 καναλιών, με εσωτερικό επιταχυνσιογράφο 3 συνιστωσών, με σύστημα δύναμης επαναφοράς σε ισορροπία και σύστημα GPS για εύρεση χρόνου και συντεταγμένων.

Επιπροσθέτως, οι επιταχυνσιογράφοι φέρουν υποδοχές, μέσω των οποίων συνδέονται με καλώδιο ρεύματος, συστήματα GPS και επικοινωνίας με φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή, καθώς και αυτόνομη μπαταρία αντοχής μεγαλύτερης από 30 ώρες.

Οι επιταχυνσιογράφοι είναι τύπου 18-bit ETNA τριών συνιστωσών της Kinemetrics, με εξαίρεση τους επιταχυνσιογράφους Γαλαξιδίου και Μανάγουλης (K2, 24-bit) και τοποθετούνται στο δάπεδο με όσο το δυνατό καλύτερη σύζευξη με το έδαφος. Επιπροσθέτως, χαρακτηρίζονται από καθορισμένο αριθμό καναλιών, καθώς και ρυθμό δειγματοληψίας.

Σχετικά με τους σταθμούς που απαρτίζουν το υπό μελέτη δίκτυο, είναι εγκατεστημένοι σε θέσεις, όπου υπάρχουν χαλαροί και συνεκτικοί σχηματισμοί και μας βοηθούν στην εκτίμηση της επίδρασης της τοπικής γεωλογίας στην ισχυρή εδαφική κίνηση, κοντά στο επίκεντρο και μακριά από ανθρώπινο θόρυβο, στοιχεία που μπορεί να επηρεάσουν τις καταγραφές και να αλλοιώσουν την ακρίβεια και αξιοπιστία τους στην περαιτέρω έρευνα και διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Όλοι οι σταθμοί του δικτύου RASMON έχουν ρυθμό δειγματοληψίας: 200 δείγματα/δευτερόλεπτο, χρόνος που αφορά την καταγραφή, πριν ενεργοποιηθεί το triggering mode, ενώ συνδέεται και με το πόσα δευτερόλεπτα απαιτούνται στην συνέχεια προκειμένου να απενεργοποιηθεί. Η καταγραφή αυτή πραγματοποιείται, όταν υπερβεί μία τιμή, όπως προαναφέρθηκε.

Αυτό το δίκτυο είναι σχεδιασμένο, ώστε να καταγράφει ισχυρές εδαφικές κινήσεις υψηλών συχνοτήτων, μεγάλου πλάτους κοντά στην σεισμική εστία. Με την παρατήρηση και καταγραφή των σεισμικών επεισοδίων, τα οποία λαμβάνουν χώρα, συντελείται η αποθήκευση μίας βάσης δεδομένων, που μπορεί να ανακτηθεί για μετέπειτα χρήση και έρευνα.

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά σεισμολογικών σταθμών δικτύου Rasmon.

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	Γ. ΠΛΑΤΟΣ	Γ. ΜΗΚΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΟΡΓΑΝΟΥ
1	SER	ΣΕΡΓΟΥΛΑ	38°24.83'	22°03.43'	ETNA
2	GLX	ΓΑΛΑΞΙΔΙ	38°22.20'	22°23.67'	K2
3	TRZ	ΤΡΙΖΟΝΙΑ	38°38.80'	22°08.50'	K2
4	MAN	ΜΑΝΑΓΟΥΛΗ	38°23.39'	21°53.39'	K2
5	ANTI	ΑΝΤΙΚΥΡΑ	38°21.83'	22°37.96'	ETNA
6	ROD	ΡΟΔΙΝΗ	38°32.28'	21°87.71'	ETNA
7	LAK	ΛΑΚΚΑ	38°23.02'	21°98.85'	ETNA
8	AIG	ΑΙΓΙΟ	38°15.02'	22°05.27'	ETNA
9	AKR	ΑΚΡΑΤΑ	38°09.78'	22°20.01'	ETNA
10	XYL	ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ	38°04.13'	22°37.44'	ETNA
11	KIAT	ΚΙΑΤΟ	37°59.25'	22°45.26'	ETNA
12	LOUT	ΛΟΥΤΡΑΚΙ	37°58.53'	22°58.62'	ETNA
13	TRAZ	ΤΡΑΠΕΖΑ	38°17.41'	22°22.34'	ETNA

Οι σεισμολογικοί σταθμοί, καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού του δικτύου είναι:

➤ **ΣΕΡΓΟΥΛΑ (SER):** από 02/03/2002, ο σεισμολογικός σταθμός έχει εγκατασταθεί στο παλιό σχολείο της περιοχής, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ύπαρξης θορύβου ή φθοράς από τις καιρικές συνθήκες, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την αξιοπιστία των καταγραφών. Ο σταθμός αυτός χαρακτηρίζεται από έλλειψη σύνδεσης με τηλεφωνική γραμμή και έτσι είναι επιτακτική η ανάγκη συχνής επισκευσιμότητας από ομάδα του πανεπιστημίου για τη μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο πάνω στο οποίο είναι εγκατεστημένος χαρακτηρίζεται από τεφροκυανούς, ιλυσαργίλικους και μαργαϊκούς σχιστολίθους με ψαμμιτικά υλικά, που αποτελούν φλύσχη της ενότητας της Πίνδου. Η συνεκτικότητα των υλικών δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη.

Τιμή κατωφλίου: 0.030%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.25	1.25	1.25
Απόσβεση (V/g)	0.66	0.66	0.66
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	51.20	51.80	51.90

➤ **ΤΡΙΖΟΝΙΑ (TRZ):** από 04/11/2002, ο σταθμός έχει εγκατασταθεί στο κοινοτικό γραφείο της περιοχής, όπου υπάρχει παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά και γραμμή τηλεφώνου για την μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από λευκότεφρους, λεπτοπλακώδεις-λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους με πυριτικούς κονδύλους και διαστρώσεις, οι οποίοι, προς τα πάνω, μεταπίπτουν σε μικρολατυποπαγείς ασβεστολίθους ηλικίας Σενωνίου, που ανήκουν στην ενότητα της Πίνδου.

Τιμή κατωφλίου: 0.010%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.25	1.25	1.25
Απόσβεση (V/g)	0.66	0.66	0.65
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	52.90	52.60	52.50

➤ **ΑΚΡΑΤΑ (AKR):** ο σταθμός βρίσκεται σε λειτουργία από τις 16/08/2001, στο κτήριο στο οποίο στεγάζεται και το δημαρχείο της περιοχής και τροφοδοτείται από το δίκτυο ηλεκτροδότησης αυτής. Δεν υπάρχει τηλεφωνική γραμμή που να συνδέει το σταθμό αυτό με το Πανεπιστήμιο Αθηνών και γι'αυτό το λόγο, υπάρχει ομάδα που μεταβαίνει εκεί για την συλλογή των δεδομένων.

Ο σταθμός είναι εγκατεστημένος σε υπόβαθρο που αποτελείται από ερυθρό μανδύα Πλειστοκαινικής ηλικίας. Πρόκειται για προϊόντα αποσάθρωσης του ανώτερου ορίζοντα των υποκείμενων κροκαλοπαγών (πάχος 800 μέτρα), ποικίλου πάχους έως 10 μέτρων.

Τιμή κατωφλίου: 0.010%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.25	1.25	1.25
Απόσβεση (V/g)	0.66	0.67	0.67
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	50.50	52.60	51.80

➤ **ΓΑΛΑΞΙΔΙ (GLX):** ο σταθμός είναι εγκατεστημένος στο ναό του Αγίου Ιωάννη, απ' όπου και τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Ο σταθμός δεν έχει παροχή τηλεφωνικής γραμμής, με αποτέλεσμα και σε αυτή την περίπτωση, ομάδα του πανεπιστημίου Αθηνών να μεταβαίνει στην περιοχή για την μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από κροκαλολατυποπαγή Αγίας Ευθυμίας, που περιέχουν μαργαϊκά υλικά, ηλικίας Πλειοκαίνου-Καλαμβρίου.

Τιμή κατωφλίου: 0.050%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	2.50	2.50	2.50
Απόσβεση (V/g)	0.64	0.64	0.65
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	51.60	51.40	50.20

➤ **ΛΑΚΚΑ (LAK):** από 22/05/2004, στον ιερό ναό του Αγίου Κωνσταντίνου λειτουργεί ο σταθμός στην περιοχή Λάκκα. Ο σταθμός ηλεκτροδοτείται από το τοπικό δίκτυο ηλεκτροδότησης, χωρίς, όμως, να έχει τηλεφωνική γραμμή για σύνδεση με το πανεπιστήμιο Αθηνών και έτσι, υπάρχει ομάδα που μεταβαίνει στο σταθμό για την μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από Πλειοκαινικές, θαλάσσιες υφάλμυρες και λιμναίες αποθέσεις. Πρόκειται για εναλλασσόμενα στρώματα με μάργες, αργίλους, αδρομερείς άμμους και ψαμμίτες, καθώς και κροκαλοπαγή χαλαρής και ισχυρής συνοχής.

Τιμή κατωφλίου: 0.050%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.25	1.25	1.25
Απόσβεση (V/g)	0.66	0.66	0.65
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	50.80	51.30	52.10

➤ **ΜΑΝΑΓΟΥΛΗ (MAN):** ο σταθμός λειτουργεί από τις 19/06/1998 στο δημοτικό σχολείο της περιοχής και τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα από το τοπικό δίκτυο ηλεκτροδότησης, ενώ είναι συνδεδεμένος με τηλεφωνική γραμμή για την τηλεμετρική μεταφορά των δεδομένων στο πανεπιστήμιο Αθηνών.

Το υπόβαθρο αποτελείται από σύγχρονες προσχώσεις, ηλικίας Τεταρτογενούς.

Τιμή κατωφλίου: 0.030%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	2.50	2.50	2.50
Απόσβεση (V/g)	0.65	0.65	0.66
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	51.10	50.00	52.30

➤ **ΡΟΔΙΝΗ (RODI):** ο σταθμός λειτουργεί από τις 17/06/1998, στην εκκλησία του νεκροταφείου της περιοχής αυτής και ηλεκτροδοτείται από το τοπικό δίκτυο ηλεκτροδότησης, όμως δεν υπάρχει παροχή τηλεφωνικής γραμμής.

Το υπόβαθρο αποτελείται από κερατολίθους και ασβεστολίθους ηλικίας Κρητιδικού (Κονιάσιο). Στα κατώτερα μέλη, επικρατούν ερυθροί κερατόλιθοι με παρεμβάσεις αργιλικών σχιστολίθων και μαργών, ενώ στα ανώτερα μέλη, παρατηρούνται πολυγενείς μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με θραύσματα ρουδιστών.

Τιμή κατωφλίου: 0.030%

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.25	1.25	1.25
Απόσβεση (V/g)	0.65	0.68	0.67
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	51.60	51.60	51.10

➤ **ΑΙΓΙΟ (AIG):** ο σταθμός λειτουργεί από τις 17/08/2001, στο κτήριο του δημαρχείου της περιοχής, απ' όπου του παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια και τηλεφωνική γραμμή για την μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από χαλαρά κροκαλοπαγή Πλειοκαινικής ηλικίας, κερατολίθους, ασβεστολίθους, αλλά και ψαμμιτικό υλικό.

Τιμή κατωφλίου: 0.050%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.25	1.25	1.25
Απόσβεση (V/g)	0.66	0.66	0.66
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	52.00	50.50	53.80

➤ **ΑΝΤΙΚΥΡΑ (ANTI):** ο σταθμός λειτουργεί από τις 06/11/2007, σε ένα κτίριο αναμεταδόσεων της τηλεόρασης που βρίσκεται σε ένα ύψωμα στην περιοχή. Ο σταθμός ηλεκτροδοτείται από εκεί, αλλά δεν έχει παροχή τηλεφωνικής γραμμής για τη μεταφορά δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από ασβεστολίθους ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού.

Τιμή κατωφλίου: 0.030%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.25	1.25	1.25
Απόσβεση (V/g)	0.66	0.66	0.66
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	51.90	51.60	52.30

➤ **ΛΟΥΤΡΑΚΙ (LOUT):** ο σταθμός λειτουργεί από τις 03/07/2007 και έχει εγκατασταθεί στο υπόγειο του δημαρχείου, όπου του παρέχεται και ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ αναμένεται σύντομα να υπάρξει τηλεφωνική γραμμή για τη μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από μεταβατικούς σχηματισμούς, που απαρτίζονται από άμμους και κροκάλες πάνω σε σχηματισμούς σύγχρονων αποθέσεων.

Τιμή κατωφλίου: 0.070%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.2493	1.2482	1.2492
Απόσβεση (V/g)	0.70	0.70	0.70
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	206.00	208.00	210.00

➤ **ΞΥΛΟΚΑΣΤΡΟ (XYL):** ο σταθμός λειτουργεί από τις 04/07/2007 και έχει εγκατασταθεί στο νέο νεκροταφείο της περιοχής, όπου του παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Ο σταθμός δεν διαθέτει παροχή τηλεφωνικής γραμμής και έτσι, υπάρχει ομάδα του πανεπιστημίου Αθηνών που μεταβαίνει εκεί για την μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από επαφή σύγχρονων αποθέσεων χειμάρρων (αδρομερή υλικά από άμμους και κροκαλολατύπες) με αποθέσεις μαργών (εναλλαγές αμμούχων και πηλούχων μαργών).

Τιμή κατωφλίου: 0.010%.

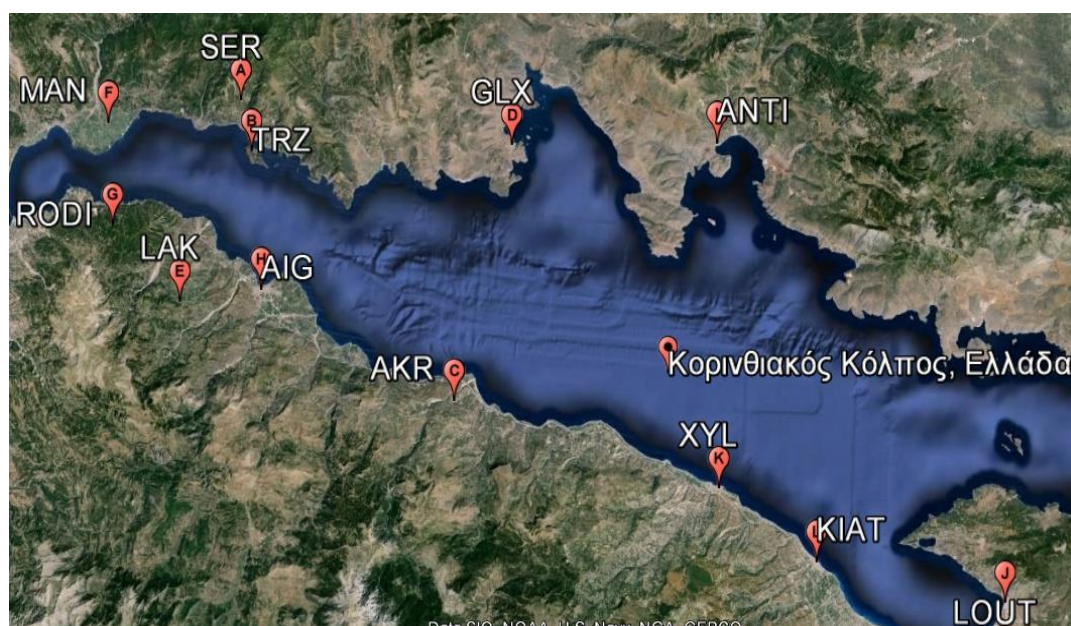
ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.2505	1.2505	1.2496
Απόσβεση (V/g)	0.70	0.70	0.70
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	206.00	208.00	204.00

➤ **ΚΙΑΤΟ (ΚΙΑΤ):** ο σταθμός λειτουργεί από το Μάιο του 2006 και έχει εγκατασταθεί σε κτίριο βιολογικού καθαρισμού της περιοχής, απ' όπου του παρέχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Ο σταθμός δεν διαθέτει παροχή τηλεφωνικής γραμμής και έτσι υπάρχει, και σε αυτή την περίπτωση, ομάδα του πανεπιστημίου Αθηνών που μεταβαίνει εκεί για την μεταφορά των δεδομένων.

Το υπόβαθρο αποτελείται από σύγχρονες αλλουβιακές προσχώσεις από ποικίλα υλικά.

Τιμή κατωφλίου: 0,010%.

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	N-S	Z	E-W
Ενίσχυση	1	1	1
Ευαισθησία	1.2495	1.2512	1.2502
Απόσβεση (V/g)	0.70	0.70	0.70
Ιδιοσυχνότητα (Hz)	208.00	206.00	204.00



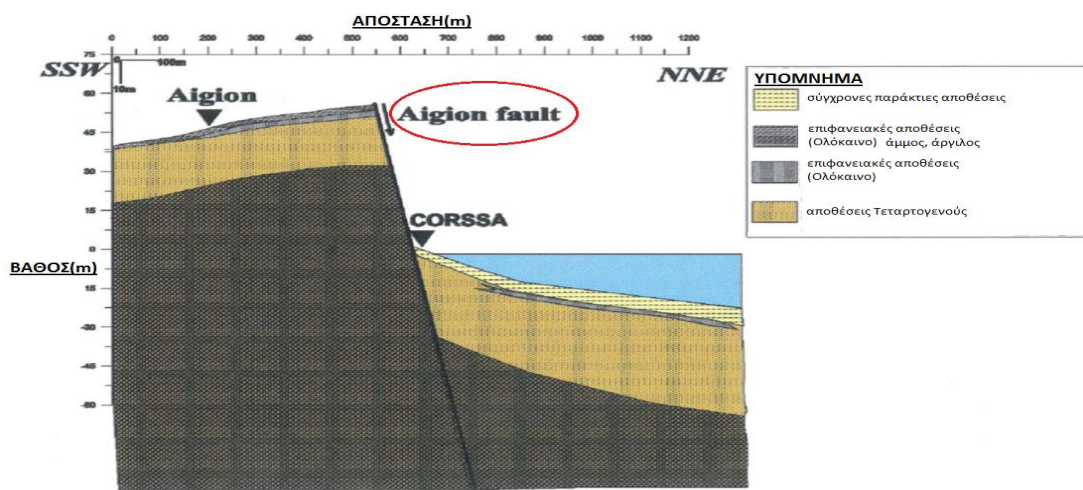
Εικ. 31: Απεικόνιση των σταθμών του σεισμολογικού δικτύου RASMON μέσω της εφαρμογής Google Earth.

ΔΙΑΤΑΞΗ CORSSA

Η κατακόρυφη διάταξη Corssa έχει εγκατασταθεί στην παραλία του Αιγίου (Εικ. 32). Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης αυτής έχει γίνει με βάση τα εξής κριτήρια:

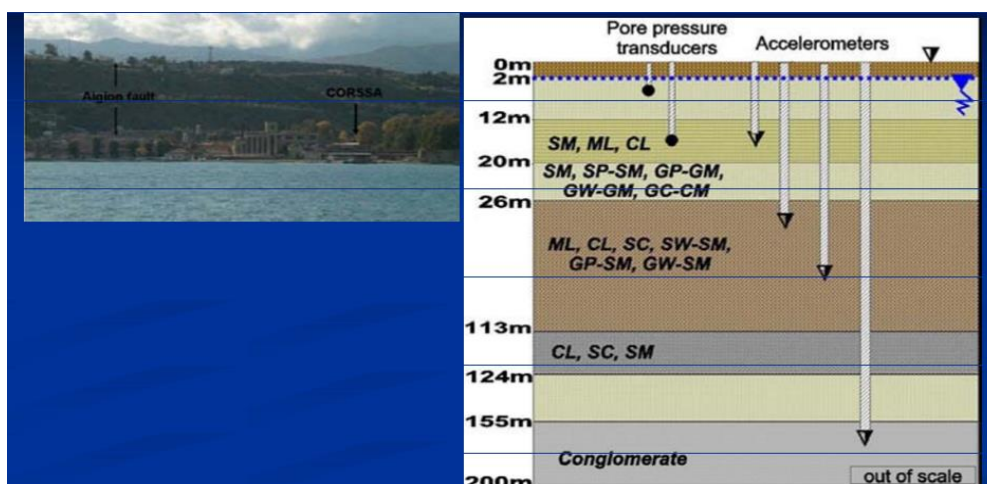
- ύπαρξη χαλαρών σχηματισμών που είναι επιρρεπείς στην ρευστοποίηση,
- σχετικά ρηχό υπόβαθρο για την εγκατάσταση του βαθύτερου οργάνου.

Αποτελείται από τέσσερεις επιταχυνσιογράφους, έναν επιταχυνσιογράφο επιφάνειας και δύο όργανα που συνδέονται με την πίεση των πόρων. Ο βαθύτερος επιταχυνσιογράφος, που θεωρείται σταθμός αναφοράς, έχει εγκατασταθεί μέσα σε ένα γεωλογικό σχηματισμό που αποτελείται από κροκαλοπαγή σε βάθος 178m, τα άλλα τρία όργανα βρίσκονται σε αποθέσεις ML, CL, SC σε βάθη 14m, 30m και 60m αντίστοιχα, ενώ τα όργανα που σχετίζονται με την πίεση των πόρων έχουν εγκατασταθεί σε βάθη 6m και 14m σε αποθέσεις SM και ML (Εικ. 33) Αυτά τα στρώματα του εδάφους είναι ευαίσθητα στην ρευστοποίηση.



Εικ. 32: Η διάταξη Corssa στην ακτογραμμή του Αιγίου.

Η διάταξη αυτή, όπως έχει προαναφερθεί, χαρακτηρίζεται από επιταχυνσιογράφους ETNA και K2, όπως και το σεισμολογικό δίκτυο RASMON.



Εικ. 33: Απεικονίζονται τα βάθη, όπου είναι τοποθετημένα τα όργανα που αποτελούν την διάταξη Corssa.

5.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα σεισμικά δεδομένα του δικτύου επιταχυνσιογράφων RASMON και της διάταξης CORSSA αποθηκεύονται στις κάρτες αποθήκευσης (PCMCIA) των επιταχυνσιογράφων ETNA και K2 της Kinemetrics.

Η ανάκτηση αυτών, καθώς και η μεταφορά τους σε μία βάση δεδομένων στο Πανεπιστήμιο Αθηνών πραγματοποιείται με δύο τρόπους. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο, διεξάγεται μεταφορά των δεδομένων με κλήση στο καταγραφικό όργανο μέσω modem. Έπειτα, αυτά τα δεδομένα ανακτώνται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, πολλοί από τους σταθμούς δεν διαθέτουν τηλεφωνική γραμμή, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται επισκέψεις σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να μεταφερθούν τα δεδομένα σε φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή και στην συνέχεια, να εισαχθούν και να αρχειοθετηθούν στη βάση δεδομένων του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Μέσω του λογισμικού Quicktalk της Kinemetrics, που διαθέτουν οι επιταχυνσιογράφοι, πραγματοποιούνται τα παραπάνω, ενώ όλα τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται είναι εφοδιασμένα με λειτουργικό σύστημα Windows.

Σχετικά με τον τρόπο αποθήκευσης, ένα σεισμικό γεγονός (event) αποθηκεύεται σαν ένα αρχείο προέκτασης .evt και περιλαμβάνει τρεις συνιστώσες του καταγραφικού οργάνου. Έχει μορφή Ji.evt, όπου J είναι ένα γράμμα και i είναι ένας τριψήφιος αύξοντας αριθμός (πχ.G001.evt). Τα ίδια ισχύουν και για τη διάταξη CORSSA, εκτός από το γεγονός ότι κάθε αρχείο που αποθηκεύεται στο συγκεκριμένο όργανο περιλαμβάνει 15 κανάλια (3 συνιστώσες για 5 διαφορετικά επιταχυνσιόμετρα).

Κατά την διάρκεια της αρχειοθέτησης των παραπάνω πραγματοποιήθηκε συσχετισμός κάθε καταγραφής του δικτύου επιταχυνσιογράφων με τους διαθέσιμους καταλόγους σεισμικότητας για τη περίοδο 2008-2012. Οι κατάλογοι αυτοί προέρχονται από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Τέλος, για κάθε σεισμό έχει δοθεί ο αντίστοιχος κωδικός που αναγράφεται στη βάση δεδομένων και συνδέει την ονομασία του αρχείου των κυματομορφών με τα στοιχεία του σεισμικού γεγονότος, όπως αυτά παρουσιάζονται στο κατάλογο.

net.gein.noa.gr/HL/seismicity/catalogues/manual-alerts

BBNET - List of REVI...

INSTITUTE OF GEODYNAMICS
NATIONAL OBSERVATORY OF ATHENS

Hellenic Seismic Network
HL

Seismicity
Automatic, Revised, Moment Tensors

Database
Search revised events

Noise Monitoring
Quality control

Networks
Real Time Plotting, Information

List of REVISED LOCATIONS using HL/HT/HP/HA/GE/MN/IV stations

Select Date (Month, Year) :

September - 2008

Date-Time	Latitude	Longitude	Depth (Km)	Magnitude	Region
08/09/30 23:33:12	35.35N	27.52E	16	Md=2.9	DODECANESE ISLANDS
08/09/30 23:33:06	35.77N	27.20E	5	N/A	DODECANESE ISLANDS
08/09/30 23:23:46	35.50N	25.92E	25	Md=3.0	CRETE
08/09/30 23:00:17	39.71N	25.66E	36	Md=3.3	AEGEAN SEA
08/09/30 22:44:37	39.48N	19.97E	4	Md=3.1	GREEK ALBANIAN BORDER
08/09/30 21:21:49	38.11N	23.54E	15	MI=1.5	CENTRAL GREECE
08/09/30 20:36:55	36.73N	28.22E	54	Md=3.4	DODECANESE ISLANDS
08/09/30 20:33:54	36.05N	27.22E	32	Md=3.0	DODECANESE ISLANDS
08/09/30 20:18:55	35.47N	26.61E	4	Md=3.1	CRETE

Εικ. 34: Το site του Αστεροσκοπείου Αθηνών, απ' όπου ελήφθησαν δεδομένα.

Από ένα επιταχυνσιογράφημα μπορούμε να παρατηρήσουμε και να μελετήσουμε:

- τη μέγιστη επιτάχυνση,
- τη διάρκεια της ισχυρής εδαφικής κίνησης,
- την κύρια συχνότητα και το συχνотικό περιεχόμενο

Με βάση τις καταγραφές που έχουν γίνει για το μελετούμενο χρονικό διάστημα 2008-2012, παρατηρείται ότι μπορούν να κατασκευαστούν ιστογράμματα δύο τύπων:

α) πλήθος καταγραφών με βάση τους σταθμούς από τους οποίους έχουν καταγραφεί τα συγκεκριμένα σεισμικά γεγονότα (Εικ. 35) και

β) κατανομή σεισμών ανά έτος (Εικ. 36).

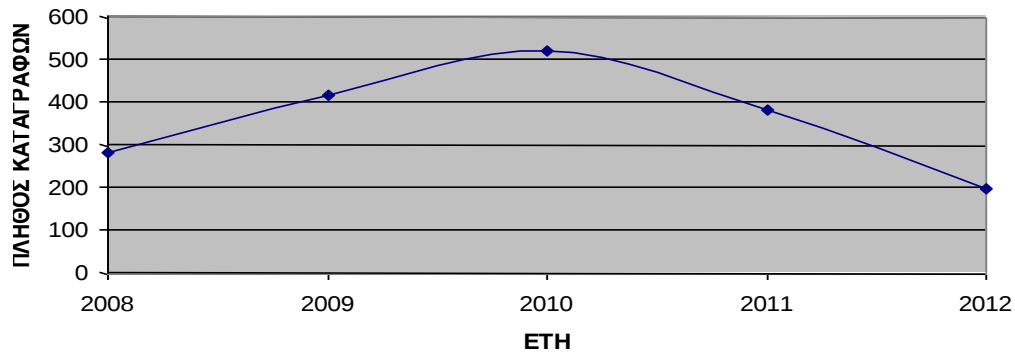
Από αυτά τα ιστογράμματα μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τα σεισμικά γεγονότα που συνέβησαν στη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου.



Εικ. 35: Ιστόγραμμα που παρουσιάζει το πλήθος καταγραφών με βάση τους σταθμούς από τους οποίους έχουν καταγραφεί τα σεισμικά γεγονότα.

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι οι περισσότερες καταγραφές αφορούν σεισμικά γεγονότα που έχουν καταγραφεί από τους σταθμούς των περιοχών Σεργουλας, Αιγίου και Ακράτας.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΕΙΣΜΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ



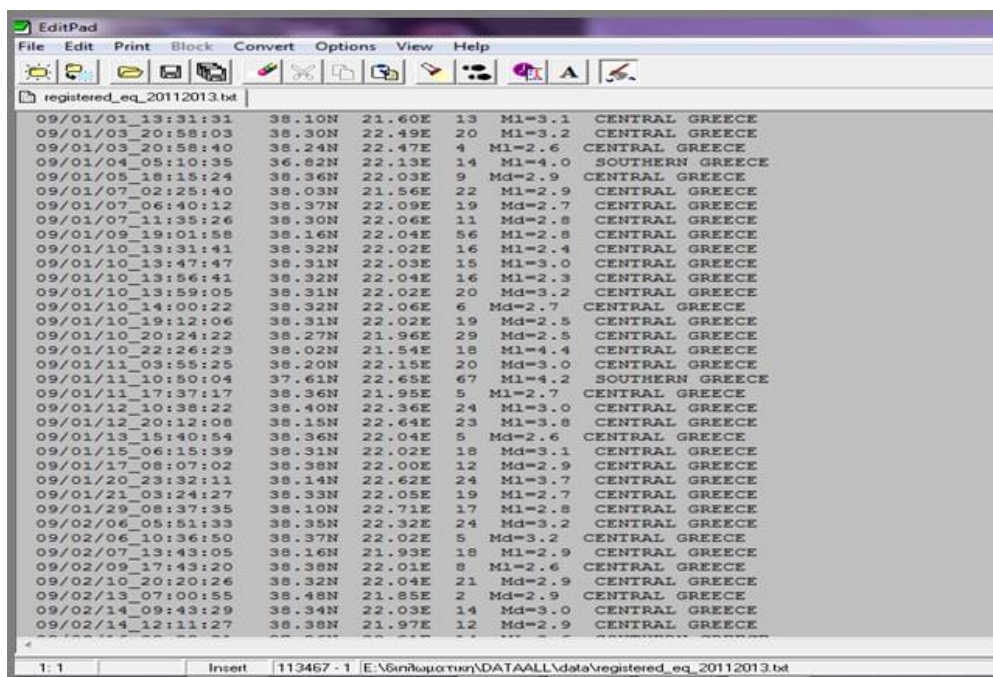
Εικ. 36: Διάγραμμα που παρουσιάζει την κατανομή καταγεγραμμένων σεισμών ανά έτος από το δίκτυο RASMON.

Στην συνέχεια, παρατηρώντας τις καταγραφές των σεισμικών γεγονότων συναρτήσει των ετών (2008-2012), παρατηρείται ότι προκύπτει μια καμπύλη με το μέγιστο πλήθος καταγραφών να συγκεντρώνεται στο 2010, ενώ οι λιγότερες καταγραφές αφορούν τις χρονολογίες 2008 και 2012 (και συγκεκριμένα μέχρι τον 24/05/2012).

5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όταν τα δεδομένα από τους σταθμούς του δικτύου RASMON και της διάταξης CORSSA μεταφερθούν σε συγκεκριμένο υπολογιστή του Πανεπιστημίου Αθηνών, ξεκινά η διαδικασία αρχειοθέτησης τους στη βάση δεδομένων. Πρόκειται για την αρχειοθέτηση σεισμικών καταγραφών (records) (Εικ. 37) που αντιστοιχούν σε σεισμικά γεγονότα που πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα 2008-2012 (και συγκεκριμένα έως τις 24/5/2012).

Κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου της διαδικασίας αρχειοθέτησης των σεισμικών καταγραφών, πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός των αρχείων που αντιστοιχούν σε σεισμικά γεγονότα και των καταγραφών που οφείλονται σε ανθρωπογενή θόρυβο.



09/01/01_13:31:31	38.10N	21.60E	13	M1=3.1	CENTRAL GREECE
09/01/03_20:58:03	38.30N	22.49E	20	M1=3.2	CENTRAL GREECE
09/01/03_20:58:40	38.24N	22.47E	4	M1=2.6	CENTRAL GREECE
09/01/04_05:10:35	36.82N	22.13E	14	M1=4.0	SOUTHERN GREECE
09/01/05_18:15:24	38.36N	22.03E	9	Md=2.9	CENTRAL GREECE
09/01/07_02:25:40	38.03N	21.56E	22	M1=2.9	CENTRAL GREECE
09/01/07_06:40:12	38.37N	22.09E	19	Md=2.7	CENTRAL GREECE
09/01/07_11:35:26	38.30N	22.06E	11	Md=2.8	CENTRAL GREECE
09/01/09_19:01:58	38.16N	22.04E	56	M1=2.8	CENTRAL GREECE
09/01/10_13:31:41	38.32N	22.02E	16	M1=2.4	CENTRAL GREECE
09/01/10_13:47:47	38.31N	22.03E	15	M1=3.0	CENTRAL GREECE
09/01/10_13:56:41	38.32N	22.04E	16	M1=2.3	CENTRAL GREECE
09/01/10_13:59:05	38.31N	22.02E	20	Md=3.2	CENTRAL GREECE
09/01/10_14:00:22	38.32N	22.06E	6	Md=2.7	CENTRAL GREECE
09/01/10_19:12:06	38.31N	22.02E	19	Md=2.5	CENTRAL GREECE
09/01/10_20:24:22	38.27N	21.96E	29	Md=2.5	CENTRAL GREECE
09/01/10_22:26:23	38.02N	21.54E	18	M1=4.4	CENTRAL GREECE
09/01/11_03:55:25	38.20N	22.15E	20	Md=3.0	CENTRAL GREECE
09/01/11_10:50:04	37.61N	22.65E	67	M1=4.2	SOUTHERN GREECE
09/01/11_17:37:17	38.36N	21.95E	5	M1=2.7	CENTRAL GREECE
09/01/12_10:38:22	38.40N	22.36E	24	M1=3.0	CENTRAL GREECE
09/01/12_20:12:08	38.15N	22.64E	23	M1=3.8	CENTRAL GREECE
09/01/13_15:40:54	38.36N	22.04E	5	Md=2.6	CENTRAL GREECE
09/01/15_06:15:39	38.31N	22.02E	18	Md=3.1	CENTRAL GREECE
09/01/17_08:07:02	38.38N	22.00E	12	Md=2.9	CENTRAL GREECE
09/01/20_23:32:11	38.14N	22.62E	24	M1=3.7	CENTRAL GREECE
09/01/21_03:24:27	38.33N	22.05E	19	M1=2.7	CENTRAL GREECE
09/01/29_08:37:35	38.10N	22.71E	17	M1=2.8	CENTRAL GREECE
09/02/06_05:51:33	38.35N	22.32E	24	Md=3.2	CENTRAL GREECE
09/02/06_10:36:50	38.37N	22.02E	5	Md=3.2	CENTRAL GREECE
09/02/07_13:43:05	38.16N	21.93E	18	M1=2.9	CENTRAL GREECE
09/02/09_17:43:20	38.38N	22.01E	8	M1=2.6	CENTRAL GREECE
09/02/10_20:20:26	38.32N	22.04E	21	Md=2.9	CENTRAL GREECE
09/02/13_07:00:55	38.48N	21.85E	2	Md=2.9	CENTRAL GREECE
09/02/14_09:43:29	38.34N	22.03E	14	Md=3.0	CENTRAL GREECE
09/02/14_12:11:27	38.38N	21.97E	12	Md=2.9	CENTRAL GREECE

Εικ. 37: Εικόνα του αρχικού καταλόγου δεδομένων από τα οποία και ξεκίνησε η διαλογή.

Σχετικά με τις καταγραφές, οι οποίες είναι σεισμικά γεγονότα, δημιουργείται ένας φάκελος με την ημερομηνία του γεγονότος, ο οποίος περιλαμβάνει αρχεία της μορφής .SAC και .EVT.

Για την καταχώρηση των σεισμικών αρχείων δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων, με ειδικά πεδία, όπως ο χρόνος καταγραφής του σεισμού (ημερομηνία και ώρα), το όνομα του αρχείου των κυματομορφών, ο χώρος, όπου είναι αποθηκευμένο κάθε αρχείο στον υπολογιστή και ο κωδικός του σταθμού.

Αρχικά, τα δεδομένα βρίσκονταν καταχωρημένα σε μορφή αρχείου excel, τα οποία, εν συνεχεία, ομαδοποιήθηκαν με βάση το χρόνο γένεσης και το μέγεθος (ειδικότερα, πρόκειται για σεισμικά γεγονότα μεγέθους μεγαλύτερου από $M_w=3.6$).

Μετά την ομαδοποίηση των δεδομένων, δημιουργήθηκε ένας κατάλογος με όλα τα σεισμικά γεγονότα και έπειτα, συγκρίναμε τα συγκεκριμένα γεγονότα με τα δεδομένα που βρίσκονται στο Αστεροσκοπείο Αθηνών. Έτσι, προέκυψε ένας νέος κατάλογος,

του οποίου το περιεχόμενο ταυτιζόταν με τα κοινά γεγονότα των αρχικών μας δεδομένων και των δεδομένων του Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Στην συνέχεια, ακολούθησε η αξιολόγηση των επιταχυνσιογραφημάτων σε σχέση με το ποια από αυτά ήταν προϊόντα θορύβου και ποια αποτελούσαν γνήσιες καταγραφές της εκάστοτε σεισμικής δόνησης.

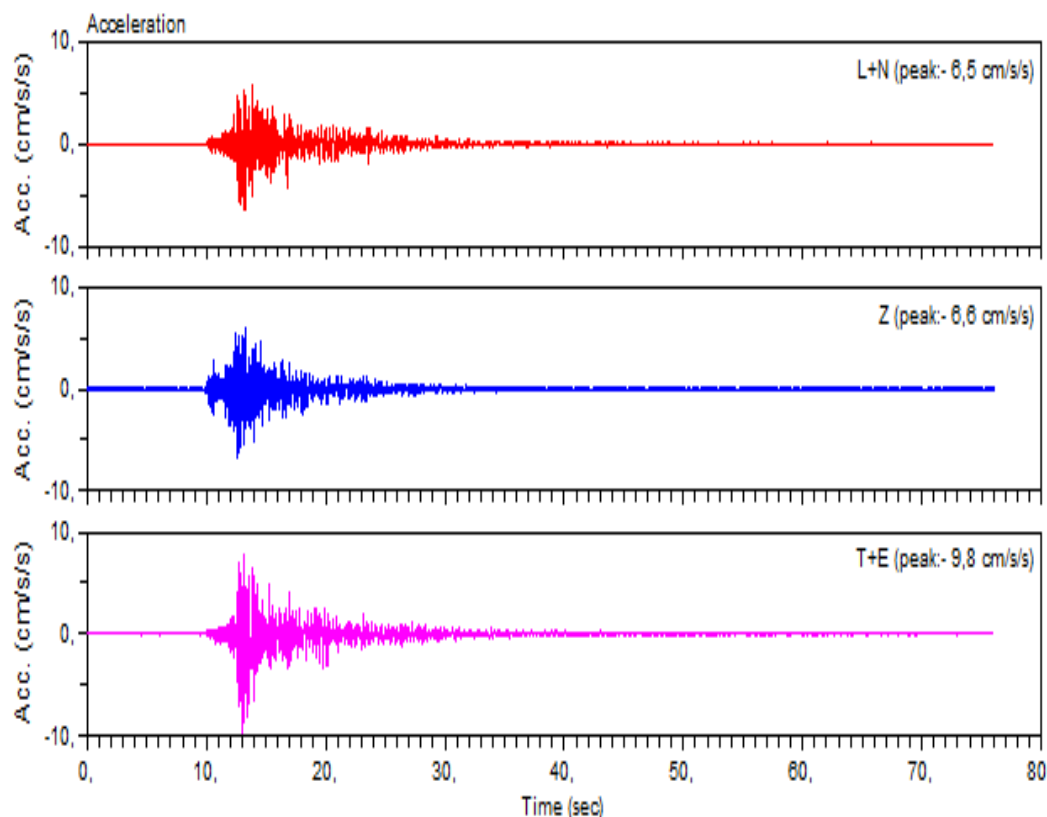
Δημιουργήθηκε, λοιπόν, ένας φάκελος για κάθε σεισμικό γεγονός. Από το σύνολο των φακέλων αυτών, με κατάλληλη επεξεργασία, προέκυψαν νέοι φάκελοι μορφής RAW_SAC, οι οποίοι περιέλαμβαναν ένα επιταχυνσιογράφημα ή περισσότερα που χαρακτηρίζουν το κάθε γεγονός.

Μέσα σε αυτό το φάκελο δημιουργήθηκε ένα επιπλέον αρχείο σε μορφή text-pad με το όνομα EVENT, το οποίο περιείχε τα εξής:

- χρόνο γένεσης,
- συντεταγμένες,
- βάθος και
- μέγεθος του σεισμού

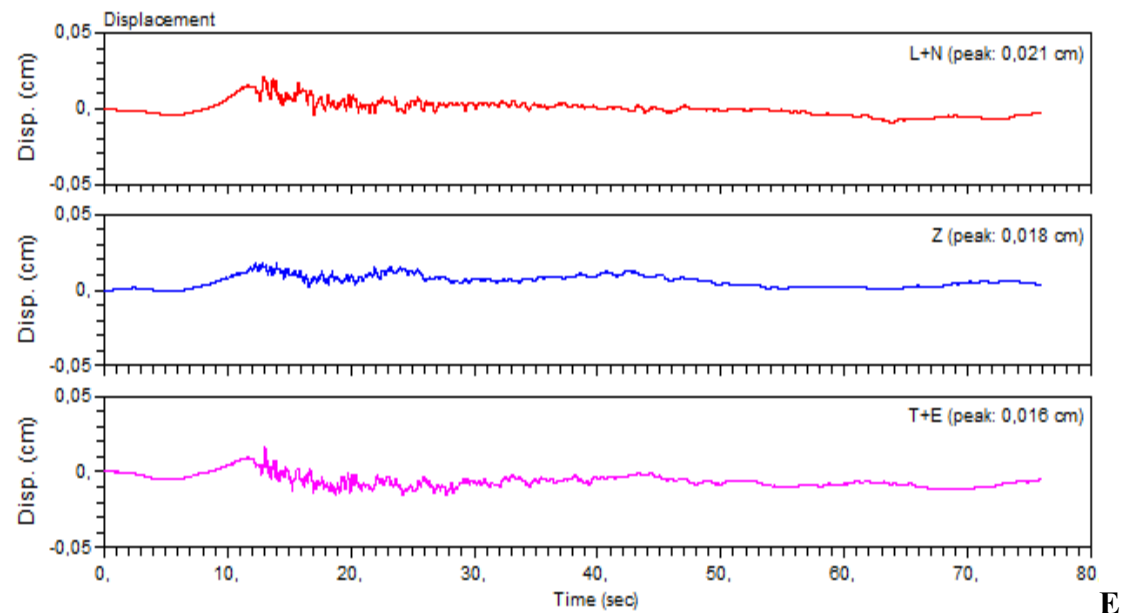
και το οποίο απεικονίζεται στην οθόνη, προκειμένου να μελετηθεί, μέσω του προγράμματος editpad (Εικ. 37)

Τα δεδομένα που ελήφθησαν, επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα view-wave, από το οποίο προέκυψαν οι παρακάτω εικόνες, δηλαδή κυματομορφές που απεικονίζουν την επιτάχυνση (acceleration), τη μετατόπιση (displacement) και την ταχύτητα (velocity) σε συνάρτηση με το χρόνο, στις τρεις συνιστώσες.

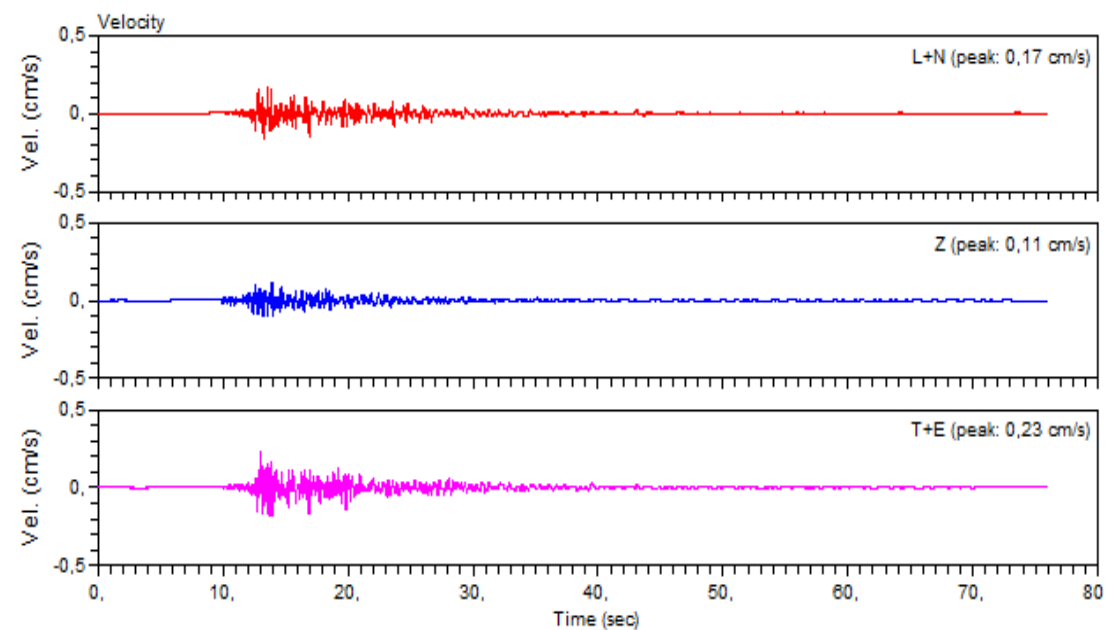


Εικ. 38: Επιταχυνσιογράφημα από την περίπτωση καταγραφής θορύβου για το σεισμικό γεγονός της 04/05/2011 που έχει καταγραφεί από τον σταθμό της Ακράτας.

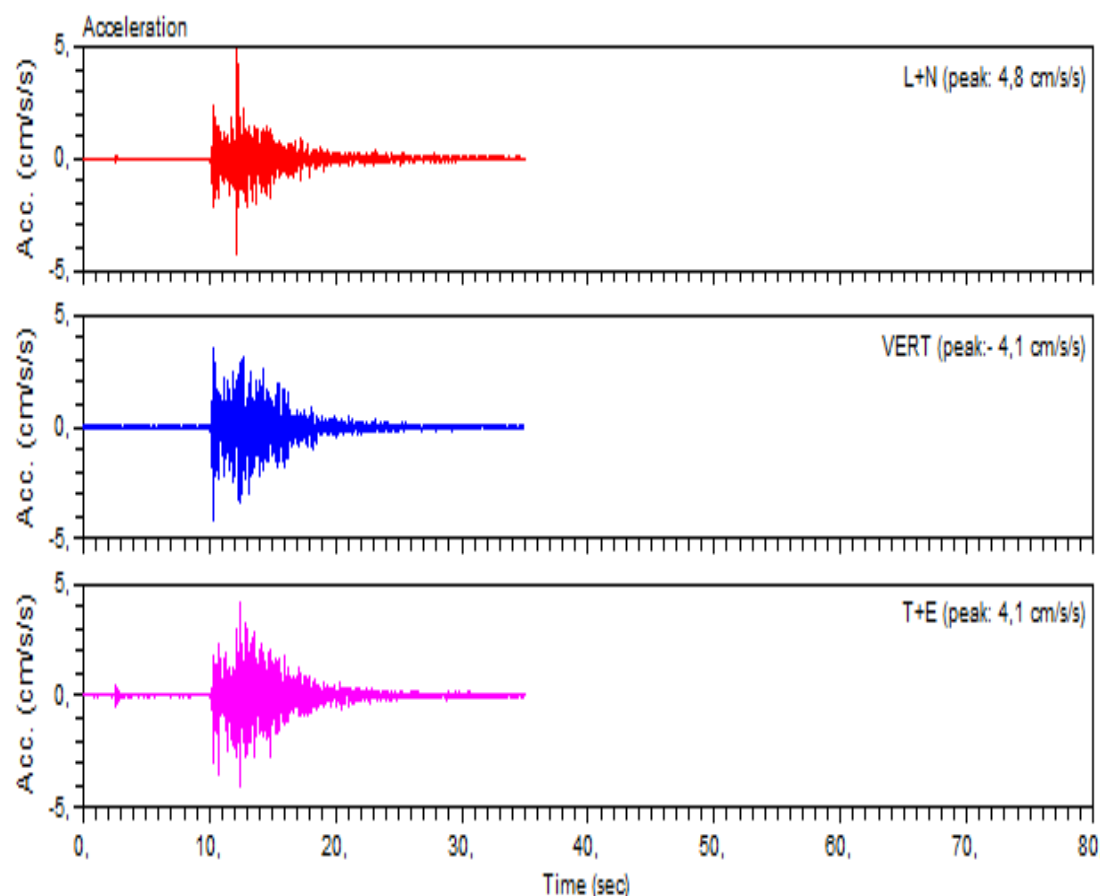
Απεικονίζεται η επιτάχυνση (acceleration σε cm/s^2) συναρτήσει του χρόνου (time σε sec) για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



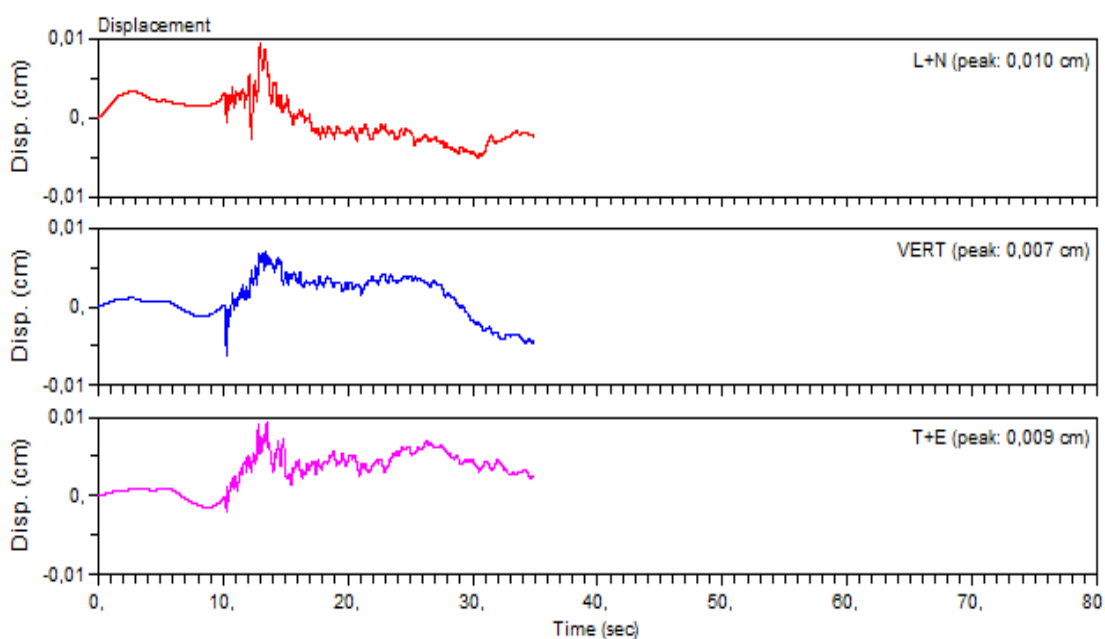
ικ. 39: Απεικονίζονται οι κυματομορφές που καταγράφουν τη μετατόπιση (displacement σε cm) συναρτήσει του χρόνου (time σε sec) για το παραπάνω σεισμικό γεγονός για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



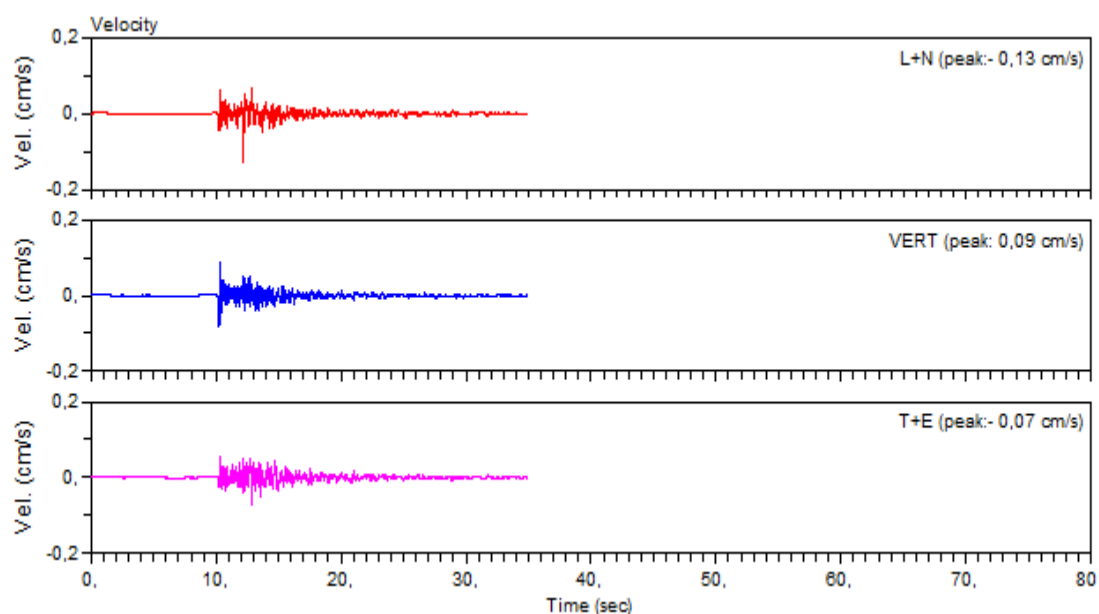
Εικ. 40: Απεικονίζονται οι κυματομορφές που καταγράφουν την ταχύτητα velocity σε cm/s συναρτήσει του χρόνου (time σε sec) για το παραπάνω σεισμικό γεγονός για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



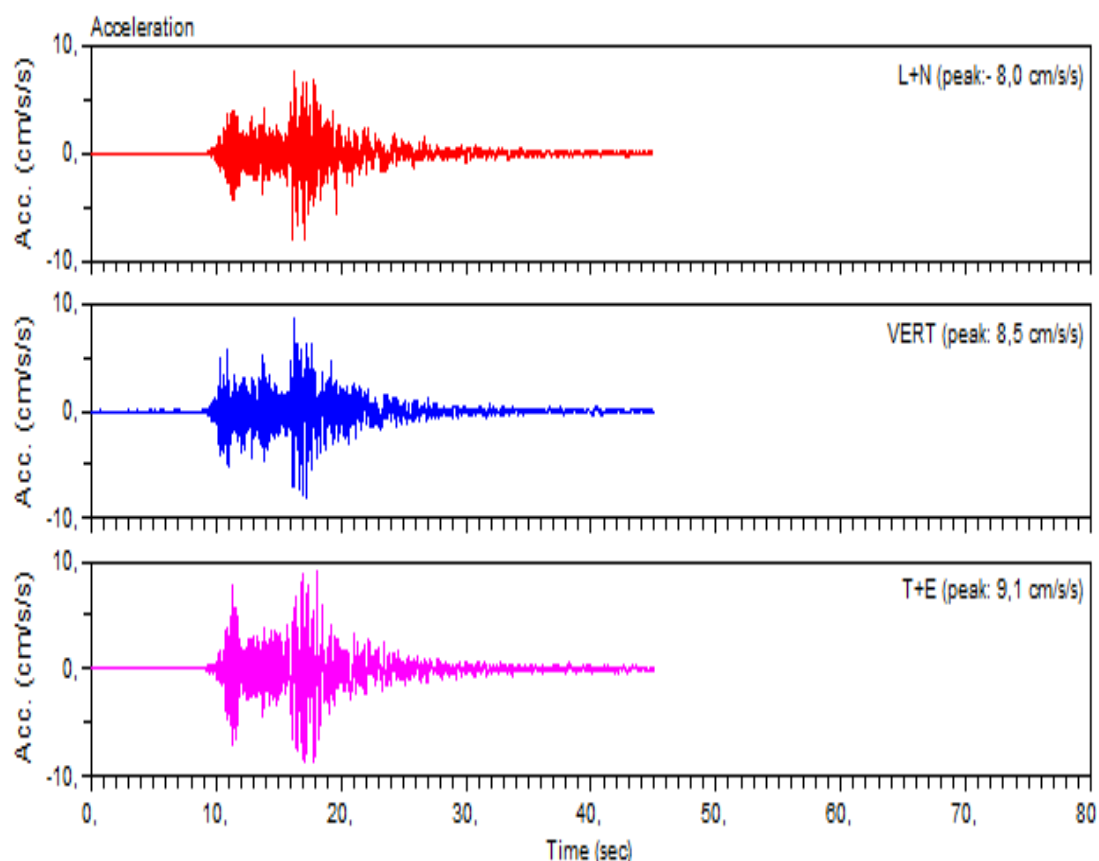
Εικ. 41: Επιταχυνσιογράφημα από την περίπτωση καταγραφής θορύβου για το σεισμικό γεγονός της 04/05/2011 που έχει καταγραφεί από τον σταθμό του Γαλαξιδίου. Απεικονίζεται η επιτάχυνση (acceleration cm/s^2) συναρτήσει του χρόνου (time sec) για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



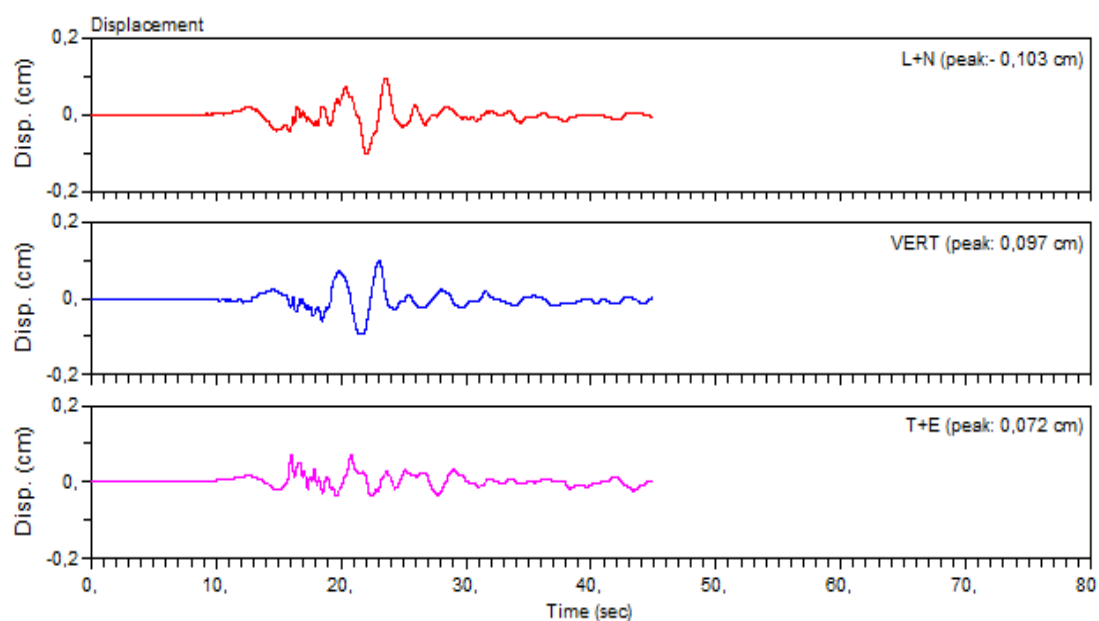
Εικ. 42: Απεικονίζονται οι κυματομορφές που καταγράφουν τη μετατόπιση (displacement σε cm) συναρτήσει του χρόνου (time σε sec) για το παραπάνω σεισμικό γεγονός για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



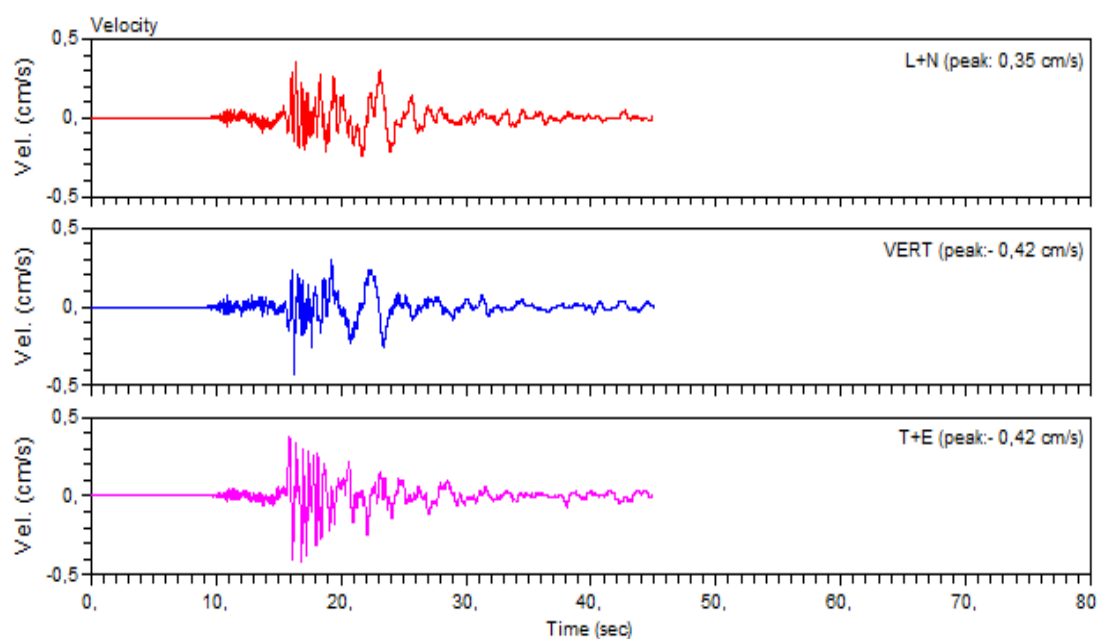
Εικ. 43: Απεικονίζονται οι κυματομορφές που καταγράφουν την ταχύτητα (velocity cm/s) συναρτήσει του χρόνου (time sec) για το παραπάνω σεισμικό γεγονός για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



Εικ. 44: Επιταχυνσιογράφημα από την περίπτωση καταγραφής θορύβου για το σεισμικό γεγονός της 18/01/2010 που έχει καταγραφεί από τον σταθμό του Γαλαξιδίου. Απεικονίζεται η επιτάχυνση (acceleration cm/s²) συναρτήσει του χρόνου (time sec) για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



Εικ. 45: Απεικονίζονται οι κυματομορφές που καταγράφουν τη μετατόπιση (displacement cm) συναρτήσει του χρόνου (time sec) για το παραπάνω σεισμικό γεγονός για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).



Εικ. 46: Απεικονίζονται οι κυματομορφές που καταγράφουν την ταχύτητα (velocity cm/s) συναρτήσει του χρόνου (time sec) για το παραπάνω σεισμικό γεγονός για τις τρεις συνιστώσες (L+N, Z, T+E).

Εφόσον τα στοιχεία των σεισμών βρίσκονται σε φάκελο με το όνομα event και ο κάθε σεισμός εμπεριέχει, εκτός αυτού, και φακέλους σε μορφή raw-sac, ξεκινά η διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων αυτών μέσω του λογισμικού SAC.

Αρχικά, πραγματοποιείται διαχωρισμός των σταθμών, ώστε να προκύψουν οι φάκελοι με τα ονόματα και η σχέση αυτών με τις περιοχές στις οποίες αντιστοιχούν:

Οι σταθμοί αυτοί συνδέονται με τις καταγραφές των σεισμικών γεγονότων που έλαβαν χώρα στη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου στο χρονικό διάστημα που μελετάται στη συγκεκριμένη εργασία (2008-2012).

AIG	AIGI	AKRA	ANTI
ATHU	GALA	DERV	DIAK
EPID	LOU	KIAT	LAKA1
LAKA2	ROD	LOUT1	LOUT2
MANA	SSA	RODI	SER
SERG	XYL1	SSA~	TRAP
TRIZ		XYL2	

Εικ. 47: Τα νέα αρχεία των σταθμών του δικτύου, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν.

Κάθε ένα από τα αρχεία αυτά περιείχε πληροφορίες απαραίτητες προκειμένου να αναγνωριστούν οι σταθμοί αυτοί κατά την εισαγωγή τους στο λογισμικό SAC. Από ένα ενιαίο αρχείο που περιελάμβανε όλα αυτά τα στοιχεία των σταθμών έγινε διαχωρισμός και έτσι προέκυψαν τα παραπάνω αρχεία. Για παράδειγμα, με το άνοιγμα του αρχείου με την ονομασία AIG παρατηρούνται τα εξής:

```
AIGI x
r *.AIGI.ch03.sac
ch cmpaz 90.
ch cmpinc 90
ch kcmpnm 90N
w change "ch03" "che"
r *.AIGI.ch01.sac
ch cmpaz 0.
ch cmpinc 90
ch kcmpnm 0N
w change "ch01" "chn"
r *.AIGI.ch02.sac
ch cmpaz
ch cmpinc 0
ch kcmpnm Z
w change "ch02" "chz"
inicm
```

Παρόμοιας μορφής είναι και τα υπόλοιπα αρχεία που αφορούν τους άλλους σταθμούς της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου.

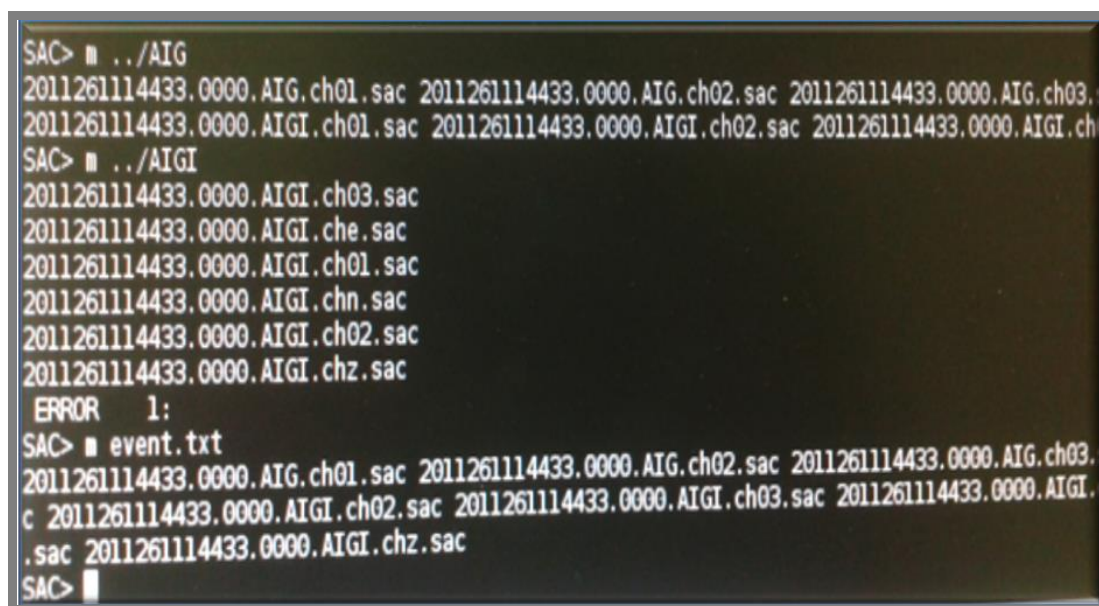
Έπειτα, από το directory επιλέγεται ένας σεισμός και εν συνεχεία, εκτελώντας τις εντολές:

```
SAC>m ../ONOMA ΣΤΑΘΜΟΥ
```

```
SAC>m event.txt
```

εισάγονται στο πρόγραμμα οι πληροφορίες για κάθε σεισμό, ανάλογα με τους σταθμούς από τους οποίους έχει καταγραφεί. (Εικ. 48)

Παρατηρείται ότι ένα σεισμικό γεγονός μπορεί να καταγραφεί από ένα, δύο ή περισσότερους σταθμούς, τα ονόματα των οποίων θα πρέπει να εισαχθούν στις παραπάνω εντολές.

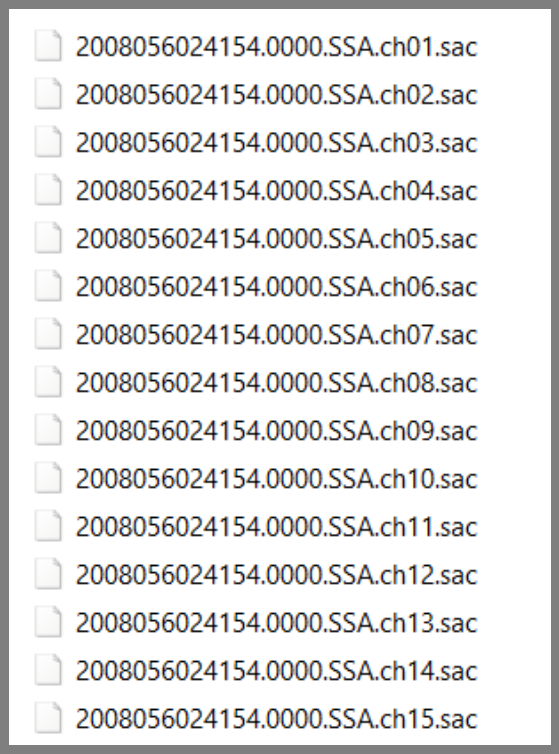


```
SAC> m ../AIG
2011261114433.0000.AIG.ch01.sac 2011261114433.0000.AIG.ch02.sac 2011261114433.0000.AIG.ch03.sac
2011261114433.0000.AIG.ch01.sac 2011261114433.0000.AIG.ch02.sac 2011261114433.0000.AIG.ch03.sac
SAC> m ../AIG
2011261114433.0000.AIG.ch03.sac
2011261114433.0000.AIG.ch01.sac
2011261114433.0000.AIG.ch02.sac
2011261114433.0000.AIG.chn.sac
2011261114433.0000.AIG.chz.sac
ERROR 1:
SAC> m event.txt
2011261114433.0000.AIG.ch01.sac 2011261114433.0000.AIG.ch02.sac 2011261114433.0000.AIG.ch03.sac
2011261114433.0000.AIG.ch01.sac 2011261114433.0000.AIG.ch02.sac 2011261114433.0000.AIG.ch03.sac
2011261114433.0000.AIG.chn.sac 2011261114433.0000.AIG.chz.sac
SAC>
```

Εικ. 48: Σε αυτή την εικόνα είναι ορατές οι εντολές που εκτελέσαμε στο LINUX, ώστε να δημιουργηθούν τα νέα αρχεία που θα έχουν τις πληροφορίες των τριών συνιστωσών. Σεισμικό γεγονός τις 18^{ης} Σεπτεμβρίου 2011 με καταγραφή από τους δυο σταθμούς στο Αίγιο.

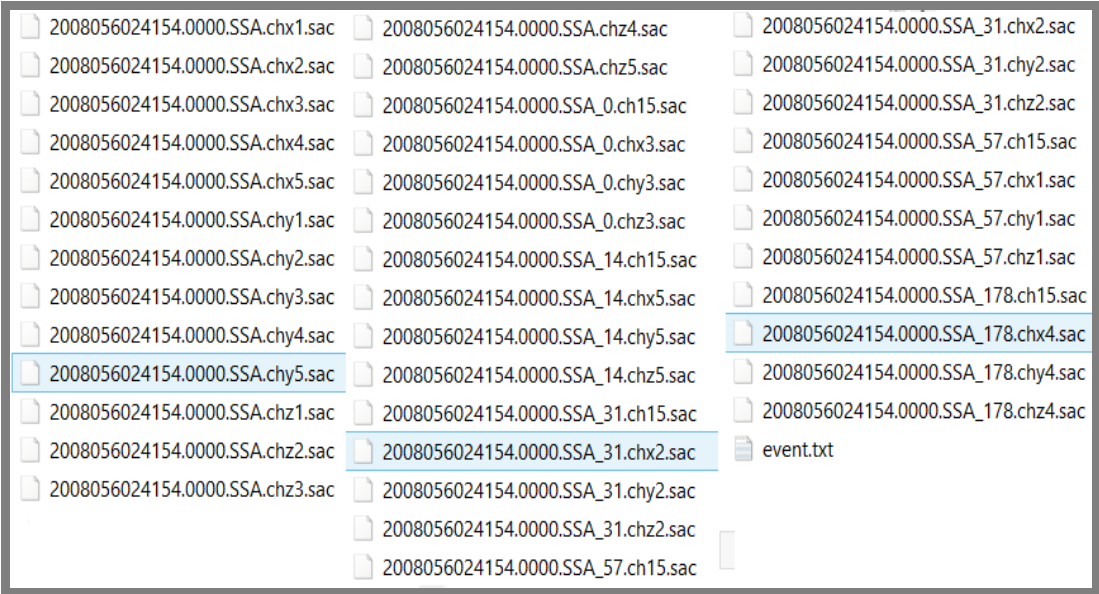
Εφόσον εισαχθεί το όνομα του σταθμού (ή των σταθμών, αν έχει καταγραφεί από περισσότερους) από τον οποίο έχει καταγραφεί ένα συγκεκριμένο σεισμικό γεγονός και εκτελεστούν οι προαναφερθείσες εντολές, θα πρέπει να παρατηρούνται οι καταλήξεις che, chn, chz, όπως απεικονίζονται στην παραπάνω εικόνα. Με την απεικόνιση αυτών των καταλήξεων, διακρίνουμε ότι η διαδικασία έχει πραγματοποιηθεί επιτυχώς και για τις τρεις συνιστώσες, γεγονός που μπορεί να επαληθευτεί.

Για παράδειγμα ο σεισμός της 25^{ης} Φεβρουαρίου του 2009 που έγινε στις 024159 περιλαμβάνει τους εξής φακέλους (στο φάκελο datalast, ο οποίος είναι το directory που προαναφέρθηκε):



2008056024154.0000.SSA.ch01.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch02.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch03.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch04.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch05.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch06.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch07.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch08.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch09.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch10.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch11.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch12.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch13.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch14.sac
 2008056024154.0000.SSA.ch15.sac

Άρα, το συγκεκριμένο σεισμικό γεγονός έχει καταγραφεί από ένα σταθμό (SSA) και αφού εκτελεστούν οι παραπάνω εντολές στο λογισμικό SAC προκύπτουν οι εξής φάκελοι:



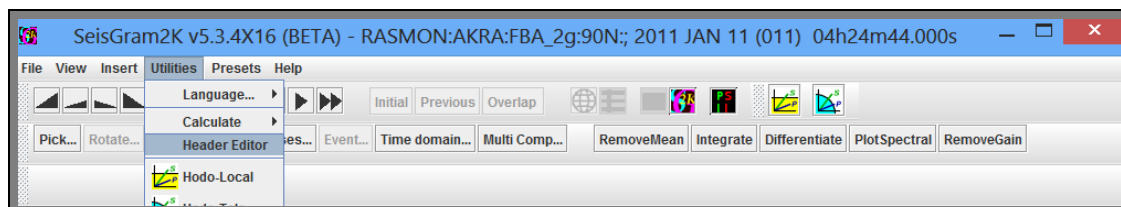
2008056024154.0000.SSA.chx1.sac 2008056024154.0000.SSA.chz4.sac 2008056024154.0000.SSA_31.chx2.sac
 2008056024154.0000.SSA.chx2.sac 2008056024154.0000.SSA.chz5.sac 2008056024154.0000.SSA_31.chy2.sac
 2008056024154.0000.SSA.chx3.sac 2008056024154.0000.SSA_0.ch15.sac 2008056024154.0000.SSA_31.chz2.sac
 2008056024154.0000.SSA.chx4.sac 2008056024154.0000.SSA_0.chx3.sac 2008056024154.0000.SSA_57.ch15.sac
 2008056024154.0000.SSA.chx5.sac 2008056024154.0000.SSA_0.chy3.sac 2008056024154.0000.SSA_57.chx1.sac
 2008056024154.0000.SSA.chy1.sac 2008056024154.0000.SSA_0.chz3.sac 2008056024154.0000.SSA_57.chy1.sac
 2008056024154.0000.SSA.chy2.sac 2008056024154.0000.SSA_14.ch15.sac 2008056024154.0000.SSA_57.chz1.sac
 2008056024154.0000.SSA.chy3.sac 2008056024154.0000.SSA_14.chx5.sac 2008056024154.0000.SSA_178.ch15.sac
 2008056024154.0000.SSA.chy4.sac 2008056024154.0000.SSA_14.chy5.sac 2008056024154.0000.SSA_178.chx4.sac
 2008056024154.0000.SSA.chy5.sac 2008056024154.0000.SSA_14.chz5.sac 2008056024154.0000.SSA_178.chy4.sac
 2008056024154.0000.SSA.chz1.sac 2008056024154.0000.SSA_31.ch15.sac 2008056024154.0000.SSA_178.chz4.sac
 2008056024154.0000.SSA.chz2.sac 2008056024154.0000.SSA_31.chx2.sac event.txt
 2008056024154.0000.SSA.chz3.sac 2008056024154.0000.SSA_31.chy2.sac
 2008056024154.0000.SSA_31.chz2.sac
 2008056024154.0000.SSA_57.ch15.sac

Με το πέρας αυτής της διαδικασίας, παρατηρούμε τις καταλήξεις chx, chy, chz, που αντιστοιχούν στις συνιστώσες x,y,z και κατ' επέκταση στις che, chn, chz που προαναφέρθηκαν.

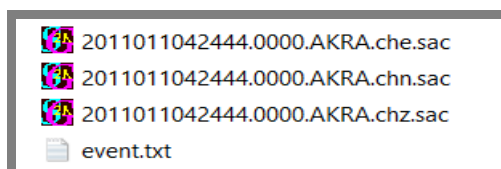
Από τους φακέλους που προκύπτουν, σύμφωνα με τη παραπάνω διαδικασία, απομονώνουμε εκείνους για τους οποίους έχουν παραχθεί σειсмоγράμματα. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να εξεταστεί αν για κάθε σταθμό υπάρχει αντίστοιχο αρχείο στις συνιστώσες x,y,z ή z,e,n. Αυτός ο έλεγχος πραγματοποιείται ανοίγοντας κάθε ένα φάκελο με την ονομασία του σταθμού, ο οποίος και κατέγραψε το σεισμικό γεγονός.

Εφόσον επιλεχτεί ο φάκελος, μέσω της εφαρμογής SeisGram2K60, μάς δίνονται τα σειсмоγράμματα, τα οποία και μελετώνται.

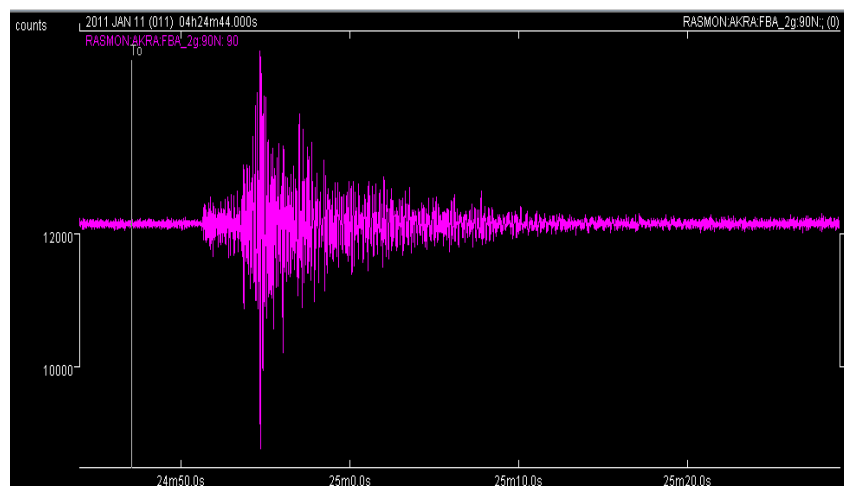
Για κάθε σειсмоγράμμα μέσω της εντολής Utilities-header editor: πραγματοποιείται έλεγχος των στοιχείων που αφορούν το συγκεκριμένο σεισμό και που θα πρέπει να απεικονίζονται, ώστε με αυτό τον τρόπο να επαληθευτεί αν έχουν λειτουργήσει σωστά οι παραπάνω διαδικασίες και έτσι έχουν παραχθεί σειсмоγράμματα που μπορούν να μελετηθούν και είναι αξιόπιστα για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.



Για παράδειγμα, για το σεισμικό γεγονός της 11^{ης} Ιανουαρίου του 2011, ύστερα από την παραπάνω εξέταση των περιεχόμενων φακέλων, προκύπτουν οι εξής τρείς που θα μελετηθούν διεξοδικότερα:



Η σεισμική αυτή δόνηση έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας, όπως δηλώνεται μέσω της ονομασίας AKRA, ενώ από τις καταλήξεις che, chn, chz καταλαβαίνουμε ότι τα παραχθέντα σειсмоγράμματα θα μελετηθούν στις συνιστώσες E, N, Z, όπως φαίνεται κυκλωμένο στον header editor ως X, Y, Z αντίστοιχα. (Εικ. 50, 52 και 54).



Εικ. 49: Σειсмоγράμμα (2011011042444.0000.AKRA.che.sac) οριζόντιας συνιστώσας e για το σεισμό του παραδείγματος.

Field	Value	Apply to all traces in group
Network:	RASMON	☒
Station:	AKRA	☒
Station Latitude:	38.162998	☒
Station Longitude:	22.3333	☒
Station Elevation (m):	134.0	☒
Station Depth (km):	179,769,313,486,231,57	☒
Instrument:	FBA_2g	☒
Channel:	90N	☐
Component:	X	☐
Comp Azimuth:	90.0	☐
Comp Inclination:	90.0	☐
Event Name:	?	☒
Event Origin Time:	2011,01,11,04,24,47.0	☒
Event Latitude:	38.299999	☒
Event Longitude:	22.4	☒
Event Elevation (m):	∞	☒
Event Depth (km):	0.014	☒
Distance (km):	16.290087	☒
Distance (deg):	0.146522	☒
Azimuth (deg):	201.028702	☒
Back Azimuth (deg):	20.987602	☒
Magnitude:	2.4	☒

Εικ. 50: Το εικονίδιο του header editor για το παραπάνω σεισμόγραμμα.

Με την επιλογή εμφάνισης του header editor επαληθεύουμε αν έχουν εισαχθεί όλες οι απαραίτητες πληροφορίες στα αντίστοιχα πεδία.

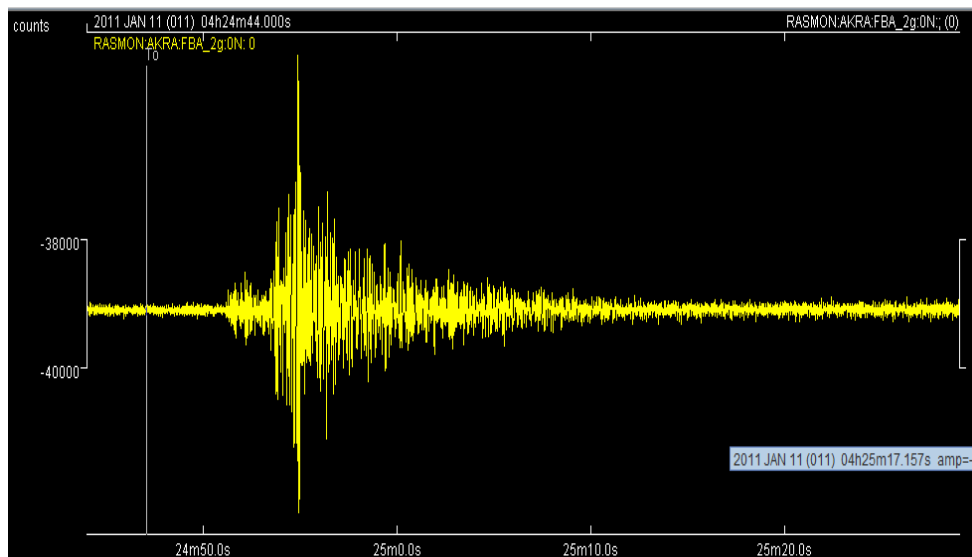
Συγκεκριμένα, σε κάθε τέτοιο εικονίδιο εξετάζεται αν είναι συμπληρωμένα τα εξής πεδία:

- network, δίκτυο
- station, σταθμός
- station latitude, γεωγραφικό πλάτος σταθμού
- station longitude, γεωγραφικό μήκος σταθμού
- station elevation (m), υψόμετρο σταθμού σε m
- station depth (km), βάθος σταθμού σε km
- instrument, όργανο
- channel, κανάλι
- component, συνιστώσα
- comp azimuth, συνιστώσα αζιμούθιου
- comp inclination, συνιστώσα κλίσης

- event name, όνομα γεγονότος
- event origin time, χρόνος γένεσης σεισμικού γεγονότος
- event latitude, γεωγραφικό μήκος σεισμικού γεγονότος
- event longitude, γεωγραφικό πλάτος σεισμικού γεγονότος
- event elevation (m), υψόμετρο σε m
- event depth (km), βάθος σεισμού σε km
- distance (km), υποκεντρική απόσταση σε km
- distance (deg), υποκεντρική απόσταση σε μοίρες (°)
- azimuth (deg), αζιμούθιο σε μοίρες (°)
- back azimuth (deg), αζιμούθιο σε μοίρες (°)
- magnitude, μέγεθος

Τα πεδία αυτά αφορούν στοιχεία του σεισμολογικού δικτύου στο οποίο ανήκει ο σταθμός που έχει καταγράψει το σεισμικό γεγονός. Επίσης, περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικές με τα επιμέρους χαρακτηριστικά του εκάστοτε σταθμού, καθώς και του συγκεκριμένου σεισμικού γεγονότος που έχει καταγραφεί από αυτόν.

Για παράδειγμα, από τη παρατήρηση της εικόνας 52, διακρίνουμε ότι το σεισμικό γεγονός έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας (station: AKRA), ο οποίος ανήκει στο σεισμολογικό δίκτυο RASMON (network:RASMON), ενώ στην συνέχεια, παραθέτονται τα ειδικότερα στοιχεία του σταθμού και του σεισμού αυτού.



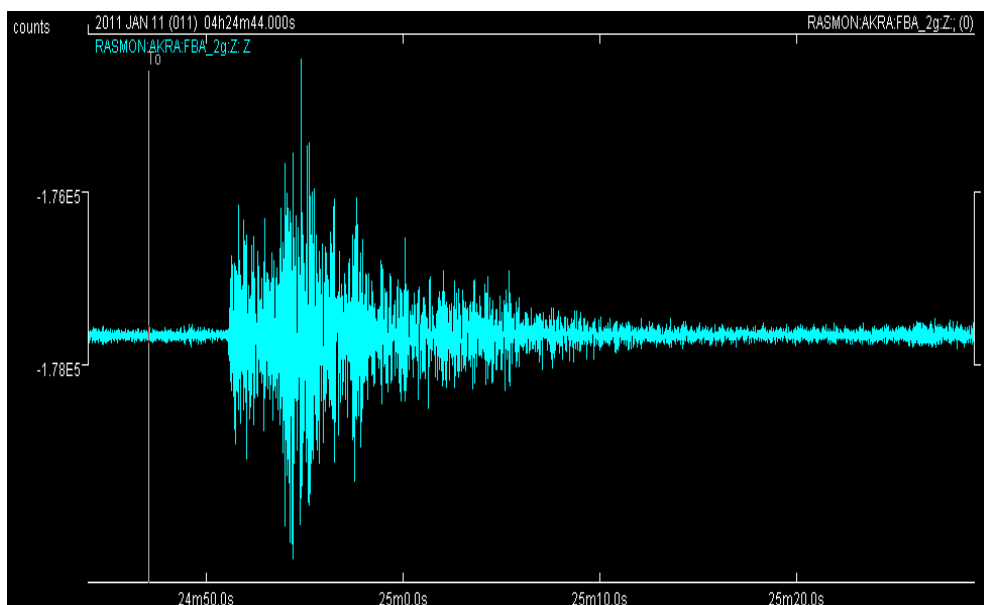
Εικ. 51: Σεισμόγραμμα (2011011042444.0000.AKRA.chn.sac) κάθετης συνιστώσας n για το σεισμό του παραδείγματος.

Header Editor

Network:	RASMON	☒ Apply to all traces in group
Station:	AKRA	☒ Apply to all traces in group
Station Latitude:	38.162998	☒ Apply to all traces in group
Station Longitude:	22.3333	☒ Apply to all traces in group
Station Elevation (m):	134.0	☒ Apply to all traces in group
Station Depth (km):	179,769,313,486,231,57	☒ Apply to all traces in group
Instrument:	FBA_2g	☒ Apply to all traces in group
Channel:	0N	☐ Apply to all traces in group
Component:	Y	☐ Apply to all traces in group
Comp Azimuth:	0.0	☐ Apply to all traces in group
Comp Inclination:	90.0	☐ Apply to all traces in group
Event Name:	?	☒ Apply to all traces in group
Event Origin Time:	2011,01,11,04,24,47.0	☒ Apply to all traces in group
Event Latitude:	38.299999	☒ Apply to all traces in group
Event Longitude:	22.4	☒ Apply to all traces in group
Event Elevation (m):	∞	☒ Apply to all traces in group
Event Depth (km):	0.014	☒ Apply to all traces in group
Distance (km):	16.290087	☒ Apply to all traces in group
Distance (deg):	0.146522	☒ Apply to all traces in group
Azimuth (deg):	201.028702	☒ Apply to all traces in group
Back Azimuth (deg):	20.987602	☒ Apply to all traces in group
Magnitude:	2.4	☒ Apply to all traces in group

Save Cancel

Εικ. 52: Το εικονίδιο του header editor για το παραπάνω σεισμόγραμμα.



Εικ. 53: Σεισμόγραμμα (2011011042444.0000.AKRA.chz.sac) συνιστώσας z για το σεισμό του παραδείγματος.

The screenshot shows the 'Header Editor' window with the following fields and values:

- Station: AKRA
- Station Latitude: 38.162998
- Station Longitude: 22.3333
- Station Elevation (m): 134.0
- Station Depth (km): 179,769,313,486,231,57
- Instrument: FBA_2g
- Channel: Z
- Component: Z
- Comp Azimuth: 0.0 (circled in red)
- Comp Inclination: 0.0
- Event Name: ?
- Event Origin Time: 2011.01.11.04.24.47.0
- Event Latitude: 38.299999
- Event Longitude: 22.4
- Event Elevation (m): ∞
- Event Depth (km): 0.014
- Distance (km): 16.290087
- Distance (deg): 0.146522
- Azimuth (deg): 201.028702
- Back Azimuth (deg): 20.987602
- Magnitude: 2.4

On the right side, there are checkboxes for 'Apply to all traces in group' for each of the above fields. Most are checked, except for 'Channel', 'Component', 'Comp Azimuth', and 'Comp Inclination' which are unchecked.

At the bottom right, there are 'Save' and 'Cancel' buttons.

Εικ. 54: Το εικονίδιο του header editor για το παραπάνω σεισμόγραμμα.

Στην συνέχεια, μέσω του λογισμικού Linux, με την χρήση προγράμματος SAC, πραγματοποιείται μετατροπή ανά μήνα, σύμφωνα με τις ακόλουθες εντολές:

SAC> r 20aa-bb*/*.sac (aa: κατάληξη έτους και bb: μήνας)

SAC> rmean

SAC> rtrend

SAC> taper

SAC> mul 0.0002339

SAC> w over

Οι εντολές αυτές εκτελούνται προκειμένου να γίνει μετατροπή σε cm/s^2 , με βάση τη σταθερά ενίσχυσης του οργάνου, η οποία είναι 0.0002339.

Αφού πραγματοποιηθεί αυτή η μετατροπή για όλους τους μήνες του 2008, 2009, 2010, 2011 και 2012, δηλαδή των ετών που μελετώνται στη παρούσα εργασία, έχει πραγματοποιηθεί και ανάλογη μετατροπή στα δεδομένα. Έπειτα, εφαρμόζουμε τις παρακάτω εντολές:

SAC> rh 20*/*.chn.sac

SAC> ch kcmpnm N

SAC> wh

SAC> rh 20*/*.che.sac

SAC> ch kcmpnm E

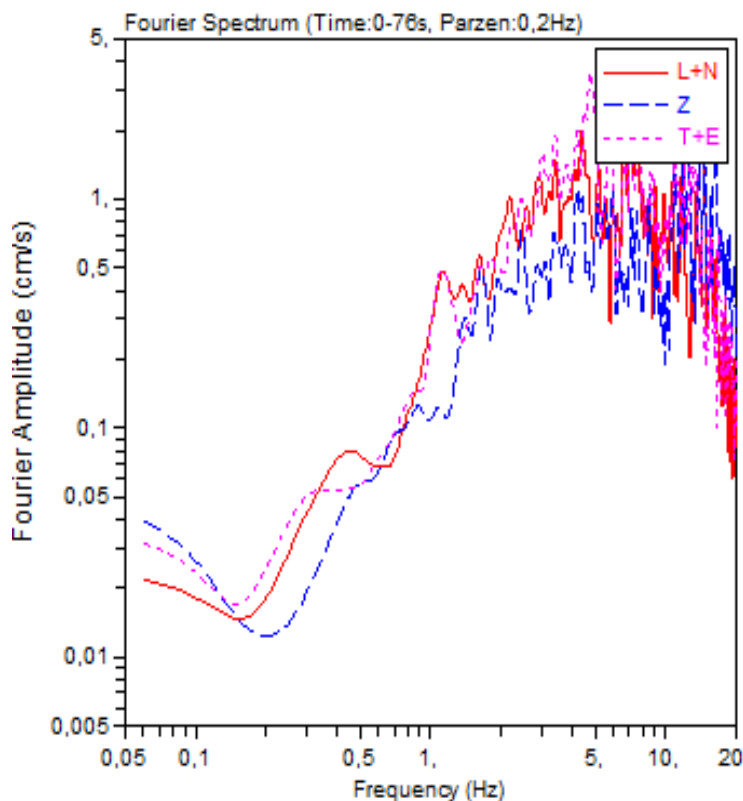
SAC> wh

προκειμένου να υπάρχει αναγνώριση και στις 3 συνιστώσες, δηλαδή στην παρακάτω εισαγωγή των σεισμικών γεγονότων να είναι δυνατή η απεικόνιση των κυματομορφών και στις τρεις συνιστώσες.

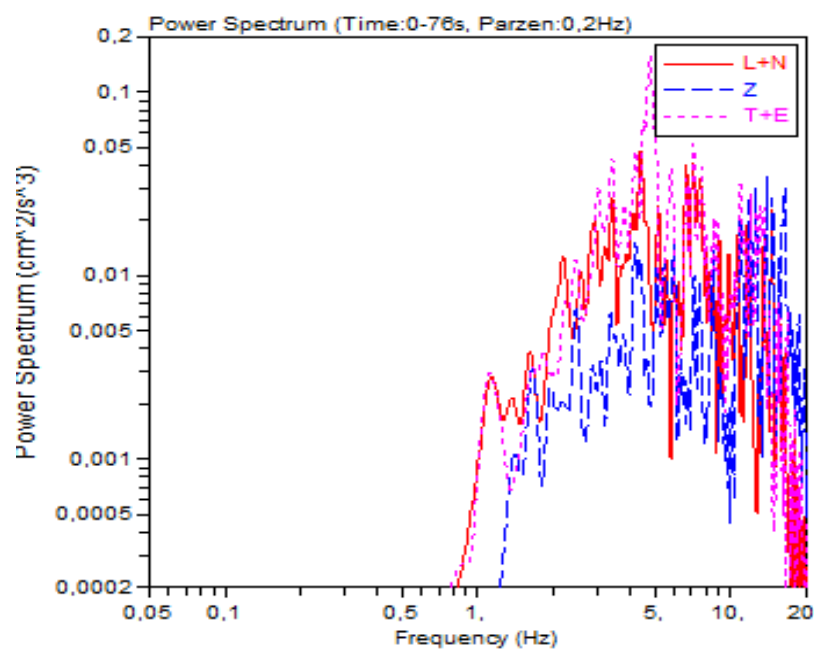
5.4. ΦΑΣΜΑΤΑ

Κάθε επιταχυνσιόγραμμα, πριν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης, πρέπει να διορθωθεί ως προς την απόκριση του οργάνου και την απόκλιση της μηδενικής στάθμης. Πρέπει να υποστεί μία φορά ολοκλήρωση για να υπολογιστεί η εδαφική ταχύτητα και διπλή ολοκλήρωση, προκειμένου να υπολογιστεί η εδαφική μετατόπιση. Τα φάσματα Fourier που βρίσκονται στο πρόγραμμα επεξεργασίας view-wave και χρησιμοποιούνται για την λήψη πρόσθετων δεδομένων είναι τα εξής:

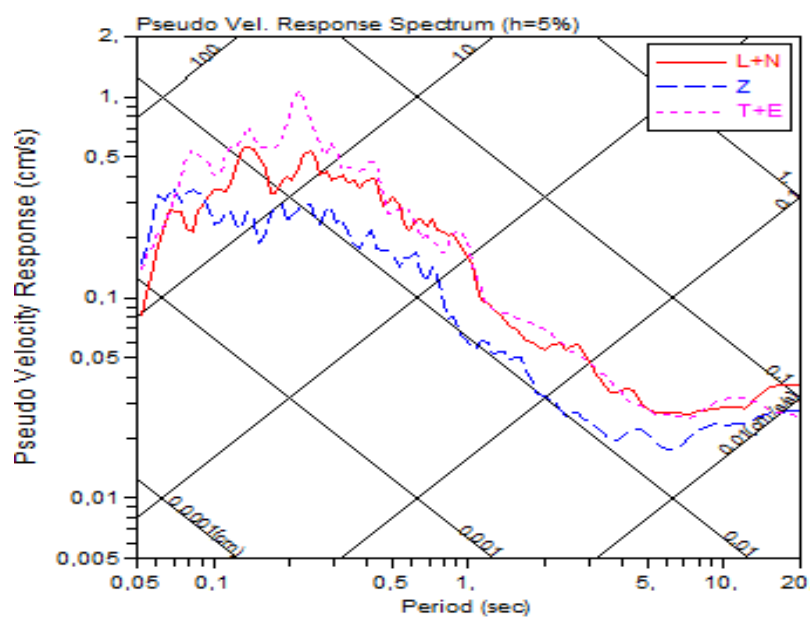
- φάσμα απόκρισης της επιτάχυνσης (Absolute Acceleration Response Spectra)
- σχετικό φάσμα απόκρισης της ταχύτητας (Relative Velocity Response Spectra)
- σχετικό φάσμα απόκρισης της μετάθεσης (Relative Displacement Response Spectra)
- φάσμα Fourier
- τριμερές φάσμα απόκρισης (Tripartite Response spectra)



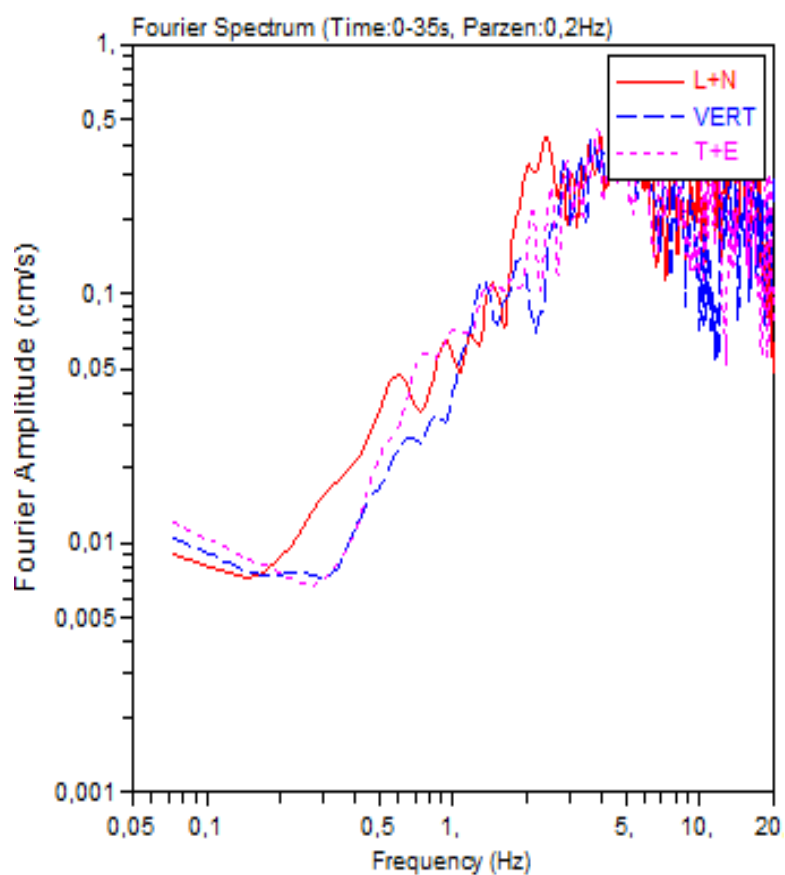
Εικ. 55: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος Fourier από τον σεισμό στις 04/05/2011 με καταγραφές από το σταθμό της Ακράτας.



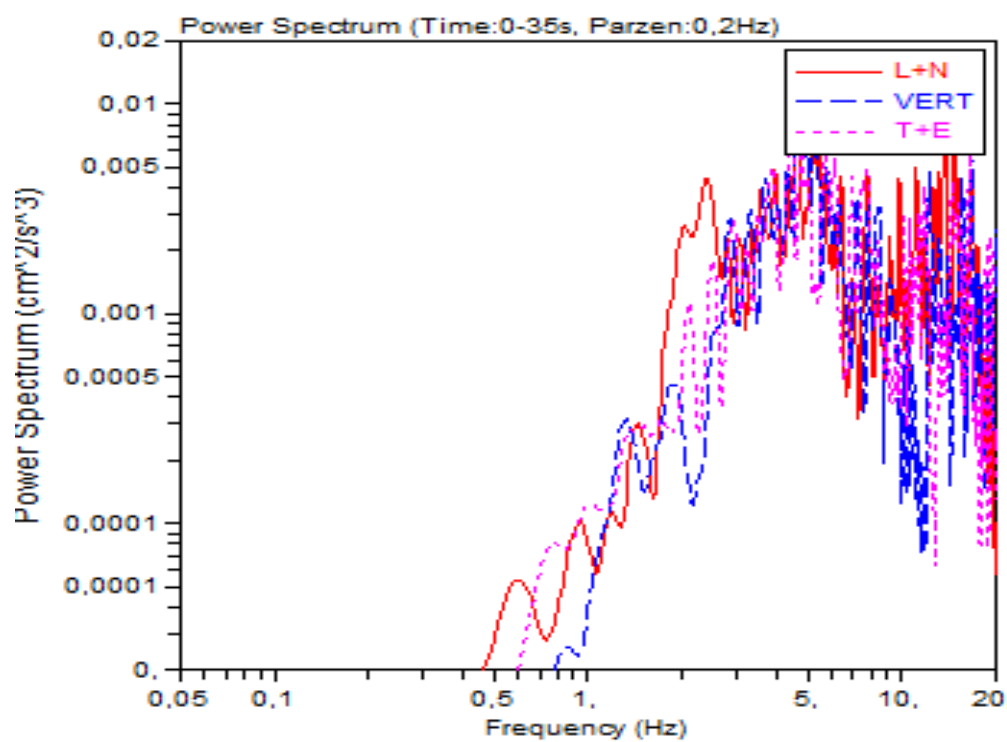
Εικ. 56: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος από τον σεισμό στις 04/05/2011 με καταγραφές από το σταθμό της Ακράτας.



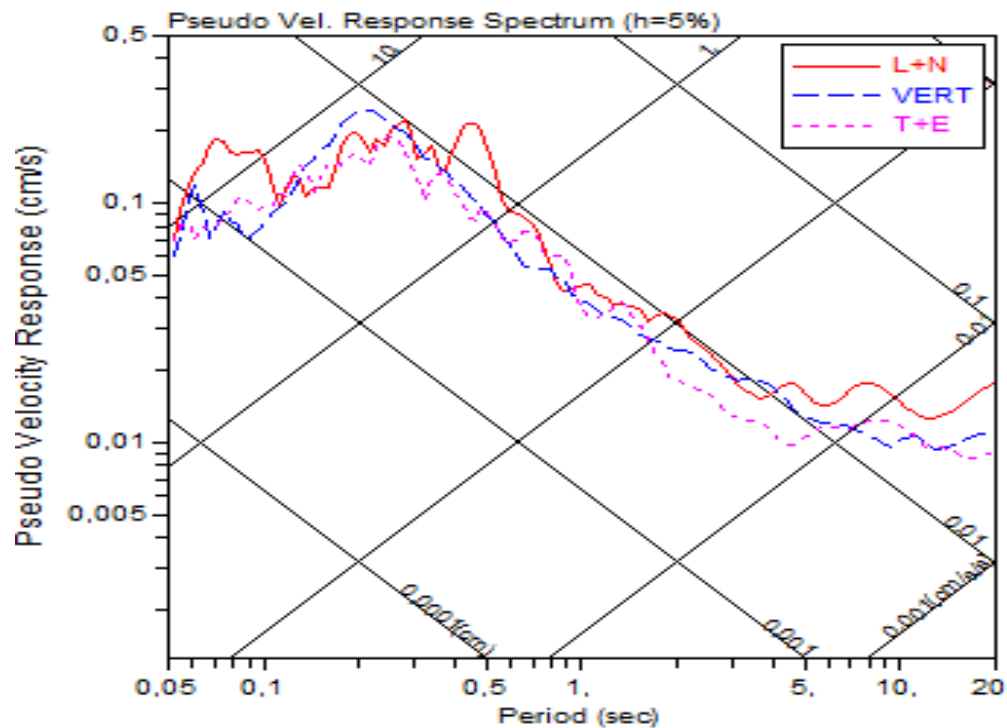
Εικ. 57: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος απόκρισης της ταχύτητας από τον σεισμό στις 04/05/2011 με καταγραφές από το σταθμό της Ακράτας.



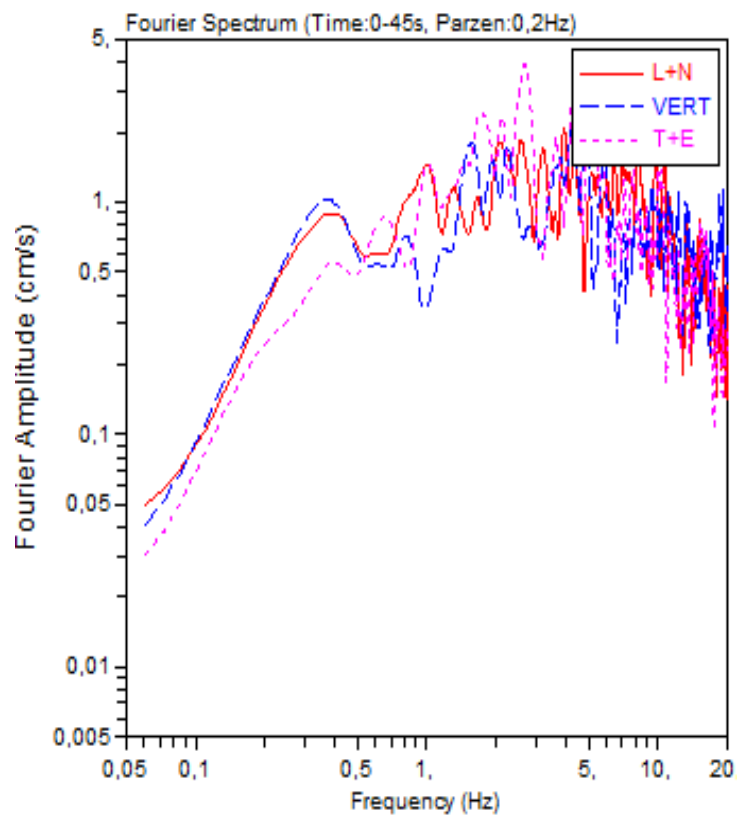
Εικ. 58: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος Fourier από τον σεισμό στις 04/05/2011 με καταγραφές από το σταθμό του Γαλαξιδίου.



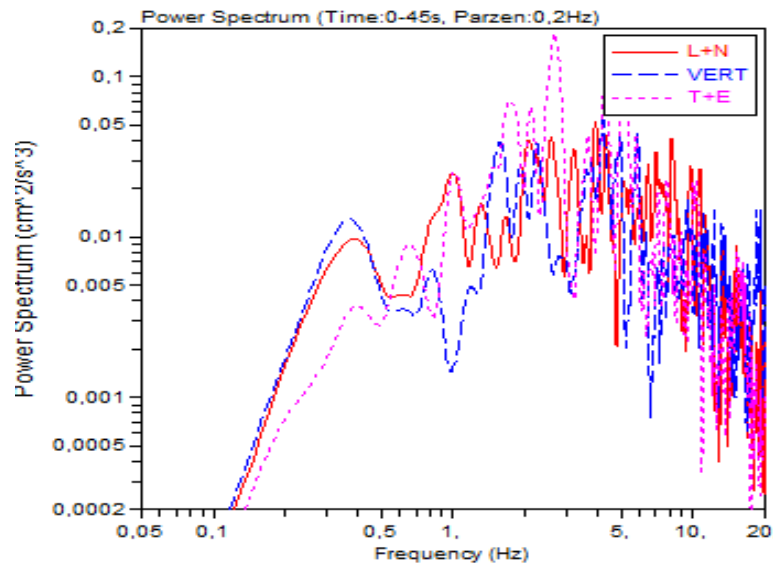
Εικ. 59: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος απόκρισης της ταχύτητας από τον σεισμό στις 04/05/2011 με καταγραφές από το σταθμό του Γαλαξιδίου.



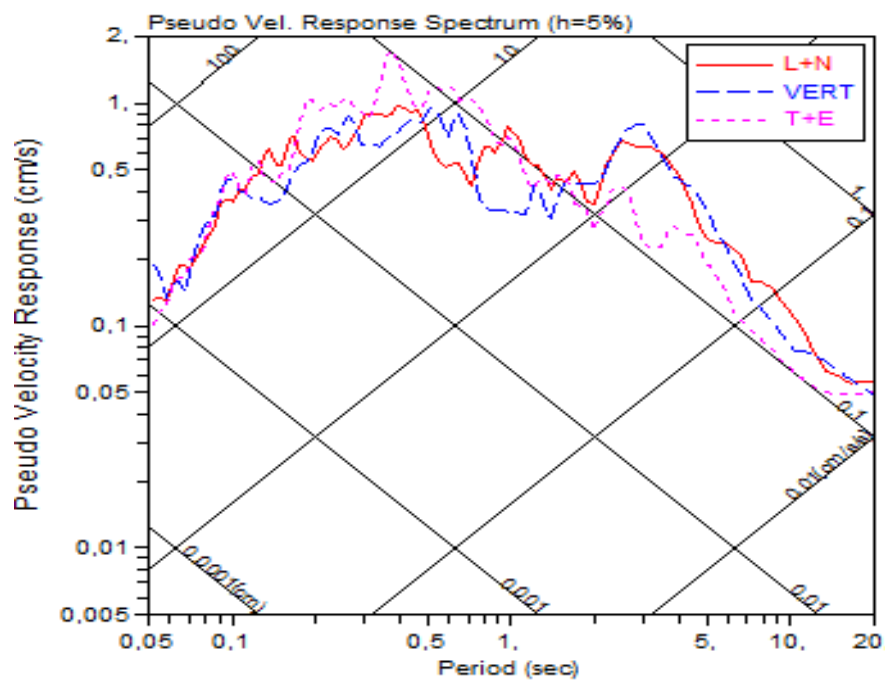
Εικ. 60: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος απόκρισης της ταχύτητας από τον σεισμό στις 04/05/2011 με καταγραφές από το σταθμό του Γαλαξιδίου.



Εικ. 61: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος Fourier από τον σεισμό στις 18/01/2010 με καταγραφές από το σταθμό του Γαλαξιδίου.



Εικ. 62: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος από τον σεισμό στις 18/01/2010 με καταγραφές από το σταθμό του Γαλαξιδίου.



Εικ. 63: Ενδεικτικό παράδειγμα φάσματος απόκρισης της ταχύτητας από τον σεισμό στις 18/01/2010 με καταγραφές από το σταθμό του Γαλαξιδίου.

6. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ WEB

Εφόσον τα στοιχεία των σεισμών, που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, στο χρονικό διάστημα 2008-2012, εισήχθησαν σε φακέλους, σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, επιλέγονται οι σεισμοί που χαρακτηρίζονται από μέγεθος μεγαλύτερο του M3.6.

Για τους συγκεκριμένους σεισμούς, υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, τα οποία και θα χρησιμοποιηθούν για την εισαγωγή τους στη βάση, τόσο σε κάθε φάκελο που δημιουργήσαμε με την ονομασία event, όπως, επίσης, σε καταλόγους που μας δόθηκαν και τους επεξεργαστήκαμε. Επίσης, στοιχεία υπάρχουν στο Εργαστήριο Σεισμολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, αλλά και στο Αστεροσκοπείο Αθηνών. Από αυτές τις πηγές, μπορούμε και πραγματοποιούμε έλεγχο, αλλά και επαλήθευση των στοιχείων των σεισμών που έχουν επιλεχθεί για να εισαχθούν στη βάση, γεγονός που είναι απαραίτητο σε όλη τη διάρκεια εκτέλεσης των διαδικασιών αυτών.

Αρχικά, στη βάση δεδομένων του site εισήχθησαν οι σεισμολογικοί σταθμοί που έχουν εγκατασταθεί στη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου και από τους οποίους ελήφθησαν οι καταγραφές των γεγονότων που επεξεργαστήκαμε.

Πιο συγκεκριμένα, μέσω της εντολής UPDATE→New Station προέκυψε ένα αναδυόμενο παράθυρο (Εικ. 64), όπου και εισάγουμε τα εξής πεδία:

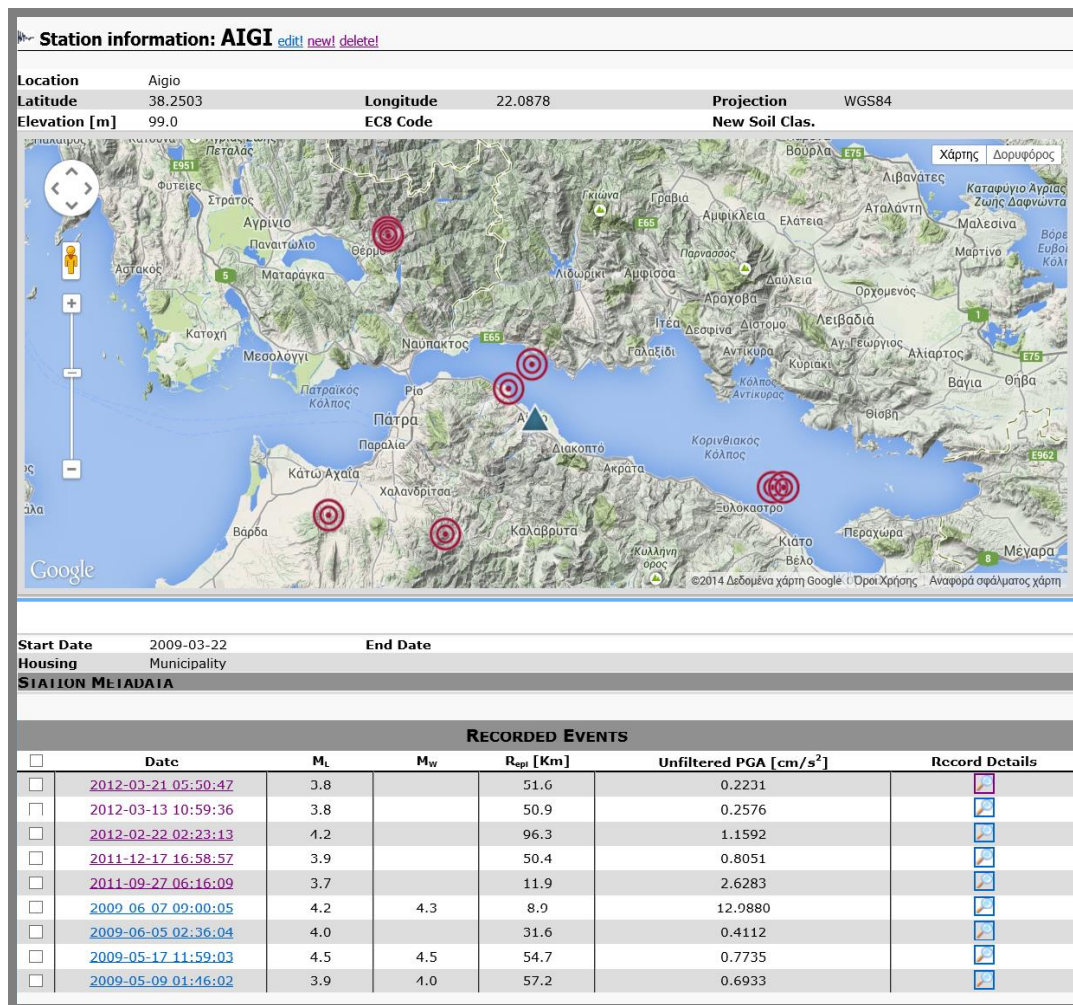
- Location: τοποθεσία
- Longitude: γεωγραφικό μήκος
- Latitude: γεωγραφικό πλάτος
- Elevation (m): υψόμετρο
- Start date: ημερομηνία έναρξης λειτουργίας
- Housing: χώρος φιλοξενίας σεισμικού οργάνου

HOME	THE CORSSA PROJECT	DATABASE SEARCH	ANNOUNCEMENTS	UPDATE
				New Event
				New Station
New station information:				New Hyp-Ref
				New FM-Ref
Code		Location		Owner Name
INSTRUMENTATION				
Latitude		Longitude		Projection
Elevation		EC8 Code		New Soil Clas.
Start Date		End Date		
Housing				
SITE CHARACTERIZATION				
Geotechnical:		Αναζήτηση...		
Geophysical:		Αναζήτηση...		
Response:		Αναζήτηση...		

Εικ. 64: Το παράθυρο που προκύπτει μέσω της εντολής UPDATE→New Station, στο οποίο και συμπληρώνονται τα πεδία που προαναφέρθηκαν.

Μετά την εισαγωγή των προαναφερθέντων πεδίων, λαμβάνουμε μια εικόνα για τον εκάστοτε σταθμό. Σε αυτή την εικόνα αναγράφονται οι πληροφορίες που αφορούν τον συγκεκριμένο σταθμό και τα ειδικότερα πεδία που είναι συμπληρωμένα. Εκτός από τα πεδία που είναι συμπληρωμένα, διακρίνεται μία λίστα με καταγεγραμμένα γεγονότα, η οποία περιλαμβάνει τους σεισμούς που έχουν καταγραφεί από τον συγκεκριμένο σεισμολογικό σταθμό.

Για παράδειγμα, εφόσον εισαχθούν οι πληροφορίες για το σταθμό του Αιγίου, όταν αυτός επιλεγεί, προκύπτει η παρακάτω εικόνα (Εικ. 65)



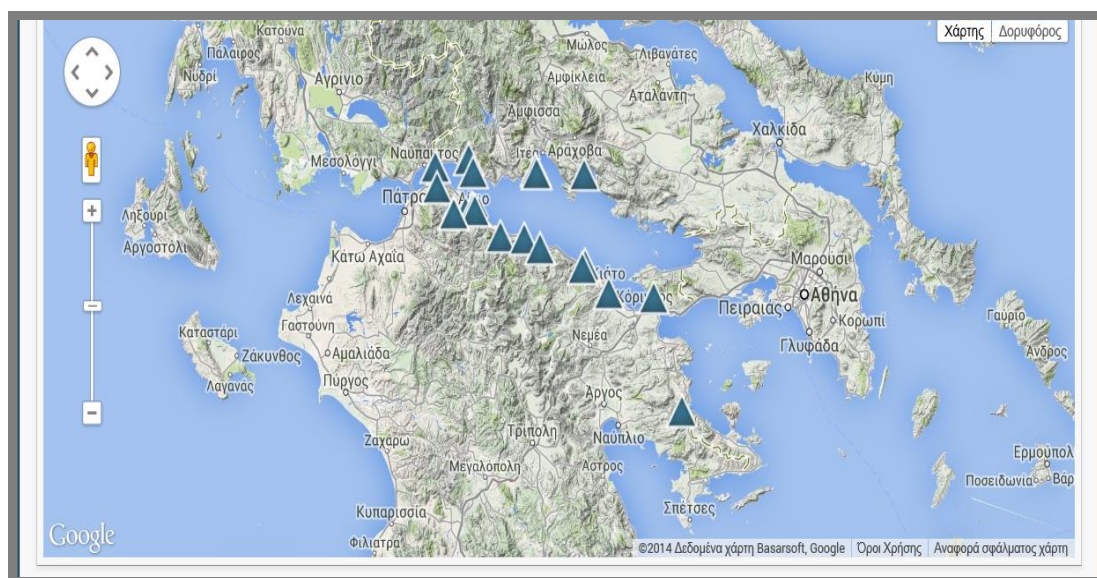
Εικ. 65: Απεικόνιση πληροφοριών σταθμού Αιγίου, έπειτα από τη συμπλήρωση των παραπάνω πεδίων (Location, Longitude, Latitude, Elevation (m), Start date και Housing).

Ύστερα από την εισαγωγή όλων των σταθμών, λαμβάνεται η εξής λίστα (Εικ. 66), στην οποία εμφανίζονται οι σεισμολογικοί σταθμοί και η οποία δίνει την δυνατότητα στο χρήστη, με την επιλογή του κάθε σταθμού, να ενημερώνεται για τα επιμέρους χαρακτηριστικά του.

SEARCH RESULTS								
☐	Code	Location	Latitude	Longitude	EC8	NSC	Housing	Recordings
☐	AIGI	Aigio	38.2503	22.0878			Municipality	9
☐	AKRA	Akrata	38.163	22.3334			Warehouse	18
☐	ANTI	Antikyra	38.3639	22.6326			Vault	2
☐	CORSSA	AIGIO	38.256	22.075			Vault	0
☐	DERV	Derveni	38.128601	22.4093			Municipality	0
☐	EPID	Epidavros	37.6144	23.1189			Monastery	1
☐	GALA		38.380001	22.389999				7
☐	GLXI	Galaxidi	38.37	22.39445			Church	0
☐	KIAT	Kiato	37.9875	22.7543				7
☐	LAK1		38.240002	21.98				7
☐	LAKA	Lakka	38.2405	21.9813			Vault	0
☐	LOUT	Loutraki	37.975399	22.976299			Municipality	0
☐	MANA	Managouli	38.3899	21.8899			School	1
☐	RODI	ACHAIA (W. GREECE)	38.322906	21.897139			Cemetery Church	6
☐	SERG	Sergoula	38.4139	22.0572			Old school	14
☐	SSA 0		38.2565	22.0748				8
☐	SSA 14		38.2565	22.0748				8
☐	SSA 178		38.2565	22.0748				8
☐	SSA 31		38.2565	22.0748				8
☐	SSA 57		38.2565	22.0748				8
☐	TRAP	Trapeza	38.1685	22.2121			Monastery	0
☐	TRIZ	Trizonia Isl.	38.3709	22.0779			Vault	6
☐	XYL1	Xylokastro	38.0688	22.624			Cemetery Church	13
☐	XYL2	Xylokastro	38.0772	22.6361			Municipality	0

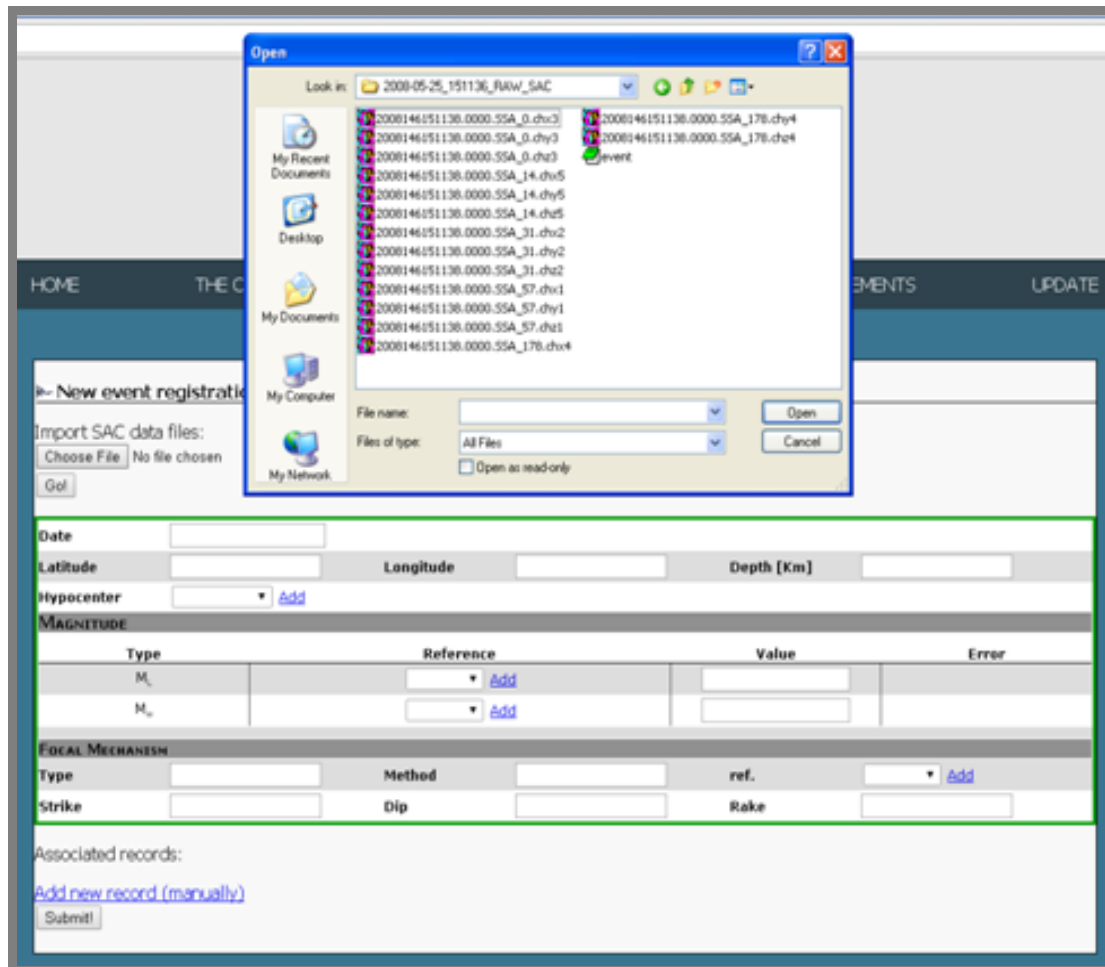
Εικ. 66: Η λίστα με τους σεισμολογικούς σταθμούς που προκύπτει, έπειτα από την εισαγωγή όλων των σταθμών στη βάση, με τις πληροφορίες (code, location, latitude, longitude, housing, recordings) για κάθε σταθμό.

Στον αντίστοιχο χάρτη (Εικ. 67) απεικονίζονται, με το σύμβολο του μπλε τριγώνου (▲), οι τοποθεσίες στις οποίες είναι εγκατεστημένοι οι συγκεκριμένοι σταθμοί στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου.



Εικ. 67: Στο χάρτη απεικονίζονται οι θέσεις των σεισμολογικών σταθμών.

Αρχικά, επιλέγεται η εντολή UPDATE→New Event και μέσω της εντολής choose file, που βρίσκεται κάτω από την εντολή import SAC data files, αναδύεται ένα παράθυρο (Εικ. 68) που επιτρέπει την εισαγωγή των sac αρχείων, τα οποία έχουν επεξεργαστεί, με τη διαδικασία που προαναφέρθηκε, για τον εκάστοτε σεισμό.



Εικ. 68: Το αναδυόμενο παράθυρο που προκύπτει σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία από το οποίο και ξεκινά η εισαγωγή των sac αρχείων.

Στη συνέχεια, επιλέγουμε το κάθε αρχείο και την εντολή open, μέχρις ότου όλα τα αρχεία να φορτωθούν στην βάση (Εικ. 69). Αφού συμβεί αυτό και γίνει επαλήθευση, τότε επιλέγεται η εντολή Go!. Μετά την εκτέλεση αυτής της εντολής προκύπτει ένα παράθυρο (Εικ. 70) με τις παραμέτρους των αρχείων.

New event registration:

Import SAC data files:
 No file chosen

☒ 2008146151138.0000.SSA_0.chx3.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_0.chy3.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_0.chz3.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_14.chx5.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_14.chy5.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_14.chz5.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_31.chx2.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_31.chy2.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_31.chz2.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_57.chx1.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_57.chy1.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_57.chz1.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_178.chx4.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_178.chy4.sac
☒ 2008146151138.0000.SSA_178.chz4.sac

Date

Latitude **Longitude** **Depth [Km]**

Hypocenter [Add](#)

MAGNITUDE

Type	Reference	Value	Error
M _L	Add		
M _w	Add		

FOCAL MECHANISM

Type	Method	ref.
		Add
Strike	Dip	Rake

Εικ. 69: Εφόσον έχουν φορτωθεί όλα τα αρχεία μορφής sac, επιλέγεται η εντολή Go!.

Date 2008-05-25 15:11:36.000

Latitude 38.1300010681152 **Longitude** 22.7299995422363 **Depth [Km]** 25.0

Hypocenter [Add](#)

MAGNITUDE

Type	Reference	Value	Error
M _L	Add	4.09999990463257	
M _w	Add		

FOCAL MECHANISM

Type	Method	ref.
		Add
Strike	Dip	Rake

Associated records:

Station SSA_0 [D](#)

R. epi. [Km] 59.0890579223633 **R_p [Km]**

Epi. Azimuth [°] 283.948303222656 **Backazimuth [°]** 103.544876098633

Time step [s] 0.0049999988824129 **Units** CORSSA_G **Filter type** Butterworth

RAW DATAFILES:

WAVEFORMS:

Orientation N [D](#)

UNCORRECTED

Points 14800 **PGA [cm/s²]** 1.91889464855194 **at [s]**

CORRECTED

Points **PGA [cm/s²]** **at [s]**

PGV [cm/s] **PGD [cm]** **T90 Dur. [s]**

High Pass [Hz] **Low Pass [Hz]** **Arias [cm/s]**

Roll on [Hz] **Roll off [Hz]**

BINARY DATA

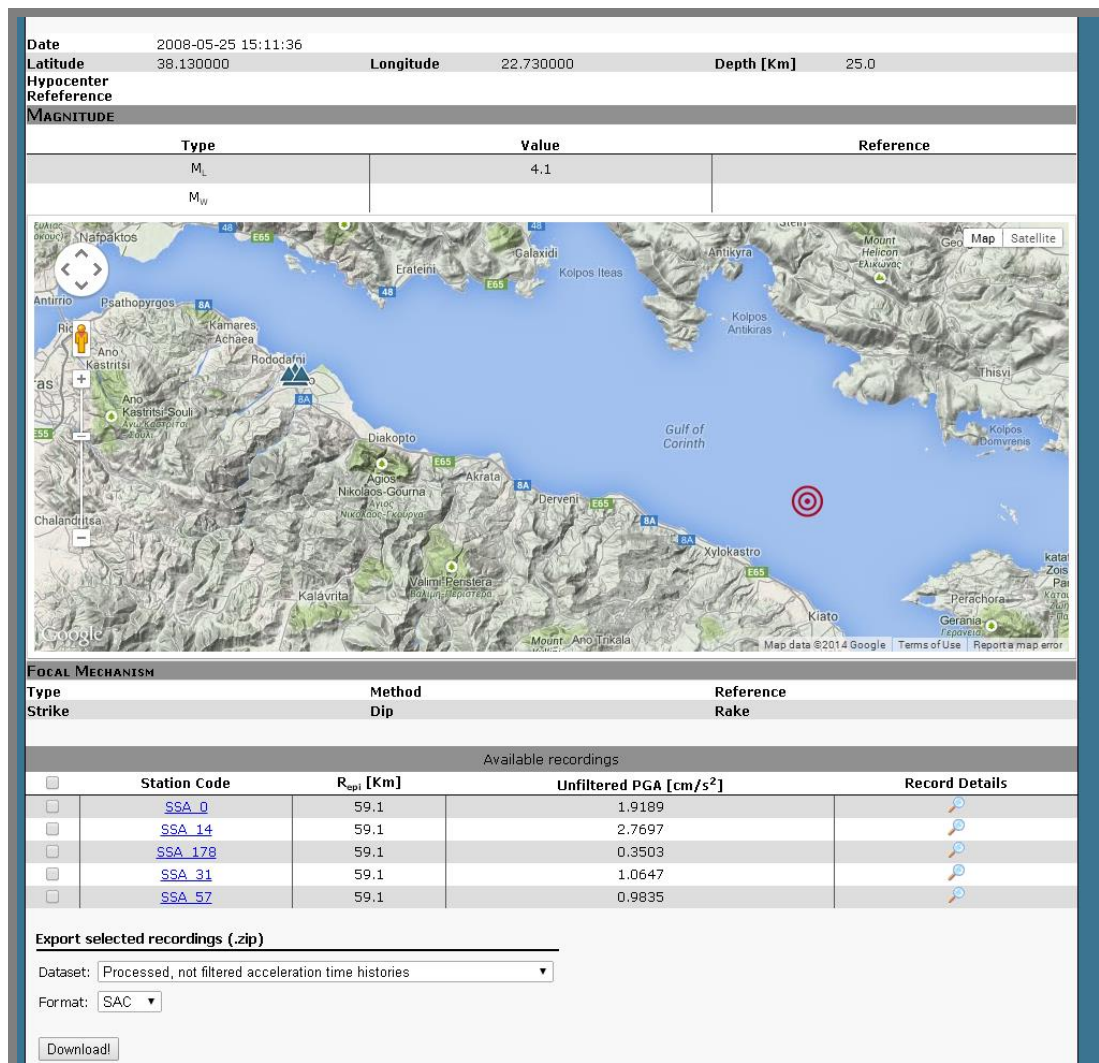
Unfiltered 2008146151138.0000.SSA_0.chx3.sac **Filtered** **Response**

Εικ. 70: Το παράθυρο με τις παραμέτρους των αρχείων που προκύπτει με την επιλογή της εντολής Go!.

Έπειτα, πληκτρολογώντας την εντολή submit που βρίσκεται στο τέλος αυτού του παραθύρου, προκύπτει ολοκληρωμένη εισαγωγή του σεισμού στην βάση του site με τις πληροφορίες που τον αφορούν.

Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας προκύπτουν οι παρακάτω πληροφορίες (Εικ. 71):

- Station code
- Repi [km]
- Unfiltered PGA [cm/s²]
- Record details.



Εικ. 71: Η εικόνα που προκύπτει ύστερα από την ολοκληρωμένη εισαγωγή του σεισμού στη βάση.

Κατά τη διάρκεια των παραπάνω διαδικασιών ή μετά το πέρας αυτών (μέσω της εντολής edit) συμπληρώνονται τα πεδία που αφορούν τον μηχανισμό γένεσης (focal mechanism) του κάθε σεισμού, στα οποία εισάγονται τα εξής: (Εικ. 72)

- type (τύπος μηχανισμού γένεσης, ανάλογα με το rake),
- method (μέθοδος προσδιορισμού μηχανισμού γένεσης)
- reference (πηγή)
- strike (παράταξη του ενός επιπέδου σε μοίρες),
- dip (κλίση του επιπέδου σε μοίρες) και
- rake (διάνυσμα ολίσθησης του επιπέδου σε μοίρες).

New event registration:

Import SAC data files:

Αναζήτηση...

Go!

Date

Latitude

Longitude

Depth [Km]

Hypocenter

▼ Add

MAGNITUDE

Type	Reference	Value	Error
M _L	▼ Add		
M _w	▼ Add		

FOCAL MECHANISM

Type		Method		ref.	▼ Add
Strike		Dip		Rake	

Associated records:

Εικ. 72: Η φόρμα συμπλήρωσης των παραπάνω στοιχείων για την εισαγωγή σεισμικού γεγονότος στη βάση.

Στην συνέχεια, στην αρχική σελίδα, μέσω της εντολής database search - events εμφανίζεται ο κατάλογος με τους εισαχθέντες σεισμούς, από τους οποίους μπορούμε και επιλέγουμε οποιοδήποτε σεισμό.

Database Search

Records

Events

Stations

References

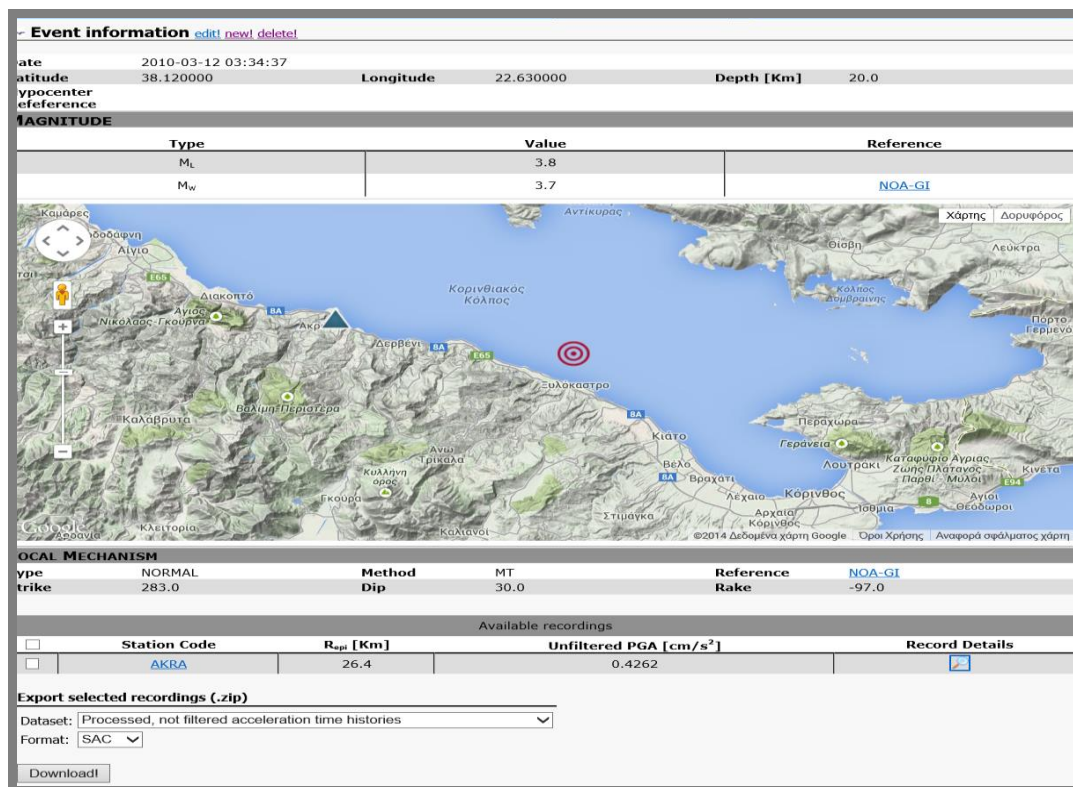
Announcements

Update

Date	M _L	M _W	Latitude	Longitude	Depth [Km]
2012-04-16 08:40:22	3.6		38.301300	22.136500	17.3
2012-03-21 05:50:47	3.8		38.609800	21.713300	16.5
2012-03-13 10:59:36	3.8		38.603300	21.716000	17.3
2012-02-22 02:23:13	4.2		37.450200	21.664500	14.6
2011-12-17 16:58:57	3.9		38.066300	21.562500	23.8
2011-11-10 17:25:39	4.6		38.417800	21.829300	19.1
2011-09-27 06:16:09	3.7		38.357500	22.078700	12.4
2011-09-14 19:20:21	3.7		38.312500	21.765000	11.1
2011-09-06 04:14:13	4.1		37.881800	23.104700	104.0
2011-08-20 02:00:23	4.9		37.936800	21.679700	25.1
2011-08-16 20:22:22	3.5		38.151000	22.710000	21.7
2011-08-07 14:35:33	4.8		38.392200	21.831200	19.5
2011-05-04 12:39:43	3.8		38.285000	22.406500	13.7
2011-03-13 13:37:02	3.7		37.936700	21.495500	24.4
2010-10-09 19:04:49	4.3	4.4	38.150000		20.0
2010-05-29 19:05:11	4.3	4.5	37.770000	21.390000	20.0
2010-05-14 14:36:15	3.7	3.8	38.450000	21.820000	15.0
2010-04-21 15:39:51	3.7	3.7	37.850000	22.070000	17.0
2010-04-21 06:39:35	3.7		37.850000	22.080000	14.0
2010-04-04 22:05:56	4.1	4.1	38.400000	22.320000	17.0

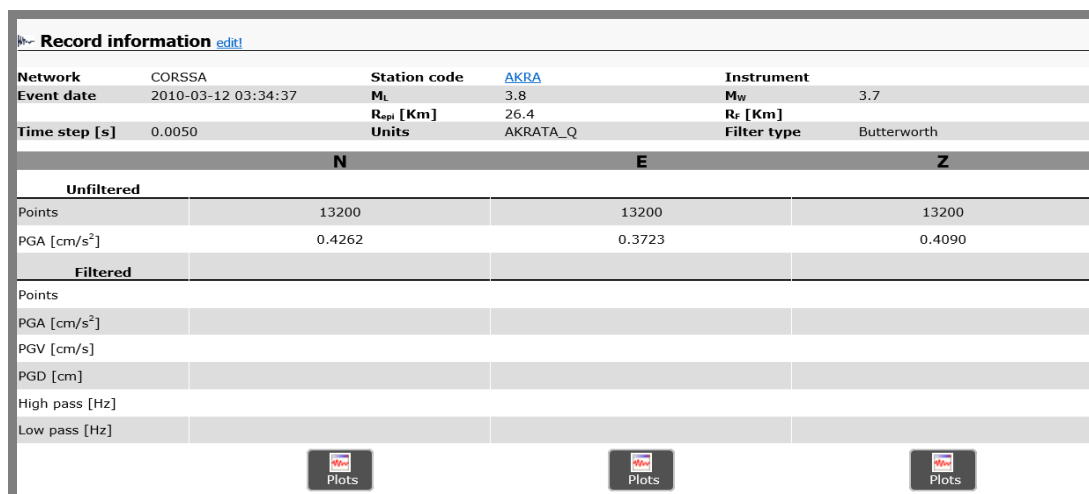
Εικ. 73: Η αρχική σελίδα του προγράμματος, από την οποία μπορούμε να εμφανίσουμε το κατάλογο με τους σεισμούς που έχουν εισαχθεί στη βάση.

Επιλέγοντας καθέναν από αυτούς τους σεισμούς που έχουν καταχωρηθεί, εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά του στοιχείου και οι ειδικότερες πληροφορίες (Εικ. 74). Με αυτό τον τρόπο, μπορεί οποιοσδήποτε να δει τις βασικές πληροφορίες του κάθε σεισμού που έχει πραγματοποιηθεί στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, καθώς και να αξιοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για περαιτέρω έρευνα.



Εικ. 74: Απεικόνιση ενός σεισμικού γεγονότος που έχει επιλεγθεί από το παραπάνω κατάλογο σεισμών και η εμφάνιση των καταγεγραμμένων στοιχείων που τον αφορούν.

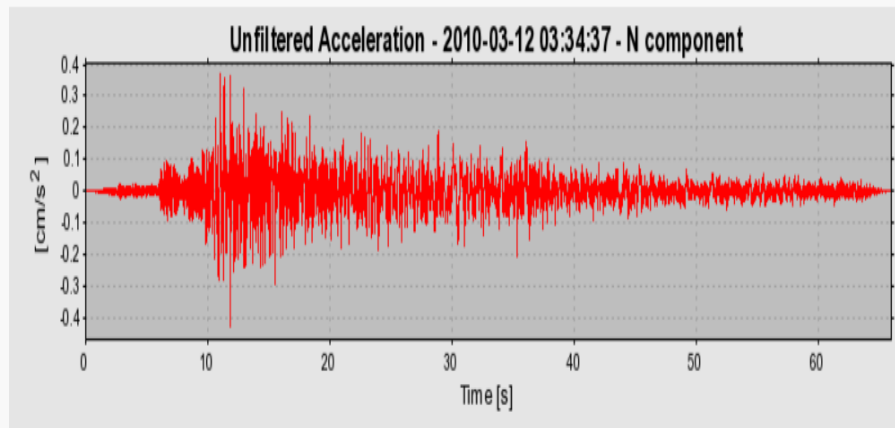
Στο πεδίο Available recordings, όπου παρατηρούνται τα εξής στοιχεία: station code, Repi[km], Unfiltered PGA [cm/s²], record details, διακρίνονται τα σεισμικά γεγονότα που αποτελούν καταγραφές του συγκεκριμένου σταθμού, ενώ επιλέγοντας το σύμβολο  (Εικ. 74) προκύπτει η εξής εικόνα:



Σε αυτό το παράθυρο αναγράφονται οι πληροφορίες της καταγραφής, ενώ παρατηρείται ότι είναι συμπληρωμένα τα πεδία unfiltered points και unfiltered PGA (cm/s²) για τις συνιστώσες N, E και Z, με αποτέλεσμα επιλέγοντας τα αντίστοιχα

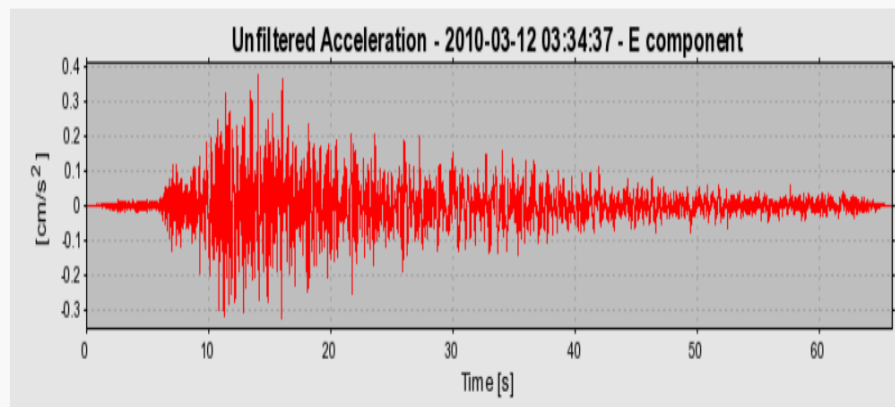
εικονίδια  να προκύπτουν οι κυματομορφές του σεισμικού γεγονότος.

Waveform Plots - AKRA - N component



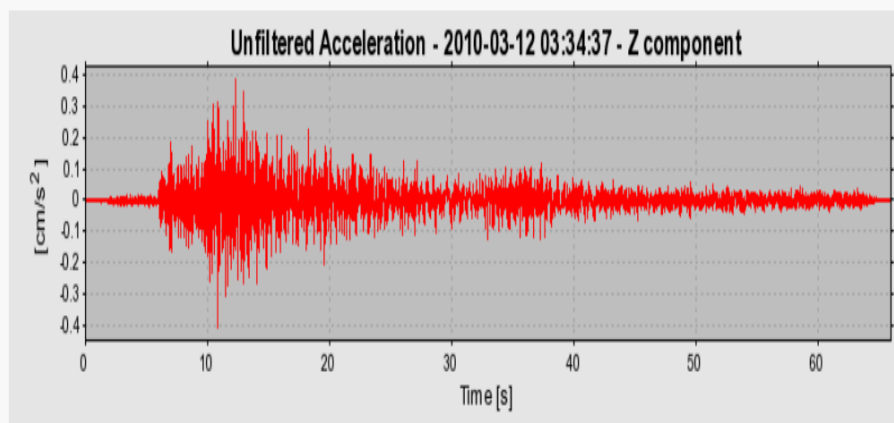
Εικ. 75: Κυματομορφή συνιστώσας N για το σεισμικό γεγονός της 12^{ης} Μαρτίου του 2010 (ώρα:03:34:37) που έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας.

Waveform Plots - AKRA - E component



Εικ. 76: Κυματομορφή συνιστώσας E για το σεισμικό γεγονός της 12^{ης} Μαρτίου του 2010 (ώρα:03:34:37) που έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας.

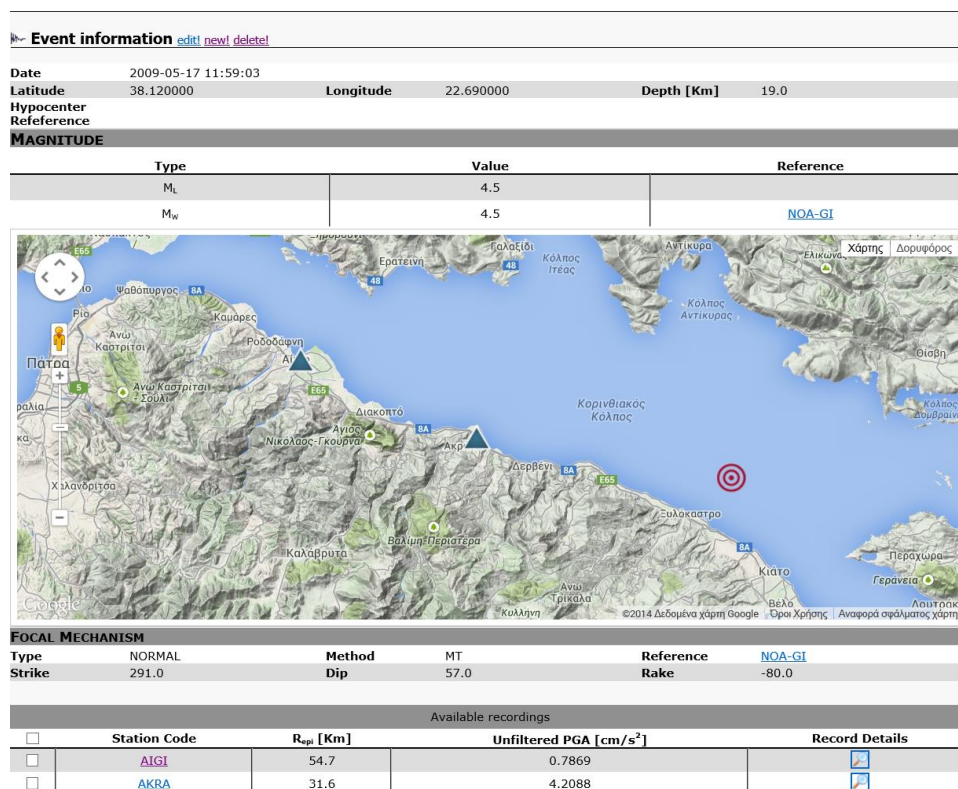
Waveform Plots - AKRA - Z component



Εικ. 77: Κυματομορφή συνιστώσας Z για το σεισμικό γεγονός της 12^{ης} Μαρτίου του 2010 (ώρα:03:34:37) που έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας.

Παρατηρώντας το σύνολο των σεισμικών γεγονότων, συμπεραίνουμε ότι πολλά από αυτά μπορεί να έχουν καταγραφεί από περισσότερους από έναν σεισμολογικούς σταθμούς.

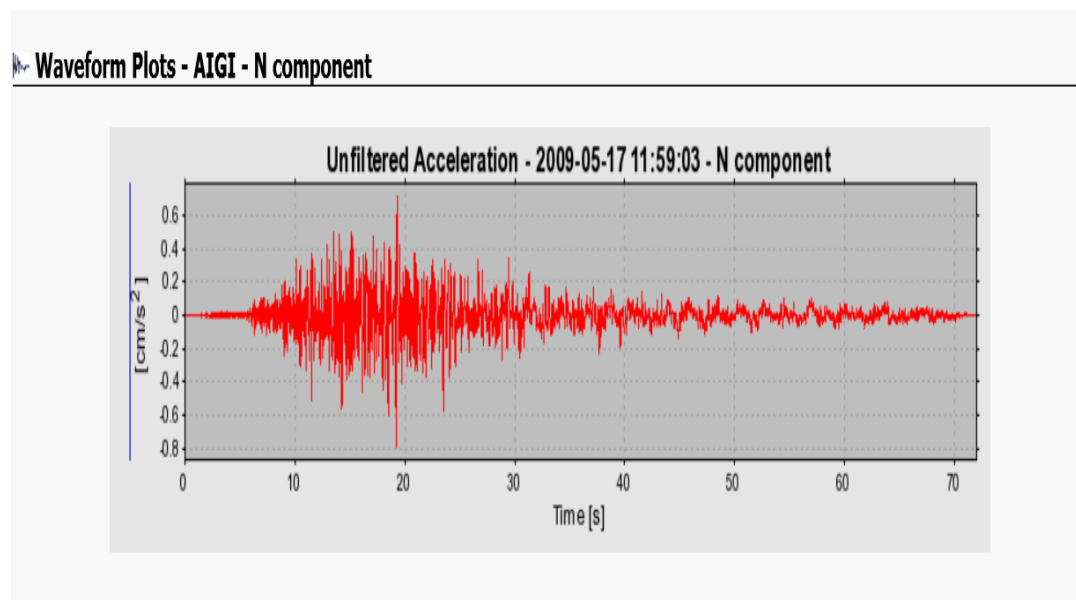
Για παράδειγμα, το σεισμικό γεγονός της 17^{ης} Μαΐου του 2009 (ώρα: 11:59:03) έχει καταγραφεί από δύο σταθμούς που βρίσκονται στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, το σταθμό του Αιγίου και το σταθμό της Ακράτας. (Εικ. 78)



Εικ. 78: Απεικονίζονται οι πληροφορίες του σεισμικού γεγονότος, ο μηχανισμός γένεσης, καθώς και οι καταγραφές από τους σταθμούς Αιγίου και Ακράτας.

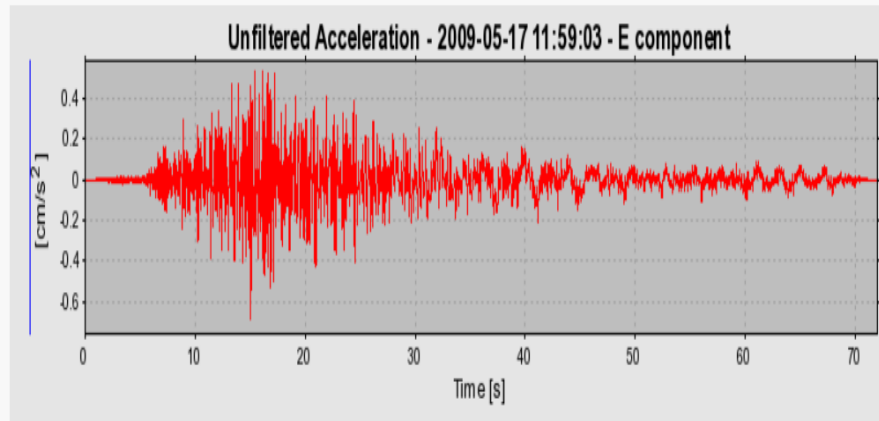
Record information edit					
Network	CORSSA	Station code	AIGI	Instrument	
Event date	2009-05-17 11:59:03	M _L	4.5	M _W	4.5
		R _{epi} [Km]	54.7	R _f [Km]	
Time step [s]	0.0050	Units	AIGIO_CV	Filter type	Butterworth
		N	E	Z	
Unfiltered					
Points		14400	14400	14400	
PGA [cm/s ²]		0.7869	0.6872	0.7735	
Filtered					
Points					
PGA [cm/s ²]					
PGV [cm/s]					
PGD [cm]					
High pass [Hz]					
Low pass [Hz]					
		 Plots	 Plots	 Plots	

Εικ. 79: Απεικονίζονται οι πληροφορίες της καταγραφής του σεισμικού γεγονότος από το σταθμό του Αιγίου.



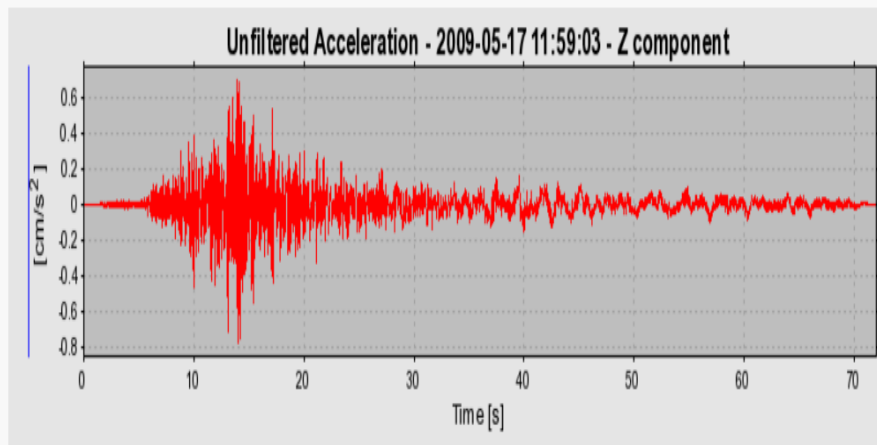
Εικ. 80: Κυματομορφή συνιστώσας N για το σεισμικό γεγονός της 17^{ης} Μαΐου του 2009 (ώρα:11:59:03) που έχει καταγραφεί από το σταθμό του Αιγίου.

Waveform Plots - AIGI - E component



Εικ. 81: Κυματομορφή συνιστώσας E για το σεισμικό γεγονός της 17^{ης} Μαΐου του 2009 (ώρα:11:59:03) που έχει καταγραφεί από το σταθμό του Αιγίου.

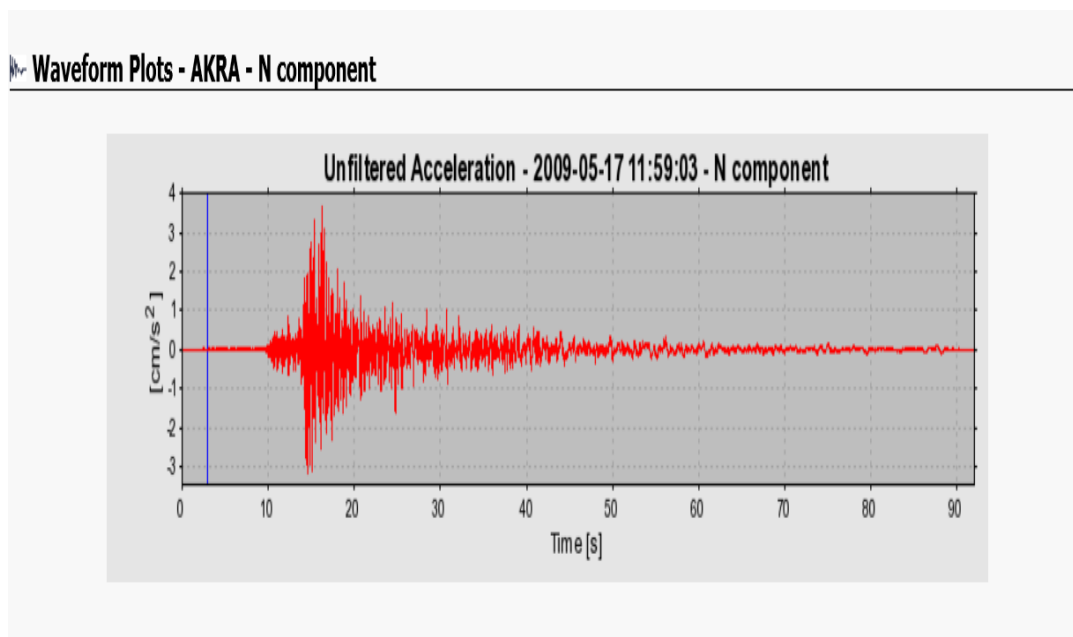
Waveform Plots - AIGI - Z component



Εικ. 82: Κυματομορφή συνιστώσας Z για το σεισμικό γεγονός της 17^{ης} Μαΐου του 2009 (ώρα:11:59:03) που έχει καταγραφεί από το σταθμό του Αιγίου.

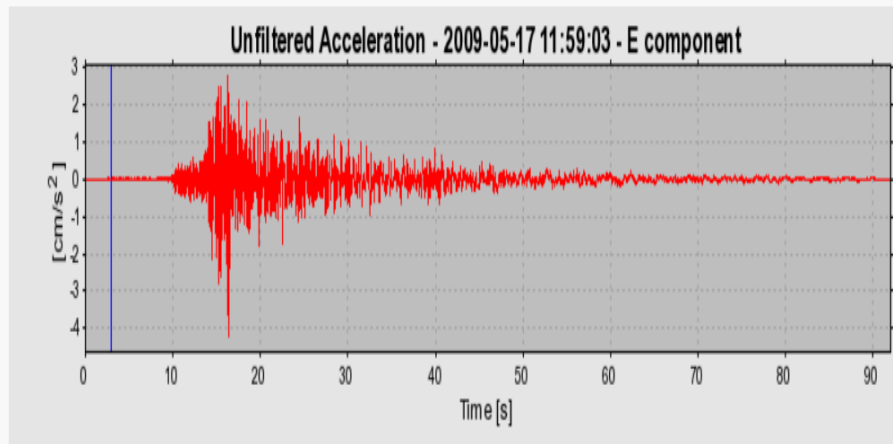
Record information edit!					
Network	CORSSA	Station code	AKRA	Instrument	
Event date	2009-05-17 11:59:03	M_L	4.5	M_w	4.5
		R_{epi} [Km]	31.6	R_r [Km]	
Time step [s]	0.0050	Units	AKRATA_L	Filter type	Butterworth
		N	E	Z	
Unfiltered					
Points		18400	18400	18400	
PGA [cm/s ²]		3.6425	4.2088	2.6142	
Filtered					
Points					
PGA [cm/s ²]					
PGV [cm/s]					
PGD [cm]					
High pass [Hz]					
Low pass [Hz]					
		 Plots	 Plots	 Plots	

Εικ. 83: Απεικονίζονται οι πληροφορίες της καταγραφής του σεισμικού γεγονότος από το σταθμό της Ακράτας.



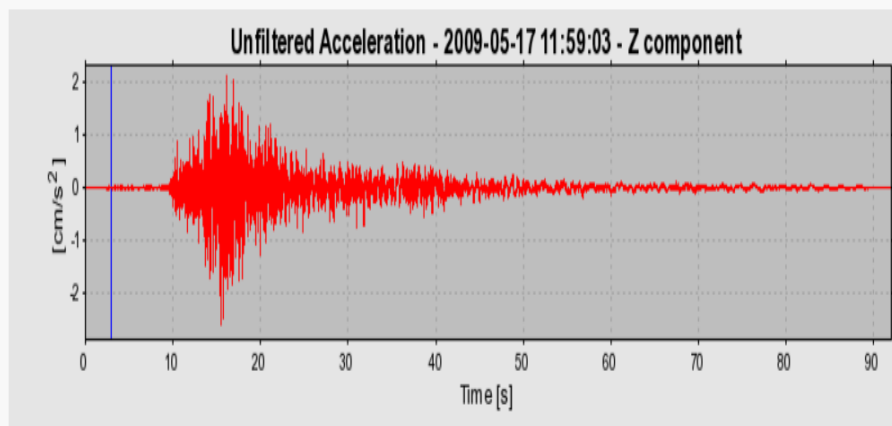
Εικ. 84: Κυματομορφή συνιστώσας N για το σεισμικό γεγονός της 17^{ης} Μαΐου του 2009 (ώρα:11:59:03) που έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας.

Waveform Plots - AKRA - E component



Εικ. 85: Κυματομορφή συνιστώσας E για το σεισμικό γεγονός της 17^{ης} Μαΐου του 2009 (ώρα:11:59:03) που έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας.

Waveform Plots - AKRA - Z component



Εικ. 86: Κυματομορφή συνιστώσας Z για το σεισμικό γεγονός της 17^{ης} Μαΐου του 2009 (ώρα:11:59:03) που έχει καταγραφεί από το σταθμό της Ακράτας.

7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Υστερα από την ενδελεχή και λεπτομερή μελέτη του Κορινθιακού Κόλπου επιβεβαιώνεται ο χαρακτηρισμός που του έχει αποδοθεί ως μία περιοχή με έντονη σεισμική δραστηριότητα.

Αρχικά, μελετήθηκε η τεκτονική, η γεωλογία και η μορφολογία της ευρύτερης περιοχής, όπου και συγκεντρώνεται η μελέτη μας. Επιπροσθέτως, αναλύθηκε η νεοτεκτονική δομή και η υποθαλάσσια μορφολογία του, καθώς και οι ρηξιγενείς δομές και η ιζηματογένεση που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη περιοχή.

Διεξήχθη αναλυτική καταγραφή των σεισμών που έχουν εκδηλωθεί στον Κορινθιακό Κόλπο και του ιστορικού τους. Πολλές από τις μαρτυρίες που έχουν παρατεθεί αποτελούν τα μόνα στοιχεία για τους σεισμούς που πραγματοποιήθηκαν την εποχή κατά την οποία η ενόργανη σεισμολογία δεν είχε αναπτυχθεί.

Η μεγάλη σεισμικότητα του Κορινθιακού Κόλπου και η εκδήλωση αρκετών καταστροφικών σεισμών έχει προσελκύσει το έντονο ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας. Η περιοχή θεωρείται ένα «φυσικό σεισμολογικό εργαστήριο» για σύγχρονα επιστημονικά θέματα έρευνας, όπως η διαδικασία γένεσης των σεισμών, οι χωροχρονικές μεταβολές της σεισμικής δραστηριότητας και του σεισμικού κύκλου, η αλληλεπίδραση ρηγμάτων κ.α. Τα τελευταία χρόνια εκπονήθηκε πλήθος διεθνών ερευνητικών προγραμμάτων. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα Corseis-Corinth Seismicity ENGI 1999-2002, Aegis- Corinth, 3F- Corinth, DG-Lab-Corinth, ASSEM, Telluric & Tsunami Disaster Program 2006 και Project 2011.

Τα σεισμολογικά δίκτυα της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου μέσω της λειτουργίας των επιταχυνσιογράφων και των επιμέρους εξαρτημάτων που διαθέτουν πραγματοποιούν καταγραφή της σεισμικότητας και μελέτη αυτής. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα σύγχρονα σεισμολογικά δίκτυα RASMON, CRL, CORSSA, HUSN, ITSAC, καθώς και σύγχρονα φορητά προσωρινά δίκτυα. Τα δίκτυα αυτά σε συνδυασμό με τα διάφορα προγράμματα στοχεύουν στη λεπτομερέστατη έρευνα της σεισμικότητας της περιοχής αυτής, καθώς και στην προσπάθεια μελέτης και πρόβλεψης πιθανών μελλοντικών κινδύνων.

Στα πλαίσια του πρακτικού μέρους της παρούσας εργασίας μελετήθηκαν τα σεισμικά γεγονότα που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου στο χρονικό διάστημα 2008-2012. Παρατηρούμε ότι για το μελετούμενο χρονικό διάστημα (2008-2012) η πλειονότητα των καταγραφών αφορά τους σεισμολογικούς σταθμούς των περιοχών Σεργουλας, Αιγίου και Ακράτας. Για το μελετούμενο χρονικό διάστημα, διακρίνουμε έξαρση της σεισμικής δραστηριότητας της περιοχής του δυτικού Κορινθιακού Κόλπου κατά το 2010.

Σήμερα, παρόλο που ο εκσυγχρονισμός των σεισμολογικών οργάνων είναι εμφανής, ωστόσο, είναι αναγκαία η διάχυση υψηλής ποιότητας επιστημονικών δεδομένων, καθώς είναι δύσκολη η συγκέντρωση απαραίτητων στοιχείων. Παρόλο που η τεχνολογία έχει συνεισφέρει στον τομέα της Σεισμολογίας και γενικότερα των επιστημών, η δυσκολία εύρεσης των απαιτούμενων για την έρευνα δεδομένων, λόγω μη οργάνωσης αυτών, δυσχεραίνει τις έρευνες και καθυστερεί την διεξαγωγή μελετών από τους αντίστοιχους φορείς. Επομένως, η ομογενοποίηση και οργάνωση των διαφορετικών και διάσπαρτων πειραματικών δεδομένων θα διευκολύνει την πολυδιάστατη και πολυσύνθετη ανάλυση.

Επιπλέον, η δυνατότητα ελεύθερης, εύκολης και γρήγορης πρόσβασης σε αυτά τα δεδομένα από την επιστημονική κοινότητα θα διευκολύνει την έρευνα οδηγώντας σε νέα συμπεράσματα προς όφελος της κοινωνίας αναφορικά με την έγκαιρη προειδοποίηση σεισμών, ηφαιστειών και τσουνάμι, καθώς και για την εκτίμηση και διαχείριση του σεισμικού κινδύνου.

Στα πλαίσια της υλοποίησης αυτής της ανάγκης στρέφεται ο σχεδιασμός του οδικού χάρτη των επιστημονικών υποδομών σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Το πρόγραμμα HELPOS, το οποίο έχει εγκριθεί προς χρηματοδότηση αφορά σε αυτήν την προσπάθεια για την υλοποίηση ενός δικτύου διαχείρισης ερευνητικών υποδομών για τη συγκέντρωση, διανομή και διάχυσης πειραματικών δεδομένων στο οποίο μετέχουν Ελληνικά Ερευνητικά Ιδρύματα και Πανεπιστήμια. Οι υποδομές που περιλαμβάνονται στο έργο αυτό αφορούν μόνιμους σταθμούς (σεισμολογικούς, γεωδαιτικούς, επιταχυνσιογράφων κτλ.) που συμμετέχουν σε παγκόσμια, εθνικά και τοπικά δίκτυα, τα οποία παρέχουν υψηλής ποιότητας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Η παρούσα εργασία, μέσω της ομαδοποίησης και επεξεργασίας των δεδομένων έχει στόχο να συνεισφέρει στην υλοποίηση αυτής της υποδομής και να αναδείξει την σημασία που έχει η εύκολη και γρήγορη πρόσβαση σε δεδομένα που απαιτούνται στο τομέα της έρευνας, προκειμένου να διεξαχθούν μελέτες και να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα.

Η ανάλυση των καταγραφών των διατάξεων RASMON και CORSSA κατέδειξε την επιτακτική ανάγκη αποκατάστασης των ελαττωματικών οργάνων, καθώς και την αντικατάστασή τους με εξοπλισμό σύγχρονης τεχνολογίας. Με την αύξηση των δεδομένων-πληροφοριών που θα προσέφερε μία τέτοια προοπτική θα δοθεί η δυνατότητα περαιτέρω έρευνας, καθώς και καλύτερης παρατήρησης των σεισμών που πραγματοποιούνται στο Κορινθιακό Κόλπο.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ambraseys N.N. & Jackson J.A., 1990. Seismicity and associated strain of central Greece between 1980 and 1988. *Geophys.J.Int.*, v.101, p.663-708.
- Armijo R., Meyer B., King G.C.P., Rigo A., Papanastassiou D., 1996. Research papers of the Geophysical Journal International. Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implication for the Late Cenozoic evolution of the Aegean. *Geophys.J.Int.*, v.126, p.11-53.
- Bernard P., Briole P., Meyer B., Lyon-Caen H., Comez J.M., Tiberi C., Berge C., Cattin R., Hatzfeld D., Lachet C., Lebrun B., Deschamps A., Courboux F., Larroque C., Rigo A., Massonnet D., Papadimitriou P., Kassaras J., Diagourtas D., Makropoulos K., Veis G., Papazisi E., Mitsakaki C., Karakostas V., Papadimitriou E., Papanastassiou D., Chouliaras G., Stavrakakis G., 1997. The Ms= 6.2 June 15 (1995) Aigion earthquake (Greece): evidence for low angle normal faulting in the Corinth rift. *J.Seismol.*, v.1, p.131-150.
- Brooks M. & Ferentinos G., 1984. Tectonics and sedimentation in the Gulf of Corinth and Zakynthos and Kefallinia channels, western Greece, *Tectonophysics*, v.101, p.25-54.
- DeMets C., Gordon R.G., Argus D.F., Stein S., 1990. Current plate motions, *Geophys. J.Int.*, 101, 425-478.
- Doutsos T. & Koukouvelas I.K., 2001. Kinematic parameters of active faults. Corinth Rift Laboratory Aigion Workshop.
- Doutsos T. & Piper D.J.W., 1990. Listric faulting, sedimentation and morphological evolution of the Quaternary eastern Corinth rift, Greece. First stages of continental rifting. *Geological Society of America Bulletin*, v.102, p.812-829.
- Ferentinos G., Brooks M., Doutsos T., 1985. Quaternary tectonics in the Gulf of Patras, Western Greece, *Journal of structural Geology*.
- Hatzfeld D., Karakostas V., Ziazia M., Kassaras I., Papadimitriou E., Makropoulos K., Voulgaris N., Papaioannou C., 2000. Microseismicity and faulting geometry in the Gulf of Corinth (Greece). *Geophys. J.Int.*, v.141, p.438-456.
- Hatzfeld, D., D. Kementzetzidou, V. Karakostas, M. Ziazia, S. Nothard, D. Diagourtas, A. Deschamps, G. Karakaisis, P. Papadimitriou, M. Scordilis, R. Smith, N. Voulgaris, S. Kiratzi, K. Makropoulos, M. P. Bouin, and P. Bernard, 1996. The Galaxidi Earthquake of 18 November 1992: A Possible Asperity within the Normal Fault System of the Gulf of Corinth (Greece). *Bull. Seismol.Soc.Am.*, v.86, p.987-1991.
- Hatzfeld, D., V. Karakostas, M. Ziazia, I. Kassaras, E. Papadimitriou, K. Makropoulos, N. Voulgaris, C. Papaioannou, 1999. Microseismicity and faulting geometry in the Gulf of Corinth (Greece).
- Heezen B., Ewing M. & Johnson I., 1986. The Gulf of Corinth floor. *Deep Sea Research*
- Jackson J.A., 1994. The Aegean deformation, *Ann.Rev.Geophys.*, 22, 239-272
- Kaviris G., Papadimitriou P., Chamilothoris L. & Makropoulos K., 2008. Moment magnitudes for small and intermediate earthquakes.

- Lekkas E., Lozios S., Skourtsos N., Kranis H., 1997. Liquefaction , ground fissures and coastline change during the Aigio earthquake (June 15, 1995, Central-Western Greece).
- Lykousis V., Sakellariou D., Moretti I., Kaberi H., 2007. Late Quaternary basin evolution of the Gulf of Corinth: Sequence stratigraphy, sedimentation, fault-slip and subsidence rates. *Tectonophysics*, v.440, no.1-4, p.29-51.
- Lykousis V., Sakellariou D., Papanikolaou D., 1998. Sequence stratigraphy in the N.margin of the Gulf of Corinth: implications to Upper Quaternary basin evolution. *Bull.Geol.Soc.Greece*, v.XXXII/2, P.157-164.
- Lyon-Caen H., Papadimitriou P., Deschamps A., Bernard P., Makropoulos K., Pacchiani F., Patau G., 2004. First results of the CRLN seismic network in the western Corinth rift: evidence for fault reactivation. *C.R.Geosci.*, v.336, p.343-352.
- Makropoulos K.C. & Burton P.W., 1984. Greek tectonics and seismicity. *Tectonophysics* , 106, 275-304.
- Mercier J.L, Carey E., Philip H., Sorel D., 1976. La neotectonique plio-quaternaire de l'arc egeen externe et de la mer Egee et ses relations avec la sismicite, *Bull. Soc.geol. Fr.*, 7, 355-372.
- Moretti I., Sakellariou D., Lykousis V., Micarelli L., 2003. The Gulf of Corinth: an active half graben?: *Journal of Geodynamics*, v.36, p.323-340.
- Pitilakis, K., Konstantinos Makropoulos, Pascal Bernard, Francis Lemeille, Helene Lyon-Caen, Catherine Berge-Thierry, Theodora Tika, Maria Manakou, Dimitrios Diagourtas, Dimitrios Raptakis, Polyxeni Kallioglou, Konstantia Makra, Dimitrios Pitilakis, Fabian Bonilla, 2003. The Corinth Gulf Soft Soil Array (CORSSA) to study site effects.
- Poulos S.E., Collins M.B., Patciarathchi C., Cramp A., Gull W., Tsimplis M., Papatheodorou G., 1996. Oceanography and sedimentation in the semi-enclosed, deep- water Gulf Corinth (Greece), *Marine Geology* 134, pp.213-235.
- Reilinger R., McClusky S.C., Oral M.B., King R.W., Toksoz M.N., 1997. Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone, *J.geophys. Res.*, 102, 9983-9999.
- Skourtsos E. & Kranis H., 2009. Structures and evolution of the western Corinth Rift, through new field data from the Northern Peloponnesus.
- Stefatos, A., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., Leeder, M. and Collier, R., 2002. Seismic reflection imaging of active offshore faults in the Gulf of Corinth: their seismotectonic significance. *Basin Research* 14, 487-502.
- Taylor B., Weiss J.R., Goodlife A.M., Sachpazi M., Laigle M., Hirn A., 2011. The structures, stratigraphy and evolution of the Gulf of Corinth rift, Greece.
- Tiberi, C., Helene Lyon-Caen, Denis Hatzfeld, Ulrich Achauer, E.Karagianni, A.Kiratzis, E.Louvari, D.Panagiotopoulos, I.Kassaras, G.Kaviris, K.Makropoulos, P.Papadimitriou, 2000. Crustal and upper mantle structure beneath the Corinth rift (Greece) from a teleseismic tomography study.
- Zahradnik J., Jansky J., Sokos E., Serpetsidaki A., Lyon-Caen H. & Papadimitriou P., 2003. Modeling the ML 4.7 mainshock of the February-July 2001 earthquake sequence in Aegion, Greece.

- Παπανικολάου Δ., Χρόνης Γ., Λυκούσης Β., Σακελλαρίου Δ., Παπούλια Ι., 1997. Νεοτεκτονική δομή του Δυτικού Κορινθιακού Κόλπου και γεωδυναμικά φαινόμενα του σεισμού του Αιγίου.
- Στεφάτος Α., 2005. Μελέτη ιζηματογενών διεργασιών και τεκτονικών δομών στον Κορινθιακό Κόλπο με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων. Τμήμα Γεωλογίας/ τομέας γενικής θαλάσσιας γεωλογίας και γεωδυναμικής-εργαστήριο θαλάσσιας γεωλογίας και φυσικής ωκεανογραφίας, Πάτρα.

