

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΡΟΠΗΣ M_w ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ
ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΠΟΥ ΚΑΤΕΓΡΑΨΕ ΤΟ HSNC ΣΤΟ ΜΕΤΩΠΙΟ ΤΟΥ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΤΟΞΟΥ

Άννα Λ. Καρακουλάκη

Επιβλέπων: κ. Φίλιππος Βαλλιανάτος

ΧΑΝΙΑ

ΣΕΠΤΕΜΡΙΟΣ 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της πτυχιακής είναι ο υπολογισμός του μεγέθους σεισμικής ροπής M_w με φασματική ανάλυση για 34 σεισμικά γεγονότα που κατέγραψε το Ελληνικό σεισμολογικό δίκτυο του Νοτίου Αιγαίου HSNC στο μέτωπο του ελληνικού τόξου και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά των άλλων δικτύων που λειτουργούν στον Ελληνικό χώρο. Η επεξεργασία των σεισμολογικών καταγραφών καθώς και η εύρεση των σεισμικών παραμέτρων έγινε με τη χρήση του προγράμματος Seisan.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Σεισμολογία

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μέγεθος ροπής M_w , ελληνικό τόξο, HSNC, Seisan

ABSTRACT

The purpose of this thesis is the calculation of the magnitude moment M_w with spectral analysis for 34 seismic events, which the Hellenic Seismological Network of Crete (HSNC) recorded at the center of the Hellenic arc with the use of the seismic recording editing application, and the comparison of the results with those of other networks in the Hellenic region. The editing of the seismological recording, as well as the finding of the seismological parameters was done with the Seisan application.

SUBJECT AREA: Seismology

KEYWORDS: moment magnitude M_w , Hellenic arc, HSNC,

Αφιερώνω την πτυχιακή μου στην οικογένεια μου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Φίλιππο Βαλλιάνατο και τον υποψήφιο διδάκτορα Γιώργο Χατζόπουλο για τη συνεργασία, τη συμβολή και την υπομονή που έδειξαν για την ολοκλήρωση της.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	9
1.1 Σεισμολογία και αντικείμενο σεισμολογίας.....	9
1.2 Δομή του φλοιού της Γης και η σχέση με την Ελλάδα	9
1.3 Σεισμικές ζώνες της Γης	11
1.4 Σεισμικά κύματα.....	11
1.5 Τρόποι γένεσης των επιφανειακών σεισμών	12
1.6 Χαρακτηριστικά σεισμών – Κλίμακες μέτρησης	14
Άλλα χαρακτηριστικά	14
Κλίμακες μέτρησης	14
1.7 Ρήγματα	15
1.7.1 Τα ρήγματα και τα χαρακτηριστικά τους	15
1.7.2 Τα ρήγματα και η ταξινόμηση τους.....	15
1.8 Σεισμολογικά όργανα και δίκτυα	16
1.8.1 Όργανα μέτρησης.....	16
1.8.2 Σεισμολογικά δίκτυα	18
1.9 Σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά και σεισμικότητα στην Ελλάδα	19
1.9.1 Δομή του Φλοιού και του Πάνω Μανδύα στην Ελλάδα	19
1.9.2 Σεισμικότητα στον Ελλαδικό χώρο	19
1.9.3 Ισχυροί σεισμοί στην Ελλάδα	21
1.9.4 Τρόποι υπολογισμού των μεγεθών στον Ελλαδικό χώρο	22
1.10 Πρότυπα ταχυτήτων για την Κρήτη	24
1.10.1 Στοιχεία από έρευνες για τον ευρύτερο χώρο της Κρήτης	24
1.10.2 Μεθοδολογίες επιλογής μοντέλου ταχυτήτων.....	27
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΣ.....	30
2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο	30

2.2 Δεδομένα	30
2.3 Μεθοδολογία	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ.....	38
3.1 Αποτελέσματα	38
3.2 Σύγκριση.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	44
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	46
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	54

Εισαγωγή

Η Ελλάδα είναι μια σεισμογενής χώρα με πλήθος καταστροφικών σεισμών στην ιστορία της και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να κεντρίσει το ενδιαφέρον των σεισμολόγων. Το μισό της ενέργειας, που εκλύεται από τους σεισμούς της Ευρώπης, ελευθερώνεται στην Ελλάδα ενώ το σύνολο σχεδόν των σεισμών, που συμβαίνουν κατατάσσονται στους τεκτονικούς και λίγοι στους εγκατακρημνισιγενείς. [1]

Αρχικά γίνεται αναφορά στις έννοιες, που αφορούν το σεισμό και στην επιστήμη της σεισμολογίας και αναλύονται τα στοιχεία που τα χαρακτηρίζουν και τα διαχωρίζουν σε κατηγορίες και οι κλίμακες μέτρησης. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση στη δομή της Γης, που διαμορφώνουν την τεκτονική της Γης εδώ και αρκετά χρόνια. Διατυπώνεται η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών και τα χαρακτηριστικά της. Τέλος, γίνεται ανάλυση στα ρήγματα και στις κατηγορίες τους. Αναφέρονται τα όργανα μέτρησης και τα σεισμολογικά δίκτυα που υπάρχουν στην Ελλάδα.

Στη συνέχεια της εργασίας γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση των κυριότερων σεισμοτεκτονικών χαρακτηριστικών της Ελλάδας. Γίνεται αναδρομή στους μεγαλύτερους σεισμούς της Ελλάδας όπως κατεγράφησαν στις περιοχές που έπληξαν περισσότερο. Επίσης αναφέρονται οι τρόποι υπολογισμού των μεγεθών στον Ελλαδικό χώρο και τα πρότυπα ταχυτήτων για την Κρήτη.

Σημαντική είναι και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, η οποία αναλύεται στα επόμενα κεφάλαια.

Τέλος, τα αποτελέσματα της εργασίας, καθώς και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προγράμματος με του HSNC, παρουσιάζονται στο τελευταίο κεφάλαιο της πτυχιακής.

Κεφάλαιο 1: Το φαινόμενο του σεισμού και η σημασία του για τον Ελλαδικό χώρο

1.1 Σεισμολογία και αντικείμενο σεισμολογίας

Σεισμοί είναι οι εδαφικές δονήσεις που γεννιούνται κατά τις διαταράξεις της μηχανικής ισορροπίας των γήινων πετρωμάτων από φυσικά αίτια, τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό της Γης.

Οι σεισμοί γίνονται στο εξωτερικό της Γης και μπορεί να είναι από φυσικές ή τεχνικές δονήσεις. Οι φυσικές δονήσεις προκαλούνται από την πτώση μετεωριτών κλπ. ενώ οι τεχνικές δονήσεις προκαλούνται από τις μηχανές εργοστασίων κλπ. Οι εδαφικές δονήσεις είναι ταλαντώσεις με περιόδους μεταξύ ενός μικρού κλάσματος του δευτερολέπτου και 54 λεπτών.

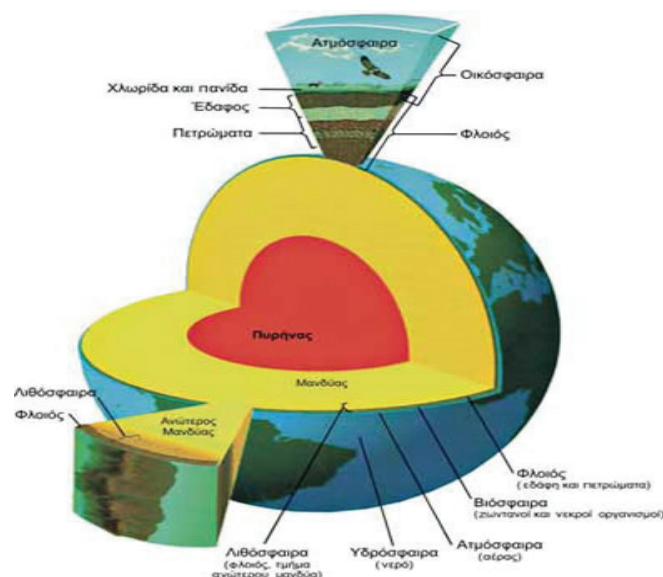
Η έρευνα της επιστήμης της σεισμολογίας πραγματοποιείται με:

- Παρατηρήσεις στη φύση: Οι σεισμοί γίνονται σε μακροσκοπική και μικροσκοπική κλίμακα. Στη μακροσκοπική κλίμακα παρατηρούνται και καταγράφονται τα αποτελέσματα και ανάλογα με αυτά βγαίνουν συμπεράσματα για τη σοβαρότητα. Στη μικροσκοπική κλίμακα χρησιμοποιούνται τα σεισμόμετρα για να καταγράφουν τις μετρήσεις των σεισμών.
 - Πειραματικές εργασίες στο εργαστήριο: Η εργαστηριακή μελέτη των σεισμικών φαινομένων λειτουργεί συμπληρωματικά των υπόλοιπων μεθόδων που αποσκοπούν στη μελέτη του εσωτερικού της Γης.
 - Θεωρητικές μελέτες: Σχετίζονται με τη μελέτη των ελαστικών ιδιοτήτων των σωμάτων, του τρόπου γένεσης και της διάδοσης των κυμάτων χρησιμοποιώντας μαθηματικές αναλύσεις.
- [2]

1.2 Δομή του φλοιού της Γης και η σχέση με την Ελλάδα

Η Γη αποτελείται από τρία στρώματα το φλοιό, το μανδύα και τον πυρήνα.

Ο φλοιός είναι το στερεό, εξωτερικό περίβλημα της Γης. Υπάρχουν δυο είδη φλοιού, ο ηπειρωτικός και ο ωκεάνιος που διαφοροποιούνται ως προς το πάχος τους. Ο ηπειρωτικός έχει πάχος 35 km ενώ ο ωκεάνιος έχει πάχος 7 km. Το επόμενο στρώμα είναι ο μανδύας με βάθος 2.900 km. Η ασυνέχεια Mohorovicic είναι η επιφάνεια που χωρίζει το φλοιό από τον μανδύα. Επίσης η λιθόσφαιρα είναι ένα δύσκαμπτο στρώμα με πάχος 80 km και αποτελείται από το στερεό φλοιό και μέρος του στερεού ανώτερου μανδύα. Η ασθενόσφαιρα είναι το κομμάτι του μανδύα που υπάρχει κάτω από τη λιθόσφαιρα. Ο πυρήνας διακρίνεται σε εξωτερικό (υγρή / ρευστή κατάσταση) και σε εσωτερικό (στερεή κατάσταση).



Εικόνα 1: Δομή εσωτερικού της Γης (Πηγή: <http://aesop.iep.edu.gr/node/18887>)

Η λιθόσφαιρα δεν είναι ενιαία αλλά σχηματίζεται από μεγάλες πλάκες (Αφρικανική, Ευρασιατική κλπ.) και άλλες μικρότερες που ολισθαίνουν πάνω στην ασθενόσφαιρα. Μέσα από τις μεσο – ωκεάνιες ράχες σχηματίζονται οι λιθοσφαιρικές πλάκες με αποτέλεσμα το υλικό τους να βγαίνει από το εσωτερικό της Γης. Στη συνέχεια γίνεται απομάκρυνση των ραχών με ολίσθηση πάνω στα ρήγματα μετασχηματισμού. Το αποτέλεσμα είναι η καταστροφή του ηπειρωτικού συστήματος διάρρηξης, με πλάγια κατάδυ αυτών μέσα στην ασθενόσφαιρα.



Εικόνα 2: Οι κύριες λιθοσφαιρικές πλάκες και οι διευθύνσεις κινήσεις αυτών (Πηγή: <http://lyk-akrot.chan.sch.gr/texnomatheia/seismos/char.php>)

Λόγω αυτού παρατηρείται απόκλιση στις μεσο – ωκεάνιες ράχες και σύγκλιση στο ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης. Η κίνηση τους προκαλεί παραμόρφωση στις παρυφές τους.

Τα σεισμικά δεδομένα συμφωνούν με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, το οποίο αποτελεί τη βάση της Νέας Παγκόσμιας Τεκτονικής. Κατά συνέπεια, οι σεισμοί γεννιούνται στις παρύφες των πλακών και οι πλουτώνιοι σεισμοί γίνονται σε περιοχές, που το μέγεθος των τάφρων είναι σχετικά μεγάλο.

Παρά τις μέχρι τώρα εκτενείς έρευνες, οι επιστήμονες δεν έχουν καταφέρει να ανακαλύψουν ακόμα τα αίτια της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών. Ορισμένοι θεωρούν ότι η κίνησή τους οφείλεται στο ότι τα ρεύματα μεταφοράς στην ασθενόσφαιρα ασκούν δυνάμεις στη λιθόσφαιρα. Άλλοι στο ότι το μπροστινό μέρος της ωκεάνιας λιθοσφαιρικής πλάκας βυθίζεται κάτω από την ηπειρωτική λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας της ωκεάνιας, με αποτέλεσμα να δίνει ώθηση και να αναγκάζει το υπόλοιπο μέρος της ωκεάνιας πλάκας να κινείται προς την ίδια μεριά. [2]

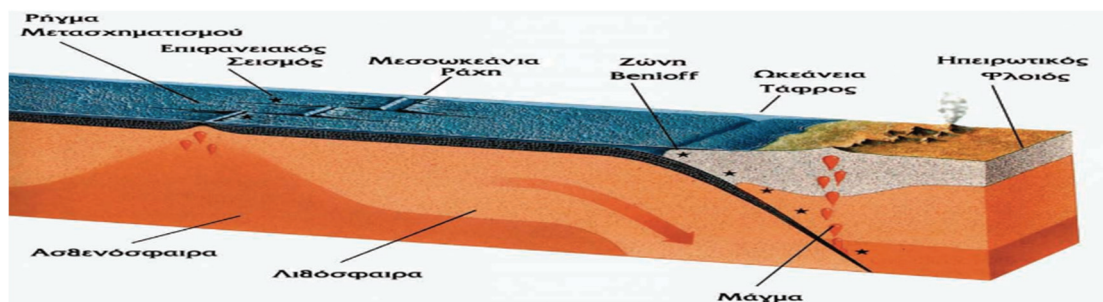
1.3 Σεισμικές ζώνες της Γης

Οι σεισμοί, ανάλογα με το εστιακό βάθος, διακρίνονται σε:

- i. Επιφανειακούς σεισμούς (μικρότερο των 60 km)
- ii. Σεισμούς ενδιάμεσου βάθους (κυμαίνεται μεταξύ 60 και 300 km)
- iii. Σεισμούς μεγάλου βάθους (μεγαλύτερο από 300 km)

Οι σεισμοί ενδιάμεσου και μεγάλου βάθους ονομάζονται πλουτώνιοι. Οι επιφανειακοί σεισμοί είναι αυτοί που προκαλούν συνήθως μεγάλες καταστροφές. Στις μεσο – ωκεάνιες ράχες γεννιούνται μόνο επιφανειακοί σεισμοί ενώ στις περιοχές σύγκλισης πλακών, όπου υπάρχει καταβύθιση της μιας πλάκας κάτω από την άλλη, γεννιούνται και πλουτώνιοι.

Οι εστίες των σεισμών στις περιοχές σύγκλισης πλακών συγκεντρώνονται σε μια "σεισμική ζώνη", τη ζώνη Benioff. Αυτή τοποθετείται κατά μήκος της πάνω επιφάνειας της καταδυόμενης λιθοσφαιρικής πλάκας. Εκεί μάλιστα παρατηρούνται και οι περισσότερες παραμορφώσεις και μεταμορφώσεις πετρωμάτων. [3]



Εικόνα 3: Κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών (Πηγή: <http://www.e-yliko.gr/AntiseismikiProstasia/OASP%20-%20Seismos%20H%20Gnosi%20Einai%20Prostasia.pdf>)

1.4 Σεισμικά κύματα

Για να εκτιμηθούν τα αποτελέσματα των σεισμών πρέπει να καθοριστούν διάφορα στοιχεία, που χρησιμεύουν σαν βάση εκτιμήσεως:

1. Πρώτο στοιχείο είναι η εστία του σεισμού, δηλαδή η υπόγεια θέση στην οποία γεννιέται.

2. Δεύτερο στοιχείο είναι το επίκεντρο του σεισμού, δηλαδή η περιοχή της επιφάνειας της Γης που βρίσκεται κάθετα πάνω από την εστία.

Στη συνέχεια πρέπει να διακρίνουμε τα διάφορα σεισμικά κύματα, καθώς και τα αποτελέσματα των σεισμών, όπως καταστροφές, πλημμύρες κτλ.

Σε περίπτωση σεισμού, ο πρώτος παλμός της ενέργειας, που έρχεται από το σημείο της εστίας, περιλαμβάνει τα πρωτεύοντα (p κύματα). Αυτά είναι διαμήκη κύματα και φτάνουν πρώτα σε ένα σεισμολογικό σταθμό. Κινούνται στα βραχώδη εδάφη με ταχύτητα 6 km/s κατά μέσο όρο, ενώ στο νερό με περίπου το ένα τρίτο αυτής. Όταν φτάσουν στην επιφάνεια της Γης, τότε μπορούν να κινηθούν και στον αέρα, σαν ηχητικά κύματα. Τα επόμενα κύματα που φθάνουν είναι τα δευτερεύοντα (s κύματα). Δε διαδίδονται μέσω υγρών σωμάτων και η ταχύτητα τους είναι περίπου 2 km/s. Είναι πιο αργά, σε σχέση με τα p κύματα, αλλά πιο ισχυρά και καταστροφικά.

Όταν η ενέργεια ενός σεισμού φτάσει στην επιφάνεια της Γης, δημιουργούνται τρεις νέοι τύποι επιφανειακών σεισμικών κυμάτων που ακολουθούν τους άλλους δυο.

1. Τα πρώτα είναι τα κύματα Love. Κατά τη διάδοση τους τα υλικά σημεία του μέσου ταλαντώνονται οριζοντίως, καθέτως προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
2. Τα δεύτερα είναι τα κύματα Rayleigh. Κατά τη διάδοση τους τα υλικά σημεία του μέσου κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές, των οποίων οι μεγάλοι άξονες είναι κατακόρυφοι και οι μικροί παράλληλοι με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Διαδίδονται στα επιφανειακά στρώματα της Γης, με αποτέλεσμα να μην εμφανίζονται σχεδόν καθόλου σε σεισμούς με βαθύτερες εστίες. Τα παραπάνω κύματα κινούνται πιο αργά από τα p και τα s κύματα, αλλά είναι πιο καταστροφικά.
3. Τα τρίτα είναι τα κύματα Stonley, τα οποία ακολουθούν επιφάνειες ασυνέχειας μέσα στη Γη και δε φαίνονται εύκολα στις σεισμικές καταγραφές.

Το πόσο καταστροφικός θα είναι ένας σεισμός εξαρτάται περισσότερο από την ένταση και λιγότερο από το μέγεθος. Άρα εξαρτάται από διάφορες φυσικές και τεχνητές συνθήκες, όπως:

- Το βάθος της σεισμικής εστίας
- Τη σεισμική επιτάχυνση
- Τη χρονική διάρκεια ενός σεισμού
- Το έδαφος θεμελίωσης [4]

1.5 Τρόποι γένεσης των επιφανειακών σεισμών

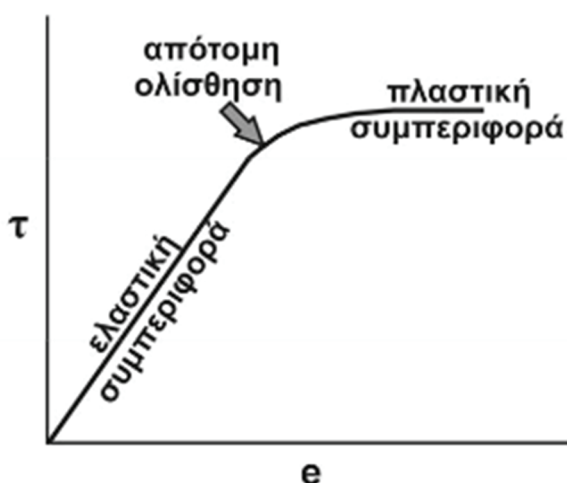
Λόγω φυσικών αιτιών στο εσωτερικό της Γης, οι δυνάμεις που ασκούνται στα πετρώματα των επιφανειακών στρωμάτων είναι πολύ μεγάλες. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ύπαρξη ελαστικής παραμόρφωσης των πετρωμάτων και η μεγάλη δυναμική ενέργεια στη συσσώρευση μέσα σε αυτά. Αυτή ονομάζεται "ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης". Μέσα στα πετρώματα δημιουργούνται συνεχώς αυξανόμενες τάσεις. Όταν η τάση ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο (το οποίο εξαρτάται από τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού) τότε η αντοχή ξεπερνιέται, με αποτέλεσμα να παρουσιαστεί απότομη ολίσθηση, η οποία πραγματοποιείται κατά ορισμένη διεύθυνση μιας επιφάνειας. Η επιφάνεια αυτή ονομάζεται "ρήγμα". Στη συνέχεια, το υλικό αυτό ακολουθεί πλαστική συμπεριφορά. Κάθε φορά που θα σχηματίζεται ρήγμα, οι τάσεις πρέπει να ξεπερνούν την τριβή

μεταξύ των δυο επιφανειών του ρήγματος, ώστε να προκαλέσει απότομη ολίσθηση. Ο χώρος, που δέχεται έντονη παραμόρφωση πριν τη γένεση του σεισμού, λέγεται "σεισμογόνος χώρος". Οι σεισμογόνοι χώροι αντιστοιχούν με τους μετασεισμικούς χώρους, δηλαδή εκεί που βρίσκονται οι εστίες των μετασεισμικών και αυξάνουν οι χώροι αυτοί με την αύξηση του μεγέθους και των κύριων σεισμών. Συνεπώς στον ελληνικό χώρο οι σεισμογόνοι χώροι με επιφανειακά μεγέθη 5, 6, 7, και 8 έχουν οριζόντιες διαστάσεις της τάξης των 5 km, 16 km, 50 km και 170 km αντίστοιχα. Μετά τη γένεση του σεισμού δεν υπάρχει δυναμική ενέργεια και ούτε τάσεις στα πετρώματα, κι αυτό επειδή δεν υπάρχει παραμόρφωση. Στα πετρώματα συνεχίζονται να ασκούνται τεκτονικές δυνάμεις, συνεπώς η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι τη γένεση ενός καινούργιου σεισμού.

Παραπάνω περιγράφηκε ο τρόπος γένεσης σεισμών ο οποίος αφορά τους επιφανειακούς σεισμούς. Οι σεισμοί που δημιουργούνται με τον προαναφερθέντα τρόπο λέγονται "τεκτονικοί". Επιπλέον υπάρχουν κι άλλα δυο είδη επιφανειακών σεισμών, που διαφέρουν στον τρόπο γένεσης. Αυτοί ονομάζονται "εγκατακρημισιγενείς" και "ηφαιστειογενείς".

Οι εγκατακρημισιγενείς σεισμοί οφείλονται στην εγκατακρήμιση οροφών υπόγειων κοιλωμάτων (όπως σπηλαίων) λόγω διάβρωσης. Συνήθως έχουν μικρό μέγεθος και τοπικό χαρακτήρα. Μερικές φορές έχουν παρατηρηθεί σε μετασεισμική ακολουθία ως επακόλουθο άλλου τύπου σεισμών. Πραγματοποιούνται από την πτώση μεγάλων πετρωμάτων πάνω στη Γη λόγω της βαρύτητας, τα οποία είναι συνήθως οροφές διαφόρων σπηλαίων και διαρκούν τόσο χρονικό διάστημα όσο απαιτείται για την πτώση των πετρωμάτων.

Οι ηφαιστειογενείς σεισμοί οφείλονται στις ηφαιστειακές εκρήξεις και αυτοί αποτελούν το 7% των επιφανειακών σεισμών. Προηγούνται των ηφαιστειακών εκρήξεων ή και τις συνοδεύουν. Αυτό, που τους προκαλεί, είναι η απελευθέρωση των αερίων του μάγματος, το οποίο τροφοδοτεί τα ηφαίστεια μέσα από τους πόρους ή τις ρωγμές που φτάνουν έως και την επιφάνεια της Γης. Συνήθως έχουν μικρό μέγεθος και η εστία τους είναι σε μεγάλη απόσταση από το ηφαίστειο. Το μέγεθος του σεισμού εξαρτάται από την αντίσταση, που θα συναντήσει το μάγμα κατά την ανύψωση του προς την επιφάνεια της Γης. [5]



Εικόνα 1: Μεταβολή της τάσης, τ , με τη παραμόρφωση, e , του υλικού στην επιφάνεια ενός ρήγματος (Πηγή: http://www.geo.auth.gr/211/pdf/Mathima_8_Genesi_%20Seismon.pdf)

1.6 Χαρακτηριστικά σεισμών – Κλίμακες μέτρησης

Άλλα χαρακτηριστικά

Η σεισμική επιτάχυνση «α» του εδάφους είναι το μέγεθος όπου χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό των κατασκευών. Μεταφράζεται ως φορτίο επί των κατασκευών μέσω της δυναμικής ($F=ma$). Η σεισμική επιτάχυνση υπολογίζεται ως ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g). Η τιμή αυτή μπορεί να μεταβάλλεται.

Οι συνέπειες, που προκαλούν οι σεισμοί, μπορεί να είναι άμεσες (ρωγμές στο έδαφος, κατολισθήσεις) είτε έμμεσες (δημιουργία πλημμυρών, αποξήρανση λιμνών).

Κατά την έναρξη ενός σεισμού, οι καταγραφές γίνονται από σειсмоγράφους σε διαφορετικές περιοχές ώστε να υπάρχει άμεσα ένα σύνολο δεδομένων. Εν συνεχεία, αφότου γίνει επεξεργασία των δεδομένων, υπολογίζεται το μέγεθος "M". Ο υπολογισμός ενός σεισμού μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους και κλίμακες. Κάποια μεγέθη που υπολογίζονται για τη μέτρηση ενός σεισμού είναι:

- Το M_L : Το μέγεθος του σεισμού καθορίζεται από το λογάριθμο του πλάτους των κυμάτων, που καταγράφονται από τους σειсмоγράφους σε μια ορισμένη περίοδο.
- Το M_S : Είναι το μέγεθος, που λαμβάνεται από τη μέτρηση των κυμάτων επιφάνειας.
- Το M_B : Είναι το μέγεθος, που λαμβάνεται από τη μέτρηση των "P" κυμάτων για σεισμούς με μεγάλο επίκεντρο.
- Το M_w : Είναι το μέγεθος, που υπολογίζεται από ένα πολύπλοκο τύπο και αξιόπιστο για δυνατούς σεισμούς
- Το M_d : Είναι το μέγεθος, που μετρά τη διάρκεια.
- Το M_o : Είναι το μέγεθος, που εκφράζει το μέγεθος της σεισμικής ροπής
- Το M_e : δείχνει το δυναμικό της καταστροφής. [6]

Κλίμακες μέτρησης

Το μέγεθος M ενός σεισμού αποτελεί μέτρο της ολικής ενέργειας των σεισμικών κυμάτων, που παράγονται κατά την γένεση του και προσδιορίζεται από σχετικές παραμέτρους, όπως περίοδος, πλάτος, χρονική διάρκεια. Έχουν αναπτυχθεί τρόποι μέτρησης, όπως η κλίμακα Ρίχτερ και η κλίμακα Mercalli. Η κλίμακα Ρίχτερ είναι μια λογαριθμική κλίμακα μέτρησης, η οποία αυξάνει το μέγεθος κατά μια μονάδα και ισοδυναμεί με δέκα φορές το πλάτος των δονήσεων. Μια δόνηση από 0-4 R θεωρείται μικροσεισμός. Δεν είναι εύκολα αντιληπτός και καταγράφεται από σύγχρονους σειсмоγράφους. Από 4-5 R θεωρείται ασθενής σεισμός και οι ζημιές είναι σπάνιες. Από 5-6 R γίνεται αισθητός και μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές σε ακτίνα 10 χλμ. από το επίκεντρο. Πάνω από 6 Ρίχτερ θεωρούνται ισχυροί έως καταστροφικοί (>7 Ρίχτερ) και προκαλούν σοβαρές ζημιές και κατάρρευση κτιρίων, ανάλογα με το βάθος και την απόστασή τους από το επίκεντρο. Έτσι το μέγεθος ενός σεισμού προσδιορίζεται από το μέγεθος των πετρωμάτων, που υπέστησαν θραύση κατά την έκλυση ενέργειας από τη δημιουργία του σεισμογόνου ρήγματος. [6]

< 0 R	Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σεισμογράφους.
0 - 0,9 R	Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σεισμογράφους.
1 - 1,9 R	Μικροσεισμός	Δεν γίνεται αισθητός. Καταγράφεται μόνο από σεισμογράφους.
2 - 2,9 R	Μικροσεισμός	Σχεδόν πάντα μη αισθητός. Πιθανώς αισθητός από μερικούς ανθρώπους κοντά στο επίκεντρο.
3 - 3,9 R	Ασήμαντος	Αισθητός, χωρίς ζημιές.
4 - 4,9 R	Ασθενής	Αισθητός, με ελαφρές συνήθως ζημιές γύρω από το επίκεντρο.
5 - 5,9 R	Μέτριος	Ζημιές συνήθως εντός 10 km ²
6 - 6,9 R	Ισχυρός	Σοβαρότατες ζημιές εντός 100 km ²
7 - 7,9 R	Καταστροφικός	Μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο.
8 - 8,9 R	Εξαιρετικά Καταστροφικός	Εξαιρετικά μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, πολλές εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο.
9 - 9,9 R	Ασύλληπτα Καταστροφικός	Τεράστιες καταστροφές και τεράστιες ανθρώπινες απώλειες, πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο. Ελάχιστοι αυτού του μεγέθους έχουν καταγραφεί στην παγκόσμια ιστορία. Ο ισχυρότερος ήταν 9,5 R.
≥ 10 R	Μετεωρικός	Δεν υπάρχει τόσο μεγάλου μήκους σεισμογόνο ρήγμα στη Γη για να προκαλέσει κάτι τέτοιο. Μόνο από συμβάν πρόσκρουσης με αστεροειδή ή κομήτη μπορεί να συμβεί. Πρακτικώς, θα ισοδυναμούσε με παγκόσμιας κλίμακας καταστροφή.

Εικόνα 2: Κλίμακα Richter και χαρακτηριστικά κάθε επιπέδου (Πηγή: http://daskalosa.eu/geography_e/geography_e_26-o_rolos_ton_ifaisteion.html)

1.7 Ρήγματα

1.7.1 Τα ρήγματα και τα χαρακτηριστικά τους

Υπάρχουν πολλές μικρές και μεγάλες διαρρήξεις στην επιφάνεια της Γης. Αυτές λέγονται "ρήγματα". Τα ρήγματα χωρίζονται στα παρακάτω είδη, ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους:

- Κανονικά ρήγματα: ρήγματα στα οποία η οροφή φαίνεται να έχει κατέλθει σε σχέση με το δάπεδο.
- Ανάστροφα ρήγματα: ρήγματα στα οποία η οροφή φαίνεται να έχει ανέλθει σε σχέση με το δάπεδο.
- Οριζοντιολισθητικά ρήγματα: ρήγματα τα οποία διακρίνονται με τη σειρά τους σε αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα, στα οποία έχουμε οριζόντια μετατόπιση των τεμαχών τους. Δεξιόστροφα είναι αυτά στα οποία, αν θεωρήσουμε το ένα τέμαχος σταθερό, το άλλο έχει μετατοπιστεί προς τα δεξιά του. Το αντίθετο ισχύει για τα αριστερόστροφα. [7]

1.7.2 Τα ρήγματα και η ταξινόμηση τους

Για να μελετηθούν και να αναλυθούν οι ρηξιγενείς δομές, πρέπει να χρησιμοποιηθούν μια σειρά ταξινομήσεων των ρηγμάτων. Οι βασικότερες ταξινομήσεις είναι οι ακόλουθες:

Με βάση την ολίσθηση:

- Σε ρήγματα ολίσθησης κατά την κλίση (όπου η μετατόπιση συνέβη παράλληλα στη φορά κλίσης του ρήγματος)
- Σε ρήγματα ολίσθησης κατά παράταξη (όπου η μετατόπιση συνέβη παράλληλα στην παράταξη του ρήγματος)
- Σε ρήγματα πλάγιας ολίσθησης (όπου το άνωσμα της ολίσθησης σχηματίζει μετρήσιμη γωνία είτε με την παράταξη είτε με τη φορά κλίσης του ρήγματος)

Με βάση τη γωνιακή σχέση διεύθυνσης ρήγματος – διεύθυνσης στρωμάτων:

- Σε επιμήκη (όταν η διεύθυνση του ρήγματος είναι παράλληλη με τη διεύθυνση των στρωμάτων που έχει διαταράξει)
- Σε εγκάρσια (όταν η διεύθυνση του ρήγματος είναι κάθετη με τη διεύθυνση των στρωμάτων που έχει διαταράξει)
- Σε διαγώνια (όταν η διεύθυνση του ρήγματος είναι λοξή ως προς τη διεύθυνση των στρωμάτων που έχει διαταράξει)

Με βάση τη σχέση κλίσης ρήγματος – κλίσης στρωμάτων:

- Σύμφωνα (όταν η φορά κλίσης του ρήγματος είναι ομόρροπη με αυτή των στρωμάτων)
- Αντίθετα (όταν η φορά κλίσης του ρήγματος είναι αντίρροπη με αυτή των στρωμάτων) [8]

1.8 Σεισμολογικά όργανα και δίκτυα

1.8.1 Όργανα μέτρησης

Τα σεισμικά κύματα, που αρχίζουν από την εστία και πηγαίνουν μέσα από τα στρώματα της Γης, φτάνουν στους σταθμούς παρατήρησης και καταγράφονται από τα σειсмоγραφικά όργανα. Για να γίνει πλήρης περιγραφή της κίνησης των υλικών σημείων της Γης, χρειάζονται τρία είδη σεισμολογικών οργάνων: αυτά που καταγράφουν τη μετάθεση, την περιστροφή και την παραμόρφωση. Κατά σειρά ιστορικής εξέλιξης και επιστημονικής αξίας διακρίνουμε:

- Σεισμοσκόπια
- Σεισμογράφοι
- Σεισμόμετρα

Σεισμόμετρα: Τα σεισμόμετρα καταγράφουν, με σημαντική ακρίβεια, τις σεισμικές κινήσεις. Η βασική διαφορά μεταξύ ενός σεισμομέτρου και ενός σεισμογράφου είναι ότι το σεισμόμετρο διαθέτει συσκευή, με τη χρήση της οποίας επιτυγχάνεται απόσβεση της αιώρησης του εκκρεμούς, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η πιστότερη αναγραφή της σεισμικής κίνησης. Οι αναγραφές των σεισμομέτρων λέγονται “σεισμογραφήματα”. Η αναγραφή των σεισμικών κυμάτων στα σεισμόμετρα γίνεται με μηχανική, με οπτική και με ηλεκτρομαγνητική αναγραφή. [9]



Εικόνα 3: Σεισμόμετρο (Πηγή: <https://accelnet.gein.noa.gr/accelerometric-network-introduction/>)

Για την απόσβεση των αιωρήσεων του εκκρεμούς σεισμομέτρου χρησιμοποιούνται τα εξής τρία είδη συσκευών:

- Απόσβεση με υγρό: Η συσκευή αποτελείται από δοχείο με κάποιο υγρό (λάδι, γλυκερίνη κ.λ.π.), μέσα στο οποίο μπορούν να κινούνται οι πλάκες, που συνδέονται με μοχλό με το εκκρεμές του σεισμομέτρου. Οι πλάκες μπορούν να βυθίζονται ανάλογα, με αποτέλεσμα ο συντελεστής απόσβεσης να ρυθμίζεται κατά βούληση. Η θερμοκρασία επηρεάζει την πυκνότητα και το ιξώδες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν κάποιες μεταβολές στο συντελεστή απόσβεσης.
- Απόσβεση με αέρα: Ένα έμβολο μπορεί, με κατάλληλη εξάρτηση, να κινείται μέσα σε έναν κύλινδρο. Το ένα του άκρο συνδέεται με τη μάζα του εκκρεμούς και, κατά την ταλάντωση, παράγεται συμπίεση και αραιώση του αέρα.
- Μαγνητική απόσβεση: Το εκκρεμές συνδέεται με μια χάλκινη πλάκα, η οποία ταλαντώνεται μεταξύ των πόλων πεταλοειδούς μαγνήτη. Κατά την κίνηση δημιουργούνται ρεύματα, με αποτέλεσμα την εξάσκηση δύναμης πάνω στην πλάκα, που έχει φορά αντίθετη με τη φορά της ταχύτητας.

Με στιγμιαία ώθηση στη μάζα του εκκρεμούς, η μορφή αναγραφής εξαρτάται από το βαθμό απόσβεσης.



Εικόνα 4: Κίνηση του εκκρεμούς (Πηγή: http://www.geo.auth.gr/211/pdf/Mathima_4_Seismometra.pdf)

Στην (α) περίπτωση η αναγραφή είναι χωρίς απόσβεση. Το πλάτος ελαττώνεται με το χρόνο και η διαφορά μεταξύ δυο διαδοχικών πλακών είναι σταθερή.

Η κρίσιμη απόσβεση (δ) είναι η πιο ικανοποιητική για αξιόπιστες αναγραφές, γιατί ο χρόνος επανόδου στη θέση ηρεμίας είναι ελάχιστος.

Για την ασθενή απόσβεση (β) ο λόγος των πλατών δυο διαδοχικών προς αντίθετες κατευθύνσεις εκτροπών του εκκρεμούς λέγεται λόγος απόσβεσης, ν. [10]

1.8.2 Σεισμολογικά δίκτυα

Τα σύγχρονα σεισμολογικά δίκτυα έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν εντός λίγων ωρών από τη γένεση ενός σεισμού δεδομένα, μεταξύ άλλων, σχετικά με τη γεωγραφική θέση, το βάθος, το μέγεθος και την ένταση του.

Ο Σεισμολογικός Σταθμός του Α.Π.Θ. ανήκει στον τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. Αποτελεί τον κεντρικό σταθμό ενός δικτύου από 48 τηλεμετρικών σεισμολογικών σταθμών, το οποίο καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της χώρας. Ο στόχος του είναι να παρακολουθεί, να καταγράφει και να αναλύει τη σεισμική δραστηριότητα του Ελλαδικού χώρου και των γύρω περιοχών. Ο Σεισμολογικός Σταθμός του Α.Π.Θ. και το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών έχουν υπό την ευθύνη τους την έκδοση κοινής ανακοίνωσης μετά τη γένεση των σεισμών. [11]

Ο τομέας Γεωφυσικής Γεωθερμίας του Πανεπιστήμιου Αθηνών συνεργάζεται με το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για τη μόρφωση και εκπαίδευση των φοιτητών και την ενόργανη παρακολούθηση της σεισμικότητας του Ελληνικού χώρου. Αυτός ο ενιαίος και ανεξάρτητος φορέας, με την πολύχρονη προσφορά του, έχει καταφέρει να αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό τους κλάδους της Σεισμολογίας και της Γεωφυσικής και έχει αναγνωριστεί από την Ελληνική και διεθνή επιστημονική κοινότητα. [12]

Στο εργαστήριο Σεισμολογίας της Πάτρας γίνεται η συλλογή όλων των μετρήσεων και η αξιολόγηση των δεδομένων. Τα συστήματα έχουν να κάνουν με μετρήσεις γεωηλεκτρικού δυναμικού, σεισμικότητας και θερμοκρασίας υπόγειων υδάτων. Επιπλέον μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό βήμα στην προσπάθεια πρόβλεψης επερχόμενων σεισμικών δονήσεων. [13]

Η κύρια δραστηριότητα του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου είναι η 24ωρη παρακολούθηση της σεισμικότητας του Ελληνικού χώρου και η ενημέρωση σχετικά με αυτήν. Ο σκοπός είναι η ανάπτυξη και η μελέτη της έρευνας στη σεισμολογία, στη φυσική του εσωτερικού της Γης, στη γεωφυσική, στην τεκτονική των πλακών, στην ηφαιστειολογία, τη γεωθερμία τη σεισμοτεκτονική κ.λ.π. Για την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων λειτουργούν το μόνιμο σεισμολογικό δίκτυο το οποίο αποτελείται από 45 σταθμούς, που καλύπτουν όλον τον Ελληνικό χώρο, το δίκτυο επιταχυνσιογράφων που έχει εγκατασταθεί στις μεγαλύτερες πόλεις του Ελληνικού χώρου με 70 ψηφιακά όργανα, το μόνιμο δίκτυο GPS με 11 σταθμούς, το μόνιμο δίκτυο παρακολούθησης tsunامي (υπό σχεδιασμό) και το δίκτυο φορητών σειсмоγράφων για την καταγραφή των μικροσεισμών, τον έλεγχο της δυναμικής κατάστασης των ρηγμάτων, και την παρακολούθηση της μετασεισμικής εξέλιξης. [14]

Το εργαστήριο Γεωφυσικής & Σεισμολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης δραστηριοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα της έρευνας, που διενεργείται στα τεχνολογικά και επιστημονικά πεδία της Σεισμολογίας, της Φυσικής του εσωτερικού της Γης και της Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής σε συνεργασία με το Εργαστήριο Μετρήσεων και Οργανολογίας του Τμήματος Ηλεκτρονικής του Τ.Ε.Ι Κρήτης και τον Τομέα Φυσικών Πόρων & Φυσικών Καταστροφών του Κέντρου Τεχνολογικής Έρευνας Κρήτης. Συγκεκριμένα, εστιάζει τις ερευνητικές προσπάθειές της στην πολυπαραμετρική μελέτη των σεισμικών καταστροφών, στη σεισμοτεκτονική, στην πρόγνωση των σεισμών, στην πολυκλαδική χωροχρονική εκτίμηση και διαχείριση της επικινδυνότητας των σεισμών, στις μικροζωνικές μελέτες, στη μελέτη των σεισμικών ακολουθιών, στην παραμόρφωση και δομή του φλοιού και του άνω μανδύα της Γης, στη μαθηματική προσομοίωση ροών, στη φυσική των γεωυλικών, στον παλαιομαγνητισμό και στη μελέτη της δομής του εσωτερικού της. [15]

1.9 Σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά και σεισμικότητα στην Ελλάδα

1.9.1 Δομή του Φλοιού και του Πάνω Μανδύα στην Ελλάδα

Τα σεισμικά γεγονότα έχουν συμβάλει στον ορισμό της δομής ταχύτητας του φλοιού και του πάνω μανδύα στην Ελλάδα. Δεδομένα όπως αυτά χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της δομής απόσβεσης σ' αυτήν την περιοχή.

Με την εφαρμογή κλασσικών μοντέλων σε χρόνους διαδρομής κυμάτων χώρου (κυμάτων p ή s) σεισμών και σε δεδομένα σκέδασης επιφανειακών κυμάτων έχουν αποκτηθεί βασικές γνώσεις για το πάχος των στρωμάτων του φλοιού και για τη μέση ταχύτητα σε κάθε ένα από τα στρώματα αυτά στον Ελληνικό χώρο. Επιπλέον πληροφορίες για τη βαθιά δομή ταχύτητας αυτής της περιοχής αποκτήθηκαν με τη χρήση χρόνων διαδρομής κυμάτων, τα οποία δημιουργήθηκαν με τεχνικές εκρήξεις.

Οι τιμές της ταχύτητας των p κυμάτων στο ιζηματογενές στρώμα του φλοιού, στο στρώμα του πάνω φλοιού (γρανιτικό) που βρίσκεται αμέσως κάτω από το ιζηματογενές και στο στρώμα του κάτω φλοιού (βαλσατικό) αυτής της περιοχής είναι 5.0 km/sec, 6.0 km/sec και 6.8 km/sec, αντίστοιχα, ενώ η τιμή της ταχύτητας αυτής στο μανδύα αμέσως κάτω από το φλοιό είναι 7.8 km/sec. Το ιζηματογενές στρώμα είναι λεπτό (1-2 km) και το πάχος του πάνω στρώματος του φλοιού είναι 60% και του κάτω στρώματος 40% του συνολικού πάχους του φλοιού. Για τις οροσειρές Δυναρίδων – Ελληνίδων έχουν παρατηρηθεί μεγάλα πάχη του φλοιού (40-47 km), ενώ το πάχος του φλοιού γίνεται κανονικό (28-37 km) στο ανατολικό μέρος της ελληνικής χερσονήσου, στο βόρειο και κεντρικό Αιγαίο, στην Κρήτη και στη δυτική Τουρκία. Ο φλοιός στο νότιο Αιγαίο γίνεται αρκετά λεπτός (21-26 km).

Το πάχος του φλοιού στην ανατολική Μεσόγειο, νότια του Ελληνικού τόξου, είναι περίπου 20 km με πολύ παχύ, περίπου 10 km ιζηματογενές στρώμα.

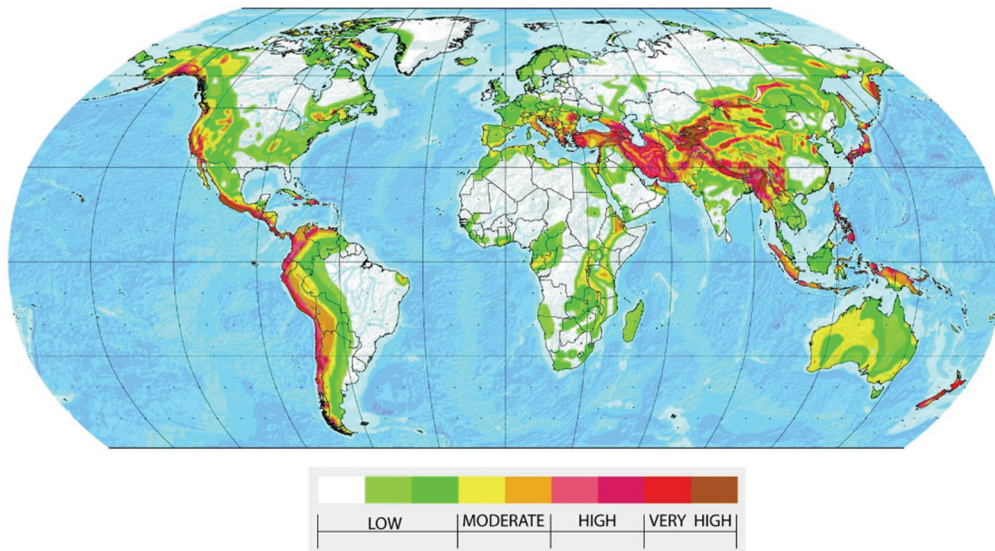
Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη δομή ταχύτητας του φλοιού και του πάνω μανδύα, έχουν εφαρμοστεί μέθοδοι αντιστροφής σε κύματα χώρου και σε δεδομένα σκέδασης επιφανειακών κυμάτων.

Κάποια από τα πιο σημαντικά αποτελέσματα της τομογραφικής εργασίας σε αυτήν την περιοχή είναι η ανεύρεση της καταδυόμενης λιθοσφαιρικής πλάκας σε μεγάλα μεγέθη (μέχρι 800 km) κάτω από την περιοχή του Αιγαίου, η ομοιότητα μεταξύ των επιφανειακών τεκτονικών χαρακτηριστικών και της βαθιάς γεωφυσικής δομής και η ανεύρεση ενός διαύλου χαμηλής ταχύτητας σε βάθος 10 με 20 km κάτω από τις Ελληνίδες οροσειρές. Επιπλέον φαίνεται ότι οι ταχύτητες είναι πολύ υψηλές κάτω από τις Δυναρίδες – Ελληνίδες οροσειρές και χαμηλές κάτω από το Αιγαίο. Η οριζόντια εξάπλωση του στρώματος πολύ χαμηλής ταχύτητας σε τόσο βάθος ορίζει την περιοχή υψηλής ηφαιστειακής και γεωθερμικής δράσης που παρατηρείται στην επιφάνεια της Γης στο νότιο Αιγαίο.

Η έρευνα επί της δομής απόσβεσης του φλοιού και του πάνω μανδύα βασίζεται σε δεδομένα από σειсмоγράμματα και σε μακροσεισμικές εντάσεις. Το ερευνητικά αποτελέσματα είναι η διαπίστωση ότι τα σεισμικά κύματα υφίστανται έντονη απόσβεση όταν διέρχονται από τον μανδύα στην περιοχή του νότιου Αιγαίου, το οποίο είναι άμεσο αποτέλεσμα της καταβύθισης της λιθόσφαιρας της ανατολικής Μεσογείου κάτω από το Αιγαίο. [16]

1.9.2 Σεισμικότητα στον Ελλαδικό χώρο

Η σεισμικότητα σε επίπεδο και σε ετήσια βάση συνοψίζεται σε χάρτες, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Σύμφωνα με τη χρωματική διάκριση, η Ελλάδα βρίσκεται σε έντονη σεισμική δραστηριότητα.



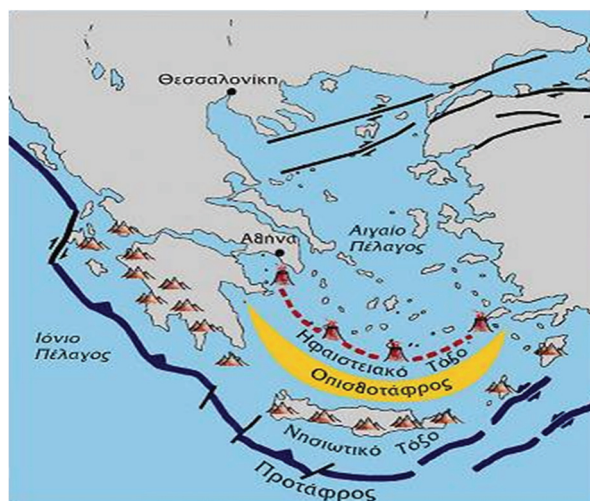
Εικόνα 5: Παγκόσμιος χάρτης σεισμικής δραστηριότητας (Πηγή: : <http://www.markedbyteachers.com/as-and-a-level/geography/the-global-distribution-of-geophysical-hazards.html>)

Ο ελληνικός χώρος βρίσκεται στα όρια επαφής και σύγκλισης της Ευρασιατικής πλάκας με την Αφρικανική, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να γίνεται χώρος μεγάλης σεισμικότητας. Σημειώνεται ότι η σεισμικότητα ενός τόπου καθορίζεται από τη συχνότητα εμφάνισης των σεισμών και των μεγεθών. Με βάση τα στατιστικά στοιχεία η Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση στη Μεσόγειο και την Ευρώπη για τη σεισμικότητα καθώς και την έκτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Βασικό τεκτονικό γνώρισμα του Ελλαδικού χώρου είναι το Ελληνικό τόξο, ή αλλιώς το τόξο του Αιγαίου. Το Ελληνικό τόξο αποτελεί το όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο, και της Αφρικανικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι η λιθόσφαιρα της Ανατολικής Μεσογείου. Οι λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν σε εκείνη την περιοχή με ταχύτητα 2.5 εκατοστά το χρόνο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Ανατολικής Μεσογείου εξαιτίας της μεγαλύτερης πυκνότητας κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου. Το τόξο που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή αποτελείται από την ελληνική τάφρο, το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο και το ηφαιστειακό τόξο.

Η τάφρος δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δυο πλακών. Είναι ένα σύστημα τάφρων, μια σειρά από βαθιές θαλάσσιες λεκάνες από τη Ρόδο έως και την Κεφαλονιά. Το μέγιστο βάθος της εντοπίζεται νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου στο Ιόνιο πέλαγος (βάθος περίπου 4500 km), που είναι και το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου.

Το νησιώτικο τόξο αποτελείται από μια σειρά διαδοχικών νησιών, όπως η Ρόδος, η Κρήτη, τα Κύθηρα και από την Πελοπόννησο. Τοποθετείται παράλληλα ως προς την τάφρο και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Το τόξο δημιουργείται από την παραμόρφωση και ανύψωση πετρωμάτων, κυρίως ιζηματογενών, του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας και περιλαμβάνει πολύ παραμορφωμένα πετρώματα της Αλπικής πτύχωσης. [17]



Εικόνα 6: Τεκτονική διαμόρφωση του Ελλαδικού χώρου (Πηγή: <http://www.oasp.gr/node/207>)

1.9.3 Ισχυροί σεισμοί στην Ελλάδα

α/α	Ημερομηνία	Περιοχή	Μέγεθος (R)
1	26/6/1926	Ρόδος, Αρχάγγελος	8.0
2	11/8/1903	Κήθυρα, Μιτάτα	7.9
3	8/11/1905	Χαλκιδική, Άθως	7.5
4	9/7/1956	Αμοργός, Ποταμός	7.5
5	30/8/1926	Πελοπόννησος, Σπάρτη	7.2
6	12/8/1953	Κεφαλονιά, Αργοστόλι	7.2
7	25/4/1957	Ρόδος, Ρόδος	7.2
8	19/2/1968	Άγιος Ευστράτιος	7.1
9	26/9/1932	Χαλκιδική, Ιερισσός	7
10	25/2/1935	Λασιθί, Ανώγια	7
11	6/10/1947	Μεσσηνία, Πυλία	7
12	30/4/1954	Καρδίτσα, Σοφάδες	7
13	18/2/1910	Κρήτη, Χανιά	6.9
14	11/8/1904	Σάμος, Σάμος	6.8
15	24/1/1912	Κεφαλονιά, Ασπρογέρακας	6.8

16	31/3/1965	Αιτωλία, Αγρίνιο	6.8
17	13/8/1992	Κρήτη, Ζάκρο	6.8
18	7/8/1915	Ιθάκη, Ιθάκη	6.7
19	23/8/1949	Χίος, Καρδάμυλα	6.7
20	24/1/1981	Αλκυονίδες, Πераχώρα	6.7
21	5/7/1902	Θεσσαλονίκη, Άσσυρος	6.6
22	20/6/1902	Θεσσαλονίκη, Στίβος	6.5
23	1/5/1967	Ιωάννινα, Άρτα	6.4
24	22/4/1928	Κόρινθος, Κόρινθος	6.3
25	5/2/1966	Λίμνη Κρεμαστών, Πετράλωνα	6.3
26	15/6/1995	Αίγιο, Αίγιο	6.1
27	7/9/1995	Αθήνα, Πάρνηθα	6.1
28	17/10/1914	Βοιωτία, Θήβα	6
29	17/5/1930	Κόρινθος, Σαρικό	6
30	20/7/1938	Αττική, Ωρωπός	6
31	19/9/1986	Καλαμάτα, Καλαμάτα	6

Πίνακας 1: Τα σημαντικότερα σεισμικά γεγονότα στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια (Πηγή: <http://www.athenstimeout.gr/blogs/oi-megalyteroi-kai-pio-katastrofikoi-seismoi-tis-elladas-apo-tin-arhaiotita-mehri-simera>)

1.9.4 Τρόποι υπολογισμού των μεγεθών στον Ελλαδικό χώρο

Στην Ελλάδα έχουν υπολογιστεί τα παρακάτω μεγέθη σεισμών από καταγραφές διαφόρων σεισμογράφων:

- Μεγέθη M , από σεισμογράφους Mainka και Wiechert που λειτουργούν στην Αθήνα από το '11 και το '26.
- Μεγέθη M_{LGR} , από τον σεισμογράφο Wood – Anderson που λειτουργεί στην Αθήνα από το '64.
- Μεγέθη από βραχείας περιόδου σεισμογράφους που λειτουργούν στη Θεσσαλονίκη από το '81.

Για τον υπολογισμό του μεγέθους M επιφανειακών σεισμών ($h < 60$ km) στον Ελλαδικό χώρο και στις γύρω περιοχές, εφαρμόζεται ο τύπος:

$$M = \log a + 1.42 \log \Delta + 0.20$$

- α: το μέσο εδαφικό πλάτος, σε μm, όπως υπολογίζεται από τις αναγραφές των δυο οριζόντιων συνιστωσών του σεισμογράφου Mainka ή του σεισμογράφου Wiechert
- Δ: η επίκεντρη απόσταση σε km, για $\Delta < 600$ km.

Για τους σεισμούς ενδιαμέσου βάθους ($60 \text{ km} \leq 180 \text{ km}$) εφαρμόζεται η σχέση:

$$M = \log \alpha + 0.18 \frac{R}{100} + 3.20$$

- R: η υποκεντρική απόσταση, σε km.

Επίσης έχει υποδειχθεί ότι το μέγεθος M είναι ισοδύναμο με το μέγεθος της ροπής M_w .

$$M_w = M \quad 3.6 \leq M \leq 8.0$$

Το μέγεθος M_{LRG} υπολογίζεται από το σειсмоγράφο Wood – Anderson του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αστεροσκοπείου Αθηνών. Το ίδιο μέγεθος υπολογίζεται από τις καταγραφές των βραχείας περιόδου σεισμογράφων του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Α.Π.Θ. με τη σχέση:

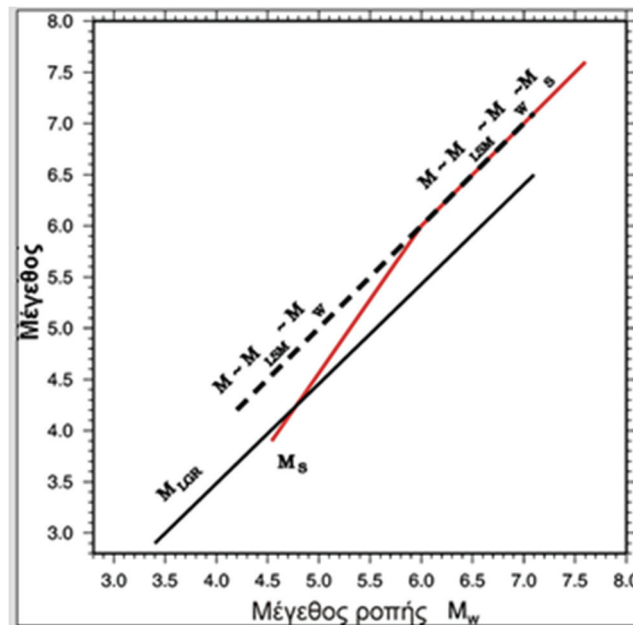
$$M_{LRG} = \log \alpha + 2.32 \log R - 1.1$$

- α: το πραγματικό πλάτος, σε μm, της εδαφικής κίνησης
- R: η υποκεντρική απόσταση, σε km.

Το μέγεθος M_{LRG} συνδέεται με το μέγεθος ροπής με την ακόλουθη απλή σχέση:

$$M_w = M_{LRG} + 0.5 \quad 3.6 \leq M_{LRG} \leq 6.5$$

Η μικρότερη τιμή του M_{LRG} κατά 0.5 από το M_L οφείλεται στο γεγονός ότι ο Wood – Anderson που είναι εγκατεστημένος στην Αθήνα, έχει σχετική μικρή μεγέθυνση (~1000). [18]



Εικόνα 7: Γραφική παράσταση για τους σεισμούς στον Ελλαδικό χώρο (Πηγή: Papazachos et al 2002)

1.10 Πρότυπα ταχυτήτων για την Κρήτη

1.10.1 Στοιχεία από έρευνες για τον ευρύτερο χώρο της Κρήτης

Ο Jost et al. (2002) δοκίμασε να φτιάξει ένα 3D μοντέλο για το Ελληνικό τόξο που αποτελεί μια περιοχή μεταξύ της Αφρικανικής και Ευρασιατικής πλάκας. Έτσι οι λύσεις επιπέδων ρηγμάτων προσδιορίστηκαν από πρόσφατους μικροσεισμούς και μικρά γεγονότα για να εκτιμηθεί η αξιοπιστία τους και η χρήση τους στην τεκτονική ερμηνεία. Το '97 λειτούργησε ένα δίκτυο με 47 ψηφιακούς σταθμούς τριών συνιστωσών με άνοιγμα 60 km και μέγιστη απόσταση μεταξύ τους τα 5 km. Η πληθώρα των ρηχών μικροσεισμών κάτω από την Κρήτη για τους οποίους λύσεις επιπέδων ρηγμάτων καθορίστηκαν να έχουν ένα οριζόντιο άξονα T_a προσανατολισμένο Α-Δ. Επιπλέον, δεδομένα από μικρά γεγονότα μέσα στην Ελληνική ζώνη καταβύθισης έχουν συλλεχθεί από ευζωνικούς σταθμούς σε τοπικές και περιφερειακές αποστάσεις. Άλλες διαθέσιμες λύσεις από πηγές όπως από το Harvard group, EMSC ή SED εμφανίζουν διαφορές σε μερικές περιοχές. Η μεγάλη ευρύτητα των λύσεων επιπέδων ρήγματος για μικροσεισμούς και μικρά γεγονότα παρεμποδίζει την τεκτονική ερμηνεία στην περίπτωση χρήσης δεδομένων από λίγους σταθμούς. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι λύσεις επιπέδων ρηγμάτων από μικρούς έως μέτριους σεισμούς δεν είναι γενικά ευαίσθητες σε λάθη που αφορούν το εστιακό βάθος ή το επίκεντρο. Αυτό μας δείχνει ότι η μέθοδος είναι σταθερή. Εν τέλει, το συμπέρασμα ήταν ότι λύσεις επιπέδων ρηγμάτων για μικρές έως μέτριες περιφέρειες καταγεγραμμένες από κάποιο διάσπαρτο δίκτυο μπορούν να δείξουν σημαντική διασπορά. Ο λόγος για αυτήν την διασπορά δεν είναι γνωστός, αλλά ενδέχεται να σχετίζεται με την αζιμουθιακή κάλυψη και την έλλειψη επαρκών γνώσεων για τη δομή.

Ο Behnoff et al. (2001) διεξήγε έρευνα σεισμικής ανάκλασης και διάθλασης, με σκοπό την ανάλυση της δομής του φλοιού πάνω και γύρω από την Κρήτη. Χρησιμοποιήθηκαν ένα σύνολο από 119 καταγραφικές μονάδες στις παραλιακές περιοχές και στο πέλαγος. Ως σεισμικές πηγές χρησιμοποιήθηκαν εκτονώσεις αέρα από συντονισμένα αεροβόλα. Κατά τη διάρκεια του Σεισμικού Πειράματος Κρήτης, λήφθηκαν τρεις σεισμικές γραμμές με απώτερο σκοπό:

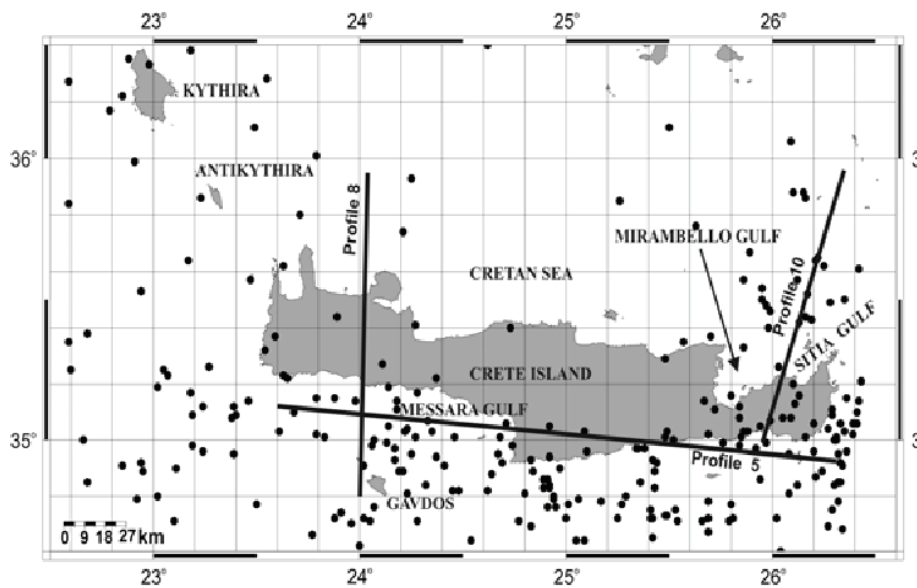
- να καθοριστεί η δομή του φλοιού κάτω από την Κρήτη και στις παρακείμενες περιοχές και πιθανότητα να αναγνωριστεί η διαχωριστική επιφάνεια της ηπειρωτικής και της υποβυθίζουσας ωκεάνιας πλάκας
- να εντοπιστεί το σεισμικό μέτωπο και χείλος της ηπειρωτικής πλάκας στο Αιγαίο νότια του νησιού
- να καθοριστεί η γεωμετρία της καταβύθισης στην περιοχή ενδιαφέροντος
- να καθοριστεί η γεωμετρία των ιζηματογενών στρωμάτων πάνω και γύρω από την Κρήτη.

Ο Meier et al. (2004) εγκατέστησε προσωρινά τοπικά σεισμικά δίκτυα στην δυτική Κρήτη, στην κεντρική Κρήτη και στη νήσο Γαύδο, νότια της δυτικής Κρήτης, με σκοπό να αναπαραστήσει ρηχές ενέργειες σεισμικές ζώνες της Ελληνικής ζώνης καταβύθισης. Ανιχνεύθηκαν περισσότερα από 400 συμβάντα μεταξύ 0.5 και 4.8. Τα υπόκεντρα των μικροσεισμών χρησιμοποιήθηκαν ώστε να παραχθούν τρισδιάστατες εικόνες από ενεργές σεισμικές ζώνες στην περιοχή της δυτικής και κεντρικής Κρήτης από τη Μεσογειακή Ράχη έως το Κρητικό πέλαγος. Ένα 3D μοντέλο φλοιού της ίδιας περιοχής παρουσιάστηκε, βασιζόμενο σε παρατηρήσεις από σεισμικά και επιφανειακά κύματα ευρείας γωνίας. Η σταθερότητά του είναι συγκρίσιμη με την σταθερότητα των σεισμικά ενεργών

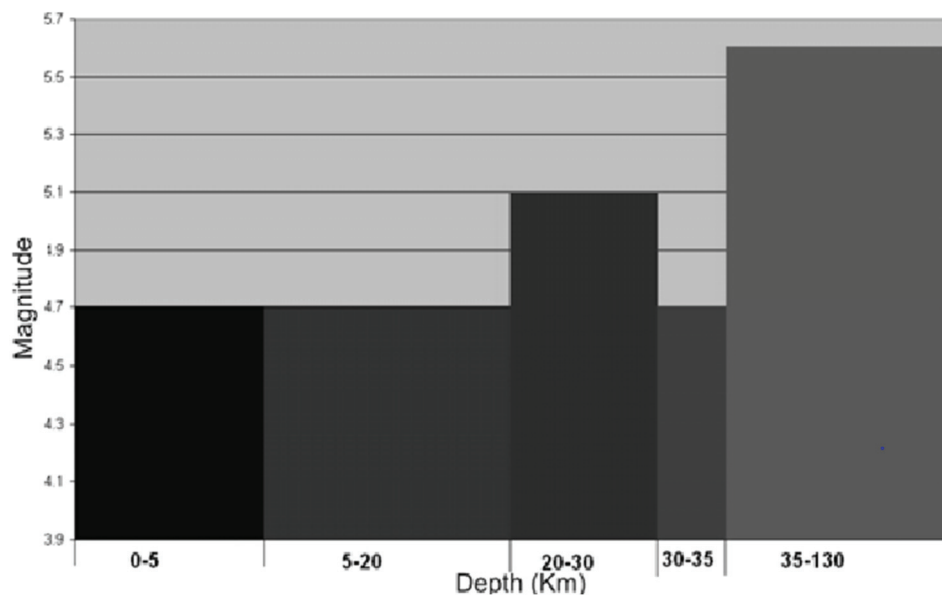
ζωνών, καθορισμένων από την κατανομή του υποκέντρου των μικροσεισμών. Αναγνωρίστηκαν οι σεισμικά ενεργές ζώνες και προσδιορίστηκαν οι ιδιότητες τους.

Σύμφωνα με τα παρακάτω σχήματα προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

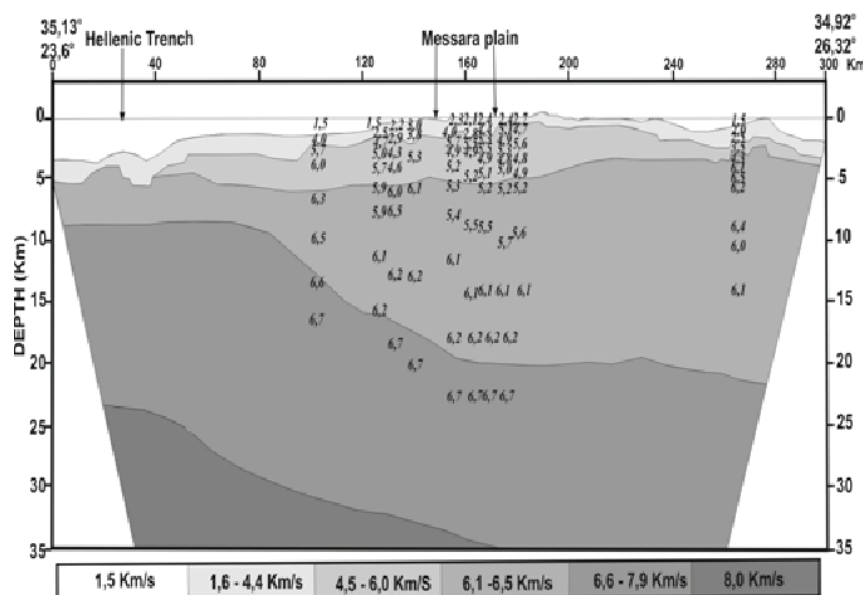
- Η καταβύθιση ξεκινά από 8 km στην Δυτική Κρήτη, ενώ ανατολικά εντοπίζεται στα 20 km.
- Στο κάτω μέρος της ηπειρωτικής Κρήτης εντοπίζεται πάχυνση του φλοιού.
- Στα νότια της Κρήτης παρατηρείται έντονη σεισμικότητα.
- Η πλειονότητα της σεισμικής δραστηριότητας εντοπίζεται σε βάθη μεγαλύτερα από 5 km.
- Οι σεισμοί με μέγεθος μικρότερο του 5 εντοπίζονται σε βάθη μικρότερα από 35 km, ενώ οι σεισμοί με μέγεθος μεγαλύτερο του 5 σε βάθη μεγαλύτερα του 35km. [19]



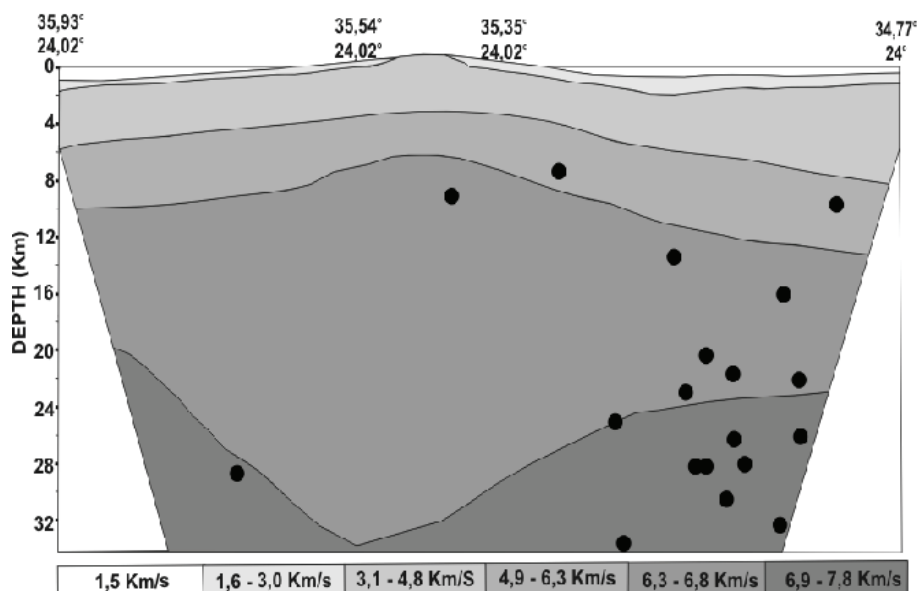
Εικόνα 8: Απεικόνιση κατανομής των καταγεγραμμένων σεισμικών γεγονότων με μέγεθος μεγαλύτερο από 4.0 και πρότυπα ταχυτήτων 5,8 και 10 (Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Local-Seismicity-and-Seismic-Velocity-Structure-in-PHILIPPOS-ELENI/de9b54016fe2860a8b7567f384ae50312e5cd>)



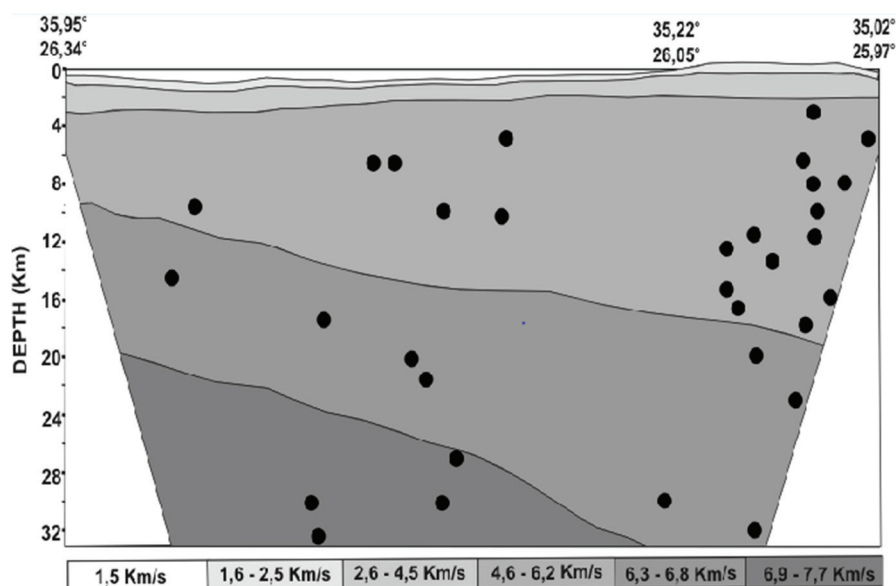
Εικόνα 9: Ιστόγραμμα για την κατανομή του μεγέθους των σεισμικών γεγονότων με το βάθος (Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Local-Seismicity-and-Seismic-Velocity-Structure-in-PHILIPPOS-ELENI/de9b54016fe2860a8b7567f384aefee50312e5cd>)



Εικόνα 10: Το πρότυπο ταχυτήτων V_p και η κατανομή της σεισμικότητας σε κάθε στρώμα (Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Local-Seismicity-and-Seismic-Velocity-Structure-in-PHILIPPOS-ELENI/de9b54016fe2860a8b7567f384aefee50312e5cd>)



Εικόνα 11: Το πρότυπο ταχυτήτων 8 και η κατανομή της σεισμικότητας σε κάθε στρώμα (Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Local-Seismicity-and-Seismic-Velocity-Structure-in-PHILIPPOS-ELENI/de9b54016fe2860a8b7567f384aefee50312e5cd>)



Εικόνα 12: Το πρότυπο ταχυτήτων 10 και η κατανομή της σεισμικότητας σε κάθε στρώμα (Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Local-Seismicity-and-Seismic-Velocity-Structure-in-PHILIPPOS-ELENI/de9b54016fe2860a8b7567f384aefee50312e5cd>)

1.10.2 Μεθοδολογίες επιλογής μοντέλου ταχυτήτων

Η ακρίβεια υπολογισμού των εστιακών παραμέτρων ενός σεισμού είναι άμεσα συσχετιζόμενη με την επιλογή του σωστού μοντέλου ταχυτήτων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού πρέπει να καθοριστεί η δομή (βάθος ασυνεχειών) και οι σεισμικές ταχύτητες του μέσου διάδοσης. Ο αριθμός και το πάχος των στρωμάτων, καθώς και η συνολική έκταση του μοντέλου σε βάθος εξαρτώνται άμεσα από:

- Τη γεωγραφική εξάπλωση, τη γεωμετρία και την πυκνότητα του σεισμολογικού δικτύου.

- Τον αριθμό των σταθμών.
- Το είδος και τους στόχους της σεισμολογικής μελέτης.

Έτσι, ανάλογα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, είναι δυνατό να διακρίνουμε τα ευρείας κλίμακας και τα τοπικά λεπτομερή μοντέλα ταχυτήτων μικρής κλίμακας. Τα πρώτα (που χαρακτηρίζονται από το μικρό αριθμό στρωμάτων (3-5)) χρησιμοποιούνται στον καθορισμό των εστιακών από σεισμολογικά δίκτυα μεγάλης γεωγραφικής εξάπλωσης. Τα δεύτερα (με μεγαλύτερο συνήθως αριθμό στρωμάτων) χρησιμοποιούνται σε τοπικά δίκτυα παρακολούθησης μικροσεισμικής ή μετασεισμικής δραστηριότητας.

Η πιο απλή μορφή ενός μοντέλου ταχυτήτων είναι το μοντέλο ημιχώρου, δηλαδή ένα μοντέλο που περιέχει ένα μόνο στρώμα που εκτείνεται από την επιφάνεια μέχρι μεγάλο βάθος και χαρακτηρίζεται από μία μόνο ταχύτητα σεισμικών κυμάτων. Χάρη στην απλότητά του, το μοντέλο αυτό επιτρέπει, με κατάλληλη επιλογή τιμής σεισμικής ταχύτητας, σημαντική ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων λόγω της ισοκατανομής των χρονικών υπολοίπων μεταξύ όλων των σταθμών. Η σημαντική ελάττωση των σφαλμάτων σε μια τέτοια περίπτωση δε συμβαδίζει πάντα με τον εντοπισμό της καλύτερης λύσης του υποκέντρου, δεδομένου ότι η υπεραπλουστευμένη μορφή του μοντέλου ταχυτήτων υστερεί στον καλύτερο προσδιορισμό του βάθους του. Για το λόγο αυτό η χρήση πιο συνθέτων μοντέλων είναι αναπόφευκτη.

Ο επιτυχής σχεδιασμός και η σύνθεση ενός τέτοιου μοντέλου ταχυτήτων θα πρέπει να προκύψει από δύο στάδια:

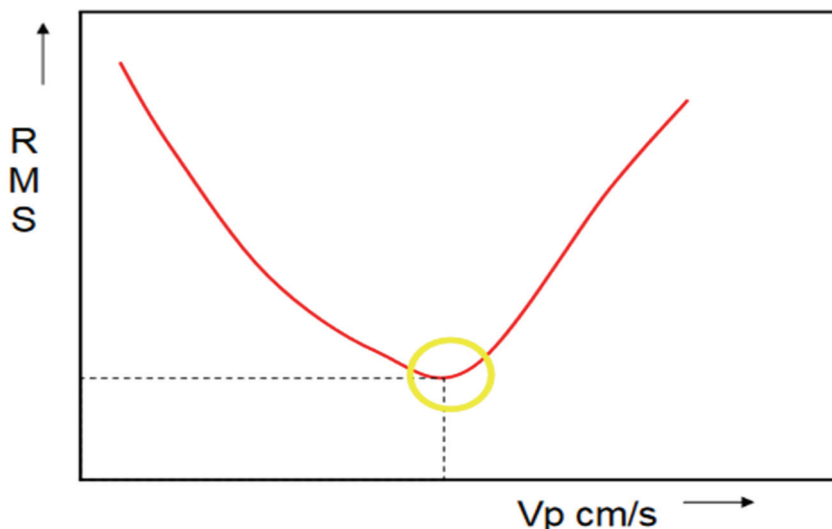
- 1) Την αξιολόγηση των γεωλογικών και γεωφυσικών στοιχείων της περιοχής.
- 2) Την επεξεργασία των σεισμολογικών δεδομένων στα πλαίσια επαναληπτικών δοκιμών.

Το πρώτο στάδιο αφορά τη βιογραφική ενημέρωση και τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών, που θα καθορίσουν τους περιορισμούς και θα αποτελέσουν τη βάση για το σχεδιασμό του μοντέλου.

Κατά το δεύτερο στάδιο γίνεται προσπάθεια ώστε να διαμορφωθεί το μοντέλο ανάλογα με το σύνολο των σεισμολογικών δεδομένων (σεισμικές φάσεις). Απαιτούνται δεδομένα από σημαντικό αριθμό σεισμών ώστε να εξασφαλιστεί η, κατά το δυνατόν, πιο πλήρης κάλυψη του χώρου που καθορίζεται από τις εστίες και τους σταθμούς, τόσο σε βάθος όσο και αξιμουθιακά. Έτσι, το μοντέλο που θα προκύψει θα αντιπροσωπεύει με μεγαλύτερη ακρίβεια τον σεισμογόνο χώρο.

Στην πρώτη φάση κάνοντας χρήση του αλγορίθμου HYPO71, και μετά από διαδοχικές δοκιμές, καθορίζουμε την ταχύτητα του μοντέλου ημιχώρου, που δίνει τα μικρότερα μέσα τετραγωνικά σφάλματα. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τα δεδομένα της βιβλιογραφικής διερεύνησης του πρώτου σταδίου, προσθέτουμε με τη σειρά νέα στρώματα υποδιαιρώντας διαδοχικά το αρχικό μοντέλο του ημιχώρου. Το κριτήριο για την προσθήκη και την αποδοχή του βάθους και της ταχύτητας ενός νέου στρώματος αποτελεί η σχετική προς τα προηγούμενα μείωση των σφαλμάτων. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται αρκετές φορές και, μετά από σημαντικό αριθμό δοκιμών, είναι σε θέση να οδηγήσει σε ένα μοντέλο που έχει το μικρότερο βαθμό σφαλμάτων. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των διαδοχικών δοκιμών κατέχει η αξιοποίηση των πληροφοριών για το γεωλογικό και γεωφυσικό καθεστώς της περιοχής έρευνας.

Προκειμένου να βελτιωθεί η παραπάνω επαναληπτική διαδικασία καθορισμού του μοντέλου ταχυτήτων, οι Kissling κ.α. (1994) ανέπτυξαν μια μεθοδολογία η οποία επιτρέπει τον καθορισμό ενός πιο λεπτομερούς μοντέλου ταχυτήτων.



Εικόνα 13: Γραφική παράσταση μεταβολής του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMS) σεισμικής ακολουθίας σε συνάρτηση με την ταχύτητα P κυμάτων μοντέλου ημιχώρου (Πηγή: http://users.uoa.gr/~voulgaris/pdf/Eidika_Kefalaia_Notes_2006.pdf)

Σύμφωνα με αυτήν τη μεθοδολογία, ο χρόνος άφιξης ενός σεισμικού κύματος από μια εστία σε ένα σταθμό αποτελεί μία γραμμική συνάρτηση της θέσης του σταθμού (s), της θέσης του επικέντρου και του χρόνου γένεσης (h) και του μοντέλου ταχυτήτων (m). Δηλαδή:

$$tobs = f(s, h, m)$$

Στη σχέση αυτή μόνο η θέση των σταθμών και οι χρόνοι άφιξης είναι γνωστοί και, κατά συνέπεια, δε γίνεται να επιλυθεί χωρίς να γίνουν αρχικά κάποιες παραδοχές για τους υπόλοιπους αγνώστους. Αφού ορίσουμε ένα αρχικό μοντέλο ταχυτήτων και κάποιες πιθανές θέσεις επικέντρων, επιλύουμε το ευθύ πρόβλημα υπολογίζοντας θεωρητικούς χρόνους άφιξης και τις αποκλίσεις τους από τους πραγματικούς. Εν συνεχεία, με τη χρήση της μεθόδου αντιστροφής, υπολογίζονται οι απαιτούμενες διορθώσεις στην κατανομή ταχυτήτων του αρχικού μοντέλου και στις θέσεις των επικέντρων προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι αποκλίσεις των χρόνων άφιξης. Το ευθύ πρόβλημα λύνεται και πάλι προκειμένου να γίνει εκτίμηση των βελτιώσεων στις αποκλίσεις των χρόνων. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις του αναλυτή, έως ότου οι αποκλίσεις προσεγγίσουν επιθυμητές τιμές. Επιπλέον, προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη εναλλακτικών λύσεων όσον αφορά το μοντέλο ταχυτήτων, είναι χρήσιμο να επαναλαμβάνονται οι υπολογισμοί με διαφορετικά αρχικά μοντέλα, ώστε να επιλεγεί η καλύτερη δυνατή λύση.

Τέλος, σύμφωνα με τη συνηθισμένη πρακτική, για να αντισταθμιστούν τα αποτελέσματα πλευρικών μεταβολών της ταχύτητας, θα πρέπει να εφαρμοστούν διορθώσεις χρονικών υπολοίπων σε κάθε σταθμό του δικτύου. Με τη μεθοδολογία των Kissling κ.α. (1994) οι τιμές των διορθώσεων υπολογίζονται ταυτόχρονα κατά τη διαδικασία αναστροφής. Με δεδομένο ότι ο αναλυτής έχει τη δυνατότητα να καθορίσει τη βαρύτητα όλων των παραμέτρων κατά τον υπολογισμό των διορθώσεων, οι διορθώσεις των σταθμών γίνονται συνήθως σε επόμενο στάδιο, αφού έχει πρώτα καθοριστεί το καλύτερο μονοδιάστατο μοντέλο ταχυτήτων. [20]

Κεφάλαιο 2: Μέθοδος

2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Με τη βοήθεια του προγράμματος Seisan κάναμε φασματική ανάλυση. Με τη χρήση του τύπου Brune 1970 υπολογίσαμε τη σεισμική ροπή με βάση το φάσμα μετάθεσης και τη γωνιακή συχνότητα. Επίσης ο τύπος του Kanamori 1977 συνδυάζει τη σεισμική ροπή με το μέγεθος της ροπής. [21] [22]

2.2 Δεδομένα

Μεταξύ Οκτωβρίου 2015 και Αυγούστου 2017 στην ευρύτερη περιοχή του Νότιου Αιγαίου συνέβησαν 34 σεισμικά γεγονότα με μέγεθος μεγαλύτερο του 3.9. Οι σεισμοί αυτοί καταγράφηκαν από το εργαστήριο Γεωφυσικής & Σεισμολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης, από το Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθηνών και από άλλα σεισμολογικά δίκτυα στην Ελλάδα. Το εργαστήριο Γεωφυσικής και Σεισμολογίας έχει εγκαταστήσει και λειτουργεί δεκατρείς σταθμούς στο μέτωπο του Ελληνικού Τόξου:

- TEI Χανίων - CHAN
- Φερμά Ιεράπετρα - FRMA
- Γαύδος - GVDS
- TEI Ηρακλείου - HRKL
- Καλαμάτα - KLMT
- Κουντούρα - Χανιά - KNDR
- Κως - KOSK
- Καστέλι Πεδιάδος - Ηράκλειο - KSTL
- Κύθηρα - KTHR
- Πρινές – Ρέθυμνο - PRNS
- Ροδοπός - RODP
- Σητεία - STIA
- Ημεροβίγλι Θήρας - THT2
- Τυμπάκι - TMBK

Ημερομηνία	Ωρα	Γεωγραφικό πλάτος (°N)	Γεωγραφικό μήκος (°N)	Βάθος (km)	ML	Mw
13/8/2017	11:16:53	37.1298	27.679	8	4.6	4.9
8/8/2017	7:42:21	37.0283	27.6052	5	5.1	5.2
20/7/2017	22:31:11	36.9643	27.4332	10	6.2	6.4
15/7/2017	20:30:15	34.8185	25.4608	5	5.3	5.1
14/6/2017	7:10:04	34.6198	23.7072	16	4.2	4.4

17/5/2017	11:30:32	36.0288	27.4943	21.8	5.1	4.8
3/5/2017	13:53:25	35.3795	26.8232	5.8	4.1	3.9
3/4/2017	8:56:02	34.1235	23.9447	4.4	4.1	4.2
30/3/2017	5:12:27	34.7523	24.84	23.9	4.1	4.4
15/3/2017	23:29:48	35.9447	27.589	8.3	4.2	4.3
3/3/2017	23:17:00	35.4977	25.9215	13.3	4.6	4.5
15/2/2017	23:01:24	34.7825	24.9397	12.1	4.5	4.3
25/1/2017	18:50:53	35.3965	26.4477	60.7	5.4	5.2
15/1/2017	3:37:23	35.063	23.0635	20.9	4.6	4.7
27/12/2016	19:31:06	36.5552	22.9645	10.3	4.4	4.6
20/12/2016	6:03:44	36.5397	26.93	121.8	5.3	5.2
3/12/2016	8:35:57	35.883	27.2792	11.3	4.1	3.9
2/12/2016	11:46:02	36.5548	21.5218	5.4	4.4	4.5
29/11/2016	0:19:29	34.9157	23.3157	11.8	4.3	4.5
28/9/2016	7:17:34	36.733	21.868	55.9	5	4.7
27/9/2016	20:57:05	36.3275	27.5762	89.3	5.4	5.1
25/5/2016	8:36:15	35.0358	26.288	20	5.5	5.5
16/4/2016	0:10:40	34.9807	25.7363	8.9	4.7	4.7
3/4/2016	0:46:15	34.187	25.727	9.3	4.5	4.6
12/3/2016	12:40:39	35.3593	23.551	12.4	4.9	4.5
10/3/2016	0:03:39	34.8753	23.2277	40	4.1	4.4
6/3/2016	23:18:15	35.397	23.5863	16.9	4	3.9
18/2/2016	2:40:24	35.1782	26.3193	28.1	4.7	4.5
5/2/2016	23:01:29	34.9843	25.8295	16.9	4.5	4.3
26/12/2015	11:00:49	35.6138	27.254	65.7	5.2	5.2
25/12/2015	2:24:31	34.7087	25.5035	74.6	4.4	4.2

27/10/2015	13:14:40	35.8842	24.0062	30.5	4.2	4.1
24/10/2015	2:59:03	35.5055	23.455	60.8	4	4.1
12/10/2015	2:16:10	34.5725	26.4342	22.6	4.5	4.9

Πίνακας 2: Σεισμοί από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Αθηνών

2.3 Μεθοδολογία

Η παρακάτω διαδικασία έγινε με την χρήση του λογισμικού πακέτου ανάλυσης σεισμολογικών δεδομένων SEISAN version 8.0 (Havskov and Ottenmoeller, 2003).

1. Φτιάχνουμε μια βιβλιοθήκη για τη χρονική περίοδο που θα δουλέψουμε. Προσθέτουμε τα δεδομένα που μας ζητάει κατά την προετοιμασία, συγκεκριμένα το όνομα της βιβλιοθήκης στα κεφαλαία, την ημερομηνία που θέλουμε να αρχίζει και την ημερομηνία που θέλουμε να τελειώσει.
2. Τα αρχεία που έχουμε είναι σε μορφή REFTEK (*.rt). Επιλέγουμε έναν από τους φακέλους που δημιουργήθηκαν, ανάλογα με την ημερομηνία και βάζουμε μέσα τα αρχεία REFTEK που θέλουμε να μουν στο seisan.
3. Τρέχουμε τα 3 αρχεία .bat με τη σωστή σειρά, τα οποία δημιουργούν ένα αρχείο .hc.

```
@echo off
mkdir tmp
copy *.rt tmp\
echo. 2>1st_EmptyFile.rt

FOR %%F IN (*.rt) DO (RENAME "%%F" "rt_mseed %%F")

del "rt_mseed rt_mseed 1st_EmptyFile.rt"
dir *.rt /b> Run_this_2nd.bat
del *.rt
copy tmp\*.rt
rmdir /S /Q tmp
```

Εικόνα 14: Run_this_1st

```
rt_mseed 2018092094555159_0003cdc0_6FF3_1.rt
rt_mseed 2018092094555542_0003ca96_91C1_2.rt
rt_mseed 2018092094556280_0003cfa0_9F4F_2.rt
rt_mseed 2018092094556300_0003bee8_A959_2.rt
rt_mseed 2018092094556500_0003c5aa_A769_2.rt
rt_mseed 2018092094556800_0003c473_6FF1_1.rt
rt_mseed 2018092094556968_0003c3fc_91B8_2.rt
rt_mseed 2018092094557110_0003c5dc_91C0_2.rt
rt_mseed 2018092094557639_0003baf7_5FF1_1.rt
rt_mseed 2018092094557850_0003b57d_7FF1_1.rt
rt_mseed 2018092094557899_0003b5f6_7FF2_1.rt
rt_mseed 2018092094558100_0003b627_7FF3_1.rt
rt_mseed 2018092094558439_0003b51a_7FF4_1.rt
rt_mseed 2018092094558479_0003b3e5_8FF1_1.rt
```

Εικόνα 16: Run_this_2nd

```
@echo off
dirf *.msd

(echo 1 & echo seisan & echo HC & echo 180)| seisei /Q
dirf *.HC*
del *.msd
```

Εικόνα 17: Run_this_3rd

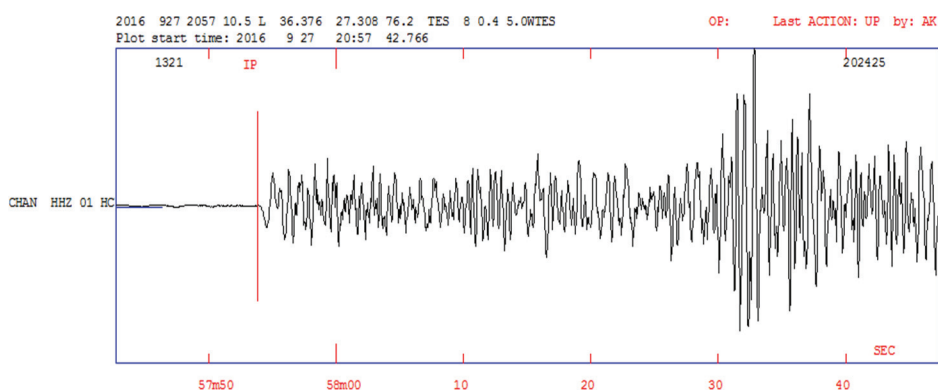
4. Τρέχουμε το πρόγραμμα, το οποίο φορτώνει τις κυματομορφές. Για να το τρέξουμε, ανοίγουμε τη γραμμή εντολών και γράφουμε "se".

Το πρόγραμμα λειτουργεί ως εξής:

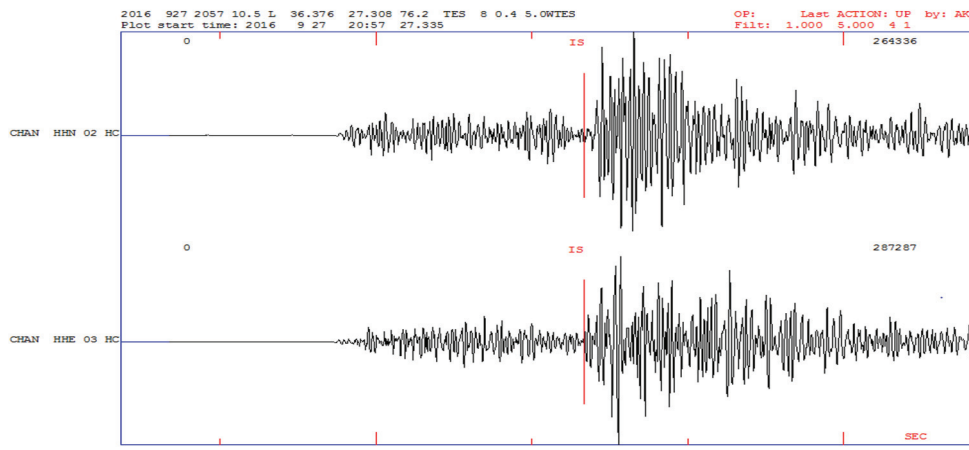
1. File → Open → Local database
2. Επιλέγουμε το σωστό φάκελο ανάλογα με αυτόν που θέλουμε να αναλύσουμε και πατάμε "επιλογή φακέλου".
3. Κάνουμε δεξί κλικ πάνω σε έναν από τους σεισμούς, που εμφανίζονται και που θέλουμε να επεξεργαστούμε, και πατάμε την επιλογή "Plot with Mulplot"

Για την επεξεργασία των σεισμών ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλέγουμε τις τρεις συνιστώσες σε κάθε σταθμό και μεγεθύνουμε πατώντας το πλήκτρο "V".
2. Εντοπίζουμε τις αφίξεις των p και s όπου p είναι η άφιξη του Primary (πρωτεύοντος) κύματος και s η άφιξη του Secondary (δευτερεύοντος) κύματος.



Εικόνα 15: Άφιξη p κύματος (Σεισμός 27/9/2016)



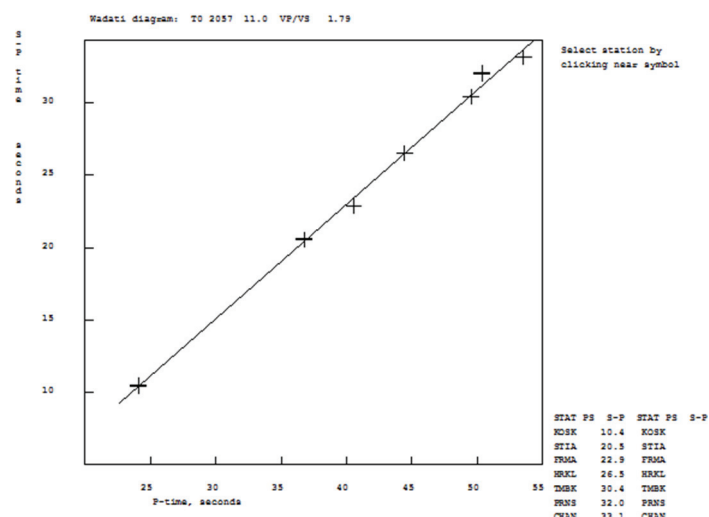
Εικόνα 16: Άφιξη s κύματος (Σεισμός 27/9/2016)

- Όταν βάλουμε όλα τα p και s κύματα πηγαίνουμε στην αρχική οθόνη, κάνουμε δεξί κλικ και πατάμε locate. Έτσι μπορούμε να δούμε τους σταθμούς, το επίκεντρο, το βάθος και άλλες πληροφορίες.

date	hrmn	sec	lat	long	depth	no	n	rms	damp	erln	erlt	erdp		
16 927	2057	10.56	3623.13M	27 17.3E	77.1	16	3	0.38	0.000	7.4	5.6	9.5		
stn	dist	azm	ain	w	phas	cal	eph	hrmn	tsec	t-obs	t-cal	res	wt	di
KOSK	49	325.7	141.2	0	P	PG		2057	24.1	13.52	13.42	0.10	1.00	9
KOSK	49	325.7	141.2	0	S	SG		2057	34.4	23.89	23.89	-0.00	1.00	24
KOSK	49	325.7	0	0	S			2057	34.6	24.0				
STIA	170	219.9	101.8	0	P	PG		2057	36.8	26.19	26.42	-0.24	1.00	5
STIA	170	219.9	101.8	0	S	SG		2057	57.3	46.70	47.03	-0.34	1.00	11
STIA	170	219.9	0	0	S			2057	57.3	46.8				
FRMA	200	221.0	99.1	0	P	PG		2057	40.6	30.00	29.93	0.06	1.00	5
FRMA	200	221.0	99.1	0	S	SG		2058	3.4	52.89	53.28	-0.39	1.00	8
FRMA	200	221.0	0	0	S			2058	3.4	52.9				
KSTL	219	234.1	97.8	0	S	SG		2058	8.4	57.89	57.65	0.24	1.00	3
KSTL	219	234.1	0	0	S			2058	8.5	57.9				
HRKL	231	239.5	97.2	0	P	PG		2057	44.4	33.89	33.71	0.17	1.00	3
HRKL	231	239.5	97.2	0	S	SG		2058	10.9	60.39	60.01	0.38	1.00	2
HRKL	231	239.5	0	0	S			2058	11.0	60.4				
TMBK	271	238.2	95.6	0	P	PG		2057	49.5	38.96	38.55	0.41	1.00	3
TMBK	271	238.2	95.6	0	S	SG		2058	20.0	69.40	68.62	0.78	1.00	2
TMBK	271	238.2	0	0	S			2058	20.0	69.4				
PRNS	283	246.8	95.2	0	P	PG		2057	50.3	39.79	40.09	-0.30	1.00	4
Return	to continue, q to end listing													
PRNS	283	246.8	95.2	0	S	SG		2058	22.4	71.80	71.35	0.44	1.00	4
PRNS	283	246.8	0	0	S			2058	22.4	71.9				
CHAN	308	252.8	94.6	0	S	SG		2058	26.7	76.10	76.71	-0.62	1.00	7
CHAN	308	252.8	94.6	0	P	PG		2057	53.5	42.97	43.10	-0.13	1.00	5
CHAN	308	252.8	94.6	0	S	SG		2058	26.7	76.15	76.71	-0.57	1.00	5

Εικόνα 17: Πληροφορίες για τα p και s κύματα (Σεισμός 27/9/2016).

- Κάνουμε δεξί κλικ και πατάμε locate, γράφουμε "u". Έτσι μπορούμε να δούμε το βάθος του σεισμού.
- Κάνουμε δεξί κλικ, πατάμε το "EEV" και γράφουμε "wad". Η τομή της ευθείας με τον άξονα x προσδιορίζει το χρόνο γένεσης του σεισμού. Η κλίση της ευθείας παριστάνει την ποσότητα $\kappa - 1 = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) - 1$, όπου α και β οι ταχύτητες των επιμηκών και εγκάρσιων κυμάτων. (Διάγραμμα Wadati)

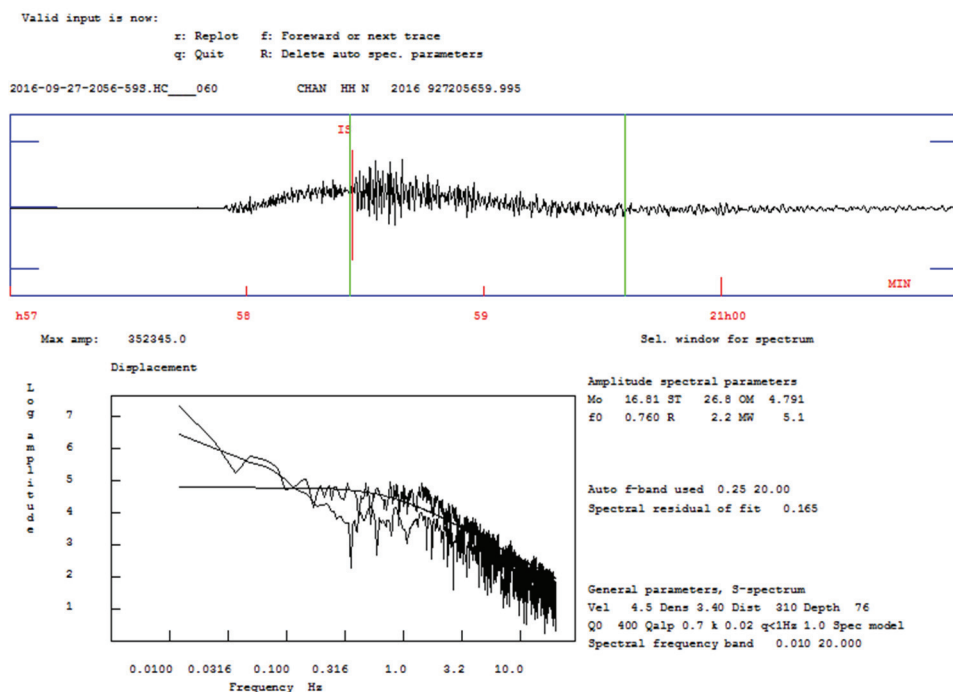


Εικόνα 18: Διάγραμμα Wadati (Σεισμός 27/9/2018).

Για το μέγεθος των σεισμών ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

1. Ο προσδιορισμός του μεγέθους σεισμικής ροπής, M_w απαιτεί τον προσδιορισμό της γωνιακής συχνότητας, f_0 και του Ω_0 για κάθε καταγραφή σεισμού από κάθε σταθμό. Αρχικά επιλέγουμε ένα χρονικό «παράθυρο» από τα s κύματα στις κατακόρυφες συνιστώσες και γίνεται η μετατροπή σε φάσμα μετάθεσης. Ορίζουμε δυο σημεία που καθορίζουν το περίπου γραμμικό τμήμα του φάσματος μετάθεσης, Ω_0 και ένα τρίτο σημείο στο οποίο αλλάζει η κλίση του, το οποίο ορίζει την γωνιακή συχνότητα, f_0 . Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη σεισμική ροπή, M_0 και το μέγεθος σεισμικής ροπής, M_w . Στο τέλος υπολογίζουμε ένα μέσο μέγεθος ροπής για κάθε σεισμό.

Στο πρόγραμμα επιλέγουμε τα s κύματα και πατάμε το πλήκτρο "t" και "s". Σημαδεύουμε απ' εκεί που ξεκινάει έως εκεί που τελειώνουν και πατάμε το πλήκτρο "s". Παρατηρούμε την καμπύλη συχνότητα – λογικό εύρος. Η ίδια διαδικασία γίνεται και για τα p κύματα.



Εικόνα 19: Καμπύλη συχνότητα - λογικό εύρος για p κύματα (Σεισμός 27/9/2016).

Είναι υποχρεωτικό τα υπολείμματα από την προσαρμογή καμπύλης να είναι μικρότερα του 0.2.

1. Κάνουμε δεξί κλικ και πατάμε locate. Έτσι βλέπουμε για κάθε σεισμό τι μέγεθος έχει υπολογίσει.

CHAN	HN	gdist:	317.5	mom:	17.6	nw =	5.7
KSTL	HE	gdist:	232.2	mom:	18.4	nw =	6.2
KSTL	HN	gdist:	232.2	mom:	18.4	nw =	6.2
HRKL	HE	gdist:	243.5	mom:	16.2	nw =	4.8
HRKL	HN	gdist:	243.5	mom:	16.1	nw =	4.7
TMBK	HE	gdist:	281.8	mom:	16.5	nw =	4.9
TMBK	HN	gdist:	281.8	mom:	16.4	nw =	4.9
STIA	HE	gdist:	186.7	mom:	16.0	nw =	4.6
STIA	HN	gdist:	186.7	mom:	15.9	nw =	4.6
PRNS	HE	gdist:	293.3	mom:	17.2	nw =	5.4
PRNS	HN	gdist:	293.3	mom:	17.0	nw =	5.3
KOSK	HE	gdist:	91.5	mom:	15.9	nw =	4.6
KOSK	HN	gdist:	91.5	mom:	15.8	nw =	4.5
FRMA	HE	gdist:	214.3	mom:	16.1	nw =	4.7
FRMA	HN	gdist:	214.3	mom:	16.1	nw =	4.7
CHAN	HE	gdist:	317.5	mom:	16.2	nw =	4.7
CHAN	HN	gdist:	317.5	mom:	16.3	nw =	4.8
Number of spectra available and number used in average							17 17
2016	927	2057	10.6	L	36.385	27.289	77.1 TES 8 0.4 5.0WTES
OLD:	927	2057	10.5	L	36.376	27.308	76.2 TES 8 0.4 5.0WTES

Εικόνα 20: Το μέγεθος των p και s κυμάτων (Σεισμός 27/9/2018).

Επιπλέον λειτουργίες του προγράμματος:

- Εάν θελήσουμε να διαλέξουμε άλλους σταθμούς πατάμε Shift + w.
- Εάν θελήσουμε να διαγράψουμε την αρχή των κυμάτων πηγαίνουμε πάνω στη γραμμή και πατάμε το πλήκτρο "D".
- Εάν θελήσουμε να βγούμε έξω πατάμε το κουμπί "Q".

Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα και σύγκριση

3.1 Αποτελέσματα

Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Ημερομηνία	Γεωγραφικό πλάτος (°N) (degrees)	Γεωγραφικό μήκος (°N) (degrees)	depth (km)	Mw
13/8/2017	37.163	27.51	24.5	5.4
8/8/2017	37.057	27.664	44.8	5.8
20/7/2017	37.072	27.234	0	6.7
15/7/2017	34.92	25.447	23.3	6.0
14/6/2017	34.752	23.8	15.9	4.9
17/5/2017	36.085	27.403	64.7	4.1
3/5/2017	35.359	26.81	12	4.5
3/4/2017	34.24	23.991	35.3	4.5
30/3/2017	34.832	24.846	40.1	4.6
15/3/2017	36.018	27.469	73.3	4.8
3/3/2017	35.456	25.922	35.9	4.8
15/2/2017	34.818	24.931	29.6	5.2
25/1/2017	35.542	26.244	42.5	5.0
15/1/2017	35.18	23.072	39.1	4.5
27/12/2016	36.522	23.197	9.1	5.1
20/12/2016	36.549	26.68	93.9	4.2
3/12/2016	35.942	26.933	33.9	4.5
2/12/2016	36.466	21.631	0	4.4
29/11/2016	34.977	23.318	4.2	5.1
28/9/2016	36.729	21.723	25.3	4.5
27/9/2016	36.376	27.308	76.2	4.8
25/5/2016	35.096	26.272	18.7	5.2

16/4/2016	35.075	25.732	13.3	4.8
3/4/2016	34.24	25.657	10	4.9
12/3/2016	35.383	23.594	20	4.7
10/3/2016	34.875	23.204	38.4	4.4
6/3/2016	35.375	23.564	18.8	4.9
18/2/2016	35.116	26.31	25	4.6
5/2/2016	35.078	25.779	17.7	5.3
26/12/2015	35.65	27.414	21.2	4.5
25/12/2015	34.614	25.482	19.9	4.5
27/10/2015	35.843	23.962	28.9	4.4
24/10/2015	35.472	23.426	40.2	5.0
12/10/2015	34.537	26.314	15.8	5.2

Πίνακας 3: Αποτελέσματα με το πρόγραμμα Seisan

3.2 Σύγκριση

Συγκρίναμε τα αποτελέσματα του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθηνών με τα αποτελέσματα του Seisan. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ημερομηνία	Απόκλιση απόστασης (km)	Απόκλιση βάθους (km)	Απόκλιση Mw
13/8/2017	15.43	-16.5	0.5
8/8/2017	6.11	-39.8	0.6
20/7/2017	21.36	10	0.3
15/7/2017	11.36	-18.3	0.9
14/6/2017	16.97	0.1	0.5
17/5/2017	10.32	-42.9	0.2
3/5/2017	2.5	-6.2	0.3
3/4/2017	13.64	-30.9	0.1
30/3/2017	8.8	-16.2	0.3

15/3/2017	13.17	-65	0.3
3/3/2017	4.6	-22.6	0.5
15/2/2017	4	-17.5	0.0
25/1/2017	24.54	18.2	0.3
15/1/2017	13.03	-18.2	0.09
27/12/2016	21.04	1.2	0.1
20/12/2016	22.36	27.9	0.3
3/12/2016	31.86	-22.6	0.01
2/12/2016	13.8	5.4	0.1
29/11/2016	6.8	7.6	0.4
28/9/2016	12.93	30.6	0.6
27/9/2016	24.62	13.1	0.7
25/5/2016	6.85	1.3	0.5
16/4/2016	10.49	-4.4	0.2
3/4/2016	8.7	-0.7	0.4
12/3/2016	4.7	-7.6	0.3
10/3/2016	2.2	1.6	0.5
6/3/2016	3.2	-1.9	0.4
18/2/2016	6.96	3.1	0.3
5/2/2016	11.41	-0.8	0.1
26/12/2015	15.01	44.5	0.3
25/12/2015	10.71	54.7	0.4
27/10/2015	6.1	1.6	0.3
24/10/2015	4.5	20.6	0.1
12/10/2015	11.69	6.8	0.4

Πίνακας 4: Διαφορές του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθήνας με το πρόγραμμα Seisan

Για να βρούμε τη συντομότερη απόσταση δυο σημείων αγνοώντας οποιαδήποτε εμπόδια μεταξύ τους (γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος) χρησιμοποιήσαμε τους παρακάτω τύπους:

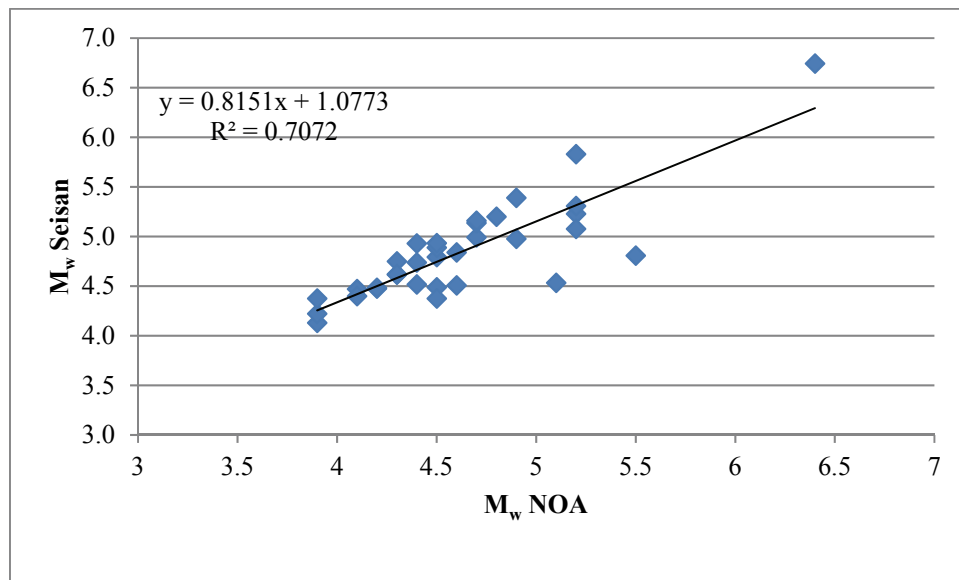
- $a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$
- $c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$
- $d = R \cdot c$

Όπου φ είναι το γεωγραφικό πλάτος, λ το γεωγραφικό μήκος, R είναι η ακτίνα της Γης (μέση ακτίνα της γης: 6.371 km).

Για να βρούμε την απόκλιση βάθους πήραμε τη διαφορά του αποτελέσματος του NOA από το αποτελέσματα του προγράμματος Seisan.

Στο παρακάτω γραφήματα συγκρίνουμε το M_w του Seisan με το M_w του NOA.

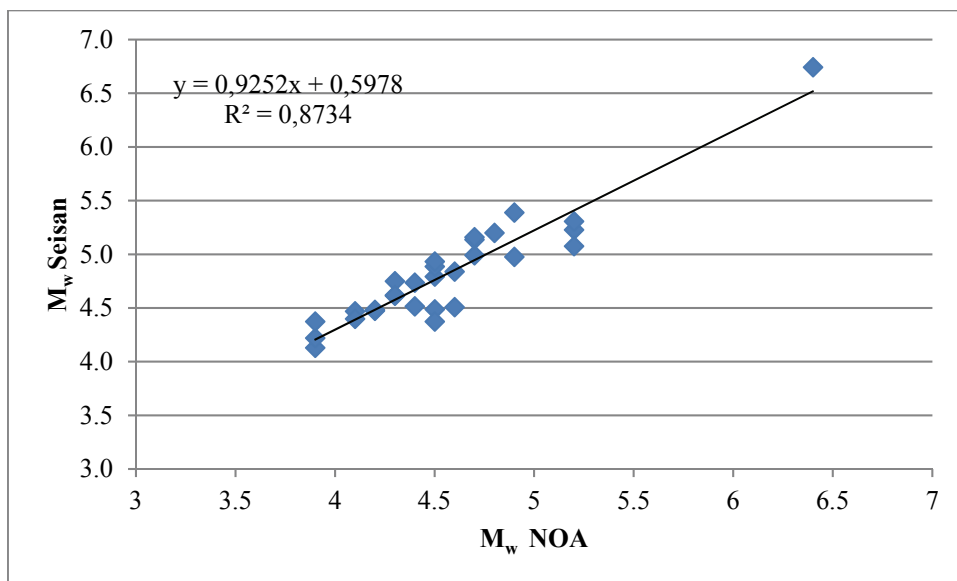
Με επεξεργασία όλων των δεδομένων:



Εικόνα 21: Σύγκριση M_w

Η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή με εξίσωση $y = 0.853x + 0.923$ όπου $a = 0.853$ (κλίση ευθείας) και $b = 0.6911$ (η απόσταση από την $y = 0.853x$). Επίσης το $R^2 = 0.6911$ είναι η απόσταση της αρχής και του τέλους της ευθείας.

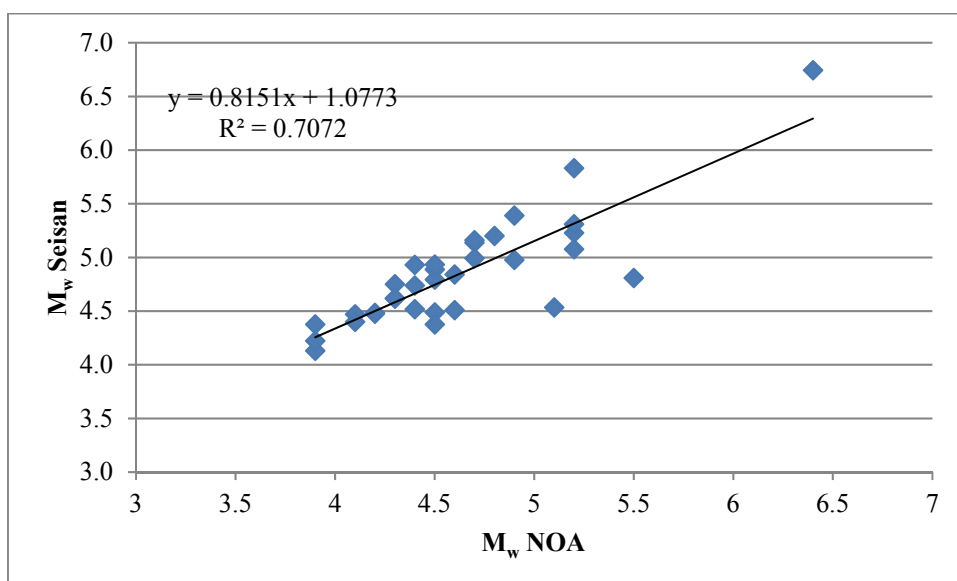
Με εξαίρεση τις τιμές με απόκλιση πάνω από 0.5:



Εικόνα 22: Σύγκριση M_w

Η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή με εξίσωση $y = 0.9252x + 0.5978$ όπου $a = 0.9252$ (κλίση ευθείας) και $b = 0.5978$ (η απόσταση από την $y = 0.9252x$). Επίσης το $R^2 = 0.8734$ είναι η απόσταση της αρχής και του τέλους της ευθείας.

Με εξαίρεση την τιμή με απόκλιση ίση με 0.9:



Εικόνα 23: Σύγκριση M_w

Η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή με εξίσωση $y = 0.8151x + 1.0773$ όπου $a = 0.8151$ (κλίση ευθείας) και $b = 1.0773$ (η απόσταση από την $y = 0.8151x$). Επίσης το $R^2 = 0.7072$ είναι η απόσταση της αρχής και του τέλους της ευθείας.

Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής υπολογίστηκε το μέγεθος ροπής M_w με φασματική ανάλυση για συγκεκριμένα σεισμικά γεγονότα που κατέγραψε το HSNC στο μέτωπο του ελληνικού τόξου. Μέσα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν έγινε μια προσπάθεια να συγκριθεί το μέγεθος του HSNC και του προγράμματος Seisan ώστε να μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.

Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν καταγραφές από 34 σεισμικά γεγονότα στο μέτωπο του ελληνικού τόξου. Για τους σταθμούς Prns, Kstl, Rodp και Tht2 δεν λάβαμε υπόψη τα αποτελέσματά τους για τους παρακάτω λόγους.

- Κατά τη μελέτη παρατηρήσαμε ότι στους σταθμούς Prns και Kstl υπάρχει μεγάλη απόκλιση στο μέγεθος τους και τους αγνοήσαμε. Έτσι η μέγιστη απόκλιση του μεγέθους είναι 0.9.
- Το σεισμόμετρο για το σταθμό Rodp δεν είναι ευρέως φάσματος, δηλαδή δεν έχει απόκριση σε όλο το φάσμα συχνοτήτων των σεισμικών κυμάτων, με αποτέλεσμα να μην καταγράφονται όλες οι εδαφικές συχνότητες. Η φασματική ανάλυση χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η σεισμική ροπή από την πτώση τάσης του φάσματος μετάθεσης.
- Επιπλέον για το σταθμό Tht2 δεν υπάρχουν δεδομένα για να γίνει σύγκριση του μεγέθους

Βιβλιογραφία

- [1] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.serresbiz.com/bic/el/events/CD-conf-2003/ENERGY/2/8-3.htm>.
- [2] Παπαζάχος, Εισαγωγή στη σεισμολογία, Αθήνα: Ζήτη, 1999.
- [3] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.e-yliko.gr/AntiseismikiProstasia/OASP%20-%20Seismos%20H%20Gnosi%20Einai%20Prostasia.pdf>.
- [4] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.physics4u.gr/faq/measureearthquake.html>.
- [5] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.geo.auth.gr/211/pdf/Mathima_8_Genesi_%20Seismon.pdf.
- [6] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://ikee.lib.auth.gr/record/284188/files/GRI-2016-17148.pdf>.
- [7] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://labtect.geol.uoa.gr/pages/pdfs/GeolMaps/6_Faults.pdf.
- [8] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://lyk-akrot.chan.sch.gr/texnomatheia/seismos/char.php>.
- [9] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/instruments.htm>.
- [10] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.geo.auth.gr/211/pdf/Mathima_4_Seismometra.pdf.
- [11] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://geophysics.geo.auth.gr/ss/>.
- [12] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://dggsl.geol.uoa.gr/>.
- [13] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://seismo.geology.upatras.gr/prodroma/>.
- [14] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.gein.noa.gr/el/diktua/ethniko-seismologiko-diktuo>.
- [15] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://gaia.chania.teicrete.gr/>.
- [16] Π. Βασίλης και Παπαζάχου Κατερίνα, Οι σεισμοί της Ελλάδας, ΖΗΤΗΑ, 2003.
- [17] [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.oasp.gr/node/207>.
- [18] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.geo.auth.gr/211/pdf/Mathima_7_Megethos_Seismon.pdf.
- [19] [Ηλεκτρονικό]. Available:
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2010/SeiragakisManolis/attached-document-1272894202-26009-31168/2010seiragakis.pdf>.
- [20] [Ηλεκτρονικό]. Available: http://users.uoa.gr/~voulgaris/pdf/Eidika_Kefalaia_Notes_2006.pdf.
- [21] «The robustness of seismic moment and magnitudes estimated using spectral analysis».

[22] «Moment Magnitude Determination for Local and Regional Earthquakes Based on Source Spectra».

Παράρτημα Α

Το μέγεθος των p και s κυμάτων το 2017 με τη χρήση του προγράμματος Seisan.

```
TMBK HE gdist: 338.9 mom: 17.2 mw = 5.4
TMBK HN gdist: 338.9 mom: 17.3 mw = 5.5
PRNS HE gdist: 342.9 mom: 18.4 mw = 6.2
PRNS HN gdist: 342.9 mom: 18.6 mw = 6.4
KOSK HE gdist: 69.8 mom: 16.8 mw = 5.1
KOSK HN gdist: 69.8 mom: 17.1 mw = 5.3
HRKL HE gdist: 299.0 mom: 17.3 mw = 5.5
HRKL HN gdist: 299.0 mom: 17.2 mw = 5.4
FRMA HE gdist: 281.1 mom: 17.3 mw = 5.5
FRMA HN gdist: 281.1 mom: 17.3 mw = 5.5
CHAN HE gdist: 361.9 mom: 17.1 mw = 5.3
CHAN HN gdist: 361.9 mom: 17.2 mw = 5.4
Number of spectra available and number used in average 12 12
2017 813 1116 54.9 L 37.146 27.521 24.9 TES 6 0.7 5.5WTES
OLD: 813 1116 54.8 L 37.148 27.521 24.7 TES 6 0.7 5.5WTES
```

```
KSTL HE gdist: 226.5 mom: 17.9 mw = 5.9
KSTL HN gdist: 226.5 mom: 18.6 mw = 6.3
TMBK HE gdist: 260.9 mom: 17.7 mw = 5.8
TMBK HN gdist: 260.9 mom: 17.9 mw = 5.9
PRNS HE gdist: 265.1 mom: 18.9 mw = 6.6
PRNS HN gdist: 265.1 mom: 18.5 mw = 6.3
HRKL HE gdist: 231.5 mom: 17.6 mw = 5.7
HRKL HN gdist: 231.5 mom: 17.4 mw = 5.5
FRMA HE gdist: 217.1 mom: 17.8 mw = 5.8
FRMA HN gdist: 217.1 mom: 18.1 mw = 6.0
CHAN HE gdist: 279.3 mom: 17.5 mw = 5.6
CHAN HN gdist: 279.3 mom: 17.8 mw = 5.8
Number of spectra available and number used in average 12 12
2017 8 8 0742 21.5 L 36.927 27.424 12.4 TES 7 0.4 5.9WTES
OLD: 8 8 0742 21.5 L 36.929 27.421 12.5 TES 7 0.4 5.9WTES
```

```
PRNS HE gdist: 177.8 mom: 20.5 mw = 7.6
TMBK HE gdist: 176.9 mom: 19.0 mw = 6.6
TMBK HN gdist: 176.9 mom: 19.1 mw = 6.7
PRNS HN gdist: 177.8 mom: 19.3 mw = 6.8
KSTL HE gdist: 163.4 mom: 19.3 mw = 6.8
KSTL HN gdist: 163.4 mom: 19.6 mw = 7.0
HRKL HE gdist: 165.2 mom: 19.2 mw = 6.7
HRKL HN gdist: 165.2 mom: 19.1 mw = 6.7
GUDS HE gdist: 194.4 mom: 19.0 mw = 6.6
GUDS HN gdist: 194.4 mom: 18.7 mw = 6.4
FRMA HE gdist: 160.6 mom: 19.4 mw = 6.9
FRMA HN gdist: 160.6 mom: 18.9 mw = 6.5
CHAN HE gdist: 182.8 mom: 19.1 mw = 6.7
CHAN HN gdist: 182.8 mom: 18.7 mw = 6.4
Number of spectra available and number used in average 14 14
2017 720 2231 7.9 L 37.052 27.241 0.0 TES 8 0.5 6.7WTES
OLD: 720 2231 7.9 L 37.077 27.220 0.0 TES 8 0.5 6.7WTES
```

TMBK HE	gdist:	68.0	mom:	17.9	mw =	5.9
TMBK HN	gdist:	68.0	mom:	18.5	mw =	6.3
PRNS HE	gdist:	105.5	mom:	18.3	mw =	6.2
PRNS HN	gdist:	105.5	mom:	18.3	mw =	6.2
HRKL HE	gdist:	57.0	mom:	18.0	mw =	6.0
HRKL HN	gdist:	57.0	mom:	18.4	mw =	6.2
FRMA HE	gdist:	44.8	mom:	17.3	mw =	5.5
FRMA HN	gdist:	44.8	mom:	17.7	mw =	5.8
CHAN HE	gdist:	144.8	mom:	18.1	mw =	6.0
CHAN HN	gdist:	144.8	mom:	17.8	mw =	5.8
Number of spectra available and number used in average						10 10
2017	715	2030	15.5 L	34.937	25.447	23.0 TES 6 0.4 6.0WTES
OLD:	715	2030	15.4 L	34.904	25.435	19.1 TES 6 0.4 6.0WTES

TMBK HE	gdist:	96.3	mom:	16.3	mw =	4.8
TMBK HN	gdist:	96.3	mom:	16.5	mw =	4.9
PRNS HE	gdist:	88.4	mom:	18.9	mw =	6.6
PRNS HN	gdist:	88.4	mom:	18.3	mw =	6.2
KSTL HE	gdist:	149.9	mom:	18.7	mw =	6.4
KSTL HN	gdist:	149.9	mom:	18.0	mw =	5.9
KNDR HE	gdist:	58.0	mom:	15.6	mw =	4.4
KNDR HN	gdist:	58.0	mom:	15.6	mw =	4.4
FRMA HE	gdist:	190.7	mom:	15.9	mw =	4.5
FRMA HN	gdist:	190.7	mom:	16.3	mw =	4.8
CHAN HE	gdist:	89.1	mom:	15.9	mw =	4.6
CHAN HN	gdist:	89.1	mom:	15.9	mw =	4.6
Number of spectra available and number used in average						12 12
2017	614	0710	6.1 L	34.754	23.800	16.0 TES 7 0.4 5.2WTES
OLD:	614	0710	6.1 L	34.755	23.801	16.0 TES 7 0.4 5.2WTES

PRNS HE	gdist:	227.4	mom:	18.9	mw =	6.5
PRNS HN	gdist:	227.4	mom:	19.0	mw =	6.6
HRKL HE	gdist:	175.6	mom:	16.8	mw =	5.2
HRKL HN	gdist:	175.6	mom:	16.7	mw =	5.1
TMBK HE	gdist:	215.5	mom:	17.0	mw =	5.3
TMBK HN	gdist:	215.5	mom:	16.9	mw =	5.2
STIA HE	gdist:	119.9	mom:	16.8	mw =	5.1
STIA HN	gdist:	119.9	mom:	16.7	mw =	5.1
KOSK HE	gdist:	72.9	mom:	17.0	mw =	5.3
KOSK HN	gdist:	72.9	mom:	16.5	mw =	4.9
FRMA HE	gdist:	148.7	mom:	16.7	mw =	5.1
FRMA HN	gdist:	148.7	mom:	16.7	mw =	5.1
CHAN HE	gdist:	254.4	mom:	16.6	mw =	5.0
CHAN HN	gdist:	254.4	mom:	16.7	mw =	5.1
Number of spectra available and number used in average						14 14
2017	517	1130	38.4 L	36.135	26.747	14.3 TES 8 0.5 5.3WTES
OLD:	517	1130	38.3 L	36.131	26.756	14.8 TES 8 0.5 5.3WTES

TMBK HE	gdist:	162.7	mom:	15.8	mw =	4.5
TMBK HN	gdist:	162.7	mom:	15.7	mw =	4.4
STIA HE	gdist:	68.6	mom:	15.1	mw =	4.0
STIA HN	gdist:	68.6	mom:	15.2	mw =	4.1
PRNS HE	gdist:	181.7	mom:	17.3	mw =	5.5
PRNS HN	gdist:	181.7	mom:	17.6	mw =	5.7
KSTL HE	gdist:	125.9	mom:	18.3	mw =	6.1
KOSK HE	gdist:	139.3	mom:	15.1	mw =	4.0
KOSK HN	gdist:	139.3	mom:	15.2	mw =	4.1
FRMA HE	gdist:	95.6	mom:	15.2	mw =	4.0
FRMA HN	gdist:	95.6	mom:	15.2	mw =	4.0
CHAN HE	gdist:	204.9	mom:	15.3	mw =	4.1
CHAN HN	gdist:	204.9	mom:	15.2	mw =	4.1
Number of spectra available and number used in average						13 13
2017	5 3	1353	24.7 L	35.370	26.804	12.0 TES 7 0.4 4.5WTES
OLD:	5 3	1353	24.7 L	35.359	26.810	12.2 TES 7 0.5 4.5WTES

HRKL	HE	gdist:	159.9	mom:	15.5	mw =	4.2
HRKL	HN	gdist:	159.9	mom:	15.6	mw =	4.3
TMBK	HE	gdist:	121.2	mom:	16.4	mw =	4.9
TMBK	HN	gdist:	121.2	mom:	16.4	mw =	4.9
STIA	HE	gdist:	222.8	mom:	16.1	mw =	4.7
STIA	HN	gdist:	222.8	mom:	15.7	mw =	4.4
PRNS	HE	gdist:	132.7	mom:	18.5	mw =	6.3
PRNS	HN	gdist:	132.7	mom:	18.1	mw =	6.0
KSTL	HE	gdist:	166.7	mom:	18.0	mw =	5.9
KSTL	HN	gdist:	166.7	mom:	18.1	mw =	6.0
KNDR	HE	gdist:	120.2	mom:	15.9	mw =	4.5
KNDR	HN	gdist:	120.2	mom:	15.7	mw =	4.4
GUDS	HE	gdist:	75.0	mom:	15.6	mw =	4.3
GUDS	HN	gdist:	75.0	mom:	15.5	mw =	4.3
CHAN	HE	gdist:	146.2	mom:	15.9	mw =	4.5
CHAN	HN	gdist:	146.2	mom:	15.9	mw =	4.5
Number of spectra available and number used in average							16
2017	4	3	0856	3.4	L	34.244	23.991 35.0 TES 9 0.4 4.9WTES
OLD:	4	3	0856	3.4	L	34.240	23.991 35.3 TES 9 0.4 4.9WTES

HRKL	HE	gdist:	70.4	mom:	16.0	mw =	4.6
HRKL	HN	gdist:	70.4	mom:	16.1	mw =	4.7
TMBK	HE	gdist:	48.7	mom:	16.2	mw =	4.7
TMBK	HN	gdist:	48.7	mom:	16.2	mw =	4.7
STIA	HE	gdist:	127.5	mom:	15.7	mw =	4.4
STIA	HN	gdist:	127.5	mom:	15.5	mw =	4.3
PRNS	HE	gdist:	79.4	mom:	18.3	mw =	6.2
PRNS	HN	gdist:	79.4	mom:	16.9	mw =	5.2
KSTL	HE	gdist:	73.2	mom:	17.7	mw =	5.7
KSTL	HN	gdist:	73.2	mom:	17.9	mw =	5.9
KNDR	HE	gdist:	126.5	mom:	15.7	mw =	4.4
KNDR	HN	gdist:	126.5	mom:	15.6	mw =	4.4
FRMA	HE	gdist:	102.6	mom:	15.5	mw =	4.3
FRMA	HN	gdist:	102.6	mom:	15.6	mw =	4.4
CHAN	HE	gdist:	113.3	mom:	15.9	mw =	4.5
CHAN	HN	gdist:	113.3	mom:	15.7	mw =	4.4
Number of spectra available and number used in average							16
2017	330	0512	27.2	L	34.833	24.847 40.1 TES 9 0.3 4.8WTES	
OLD:	330	0512	27.2	L	34.832	24.846 40.1 TES 9 0.3 4.8WTES	

KSTL	HE	gdist:	225.3	mom:	18.0	mw =	5.9
KSTL	HN	gdist:	225.3	mom:	18.0	mw =	5.9
TMBK	HE	gdist:	276.9	mom:	16.5	mw =	4.9
TMBK	HN	gdist:	276.9	mom:	16.5	mw =	4.9
KOSK	HE	gdist:	118.0	mom:	15.9	mw =	4.5
KOSK	HN	gdist:	118.0	mom:	15.8	mw =	4.5
HRKL	HE	gdist:	239.5	mom:	16.3	mw =	4.8
HRKL	HN	gdist:	239.5	mom:	16.0	mw =	4.6
STIA	HE	gdist:	170.6	mom:	16.1	mw =	4.7
STIA	HN	gdist:	170.6	mom:	16.2	mw =	4.8
PRNS	HE	gdist:	294.3	mom:	17.1	mw =	5.3
PRNS	HN	gdist:	294.3	mom:	17.7	mw =	5.7
KNDR	HE	gdist:	366.4	mom:	15.9	mw =	4.5
KNDR	HN	gdist:	366.4	mom:	16.1	mw =	4.7
FRMA	HE	gdist:	198.1	mom:	16.1	mw =	4.7
FRMA	HN	gdist:	198.1	mom:	16.1	mw =	4.7
CHAN	HE	gdist:	323.4	mom:	16.0	mw =	4.6
CHAN	HN	gdist:	323.4	mom:	16.0	mw =	4.6
Number of spectra available and number used in average							18
2017	315	2329	50.0	L	36.018	27.469 73.3 TES 10 0.4 4.9WTES	
OLD:	315	2329	50.0	L	36.018	27.469 73.3 TES 10 0.4 4.9WTES	

KNDR	HE	gdist:	212.8	mom:	16.0	nw =	4.6
KNDR	HN	gdist:	212.8	mom:	16.2	nw =	4.8
KOSK	HE	gdist:	175.4	mom:	16.4	nw =	4.8
KOSK	HN	gdist:	175.4	mom:	16.3	nw =	4.8
KSTL	HE	gdist:	69.3	mom:	17.3	nw =	5.4
KSTL	HN	gdist:	69.3	mom:	17.3	nw =	5.4
PRNS	HE	gdist:	140.3	mom:	19.0	nw =	6.6
PRNS	HN	gdist:	140.3	mom:	19.0	nw =	6.6
STIA	HE	gdist:	47.7	mom:	16.3	nw =	4.8
STIA	HN	gdist:	47.7	mom:	16.3	nw =	4.8
TMBK	HE	gdist:	119.1	mom:	16.4	nw =	4.9
TMBK	HN	gdist:	119.1	mom:	16.6	nw =	5.0
HRKL	HE	gdist:	83.8	mom:	16.3	nw =	4.8
HRKL	HN	gdist:	83.8	mom:	16.6	nw =	5.0
FRMA	HE	gdist:	60.6	mom:	15.9	nw =	4.5
FRMA	HN	gdist:	60.6	mom:	15.8	nw =	4.5
CHAN	HE	gdist:	173.5	mom:	16.3	nw =	4.8
CHAN	HN	gdist:	173.5	mom:	16.6	nw =	5.0
Number of spectra available and number used in average							18
2017	3	3	2316	58.9	L	35.464	25.920 34.6 TES 10 0.5 5.1WTES
OLD:	3	3	2316	58.9	L	35.456	25.922 35.9 TES 10 0.6 5.1WTES

TMBK	HE	gdist:	43.7	mom:	16.7	nw =	5.0
TMBK	HN	gdist:	43.7	mom:	16.6	nw =	5.0
STIA	HE	gdist:	117.8	mom:	16.3	nw =	4.8
STIA	HN	gdist:	117.8	mom:	16.0	nw =	4.6
PRNS	HE	gdist:	80.3	mom:	17.0	nw =	5.3
PRNS	HN	gdist:	80.3	mom:	17.1	nw =	5.4
KNDR	HE	gdist:	131.4	mom:	16.2	nw =	4.8
KNDR	HN	gdist:	131.4	mom:	16.3	nw =	4.8
GUDS	HE	gdist:	85.3	mom:	16.2	nw =	4.8
GUDS	HN	gdist:	85.3	mom:	16.0	nw =	4.6
FRMA	HE	gdist:	92.1	mom:	16.2	nw =	4.7
FRMA	HN	gdist:	92.1	mom:	16.2	nw =	4.7
CHAN	HE	gdist:	116.8	mom:	16.4	nw =	4.9
CHAN	HN	gdist:	116.8	mom:	16.3	nw =	4.8
Number of spectra available and number used in average							14
2017	215	2301	22.2	L	34.815	24.933 29.5 TES 8 0.3 4.9WTES	
OLD:	215	2301	22.3	L	34.818	24.931 29.6 TES 8 0.3 4.9WTES	

GUDS	HE	gdist:	217.2	mom:	16.7	nw =	5.1
GUDS	HN	gdist:	217.2	mom:	16.7	nw =	5.1
TMBK	HE	gdist:	150.1	mom:	17.3	nw =	5.5
TMBK	HN	gdist:	150.1	mom:	17.2	nw =	5.4
PRNS	HE	gdist:	171.4	mom:	19.1	nw =	6.7
PRNS	HN	gdist:	171.4	mom:	19.3	nw =	6.8
KTHR	HE	gdist:	306.0	mom:	16.6	nw =	5.0
KTHR	HN	gdist:	306.0	mom:	16.6	nw =	5.0
KOSK	HE	gdist:	155.9	mom:	16.9	nw =	5.2
KOSK	HN	gdist:	155.9	mom:	16.9	nw =	5.2
KNDR	HE	gdist:	243.7	mom:	16.7	nw =	5.1
KNDR	HN	gdist:	243.7	mom:	17.0	nw =	5.3
FRMA	HE	gdist:	79.9	mom:	17.2	nw =	5.4
FRMA	HN	gdist:	79.9	mom:	17.1	nw =	5.4
CHAN	HE	gdist:	203.5	mom:	16.8	nw =	5.2
CHAN	HN	gdist:	203.5	mom:	17.0	nw =	5.3
Number of spectra available and number used in average							16
2017	125	1850	53.1	L	35.542	26.240 42.5 TES 9 0.5 5.4WTES	
OLD:	125	1850	53.1	L	35.542	26.244 42.5 TES 9 0.5 5.4WTES	

```

PRNS HE gdist: 131.0 mom: 17.6 mw = 5.7
PRNS HN gdist: 131.0 mom: 18.7 mw = 6.4
KNDR HE gdist: 64.0 mom: 16.1 mw = 4.7
KNDR HN gdist: 64.0 mom: 16.1 mw = 4.7
TMBK HE gdist: 159.9 mom: 16.6 mw = 5.0
TMBK HN gdist: 159.9 mom: 16.7 mw = 5.1
STIA HE gdist: 277.8 mom: 16.6 mw = 5.0
STIA HN gdist: 277.8 mom: 16.7 mw = 5.1
CHAN HE gdist: 103.7 mom: 16.4 mw = 4.9
CHAN HN gdist: 103.7 mom: 16.5 mw = 4.9
KLMT HE gdist: 287.7 mom: 16.7 mw = 5.1
KLMT HN gdist: 287.7 mom: 16.6 mw = 5.0
FRMA HE gdist: 257.0 mom: 16.5 mw = 5.0
FRMA HN gdist: 257.0 mom: 16.8 mw = 5.1
Number of spectra available and number used in average 14 14
2017 115 0337 22.1 L 35.180 23.072 39.1 TES 7 0.5 5.1WTES
OLD: 115 0337 22.1 L 35.180 23.072 39.2 TES 7 0.5

```

Παράρτημα Β

Το μέγεθος των p και s κυμάτων το 2016 με τη χρήση του προγράμματος Seisan.

```

KTHR HE gdist: 36.8 mom: 15.8 mw = 4.5
KTHR HE gdist: 36.8 mom: 15.9 mw = 4.5
GUDS HE gdist: 142.1 mom: 15.8 mw = 4.5
GUDS HN gdist: 142.1 mom: 15.9 mw = 4.5
KNDR HE gdist: 121.7 mom: 15.9 mw = 4.5
KNDR HN gdist: 121.7 mom: 15.7 mw = 4.4
HRKL HE gdist: 147.6 mom: 15.9 mw = 4.5
HRKL HN gdist: 147.6 mom: 15.9 mw = 4.5
PRNS HE gdist: 130.8 mom: 17.3 mw = 5.5
PRNS HN gdist: 130.8 mom: 17.1 mw = 5.4
TMBK HE gdist: 146.3 mom: 16.2 mw = 4.7
TMBK HN gdist: 146.3 mom: 16.1 mw = 4.7
CHAN HE gdist: 116.2 mom: 15.9 mw = 4.5
CHAN HN gdist: 116.2 mom: 15.9 mw = 4.5
Number of spectra available and number used in average 14 14
2016 1227 1931 5.7 L 36.521 23.195 9.4 TES 8 0.6 4.7WTES
OLD: 1227 1931 5.7 L 36.522 23.197 9.1 TES 8 0.6 4.7WTES

```

```

GUDS HE gdist: 318.3 mom: 16.9 mw = 5.2
GUDS HN gdist: 318.3 mom: 16.6 mw = 5.0
PRNS HE gdist: 261.6 mom: 19.9 mw = 7.2
PRNS HN gdist: 261.6 mom: 19.2 mw = 6.7
TMBK HE gdist: 256.9 mom: 17.3 mw = 5.5
TMBK HN gdist: 256.9 mom: 17.1 mw = 5.3
HRKL HE gdist: 219.3 mom: 17.2 mw = 5.4
HRKL HN gdist: 219.3 mom: 17.0 mw = 5.2
KSTL HE gdist: 213.9 mom: 18.8 mw = 6.5
KSTL HN gdist: 213.9 mom: 20.1 mw = 7.4
FRMA HE gdist: 208.5 mom: 16.4 mw = 4.8
FRMA HN gdist: 208.5 mom: 16.3 mw = 4.8
KNDR HE gdist: 325.9 mom: 16.6 mw = 5.0
KNDR HN gdist: 325.9 mom: 16.6 mw = 5.0
KTHR HE gdist: 346.1 mom: 16.8 mw = 5.2
KTHR HN gdist: 346.1 mom: 16.7 mw = 5.1
STIA HE gdist: 184.8 mom: 16.1 mw = 4.7
STIA HN gdist: 184.8 mom: 16.3 mw = 4.8
CHAN HE gdist: 280.3 mom: 16.6 mw = 5.0
CHAN HN gdist: 280.3 mom: 16.7 mw = 5.1
KOSK HE gdist: 100.3 mom: 16.8 mw = 5.2
Return to continue, q to end listing
KOSK HN gdist: 100.3 mom: 16.1 mw = 4.7
Number of spectra available and number used in average 22 22
2016 1220 0603 46.9 L 36.551 26.684 94.2 TES 12 0.5 5.4WTES
OLD: 1220 0603 46.9 L 36.549 26.680 93.9 TES 12 0.5 4.9WTES

```

KTHR	HE	gdist:	363.6	mom:	15.6	mw =	4.3
KTHR	HN	gdist:	363.6	mom:	15.6	mw =	4.4
KSTL	HE	gdist:	174.3	mom:	17.6	mw =	5.6
KSTL	HN	gdist:	174.3	mom:	15.9	mw =	4.6
TMBK	HE	gdist:	226.6	mom:	15.6	mw =	4.3
TMBK	HN	gdist:	226.6	mom:	15.6	mw =	4.3
KNDR	HE	gdist:	316.8	mom:	15.7	mw =	4.4
KNDR	HN	gdist:	316.8	mom:	15.6	mw =	4.3
FRMA	HE	gdist:	148.9	mom:	15.1	mw =	4.0
FRMA	HN	gdist:	148.9	mom:	15.2	mw =	4.1
STIA	HE	gdist:	120.9	mom:	15.3	mw =	4.2
STIA	HN	gdist:	120.9	mom:	15.3	mw =	4.2
KOSK	HE	gdist:	96.0	mom:	15.8	mw =	4.4
KOSK	HN	gdist:	96.0	mom:	15.0	mw =	4.0
CHAN	HE	gdist:	273.1	mom:	15.2	mw =	4.1
CHAN	HN	gdist:	273.1	mom:	15.3	mw =	4.1
PRNS	HE	gdist:	244.4	mom:	17.3	mw =	5.5
PRNS	HN	gdist:	244.4	mom:	17.2	mw =	5.4
Number of spectra available and number used in average							18
2016	12	3	0835	59.4	L	35.942	26.993 33.9 TES 10 0.6 4.5WTES
OLD:	12	3	0835	59.4	L	35.942	26.993 34.0 TES 10 0.6 4.4WTES

GUUS	HE	gdist:	168.5	mom:	15.6	mw =	4.3
GUUS	HN	gdist:	284.0	mom:	16.4	mw =	4.9
PRNS	HE	gdist:	167.6	mom:	17.5	mw =	5.6
PRNS	HN	gdist:	167.6	mom:	17.7	mw =	5.7
KTHR	HE	gdist:	111.4	mom:	15.5	mw =	4.3
KTHR	HN	gdist:	111.4	mom:	15.3	mw =	4.1
KNDR	HE	gdist:	150.3	mom:	15.4	mw =	4.2
KNDR	HN	gdist:	150.3	mom:	15.6	mw =	4.4
CHAN	HE	gdist:	155.2	mom:	15.6	mw =	4.4
CHAN	HN	gdist:	155.2	mom:	15.6	mw =	4.4
Number of spectra available and number used in average							12
2016	12	2	1146	2.2	L	36.470	21.638 0.0 TES 5 0.4 4.6WTES
OLD:	12	2	1146	2.2	L	36.472	21.639 0.0 TES 5 0.4 4.6WTES

TMBK	HE	gdist:	115.3	mom:	16.1	mw =	4.7
TMBK	HN	gdist:	115.3	mom:	15.8	mw =	4.4
STIA	HE	gdist:	159.4	mom:	15.5	mw =	4.3
STIA	HN	gdist:	159.4	mom:	15.6	mw =	4.4
PRNS	HE	gdist:	104.4	mom:	17.7	mw =	5.8
PRNS	HN	gdist:	104.4	mom:	18.1	mw =	6.0
KTHR	HE	gdist:	120.0	mom:	15.5	mw =	4.3
KTHR	HN	gdist:	120.0	mom:	15.4	mw =	4.2
KNDR	HE	gdist:	40.2	mom:	15.4	mw =	4.2
KNDR	HN	gdist:	40.2	mom:	15.3	mw =	4.1
GUUS	HE	gdist:	69.4	mom:	15.3	mw =	4.2
GUUS	HN	gdist:	69.4	mom:	15.2	mw =	4.1
CHAN	HE	gdist:	89.4	mom:	15.7	mw =	4.4
CHAN	HN	gdist:	89.4	mom:	15.9	mw =	4.5
Number of spectra available and number used in average							14
2016	1129	0019	28.7	L	34.977	23.318 4.2 TES 7 0.5 4.6WTES	
OLD:	1129	0019	28.5	L	34.973	23.314 3.3 TES 7 0.5	

PRNS	HE	gdist:	289.4	mom:	19.0	mw =	6.6
PRNS	HN	gdist:	289.4	mom:	19.2	mw =	6.7
KTHR	HE	gdist:	129.3	mom:	16.7	mw =	5.1
KTHR	HN	gdist:	129.3	mom:	16.7	mw =	5.1
KNDR	HE	gdist:	241.7	mom:	16.6	mw =	5.0
KNDR	HN	gdist:	241.7	mom:	16.5	mw =	4.9
CHAN	HE	gdist:	250.7	mom:	16.5	mw =	5.0
CHAN	HN	gdist:	250.7	mom:	16.7	mw =	5.1
Number of spectra available and number used in average							10
2016	928	0717	31.5	L	36.781	21.758 28.9 TES 6 0.5 5.4WTES	
OLD:	928	0717	31.3	L	36.729	21.723 25.3 TES 6 0.5 5.4WTES	

KSTL HE	gdist:	232.8	mom:	18.4	nw =	6.2
KSTL HN	gdist:	232.8	mom:	18.4	nw =	6.2
HRKL HE	gdist:	244.2	mom:	16.2	nw =	4.8
HRKL HN	gdist:	244.2	mom:	16.1	nw =	4.7
TMBK HE	gdist:	282.5	mom:	16.5	nw =	4.9
TMBK HN	gdist:	282.5	mom:	16.4	nw =	4.9
STIA HE	gdist:	186.3	mom:	16.0	nw =	4.6
STIA HN	gdist:	186.3	mom:	15.9	nw =	4.6
PRNS HE	gdist:	294.0	mom:	17.2	nw =	5.4
PRNS HN	gdist:	294.0	mom:	17.0	nw =	5.3
KOSK HE	gdist:	91.7	mom:	15.9	nw =	4.6
KOSK HN	gdist:	91.7	mom:	15.8	nw =	4.5
FRMA HE	gdist:	214.0	mom:	16.1	nw =	4.7
FRMA HN	gdist:	214.0	mom:	16.1	nw =	4.7
CHAN HE	gdist:	319.2	mom:	16.2	nw =	4.7
CHAN HN	gdist:	319.2	mom:	16.3	nw =	4.8
Number of spectra available and number used in average						16
2016	927	2057	10.5	L	36.376	27.308 76.2 TES 8 0.4 5.0WTES
OLD:	927	2057	10.5	L	36.376	27.308 76.2 TES 8 0.4 5.0WTES

TMBK HE	gdist:	139.2	mom:	17.8	nw =	5.8
TMBK HN	gdist:	139.2	mom:	17.6	nw =	5.7
KSTL HE	gdist:	88.4	mom:	19.5	nw =	6.9
KSTL HN	gdist:	88.4	mom:	20.0	nw =	7.3
KOSK HE	gdist:	195.9	mom:	17.2	nw =	5.4
KOSK HN	gdist:	195.9	mom:	17.2	nw =	5.4
GUDS HE	gdist:	204.8	mom:	17.5	nw =	5.6
GUDS HN	gdist:	204.8	mom:	17.6	nw =	5.7
FRMA HE	gdist:	43.3	mom:	17.0	nw =	5.3
FRMA HN	gdist:	43.3	mom:	17.1	nw =	5.3
CHAN HE	gdist:	209.8	mom:	17.5	nw =	5.6
CHAN HN	gdist:	209.8	mom:	17.3	nw =	5.5
Number of spectra available and number used in average						12
2016	525	0836	15.2	L	35.093	26.276 18.4 TES 7 0.5 5.8WTES
OLD:	525	0836	15.2	L	35.096	26.272 18.7 TES 7 0.5 5.8WTES

TMBK HE	gdist:	88.1	mom:	17.0	nw =	5.3
TMBK HN	gdist:	88.1	mom:	17.4	nw =	5.5
PRNS HE	gdist:	120.9	mom:	18.9	nw =	6.5
PRNS HN	gdist:	120.9	mom:	18.6	nw =	6.3
KNDR HE	gdist:	184.4	mom:	16.6	nw =	5.0
KNDR HN	gdist:	184.4	mom:	17.1	nw =	5.3
GUDS HE	gdist:	150.0	mom:	17.2	nw =	5.4
GUDS HN	gdist:	150.0	mom:	16.6	nw =	5.0
FRMA HE	gdist:	19.0	mom:	16.5	nw =	4.9
FRMA HN	gdist:	19.0	mom:	16.3	nw =	4.8
CHAN HE	gdist:	156.4	mom:	16.8	nw =	5.2
CHAN HN	gdist:	156.4	mom:	16.9	nw =	5.2
Number of spectra available and number used in average						12
2016	416	0010	39.3	L	35.070	25.721 13.4 TES 7 0.4 5.4WTES
OLD:	416	0010	39.3	L	35.075	25.723 13.3 TES 7 0.4 5.4WTES

TMBK HE	gdist:	110.9	mom:	16.6	nw =	5.0
TMBK HN	gdist:	110.9	mom:	16.7	nw =	5.1
PRNS HE	gdist:	129.2	mom:	18.9	nw =	6.6
PRNS HN	gdist:	129.2	mom:	18.5	nw =	6.3
KOSK HE	gdist:	174.1	mom:	16.5	nw =	4.9
KOSK HN	gdist:	174.1	mom:	16.1	nw =	4.6
GUDS HE	gdist:	126.9	mom:	16.4	nw =	4.9
GUDS HN	gdist:	126.9	mom:	16.1	nw =	4.7
FRMA HE	gdist:	88.7	mom:	16.2	nw =	4.7
FRMA HN	gdist:	88.7	mom:	16.3	nw =	4.8
CHAN HE	gdist:	143.2	mom:	16.3	nw =	4.8
CHAN HN	gdist:	143.2	mom:	16.5	nw =	4.9
Number of spectra available and number used in average						12
2016	4 3	0046	16.5	L	34.240	25.659 9.1 TES 7 0.6 5.1WTES
OLD:	4 3	0046	16.5	L	34.240	25.657 10.0 TES 7 0.6 5.1WTES

TMBK HE	gdist:	113.8	mom:	17.0	nw =	5.3
TMBK HN	gdist:	113.8	mom:	16.9	nw =	5.2
PRNS HE	gdist:	78.4	mom:	17.3	nw =	5.5
PRNS HN	gdist:	78.4	mom:	18.5	nw =	6.3
KTHR HE	gdist:	111.8	mom:	16.1	nw =	4.7
KTHR HN	gdist:	111.8	mom:	16.0	nw =	4.6
GUDS HE	gdist:	76.5	mom:	16.3	nw =	4.8
GUDS HN	gdist:	76.5	mom:	16.1	nw =	4.7
CHAN HE	gdist:	47.9	mom:	16.2	nw =	4.7
CHAN HN	gdist:	47.9	mom:	16.7	nw =	5.1
Number of spectra available and number used in average						10 10
2016	312	1240	38.6 L	35.383	23.594	20.1 TES 6 0.3 5.1WTES
OLD:	312	1240	38.6 L	35.383	23.594	20.0 TES 6 0.3 5.1WTES

KTHR HE	gdist:	156.8	mom:	16.0	nw =	4.6
KTHR HN	gdist:	156.8	mom:	15.9	nw =	4.5
TMBK HE	gdist:	149.0	mom:	16.8	nw =	5.1
TMBK HN	gdist:	149.0	mom:	16.7	nw =	5.1
PRNS HE	gdist:	127.9	mom:	18.7	nw =	6.4
PRNS HN	gdist:	127.9	mom:	18.5	nw =	6.3
KSTL HE	gdist:	200.7	mom:	19.4	nw =	6.9
KSTL HN	gdist:	200.7	mom:	18.3	nw =	6.2
KNDR HE	gdist:	66.4	mom:	16.1	nw =	4.7
KNDR HN	gdist:	66.4	mom:	16.0	nw =	4.6
CHAN HE	gdist:	110.8	mom:	16.1	nw =	4.6
CHAN HN	gdist:	110.8	mom:	16.2	nw =	4.7
Number of spectra available and number used in average						12 12
2016	310	0003	38.8 L	34.885	23.210	38.3 TES 7 0.4 5.3WTES
OLD:	310	0003	38.6 L	34.875	23.204	38.4 TES 7 0.4 5.3WTES

TMBK HE	gdist:	115.5	mom:	16.3	nw =	4.8
TMBK HN	gdist:	115.5	mom:	16.1	nw =	4.7
PRNS HE	gdist:	80.6	mom:	17.2	nw =	5.4
PRNS HN	gdist:	80.6	mom:	16.9	nw =	5.2
KTHR HE	gdist:	110.6	mom:	15.6	nw =	4.3
KTHR HN	gdist:	110.6	mom:	15.3	nw =	4.1
KSTL HE	gdist:	163.1	mom:	18.5	nw =	6.3
KSTL HN	gdist:	163.1	mom:	17.4	nw =	5.5
KNDR HE	gdist:	25.0	mom:	15.4	nw =	4.2
KNDR HN	gdist:	25.0	mom:	15.3	nw =	4.1
CHAN HE	gdist:	50.0	mom:	15.7	nw =	4.4
CHAN HN	gdist:	50.0	mom:	15.7	nw =	4.4
Number of spectra available and number used in average						12 12
2016	3 6	2318	14.6 L	35.375	23.564	18.8 TES 7 0.5 4.8WTES
OLD:	3 6	2318	14.6 L	35.375	23.564	18.8 TES 7 0.5 4.8WTES

TMBK HE	gdist:	143.2	mom:	16.7	nw =	5.1
TMBK HN	gdist:	143.2	mom:	16.9	nw =	5.2
PRNS HE	gdist:	174.8	mom:	19.5	nw =	6.9
PRNS HN	gdist:	174.8	mom:	19.0	nw =	6.6
KSTL HE	gdist:	92.6	mom:	18.9	nw =	6.5
KSTL HN	gdist:	92.6	mom:	19.6	nw =	7.0
KOSK HE	gdist:	192.6	mom:	16.5	nw =	4.9
KOSK HN	gdist:	192.6	mom:	16.3	nw =	4.8
KNDR HE	gdist:	246.3	mom:	16.3	nw =	4.8
KNDR HN	gdist:	246.3	mom:	16.5	nw =	4.9
FRMA HE	gdist:	49.6	mom:	16.4	nw =	4.9
FRMA HN	gdist:	49.6	mom:	16.2	nw =	4.7
CHAN HE	gdist:	212.5	mom:	16.5	nw =	5.0
CHAN HN	gdist:	212.5	mom:	16.6	nw =	5.0
Number of spectra available and number used in average						14 14
2016	218	0240	23.4 L	35.116	26.310	25.0 TES 7 0.4 5.5WTES
OLD:	218	0240	23.4 L	35.116	26.310	25.0 TES 7 0.4 5.5WTES

```

TMBK HE gdist: 94.1 mom: 16.2 mw = 4.8
TMBK HN gdist: 94.1 mom: 16.3 mw = 4.8
STIA HE gdist: 36.1 mom: 15.9 mw = 4.5
STIA HN gdist: 36.1 mom: 15.7 mw = 4.4
PRNS HE gdist: 128.2 mom: 19.0 mw = 6.6
PRNS HN gdist: 128.2 mom: 18.2 mw = 6.1
KNDR HE gdist: 197.8 mom: 16.1 mw = 4.7
KNDR HN gdist: 197.8 mom: 16.0 mw = 4.6
GUDS HE gdist: 160.0 mom: 16.0 mw = 4.6
GUDS HN gdist: 160.0 mom: 15.8 mw = 4.5
FRMA HE gdist: 20.1 mom: 16.2 mw = 4.8
FRMA HN gdist: 20.1 mom: 15.8 mw = 4.5
CHAN HE gdist: 165.9 mom: 16.5 mw = 5.0
CHAN HZ gdist: 165.9 mom: 16.8 mw = 5.2
Number of spectra available and number used in average 14 14
2016 2 5 2301 29.7 L 35.078 25.779 17.7 TES 8 0.5 4.9WTES
OLD: 2 5 2301 29.8 L 35.087 25.770 15.7 TES 8 0.5

```

Παράρτημα Γ

Το μέγεθος των p και s κυμάτων το 2015 με τη χρήση του προγράμματος Seisan.

```

TMBK HE gdist: 249.9 mom: 17.5 mw = 5.6
TMBK HN gdist: 249.9 mom: 17.3 mw = 5.5
STIA HE gdist: 131.7 mom: 16.9 mw = 5.2
STIA HN gdist: 131.7 mom: 16.9 mw = 5.2
PRNS HE gdist: 273.8 mom: 18.6 mw = 6.3
PRNS HN gdist: 273.8 mom: 20.2 mw = 7.4
KSTL HE gdist: 196.1 mom: 19.7 mw = 7.1
KSTL HN gdist: 196.1 mom: 19.0 mw = 6.6
HRKL HE gdist: 214.0 mom: 17.1 mw = 5.3
HRKL HN gdist: 214.0 mom: 17.3 mw = 5.5
GUDS HE gdist: 319.7 mom: 17.3 mw = 5.4
GUDS HN gdist: 319.7 mom: 17.0 mw = 5.2
FRMA HE gdist: 159.4 mom: 17.0 mw = 5.2
FRMA HN gdist: 159.4 mom: 17.0 mw = 5.2
CHAN HE gdist: 306.7 mom: 16.8 mw = 5.2
CHAN HN gdist: 306.7 mom: 16.9 mw = 5.2
Number of spectra available and number used in average 16 16
2015 1226 1100 48.8 L 35.649 27.416 20.9 TES 10 0.6 5.7WTES
OLD: 1226 1100 48.9 L 35.650 27.414 21.2 TES 10 0.6 5.7WTES

```

```

TMBK HE gdist: 85.3 mom: 16.1 mw = 4.7
TMBK HN gdist: 85.3 mom: 16.1 mw = 4.7
STIA HE gdist: 88.0 mom: 15.8 mw = 4.5
STIA HN gdist: 88.0 mom: 15.7 mw = 4.4
PRNS HE gdist: 127.6 mom: 17.6 mw = 5.7
PRNS HN gdist: 127.6 mom: 17.9 mw = 5.9
KSTL HE gdist: 70.2 mom: 17.2 mw = 5.4
KSTL HN gdist: 70.2 mom: 18.5 mw = 6.3
KNDR HE gdist: 184.1 mom: 15.6 mw = 4.3
KNDR HN gdist: 184.1 mom: 15.8 mw = 4.5
HRKL HE gdist: 87.1 mom: 16.0 mw = 4.6
HRKL HN gdist: 87.1 mom: 16.2 mw = 4.8
GUDS HE gdist: 134.5 mom: 15.8 mw = 4.5
GUDS HN gdist: 134.5 mom: 15.5 mw = 4.3
FRMA HE gdist: 59.8 mom: 15.7 mw = 4.4
FRMA HN gdist: 59.8 mom: 15.7 mw = 4.4
CHAN HE gdist: 166.2 mom: 15.9 mw = 4.6
CHAN HN gdist: 166.2 mom: 16.1 mw = 4.7
Number of spectra available and number used in average 18 18
2015 1225 0224 32.8 L 34.614 25.482 19.9 TES 10 0.3 4.8WTES
OLD: 1225 0224 32.8 L 34.618 25.482 20.3 TES 10 0.3

```


TMBK	HE	gdist:	116.7	mom:	16.2	nw =	4.7
TMBK	HN	gdist:	116.7	mom:	16.0	nw =	4.6
PRNS	HE	gdist:	75.4	mom:	17.7	nw =	5.7
PRNS	HN	gdist:	75.4	mom:	17.2	nw =	5.4
KTHR	HE	gdist:	102.1	mom:	15.6	nw =	4.4
KTHR	HN	gdist:	102.1	mom:	15.5	nw =	4.3
KSTL	HE	gdist:	145.9	mom:	16.3	nw =	4.8
KSTL	HN	gdist:	145.9	mom:	16.3	nw =	4.8
GUDS	HE	gdist:	115.7	mom:	15.7	nw =	4.4
GUDS	HN	gdist:	115.7	mom:	15.5	nw =	4.3
FRMA	HE	gdist:	197.1	mom:	15.7	nw =	4.4
FRMA	HN	gdist:	197.1	mom:	15.8	nw =	4.5
CHAN	HE	gdist:	46.8	mom:	16.0	nw =	4.6
CHAN	HN	gdist:	46.8	mom:	15.8	nw =	4.5
Number of spectra available and number used in average							14
2015	1027	1314	40.4	L	35.843	23.961	29.0
OLD:	1027	1314	40.4	L	35.843	23.962	28.9
TES							7 0.7 4.7WTES

TMBK	HE	gdist:	136.1	mom:	16.0	nw =	4.6
TMBK	HN	gdist:	136.1	mom:	15.9	nw =	4.6
STIA	HE	gdist:	247.3	mom:	15.5	nw =	4.3
STIA	HN	gdist:	247.3	mom:	15.5	nw =	4.3
PRNS	HE	gdist:	100.3	mom:	15.9	nw =	4.6
PRNS	HN	gdist:	100.3	mom:	16.7	nw =	5.1
KTHR	HE	gdist:	102.4	mom:	15.6	nw =	4.4
KTHR	HN	gdist:	102.4	mom:	15.5	nw =	4.3
KSTL	HE	gdist:	180.6	mom:	18.0	nw =	5.9
KSTL	HN	gdist:	180.6	mom:	18.5	nw =	6.3
FRMA	HE	gdist:	230.5	mom:	15.6	nw =	4.3
FRMA	HN	gdist:	230.5	mom:	15.5	nw =	4.3
CHAN	HE	gdist:	69.2	mom:	15.8	nw =	4.4
CHAN	HN	gdist:	69.2	mom:	15.9	nw =	4.5
Number of spectra available and number used in average							14
2015	1024	0259	5.0	L	35.473	23.426	40.3
OLD:	1024	0259	5.0	L	35.472	23.426	40.2
TES							7 0.4 4.7WTES

PRNS	HE	gdist:	194.6	mom:	19.1	nw =	6.7
PRNS	HN	gdist:	194.6	mom:	19.1	nw =	6.7
KSTL	HE	gdist:	117.1	mom:	18.6	nw =	6.3
KSTL	HN	gdist:	117.1	mom:	18.8	nw =	6.5
STIA	HE	gdist:	78.1	mom:	16.3	nw =	4.8
STIA	HN	gdist:	78.1	mom:	16.4	nw =	4.9
TMBK	HE	gdist:	154.8	mom:	16.8	nw =	5.1
TMBK	HN	gdist:	154.8	mom:	16.9	nw =	5.2
KOSK	HE	gdist:	253.5	mom:	16.4	nw =	4.9
KOSK	HN	gdist:	253.5	mom:	16.4	nw =	4.9
KNDR	HE	gdist:	258.5	mom:	16.4	nw =	4.9
KNDR	HN	gdist:	258.5	mom:	16.8	nw =	5.2
GUDS	HE	gdist:	209.6	mom:	16.4	nw =	4.9
GUDS	HN	gdist:	209.6	mom:	16.4	nw =	4.9
FRMA	HE	gdist:	69.7	mom:	16.4	nw =	4.9
FRMA	HN	gdist:	69.7	mom:	16.5	nw =	4.9
CHAN	HE	gdist:	234.5	mom:	16.6	nw =	5.0
CHAN	HN	gdist:	234.5	mom:	16.8	nw =	5.1
Number of spectra available and number used in average							18
2015	1012	0216	11.1	L	34.537	26.314	15.8
OLD:	1012	0216	11.1	L	34.537	26.314	15.8
TES							9 0.6 5.3WTES