

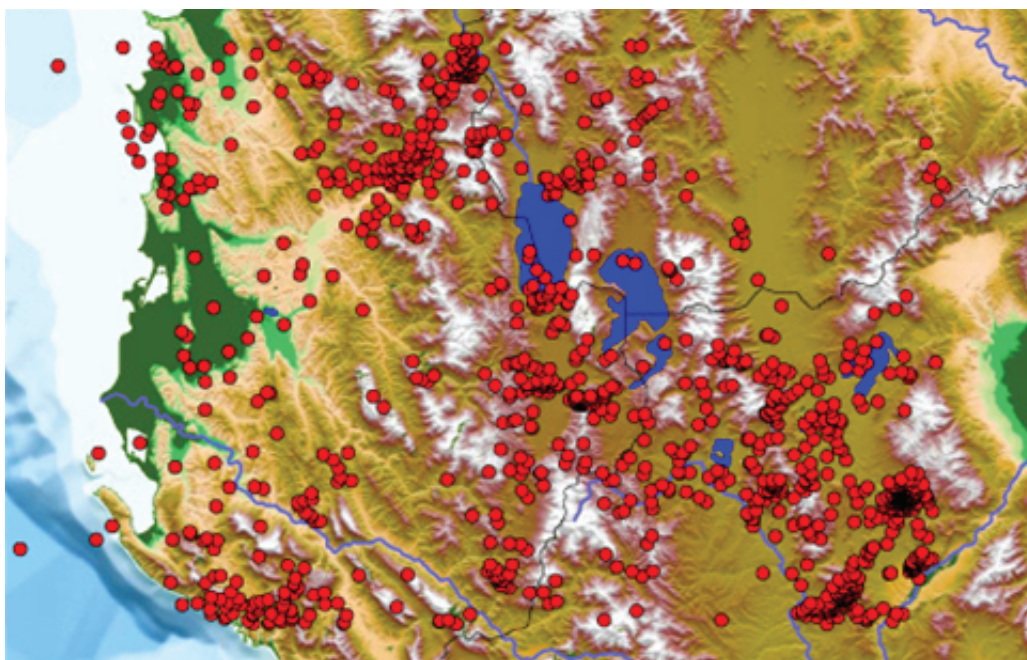
ΑΤΡΕΙΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΜΗΝΟΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΑΛΒΑΝΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΠΑΡΘΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΠΟΥΛΟΥ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2012

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

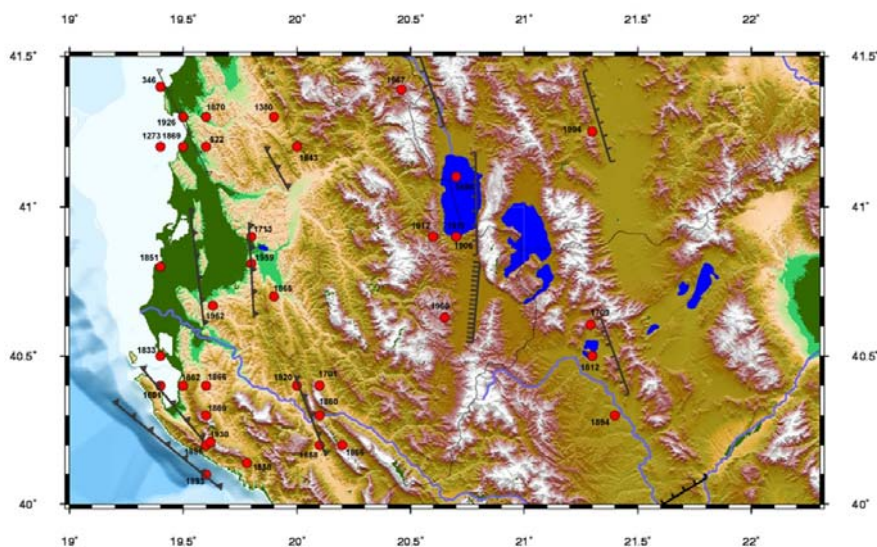
**ΜΕΛΕΤΗ ΣΜΗΝΟΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ
ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΑΛΒΑΝΙΑ**

Ατρείδης Βασίλειος

ΑΜ: 4112

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Ελευθερία Παπαδημητρίου

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΨΗ: Παρθένα Παραδεισοπούλου



Θεσσαλονίκη 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**ΤΜΗΜΑ Ι - ΘΕΩΡΙΑ****1. Σεισμοί**

1.1	Γενικές έννοιες	7
1.2	Τύποι σεισμών στον Γήινο φλοιό	8
1.3	Κατηγοριοποίηση των σεισμών ανάλογα με το βάθος τους	9
1.4	Κλίμακες μέτρησης των σεισμών	11
1.5	Όργανα μέτρησης των σεισμών	14
1.6	Λιθοσφαιρικές πλάκες	15

2. Σμηνοσεισμοί

2.1	Εισαγωγικές έννοιες	21
2.2	Μέθοδος μελέτης των σμηνοσεισμών	22
2.3	Χαρακτηριστικά των σμηνοσεισμών	27

ΤΜΗΜΑ ΙΙ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**3. Μελέτη (περιοχή – δεδομένα)**

3.1	Σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας και ειδικότερα της περιοχής μελέτης	35
3.2	Επεξεργασία δεδομένων	39
3.3	Χωροχρονική κατανομή	40
3.4	Γεωγραφική κατανομή	45
3.5	Κατανομή κατά μέγεθος των σεισμών	58
3.6	Ενέργεια σεισμών	64
3.7	Συγκεντρώσεις σεισμών (clusters)	67

ΤΜΗΜΑ ΙΙΙ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**4. Συμπεράσματα** 73**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ** 74**ΑΝΑΦΟΡΕΣ** 101

Πρόλογος . . .

Η διπλωματική μου εργασία αναφέρεται στη μελέτη σμηνοσεισμών στην περιοχή της βορειοδυτικής Ελλάδας της Αλβανίας και της νότιας Σερβίας. Οι σμηνοσεισμοί είναι ακολουθίες σεισμών που χτυπούν μια συγκεκριμένη περιοχή, σε σύντομο χρονικό διάστημα. Διαφοροποιούνται από τους σεισμούς στους οποίους ο κύριος σεισμός ακολουθείται από μια σειρά μικρότερων μετασεισμών, από το γεγονός ότι τα μεγέθη του συνόλου των σεισμών δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους.

Το τμήμα I περιέχει μια θεωρητική αναφορά και περιγραφή των γεωφυσικών μεγεθών καθώς και μια διαδικασία κατηγοριοποίησης των μετρήσεων. Επίσης περιέχει μια αναλυτική και ενδεικτική μελέτη των σμηνοσεισμών γενικότερα. Η βιβλιογραφία της μελέτης αυτής αφορά δημοσιεύσεις που έχουν γίνει πάνω στο συγκεκριμένο θέμα σε διάφορες περιοχές της Γης.

Στο τμήμα II γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων. Αυτή έχει γίνει με τα προγράμματα excel και gmt. Δημιουργήθηκαν διαγράμματα όλων των τύπων που αφορούν χρονικές, χωρικές και γεωγραφικές κατανομές, καθώς και χάρτες της περιοχής στους οποίους φαίνονται τα επίκεντρα των σεισμών. Τα διαγράμματα έχουν ταξινομηθεί στον συνολικό χρόνο και σε επιμέρους χρονικές διάρκειες έτσι ώστε να φαίνεται η όποια περιοδικότητα υπάρχει στην δημιουργία και στην εξέλιξη κάθε σεισμικής ακολουθίας. Τα διαγράμματα της αθροιστικής συχνότητας σε σχέση με το μέγεθος έχουν γίνει με πληρότητα που αναφέρεται σε μεγέθη $M \geq 2$. Τα κυκλικά διαγράμματα στο σημείο αυτό δείχνουν το ποσοστό που συνεισφέρει κάθε μέγεθος των σεισμών στην αντίστοιχη χρονική περίοδο. Όσον αφορά την ενέργεια των σεισμών έχουν γίνει κυκλικές κατανομές, που δείχνουν το ποσοστό που συνεισφέρει κάθε κλίμακα μεγέθους στη συνολική ενέργεια. Οι συγκεντρώσεις των σεισμών φαίνονται με χρονικά διαγράμματα, καθώς και τοπικά με χάρτες της περιοχής μελέτης.

Στο τμήμα III εξάγονται κάποια συμπεράσματα από την καταγραφή και την ομαδοποίηση των σεισμών όπως επίσης και από την επαναληψιμότητα της σεισμικής ακολουθίας σε συγκεκριμένες περιοχές.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Ελευθερία Παπαδημητρίου και την Παρθένα Παραδεισοπούλου για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν.

1. Σεισμοί

1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Ως σεισμός χαρακτηρίζεται και το άμεσο αποτέλεσμα από μία μη φυσική διεργασία, όπως για παράδειγμα μία έκρηξη, μία υπόγεια πυρηνική δοκιμή ή την τομογράφηση μέρους του φλοιού με σεισμικά κύματα που προκαλούμε με κτυπήματα του εδάφους. Σεισμός μπορεί να παραχθεί και από μία έκρηξη στην ατμόσφαιρα της Γης. Τέλος, ως σεισμός θα μπορούσε να θεωρηθεί και η παραγωγή σεισμικών βαρυτικών κυμάτων από το Haarπ στην ιονόσφαιρα.

Η απορρόφηση της ενέργειας που μεταφέρουν τα ελαστικά κύματα, συμβαίνει με διάφορους μηχανισμούς ανάλογα με την κατάσταση ρευστότητας του μέσου που διατρέχουν:

- **Στερεά:** Η θραύση και οι μικροθραύσεις στα πετρώματα, αλλά και στις ανθρώπινες κατασκευές, προκαλούν είτε διάρρηξη των δεσμών συνοχής είτε μόνιμη (πλαστική) παραμόρφωση του υλικού και τελικά παράγεται θερμότητα. Ακόμα, λόγω του σεισμικού-ηλεκτρικού φαινομένου που εμφανίζεται στα πορώδη στερεά που περιέχουν ποσοστό υγρού, μέρος της ενέργειας του οδεύοντος σεισμικού κύματος μετατρέπεται από μηχανική σε ηλεκτρική και κατόπιν αντίστροφα και η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα, είτε κατά τις ωσμωτικές διαδικασίες, είτε λόγω της ηλεκτρικής αντίστασης των πετρωμάτων κατά τη διέλευση των ηλεκτρικών ρευμάτων ή δινορευμάτων (ρευμάτων Φουκώ).
- **Ρευστά με οριακή την ιδιότητα διάδοσης εγκάρσιων κυμάτων:** Το υλικό παραμορφώνεται προσωρινά (για χρόνο μερικά πολλαπλάσιο της περιόδου ταλάντωσης του κύματος) και τελικά η ενέργεια γίνεται θερμότητα (ρευστοποιείται περαιτέρω το υλικό του μέσου).
- **Ρευστά:** Μπορούν να οδεύσουν μόνο σεισμικά κύματα που διαφοροποιούν τοπικά την πυκνότητα του μέσου και απορροφώνται αυξάνοντας τη θερμοκρασία του.

Σύμφωνα με την ανθρώπινη κλίμακα εκτίμησης γεγονότων, που ξεκινά με βάση τις διαστάσεις των ανθρώπινων κατασκευών, τα αποτελέσματα της απορρόφησης της ενέργειας ενός σεισμού στα στερεά είναι ενίοτε καταστροφικά.

Η πραγματική αιτία των σεισμών που γεννώνται στο φλοιό της Γης δηλώθηκε σωστά το 1760 από το Βρετανό Τζον Μίτσελ (*John Michell*), ο οποίος έγραψε πως οι σεισμοί και τα

κύματα ενέργειας που δημιουργούν προκαλούνται από "μάζες πετρωμάτων που μετατοπίζονται, μίλια κάτω από την επιφάνεια" και θεωρείται πατέρας της επιστήμης της μελέτης των σεισμών, της Σεισμολογίας.

1.2 ΤΥΠΟΙ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΟ ΓΗΙΝΟ ΦΛΟΙΟ

Τεκτονικοί

Η λιθόσφαιρα αποτελείται από πολλές λιθοσφαιρικές (τεκτονικές) πλάκες που βρίσκονται σε διαρκή κίνηση επιπλέοντας πάνω στο ρευστό υπόστρωμα της ασθενόσφαιρας. Οι πλάκες ασκούν πιέσεις μεταξύ τους κυρίως λόγω των κινήσεων του μάγματος κάτω από αυτές που τις παρασύρει και λιγότερο από τις παλιρροϊκές που παραμορφώνουν τη γη συμπιέζοντας και εφελκύνοντάς την, τη βαρύτητα που τείνει να βυθίζει τις βαρύτερες από αυτές κλπ. Το μάγμα κινείται σε ανοδικά και καθοδικά ρεύματα καθώς κοντά στον πυρήνα της Γης θερμαίνεται, κυρίως από τις ραδιενεργές μεταπτώσεις της βαρύτερης ύλης που είναι συγκεντρωμένη εκεί και από την τριβή λόγω της γρηγορότερης περιστροφής του πυρήνα σε σχέση με τα εξωτερικά στρώματα, και ελαφρύτερο ανεβαίνει προς την επιφάνεια όπου ψύχεται και βαραίνει πάλι. Στα σημεία που ο στερεός φλοιός προεξέχει προς τα κάτω, συνήθως κάτω από βουνά, αναπτύσσονται ροπές από τις δυνάμεις τριβής με το ρευστό μάγμα ανάλογα με τη θέση της προεξοχής σε σχέση με τη ροή του μάγματος, το οποίο επανακάμπτει προς τον πυρήνα. Το μάγμα που κινείται κάτω από το φλοιό υπόκειται και στις δυνάμεις του φαινομένου Κοριόλις που σε μεγάλες κλίμακες καθορίζει την κίνηση των τροπικών κυκλώνων και των ωκεάνιων θαλάσσιων ρευμάτων. Αποτέλεσμα της συνισταμένης δυνάμεων και ροπών, είναι η τάση για κίνηση των πλακών που μπορούν ακόμη και να τείνουν να περιστρέφονται. Στα όρια των πλακών δημιουργούνται εφελκυστικές ή συμπιεστικές ζώνες διάρρηξης: εφελκυστικές στα σημεία που οι πλάκες απομακρύνονται μεταξύ τους, συμπιεστικές στα σημεία που πλησιάζουν.

Κοντά στις ζώνες διάρρηξης, στα όρια των τεκτονικών πλακών, συσσωρεύεται ενέργεια (τασικό φορτίο) από τους μηχανισμούς εφελκυσμού και συμπίεσης. Εκεί σχηματίζονται ρωγμές στο φλοιό, τα ρήγματα, τις πλευρές των οποίων συγκρατεί η τριβή που δεν επιτρέπει την ολίσθηση μεταξύ τους. Όταν οι τεκτονικές τάσεις ξεπεράσουν την κρίσιμη τιμή του ορίου θραύσης του πετρώματος στον εστιακό χώρο, το σπάσιμο των σημείων τριβής έχει ως αποτέλεσμα την ολίσθηση του ρήγματος. Η ολίσθηση συνεπάγεται τη βίαιη ταλάντωση των

πετρωμάτων και η ενέργεια που απελευθερώνεται μεταφέρεται με τα σεισμικά κύματα ώσπου να απορροφηθεί εντελώς.

Οι σεισμοί που προκαλούνται με τον τρόπο αυτό αποτελούν την συντριπτική πλειοψηφία (90%) των Γήινων σεισμών και ονομάζονται **Τεκτονικοί Σεισμοί**.

Ηφαιστειογενείς

Οι ηφαιστειογενείς σεισμοί προηγούνται των ηφαιστειακών εκρήξεων ή και τις συνοδεύουν. Η αιτία που τους προκαλεί πιστεύεται ότι 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. Οι ηφαιστειογενείς σεισμοί είναι και αυτοί κυρίως μικροί σεισμοί οι οποίοι έχουν την εστία τους σε μεγάλη απόσταση από το ηφαίστειο αλλά με την πάροδο του χρόνου πλησιάζει συνέχεια προς αυτό με όλο και μικρότερο βάθος, ενώ ταυτόχρονα γίνονται συχνότεροι. Το μέγεθός τους γενικά εξαρτάται από την αντίσταση που συναντάει το μάγμα κατά την ανύψωσή του προς την επιφάνεια της Γης. Οι ηφαιστειογενείς σεισμοί καλύπτουν το 7% περίπου του συνολικού αριθμού των σεισμών που πραγματοποιούνται στον πλανήτη μας.

Εγκατακρημισιγενείς

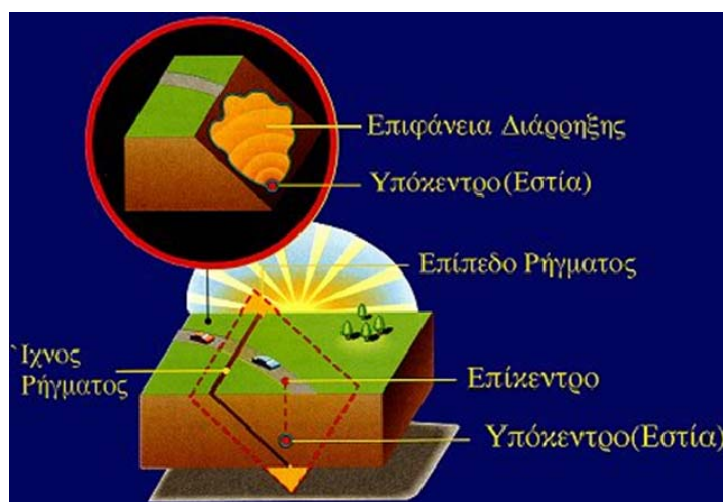
Εγκατακρημισιγενείς είναι οι σεισμοί που πραγματοποιούνται από την πτώση μεγάλων πετρωμάτων πάνω στη Γη λόγω βαρύτητας. Τα πετρώματα αυτά είναι συνήθως οροφές διαφόρων σπηλαίων που πέφτουν και τους προκαλούν. Οι σεισμοί αυτοί έχουν μικρό μέγεθος και διαρκούν τόσο χρονικό διάστημα όσο απαιτείται για την πτώση των πετρωμάτων. Επιπλέον είναι τοπικοί σεισμοί και καλύπτουν το 3% περίπου των σεισμών που πραγματοποιούνται πάνω στη Γη.

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΤΟΥΣ

Η ακριβής θέση στην οποία συμβαίνει ένας σεισμός ονομάζεται **εστία** η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως σημείο. Η προβολή της εστίας στην επιφάνεια της Γης, ονομάζεται **επίκεντρο**. Γνωρίζουμε ότι οι σεισμοί γεννιούνται μόνο μέσα στη λιθόσφαιρα και κατά κύριο λόγο εντοπίζονται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Οι εστίες των σεισμών είτε κοντά στην επιφάνεια είτε σε βάθος πολλών χιλιομέτρων. Εντοπίζονται έως και στα 720km περίπου, βάθος που μπορεί να φτάσει η καταδυόμενη λιθόσφαιρα διατηρώντας τις ελαστικές τις ιδιότητες.

Ανάλογα με την απόσταση του υποκέντρου από την επιφάνεια της Γης (εστιακό βάθος, ΕΒ), οι σεισμοί χαρακτηρίζονται ως:

- Επιφανειακοί ή σεισμοί μικρού βάθους (0 - 30 km)
- Σεισμοί ενδιάμεσου βάθους (30 - 70 km)
- Σεισμοί μεγάλου βάθους (άνω των 70 km)



Σχήμα 1.1

Σχηματικό διάγραμμα σεισμικού ρήγματος.

Οι ενδιάμεσου και μεγάλου βάθους σεισμοί χαρακτηρίζονται ως πλουτώνιοι. Οι επιφανειακοί σεισμοί είναι αυτοί που προκαλούν συνήθως τις μεγαλύτερες καταστροφές. Στις μεσοωκεάνιες ράχες γεννιούνται μόνο επιφανειακοί σεισμοί, ενώ στις περιοχές σύγκλισης πλακών που υπάρχει καταβύθιση της μιας πλάκας κάτω από την άλλη γεννιούνται και πλουτώνιοι σεισμοί.

Το εστιακό βάθος είναι σημαντικό χαρακτηριστικό ενός σεισμού, ως προς τις καταστροφές που αυτός μπορεί να επιφέρει στις ανθρώπινες κατασκευές. Αυτό συμβαίνει για δύο κυρίως λόγους:

- Όσο αυξάνεται το βάθος, αυξάνεται και η απόσταση μεταξύ εστίας και επιφανείας της Γης, επιφέροντας έτσι εξασθένηση στα σεισμικά κύματα.
- Η διασπορά των σεισμικών κυμάτων είναι μεγαλύτερη.

Το μεγαλύτερο εστιακό βάθος που έχει καταγραφεί είναι 750 km και είναι το σημείο όπου ο γήινος φλοιός καταβυθίζεται στον ανώτερο μανδύα.

1.4 ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Υπάρχουν πολλές κλίμακες και διάφορα σεισμικά μεγέθη **M**. Έχουμε δε διαπιστώσει ότι κάθε κέντρο (σεισμολογικό ινστιτούτο) για τον ίδιο σεισμό ανακοινώνει διαφορετικό μέγεθος. Γιατί όμως ανακοινώνεται κάθε φορά διαφορετικό μέγεθος;

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι να μετρηθούν οι διαφορετικές όψεις ενός σεισμού. Το μέγεθος **M** είναι το πιο κοινό μέτρο ενός σεισμού. Επειδή είναι μέτρο του μεγέθους της πηγής του σεισμού, είναι ο ίδιος αριθμός οπουδήποτε και να είμαστε, όπως και να τον αισθανθούμε.

Η κλίμακα Richter μετρά τη μεγαλύτερη διαταραχή-κίνηση στην καταγραφή, αλλά υπάρχουν κι άλλες κλίμακες μεγέθους που μετρούν διαφορετικά μέρη του σεισμού. Μια αύξηση του μεγέθους κατά ένα (για παράδειγμα, από 4.6 σε 5.6) αναπαριστά μια δεκαπλάσια αύξηση στο πλάτος του κύματος σε ένα σειсмоγράφο ή περίπου μια αύξηση περίπου κατά 25 φορές της ελευθερούμενης ενέργειας. Με άλλα λόγια, ένας σεισμός μεγέθους 6.7 ελευθερώνει πάνω από 700 φορές (25 επί 25) την ενέργεια ενός σεισμού 4,7.

Τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ενός σεισμού είναι τα παρακάτω:

- **M_L** Είναι το τοπικό μέγεθος (*Magnitude Local: τοπικό μέγεθος που παρουσιάστηκε από τον Charle Richter το 1935*). Η κλίμακα Richter είναι ένας μαθηματικός τύπος. Το μέγεθος ενός σεισμού καθορίζεται από το λογάριθμο του πλάτους των κυμάτων που καταγράφονται από τους σειсмоγράφους σε μια ορισμένη περίοδο. Το **M_L** είναι αξιόπιστο, όταν υπολογίζεται από σειсмоγράφους που δεν απέχουν περισσότερο από 600 χιλιόμετρα από το επίκεντρο του σεισμού. Ισχύει μόνο για ορισμένη συχνότητα σεισμικών κυμάτων και για ορισμένη απόσταση από το επίκεντρο. Έτσι, για διαφορετικές αποστάσεις από το επίκεντρο του σεισμού οι σεισμολόγοι βασίζονται σε διαφορετικά σεισμικά κύματα για τους υπολογισμούς τους.

- **M_s** Είναι το μέγεθος που λαμβάνεται από τη μέτρηση των κυμάτων επιφανείας. Να σημειώσουμε ότι το **M_s** είναι **μεγαλύτερο από το M_L**. Για παράδειγμα, αν το μέγεθος ενός σεισμού μετρήθηκε σαν 5 βαθμοί της κλίμακας Ρίχτερ (**M_L**), μπορεί να μετρηθεί και ως 5.5 **M_s**. Το **M_s** είναι αξιόπιστο για επιφανειακούς (< 50 km βάθος) σεισμούς και για μεγάλες αποστάσεις από το επίκεντρο.

Χρησιμοποιείται στην Ελλάδα και προτάθηκε από τον Κ. Παπαζάχο (Papazachos et al., 2002). Η ενέργεια που εκλύεται δίνεται σε erg από τον τύπο : $\log E = 12,24 + 1,40 M_s$.

- **M_B** Είναι μια επέκταση της κλίμακας Richter και έτσι εκμεταλλευόμαστε καλύτερα το δίκτυο των σειсмоγράφων. Είναι το μέγεθος που λαμβάνεται από τη μέτρηση των πρωτεύοντων P κυμάτων (*Compressional Body Wave Magnitude*). Είναι αξιόπιστο μέγεθος σεισμών με μεγαλύτερα εστιακά βάθη και για μεγάλες αποστάσεις από το επίκεντρο.
- **M_w** Όλα τα προηγούμενα μεγέθη βγαίνουν από τύπους που περιέχουν ένα συγκεκριμένο πλάτος ταλάντωσης ενός σεισμικού κύματος σε κάποια χρονική στιγμή.
- **M_d** Είναι η κλίμακα μεγέθους διάρκειας.
- **M_o** Η κλίμακα μεγέθους σεισμικής ροπής, που θεωρείται η πιο ακριβής. Προτάθηκε το 1979 και δεν εξαρτάται από την περίοδο των σεισμικών κυμάτων αλλά στη μέτρηση της σεισμικής ροπής.
- **M_e** (*Choy and Boatwright 1995*), το οποίο εκφράζει το δυναμικό καταστροφικότητας ενός σεισμού και χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση εκλυόμενης σεισμικής ενέργειας μεγάλων συμβάντων.

Κλίμακα Ρίχτερ (Richter)

Στην κλίμακα αυτή μετράται το **μέγεθος** ενός σεισμού στην εστία του. Ουσιαστικά στην κλίμακα μετράται η ενέργεια που εκλύεται στον εστιακό χώρο με τη σεισμική θραύση και την ολίσθηση των πετρωμάτων. Παρότι η κλίμακα δεν έχει ανώτατο όριο, σεισμοί μεγαλύτεροι από 9,5 Ρίχτερ δεν έχουν παρατηρηθεί στη Γη. Επίσης, στην κλίμακα μετρώνται και αρνητικές τιμές, καθώς όταν ορίστηκε δεν ήταν δυνατόν με τα όργανα της τότε εποχής να καταγραφούν μικρότερα μεγέθη σεισμών. Η κλίμακα είναι λογαριθμική.

Καταστροφικότητα σε σχέση με το μέγεθος

- **Μεγάλος: 8+** : Μεγάλες απώλειες ανθρώπινων ζωών και μεγάλες καταστροφές.
- **Σημαντικός: 7R-7.9R** : Σοβαρότατες ζημιές και πέραν των 100 χλμ.
- **Ισχυρός: 6R-6.9R** : Σοβαρές ζημιές εντός 100 τετραγωνικών χλμ.
- **Μέτριος: 5R-5.9R** : Ζημιές συνήθως εντός 10 τετραγωνικών χλμ.
- **Ασθενής: 4R-4.9R** : Αισθητοί με ελαφρές συνήθως ζημιές γύρω από το επίκεντρο.
- **Ασήμαντος: 3R-3.9R** : Αισθητοί χωρίς ζημιές.
- **Μικρός: < 3R** : Πολλές φορές ανεπαίσθητοι.

Κλίμακα Μερκάλι (Mercalli)

Στην κλίμακα αυτή μετράται η **ένταση** ενός σεισμού σε μία περιοχή στην επιφάνεια του φλοιού της Γης. Η ένταση αντιστοιχεί στο μέγεθος που θα είχε ένας επιφανειακός σεισμός

με επίκεντρο την περιοχή εκείνη, ο οποίος θα είχε τα ίδια καταστροφικά αποτελέσματα. Η κλίμακα είναι εμπειρική και προσπαθεί να εκτιμήσει την ένταση του σεισμού σύμφωνα με τις επιπτώσεις του σεισμού σε κτίρια, υποδομές κλπ. Είναι δωδεκαβάθμια και προσμετρά κυρίως τις καταστροφές που προκαλούνται σε ανθρώπινες κατασκευές. Αυτό σημαίνει ότι ένας σεισμός που πλήττει ακατοίκητη περιοχή, δεν είναι δυνατό να αξιολογηθεί επαρκώς με αυτή την κλίμακα.

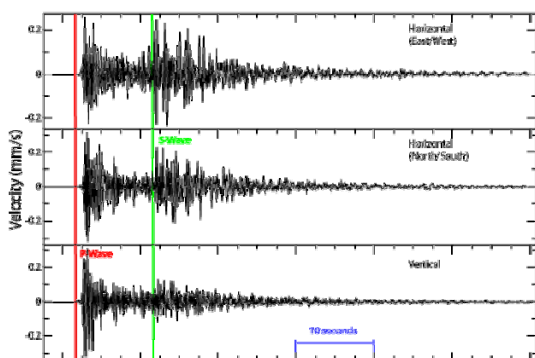
Καταστροφικότητα σε σχέση με το μέγεθος

- **Βαθμός 1 :** Δεν γίνεται αισθητός.
- **Βαθμός 2 :** Αισθητός από μερικούς ανθρώπους που βρίσκονται σε ανάπαυση στους ψηλότερους ορόφους κτιρίων.
- **Βαθμός 3 :** Αισθητός μέσα στα σπίτια. Μπορεί να μην αναγνωριστεί ως σεισμός. Δονήσεις σαν να περνάει ελαφρύ φορτηγό.
- **Βαθμός 4 :** Τίθενται σε κίνηση κρεμασμένα αντικείμενα. Τζάμια τρίζουν. Σταματημένα αυτοκίνητα κλυδωνίζονται. Δονήσεις σαν να περνάει βαρύ φορτηγό. Κρότος παραθύρων, χτύπος στις πόρτες.
- **Βαθμός 5 :** Αισθητός στην ύπαιθρο. Αυτοί που κοιμούνται ξυπνούν. Αιώρηση κρεμασμένων αντικειμένων. Ανατροπή μερικών μικρών αντικειμένων.
- **Βαθμός 6 :** Αισθητός από όλους. Πολλοί τρομοκρατούνται και τρέχουν έξω από τα κτίρια. Οι άνθρωποι περπατούν με αστάθεια. Μικρές καμπάνες ηχούν. Μετακίνηση ή ανατροπή πολυάριθμων μεγάλων αντικειμένων και επίπλων. Βλάβες σε σοβάδες, κεραμίδια, καπνοδόχους. Βλάβες λίγες, ελαφρές.
- **Βαθμός 7 :** Μεγάλες καμπάνες ηχούν. Πτώση πολυάριθμων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Σοβάδες και τοιχοποιία ρηγματώνονται στις συνηθισμένες κατασκευές. Στις κακές κατασκευές πέφτουν σοβάδες, αποκολλούνται τούβλα και πέτρες. Γίνεται αισθητός από οδηγούς αυτοκινήτων. Κυματισμός στις λίμνες, θόλωμα νερού από λάσπη.
- **Βαθμός 8 :** Επηρεάζεται η οδήγηση των αυτοκινήτων. Αρκετές ζημιές και μερική κατάρρευση στις συνηθισμένες κατασκευές. Λίγες βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών, και μεγάλες στις κακές κατασκευές. Κλαδιά σπάνε από τα δένδρα. Αλλαγές στη ροή και στη θερμοκρασία του νερού σε πηγές και σε πηγάδια.
- **Βαθμός 9 :** Γενική καταστροφή στις κακές κατασκευές. Σοβαρές βλάβες στην τοιχοποιία των καλών κατασκευών. Υπόγειοι αγωγοί σπάζουν. Σε περιοχές με αλλούβια αναβλύζει από το έδαφος λεπτή άμμος, ιλύς και νερό.

- **Βαθμός10 :** Καταστροφή μερικών καλά κατασκευασμένων ξύλινων κτιρίων και γεφυρών. Οι περισσότερες κατασκευές τοιχοποιίας και τα προκατασκευασμένα κτίσματα καταστρέφονται μαζί με τα θεμέλια. Σοβαρές ζημιές σε φράγματα, υδροφράχτες και αναχώματα. Μεγάλες κατολισθήσεις. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται.
- **Βαθμός11 :** Μεγάλες ρωγμές στο έδαφος. Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται έντονα. Υπόγειοι αγωγοί καταστρέφονται εντελώς.
- **Βαθμός12 :** Ολική καταστροφή. Αντικείμενα εκτινάσσονται στον αέρα. Μεταβάλλεται η επιφάνεια του εδάφους και η γραμμή του ορίζοντα.

1.5 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Αδρανειακό σύστημα μέτρησης



Σχήμα 1.2

Καταγραφή σεισμομέτρου. (wikipedia)

Το όργανο που χρησιμοποιείται για την μέτρηση των σεισμικών δονήσεων στην επιφάνεια του εδάφους ή του θαλάσσιου πυθμένα στο Γήινο φλοιό ονομάζεται σεισμόμετρο. Η καταγραφή ενός σεισμομέτρου φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ένα σεισμόμετρο με εγγενή δυνατότητα καταγραφής των δονήσεων ονομάζεται σειсмоγράφος. Η λειτουργία του σεισμομέτρου βασίζεται στην αρχή της αδράνειας. Ένα σεισμόμετρο είναι ρυθμισμένο να

χρησιμοποιείται εντός του βαρυτικού πεδίου της Γης τοποθετημένο στο φλοιό της Γης. Άρα μετρά σωστά στερεωμένο στο έδαφος ή στο θαλάσσιο βυθό και ακόμη δεν πρέπει να αναρτάται σε σχηματισμούς που ταλαντώνουν ιδιόσυχνα όπως τα κτίρια.

Αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Το περίβλημα το οποίο στερεώνει τη διάταξη και ακολουθεί τις κινήσεις του εδάφους.
2. Την μάζα (αδρανειακό υποσύστημα) που τείνει να παραμένει ακίνητη σε σχέση με τις κινήσεις του περιβλήματος και άρα του εδάφους.
3. Το σύστημα ανάρτησης που επιτρέπει την ταλάντωση της μάζας σε μια σταθερή διεύθυνση ανάλογα με τον τύπο προσανατολισμού της καταγραφόμενης μεταβολής και αποσβαίνει την ταλάντωση:

- Για **οριζόντιο σεισμόγραμμα** (ή σειсмоγράφημα): Ελατήριο στηριγμένο σταθερά στο περίβλημα στη μία άκρη του και ανάρτηση της μάζας την άλλη του άκρη. Η μάζα τροchioδρομείται σε οριζόντια διεύθυνση κίνησης και συνδέεται με αποσβεστήρες της ενέργειας ταλάντωσης. Στους παλαιούς σειсмоγράφους χρησιμοποιόταν εκκρεμές με δυνατότητα κίνησης της μάζας σε καμπύλη που προσέγγιζε την ευθεία της οριζόντιας κίνησης.
- Για **κατακόρυφο σεισμόγραμμα**: Ελατήριο όπου αναρτάται η μάζα όμοια με μετρητή βαρύτητας (δυναμόμετρο ή κανταράκι), τροchioδρόμηση της μάζας στην κατακόρυφη διεύθυνση και αποσβεστήρες.

4. Το σύστημα καταγραφής που με διάφορα ηλεκτρομαγνητικά ή οπτικά συστήματα καταγράφει και αποστέλλει τηλεμετρικά για αποτύπωση στο σταθμό συλλογής τη σχετική θέση της αναρτημένης μάζας ως προς το περίβλημα της συσκευής. Στους σειсмоγράφους χρησιμοποιόταν εγγενής καταγραφή με γραφίδα στηριγμένη στη μάζα που άφηνε ίχνος σε ρολό χαρτιού κυλιόμενο κάθετα στη διεύθυνση ταλάντωσης της μάζας.

Κανονικά σε θέση εγκαθίστανται τρία σεισμόμετρα με τους άξονες μέγιστης ευαισθησίας κάθετους μεταξύ τους, ώστε να καταγράφονται όλες οι συνιστώσες του σεισμικού κύματος. Με διαφοροποίηση της αντίστασης ελατηρίων που αναρτούν τη μάζα κατακόρυφα στη σύγχρονη αδρανειακή διάταξη, το σεισμόμετρο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των σεισμών και σε άλλα ουράνια σώματα, όπως η Σελήνη και ο Άρης, που έχουν διαφορετική τιμή του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά τους.

1.6 ΛΙΘΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

Τα διάφορα γεωδυναμικά φαινόμενα που παρατηρούνται στη Γη (σεισμοί, ηφαίστεια, κτλ.) δεν παρουσιάζουν τυχαία γεωγραφική κατανομή πάνω στη Γη.

Κατά τα τελευταία χρόνια 50 χρόνια αναπτύχθηκε η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών που προσπάθησε να εξηγήσει όλα σχεδόν τα γεωδυναμικά φαινόμενα. Η Νέα Παγκόσμια Τεκτονική στηρίχθηκε αργότερα στη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών.

Οι λιθοσφαιρικές πλάκες είναι μεγάλα κομμάτια ξηράς που πραγματοποιούν σχετικές κινήσεις μεταξύ τους. Οι ήπειροι όπως εμείς τις γνωρίζουμε σήμερα αποτελούν τμήματα των λιθοσφαιρικών πλακών.

Αν και η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών και της Νέας Παγκόσμιας Τεκτονικής αναπτύχθηκε ευρέως μετά το 1960, ιδέες που αφορούσαν την μετακίνηση γήινων τεμαχίων, άρχισαν να διατυπώνονται στις αρχές του 17ου αιώνα.

Η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών αναπτύχθηκε παράλληλα με την υπόθεση της επέκτασης του θαλάσσιου πυθμένα και της έννοιας των ρηγμάτων μετασχηματισμού. Είναι το κύριο αίτιο για το σύνολο σχεδόν των γεωδυναμικών φαινομένων που παρατηρούνται στη Γη.

Οι κινήσεις που πραγματοποιούν οι λιθοσφαιρικές πλάκες είναι τρεις.

- Απόκλιση
- Σύγκλιση
- Οριζόντια κίνηση

Η λιθόσφαιρα (ο όρος πρωτοδιατυπώθηκε από τον R.A. Daly) είναι όπως προαναφέραμε ένα δύσκαμπτο στρώμα πάχους 80 Km περίπου που περιλαμβάνει τον φλοιό και μέρος του πάνω μανδύα και καλύπτει ολόκληρη την Γη. Αυτή δεν είναι συνεχή αλλά χωρίζεται από τα 2 παγκόσμια συστήματα διάρρηξης.

Χωρίς να υπάρχει προκαθορισμένος όρος για το τι είναι η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για την επιστημονική θεωρία που αναπτύχθηκε αργά, αλλά άλλαξε τις ιδέες μας για το πώς «λειτουργεί» η Γη.

Η τεκτονική (των πλακών) είναι η μελέτη των δυνάμεων που δρουν στη Γη. Η δράση των δυνάμεων αυτών δημιούργησε τις ηπείρους, τους ωκεανούς, και γενικά όλα τα γεωμορφολογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά μεγάλης κλίμακας που βλέπουμε σήμερα στη Γη.

Η λιθόσφαιρα χωρίζεται από τα 2 παγκόσμια συστήματα διάρρηξης σε έξι μεγάλες λιθοσφαιρικές πλάκες και σε ισάριθμες μικρότερες που πραγματοποιούν κινήσεις μεταξύ τους η ταχύτητα των οποίων μπορεί να φτάσει τα 10 cm/yr. Πολύ σπουδαίο ρόλο, τόσο στη γένεση-καταστροφή, όσο και στην κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών, παίζουν τα όρια (ή οι παρυφές) της επαφής τους. Αυτά χωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες.

- Ζώνες σύγκλισης – κατάδυσης
- Μεσο – ωκεάνιες ράχες
- Ρήγματα μετασχηματισμού

Τα όρια επαφής των λιθοσφαιρικών πλακών οριοθετούνται με ακρίβεια με γεωφυσικές και κυρίως σεισμολογικές μεθόδους. Έτσι είναι γνωστό σήμερα ότι οι μεγάλες σεισμικές

ζώνες που παρατηρούνται στη Γη ταυτίζονται σχεδόν με τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Εξαιρέσεις αποτελούν οι μεγάλες ενδοηπειρωτικές ενεργές παραμορφώσεις, π.χ. Κίνα.

Κατά την κίνησή τους οι λιθοσφαιρικές πλάκες συγκρούονται μεταξύ τους με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται παραμορφωτικές τάσεις στις παρυφές τους. Συνέπεια αυτών των κινήσεων είναι η βύθιση ωκεάνιων πλακών μεγάλης πυκνότητας κάτω από ηπειρωτικές πλάκες, κοντά στα νησιωτικά τόξα ή σε παρόμοιες τεκτονικές δομές.

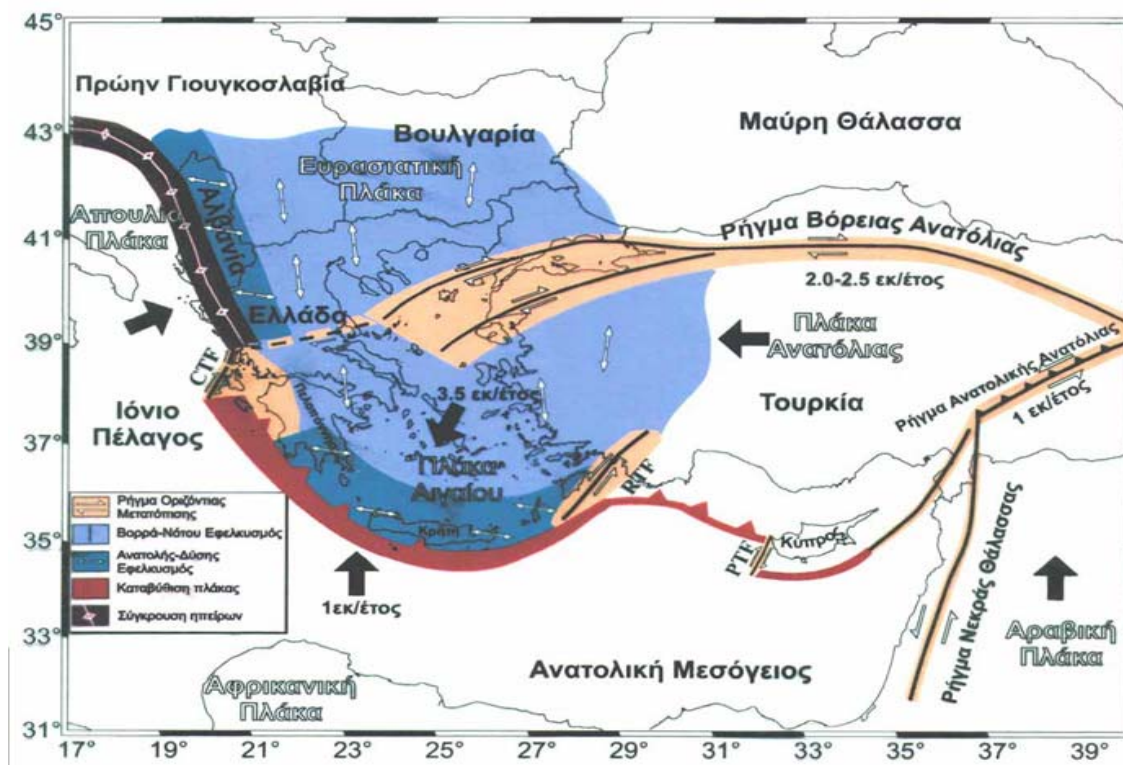
- **Λιθοσφαιρικές πλάκες και οι κινήσεις τους που επηρεάζουν την ενεργό τεκτονική στην Ελλάδα.**

Κύριες λιθοσφαιρικές πλάκες

- Ευρασιατική
- Αφρικανική
- Αραβική

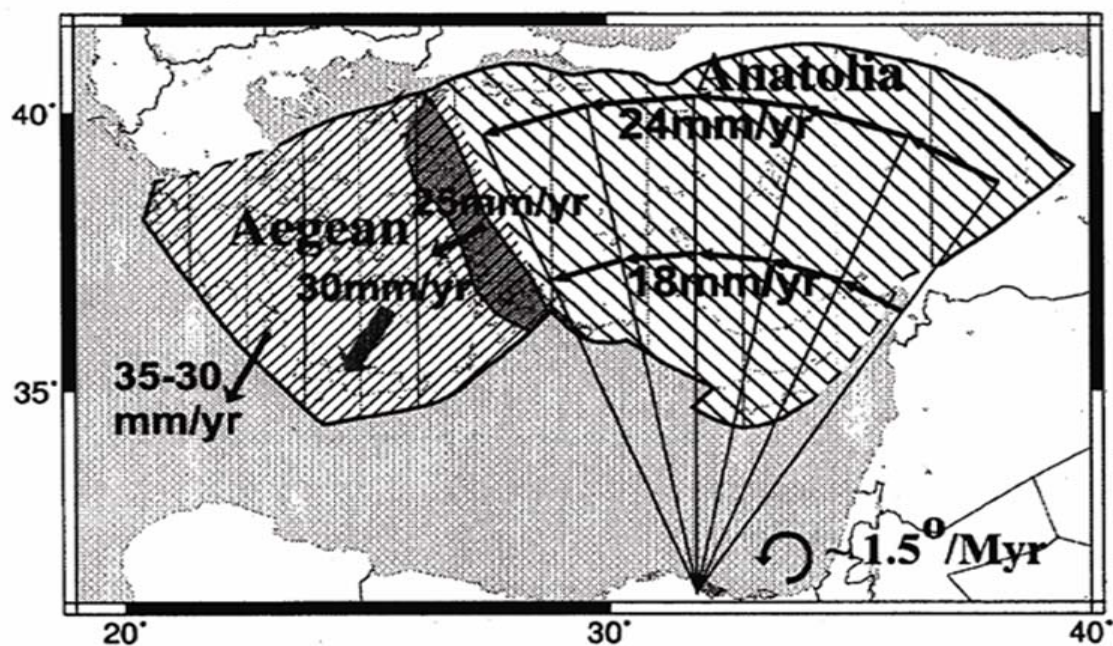
Μικρότερες λιθοσφαιρικές πλάκες

- Ανατολίας
- Αιγαίου
- Αδριατική



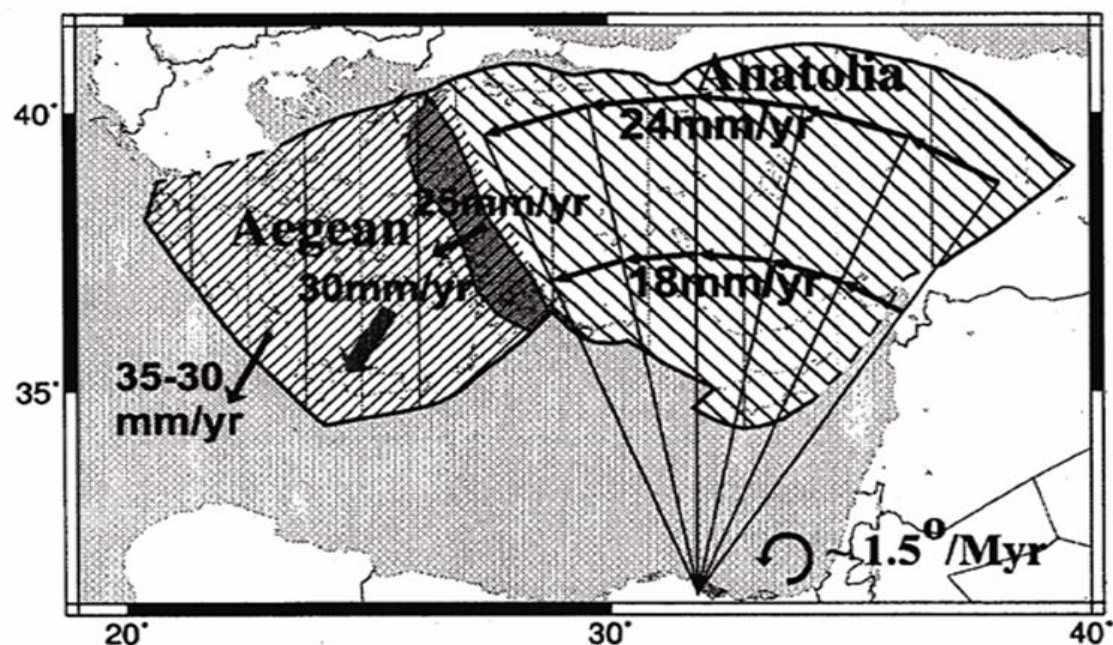
Σχήμα 1.3

Κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών που καθορίζουν την ενεργό τεκτονική στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές (Parazachos et. al., 1998).



Σχήμα 1.4

Μοντέλο κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών στην περιοχή Αιγαίου - Ανατολίας (Parazachos 1999).



Σχήμα 1.5

Τα κύρια σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά των μικρών λιθοσφαιρικών πλακών του Αιγαίου και της Ανατολίας (Parazachos 1999).



Σχήμα 1.6

Ενεργά ηφαίστεια, Τεκτονικές πλάκες και το Δαχτυλίδι της Φωτιάς (www.usgs.gr).

2. Σμηνοσεισμοί

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Οι σεισμοί με παρόμοιες σεισμικές παραμέτρους δημιουργούν ελαστικά κύματα που έχουν όμοια χαρακτηριστικά. Αυτοί καλούνται δίδυμοι σεισμοί (*doublet*) ενώ όταν παρουσιάζονται σε μεγάλες ομάδες ονομάζονται σμηνοσεισμοί (*multiplets*). Η εμφάνιση τέτοιων συστάδων διευκολύνει τη μελέτη της χωρικής κατανομής τους καθώς η πληροφορία της ομοιότητας μπορεί να οδηγήσει σε έναν εξαιρετικής λεπτομέρειας επαναπροσδιορισμό των εστιακών τους παραμέτρων.

- Οι σμηνοσεισμοί συμβαίνουν συνήθως σε ηφαιστειακές περιοχές και έχουν μικρό μέγεθος κατά κανόνα. Μπορούν επίσης να παρουσιαστούν σε ρήγματα μετασχηματισμού ή σε υδροθερμικά συστήματα
- Πολλές φορές παρουσιάζουν περιοδικότητα
- Η παράμετρος b (της σχέσης Gutenberg – Richter) παρουσιάζει μεγάλη απόκλιση από την τιμή 1 (συνήθως 2,2.5) για τις σμηνοσειρές

Συσχετίσεις μεταξύ των σεισμών παρατηρήθηκαν από την ομαδοποίηση των σεισμών στο χώρο και στο χρόνο. Αυτή η ομαδοποίηση συνήθως εμφανίζεται σαν ακολουθίες κύριων σεισμών (MainShock) ή μετασεισμών (AfterShock). Γενικότερα οι ακολουθίες αυτές περιείχαν το αρχικό ρήγμα (του κύριου σεισμού) και την ενεργοποίηση μικρότερων ρηγμάτων, πάνω ή πολύ κοντά στο αρχικό ρήγμα (μετασεισμοί) [Lay and Wallace, 1995].

Στην πραγματικότητα οι ακολουθίες των μετασεισμών συνήθως χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τον τύπο του ρήγματος που συνδέεται με τον κύριο σεισμό. Η ομαδοποίηση των σεισμών στο χώρο και στον χρόνο (σμηνοσεισμοί), δείχνουν μια αύξηση της σεισμικότητας της περιοχής πάνω από το μέσο όρο, χωρίς όμως να καθορίζουν ένα σαφή τρόπο ενεργοποίησης του κύριου σεισμού [Hill, 1977; Mogi, 1963; Sykes, 1970].

Οι σμηνοσεισμοί όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αρκετά συχνά συνδέονται με ηφαιστειογενείς περιοχές και μελετώνται λόγω της σχέσης τους με εκρήξεις ή εισχωρήσεις μάγματος [Benoit and McNutt, 1996]. Σμηνοσεισμοί όμως έχουν καταγραφεί και σε περιοχές που δεν συνδέονται με ενεργή ηφαιστειακή δραστηριότητα, όπως τα ρήγματα μετασχηματισμού [Lohman and McGuire, 2007; Shibutani, 2002] και τα υδροθερμικά συστήματα [Fischer and Horalek, 2003; Heinike, 2009].

Οι μηχανισμοί ενεργοποίησης για αυτούς τους μη ηφαιστειογενείς σμηνοσεισμούς έχουν να κάνουν με μετακινήσεις πτητικών ουσιών σε υδροθερμικά συστήματα.

Σμηνοσεισμοί στα όρια της κατάδυσης που δεν σχετίζονται με ηφαιστειογενείς περιοχές έχουν καταγραφεί στη Νέα Ζηλανδία [Evison and Rhoades, 1993], στην Ιαπωνία [Fujinawa, 1883; Matsuzawa, 2004], στην Kamchatka Peninsula της Ρωσίας [Slavina, 200; Zobin, 1996], στο Μεξικό [Zobin, 1996] και στη Νότια Αμερική [Holtkamp, 201; Lemoine, 2001].

Οι περισσότεροι σμηνοσεισμοί καταγράφηκαν με τα τοπικής ή περιφερειακής κλίμακας σεισμικά δίκτυα, αρκετά συχνά συμπεριλαμβανομένων και των υπεράκτιων δικτύων. Έτσι έγινε μεγάλη αξιοποίηση των τοπικών δεδομένων μέχρι τα κατώτερα όρια μεγέθους.

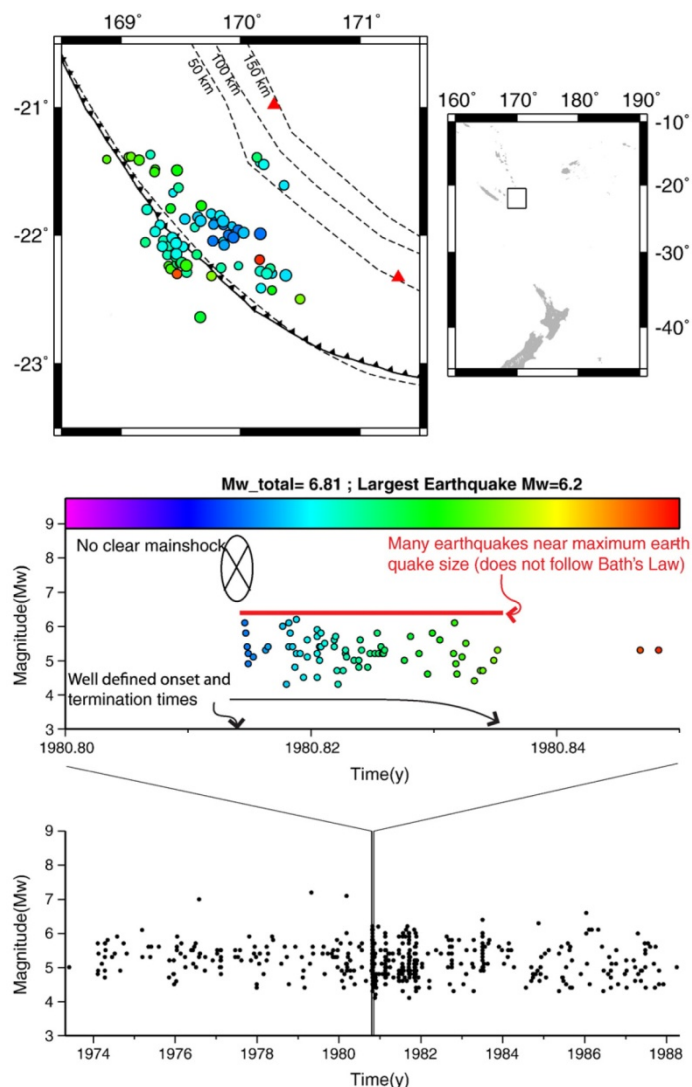
2.2 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΣΜΗΝΟΣΕΙΣΜΩΝ

Για τη μελέτη των σμηνοσεισμών πρέπει αρχικά να υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο δείγμα. Μια μελέτη των Holtkamp και Brudzinski (*Earthquake swarms in circum-Pacific subduction zones - March 2011) εξετάζει τον κατάλογο PDE (καταγραφή σμηνοσεισμών) από το 1973 μέχρι το 2010 στις παρακάτω περιοχές. South America, Mexico/Central America, Alaska, Kurile Kamchatka, Japan, Taiwan/Manila/Philippines, Sumatra, Vanuatu, and Tonga/New Zealand. Αφού οι σμηνοσεισμοί έχουν καθοριστεί εμπειρικά στο παρελθόν, μπορεί να δοθεί ένας ορισμός για τους σμηνοσεισμούς, ο οποίος συμφωνεί με προηγούμενες ιδιότητες που έχουν καθοριστεί για αυτούς. **Οι σμηνοσεισμοί καθορίζονται ως μια αξιοσημείωτη αύξηση του ποσοστού της σεισμικότητας, πάνω από ένα προφανές ποσοστό, χωρίς πλήρως ξεκαθαρισμένη την πρόκληση του κύριου σεισμού.** Οι σμηνοσεισμοί συνήθως περιλαμβάνουν πολλούς σεισμούς κοντά στο μέγεθος του μεγαλύτερου σεισμού στη συστάδα, έτσι ώστε αυτοί να μην ακολουθούν το νόμο του Bath ο οποίος αναφέρει ότι ο μεγαλύτερος μετασεισμός είναι συνήθως μια τάξη μεγέθους μικρότερος από τον κύριο σεισμό.

Διαπιστώνουμε έτσι ότι πολλοί από τους σμηνοσεισμούς έχουν απότομη έναρξη και λήξη της σεισμικότητας σε σύγκριση με τη σεισμικότητα του υποβάθρου. Αυτό βοηθάει, χωρίς να είναι απαιτητός, στο να καθοριστεί αν ένα πλήθος σεισμών αποτελεί ένα σμήνος, καθώς είναι πιθανό ότι η σχετικά απότομη λήξη είναι μια απαραίτητη συνέπεια του καθορισμού των σμηνοσεισμών.

Το σχήμα 2.1 δείχνει αυτές τις παρατηρήσεις με ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα σμηνοσεισμών. Το σχήμα 2.2 δείχνει μια τυπική ακολουθία κύριου σεισμού – μετασεισμού, στην οποία ο κύριος σεισμός είναι πρώτος στην ακολουθία και είναι συνήθως μια τάξη με-

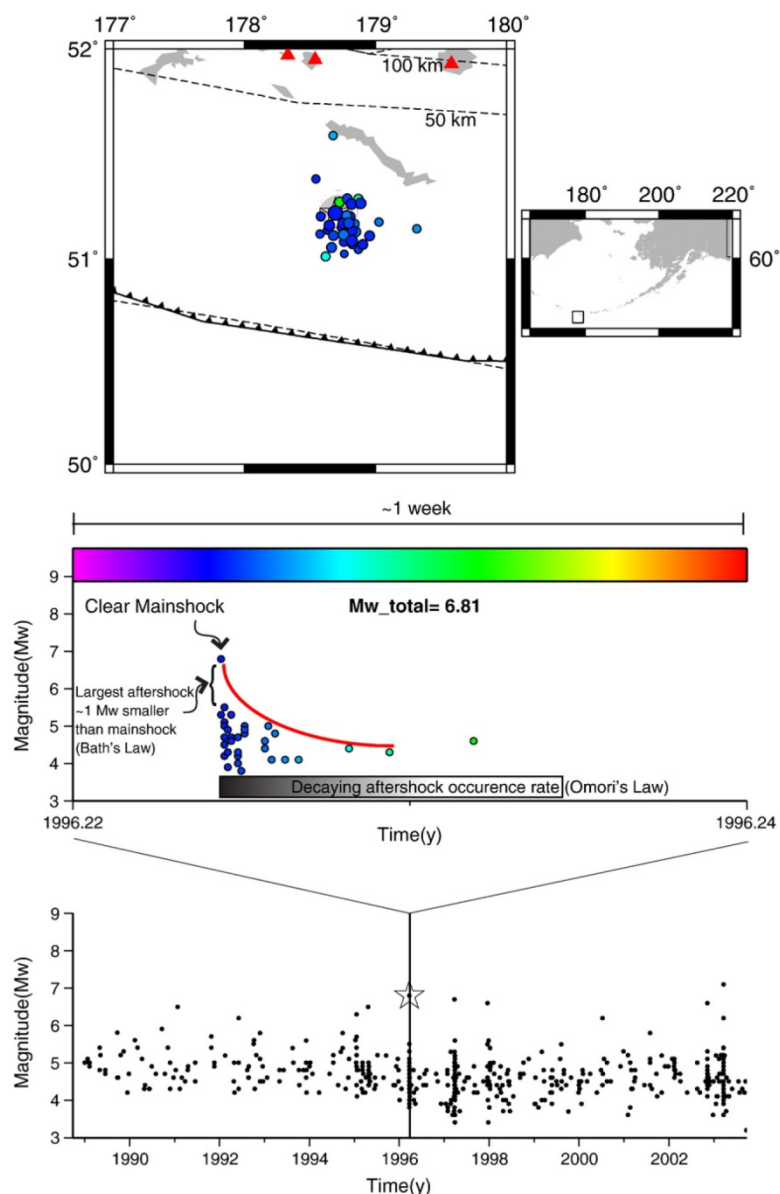
γέθους μεγαλύτερος από τον δεύτερο μεγαλύτερο σεισμό (νόμος του Bath), ενώ η ακολουθία συνήθως εξασθενίζει στο ποσοστό της σεισμικότητας του υποβάθρου χωρίς απότομο τερματισμό.



Σχήμα 2.1

Παράδειγμα σμηνοσεισμού (κορυφή σχήματος). Προβολή του χάρτη της σεισμικότητας που εμφανίζεται στη μέση του σχήματος και συνδέεται με το σμήνος Vanuatu το 1980. Τα κόκκινα τρίγωνα είναι ολόκαινα ηφαίστεια από το παγκόσμιο πρόγραμμα ηφαιστειακής δραστηριότητας. Οι διακεκομμένες γραμμές δίνουν βάθος στα όρια της πλάκας σε προσανζήσεις 50 Km. Οι χρωματιστοί κύκλοι είναι σχετικός χρόνος όπως ορίζεται από τη χρωματιστή μπάρα στην κορυφή του μεσαίου σχήματος. Ο μικρός χάρτης δείχνει το χωρικό πλαίσιο. **Μεσαίο σχήμα.** Μέγεθος σεισμού σε συνάρτηση με το χρόνο για ~3 εβδομάδες κοντά στο σμήνος. **Κάτω σχήμα.** Μέγεθος σεισμού σε συνάρτηση με το χρόνο πάνω από την περιοχή που ορίζεται στο πάνω σχήμα για 15 χρόνια γύρω από το σμήνος, με κάθετες μπάρες που αντιπροσωπεύουν τον χρόνο που εμφανίζεται στα δυο πάνω σχήματα.

(Holtkamp and Brudzinski, 2011)



Σχήμα 2.2

Παράδειγμα μιας ακολουθίας κύριου σεισμού – μετασεισμού (MSAS). **Πάνω σχήμα.** Προβολή χάρτη της σεισμικότητας που εμφανίζεται στο μεσαίο σχήμα και συνδέεται με την ακολουθία Aleutian MSAS του 1996. **Μεσαίο σχήμα.** Μέγεθος του σεισμού σε συνάρτηση με το χρόνο για ~1 εβδομάδα γύρω από την ακολουθία, δείχνοντας τον τυπικό όμορο νόμο, όπου το ποσοστό των μετασεισμών είναι ανάλογο με το αντίστροφο του χρόνου από τη στιγμή του κύριου σεισμού. **Κάτω σχήμα.** Τα αστέρια δείχνουν κύριους σεισμούς των παραγωγικών ακολουθιών MSAS.

(Holtkamp and Brudzinski, 2011)

Χρησιμοποιούνται αυτά τα κριτήρια για την αναζήτηση, μέσω όλων των σημαντικών ζωνών καταβύθισης γύρω από περιοχή ενδιαφέροντος (για παράδειγμα ο Ειρηνικός Ωκεανός), ομάδων σεισμών που εμφανίζονται σαν σμήνη.

Για κάθε περιφέρεια εξετάζεται συστηματικά κάθε φαινομενικό σύμπλεγμα σεισμικότητας. Σύμπλεγματα που εμφανίζονται να έχουν ένα κύριο σεισμό ή κυριαρχούνται από ένα μεμονωμένο γεγονός απορρίπτονται, ενώ το υπόλοιπο σύμπλεγμα των σεισμών καταγράφεται με χαρακτηριστικά σμηνοσεισμών. Το ποσοστό της σεισμικότητας υποβάθρου στον κατάλογο PDE (κατάλογος σεισμών) είναι υψηλά μεταβλητό με δυο τρόπους.

1. Αναφερόμενα ποσοστά σεισμικότητας στη διάρκεια του χρόνου (για παράδειγμα από το 1973 μέχρι το 2010) ποικίλλουν κατά περίπου δυο τάξεις μεγέθους.

2. Η σεισμικότητα υποβάθρου ποικίλλει ανάλογα με τις μελέτες κάθε περιοχής και κάποιες φορές δραστικά (για παράδειγμα, η σεισμικότητα στην κεντρική Χιλή από 30° μέχρι 35° νότια, υπολογίζεται ότι είναι η μισή από τη σεισμικότητα της νότιας και κεντρικής Αμερικής που καταγράφεται στους καταλόγους PDE).

Σε περιοχές με υψηλό ποσοστό σεισμικότητας υποβάθρου (για παράδειγμα η Αλάσκα ή η κεντρική Χιλή), τα οπτικά χαρακτηριστικά των σμηνοσεισμών γίνονται ακόμη πιο δύσκολα. Στις περιπτώσεις αυτές, τα μεγαλύτερα μεγέθη σεισμών (μεγαλύτερα από ~1 Mw) ή μεγαλύτερες αυξήσεις στο ποσοστό της σεισμικότητας (για παράδειγμα αρκετές δεκάδες σεισμών σε μια περίοδο ημερών ή και εβδομάδων) είναι απαραίτητα (όχι όμως και τα δυο) για να διαχωριστούν οι σμηνοσεισμοί. Για παράδειγμα οι Holtkamp et al. (2011) βρήκαν ένα σμηνοσεισμό στα θαλάσσια όρη του Papudo στη Νότια Αμερική χωρίς αύξηση στα μεγέθη των σεισμών, επειδή υπήρχαν αρκετές δεκάδες σεισμών μέσα σε λίγες ημέρες.

Σε περιοχές με χαμηλό ποσοστό σεισμικότητας υποβάθρου (για παράδειγμα η Νότια Χιλή και η Bonin-Marianas Trench), η αύξηση του ποσοστού της σεισμικότητας μπορεί να ανιχνευτεί ακόμη και αν μόνο μερικοί σεισμοί είναι αρκετά μεγάλοι ώστε να καταγραφούν από τα περιφερειακά δίκτυα. Στο Puerto Aysen της Νότιας Χιλής για παράδειγμα εντοπίστηκαν δυο σμήνη σεισμών (1991 και 2007) ανεξάρτητα από το ότι υπήρχαν λιγότεροι από 15 καταγεγραμμένοι περιφερειακοί σεισμοί στον κατάλογο PDE. Στην περίπτωση του σμηνοσεισμού του 2007 ένα τοπικό δίκτυο κατέγραψε πάνω από 6000 σεισμούς χωρίς ένα κύριο σεισμό (Mora et al., 2008), υποστηρίζοντας τη χρήση της προσέγγισής μας σε περιπτώσεις περιορισμένου αριθμού σεισμών στον κατάλογο PDE.

Μπορούν να θεωρηθούν κάποιοι τρόποι ώστε να επιτευχθεί μια αυτόματη ανίχνευση των σμηνοσεισμών. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι προηγούμενες μελέτες οι οποίες είχαν εφαρμόσει

με επιτυχία μια αυτόματη ανίχνευση συχνά στηρίχθηκαν σε μια ομοιόμορφη στάθμη του υπόβαθρου σεισμικότητας και της ποσότητας κατωφλίου, οι οποίες είναι συνθήκες που δεν μπορούν να καλυφθούν σε όλες τις μελέτες.

Για παράδειγμα η μέθοδος των Vidale και Shearer (2006) κατασκεύασε έναν αμερόληπτο αυτοματοποιημένο αλγόριθμο ανίχνευσης των εκρήξεων που αξιοποιούσε ένα ομοιόμορφο ποσοστό υποβάθρου της σεισμικότητας, αλλά με περιορισμένη χωρική και χρονική κλίμακα. Ωστόσο ακόμη και σε αυτό το σύνολο δεδομένων, η οπτική ταξινόμηση των σμηνοσεισμών εξακολουθούσε να απαιτείται.

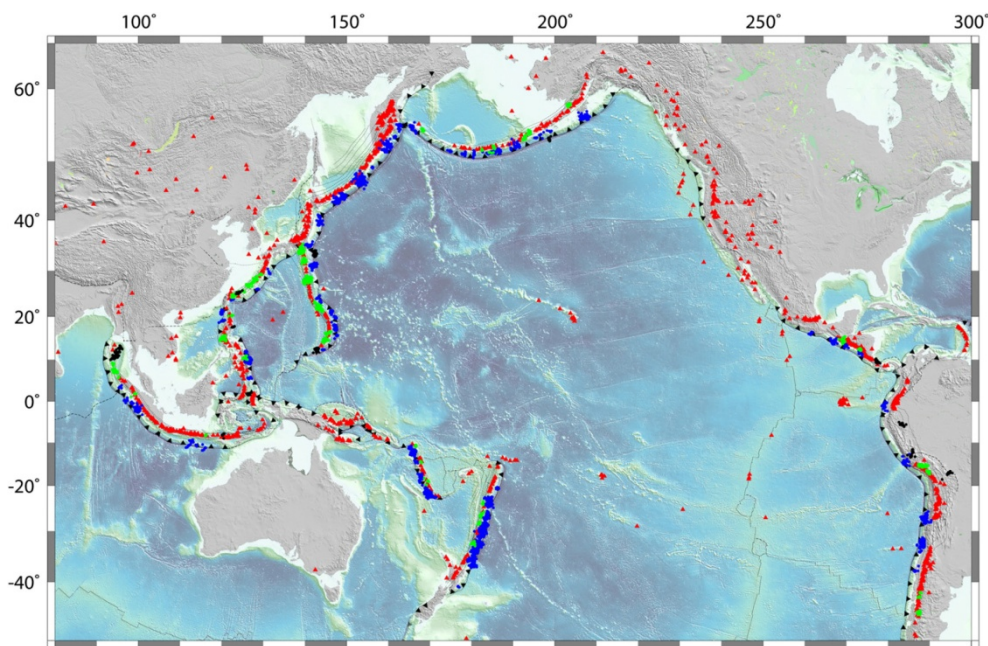
Επειδή ο στόχος είναι να παραχθεί ένας κατάλογος σμηνοσεισμών, ο οποίος δεν περιορίζεται στο χώρο και στο χρόνο και παράγεται από ένα καθολικό κατάλογο με διάφορα ποσοστά υποβάθρου σεισμικότητας και ποσότητας κατωφλίου (και τα δυο διαφέρουν αρκετές τάξεις μεγέθους), δεν μας επιτρέπεται η υπόθεση ενός σταθερού ποσοστού σεισμικότητας ή μια ποσότητα κατωφλίου. Το αποτέλεσμα στηρίζεται σε ένα αλγόριθμο ανίχνευσης των σμηνοσεισμών. Γενικά η οπτική αναζήτηση μπορεί να είναι ατελής είναι ενθαρρυντικό όμως ότι σε πολλές περιπτώσεις τα χαρακτηριστικά των σμηνοσεισμών σε διάφορες περιοχές μοιάζουν πολύ με εκείνα των Vidale και Shearer (2006). Αφού το μέγεθος παίζει ρόλο στον καθορισμό των σμηνοσεισμών, επιδιώκουμε να δημιουργήσουμε μια σταθερή μέτρηση των μεγεθών στον κατάλογο που δημιουργούμε.

Ας δούμε τον κατάλογο της μελέτης των S.G. Holtkamp και M.R. Brudzinski. Πρώτον όσον αφορά την πληρότητα του καταλόγου, διαπιστώνεται ότι τα τελευταία χρόνια η πληρότητα είναι $\sim M_w=4$ κατά μήκος μεγάλων συγκλινουσών ομάδων. Ωστόσο τις προηγούμενες δεκαετίες του καταλόγου η πληρότητα ήταν $\sim M_w=5$. Δεύτερον μεγέθη που δίνονται στον κατάλογο PDE είναι ή τοπικά περιορισμένα (ML) ή περιφερειακά – καθολικά περιορισμένα.

Στην ανάλυση αυτή τα τοπικά περιορισμένα μεγέθη αγνοούνται καθώς δεν υπάρχει σαφής μετατροπή σε στιγμιαία μεγέθη. Όταν δίνονται μόνο μεγέθη των κύριων κυμάτων, μια μετατροπή σε στιγμιαία μεγέθη γίνεται προσθέτοντας 0.31 στο μέγεθος του κύριου κύματος (με βάση έναν εμπειρικό νόμο που δόθηκε από τους Stein και Wyssession (2003)). Πριν από είκοσι χρόνια μόνο για τους $M_w \sim 6$ είχαν αναφερθεί περιορισμένης κυματομορφής στιγμιαία μεγέθη και έτσι σεισμοί μικρότεροι από αυτούς μετατρέπονται από μεγέθη του κύριου κύματος. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι διαφορές των μεγεθών σε ακολουθίες MS – AS είναι ~ 1 (νόμος του Bath), αυτές οι δευτερεύουσες προσαρμογές που έγιναν προσπαθώντας να δημιουργήσουν μια αναλυτική μέτρηση του μεγέθους είναι πιθανόν να μην επηρεάσουν την ανίχνευση των σμηνοσεισμών.

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΜΗΝΟΣΕΙΣΜΩΝ

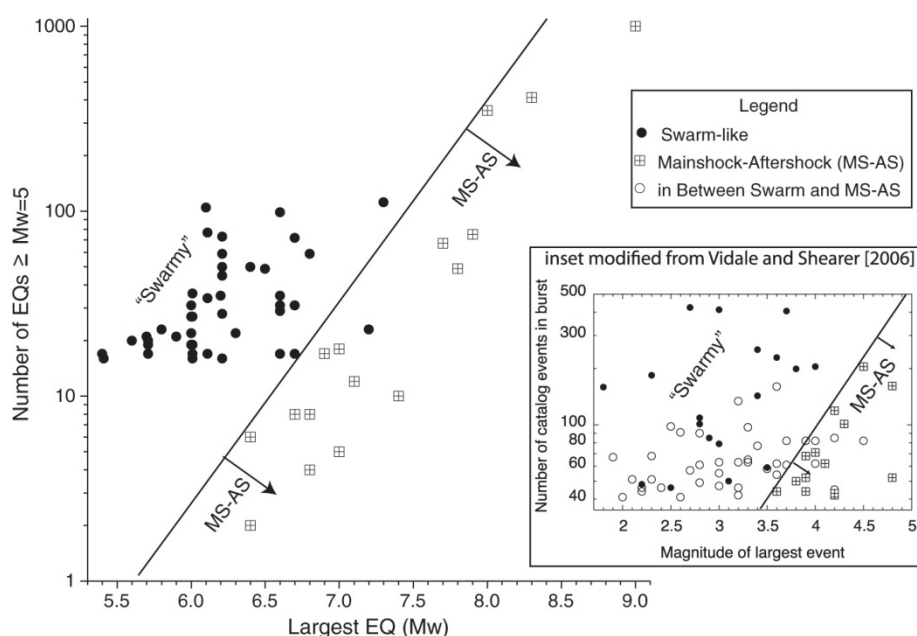
Οι S.G. Holtkamp και M.R. Brudzinski συνολικά βρήκαν 266 σμήνη σεισμών. Στη συνέχεια προσπάθησαν να τους ταξινομήσουν ανάλογα με το τεκτονικό καθεστώς που συνέβησαν. Υπάρχει μια κατανομή διπλής κορυφής των σμηνόσεισμών σε ζώνες καταβύθισης. Εκείνες που είναι κοντά στη σεισμογενή περιοχή του megathrust και εκείνες που είναι κοντά στο ηφαιστειακό τόξο. Σε βάθος από μηδέν έως 50Km βρίσκονται 180 σμηνόσεισμοί σε περιγράμματα πλάκας και τους ταξινομούμε σαν σμήνη megathrust. Ο κατάλογος PDE δεν έχει τα επίκεντρα ή τα εστιακά βάθη των σεισμών για να καθοριστεί εάν αυτοί οι σεισμοί αποτελούν πραγματικές διαρρήξεις megathrust, αλλά αυτά τα σμήνη δείχνουν ουσιαστικούς εστιακούς μηχανισμούς για την κάθε περίπτωση όπου τα μεγέθη ήταν αρκετά μεγάλα. Σε κάθε περίπτωση η εγγύτητα αυτών των σμηνόσεισμών στο περιβάλλον της πλάκας δείχνει ότι η διαδικασία megathrust παίζει έναν εξέχοντα ρόλο στον σχηματισμό τους.



Σχήμα 2.3

Χάρτης της σεισμικότητας των σμηνόσεισμών. Οι μπλε κύκλοι αντιπροσωπεύουν σεισμούς που συνδέονται με σμηνόσεισμούς megathrust, οι πράσινοι κύκλοι αντιπροσωπεύουν ηφαιστειογενείς σμηνόσεισμούς και οι μαύροι κύκλοι είναι σμηνόσεισμοί άλλου τύπου. Σμηνόσεισμοί βρέθηκαν σε κάθε ζώνη καταβύθισης που εξετάστηκε, αλλά φαίνεται να είναι πιο συχνόί στα όρια τύπου Mariana. Τα κόκκινα τρίγωνα είναι ολόκαινα ηφαίστεια από το παγκόσμιο πρόγραμμα ηφαιστειακής δραστηριότητας και το έγχρωμο φόντο δείχνει το βάθος της θάλασσας.

Οι S.G. Holtkamp και M.R. Brudzinski ταξινόμησαν 68 σμηνοσεισμούς σαν ηφαιστειακούς τους οποίους όρισαν να λαμβάνουν χώρα σε ~50 km γύρω από ένα ενεργό ηφαίστειο στη βάση δεδομένων του προγράμματος Smithsonian Global Volcanism. Οι σμηνοσεισμοί αυτοί έχουν συνήθως μικρό βάθος και πολλοί συνδέονται με ηφαιστειακές εκρήξεις ή τεκμηριωμένη ηφαιστειακή δραστηριότητα. Μια λίστα 18 σμηνοσεισμών χαρακτηρίστηκαν σαν διαφορετικοί επειδή δεν ταίριαζαν στο megathrust ή στους ορισμούς των ηφαιστειακών σμηνοσεισμών. Μια λίστα με όλους τους σμηνοσεισμούς φαίνεται στο σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.4

Αριθμός των σεισμών σε μια ακολουθία σε σχέση με το μέγεθος του μεγαλύτερου γεγονότος για σμήνη και ακολουθίες κύριου σεισμού – μετασεισμού. Περιλαμβάνονται μόνο οι σεισμοί μεγαλύτεροι από $M_w=5$ για τους οποίους θεωρούμε ότι είναι ένα κατώφλι ενός παγκοσμίου καταλόγου. Οι αριθμοί των σεισμών στα σμήνη, σε αντίθεση με το MSAS, δεν είναι συνάρτηση του μεγαλύτερου σεισμού στην ακολουθία.

(Holtkamp and Brudzinski, 2011)

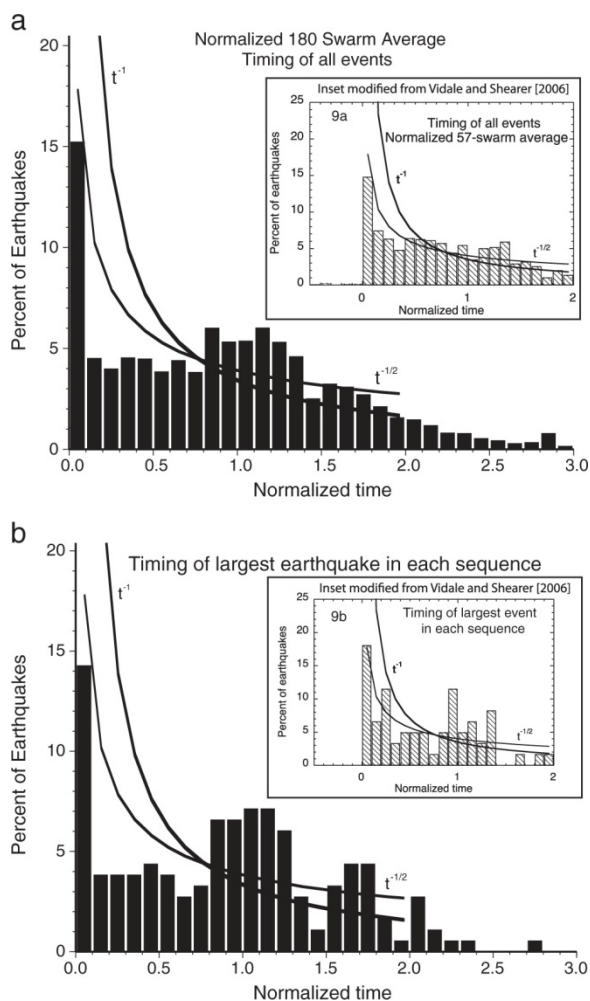
Στη συνέχεια ταξινόμησαν ποσοτικά και χαρακτήρισαν τον κατάλογο των megathrust σμηνοσεισμών ακολουθώντας την μεθοδολογία των Vidale and Shearer (2006). Το σχήμα 2.4 δείχνει τον αριθμό των γεγονότων σε κάθε σμηνοσεισμό σε σχέση με τον μεγαλύτερο σεισμό σε αυτό το σμήνος των σεισμών. Στο σχήμα αυτό οι ακολουθίες MSAS είναι απλά ένα τυχαίο δείγμα των κύριων σεισμών από κάθε ζώνη καταβύθισης που έχει μελετηθεί. Το σχήμα έχει δυο σημαντικά χαρακτηριστικά.

1. Δεν υπάρχει κάποια τάση μεταξύ των σμηνοσεισμών έτσι ώστε να έχουμε μεγαλύτερο αριθμό γεγονότων με ένα μεγαλύτερο μεγάλο γεγονός, δηλαδή, ο αριθμός των γεγονότων δεν ελέγχεται από το μεγαλύτερο γεγονός (το οποίο αναμένεται και εμφανίζεται τους ακολουθίες MSAS).

2. Σμηνοσεισμοί και ακολουθίες MSAS σχεδιάζονται σε δυο διακριτές, ξεχωριστές περιοχές στο διάγραμμα, που ξεχωρίζει αποτελεσματικά τους ακολουθίες MSAS από τους σμηνοσεισμούς και παρέχει μια ποσοτική μέτρηση του σμήνους των σεισμών.

Για την καλύτερη εξέταση του καταλόγου των megathrust σμηνοσεισμών διερευνούμε τη σχετική χρονική στιγμή των γεγονότων σε σχέση με το σμήνος των σεισμών. Αυτό γίνεται με τη μέθοδο της κανονικοποίησης του χρόνου των Vidale και Shearer (2006), όπου ο χρόνος κάθε γεγονότος σε ένα σμήνος σεισμών κανονικοποιείται έτσι ώστε ο μέσος χρόνος για κάθε γεγονός είναι 1. Το σχετικό χρονοδιάγραμμα των γεγονότων μπορεί να δοθεί με μέσους όρους για όλους τους 180 σμηνοσεισμούς.

Το σχήμα 2.5 δείχνει αυτό το αποτέλεσμα για το χρονοδιάγραμμα όλων των γεγονότων και το χρόνο του μεγαλύτερου γεγονότος στην ακολουθία. Συγκρίνοντας τους κανονικοποιημένους σμηνοσεισμούς με αυτούς των Vidale και Shearer (2006) βγαίνουν εξαιρετικά σταθερά αποτελέσματα μεταξύ των δυο μελετών παρά τις μεγάλες διαφορές στην περιοχή και στην κλίμακα μεταξύ αυτών των μελετών. Και στις δυο περιπτώσεις (καθολική: γύρω από τον Ειρηνικό και τοπική: Νότια Καλιφόρνια), καθορίζονται τρία σταθερά σημεία. Πρώτον η αρχική κορυφή περιέχει ~15% των σεισμών. Σύμφωνα με την ερμηνεία των Vidale και Shearer (2006), αυτή η κορυφή είναι πιθανόν να αποτελείται από τους μετασεισμούς του αρχικού σεισμού, ο οποίος μερικές φορές είναι ένας από τους μεγαλύτερους στην ακολουθία ή ότι ο μεγαλύτερος σεισμός και οι μετασεισμοί του, εμφανίζονται δυσανάλογα νωρίς στην ακολουθία. Δεύτερον υπάρχει ένα σχεδόν σταθερό ποσοστό σεισμών περίπου 5% ανά χρονική περίοδο μετά την αρχική κορυφή που διαρκεί μέχρι το μέσο του χρόνου. Τρίτον, το ποσοστό της σεισμικότητας μειώνεται γρήγορα μετά από ~1.4 κανονικοποιημένου χρόνου, ίσως σύμφωνα με ένα νόμο διάσπασης. Το δεύτερο σημείο είναι μια ιδιαίτερα πειστική απόδειξη ότι ο κατάλογός μας αντιπροσωπεύει σμηνοσεισμούς.



Σχήμα 2.5

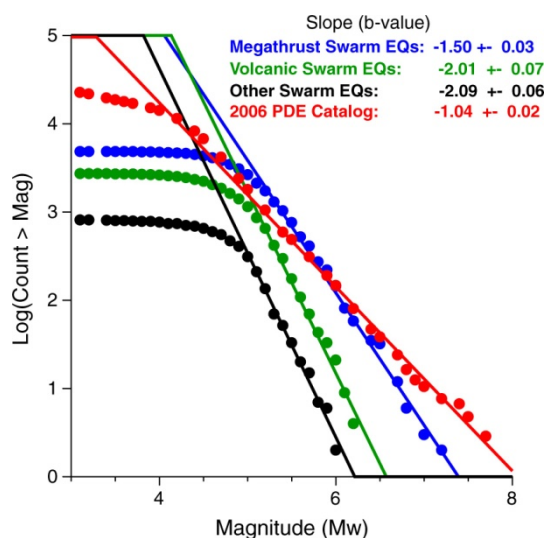
Προσωρινή κατανομή των σεισμών με όλα τα σμήνη σε σχέση με τον κανονικοποιημένο χρόνο σε όλη τη διάρκεια κάθε σμήνους και στη συνέχεια όλα τα σμήνη τοποθετούνται μαζί. Η μέθοδος του κανονικοποιημένου χρόνου δημιουργήθηκε από τους Vidale και Shearer (2006) α) Χρόνος για όλους τους σεισμούς σε κάθε σμήνος. Σχεδιάζονται δυο συναρτήσεις με όμοιο ποσοστό, δείχνοντας ότι αυτοί δεν ταιριάζουν για τα περισσότερα από τα κανονικοποιημένα σμήνη. β) Σχετικός χρόνος του μεγαλύτερου γεγονότος στην ακολουθία. Η ομοιότητα μεταξύ των α και β είναι ότι ο μεγαλύτερος σεισμός δεν είναι ο κυρίαρχος, καθώς δεν έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να συμβεί σε οποιοδήποτε χρόνο, σε σχέση με έναν άλλο σεισμό της ακολουθίας.

(Holtkamp and Brudzinski, 2011)

Το σχήμα 2.5b είναι ίδιο με το 2.5a αλλά μόνο για τον μεγαλύτερο σεισμό σε κάθε ακολουθία. Η ομοιότητα μεταξύ των δύο εικόνων είναι μια επιπλέον απόδειξη για τους σημαντικούς σεισμούς επειδή ο μεγαλύτερος σεισμός δεν διαφέρει από οποιοδήποτε άλλο σεισμό. Το ση-

μείο (3) υποδηλώνει ότι η συμπεριφορά του σμηνοσεισμού μπορεί να σταματήσει κατά μέσο όρο μετά από 1.4 κανονικοποιημένου χρόνου στην ακολουθία.

Αν το ποσοστό της σεισμικότητας στη συνέχεια διασπάται με έναν όμορου τύπου νόμο, το τέλος των ακολουθιών θα εξηγείται καλύτερα ως μετασεισμικές δονήσεις των σεισμών στην ακολουθία. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ελαφρώς υπερεκτιμημένες διάρκειες οι οποίες είναι αρκετά σημαντικές.



Σχήμα 2.6

Σχέση μεγέθους – συχνότητας για σεισμούς μέσα στα σμήνη. Κάθε σεισμός ο οποίος ήταν μέρος ενός σμήνους περιλαμβάνεται στο σχήμα και ξεχωρίζεται ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει. Η παράμετρος b υπολογίζεται από τις ευθείες ελαχίστων τετραγώνων που δείχνουν μια γραμμική σχέση.

Το σχήμα 2.6 δείχνει τη σχέση μεγέθους – συχνότητας για τους ατομικούς σεισμούς στα σμήνη. Παγκοσμίως οι τιμές b (η λογαριθμική – γραμμική κλίση της σχέσης μεγέθους – συχνότητας) είναι περίπου 1. Ολόκληρος ο κατάλογος ISC του 2006 έχει μια τιμή b περίπου 1.04 (σχήμα 2.6). Οι κατάλογοι για σεισμούς μέσα σε σμήνη (megathrust, ηφαιστειογενής και άλλοι ~9000 γεγονότα συνολικά) έχουν υψηλές τιμές b (1.5 έως 2), δείχνοντας ότι τα σμήνη είναι ανεπαρκή σε γεγονότα μεγαλύτερου μεγέθους, σε σύγκριση με άλλους σεισμούς. Αυτό δεν είναι ασυνήθιστο καθώς οι υψηλές τιμές b συχνά τεκμηριώνονται εντός μεμονωμένων σμηνοσεισμών, για παράδειγμα σε ηφαιστειογενείς περιοχές (Lay και Wallace, 1995). Δεν υπολογίζονται τιμές b για το συνολικό μέγεθος των σμηνών επειδή υ-

πάρχουν πολύ λίγοι για να παράγουν ένα αρκετά μεγάλο εύρος μεγέθους πάνω από το οποίο μια σχέση μεγέθους – συχνότητας είναι γραμμική.

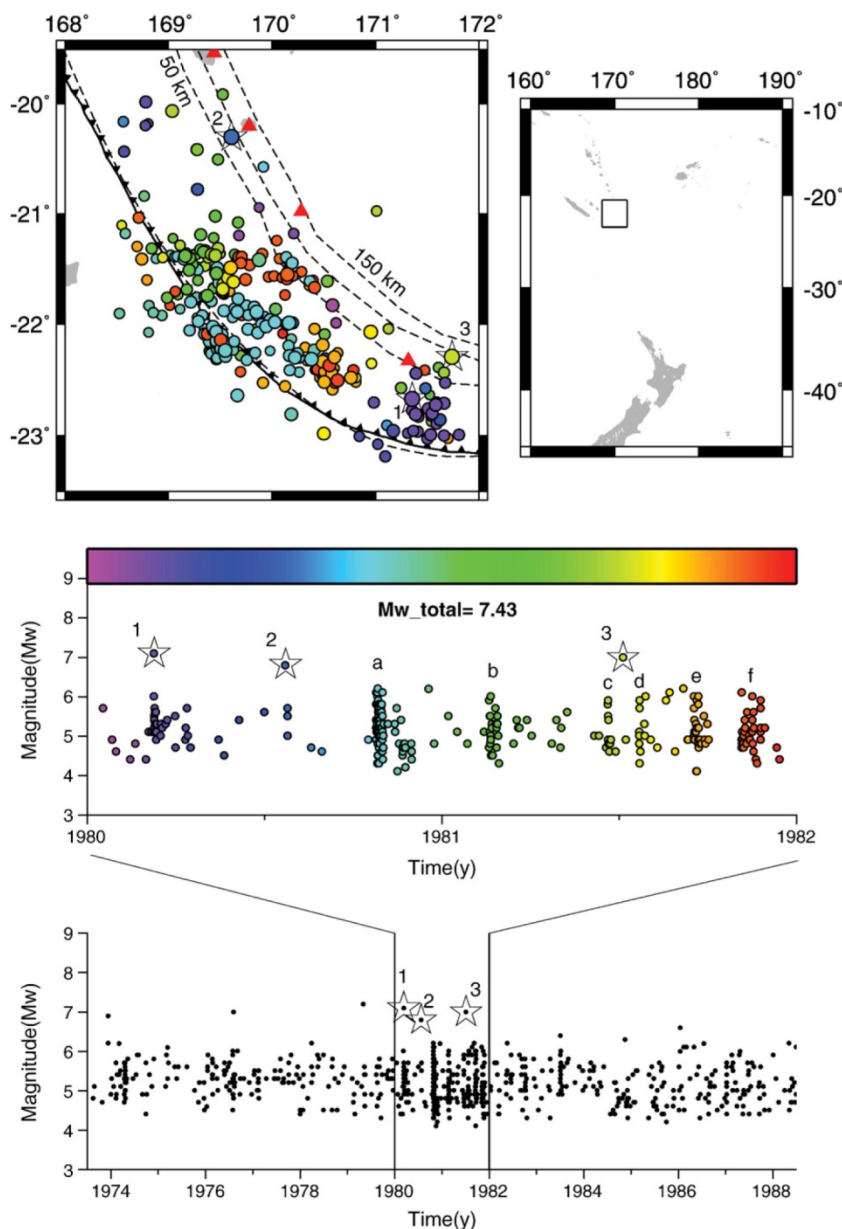
Ενώ σμήνη megathrust υπάρχουν σε κάθε ζώνη καταβύθισης, εμφανίζονται να είναι πιο συχνά στις περιοχές Vanuatu, Tonga, Kamchatka (Kurile), και Alaska (Aleutian), και λιγότερο συχνά στις περιοχές, κεντρική Αμερική, στη μεγαλύτερη περιοχή της νότιας Αμερικής και στη Σουμάτρα. Ωστόσο οι περιοχές που αναφέρονται να έχουν συχνά σμηνόσεισμούς, όλες έχουν χαμηλό υπόβαθρο σεισμικότητας, οπότε είναι δυνατόν να υπάρχει κάποια προ-κατάληψη σε αυτήν την παρατήρηση.

Στη νότια Αμερική υπάρχει μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της θέσης των megathrust σμηνών και των ωκεάνιων κορυφογραμμών καταβύθισης ή των υποθαλάσσιων βουνών (σχήμα 2.3) (Holtkamp et al., 2011). Η σχέση αυτή έχει επίσης προηγουμένως αναγνωριστεί στην Ιαπωνία (Fujinawa et al., 1983), αλλά δεν φαίνεται να συμβαίνει και σε άλλες περιοχές (για παράδειγμα στις περιοχές Vanuatu, Tonga, or Izu-Bonin- Mariana; Supplementary).

Ως εκ τούτου υπάρχουν ορισμένες ζώνες καταβύθισης, ίσως τύπου Marianas και πιο επιρρεπείς στο να αντιμετωπίζουν σμηνόσεισμούς πάνω από ευρύτερα κομμάτια του περιβάλλοντος χώρου, ενώ άλλες ζώνες καταβύθισης απαιτούν έναν εξωτερικό παράγοντα, όπως η καταβύθιση μιας ωκεάνιας κορυφογραμμής για σμηνόσεισμούς που πρόκειται να συμβούν.

Σε ορισμένες ζώνες καταβύθισης, στο Vanuatu για παράδειγμα, σμηνόσεισμοί μπορούν να καλύψουν μεγάλες περιοχές. Το σχήμα 2.7 παρουσιάζει ένα τέτοιο αξιοσημείωτο παράδειγμα. Αυτή η ακολουθία το 1980 ξεκίνησε με $M_w=7.1$ MSAS ακολουθίας κοντά στο νοτιότερο άκρο της περιοχής.

Κατά τα επόμενα δυο χρόνια, μια σειρά από πέντε σμηνόσεισμούς συνέβη βορειοδυτικά καταλαμβάνοντας μια κατά μήκος απόσταση χτυπήματος περίπου 200Km του megathrust. Παρά το γέμισμα αυτού του χώρου των 200 Km, ο μεγαλύτερος σεισμός είχε μέγεθος $M_w=6.2$. Η συνολική σεισμική απελευθέρωση αυτών των σμηνών ήταν $\sim M_w=7.0$.

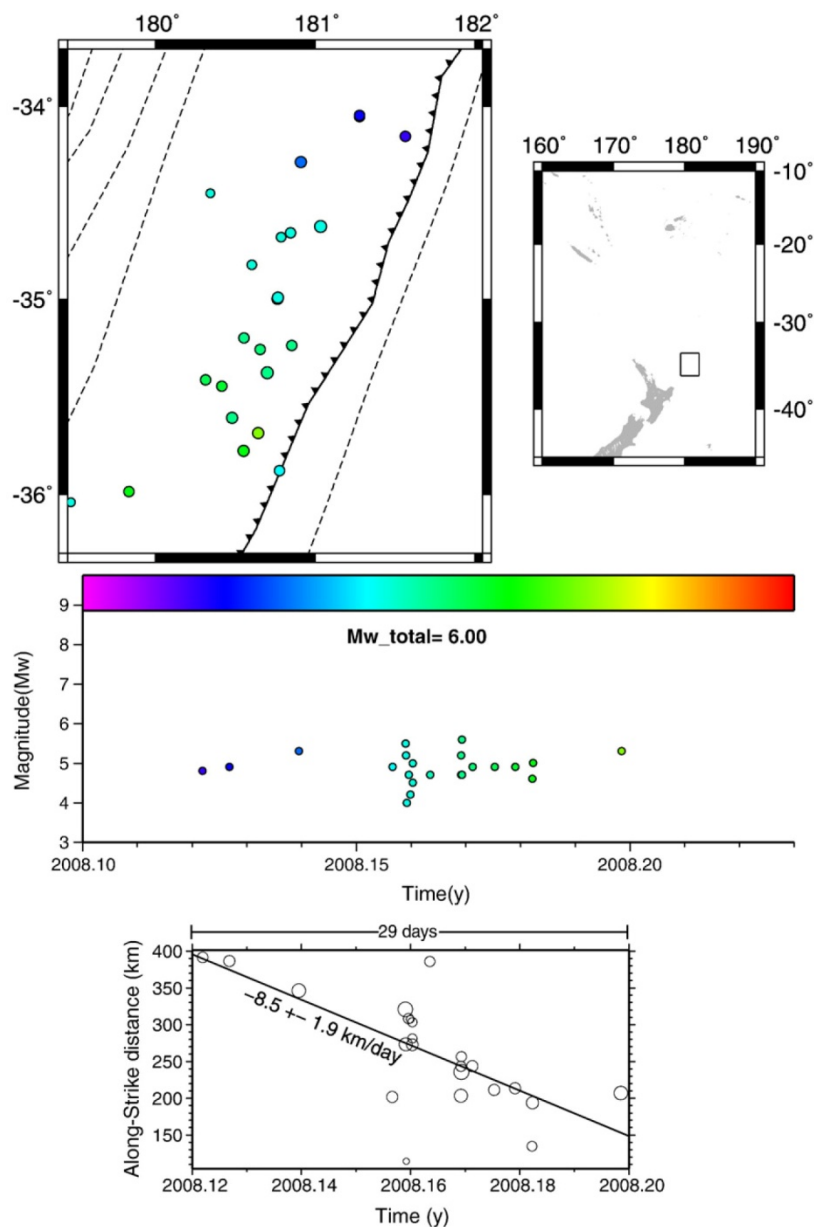


Σχήμα 2.7

Μια καταγραφή των ακολουθιών MSAS και σμηνών σε μια περίοδο μεγαλύτερη των δυο ετών στο Vanuatu. Η ακολουθία MSAS σημειώνεται με αστέρια και έχει τίτλους από 1-3 και των σμηνών έχει τίτλους από a-f. Ο μεγαλύτερος σεισμός είναι στο σημείο south of 21°S and west of 171°E και έχει μέγεθος $M_w=6.2$.

Αρκετά από τα σμήνη megathrust (για παράδειγμα τα σχήματα 2.1 και 2.8 και το σμήνος Coriapo το 2006 στη Χιλή) δείχνουν φαινομενική μετανάστευση των επικέντρων με την πάροδο του χρόνου. Το σχήμα 2.8 δείχνει την παραπάνω μετανάστευση, κατά μήκος της διάδοσης των επικέντρων για το σμήνος Tonga το 2008 και δίνει ταχύτητες διάδοσης του επικέντρου της τάξης του $8.5 \pm 1.9 \text{ km/day}$. Ωστόσο ο κατάλογος PDE, έχει μόνο αρκετή χωρική

ανάλυση για να δείξει διάδοση ή επέκταση των επικέντρων για τα μεγαλύτερα και τα ευρύτερα σμήνη, έτσι η δυναμική μετανάστευση των σμηνών σε μικρότερες κλίμακες δεν μπορούν εύκολα να προσδιοριστούν με την παραπάνω μελέτη.



Σχήμα 2.8

Παράδειγμα ενός σμήνους με διασκορπισμό επικέντρων. Ο χάρτης της σεισμικότητας εμφανίζεται στο μεσαίο σχήμα και σχετίζεται με τους σμηνοσεισμούς του 2008 στην Tonga/New Zealand. Φαίνεται το μέγεθος των σεισμών σε συνάρτηση με το χρόνο για ~7 εβδομάδες γύρω από το σμήνος. Στο κάτω σχήμα φαίνεται ο κατά μήκος διασκορπισμός των επικέντρων.

(Holtkamp and Brudzinski, 2011)

3. Μελέτη (περιοχή – δεδομένα)

3.1 ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ενεργός τεκτονική του ελληνικού χώρου και των γύρω περιοχών επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τις κινήσεις πλακών μικρότερων διαστάσεων (μικροπλακών) όπως είναι η πλάκα της Ανατολίας, η πλάκα του Αιγαίου και η Απούλια (Αδριατική πλάκα) και σε μικρότερο ποσοστό από τις κινήσεις μεγάλων λιθοσφαιρικών πλακών όπως είναι η Ευρασιατική, η Αφρικανική και η Αραβική. Στο νότιο όριο της λιθόσφαιρας του Αιγαίου πραγματοποιείται σύγκλιση μεταξύ της Ευρασιατικής και της Αφρικανικής πλάκας κατά τη διεύθυνση βορρά – νότου με μικρή ταχύτητα σύγκλισης, ενώ η κίνηση της λιθόσφαιρας του Αιγαίου σε σχέση με την Αφρικανική λιθόσφαιρα πραγματοποιείται με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα κατά τη νοτιοδυτική κατεύθυνση (Papazachos C., 1999). Η Αραβική πλάκα κινείται κατά τη βόρεια – βορειοανατολική κατεύθυνση σπρώχνοντας την Ανατόλια προς τα δυτικά (Oral et al., 1995). Όσο αναφορά τις κινήσεις των μικροπλακών, αυτές έχουν ως εξής. Η πλάκα της Ανατολίας περιστρέφεται αριστερόστροφα με αποτέλεσμα αυτή η προς τα δυτικά κίνησή της να δημιουργεί εφελκυστικό πεδίο τάσεων πράγμα το οποίο οφείλεται στη γρήγορη γραμμική κίνηση που πραγματοποιεί η πλάκα του Αιγαίου προς τα νοτιοανατολικά (Papazachos C., 1999). Έτσι η λιθόσφαιρα του Αιγαίου απομακρύνεται από την Ανατόλια προς την Ελληνική Τάφρο με συνέπεια τη δημιουργία μεταβατικής ζώνης στο δυτικό όριο της Ανατολίας.

Το νότιο όριο της λιθόσφαιρας του Αιγαίου ορίζεται από μικρής κλίσης ανάστροφα ρήγματα των επιφανειακών σεισμών οι οποίοι έχουν τις εστίες τους κατά μήκος της Ελληνικής Τάφρου.

Το βορειοδυτικότατο όριο της λιθοσφαιρικής πλάκας του Αιγαίου ορίζεται από το ρήγμα μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς (Scordilis et al., 1985, Papazachos et al., 1994).

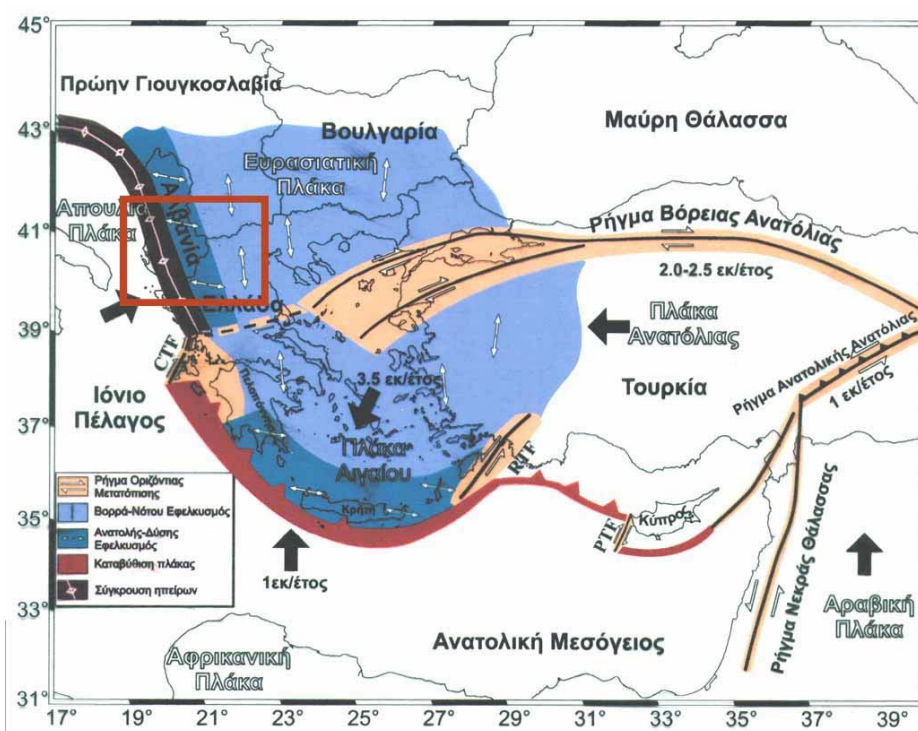
Το βόρειο όριο της πλάκας του Αιγαίου ορίζεται από τη ζώνη δεξιόστροφης οριζόντιας ολίσθησης η οποία αρχίζει από το δυτικό μέρος του ρήγματος της βόρειας Ανατολίας ακολουθεί τη λεκάνη του βόρειου Αιγαίου διασχίζει την κεντρική Ελλάδα και καταλήγει στον Αμβρακικό κόλπο που αποτελεί τριπλό σημείο των λιθοσφαιρικών πλακών της Ευρασίας του Αιγαίου και της Απουλίας (King et al., 1993).

Όσο αναφορά το ανατολικό μέρος της πλάκας του Αιγαίου, αυτό αποτελείται από μια μεταβατική ζώνη με κανονικά ρήγματα που έχουν παράταξη ανατολής – δύσης.

Τέλος, η Απουλία μικροπλάκα θεωρείται ως προέκταση (σφήνα) της Αφρικανικής πλάκας στην περιοχή μεταξύ της Ιταλίας και της πρώην Γιουγκοσλαβίας – Αλβανίας – δυτικής κεντρικής Ελλάδας. Η Απουλία περιστρέφεται αριστερόστροφα με αποτέλεσμα να συγκλίνει με την Ευρασιατική κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Αδριατικής και του βόρειου Ιονίου πελάγους και να γεννιούνται σεισμοί πάνω σε ανάστροφα ρήγματα (Ritsema, 1974; McKenzie, 1972).

Η περιοχή μελέτης αυτής της εργασίας εκτείνεται στα σύνορα ΒΔ της Ελλάδος με την νότια Αλβανία και μέρος της πρώην Γιουγκοσλαβίας. Η σεισμικότητα της Ελλάδας κατανέμεται σε δύο ευρείες ζώνες οι οποίες συναντιούνται στα Ιόνια νησιά. Η πρώτη ζώνη ακολουθεί τη δυτική και νότια παράκτια περιοχή (Αλβανία – δυτική Ελλάδα – Ιόνια νησιά – νότια της Πελοποννήσου – Κρήτη – Ρόδος) και είναι αυτή που επηρεάζει κατά κύριο λόγο τη περιοχή μελέτης και η δεύτερη έχει βορειανατολική νοτιοδυτική διεύθυνση (βόρεια Ανατολία – βόρειο Αιγαίο – κεντρική Ελλάδα – Ιόνια νησιά). Έτσι δικαιολογείται η υψηλή σεισμική δραστηριότητα στη περιοχή του Ιονίου (Λευκάδα, Κεφαλονιά, Ζάκυνθος).

Η περιοχή του Ιονίου, η ζώνη του ρήγματος της Κεφαλονιάς και το βορειοδυτικό μέρος του Δυτικού Ελληνικού Τόξου, είναι η πιο δραστήρια σεισμογενής περιοχή της Ελλάδας.



Σχήμα 3.1

Χάρτης της Ελλάδας και της ευρύτερης περιοχής της με απεικόνιση των κύριων ενεργών ορίων. Το πορτοκαλί τετράγωνο απεικονίζει την περιοχή μελέτης (<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg871y/ch5.htm>).

Βασικό στοιχείο του Ιονίου είναι η ύπαρξη του δεξιόστροφου ρήγματος μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς. Αποτελεί το βορειοδυτικό τμήμα του Ελληνικού τόξου. Μέσω αυτού η βορειοδυτική Ελλάδα κινείται σε σχέση με το Αιγαίο και την Πελοπόννησο.

Οι συμπίεστικές τάσεις που ασκούν η Απούλια, η Αφρικανική και η Ευρασιατική πλάκα στη λιθόσφαιρα του Αιγαίου καθώς και οι εφελκυστικές τάσεις που ασκούνται στη κάτω επιφάνεια της λιθόσφαιρας συμβάλουν στη διαμόρφωση της τεκτονικής της περιοχής μελέτης. Οι σημαντικότερες σεισμοτεκτονικές ζώνες στην περιοχή μελέτης αναφέρονται παρακάτω.

Η ζώνη ανάστροφων ρηγμάτων κατά μήκος των ακτών της Αλβανίας και της βορειοδυτικής Ελλάδας.

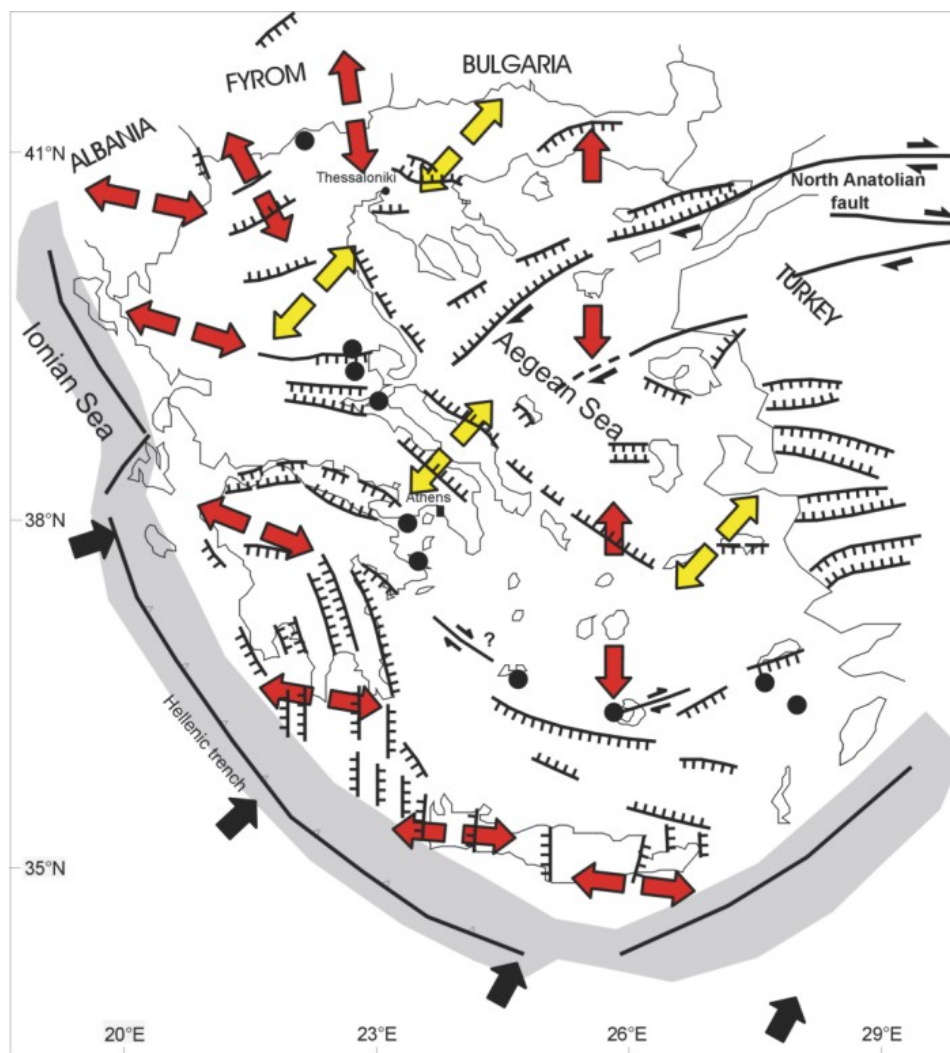
Η ζώνη αυτή ακολουθεί τις ακτές της Αλβανίας και της βορειοδυτικής Ελλάδας. Η περιοχή αυτή δεσπόζεται από ανάστροφα ρήγματα τα οποία έχουν παράταξη παράλληλη προς τις ακτές και οφείλονται σε οριζόντιες συμπίεστικές δυνάμεις κάθετες προς τις ακτές. Οι δυνάμεις αυτές προκαλούνται από τη σύγκλιση μεταξύ της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας και της Απούλιας (Αδριατικής) μικροπλάκας λόγω περιστροφής της τελευταίας κατά φορά αντίθετη της φοράς περιστροφής των δεικτών του ρολογιού.

Η ζώνη κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης Βορρά – Νότου κατά μήκος της σειράς των Ελληνίδων.

Αυτή η σεισμοτεκτονική ζώνη περιλαμβάνει δύο ομάδες ρηγμάτων, ακολουθεί την οροσειρά των Ελληνίδων και δεσπόζεται από οριζόντιες εφελκυστικές τάσεις που ασκούνται κατά τη διεύθυνση ανατολής – δύσης και από κανονικά ρήγματα που έχουν παράταξη βορρά – νότου. Η ζώνη αυτή χωρίζεται σε δύο τμήματα αφού διακόπτεται στη κεντρική Ελλάδα. αναγνωρίστηκε για πρώτη φορά με τη χρήση λύσεων μηχανισμών γένεσης ισχυρών σεισμών (Papazachos et al. 1994) και μικροσεισμών (Kiritzi et al. 1987).

Η ζώνη αυτή συνδέεται άμεσα με το συμπίεστικό πεδίο που βρίσκεται δυτικά της, τόσο στο βόρειο τμήμα της (Αλβανίδες – Πίνδος) όσο και στο νότιο τμήμα της (Κύθηρα – Κρήτη – Κάρπαθος). Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται η ζώνη αυτή στη κεντρική Ελλάδα γιατί δυτικά της κεντρικής Ελλάδας δεν υφίσταται συμπίεστικό πεδίο αλλά πεδίο ρηγμάτων διεύθυνσης.

Το εφελκυστικό πεδίο κατά μήκος των Ελληνίδων συνδέεται με την ορογενετική διαδικασία που πραγματοποιείται στη περιοχή αυτή.



Σχήμα 3.2

Κύρια χαρακτηριστικά της ενεργού τεκτονικής του Ελληνικού τόξου και του ευρύτερου Αιγαιακού χώρου. Τα μαύρα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση κίνησης της Αφρικάνικης πλάκας σε σχέση με την Ευρασιατική και τη διεύθυνση των συμπιεστικών τάσεων.

Τα κίτρινα βέλη δείχνουν τις εφελκυστικές τάσεις κατά το Μειόκαινο – Πλειόκαινο και τα κόκκινα δείχνουν τη διεύθυνση του ενεργού εφελκυσμού.

Οι εφελκυστικές τάσεις έχουν διεύθυνση ΒΒΑ – ΒΒΔ. Ανατολικά συναντάμε επωθήσεις ενώ δυτικά εφφιπεύσεις.

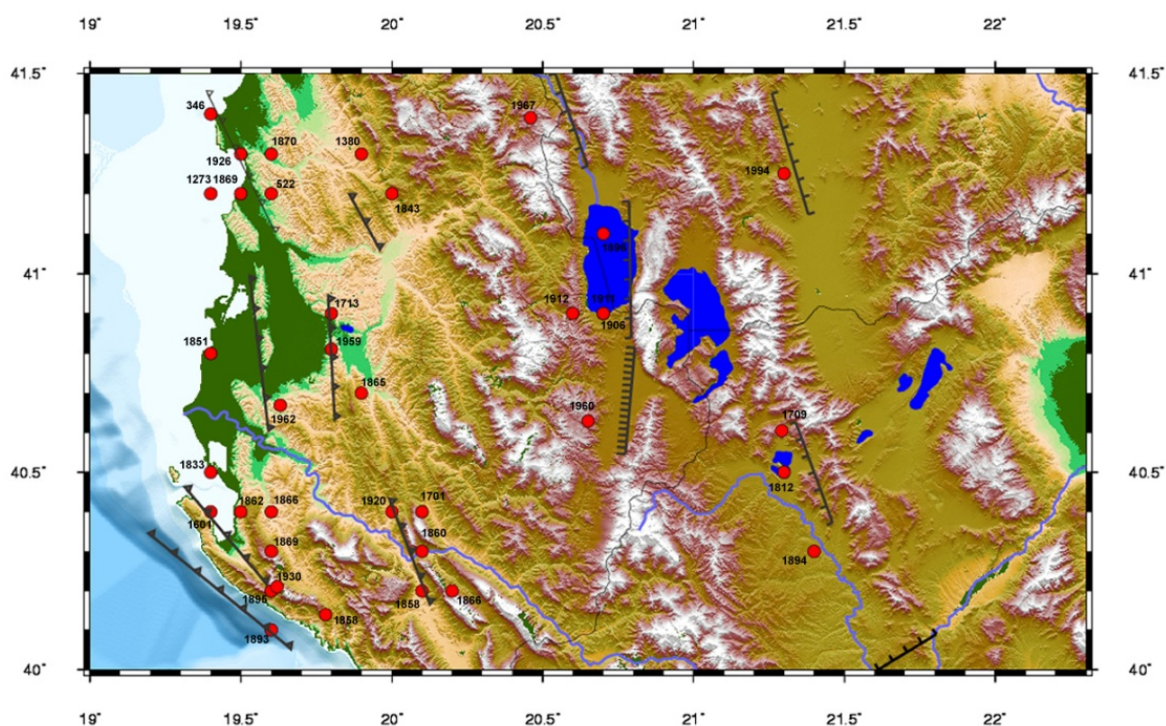
(<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg871y/ch5.htm>).

3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μελέτη σμηνοσεισμών στα βορειοδυτικά σύνορα της Ελλάδας. Η μελέτη γίνεται για τη χρονική περίοδο 2008-2010. Οι χάρτες έγιναν με το πρόγραμμα GMT και τα δεδομένα επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα EXCEL.

Η μελέτη περιλαμβάνει διαγράμματα χωροχρονικής κατανομής, πληρότητας, γεωγραφικής κατανομής, σμηνοσεισμών (clusters), στατιστικές μελέτες και χάρτες για όλα τα έτη μαζί αλλά και για κάθε έτος ξεχωριστά.

Τα διαγράμματα και οι κατανομές έγιναν για όλη τη χρονική περίοδο της μελέτης, με το πρόγραμμα EXCEL



Σχήμα 3.3

Χάρτης της περιοχής μελέτης. Φαίνονται χαρακτηριστικά τα ρήγματα και οι πιο ισχυροί ιστορικοί επιφανειακοί σεισμοί.

Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που αφορούν τη περιοχή μελέτης για την περίοδο 2008-2010 και καταγράφηκαν από το σεισμολογικό σταθμό του Α.Π.Θ.

Ο κατάλογος των σεισμών που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία παρατίθεται στο τέλος της εργασίας.

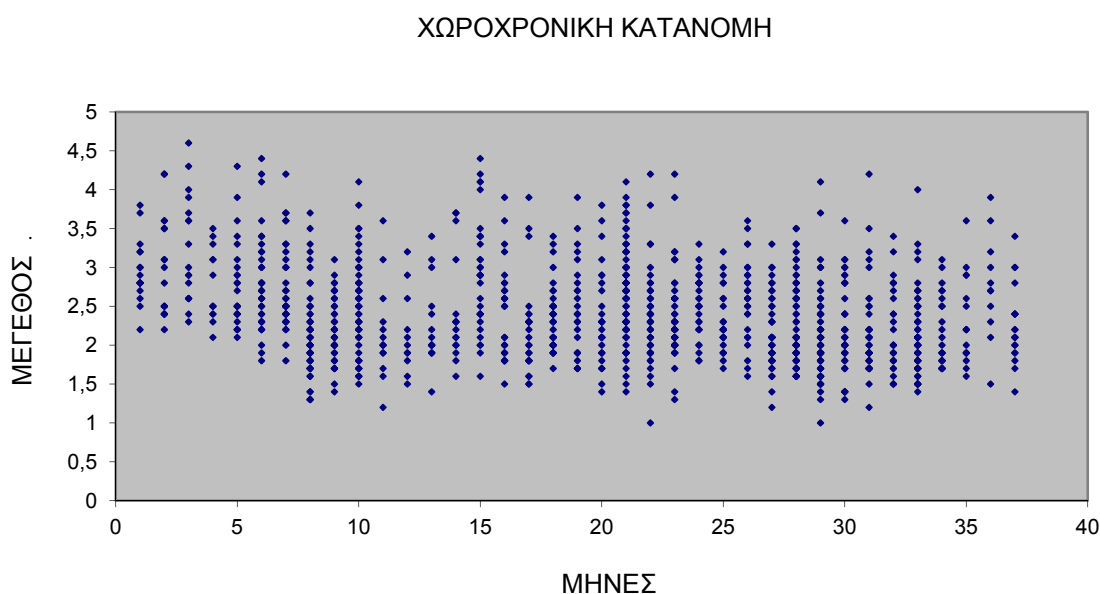
3.3 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η χωρική κατανομή των σεισμικών εστιών καθορίζεται από το παγκόσμιο σύστημα ζωνών διάρρηξης, όπου παρατηρούνται και άλλα γεωδυναμικά φαινόμενα (ηφαιστειακή δράση, ορογένεση, κλπ.). Οι ιδιότητες του συστήματος αυτού, μεταξύ των οποίων είναι η χωρική κατανομή των σεισμών, ερμηνεύονται με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών. Έτσι οι σεισμοί παρουσιάζουν και χρονική κατανομή. Η θεωρία του χάους, που έχει πρόσφατα αναπτυχθεί, δίνει ικανοποιητική ερμηνεία τόσο στη χωροχρονική κατανομή των σεισμών όσο και στη φυσική διαδικασία γένεσής τους στο σεισμογόνο ρήγμα.

Για την περιοχή της μελέτης μας

- Για την περίοδο από τον Ιανουάριο του 2008 μέχρι και τον Δεκέμβριο του 2010 η παρακάτω χωροχρονική κατανομή των σεισμών δείχνει την καταγραφή των μεγεθών των σεισμών σε αυτό το χρονικό διάστημα. Οι μέγιστες τιμές των μεγεθών επαναλαμβάνονται με κάποια μικρή περιοδικότητα.

Στο σχήμα 3.4 παρατηρούμε ότι το πλήθος των σεισμών είναι μεγαλύτερο στα μικρά και μεσαία μεγέθη.



Σχήμα 3.4

Κατανομή των σεισμών για τη χρονική περίοδο της μελέτης μας σε σχέση με το μέγεθός τους. Στο διάγραμμα φαίνεται το πλήθος των σεισμών σε ολόκληρη τη χρονική περίοδο. Παρατηρούμε ότι πλήθος των σεισμών είναι μεγαλύτερο στα μικρά και μεσαία μεγέθη.

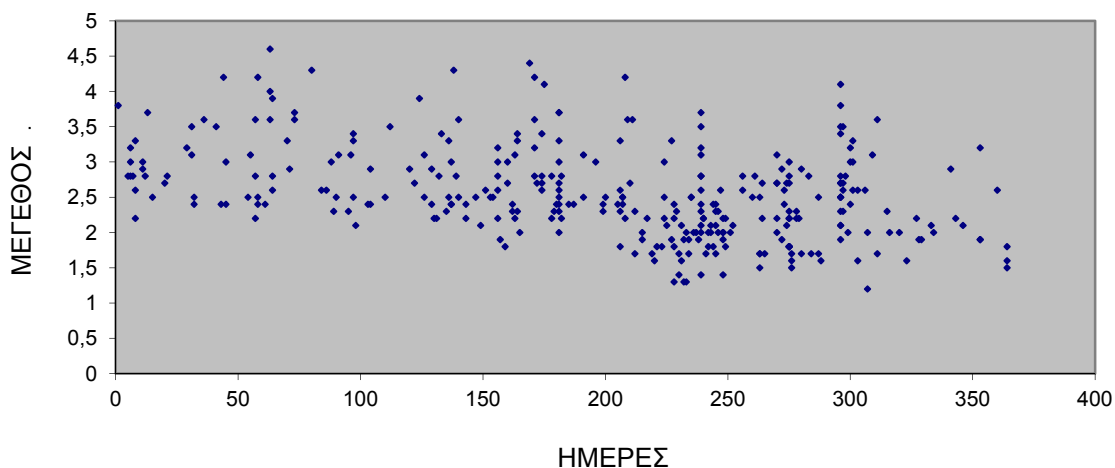
- Όταν κάνουμε τα διαγράμματα σε μικρότερη χρονική κλίμακα, ξεχωριστά για τα έτη 2008, 2009 και 2010 φαίνεται μια μεγαλύτερη διάχυση των μεγεθών και μια συγκέντρωση στα μεγέθη από 2 έως 3. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στα σχήματα 3.5, 3.6 και 3.7.

Στο σχήμα 3.5 όπου γίνεται η κατανομή των σεισμών σε σχέση με το μέγεθός τους, για το έτος 2008 στην περιοχή μελέτης μας, παρατηρούμε ότι τα μεγέθη πάνω από 4 παρουσιάζουν μείωση στην εξέλιξη των σεισμών στη διάρκεια του χρόνου.

Στο σχήμα 3.6 όπου γίνεται η κατανομή των σεισμών για το έτος 2009 στην περιοχή μελέτης μας, σε σχέση με το μέγεθός τους, παρατηρούμε ότι τα μεγέθη που είναι μεγαλύτερα από 4 παρουσιάζουν σταθερότητα στην εξέλιξη των σεισμών στη διάρκεια του χρόνου.

Στο σχήμα 3.7 όπου αποτυπώνεται η κατανομή των σεισμών σε σχέση με το μέγεθός τους για το έτος 2010 παρατηρούμε μια μεγάλη διάχυση σε όλο το εύρος των μεγεθών στη διάρκεια του έτους.

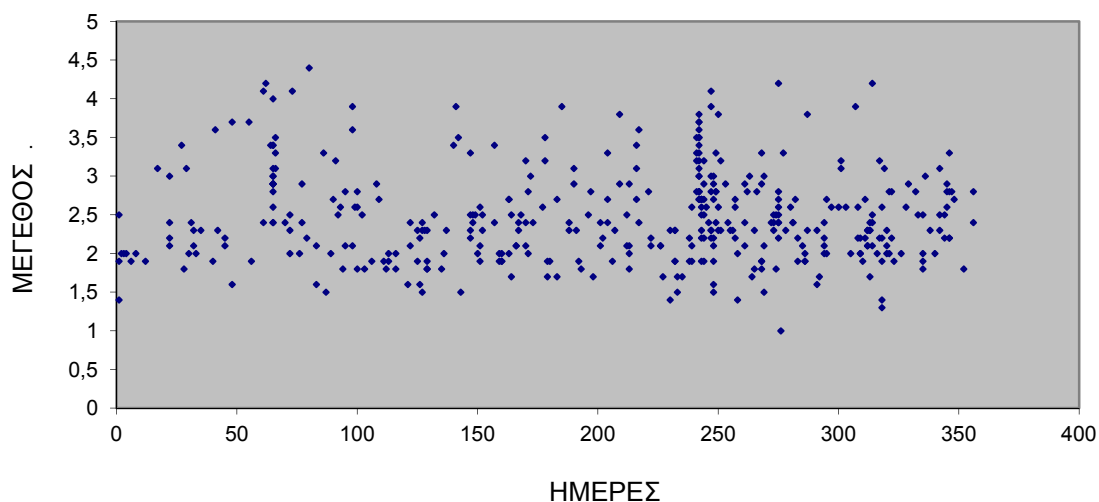
ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ 2008



Σχήμα 3.5

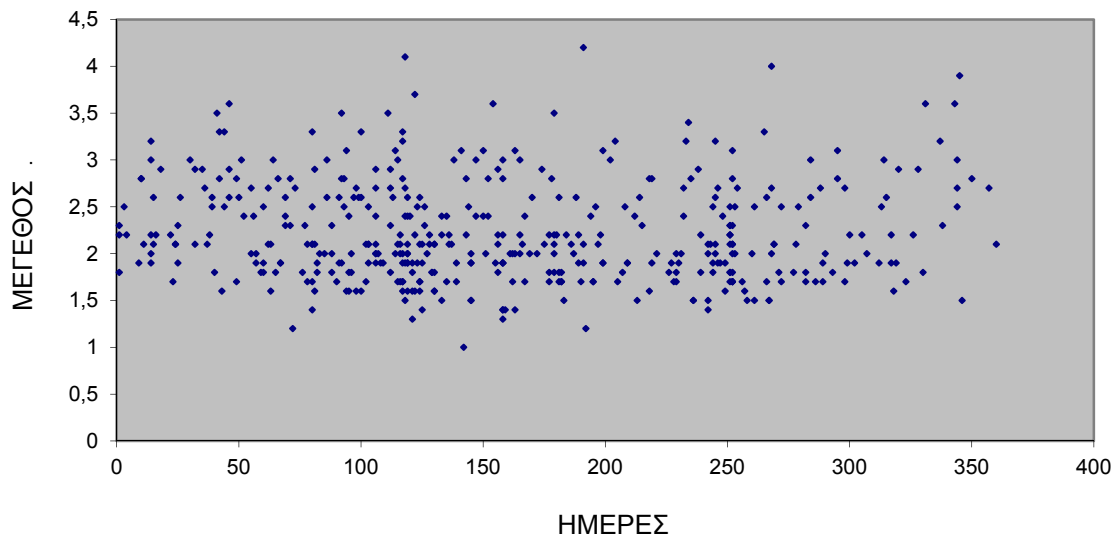
Κατανομή των σεισμών για το έτος 2008 της μελέτης μας σε σχέση με το μέγεθός τους. Τα μεγέθη πάνω από 4 παρουσιάζουν μια μείωση στην εξέλιξη των σεισμών στη διάρκεια του χρόνου.

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ 2009

**Σχήμα 3.6**

Κατανομή των σεισμών για το έτος 2009 της μελέτης μας σε σχέση με το μέγεθός τους. Τα μεγέθη πάνω από 4 παρουσιάζουν σταθερότητα στην εξέλιξη των σεισμών στη διάρκεια του χρόνου.

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ 2010

**Σχήμα 3.7**

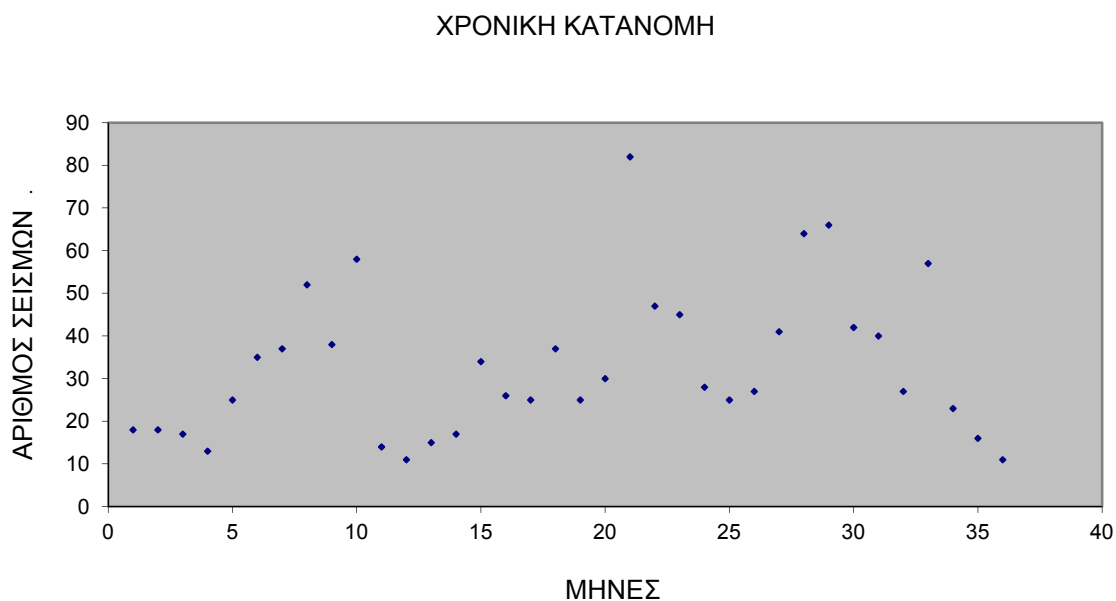
Κατανομή των σεισμών για το έτος 2010 της μελέτης μας σε σχέση με το μέγεθός τους. Παρατηρούμε μια μεγάλη διάχυση σε όλο το εύρος των μεγεθών στη διάρκεια του έτους.

- Στη συνέχεια στα σχήματα 3.8, 3.9, 3.10 και 3.11 αποτυπώθηκε ο αριθμός σεισμών ανά μήνα και ανά δεκαήμερο συνολικά για την περίοδο 2008-2010.

Στο σχήμα 3.8 στο οποίο αποτυπώθηκε το πλήθος σεισμών ανά μήνα παρατηρούμε ότι ανά 10 μήνες ο αριθμός των σεισμών γίνεται μέγιστος και παίρνει τη μέγιστη τιμή του τον ει-κοστό πρώτο μήνα.

Στο σχήμα 3.9 στο οποίο αποτυπώθηκε το πλήθος σεισμών ανά δεκαήμερο, παρατηρούμε ότι στο εξηκοστό δεύτερο και στο ενενηκοστό όγδοο δεκαήμερο έχουμε τον μέγιστο αριθμό σεισμών.

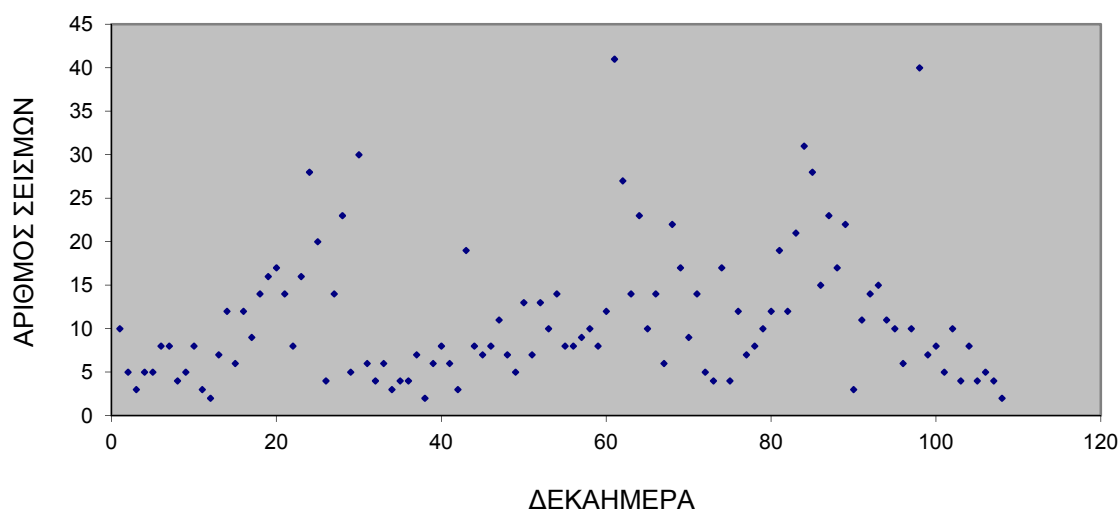
Στα σχήματα 3.10 και 3.11 παίρνουμε τα ίδια αποτελέσματα με τη μορφή ιστογραμμάτων. Εδώ φαίνεται να υπάρχει μια μικρή περιοδικότητα στα μέγιστα μεγέθη (αριθμός σεισμών ανά μήνα), αλλά και στα μεσαία μεγέθη (αριθμός σεισμών ανά δεκαήμερο).



Σχήμα 3.8

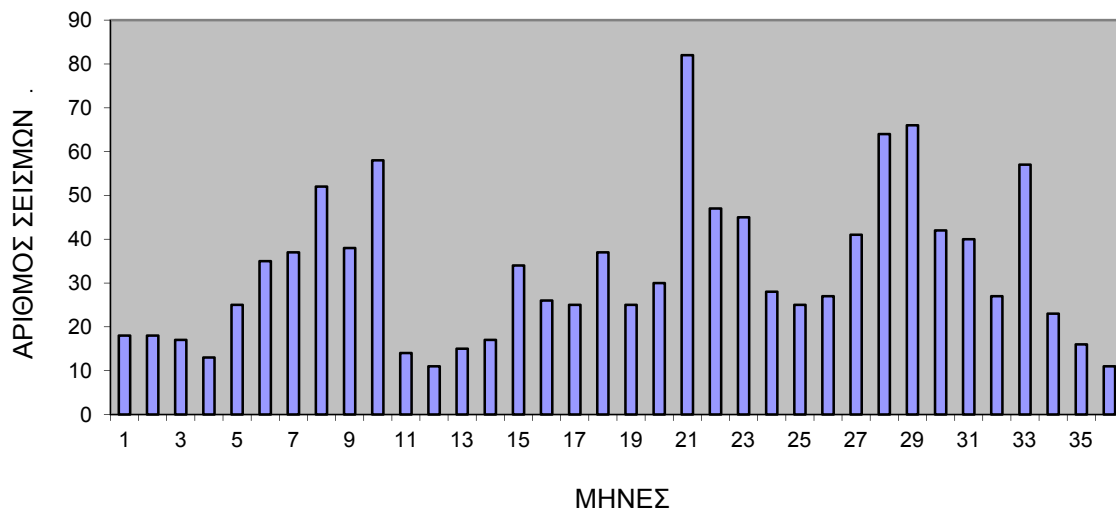
Πλήθος σεισμών ανά χρονική περίοδο (μήνες). Ανά 10 μήνες περίπου ο αριθμός των σεισμών στην περιοχή γίνεται μέγιστος.

ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΔΕΚΑΗΜΕΡΟ

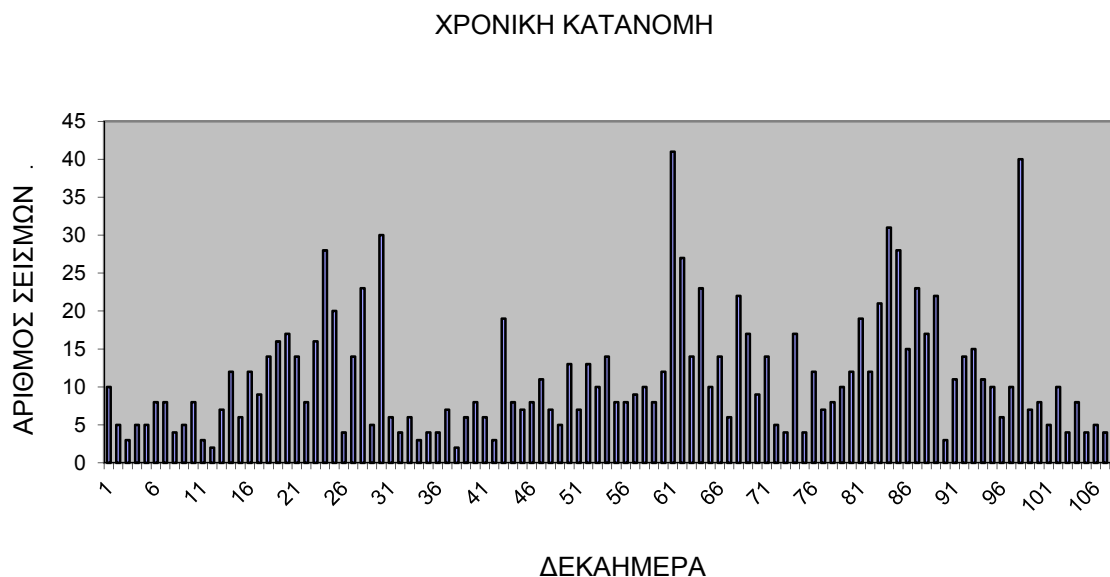
**Σχήμα 3.9**

Πλήθος σεισμών ανά χρονική περίοδο (δεκαήμερα).

ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

**Σχήμα 3.10**

Χρονικό ιστόγραμμα αριθμού σεισμών ανά μήνα. Παρατηρούμε μια μικρή περιοδικότητα στον μέγιστο αριθμό των σεισμών.



Σχήμα 3.11

Χρονικό ιστόγραμμα αριθμού σεισμών ανά δεκαήμερο. Παρατηρούμε μια μικρή περιοδικότητα στον μέγιστο αριθμό των σεισμών και ακόμη μια περιοδικότητα στα μεσαία μεγέθη.

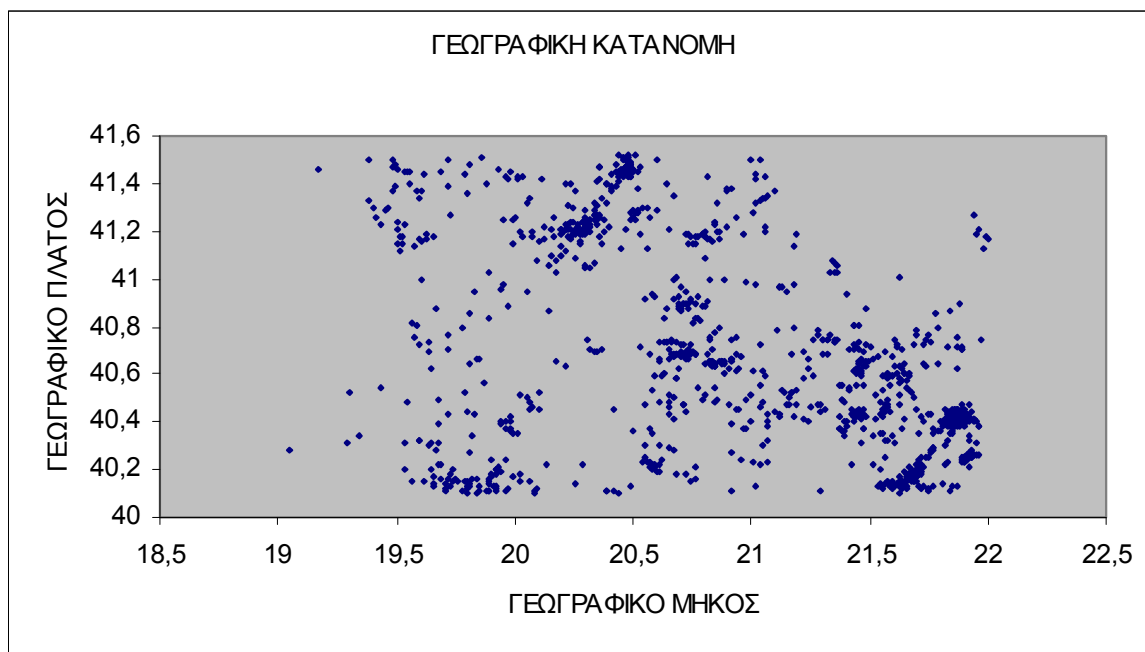
3.4 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα στα οποία αποτυπώνεται η γεωγραφική κατανομή της σεισμικής ακολουθίας, διαγράμματα που αποτυπώνουν το γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος σε συνάρτηση με το χρόνο καθώς και χάρτες της περιοχής μελέτης, για την περίοδο 2008-2010 αλλά και για κάθε έτος μεμονωμένα.

Το πρώτο σχήμα κάθε χρονικής περιόδου δείχνει τις συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος – γεωγραφικό πλάτος) του κάθε epicέντρου της σεισμικής ακολουθίας και αποτελεί μια αποτύπωση του χάρτη μελέτης που παρουσιάζεται παρακάτω.

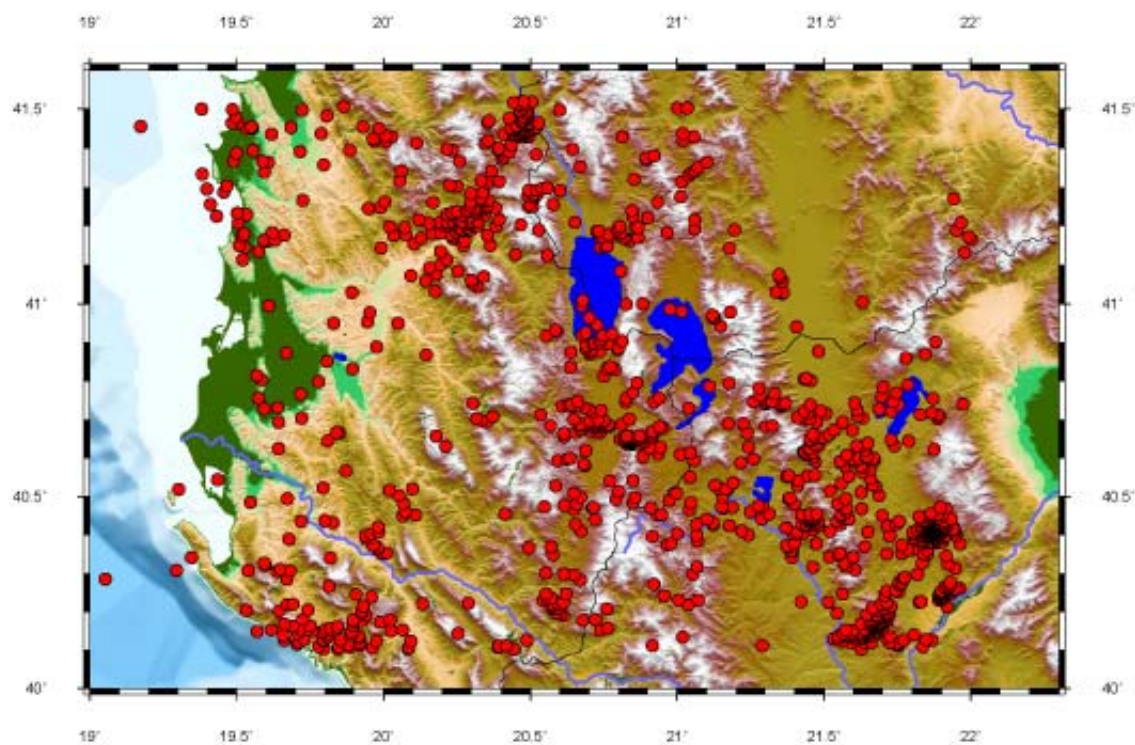
- Επίκεντρα των σεισμών της περιοχής μελέτης για το συνολικό χρονικό διάστημα 2008-2010 (κατανομή από τα προγράμματα excel και gmt). Στο πρώτο διάγραμμα φαίνονται μόνο τα σημεία, ενώ στον χάρτη μπορούμε να δούμε τα επίκεντρα, καθώς και τη μορφολογία του εδάφους.

Στα σχήματα 3.12, 3.13 και στα οποία αποτυπώνονται οι θέσεις των σεισμών μέσω συντεταγμένων στην περιοχή μελέτης μας για το χρονικό διάστημα 2008-2010 γίνονται αντιληπτές οι συγκεντρώσεις των σεισμών σε συγκεκριμένα τμήματα (clusters).



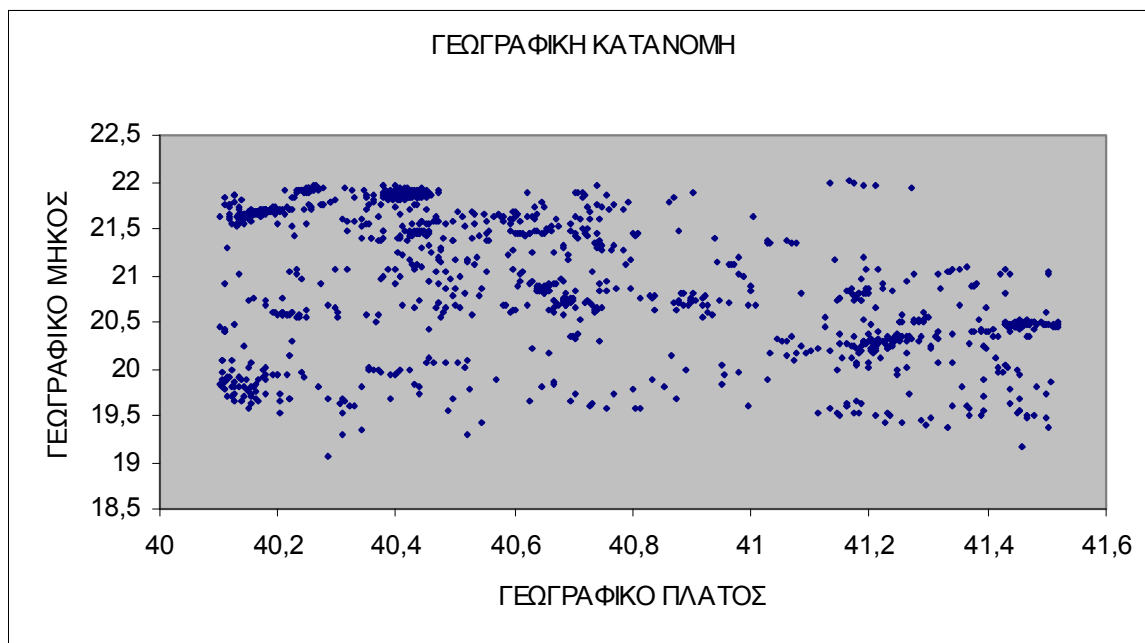
Σχήμα 3.12

Θέσεις (συντεταγμένες) των σεισμών στην περιοχή μελέτης μας για το χρονικό διάστημα 2008 – 2010. Φαίνονται καθαρά οι συγκεντρώσεις των σεισμών σε συγκεκριμένα τμήματα.



Σχήμα 3.13

Χάρτης της περιοχής μελέτης πάνω στον οποίο αποτυπώνεται η σεισμική ακολουθία για το χρονικό διάστημα 2008-2010.



Σχήμα 3.14

Διάγραμμα γεωγραφικού μήκους με γεωγραφικό πλάτος για το διάστημα 2008-2010. Και εδώ μπορούμε να δούμε τις συγκεντρώσεις των σεισμών σε συγκεκριμένα τμήματα.

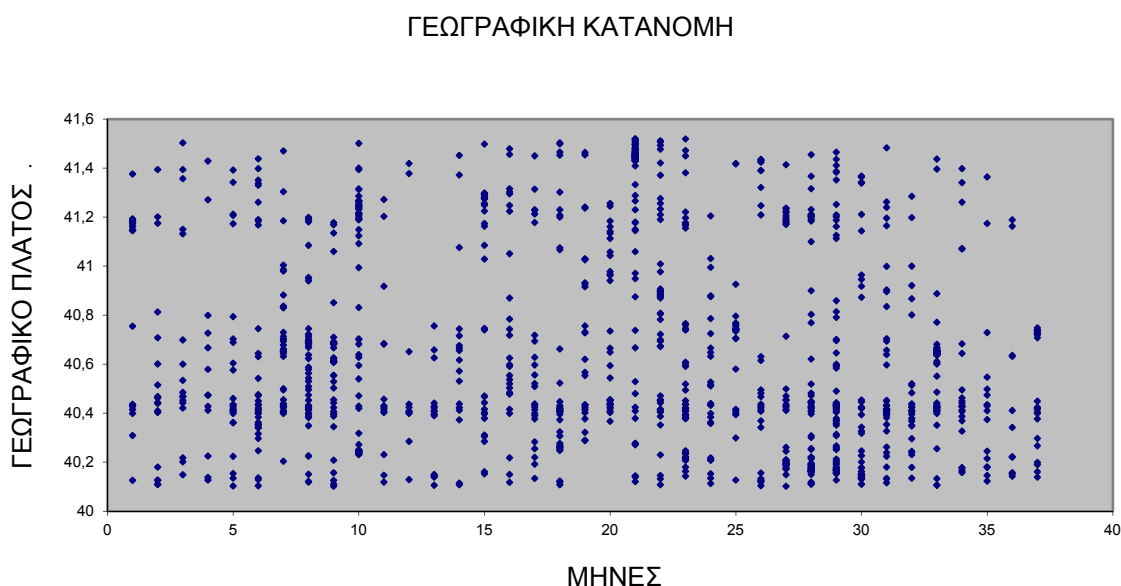
Στα σχήματα 3.15 και 3.16 αποτυπώνεται το γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος των σεισμών ανά μήνα για την περίοδο 2008-2010.

Για παράδειγμα στο σχήμα 3.15 παρατηρούμε ότι στο γεωγραφικό πλάτος 40,4 έχουν ενεργοποιηθεί όλοι οι σεισμοί ενώ σε γεωγραφικό πλάτος 41 έχουν ενεργοποιηθεί πολύ λίγοι.

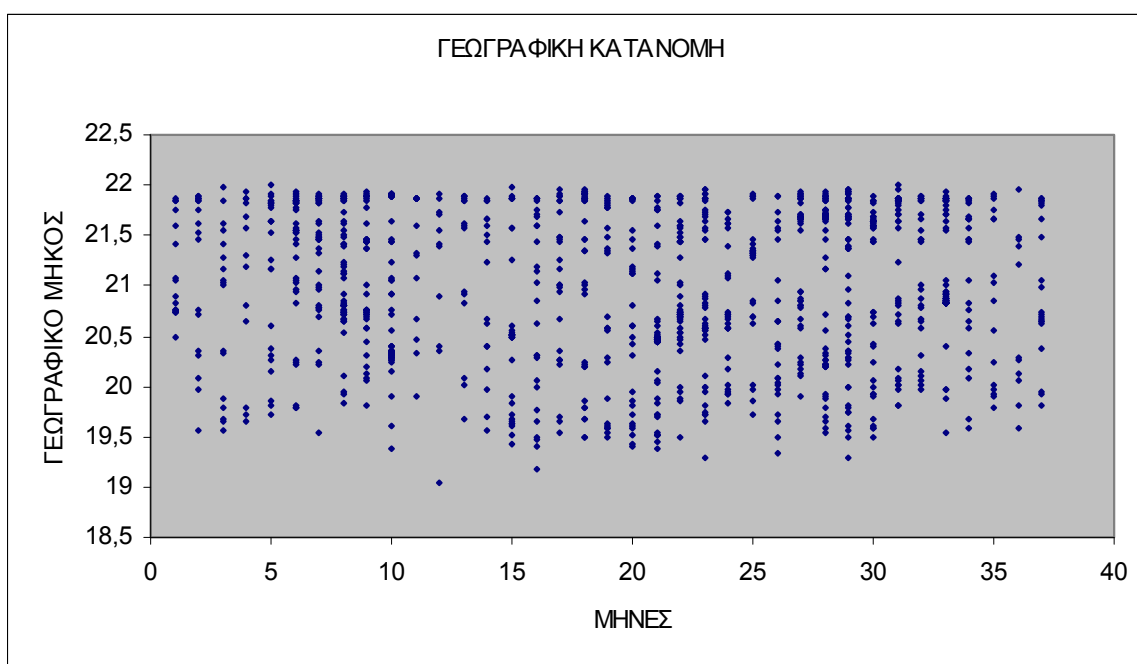
Υπάρχουν ημέρες, όπως η δέκατη, όπου το πλήθος των σεισμών γίνεται μέγιστο, ενώ σε άλλες, όπως η τριακοστή έκτη, το πλήθος των σεισμών γίνεται ελάχιστο.

Ενώ στο σχήμα 3.16 παρατηρούμε μια περιοδική εμφάνιση σεισμών σε συγκεκριμένο γεωγραφικό μήκος, καθώς και μεγάλη συγκέντρωση σεισμών σε συγκεκριμένα γεωγραφικά μήκη. Παρατηρούμε ότι στο γεωγραφικό μήκος 22 έχουν ενεργοποιηθεί όλοι οι σεισμοί ενώ σε γεωγραφικό πλάτος 19,5 έχουν ενεργοποιηθεί πολύ λίγοι.

Υπάρχουν ημέρες, όπως η δέκατη, όπου το πλήθος των σεισμών γίνεται μέγιστο, ενώ σε άλλες, όπως η τριακοστή έκτη, το πλήθος των σεισμών γίνεται ελάχιστο

**Σχήμα 3.15**

Γεωγραφικό πλάτος των σεισμών ανά μήνα για την περίοδο 2008-2010. Υπάρχει μια περιοδική εμφάνιση σεισμών σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος. Επίσης υπάρχουν περιοχές με συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος στις οποίες εμφανίζονται ελάχιστοι σεισμοί.

**Σχήμα 3.16**

Γεωγραφικό μήκος των σεισμών ανά μήνα για την περίοδο 2008-2010. Υπάρχει μια περιοδική εμφάνιση σεισμών σε συγκεκριμένο γεωγραφικό μήκος. Επίσης υπάρχει μια μεγάλη πυκνότητα σεισμών σε συγκεκριμένα γεωγραφικά μήκη.

- Μελέτη επικέντρων των σεισμών (κατανομή τους στον χάρτη) ανά έτος.

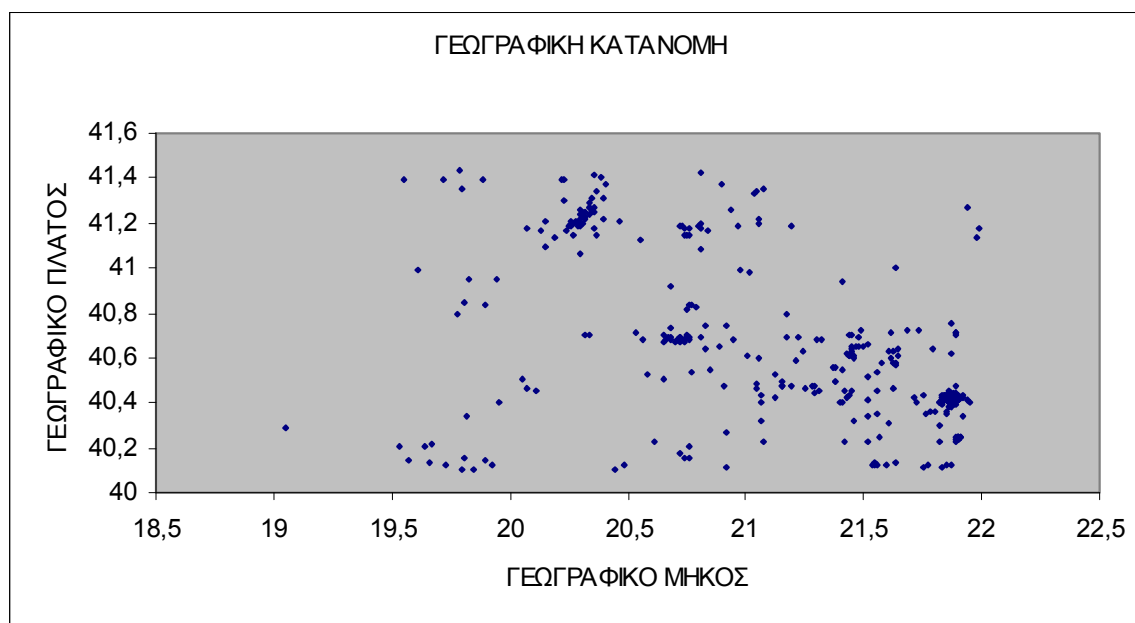
Για το έτος 2008

Στο σχήμα 3.17 φαίνονται οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών στην περιοχή μελέτης μας για το έτος 2008, ενώ στο σχήμα 3.18 αποτυπώνεται η ίδια σεισμική ακολουθία πάνω στο χάρτη της περιοχής μελέτης.

Στο σχήμα 3.19 φαίνονται πάλι οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών, αλλά με αντιμετάθεση των αξόνων γεωγραφικό μήκος - γεωγραφικό πλάτος. Εδώ ξεχωρίζουν καθαρά οι συγκεντρώσεις (clusters) των σεισμών.

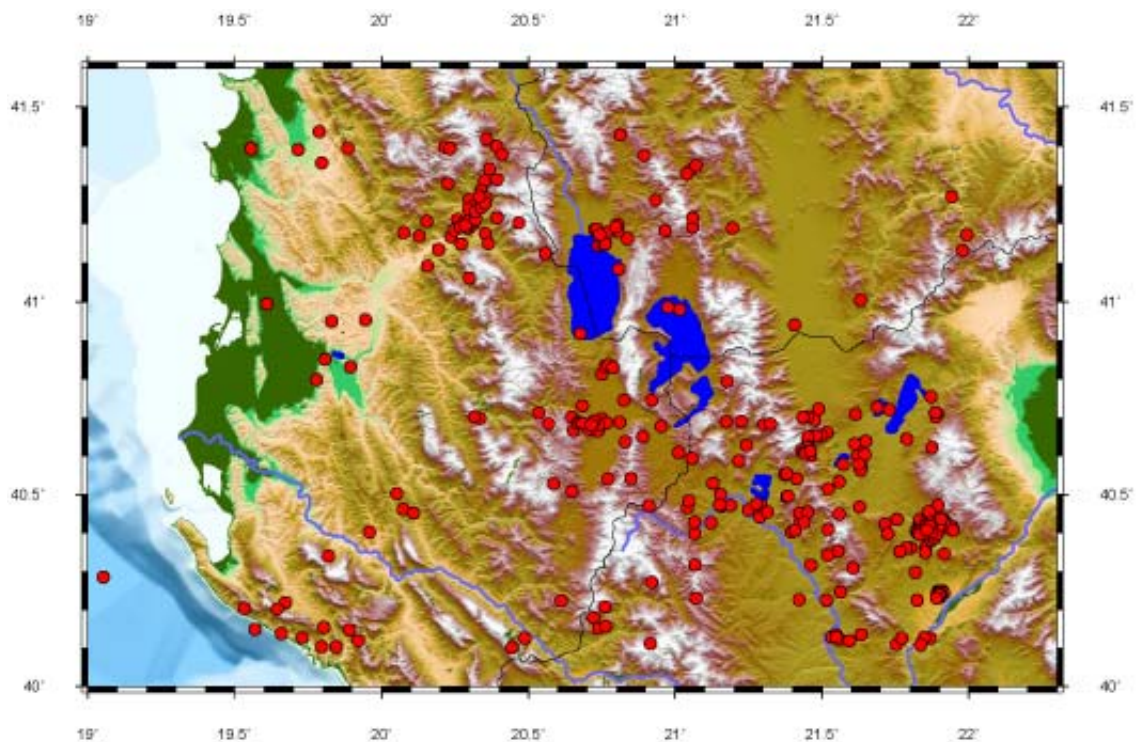
Στο σχήμα 3.20 υπάρχει μια ζώνη, περίπου στο γεωγραφικό πλάτος 41 όπου τα επίκεντρα των σεισμών είναι ελάχιστα.

Στο σχήμα 3.21 υπάρχει μια μεγαλύτερη διάχυση των επικέντρων των σεισμών με το γεωγραφικό μήκος.

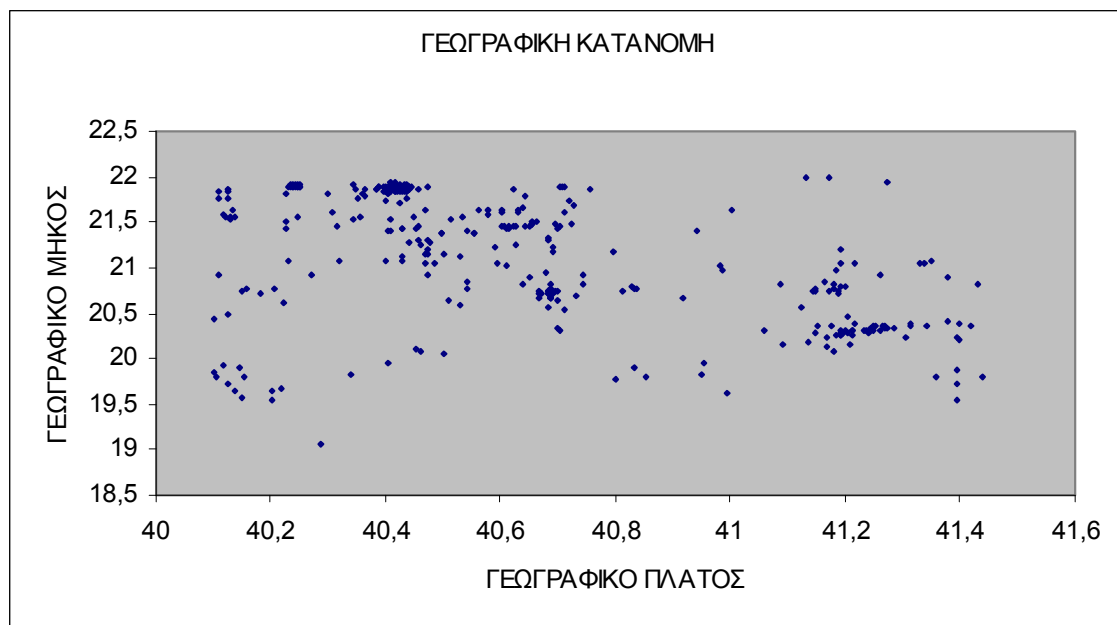


Σχήμα 3.17

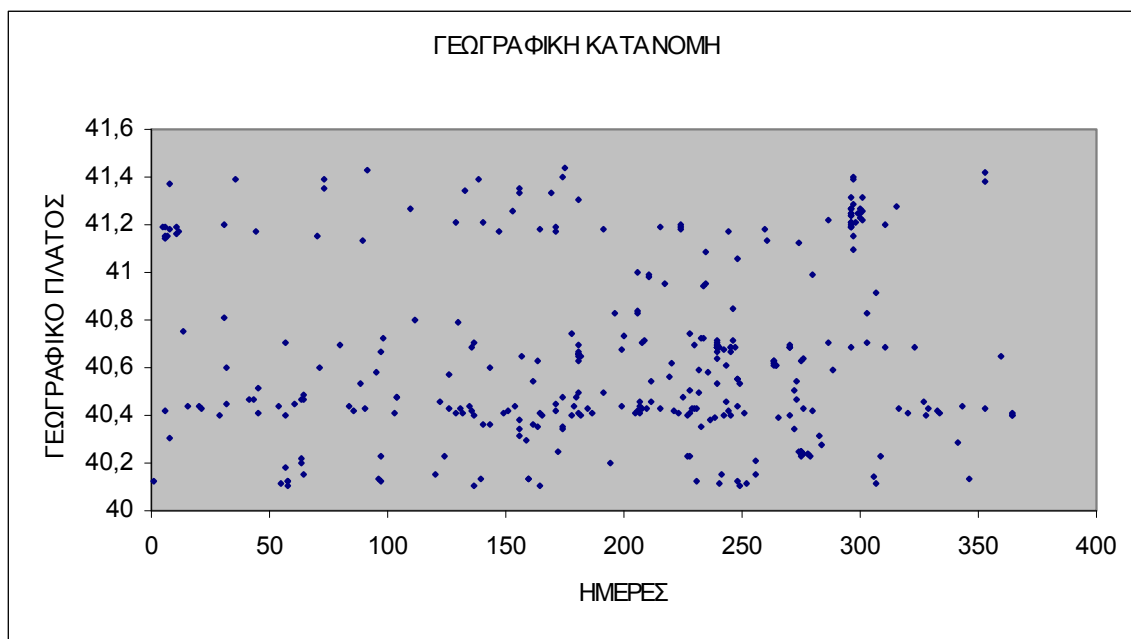
Συντεταγμένες των σεισμών για το 2008. Θέσεις των επικέντρων στην περιοχή της μελέτης μας.

**Σχήμα 3.18**

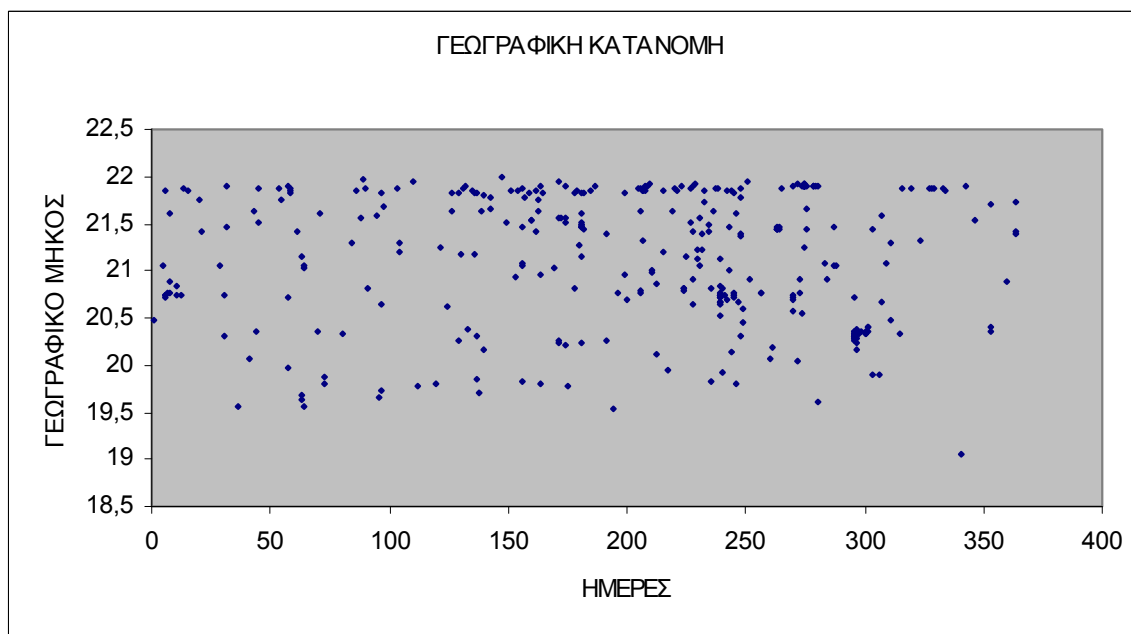
Χάρτης της περιοχής μελέτης πάνω στον οποίο αποτυπώνεται η σεισμική ακολουθία μόνο για το 2008. Φαίνονται οι θέσεις των επικέντρων για το αντίστοιχο έτος.

**Σχήμα 3.19**

Διάγραμμα γεωγραφικού μήκους με γεωγραφικό πλάτος για το 2008. Συντεταγμένες των επικέντρων. Ξεχωρίζουν καθαρά οι συγκεντρώσεις των σεισμών.

**Σχήμα 3.20**

Γεωγραφικό πλάτος των σεισμών ανά ημέρα για το 2008. Υπάρχει μια ζώνη, περίπου στο γεωγραφικό πλάτος 41 όπου τα επίκεντρα των σεισμών είναι ελάχιστα.

**Σχήμα 3.21**

Γεωγραφικό μήκος των σεισμών ανά ημέρα για το 2008. Υπάρχει μια μεγαλύτερη διάχυση των epicenters των σεισμών με το γεωγραφικό μήκος.

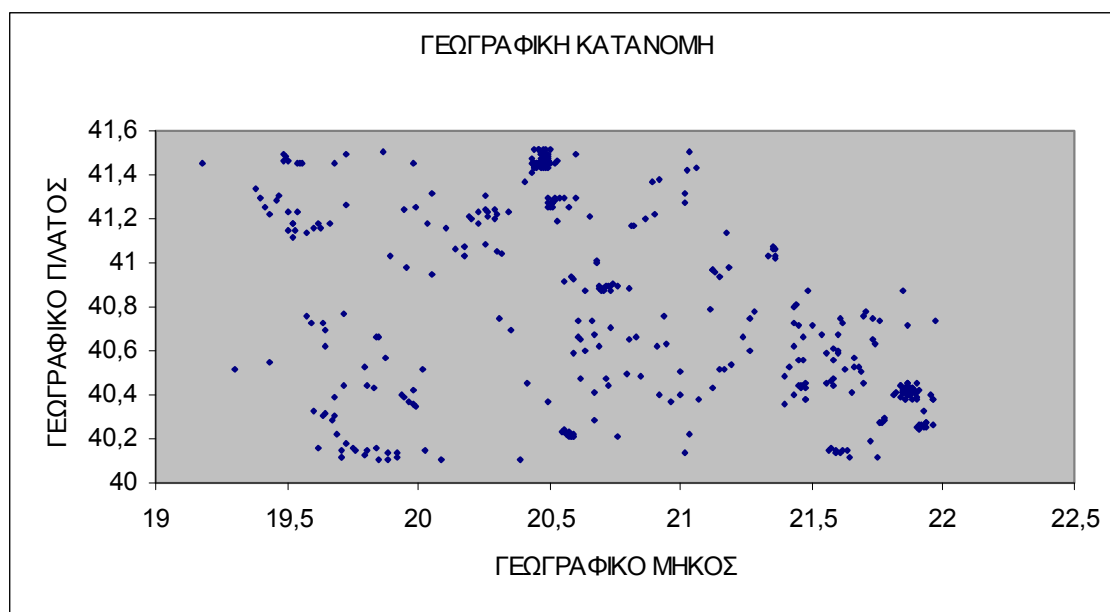
Για το έτος 2009

Στο σχήμα 3.22 φαίνονται οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών στην περιοχή μελέτης μας για το έτος 2009, ενώ στο σχήμα 3.23 αποτυπώνεται η ίδια σεισμική ακολουθία πάνω στο χάρτη της περιοχής μελέτης.

Στο σχήμα 3.24 φαίνονται πάλι οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών, αλλά με αντιμετάθεση των αξόνων γεωγραφικό μήκος - γεωγραφικό πλάτος. Εδώ ξεχωρίζουν καθαρά οι συγκεντρώσεις (clusters) των σεισμών.

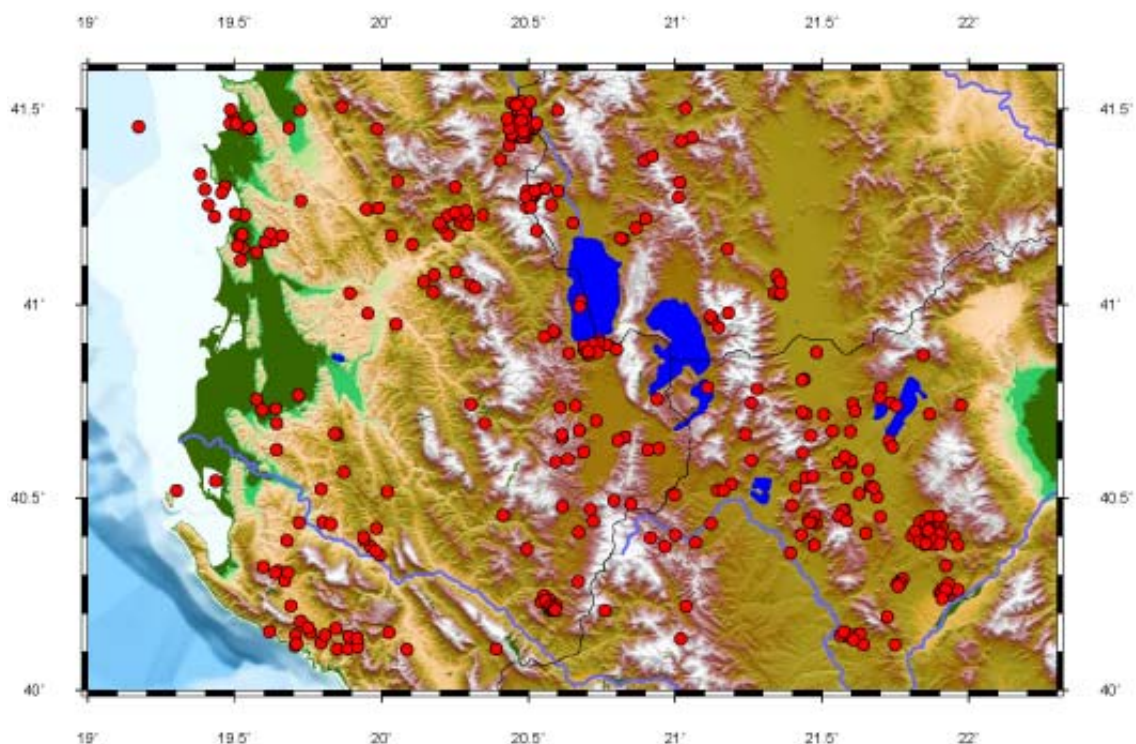
Στο σχήμα 3.25 παρατηρούμε τις μεγάλες συγκεντρώσεις σεισμών σε συγκεκριμένες περιοχές. Με βάση το σχήμα 3.3 παρατηρούμε ότι σε γεωγραφικό πλάτος περίπου 40,4 υπάρχουν συμβάντα με κάποια ασυνέχεια κατά τη διάρκεια των ημερών μελέτης σε τεκτονικό περιβάλλον επώθησης. Επιπρόσθετα σε γεωγραφικό πλάτος 41,4 και χρονικά στο σημείο 250 ημέρας παρατηρούμε μια έξαρση σεισμικών γεγονότων που φαίνεται πάλι να προέρχεται από επωθητική δομή.

Στο σχήμα 3.26 δεν παρατηρείται κάποια αξιοπρόσεκτη συγκέντρωση σεισμών.

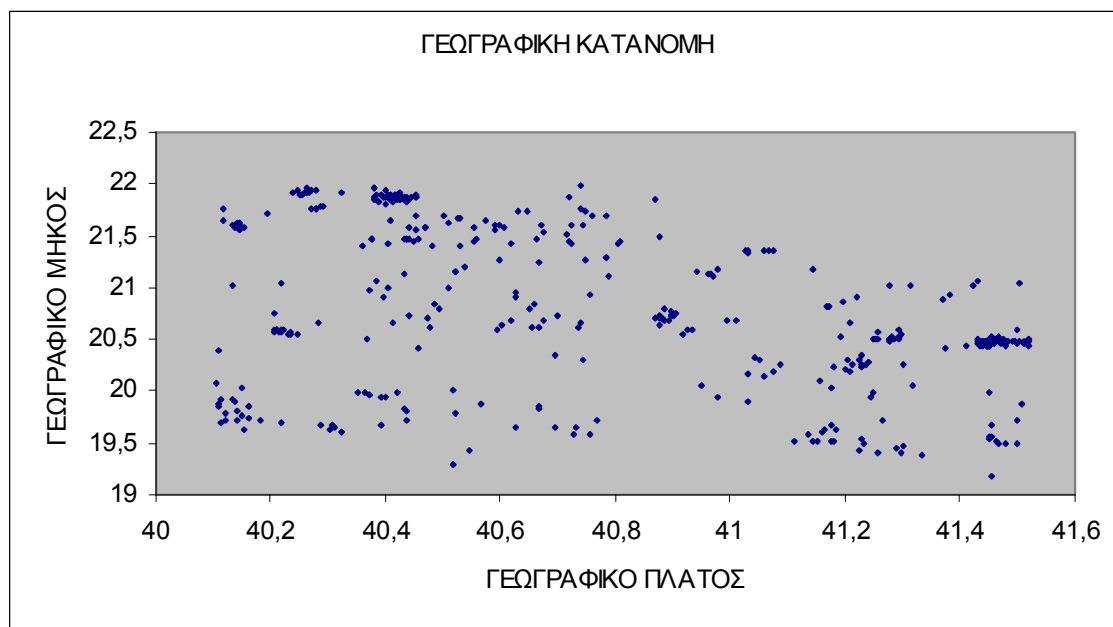


Σχήμα 3.22

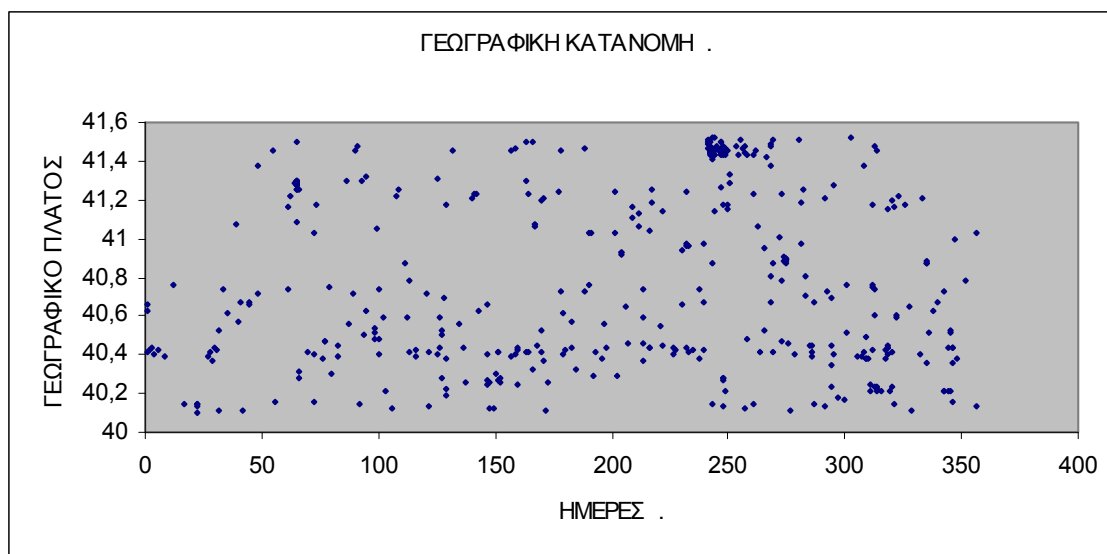
Οι συντεταγμένες των σεισμών για το έτος 2009. Φαίνονται οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών για το αντίστοιχο έτος.

**Σχήμα 3.23**

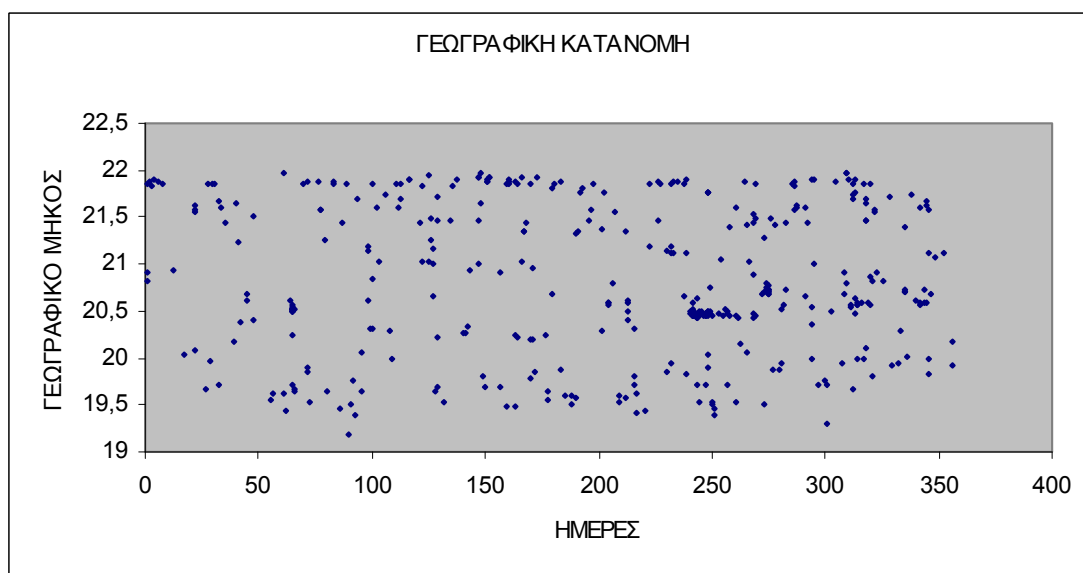
Χάρτης της περιοχής μελέτης πάνω στον οποίο αποτυπώνεται η σεισμική ακολουθία μόνο για το 2009. Ξεχωρίζουν χαρακτηριστικά τα σμήνη των σεισμών.

**Σχήμα 3.24**

Διάγραμμα γεωγραφικού μήκους με γεωγραφικό πλάτος για το 2009. Παρατηρούμε τις πολύ συγκεκριμένες περιοχές με τις μεγάλες συγκεντρώσεις σεισμών.

**Σχήμα 3.25**

Γεωγραφικό πλάτος των σεισμών ανά ημέρα για το 2009. Σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος υπάρχουν χρονικά μεγάλες συγκεντρώσεις σεισμών.

**Σχήμα 3.26**

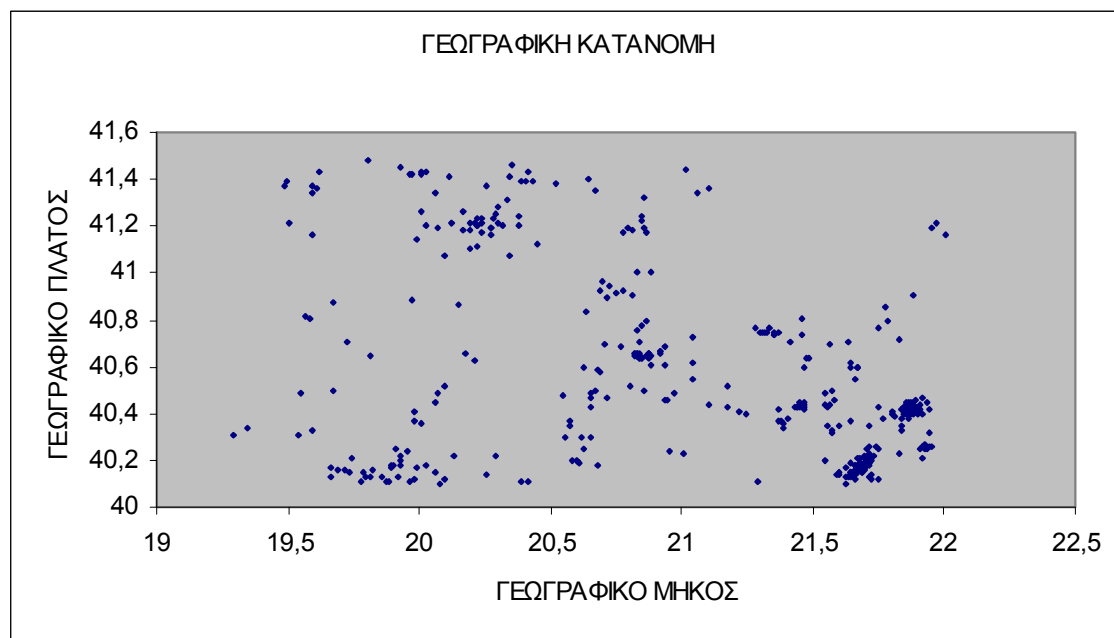
Γεωγραφικό μήκος των σεισμών ανά ημέρα για το 2009. Υπάρχει μεγαλύτερη διάχυση των epicέντρων σε σχέση με το γεωγραφικό μήκος.

Για το έτος 2010

Στο σχήμα 3.27 φαίνονται οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών στην περιοχή μελέτης μας για το έτος 2010, ενώ στο σχήμα 3.28 αποτυπώνεται η ίδια σεισμική ακολουθία πάνω στο χάρτη της περιοχής μελέτης.

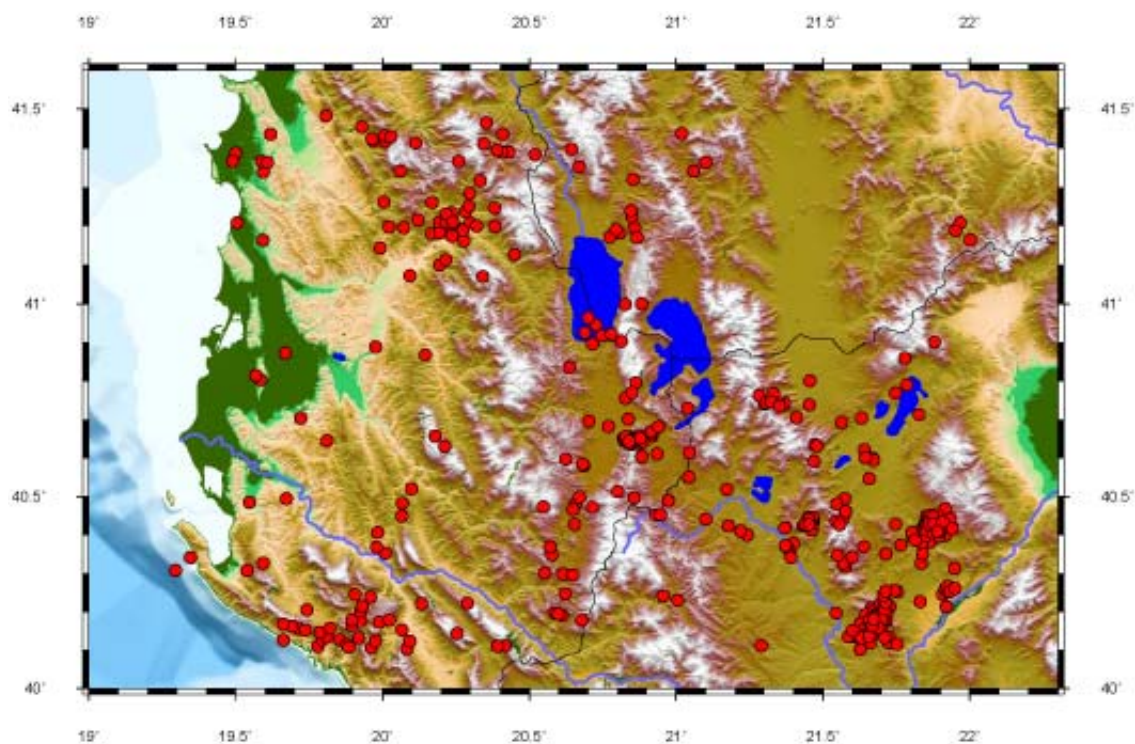
Στο σχήμα 3.29 φαίνονται πάλι οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών, αλλά με αντιμετάθεση των αξόνων γεωγραφικό μήκος - γεωγραφικό πλάτος. Εδώ ξεχωρίζουν καθαρά οι συγκεντρώσεις (clusters) των σεισμών.

Στο σχήμα 3.30 παρατηρούμε τις μεγάλες συγκεντρώσεις σεισμών σε συγκεκριμένες περιοχές. Με βάση το σχήμα 3.3 στα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης σε γεωγραφικό πλάτος 40-40,1 και μήκος 21,6-21,8 παρατηρούμε μια εφίπνευση η οποία παρουσιάζει εξαιρετική δραστηριότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες όπως επίσης και επωθητικές δομές που βρίσκονται νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης σε γεωγραφικό πλάτος 40,1-40,3 και γεωγραφικό μήκος 19,3-19,7 οι οποίες παρουσιάζουν μια συνεχή δραστηριότητα κατά το 2010 (σχήματα 3.30, 3.31).

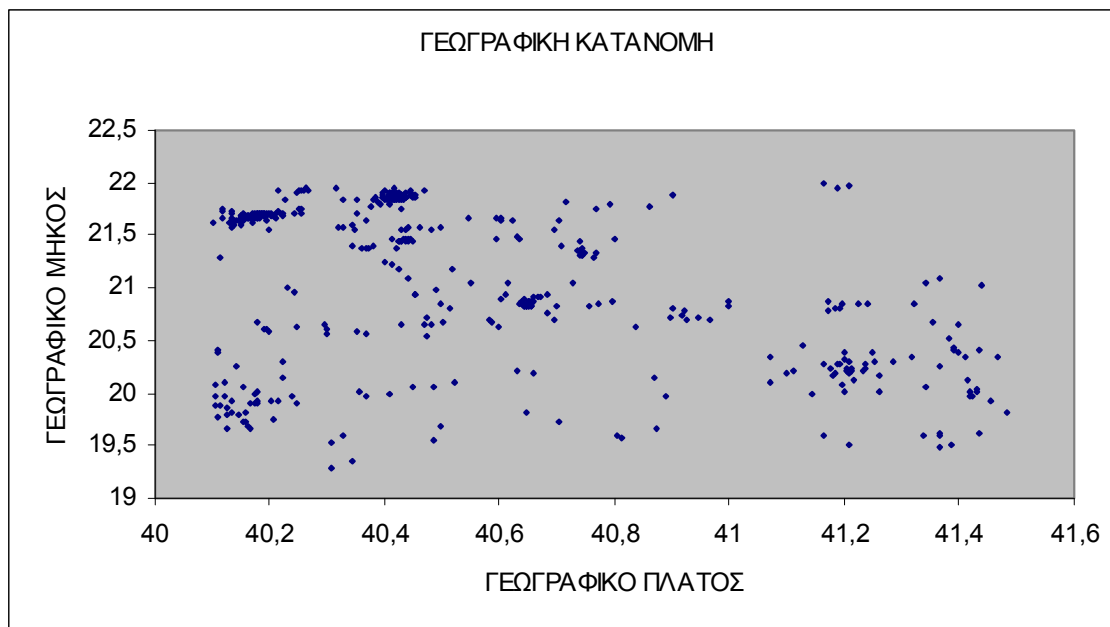


Σχήμα 3.27

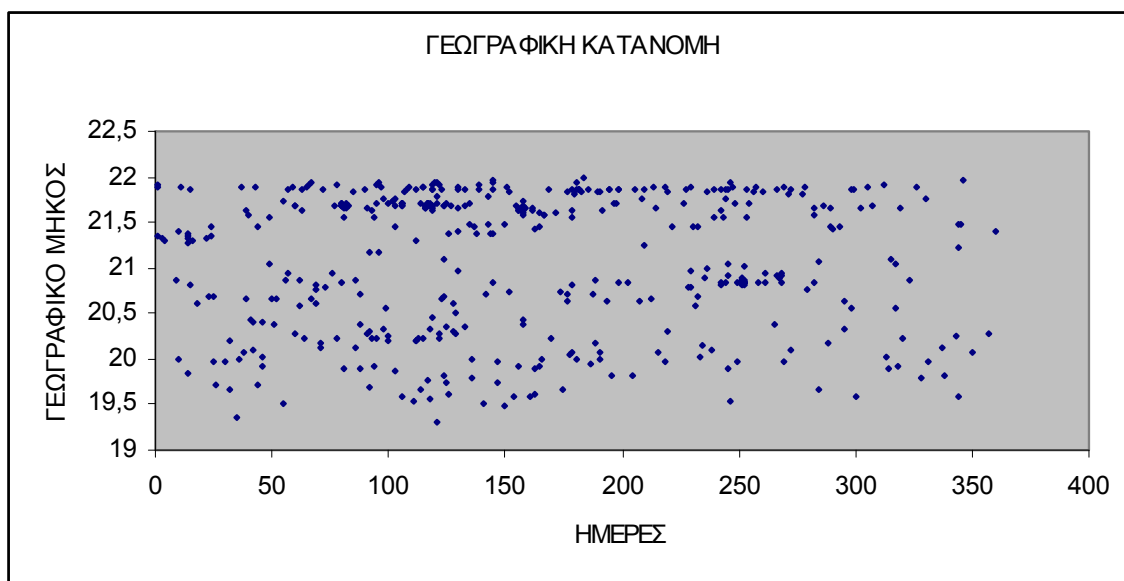
Οι συντεταγμένες των σεισμών για το έτος 2010. Φαίνονται οι θέσεις των επικέντρων των σεισμών για το αντίστοιχο έτος.

**Σχήμα 3.28**

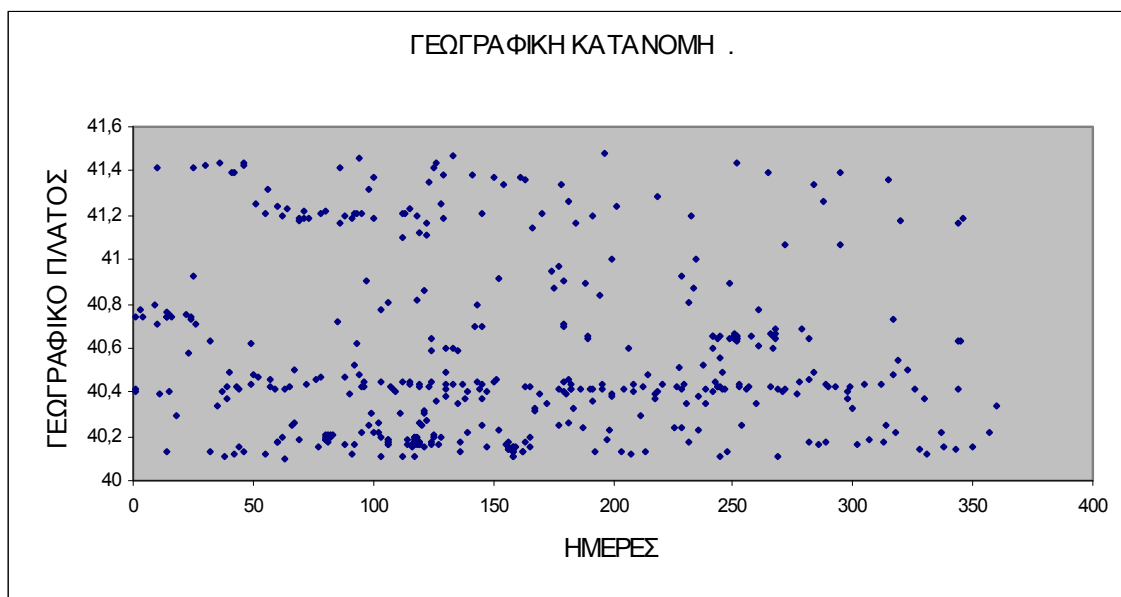
Χάρτης της περιοχής μελέτης πάνω στον οποίο αποτυπώνεται η σεισμική ακολουθία μόνο για το 2010. Ξεχωρίζουν χαρακτηριστικά τα σμήνη των σεισμών.

**Σχήμα 3.29**

Διάγραμμα γεωγραφικού μήκους με γεωγραφικό πλάτος για το 2010. Παρατηρούμε τις πολύ συγκεκριμένες περιοχές με τις μεγάλες συγκεντρώσεις σεισμών.

**Σχήμα 3.30**

Γεωγραφικό μήκος των σεισμών ανά ημέρα για το 2010. Σε γεωγραφικό μήκος 22 παρατηρούμε μια συνεχή δραστηριότητα.

**Σχήμα 3.31**

Γεωγραφικό πλάτος των σεισμών ανά ημέρα για την περίοδο 2010. Υπάρχουν ζώνες σε συγκεκριμένα γεωγραφικά πλάτη που ο αριθμός των σεισμών είναι ελάχιστος. Αντίθετα στα γεωγραφικά μήκη από 40 μέχρι 40,6 υπάρχει μια χρονική έξαρση της σεισμικής ακολουθίας.

Αρχικά οι σεισμοί εμφανίζουν μεγάλη πυκνότητα στο βόρειο και στο νοτιοανατολικό κομμάτι ενώ το 2009 και το 2010 παρατηρούμε σεισμούς στο δυτικό κομμάτι με σχετικά μεγάλη διασπορά.

3.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΤΑ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος ορισμός της σεισμικότητας. Μπορούμε όμως να την φανταστούμε σαν μία αύξουσα συνάρτηση τόσο των μεγεθών όσο και της συχνότητας αυτών σε μία περιοχή κατά την διάρκεια μίας ορισμένης χρονικής περιόδου. Εξαρτάται όμως και από το διάστημα των μεγεθών για το οποίο εξετάζεται.

Ο ρυθμός των μετασεισμών με το χρόνο ακολουθεί το νόμο του Omori.

$$n(t) = \frac{K}{c + t}$$

Όπου $n(t)$ είναι το ποσό των σεισμών μετρούμενο μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή μετά τον κύριο σεισμό, K είναι το πλάτος και c η χρονική καθυστέρηση.

Μπορούμε να πούμε ότι η σεισμικότητα μιας περιοχής αποτελεί μέτρο της ενεργούς τεκτονικής δράσης της περιοχής. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να ορισθούν μέτρα της σεισμικότητας τα οποία μπορούν να υπολογιστούν σχετικώς εύκολα και με ακρίβεια.

Τα μέτρα σεισμικότητας τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα βασίζονται στο στατιστικό νόμο κατανομής των μεγεθών των Gutenberg and Richter (1944) και στην υπόθεση ότι η χρονική κατανομή των σεισμών είναι τυχαία. Σύμφωνα με το νόμο αυτό ο αριθμός, n , των σεισμών μεγέθους $M \pm \Delta M$, που έχουν τις εστίες τους σε ορισμένο χώρο και συμβαίνουν σε ορισμένο χρονικό διάστημα συνδέεται με το μέγεθος με τη σχέση $\log n = a - bM$, όπου a , b , είναι παράμετροι. Συνήθως από τη συχνότητα, n , υπολογίζεται η αθροιστική συχνότητα, N , και ο νόμος εκφράζεται με τη σχέση.

$$\log N = a - bM$$

Όπου N είναι ο αριθμός των σεισμών που έχουν μέγεθος ίσο ή μεγαλύτερο του M .

Η παράμετρος b εξαρτάται από τις τάσεις και τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού στον εστιακό χώρο ενώ η παράμετρος a_i εξαρτάται από τη σεισμικότητα της περιοχής, από το εμβαδόν, S , της επιφάνειας την οποία καλύπτουν τα επίκεντρα και από το χρονικό διάστημα στο οποίο έγιναν σεισμοί. Η παράμετρος b έχει συνήθως τιμή ίση με τη μονάδα αλλά έχουν υπολογιστεί και διαφορετικές τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0.5 και 1.5.

Συνήθως ανάγουμε την παράμετρο a σε χρονικό διάστημα ενός έτους, οπότε η ανηγμένη τιμή αυτής, a_i , δίνεται από τη σχέση.

$$a = a_i - \log t$$

Όπου t είναι ο χρόνος σε έτη.

Συνεπώς, για χρονικό διάστημα ενός έτους η σχέση γίνεται:

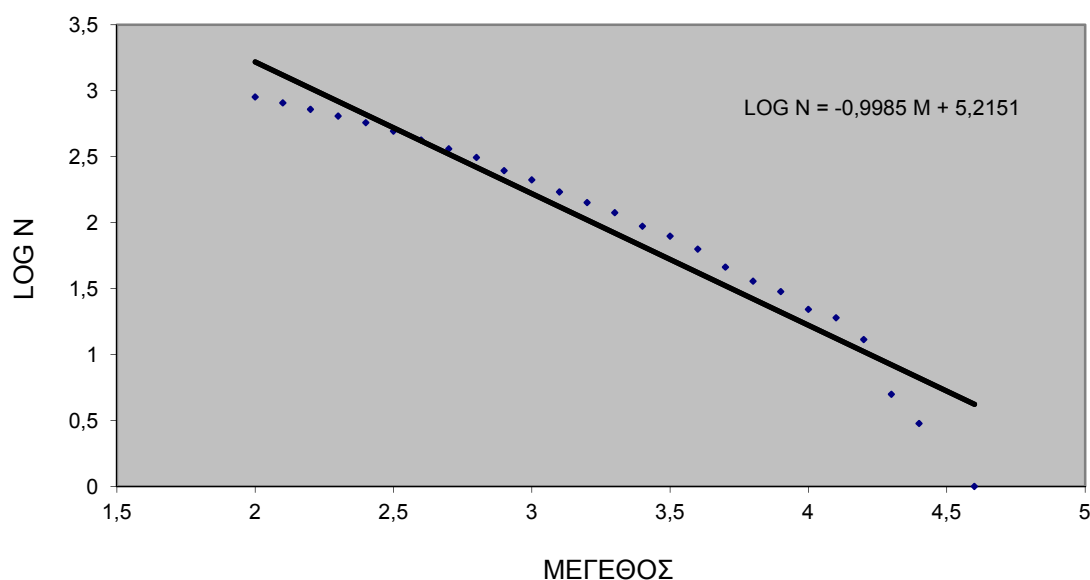
$$\log N = a - bM$$

Από τη σχέση αυτή προκύπτει ότι η συχνότητα των σεισμών μιας περιοχής αυξάνεται όταν ελαττώνεται το μέγεθος αυτών. Οι παράμετροι a και b υπολογίζονται από τη γραφική παράσταση του $\log N$ σε συνάρτηση με το M .

Στην παρακάτω μελέτη η πληρότητα αναφέρεται σε μεγέθη $M \geq 2$. Τα μεγέθη κάτω από 2 δεν ενδιαφέρουν την παρούσα μελέτη.

Στα γραφήματα παρουσιάζονται γραφικές παραστάσεις με κατανομές της αθροιστικής συχνότητας των μεγεθών των σεισμών που έγιναν στον ελληνικό χώρο και στις γύρω περιοχές, καθώς και κατανομές πλήρη δεδομένων που δείχνουν τα ποσοστά που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα μεγέθη σεισμών, στο χρονικό διάστημα 2008-2010 συνολικά αλλά και σε κάθε έτος ξεχωριστά.

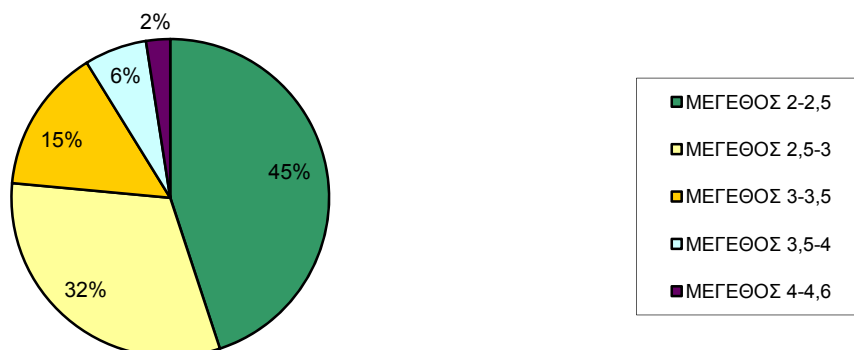
Παρακάτω στο σχήμα 3.32 απεικονίζεται η γραφική παράσταση κατανομής της αθροιστικής συχνότητας των μεγεθών των σεισμών που έγιναν στον ελληνικό χώρο και στις γύρω περιοχές για το διάστημα 2008-2010 και είχαν μεγέθη $M \geq 2$ (πληρότητα), ενώ στο σχήμα 3.33 παρουσιάζεται μια κυκλική κατανομή της αθροιστικής συχνότητας με πλήρη δεδομένα, με ποσοστά που αντιστοιχούν σε σεισμούς με το ίδιο μέγεθος για το ίδιο διάστημα. Γίνεται φανερό ότι οι σεισμοί με μέγεθος από 2-3 αποτελούν το 77% του συνόλου.



Σχήμα 3.32

Κατανομή της αθροιστικής συχνότητας για μεγέθη $M \geq 2$ με βάση τη σχέση των Gutenberg - Richter. Οι συντελεστές a και b φαίνονται στο σχήμα. Η κατανομή αφορά τη βορειοδυτική Ελλάδα.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

**Σχήμα 3.33**

Κυκλική κατανομή της αθροιστικής συχνότητας. Οι σεισμοί με μεγέθη από 2 μέχρι 3 αποτελούν το 77% του συνόλου των σεισμών.

Στη συνέχεια παριστάνεται στα παρακάτω σχήματα η κατανομή της αθροιστικής συχνότητας των μεγεθών των σεισμών στην ίδια περιοχή, καθώς και κατανομή πλήρη δεδομένων, για κάθε έτος ξεχωριστά.

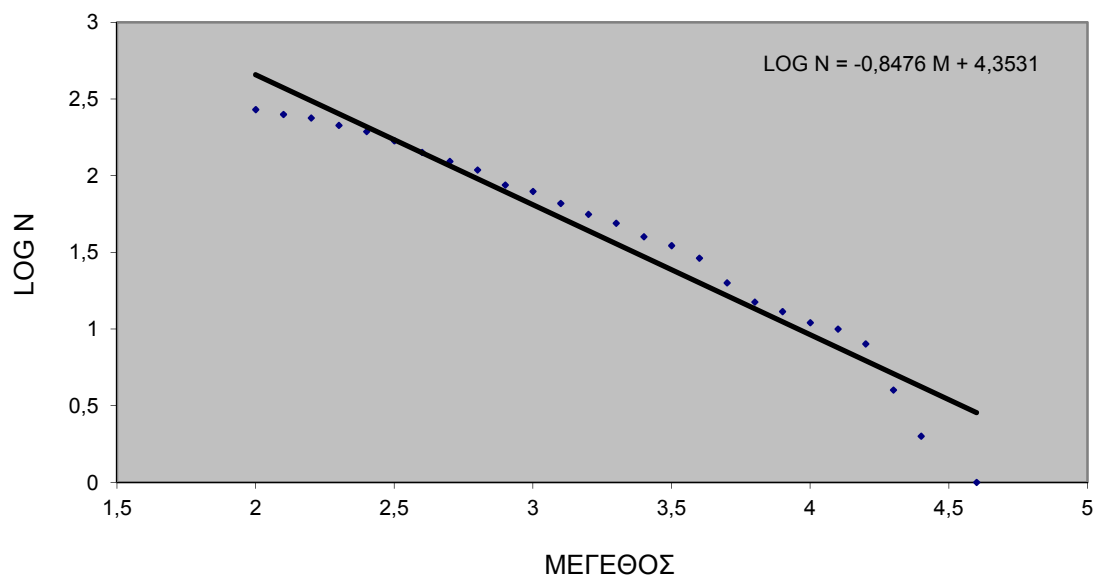
Στα σχήματα 3.34, 3.36 και 3.38 παρουσιάζεται η κατανομή αθροιστικής συχνότητας για μεγέθη $M \geq 2$ (πληρότητα 2) για τα έτη 2008, 2009 και 2010 αντίστοιχα.

Οι κυκλικές κατανομές αθροιστικής συχνότητας για τα έτη 2008, 2009 και 2010 φαίνονται στα σχήματα 3.35, 3.37 και 3.39.

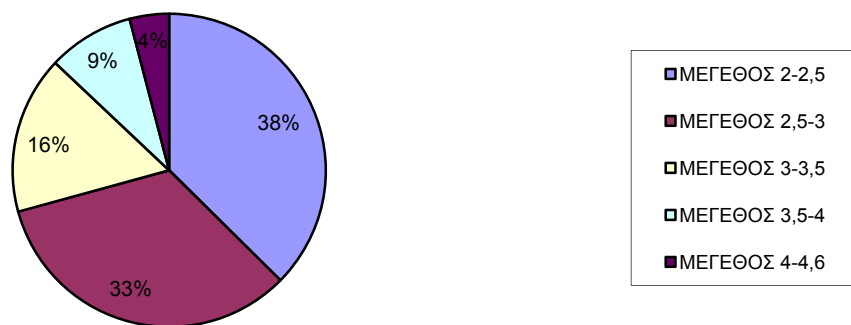
Για το έτος 2008 παρατηρούμε ότι σεισμοί με μεγέθη από 2-3 αποτελούν το 71% του συνόλου.

Για το έτος 2009 παρατηρούμε ότι σεισμοί με μεγέθη από 2-3 αποτελούν το 77% του συνόλου.

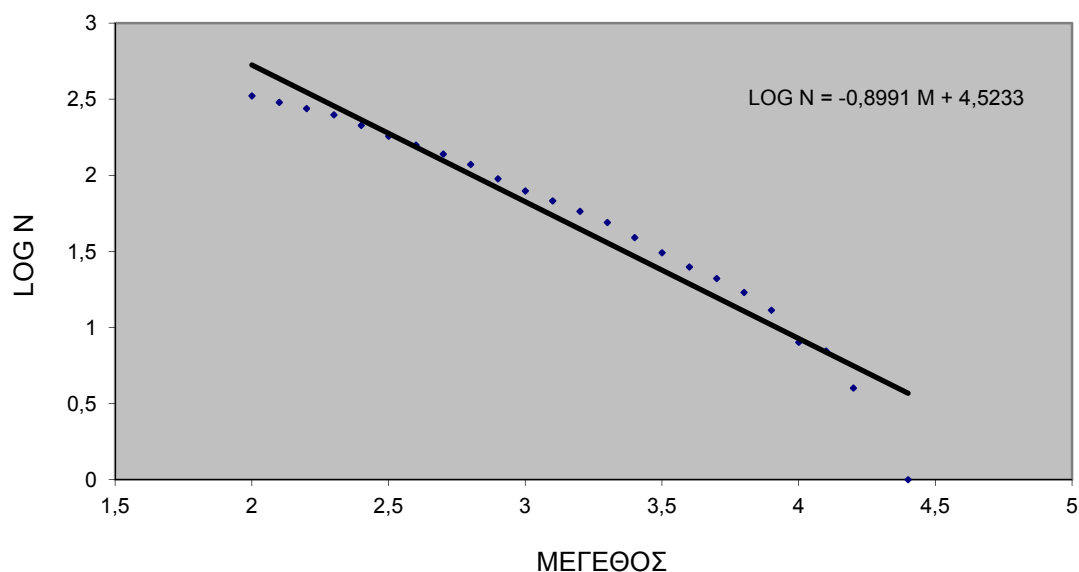
Για το έτος 2010 παρατηρούμε ότι σεισμοί με μεγέθη από 2-3 αποτελούν το 82% του συνόλου.

Για το έτος 2008**Σχήμα 3.34**

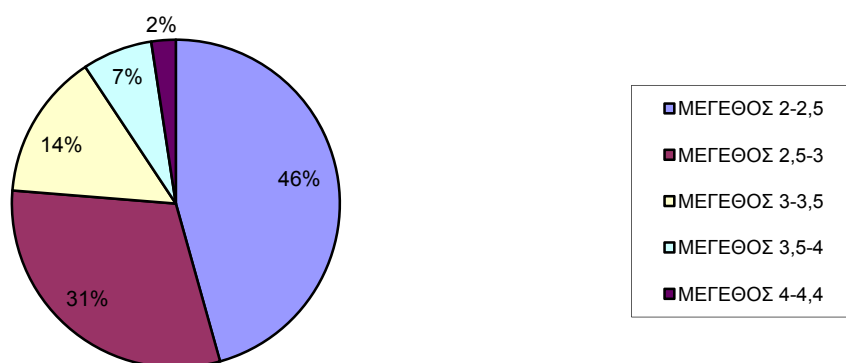
Κατανομή της αθροιστικής συχνότητας για μεγέθη $M \geq 2$ για το έτος 2008. Η κατανομή αφορά τη βορειοδυτική Ελλάδα.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**Σχήμα 3.35**

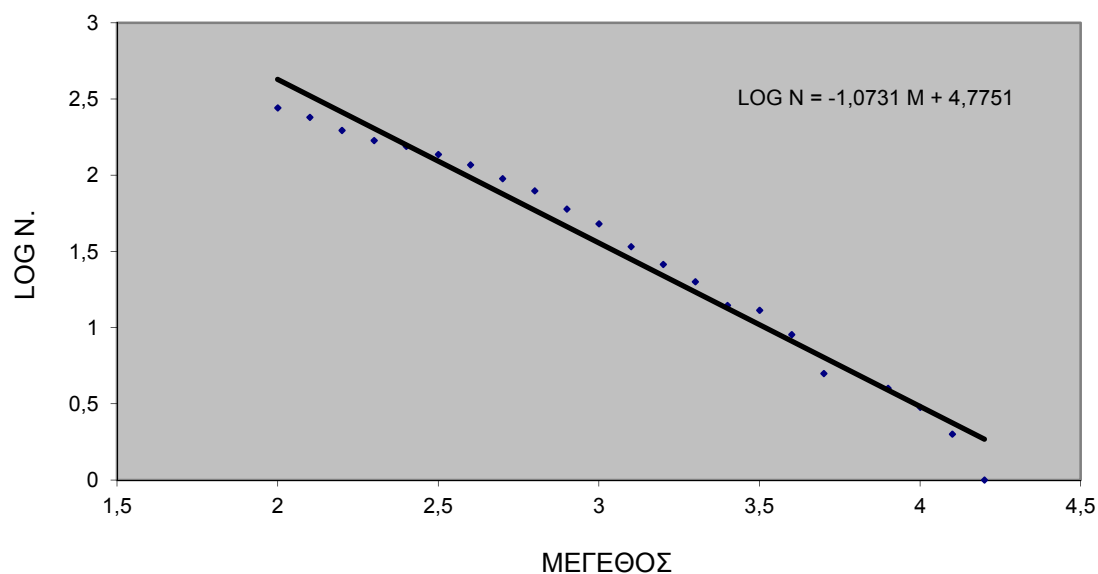
Κυκλική κατανομή της αθροιστικής συχνότητας για το έτος 2008. Οι σεισμοί με μεγέθη από 2 μέχρι 3 αποτελούν το 71% του συνόλου των σεισμών.

Για το έτος 2009**Σχήμα 3.36**

Κατανομή της αθροιστικής συχνότητας για μεγέθη $M \geq 2$ με βάση τη σχέση των Gutenberg - Richter για το έτος 2009. Η κατανομή αφορά τη βορειοδυτική Ελλάδα. Οι συντελεστές a και b φαίνονται στο σχήμα.

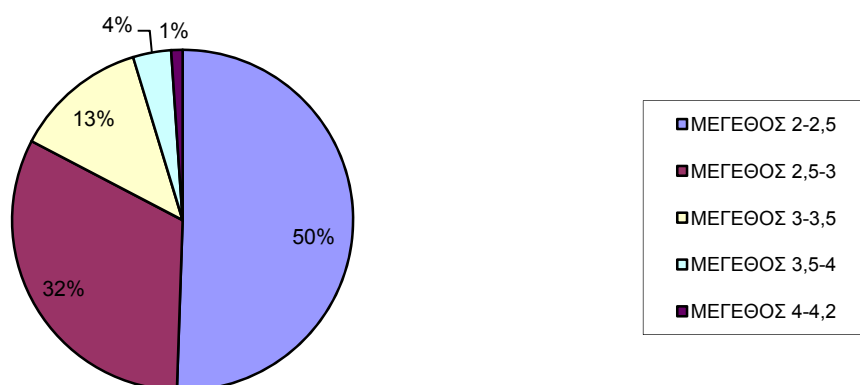
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**Σχήμα 3.37**

Κυκλική κατανομή της αθροιστικής συχνότητας για το έτος 2009. Οι σεισμοί με μεγέθη από 2 μέχρι 3 αποτελούν το 77% του συνόλου των σεισμών.

Για το έτος 2010**Σχήμα 3.38**

Κατανομή της αθροιστικής συχνότητας για μεγέθη $M \geq 2$ για το έτος 2010. Η κατανομή αφορά τη βορειοδυτική Ελλάδα. Οι συντελεστές a και b φαίνονται στο σχήμα.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕ ΠΛΗΡΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

**Σχήμα 3.39**

Κυκλική κατανομή της αθροιστικής συχνότητας για το έτος 2010. Οι σεισμοί με μεγέθη από 2 μέχρι 3 αποτελούν το 82% του συνόλου των σεισμών.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι σε όλα τα έτη φαίνεται ότι κυριαρχούν τα μεγέθη από 2 μέχρι 3.

3.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕΙΣΜΩΝ

Οι σεισμοί αποδεσμεύουν ένα τεράστιο ποσό ενέργειας και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο μπορούν να είναι τόσο καταστρεπτικοί. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα μεγέθη με το κατά προσέγγιση ποσό της ποσότητας TNT που απαιτείται για να αποδεσμεύσει το ίδιο ποσό ενέργειας.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΚΑΤΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ TNT
4,0	1010 ΤΟΝΟΙ
5,0	31800 ΤΟΝΟΙ
6,0	1010000 ΤΟΝΟΙ
7,0	31800000 ΤΟΝΟΙ
8,0	1010000000 ΤΟΝΟΙ
9,0	31800000000 ΤΟΝΟΙ

(*http://eprints.teikoz.gr/177/1/gewpe53_2009.pdf)

Η ενέργεια που εκλύεται από τους σεισμούς μπορεί να εκτιμηθεί με διάφορους τρόπους.

i) Gutenberg – Richter

Η ενέργεια που απελευθερώνεται σε ένα σεισμό με τη μορφή κυμάτων δίνεται από τη σχέση.

$$E = 3\pi\rho h^2 v t \left(\frac{u}{T} \right)^2$$

Όπου ρ η πυκνότητα του υλικού, h το εστιακό βάθος, v η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων, t η διάρκεια αναγραφής του κύματος, u το μέγιστο πλάτος του κύματος και T η περίοδος.

ii) Bath

Ο Bath διατύπωσε την άποψη ότι η διαφορά μεταξύ του κύριου σεισμού και του μεγαλύτερου μετασεισμού έχουν στατιστικά διαφορά.

$$M - M_1 = 1.2$$

Η σχέση αυτή είναι γνωστή σαν νόμος του Bath και έχει γίνει αντικείμενο πολλών συζητήσεων μεταξύ των επιστημόνων γιατί ο Bath απλώς διατύπωσε την άποψη και ούτε καν δημοσίευσε κάποια εργασία που να την αποδεικνύει. Για τον υπολογισμό της ενέργειας για διάφορες τιμές μεγεθών σεισμών χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος.

$$\log E = 12,24 + 1,44M$$

(*http://www.geo.auth.gr/courses/ggp/mth1063e/pdf/7th_Chapter.pdf)

Οι παρακάτω κυκλικές κατανομές (σχήματα 3.40, 3.41, 3.42, 3.43) παρουσιάζουν υπό μορφή κυκλικής κατανομής την ενέργεια που εκλύεται σε κλίμακες μεγεθών των σεισμών για το χρονικό διάστημα 2008-2010 αλλά και για κάθε έτος ξεχωριστά.

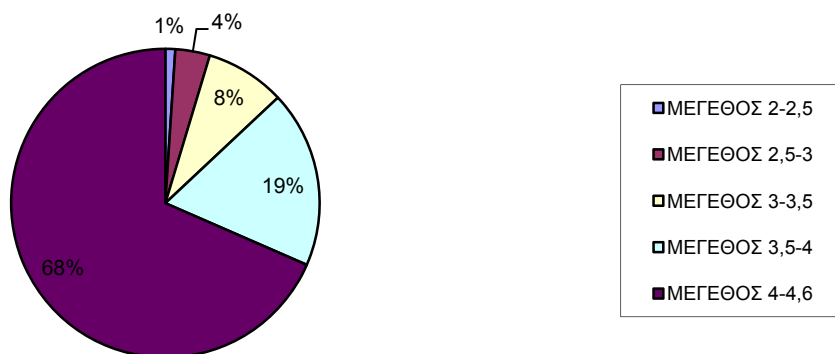
Το σχήμα 3.40 δίνει την κατανομή της ενέργειας στο σύνολο των σεισμών για τη χρονική περίοδο 2008 – 2010. Στο σχήμα φαίνεται καθαρά ότι τα μεγάλα μεγέθη δίνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας (68%).

Ομοίως στο σχήμα 3.41 (μόνο για το έτος 2008) το ποσοστό της ενέργειας που δίνουν τα μεγέθη πάνω από 4 είναι 69%.

Για το έτος 2009 (σχήμα 3.42) το ποσοστό της ενέργειας που δίνουν τα μεγέθη πάνω από 4 είναι 50%. Το ποσοστό είναι μικρότερο σε σχέση με το 2008 επειδή τα μέγιστα μεγέθη των σεισμών ήταν λίγο μικρότερα.

Στο σχήμα 3.43 (για το έτος 2010) το ποσοστό της ενέργειας που δίνουν τα μεγέθη πάνω από 4 είναι 40%. Αυτό συμβαίνει γιατί οι σεισμοί με μέγεθος πάνω από 4 ήταν λιγότεροι για τη χρονιά αυτήν.

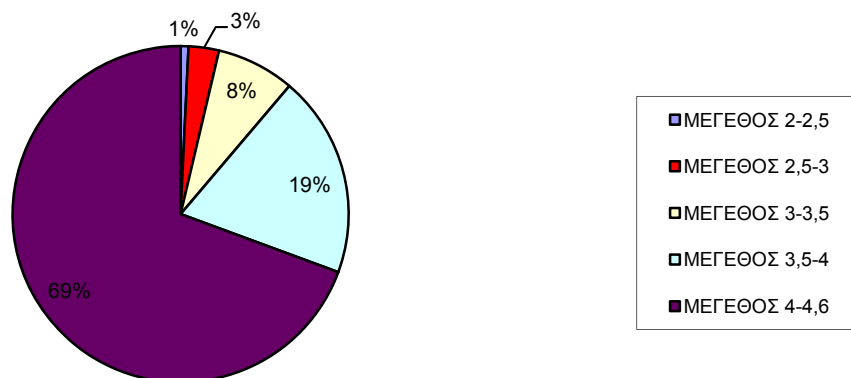
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2008-2010



Σχήμα 3.40

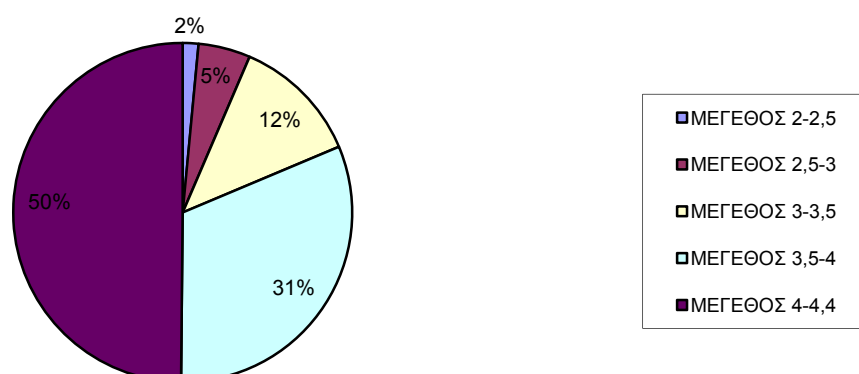
Ενέργεια που εκλύεται από το σύνολο των σεισμών για τα έτη 2008-2010. Τα μεγάλα μεγέθη δίνουν και το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2008

**Σχήμα 3.41**

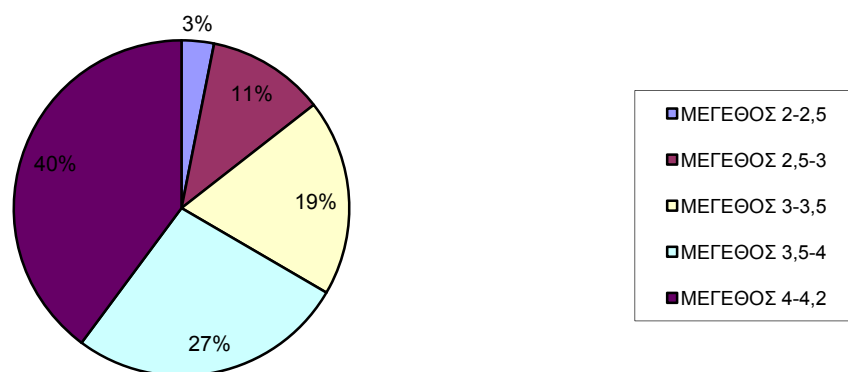
Ενέργεια που εκλύεται από το σύνολο των σεισμών για το έτος 2008. Τα μεγέθη πάνω από 4 δίνουν το 69% της συνολικής ενέργειας.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2009

**Σχήμα 3.42**

Ενέργεια που εκλύεται από το σύνολο των σεισμών για το έτος 2009. Τα μεγέθη πάνω από 4 δίνουν το 50% της συνολικής ενέργειας. Το ποσοστό είναι μικρότερο σε σχέση με το 2008 επειδή τα μέγιστα μεγέθη των σεισμών ήταν λίγο μικρότερα.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 2010

**Σχήμα 3.43**

Ενέργεια που εκλύεται από το σύνολο των σεισμών για το έτος 2010. Τα μεγέθη πάνω από 4 δίνουν το 40% της συνολικής ενέργειας. Και εδώ τα μέγιστα μεγέθη των σεισμών ήταν μικρότερα από τα προηγούμενα έτη.

Συμπερασματικά το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας προκύπτει από μικρό αριθμό σεισμών, οι οποίοι όμως έχουν μεγάλο μέγεθος.

3.7 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΕΙΣΜΩΝ (CLUSTERS)

Η ομαδοποίηση των σεισμών στο χώρο-χρόνο είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των σεισμικών ακολουθιών και στις δύο παγκόσμιες και περιφερειακές κλίμακες. Οι περισσότεροι σεισμοί, έκτος ίσως από τους πολύ ισχυρούς, εμφανίζονται ως ομάδες (clusters). Οι περισσότερες ομάδες σεισμών αποτελούνται από έναν κύριο ισχυρό σεισμό και τους μετασεισμούς του. Υπάρχουν ωστόσο και άλλοι τύποι ομάδων σεισμών όπως για παράδειγμα ομάδες σεισμών με παρόμοια ενέργεια, καθώς και πολλαπλοί σεισμοί που ομαδοποιήθηκαν και είναι τόσο πυκνά συγκεντρωμένοι με αποτέλεσμα να θεωρούνται ως το ίδιο γεγονός.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα μεγέθη των σεισμών σε συνάρτηση με το χρόνο δείχνοντας μας συγκεντρώσεις σεισμών καθώς και χάρτες με clusters με βάση τη γεωγραφική θέση των σεισμών για κάθε έτος.

Κάθε χρώμα συμβολίζει ένα σμήνος σεισμών που περιλαμβάνει ένα αρκετά μεγάλο πλήθος σεισμών που γίνονται σε μικρή χρονική διάρκεια.

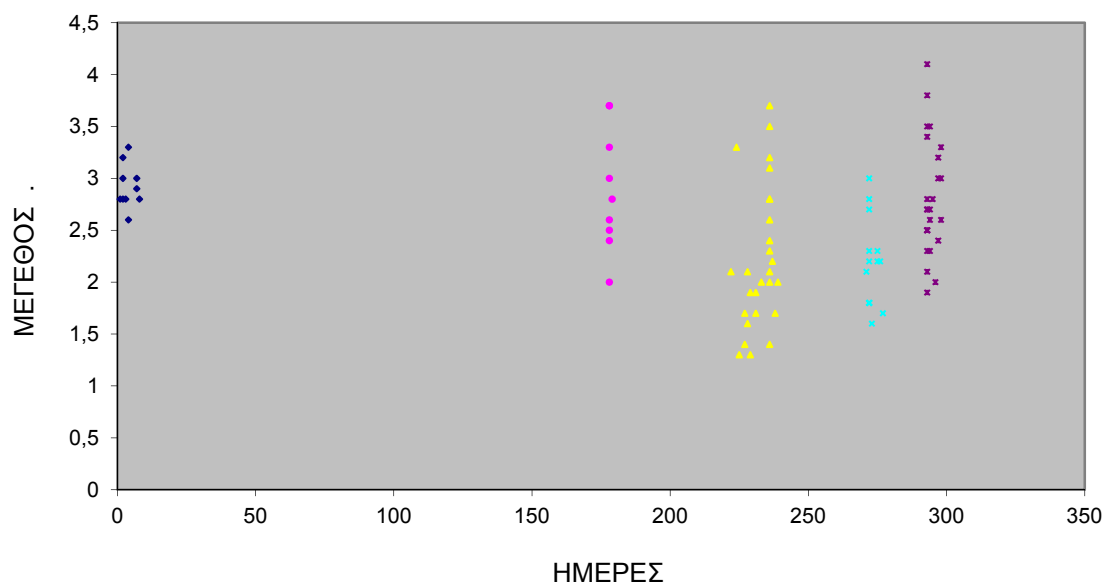
Χαρακτηριστικά των cluster

Για το έτος 2 008 έχουμε πέντε σμήνη (σχήμα 3.44). Κάθε σμήνος περιλαμβάνει σεισμούς με μεγέθη από 1 μέχρι 4,3. Η χρονική διάρκεια για κάθε σμήνος είναι της τάξης των λίγων ημερών. Τοπικά οι συντεταγμένες για τα σμήνη φαίνονται πάνω στον χάρτη στο σχήμα 3.45.

Για το έτος 2009 έχουμε έξι σμήνη (σχήμα 3.46). Εδώ κάθε σμήνος περιλαμβάνει σεισμούς με μεγαλύτερα μεγέθη. Η χρονική διάρκεια για κάθε σμήνος είναι της τάξης των λίγων ημερών. Τοπικά οι συντεταγμένες για τα σμήνη φαίνονται πάνω στον χάρτη στο σχήμα 3.47.

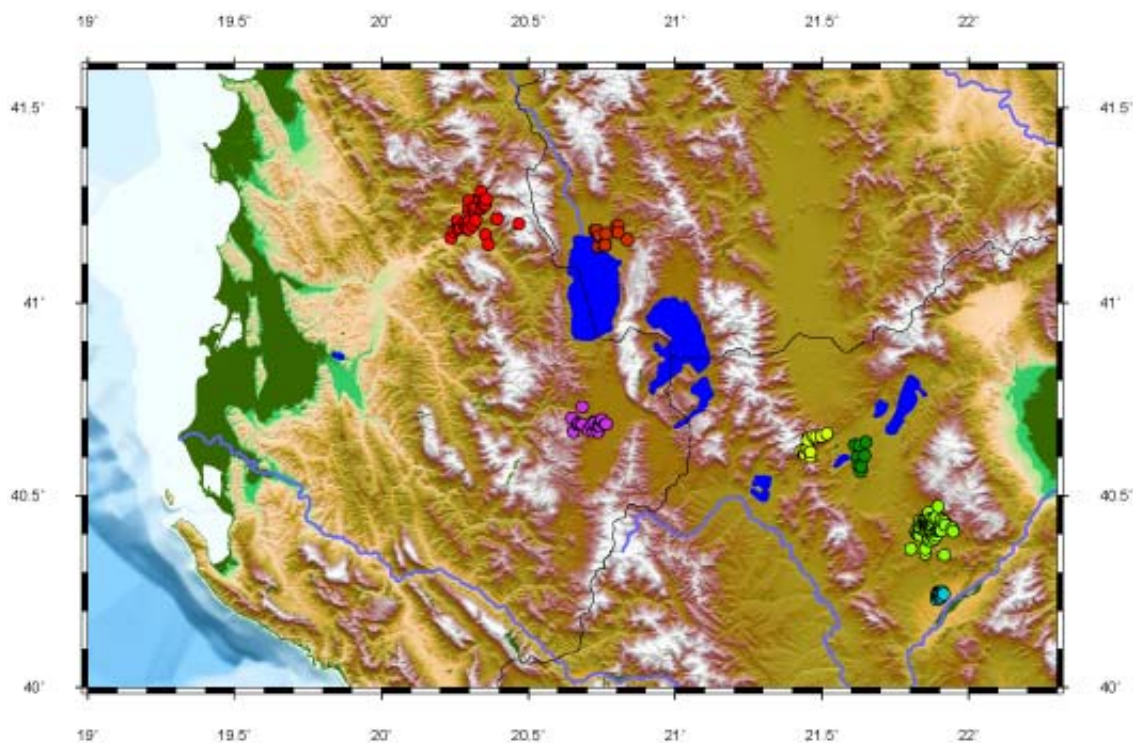
Για το έτος 2010 έχουμε οχτώ σμήνη (σχήμα 3.48). Στη χρονιά αυτή υπάρχουν σμήνη με σεισμούς μικρών μεγεθών και σμήνη με σεισμούς μεγαλύτερων μεγεθών. Η χρονική διάρκεια για κάθε σμήνος είναι της τάξης των λίγων ημερών. Τοπικά οι συντεταγμένες για τα σμήνη φαίνονται πάνω στον χάρτη στο σχήμα 3.49.

Για το έτος 2008



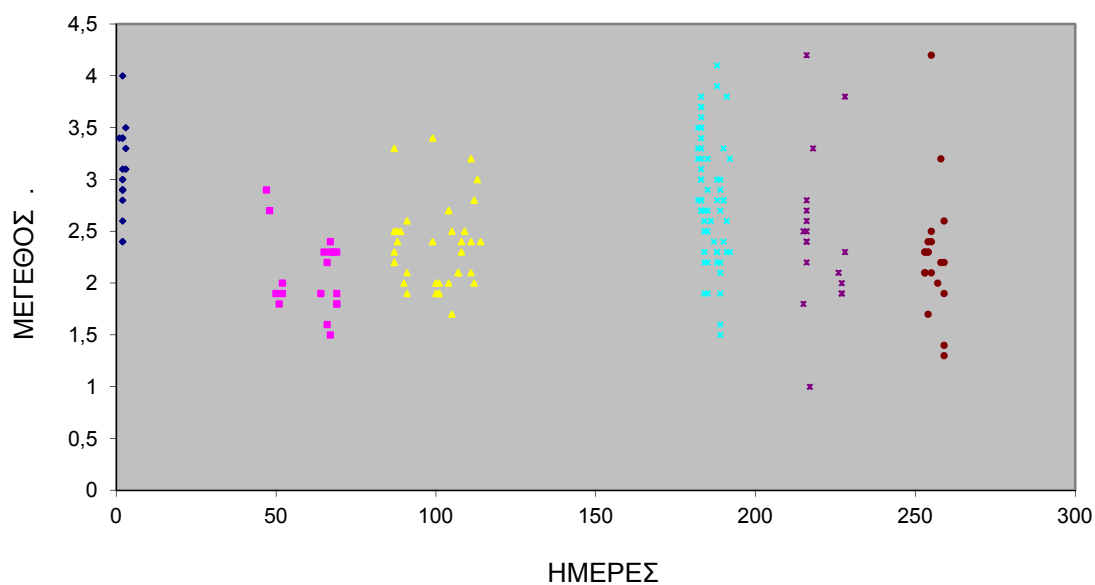
Σχήμα 3.44

Σμήνη σεισμών για το έτος 2008. Σε κάθε σμήνος φαίνεται χαρακτηριστικά το πλήθος των σεισμών σε μια πολύ μικρή χρονική περίοδο.

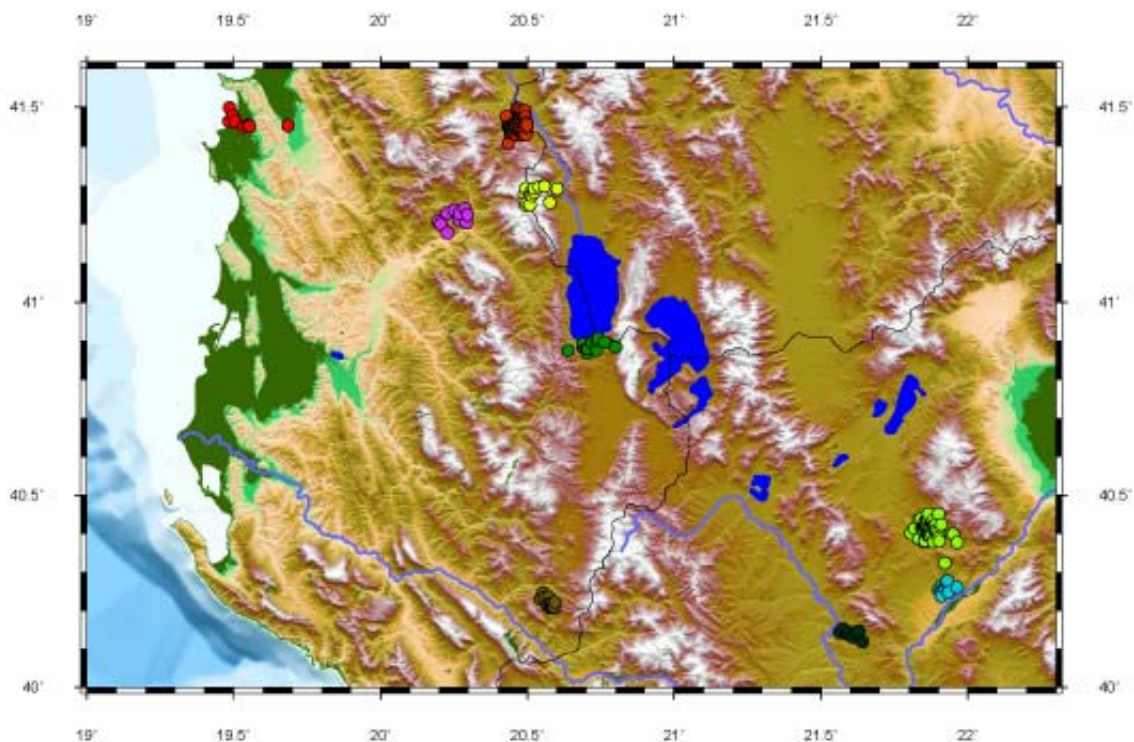
**Σχήμα 3.45**

Χάρτης της περιοχής μελέτης με σμήνη σεισμών για το έτος 2008.

Για το έτος 2009

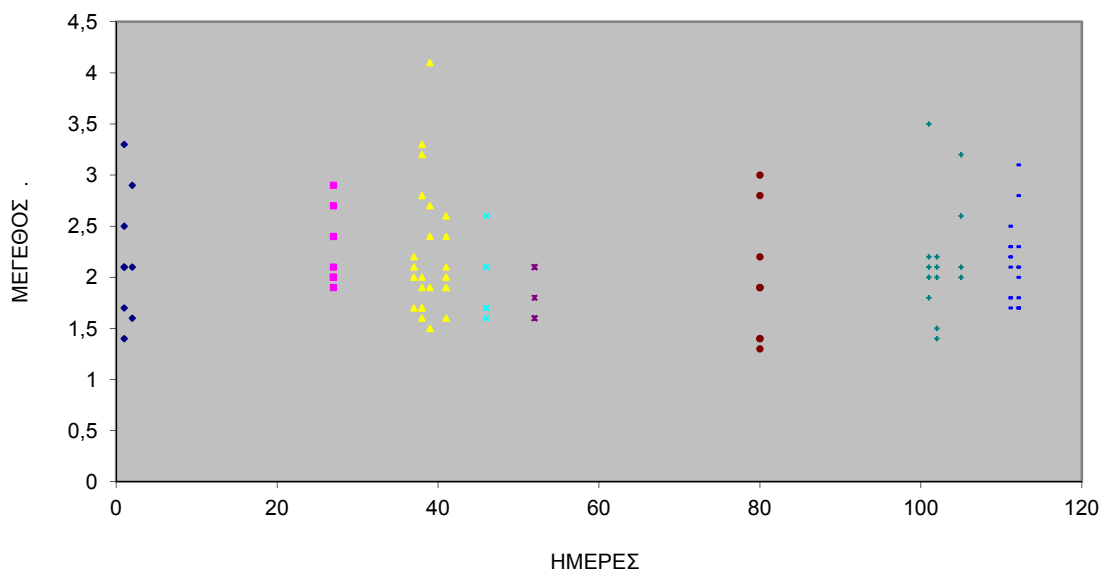
**Σχήμα 3.46**

Σμήνη σεισμών για το έτος 2009. Σε κάθε σμήνος υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο εύρος μεγεθών.

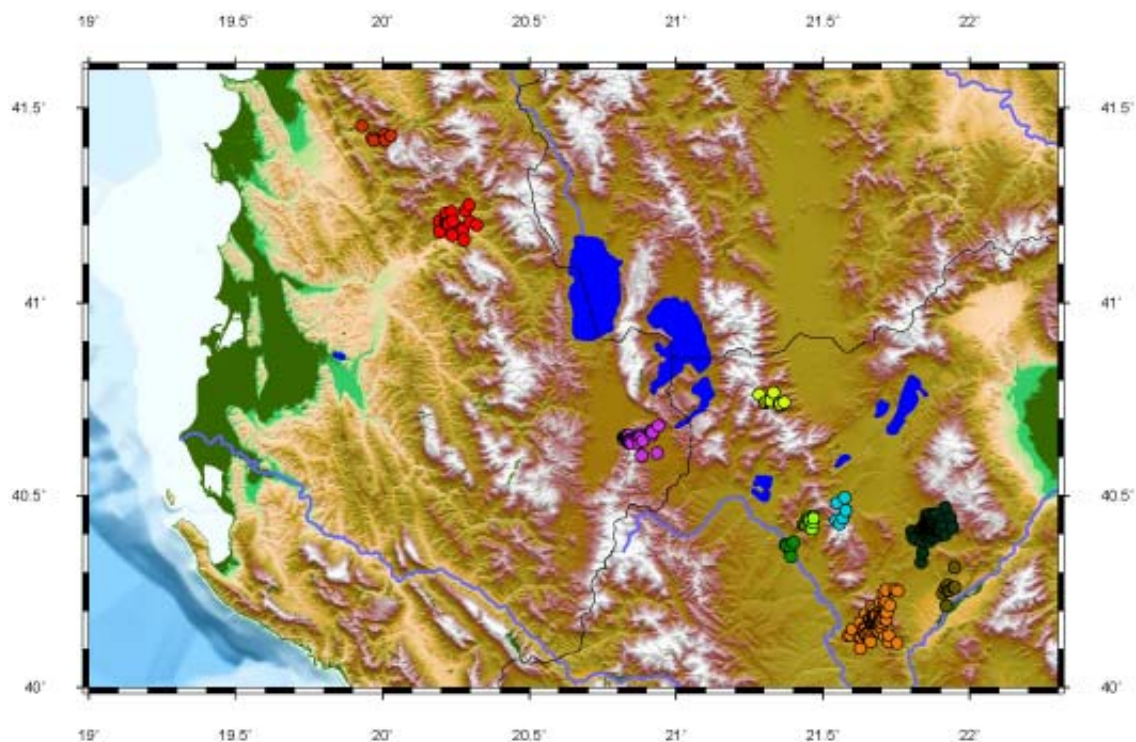
**Σχήμα 3.47**

Χάρτης της περιοχής μελέτης με σμήνη σεισμών για το 2009.

Για το έτος 2010

**Σχήμα 3.48**

Σμήνη σεισμών για το έτος 2010. Παρατηρούμε ότι στο συγκεκριμένο έτος το πλήθος των σεισμών σε κάθε σμήνος είναι μικρότερο.



Σχήμα 3.49

Χάρτης της περιοχής μελέτης με σμήνη σεισμών για το 2010.

Από τα διαγράμματα φαίνεται ότι ένα σμήνος περιλαμβάνει αρκετούς σεισμούς σε μικρή χρονική διάρκεια και τα σμήνη ξεχωρίζουν απόλυτα μεταξύ τους.

Επίσης από τα διαγράμματα βγαίνει το συμπέρασμα ότι το έτος 2009 κάθε σμήνος περιελάμβανε μεγαλύτερο αριθμό σεισμών.

Αναλύοντας τα cluster είναι πιθανό να υπάρχει τεκτονική δομή με συντεταγμένες γεωγραφικό μήκος 20,4 και γεωγραφικό πλάτος 41,3

4. Συμπεράσματα

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό κυρίως την ομαδοποίηση σεισμών με βάση τη χρονική και χωρική τους κατανομή.

Η περιοχή μελέτης της εργασίας αυτής εκτείνεται στη βορειοδυτική Ελλάδα, τη νότια Αλβανία και μέρος της πρώην Γιουγκοσλαβίας και πραγματοποιήθηκε για το χρονικό διάστημα από το 2008 μέχρι το 2010.

Η μελέτη της περιοχής αυτής κρίθηκε απαραίτητη λόγω σεισμοτεκτονικών και στατιστικών συμπεριφορών.

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει διαγράμματα χρονικής και χωρικής κατανομής, γεωγραφικής κατανομής, σμηνοσεισμών (clusters), καθορισμό πληρότητας, κυκλικές κατανομές πλήρη δεδομένων, κυκλικές κατανομές ενέργειας καθώς και χάρτες για όλα τα έτη μαζί αλλά και για κάθε έτος χωριστά.

Στα διαγράμματα χωροχρονικής κατανομής φαίνεται ότι υπάρχουν χρονικές συγκεντρώσεις σεισμών με μεγάλο εύρος μεγέθους. Οι συγκεντρώσεις αυτές θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως χρονικά clusters.

Από τα διαγράμματα και τα ιστογράμματα χρονικής κατανομής ανά μήνα και ανά δεκαήμερο μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι ο μήνας με τους περισσότερους σεισμούς είναι ο Σεπτέμβριος του 2009 καθώς και ότι το 64^ο και το 101^ο δεκαήμερο της περιόδου 2008-2010 αποτελούν τα δεκαήμερα με το μεγαλύτερο αριθμό σεισμών.

Όσο αναφορά τη πληρότητα των σεισμών αυτή είναι $M \geq 2$ για το διάστημα 2008-2010 αλλά και για κάθε έτος ξεχωριστά.

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα αυτό, ότι δηλ. $M \geq 2$ δημιουργήθηκαν κυκλικές κατανομές πλήρη δεδομένων από τις οποίες γίνεται φανερό ότι οι σεισμοί με μέγεθος 2-2.5 αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού αριθμού των σεισμών τόσο για το χρονικό διάστημα 2008-2010 όσο και για κάθε έτος ξεχωριστά.

Επίσης κατασκευάστηκαν κυκλικές κατανομές ενέργειας πλήρη δεδομένων από τις οποίες αποδεικνύεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας εκλύεται από σεισμούς με μεγέθη από 4 και πάνω.

Τέλος, αφού εντοπίστηκαν τα σμήνη των σεισμών (clusters) κατασκευάστηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος GMT χάρτες πάνω στους οποίους αποτυπώθηκαν τα σμήνη αυτά.

Ο ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

7	SEP	8	40:08,2	40,102	20,444	12,3	1,8
7	MAR	10	46:52,1	40,102	21,626	20,7	1,6
18	MAY	8	06:38,2	40,103	19,845	0	2,4
14	JUN	8	52:30,0	40,104	19,797	0,1	3,4
9	FEB	10	18:12,7	40,104	20,082	7,8	2,2
29	SEP	10	17:37,1	40,106	19,962	0,1	2,1
26	JAN	9	15:34,7	40,106	20,087	5	3
5	SEP	10	42:25,7	40,107	19,886	0	2,1
29	JUN	9	25:13,6	40,108	19,848	0	3
12	OCT	9	12:58,8	40,108	19,886	0,2	3,3
15	FEB	9	48:13,2	40,108	20,39	8,2	2,3
29	FEB	8	12:36,9	40,109	21,836	8,3	2,5
30	APR	10	28:39,0	40,11	19,778	0	3,2
10	JUN	10	49:06,4	40,11	20,391	0	2,2
25	FEB	8	11:37,4	40,11	21,753	0	3,1
10	JUN	10	44:22,0	40,111	20,418	11,3	1,9
10	SEP	8	58:18,2	40,111	20,915	18,5	2,1
25	APR	10	08:09,5	40,112	21,29	8,3	2,3
3	DEC	9	05:53,6	40,113	19,918	0	2,9
16	APR	10	01:43,0	40,114	19,878	0,1	2,5
5	FEB	9	43:41,9	40,115	19,705	2,5	2,1
30	JUL	10	51:46,0	40,116	21,752	3,6	2,5
22	APR	9	41:07,2	40,118	21,749	13,9	1,9
29	AUG	8	03:30,5	40,119	19,921	6,7	2,2
4	NOV	8	17:34,8	40,119	21,593	9,4	1,2
3	JUN	9	23:43,6	40,119	21,64	3,3	2,5
4	APR	10	09:20,5	40,119	21,661	10,9	1,9
28	FEB	10	49:51,9	40,119	21,723	7,6	2
22	SEP	9	01:23,2	40,121	19,711	0	2,2
20	AUG	8	47:13,5	40,122	21,56	4,2	2,1
4	JUN	9	36:12,2	40,123	19,795	0,8	2,5
29	NOV	10	17:53,5	40,123	19,977	4,3	3,6
13	FEB	10	15:05,7	40,123	20,093	0	2,8
3	FEB	10	09:31,8	40,126	19,661	0,1	2,9
2	JAN	8	54:43,1	40,126	20,487	0,1	3,8
6	SEP	8	17:39,8	40,126	21,771	18,5	1,4
29	FEB	8	01:37,8	40,126	21,869	2,6	4,2
8	APR	8	37:27,1	40,127	19,73	0	3,3
19	MAY	10	21:22,0	40,127	19,795	0,1	2,1
16	JAN	10	48:58,9	40,127	19,854	0,1	3
29	FEB	8	39:20,1	40,127	21,848	10,7	2,4
10	JUN	8	43:41,9	40,129	21,532	1,7	2,7
13	DEC	8	03:01,8	40,129	21,548	11,4	2,1

14	JUN	10	21:54,0	40,131	21,625	7,6	2
26	OCT	9	30:46,8	40,132	21,607	24,8	1,6
14	JUL	10	37:42,6	40,132	21,631	9,1	1,2
19	FEB	10	13:59,2	40,133	19,919	0	2,9
8	SEP	10	06:06,8	40,133	21,71	3,3	2,4
26	JUL	10	38:42,7	40,134	19,811	1,4	3,2
8	MAY	9	33:04,1	40,134	21,019	0	2,4
14	JUN	10	55:59,6	40,134	21,645	12,2	1,7
30	DEC	9	46:00,7	40,135	19,916	0,1	2,4
10	JUN	10	33:10,5	40,135	21,586	1,6	1,4
20	MAY	8	43:03,2	40,135	21,634	8,2	2,8
5	AUG	10	47:03,2	40,135	21,657	0	2,6
10	JUN	10	57:10,3	40,135	21,725	0	2,8
10	JUN	8	44:42,2	40,136	21,548	10,6	3
10	JUN	10	02:21,0	40,136	21,595	6,1	1,9
7	APR	8	38:57,4	40,138	19,658	0,1	3,1
13	SEP	9	03:22,2	40,139	19,888	0	2,9
26	JAN	9	51:58,1	40,139	21,587	7,7	2,1
10	JUN	10	15:39,5	40,139	21,645	14,2	1,9
6	JAN	11	15:44,6	40,139	21,806	7,4	1,9
10	JUN	10	01:44,9	40,141	21,646	13,6	1,4
8	SEP	9	46:10,4	40,143	19,707	0	2,7
25	NOV	9	51:52,7	40,143	19,806	0	2,8
11	DEC	10	58:07,4	40,143	20,254	0	3,6
26	JAN	9	20:06,9	40,143	21,618	0,1	2,4
26	JAN	9	10:50,5	40,144	21,564	8,7	2,2
26	SEP	9	08:40,5	40,144	21,593	17,4	2,1
8	JUN	10	44:24,4	40,144	21,652	0	2,9
8	JUN	10	48:56,8	40,145	21,639	5,3	2,2
26	NOV	10	34:57,8	40,146	19,787	0	2,9
22	OCT	9	45:54,7	40,146	21,63	2,5	3,8
3	NOV	8	29:27,0	40,147	19,891	0,1	2,6
6	MAR	8	46:25,6	40,149	19,57	7,7	3,9
11	JUN	10	17:38,2	40,149	21,661	7,7	1,4
21	MAR	10	41:23,8	40,149	21,69	7,1	2,3
8	APR	9	24:22,2	40,15	19,758	0,1	2,5
21	JAN	9	19:07,9	40,15	20,025	0,1	3,1
29	APR	10	54:23,2	40,15	21,673	0,1	2,1
30	AUG	8	15:19,1	40,151	20,739	17,8	1,7
17	JUN	10	53:07,6	40,151	21,6	10,8	2,2
10	JUN	10	10:36,7	40,151	21,683	2	3
8	JUN	10	18:22,0	40,152	21,642	4,9	1,8
1	MAR	9	24:00,9	40,153	19,618	0	1,9
30	MAY	10	10:20,1	40,153	19,737	0	2,4
18	DEC	10	36:22,8	40,153	20,065	0	2,8
20	DEC	9	55:58,5	40,153	21,574	12,1	2,2

1	MAY	8	14:45,1	40,154	19,804	0,1	2,9
10	JUN	10	13:29,4	40,154	21,639	10,5	1,3
4	MAY	10	25:07,8	40,155	21,7	17,1	1,8
17	FEB	10	38:39,6	40,156	19,716	0	3,3
6	DEC	10	13:09,6	40,157	19,82	11,4	2,3
14	SEP	8	41:52,6	40,157	20,763	0	2,6
15	OCT	10	43:21,0	40,158	21,687	0	1,7
29	APR	10	59:21,6	40,159	21,664	0	2
7	MAY	10	12:22,6	40,159	21,677	0,5	2,1
2	MAY	10	52:50,2	40,16	21,678	0	2,6
17	MAR	9	56:26,3	40,161	19,843	0,5	2,3
10	JAN	11	51:18,5	40,161	21,659	0	1,9
29	APR	10	14:09,4	40,161	21,671	5,4	2,2
5	APR	10	43:34,7	40,162	19,691	0	3,5
4	NOV	9	44:08,4	40,163	19,749	0,2	2,6
19	APR	10	29:57,7	40,163	21,672	3,9	2
19	APR	10	28:35,1	40,163	21,685	0	2,4
7	JUN	10	43:24,0	40,163	21,69	0	1,9
30	APR	10	57:05,0	40,164	21,677	1,7	1,7
1	APR	10	16:23,7	40,165	19,895	15,4	1,8
31	OCT	10	09:01,2	40,165	21,669	11,4	1,9
27	APR	10	08:54,6	40,167	19,662	0	3,1
29	APR	10	43:17,0	40,167	21,665	19,6	1,7
10	MAY	10	13:25,0	40,168	21,68	16,9	2
2	MAY	10	45:48,1	40,168	21,685	12,9	1,9
1	MAY	10	59:37,6	40,168	21,691	1,8	1,9
2	MAY	10	06:20,5	40,169	21,627	1,9	1,6
2	MAY	10	13:32,0	40,171	21,668	1,6	2
19	APR	10	59:40,3	40,171	21,7	1,6	2
4	MAR	10	25:29,5	40,172	21,688	9,6	1,8
30	APR	10	01:27,6	40,172	21,698	0	2,8
19	MAY	10	17:53,3	40,173	19,989	0	2,2
25	MAR	10	55:47,6	40,174	19,903	0	2,9
30	APR	10	32:27,7	40,174	21,695	0	3,3
11	OCT	10	05:52,0	40,175	21,659	2,4	1,7
8	JUN	10	13:38,8	40,177	19,925	0	2,1
4	MAR	10	45:14,2	40,177	21,674	12,9	1,9
19	APR	10	10:22,5	40,177	21,715	0	2,9
15	JUN	10	06:04,9	40,178	19,896	2,5	1,4
18	OCT	10	39:12,0	40,178	21,658	0	1,9
11	NOV	10	45:06,6	40,179	20,023	0	2,5
23	AUG	10	50:58,0	40,179	20,679	11,6	2,4
7	MAY	10	54:34,1	40,179	21,675	2,8	1,6
30	APR	10	23:18,6	40,179	21,706	12,8	1,7
1	NOV	9	46:09,1	40,18	19,725	0	2,6
27	FEB	8	00:53,0	40,18	20,722	0	2,8

1	MAY	10	29:39,1	40,18	21,677	0	2,4
27	APR	10	01:12,1	40,18	21,698	10	2
19	JUL	10	31:18,8	40,18	21,698	3	2,1
5	NOV	10	07:07,8	40,181	21,671	1,6	2
19	APR	10	29:23,5	40,186	21,704	17	2,1
24	MAR	10	51:39,3	40,187	21,704	0	3,3
24	MAR	10	36:40,1	40,188	21,679	7,8	1,7
30	APR	10	26:32,6	40,188	21,68	8,7	1,6
19	APR	10	59:22,2	40,189	21,702	13,9	1,9
19	JAN	11	21:31,0	40,19	19,94	0	2,2
13	MAR	10	24:01,8	40,19	20,612	18,5	2,3
24	MAR	10	35:15,5	40,19	21,697	13,7	1,4
24	MAR	10	56:54,8	40,191	21,677	6,4	2,1
1	MAY	10	35:59,8	40,191	21,696	16,5	1,5
16	APR	10	10:32,7	40,192	21,679	4,6	2,1
15	MAY	9	20:19,9	40,192	21,723	19,4	1,8
26	MAR	10	11:31,8	40,193	21,646	7,9	1,8
30	APR	10	40:20,2	40,193	21,712	17	1,9
11	MAY	10	50:00,8	40,194	20,597	0	2,2
30	APR	10	32:30,9	40,196	21,718	11,2	2
6	MAR	10	16:58,2	40,197	20,585	2,8	2,1
25	MAR	10	19:59,5	40,197	21,545	1,8	1,6
13	JAN	11	52:18,9	40,199	19,925	0	2,1
17	JUN	10	44:58,1	40,201	19,925	0	3
8	MAY	10	44:07,5	40,201	21,708	15,8	1,4
5	MAR	8	48:16,0	40,202	19,644	0	4
14	JUL	8	24:52,3	40,204	19,532	6,2	
27	MAR	10	26:45,9	40,204	21,675	8,7	2
8	MAY	10	22:50,6	40,205	19,742	2,5	2,1
24	MAR	10	21:23,6	40,205	21,695	10,6	2,1
18	NOV	9	46:12,6	40,208	20,577	0	2,4
20	NOV	9	35:13,9	40,208	20,59	16,4	2
14	SEP	8	05:12,9	40,208	20,761	0,5	2,8
16	DEC	9	07:59,2	40,209	20,584	13,2	2,5
18	DEC	9	45:32,6	40,209	20,585	10,1	2,2
19	DEC	9	26:45,3	40,209	20,59	0	2,8
26	MAR	10	05:39,4	40,209	21,708	14,3	1,9
25	MAR	10	48:13,8	40,21	21,665	13,2	2,1
22	MAY	10	34:13,9	40,213	21,92	1,6	1,7
15	APR	10	04:41,0	40,214	21,727	9,1	2,1
16	NOV	10	13:18,6	40,215	19,93	0	1,6
15	NOV	9	42:13,1	40,216	20,568	0,1	2,7
23	NOV	9	50:00,2	40,217	20,582	0,2	3,1
5	MAR	8	08:21,4	40,218	19,673	0,2	4,6
16	DEC	9	36:42,8	40,218	20,577	0	3,1
19	APR	9	38:30,8	40,218	21,036	0	1,8

15	MAY	9	00:30,5	40,22	19,692	3,4	2,3
13	APR	10	20:42,8	40,22	21,71	13,2	1,6
5	DEC	10	22:49,8	40,221	20,134	0	3,2
8	APR	10	51:52,9	40,221	21,696	15,1	1,6
25	DEC	10	03:11,4	40,222	20,289	8,7	2,7
18	NOV	9	11:11,0	40,222	20,595	0	2,5
5	MAY	8	27:17,0	40,224	20,611	13,9	3,9
20	JUL	10	28:21,1	40,224	21,714	18,1	2,2
16	AUG	8	21:49,9	40,225	21,515	9,9	3,3
8	APR	8	34:52,3	40,225	21,823	3,4	2,5
17	AUG	8	28:24,3	40,226	21,422	21	1,3
4	JUN	10	08:05,8	40,227	21,83	0	2,4
29	OCT	9	20:23,4	40,23	20,544	0	2,2
27	AUG	10	13:57,1	40,231	21,005	10,6	1,5
6	NOV	8	06:16,2	40,231	21,071	3,1	3,1
7	OCT	8	20:02,7	40,231	21,89	1,9	2,2
3	OCT	8	03:35,2	40,233	21,903	0	2,3
24	NOV	9	26:34,5	40,234	20,558	0	2,3
6	OCT	8	43:04,4	40,234	21,899	0	2,3
18	NOV	9	22:57,7	40,236	20,572	0	2,1
4	OCT	8	30:25,4	40,237	21,901	1,7	1,6
9	JUL	10	20:09,1	40,239	19,958	4,6	2
6	OCT	8	56:06,0	40,239	21,898	1,7	2,2
3	OCT	8	34:13,7	40,239	21,905	3,3	1,8
17	NOV	9	32:40,6	40,239	21,91	0	2,3
20	AUG	10	26:26,9	40,241	20,956	6,9	2
3	OCT	8	42:46,2	40,242	21,891	8,2	1,8
17	AUG	10	19:41,0	40,244	21,706	13,4	1,8
3	OCT	8	07:07,3	40,244	21,915	0,2	1,8
12	NOV	10	41:45,4	40,245	19,906	0	3
3	OCT	8	47:11,8	40,245	21,901	0,1	2,2
10	MAR	10	51:07,7	40,245	21,907	3,8	2,8
29	JUN	10	21:06,6	40,246	20,623	0	2,2
15	NOV	9	23:24,8	40,247	20,553	0	2,2
22	JUN	8	22:48,8	40,247	21,563	0	2,7
3	OCT	8	18:51,4	40,247	21,894	6,8	3
3	OCT	8	36:16,7	40,248	21,905	4,6	2,7
2	JUN	9	20:13,8	40,248	21,934	0	2,3
3	OCT	8	29:18,0	40,249	21,911	2,5	1,8
2	OCT	8	23:52,3	40,25	21,896	2,8	2,1
3	OCT	8	17:49,9	40,25	21,9	3,1	2,8
17	JUN	9	23:18,8	40,25	21,905	1,7	1,9
11	APR	10	56:49,9	40,252	21,753	14,1	1,6
3	MAY	10	22:56,2	40,252	21,926	1,5	2,4
28	MAY	10	30:05,9	40,253	21,932	1,5	1,9
14	SEP	10	27:06,9	40,255	21,714	5,3	2,7

23	MAY	9	05:42,5	40,255	21,901	2,1	2,3
15	APR	10	58:29,0	40,256	21,743	17,8	1,7
9	JUN	9	49:47,5	40,257	21,923	1,8	2,3
2	MAY	10	07:42,7	40,26	21,917	3,3	2,4
30	JUN	9	54:35,6	40,261	21,921	0	2,4
11	MAR	10	56:28,8	40,261	21,944	1,1	1,9
3	JUN	9	36:09,4	40,261	21,964	1,8	2,4
3	JUL	10	57:19,0	40,262	21,949	1,5	1,7
6	JUN	9	54:15,6	40,266	21,911	0,2	2,6
5	JAN	11	56:06,3	40,267	19,814	0,2	2
5	MAY	10	41:48,0	40,267	21,924	3,9	1,6
2	JUN	9	07:35,3	40,269	21,93	0	3,3
13	SEP	9	52:53,6	40,271	21,759	12,1	1,9
12	OCT	8	42:17,7	40,272	20,921	2,3	1,7
13	SEP	9	35:48,6	40,277	21,755	15,3	1,5
13	SEP	9	49:07,7	40,277	21,766	17	1,6
9	JUN	9	30:32,6	40,277	21,931	1,6	2,5
13	MAY	9	08:39,0	40,283	20,669	67,9	2,4
8	DEC	8	33:03,1	40,285	19,053	8,2	2,9
11	MAR	9	51:05,4	40,285	19,67	0	3,5
19	JUL	9	25:13,4	40,288	21,771	16,7	1,9
29	JUL	9	36:46,1	40,29	21,774	10,5	2,2
3	AUG	10	34:56,1	40,296	20,649	0,1	2,4
22	JAN	11	29:52,6	40,297	21,053	10,6	2,1
9	JUN	8	05:52,1	40,297	21,819	17,6	1,8
20	JAN	10	40:36,4	40,299	20,614	0	2,9
12	APR	10	00:56,3	40,301	20,553	1,8	2,6
25	MAR	9	23:25,5	40,305	19,637	10,9	4,4
5	JUN	9	46:15,6	40,307	19,681	0,9	2
4	MAY	10	02:46,3	40,308	19,295	0	1,9
24	APR	10	15:27,6	40,308	19,538	3,2	3,5
9	JAN	8	51:59,7	40,309	21,605	0	2,2
11	MAR	9	48:49,1	40,311	19,648	1,9	3,3
4	MAY	10	34:53,9	40,314	21,947	2,8	1,6
6	JUN	8	02:39,6	40,316	21,463	15	2,6
11	OCT	8	03:41,2	40,318	21,067	4,9	2,8
19	JUN	10	19:20,4	40,318	21,575	6,3	2,4
12	JUL	9	48:20,5	40,322	19,598	5	3,9
23	JUN	9	14:00,2	40,324	21,922	1,8	2,1
29	OCT	10	12:13,7	40,327	19,593	22,6	2,2
19	JUN	10	35:35,3	40,327	21,569	9,1	1,7
5	JUL	10	27:44,0	40,327	21,834	11	1,5
6	JUN	8	27:30,2	40,34	19,819	0,1	3,2
28	FEB	10	50:59,0	40,342	19,345	18,2	2,9
8	DEC	10	03:06,3	40,342	21,39	18,3	2,1
24	JUN	8	27:51,5	40,343	21,52	7,3	2,6

19	JUN	10	47:11,5	40,343	21,601	0	2
30	SEP	8	13:09,1	40,345	21,917	16	1,9
3	AUG	10	16:16,5	40,348	21,55	6,4	2,2
22	AUG	8	25:10,2	40,349	21,851	16,4	2
18	AUG	10	36:10,1	40,35	20,577	4,8	2
20	MAY	10	39:31,3	40,351	21,713	3,2	1,7
8	SEP	10	26:51,7	40,351	21,839	16,3	2
29	OCT	9	30:58,6	40,352	19,993	3,3	2,4
13	JUN	8	22:08,4	40,352	21,765	15,3	2,2
14	JUL	10	58:01,0	40,354	20,009	0	2,1
24	JUN	8	17:43,4	40,354	21,555	11,7	2,7
9	DEC	9	41:45,2	40,358	21,392	14,8	1,9
27	MAY	10	29:24,0	40,359	21,388	6,1	2,5
21	MAY	8	28:58,7	40,361	21,802	12,9	2,5
24	MAY	8	04:44,9	40,362	21,787	17,5	2,2
12	JUN	8	23:53,8	40,362	21,851	1,6	2,4
20	DEC	9	52:15,3	40,363	19,98	0	3,3
9	AUG	9	59:36,6	40,367	20,495	13,2	2,1
21	AUG	10	21:50,4	40,368	19,979	9,8	2,8
27	MAY	10	12:45,9	40,368	21,377	14,1	3
10	OCT	10	49:10,8	40,369	20,57	0	2,7
28	FEB	10	27:34,3	40,369	21,639	0	2,5
28	MAY	10	50:35,0	40,372	21,371	1,9	1,9
2	FEB	9	35:47,0	40,373	19,964	0	3,1
28	JUN	9	25:27,3	40,373	20,964	11,6	2
6	NOV	10	39:28,0	40,374	21,765	18,1	1,8
21	JAN	11	04:12,9	40,377	20,978	20,8	2,1
15	MAY	9	27:01,3	40,377	21,472	14,3	1,8
23	JUL	9	23:41,1	40,377	21,474	7,3	2,5
13	NOV	9	13:12,4	40,378	21,964	11,4	2
13	NOV	9	13:12,4	40,378	21,964	11,4	2
27	MAY	10	41:40,8	40,379	21,4	23,2	2,1
9	AUG	10	23:12,3	40,379	21,836	7,9	1,5
3	SEP	9	22:29,6	40,379	21,851	0	1,9
21	MAR	9	25:30,8	40,379	21,883	0,1	2
21	NOV	9	21:45,0	40,382	21,853	20,8	2,2
17	JUL	10	17:11,4	40,382	21,864	9	1,9
26	AUG	8	14:14,2	40,382	21,872	14,9	2
14	NOV	9	18:02,5	40,382	21,903	0	1,9
22	DEC	9	37:15,8	40,384	21,069	17,2	2,7
6	JUN	8	19:18,4	40,384	21,864	1,7	2,2
3	OCT	10	26:43,8	40,387	21,814	14,2	1,8
21	OCT	9	19:34,9	40,387	21,833	5,7	2
27	AUG	8	40:17,5	40,388	21,882	7,7	1,9
23	SEP	8	14:09,7	40,388	21,883	4	1,7
31	JAN	9	19:43,4	40,39	19,677	0	3,4

11	NOV	9	43:33,9	40,391	19,942	0	3,9
2	MAY	9	08:42,2	40,391	21,901	1,7	2
21	JUL	10	20:36,3	40,393	21,806	12,6	2,2
21	JUN	10	14:07,9	40,394	21,854	11,7	2
13	JUL	10	08:40,6	40,394	21,87	15,2	1,9
21	JAN	10	26:35,4	40,394	21,881	10,2	2,1
14	JUN	9	48:29,6	40,396	20,915	11	2,4
12	JAN	9	06:15,0	40,396	21,863	1,5	2
9	NOV	9	16:26,8	40,396	21,87	9,9	2
15	AUG	10	00:57,5	40,396	21,895	9,6	1,6
3	SEP	8	32:38,6	40,397	21,834	8,8	1,7
19	APR	10	50:12,1	40,397	21,861	9,1	1,7
28	MAR	9	16:39,0	40,397	21,869	0	1,6
28	SEP	8	24:51,8	40,397	21,89	10,3	2
16	AUG	8	19:06,6	40,398	21,88	0	1,9
6	DEC	9	02:06,1	40,399	19,938	0,1	2,8
30	JAN	8	37:46,8	40,399	21,066	4,8	3,2
31	DEC	8	16:08,8	40,399	21,724	22,3	1,8
18	MAY	8	16:34,1	40,399	21,828	3,7	2,4
2	JUL	8	12:42,2	40,399	21,828	10,2	2,2
29	SEP	10	02:19,7	40,399	21,85	0	2
16	APR	9	30:41,3	40,399	21,864	6,7	1,8
3	JAN	11	11:26,1	40,399	21,877	10,7	
18	JAN	10	24:38,3	40,399	21,917	7,2	1,8
11	MAY	9	41:18,5	40,399	21,95	2	1,9
15	JUN	8	22:03,5	40,4	21,825	12,3	2
28	JUN	8	17:31,8	40,4	21,825	3,2	2,2
31	AUG	8	07:50,6	40,4	21,858	6,1	1,8
17	JUL	10	04:56,5	40,401	21,242	17,6	1,9
6	JUL	9	23:26,7	40,402	21,807	4,9	1,7
17	MAR	9	25:11,4	40,402	21,868	0,6	2
27	FEB	8	23:56,9	40,403	19,959	0	3,6
31	DEC	8	11:50,5	40,403	21,396	15,5	1,5
25	NOV	8	27:32,3	40,403	21,874	1,6	1,9
22	AUG	9	17:45,0	40,403	21,876	1,5	2,1
11	MAY	10	08:15,2	40,404	21,86	8,9	1,9
10	JAN	11	35:48,3	40,404	21,867	8,9	1,8
2	JUN	9	53:20,8	40,405	20,999	17,8	2,2
13	OCT	9	57:55,9	40,405	21,429	12,4	2,3
10	MAY	8	22:41,9	40,406	21,821	10,5	2,4
6	AUG	10	22:00,5	40,406	21,845	10,1	1,9
30	OCT	9	31:09,9	40,406	21,9	7,2	2
6	MAY	10	19:50,0	40,407	19,983	0	3
31	DEC	8	13:09,0	40,407	21,408	13,3	1,6
13	SEP	10	06:01,6	40,407	21,802	0,2	1,8
16	JUN	9	22:58,4	40,407	21,856	1,7	1,9

27	JUL	8	09:46,3	40,407	21,858	1,6	2,5
22	OCT	10	23:16,2	40,407	21,874	0	1,7
25	APR	10	31:38,2	40,407	21,886	3,2	1,9
9	SEP	8	25:48,5	40,407	21,946	8,4	2
22	NOV	9	11:46,2	40,408	21,649	18,2	1,9
1	JUL	8	16:58,4	40,408	21,833	0	2,3
10	JUL	10	06:56,1	40,408	21,855	0	1,8
1	DEC	8	19:01,3	40,408	21,856	0	2
17	NOV	8	28:43,1	40,408	21,867	10,6	2
26	JAN	10	33:52,9	40,408	21,868	8,9	2,1
8	JAN	9	09:54,8	40,408	21,892	0,5	2
10	FEB	10	03:04,8	40,408	21,895	1,6	2,1
5	JAN	9	00:25,6	40,409	21,848	5,7	1,9
25	JUL	8	18:47,4	40,409	21,868	5,4	2,4
29	SEP	9	11:47,9	40,409	21,888	1,7	1,7
7	JUL	8	58:03,1	40,409	21,892	1,7	2,4
16	SEP	10	05:21,4	40,409	21,895	0	1,9
30	MAY	8	51:12,8	40,41	21,521	0,5	2,1
5	AUG	10	24:10,7	40,41	21,859	1,8	1,8
15	FEB	8	42:02,2	40,41	21,866	0	2,4
29	AUG	9	11:52,6	40,41	21,87	0	1,7
24	SEP	10	30:09,9	40,41	21,878	7,5	2,1
13	NOV	10	27:46,5	40,41	21,89	0	2,2
14	JUN	8	11:20,1	40,41	21,905	2,4	2,3
12	NOV	9	39:02,5	40,411	20,671	0	2,6
10	DEC	10	30:59,9	40,411	21,22	13,1	2,5
21	JUN	9	40:29,3	40,411	21,847	7,5	1,7
1	APR	10	28:10,9	40,411	21,869	1,8	1,9
20	JUN	9	44:09,4	40,411	21,873	8,6	2
3	AUG	10	26:43,3	40,411	21,877	1	1,7
24	MAR	10	24:15,1	40,411	21,898	1,8	1,8
1	FEB	9	28:38,0	40,412	21,847	9,8	1,8
24	OCT	10	09:51,2	40,412	21,851	0	1,7
14	APR	8	27:33,2	40,412	21,872	2	2,4
13	MAY	8	36:21,8	40,412	21,904	7,2	2,8
27	JUL	10	24:59,8	40,413	21,833	13,4	1,9
4	JUL	10	05:20,4	40,413	21,862	1,8	1,7
16	JUL	10	25:28,1	40,413	21,864	0	1,8
17	AUG	8	21:01,0	40,413	21,895	7	1,8
3	FEB	10	05:37,2	40,414	21,463	7,8	2,5
20	JUL	9	13:20,4	40,414	21,819	6,9	1,8
8	MAY	9	08:46,7	40,414	21,843	1,8	2,1
22	JUL	10	28:36,1	40,414	21,869	0,3	2,1
12	AUG	8	09:06,9	40,414	21,897	7,2	1,8
10	JUL	10	22:09,0	40,415	21,836	7,9	1,7
7	JAN	8	21:27,2	40,415	21,845	14,2	

13	MAR	10	20:24,6	40,415	21,864	7,9	2,1
22	MAY	10	37:32,9	40,415	21,872	8,1	1,8
21	OCT	9	08:06,8	40,415	21,886	1,3	1,9
21	JUN	8	24:58,4	40,415	21,944	3,4	2,8
19	JAN	11	13:03,2	40,416	21,837	3,2	1,7
29	APR	9	18:08,1	40,416	21,856	3,1	1,9
15	MAR	9	14:33,6	40,416	21,862	0	2,4
4	OCT	9	11:52,7	40,416	21,864	1,6	2,1
3	JUL	10	06:54,7	40,416	21,871	6,7	1,7
24	JAN	10	20:21,5	40,416	21,884	0	2,2
17	MAY	8	27:43,0	40,417	21,834	1,4	2,5
29	JUL	10	31:40,2	40,417	21,854	4,1	1,7
24	NOV	9	19:04,1	40,417	21,862	7,6	2
6	JUN	9	24:23,5	40,417	21,885	8,4	1,9
16	SEP	10	03:21,1	40,417	21,941	1,7	1,9
5	SEP	10	18:44,3	40,418	21,848	0	1,7
27	JUN	9	20:05,4	40,418	21,856	6,8	2,1
29	MAY	10	08:00,2	40,419	21,369	3,7	2,5
4	JUN	10	24:27,8	40,419	21,844	3,3	1,8
21	JAN	11	14:28,9	40,419	21,85	3	1,4
10	AUG	8	22:22,8	40,419	21,854	5,8	1,8
30	NOV	8	11:52,8	40,419	21,867	1,7	2,1
6	JUN	9	06:06,5	40,419	21,876	1,7	2,1
8	OCT	8	28:11,4	40,42	21,9	1,8	1,7
30	APR	10	26:36,1	40,42	21,909	0	1,8
28	MAR	8	25:52,5	40,421	21,855	0	2,6
16	NOV	9	19:45,7	40,421	21,864	1,8	2,1
21	NOV	9	49:53,0	40,422	19,981	0	3,2
1	JUN	8	37:40,2	40,422	21,843	12,4	2,6
23	AUG	9	16:19,4	40,422	21,856	0	1,7
31	AUG	9	06:59,9	40,422	21,875	0	1,7
26	JUL	8	27:02,7	40,422	21,878	2,3	2,6
6	JAN	9	03:13,9	40,422	21,884	2,1	2
7	JUL	9	11:16,2	40,423	21,85	1,6	1,9
4	FEB	9	13:10,8	40,423	21,854	1,7	2,4
2	SEP	8	29:31,7	40,423	21,858	0,6	1,8
14	MAY	10	32:16,0	40,423	21,86	0	1,9
9	FEB	10	32:51,3	40,423	21,894	4,3	1,6
15	APR	10	57:11,4	40,424	21,177	12,9	2
17	JUN	10	48:40,8	40,424	21,433	7,2	2
17	JUN	10	50:40,6	40,424	21,443	12,7	2
22	JAN	11	49:35,3	40,424	21,481	11,1	2,4
20	DEC	8	23:51,6	40,424	21,716	16	1,9
26	APR	10	21:53,3	40,424	21,844	13,2	2
3	SEP	10	11:19,0	40,424	21,869	0,2	1,7
17	JUN	9	40:49,0	40,424	21,872	1,8	1,9

7	SEP	10	08:30,0	40,424	21,876	8,9	1,6
4	SEP	9	24:30,4	40,424	21,89	0	1,9
16	AUG	10	35:49,5	40,424	21,897	0	1,5
18	AUG	8	26:28,6	40,424	21,919	14	2,3
13	AUG	10	17:53,9	40,425	21,866	3,6	1,9
2	MAY	9	08:42,1	40,425	21,909	3,5	1,8
7	MAY	8	10:12,3	40,426	21,83	0	2,5
26	NOV	8	10:58,2	40,426	21,87	1,6	1,9
19	AUG	8	57:17,9	40,427	21,122	14,3	1,4
22	OCT	10	06:53,4	40,427	21,438	2,7	2
13	OCT	10	03:19,9	40,427	21,452	14,5	1,8
4	SEP	10	52:35,3	40,427	21,556	5,5	2,5
6	SEP	10	21:09,3	40,427	21,86	1,6	1,8
9	MAY	10	04:15,3	40,427	21,865	9,9	1,9
26	MAR	10	29:38,6	40,427	21,894	2	1,8
22	JAN	8	09:13,8	40,428	21,425	2,2	2,8
28	JUL	8	58:21,9	40,428	21,86	1,8	2,2
6	OCT	10	09:25,8	40,428	21,86	1,2	1,9
1	APR	8	29:54,4	40,428	21,865	0	2,5
7	MAR	10	31:00,6	40,428	21,87	1,8	1,9
10	JAN	9	33:24,4	40,428	21,881	0	1,9
26	FEB	10	30:39,5	40,429	20,654	0	2,6
20	AUG	8	04:13,8	40,429	21,066	20,1	1,6
4	OCT	8	50:57,2	40,429	21,439	6,8	1,5
8	SEP	10	00:14,6	40,429	21,747	9,6	1,9
5	JUL	8	35:33,7	40,429	21,847	1,7	2,4
17	SEP	10	09:39,2	40,429	21,85	1,7	2
13	NOV	8	24:06,2	40,43	21,874	0	2
3	MAY	10	19:09,5	40,43	21,876	0	2,1
20	NOV	10	02:49,9	40,43	21,877	2	2,2
31	MAY	10	29:16,4	40,431	21,465	2,5	2,1
11	JUL	10	17:54,2	40,431	21,849	0	1,9
17	JUN	9	25:45,0	40,431	21,854	1,8	2
28	JUL	10	05:46,5	40,431	21,87	1,5	1,7
9	APR	10	44:50,2	40,431	21,877	2,2	1,7
20	DEC	9	27:44,2	40,432	19,827	0,1	2,8
28	AUG	9	51:09,1	40,432	21,854	1,7	1,9
10	MAY	10	17:25,7	40,432	21,854	1,4	2
4	AUG	8	33:27,1	40,432	21,856	0	2
3	JUL	10	17:34,3	40,432	21,864	1,7	1,7
25	JUL	9	13:30,9	40,432	21,865	1,8	1,7
30	JUL	8	58:24,9	40,432	21,916	0	2,7
12	MAY	8	17:37,2	40,433	21,88	0	2,2
20	DEC	9	10:50,9	40,434	21,121	13,9	2,2
12	MAY	9	24:47,9	40,434	21,479	14,1	2,2
4	JUN	8	23:15,3	40,434	21,843	0	2,5

16	JAN	8	13:13,6	40,434	21,851	0,1	2,5
2	MAY	10	21:09,0	40,435	21,854	0,1	2,2
21	MAY	10	28:01,4	40,435	21,859	1,8	2
10	JUL	9	28:18,9	40,435	21,882	0	1,7
21	NOV	10	22:48,2	40,435	21,908	0	1,9
18	AUG	10	47:23,8	40,436	21,455	7,4	1,9
22	NOV	9	48:50,0	40,436	21,457	4,4	1,3
21	JAN	8	35:46,1	40,436	21,755	0,1	2,7
19	JUL	8	57:51,7	40,436	21,835	7,6	2,3
29	JUN	8	11:34,2	40,436	21,844	2,3	2,3
16	MAY	8	28:54,1	40,436	21,853	0	2,3
3	MAR	10	25:03,5	40,436	21,868	0	1,2
12	AUG	9	55:48,3	40,437	19,719	2,8	3,1
22	NOV	9	07:01,6	40,437	21,466	8,1	1,4
13	FEB	10	26:47,9	40,437	21,545	16,3	2,8
11	SEP	10	51:06,1	40,437	21,858	1,2	2
10	DEC	8	30:00,9	40,437	21,905	0	2,2
12	AUG	9	48:57,8	40,438	19,8	0	3,4
20	AUG	10	27:37,3	40,438	21,447	1,6	2
22	MAY	9	23:42,2	40,438	21,834	18	2
3	FEB	9	19:53,8	40,438	21,86	0	2
27	JUL	8	09:28,1	40,439	21,861	0	2,4
18	DEC	9	01:51,0	40,44	20,722	0,1	2,5
22	OCT	10	59:56,1	40,44	21,452	7,8	1,7
22	AUG	9	15:53,2	40,44	21,461	14,7	2,1
24	FEB	8	21:41,4	40,44	21,87	7	2,5
7	JAN	9	30:38,8	40,441	21,841	0	2
19	MAY	10	14:19,0	40,442	21,1	13	1,7
26	MAR	8	26:14,8	40,442	21,288	4,8	2,6
3	MAY	10	15:59,5	40,442	21,467	5,6	2,8
4	SEP	10	24:49,0	40,442	21,567	17	2,1
21	OCT	9	33:11,2	40,442	21,584	10,8	1,9
6	SEP	8	28:53,6	40,442	21,882	13,1	1,9
28	MAR	9	24:05,9	40,443	21,864	0	2,1
9	APR	10	01:05,6	40,443	21,883	0	2,1
22	APR	10	04:53,5	40,443	21,933	3,5	1,8
2	FEB	8	27:41,9	40,444	21,888	0	2,5
16	JUN	10	42:35,9	40,446	21,466	12,1	2,4
29	APR	10	16:21,7	40,447	21,45	5,3	1,9
25	JUN	9	39:51,8	40,447	21,451	10,9	2,5
16	APR	10	20:10,8	40,448	21,852	1,7	1,8
7	JAN	11	24:43,9	40,449	21,824	2	2
1	OCT	10	17:28,1	40,449	21,875	0	2,1
25	JUL	10	30:53,0	40,45	20,065	0	3,5
21	JUN	8	26:16,8	40,45	21,558	14,9	3,6
22	NOV	9	58:59,9	40,451	21,698	9,7	2,6

3	MAR	8	09:34,8	40,452	21,423	5,1	2,4
24	JUL	10	10:23,4	40,452	21,864	6,3	1,8
18	AUG	9	28:41,6	40,452	21,866	1,6	2,1
29	OCT	9	29:51,2	40,452	21,9	1,8	2
1	AUG	8	04:15,5	40,453	20,108	0,9	2,3
15	MAR	10	18:41,2	40,453	20,932	11,1	2
20	OCT	9	18:26,7	40,453	21,866	1,8	2,1
17	MAR	10	05:45,8	40,454	20,947	14,1	1,8
3	AUG	9	15:57,9	40,454	21,558	0,3	2,3
30	JUN	10	22:49,2	40,454	21,886	1,5	2
9	AUG	9	58:20,5	40,455	20,414	0	2,9
27	JUL	8	56:09,1	40,455	21,314	2,5	2,5
1	SEP	8	06:01,5	40,455	21,452	19,9	2,1
11	OCT	9	25:08,8	40,455	21,477	16,9	1
24	NOV	8	09:11,4	40,457	21,864	2,7	2,2
3	MAY	8	03:07,4	40,46	21,249	6	2,7
11	FEB	8	11:49,6	40,462	20,074	0	3,5
25	OCT	10	15:50,6	40,462	21,577	4,1	2,3
23	FEB	10	13:58,7	40,467	20,649	0	2,4
6	MAR	8	13:10,4	40,467	21,042	17,6	2,8
22	MAR	9	16:31,8	40,468	21,57	10,9	2,9
13	FEB	8	42:12,2	40,468	21,628	0	2,4
5	MAR	8	02:43,8	40,47	21,156	0	3,6
22	MAR	9	39:07,0	40,47	21,578	14,6	2,4
27	MAR	10	07:05,6	40,47	21,917	10,4	1,7
8	OCT	9	51:41,9	40,471	20,711	0	2,3
1	OCT	8	20:59,7	40,471	20,911	1,7	2,4
1	APR	10	51:28,0	40,472	20,715	7,7	2,3
24	JUN	8	19:50,7	40,472	21,895	9,1	2,8
15	APR	8	42:39,8	40,473	21,188	0,1	2,9
15	NOV	10	39:36,5	40,474	20,547	3,5	1,9
14	AUG	8	49:36,5	40,474	21,152	18	2,1
15	APR	8	48:39,0	40,474	21,291	2,1	2,4
30	JUN	8	25:55,5	40,476	21,277	9,9	2,4
14	APR	9	32:46,3	40,478	20,615	0,1	2,1
23	SEP	9	42:03,7	40,48	21,397	12,1	1,4
7	FEB	10	45:15,9	40,482	20,657	0,1	2,6
6	APR	10	06:58,0	40,482	21,546	10,9	1,6
21	AUG	10	09:58,7	40,483	20,067	0	2,3
16	APR	9	49:51,4	40,484	20,849	1,4	2,6
6	MAR	8	00:02,6	40,485	21,047	27	2,6
13	SEP	10	12:24,0	40,486	19,547	5,3	2,7
12	MAY	10	49:40,1	40,49	20,974	3,8	1,6
13	NOV	9	51:07,5	40,494	20,792	8,3	2,2
31	OCT	10	25:16,4	40,495	19,673	2,8	2,6
11	JUL	8	23:09,3	40,495	21,38	11,3	2,5

1	FEB	10	40:58,1	40,495	21,574	14,3	1,8
21	AUG	8	24:03,5	40,496	21,383	12,5	1,9
11	NOV	10	16:24,0	40,498	20,856	1,5	1,7
25	MAR	10	30:10,9	40,499	20,671	4,8	1,9
1	JUL	8	09:46,5	40,5	21,155	11,7	2
30	SEP	8	46:32,6	40,503	20,052	2,4	2,9
10	APR	9	34:47,5	40,503	21,687	12,1	1,8
17	AUG	8	14:42,1	40,509	20,648	0	2,2
13	MAY	9	15:09,8	40,509	20,997	5,5	1,5
19	DEC	9	49:28,2	40,511	21,627	16,4	2,9
20	AUG	10	42:23,3	40,514	20,8	9,3	1,7
15	FEB	8	01:37,7	40,515	21,522	0,5	3
10	DEC	9	31:10,6	40,517	20,02	3,2	3
5	NOV	9	54:59,6	40,519	19,302	19,1	3,2
29	APR	10	48:46,1	40,519	21,173	1,6	1,9
5	AUG	10	30:27,7	40,52	20,099	0,9	2,9
14	APR	9	16:04,0	40,52	21,144	17,4	3,6
13	MAY	9	49:59,2	40,521	21,165	1,6	2,3
27	JUN	9	11:15,2	40,523	19,794	1,6	3,2
19	DEC	9	59:52,7	40,527	21,675	14,6	2,6
7	SEP	8	51:23,9	40,529	20,585	2,2	2,2
30	SEP	9	20:10,2	40,529	21,409	14,6	1,8
28	AUG	8	16:04,4	40,53	21,128	17,6	1,4
5	FEB	9	01:31,2	40,531	21,664	15,9	2,3
30	MAR	8	15:20,4	40,534	21,559	13,8	3
14	APR	9	15:15,4	40,537	21,192	6,1	3,9
1	OCT	8	19:19,2	40,54	20,771	0,7	2,6
12	JUN	8	42:02,4	40,542	21,413	26	2,3
1	AUG	8	18:13,2	40,543	20,85	13,7	1,7
17	AUG	9	52:07,7	40,544	19,435	0	2,8
5	NOV	10	44:14,6	40,547	21,658	15,1	1,9
25	SEP	10	49:53,2	40,551	21,043	6,6	2,6
6	SEP	8	10:08,4	40,553	21,374	15,5	2
3	APR	9	06:22,1	40,554	21,444	22,8	1,5
24	JUL	9	12:17,9	40,554	21,584	18,4	2,8
6	SEP	8	56:48,3	40,555	21,38	10	2
21	MAY	9	14:16,3	40,556	21,47	15,1	1,8
8	AUG	8	38:51,0	40,563	21,631	10,2	1,7
10	JUL	9	38:17,8	40,567	19,872	7,3	2,7
13	FEB	9	56:02,0	40,572	21,657	20,9	1,9
7	MAY	8	27:28,8	40,576	21,634	5,8	3,1
6	APR	8	08:05,0	40,579	21,573	16,1	2,3
25	AUG	8	58:50,6	40,579	21,624	24,8	2
7	JAN	10	17:44,3	40,58	20,685	11,6	1,7
14	MAY	10	06:00,4	40,584	20,681	14,7	1,7
21	AUG	8	45:03,0	40,588	21,216	16	1,3

26	NOV	9	15:24,0	40,591	21,554	14,1	2,2
18	APR	9	27:42,5	40,591	21,601	13,8	2,5
20	MAY	10	17:10,9	40,592	21,469	17,4	2,4
9	AUG	9	56:47,6	40,594	20,593	14,3	1,8
16	OCT	8	56:10,9	40,595	21,057	13,1	1,6
29	MAY	10	47:50,5	40,595	21,671	1,8	1,5
7	JUL	10	57:59,7	40,597	20,624	11,8	1,8
12	MAY	9	56:15,6	40,597	21,26	19,5	1,6
28	APR	9	54:58,9	40,598	21,599	25,4	1,8
17	NOV	9	43:06,4	40,6	20,634	2,8	2,3
13	MAR	8	46:21,0	40,6	21,619	18,6	2,9
29	MAY	10	47:37,4	40,6	21,669	1,8	1,6
2	FEB	8	20:07,6	40,601	21,461	13,9	2,4
27	SEP	10	32:32,7	40,601	21,644	19,3	1,5
11	SEP	10	20:26,3	40,604	20,883	6,4	1,5
24	MAY	8	30:46,8	40,604	21,645	14,1	2,4
22	SEP	8	43:36,0	40,607	21,443	6,6	2,2
26	NOV	9	08:04,2	40,608	21,577	16	2,8
1	SEP	8	21:06,4	40,609	21,011	17	2
21	SEP	8	14:43,7	40,61	21,44	5,2	1,5
13	SEP	10	26:45,9	40,611	20,935	9,2	2,5
22	SEP	8	36:55,4	40,613	21,461	4,3	2,7
9	FEB	10	43:38,9	40,615	21,044	11,9	1,7
21	SEP	8	38:29,4	40,616	21,429	10,6	1,7
8	FEB	9	46:26,4	40,617	21,434	12,1	2,3
6	JUL	9	05:49,1	40,62	20,688	13	1,9
19	APR	10	31:37,9	40,621	21,641	10,4	2,5
9	AUG	8	45:11,0	40,623	21,875	8,8	1,6
21	SEP	8	30:02,5	40,624	21,444	9,6	1,7
11	APR	9	51:58,9	40,625	19,643	1,9	2,8
5	JAN	9	25:12,9	40,626	20,907	12,6	2,5
21	SEP	8	59:57,3	40,626	21,452	2,2	2,5
29	MAY	9	41:03,3	40,628	20,943	1,1	1,5
3	OCT	8	56:40,8	40,628	21,242	0	2,2
5	FEB	10	02:00,2	40,631	20,212	21,2	2,1
13	JUN	8	04:11,2	40,631	21,627	7,2	3,1
11	DEC	10	55:30,8	40,632	21,48	1,8	3,9
1	JUL	8	07:39,8	40,632	21,61	1,6	2,5
12	DEC	9	31:55,6	40,632	21,74	2,1	2,3
12	SEP	10	35:45,4	40,636	20,848	13,1	1,7
11	DEC	10	37:10,0	40,636	21,471	0	3
28	AUG	8	40:06,0	40,638	20,83	12,9	2
12	SEP	10	18:49,8	40,638	20,841	13,4	2
11	SEP	10	04:57,3	40,638	20,842	12,2	1,7
17	JUL	10	13:18,0	40,639	20,872	0,6	1,9
4	OCT	8	15:16,6	40,639	21,649	1,8	1,7

11	SEP	10	15:36,0	40,64	20,843	13,2	2,5
11	SEP	10	04:44,0	40,642	20,833	13,3	1,8
12	SEP	10	52:21,6	40,642	20,838	13,9	1,7
11	SEP	10	32:00,2	40,643	20,842	12	2
11	SEP	10	40:51,2	40,643	20,886	3,1	2,5
11	SEP	10	58:27,1	40,644	20,825	13,5	2,2
4	OCT	10	47:10,6	40,644	20,838	11,2	1,8
1	JUL	8	59:34,1	40,644	21,452	14,4	3
7	JUN	8	27:14,6	40,644	21,788	1,8	1,9
9	MAY	10	47:12,4	40,646	19,81	6,6	2,6
12	SEP	10	50:52,7	40,646	20,831	13	1,6
12	SEP	10	28:39,4	40,646	20,834	13,4	1,7
12	SEP	10	37:07,5	40,646	20,835	13,2	1,8
11	SEP	10	10:08,3	40,646	20,838	13,3	2,1
11	SEP	10	51:30,3	40,647	20,831	13,5	2,2
15	SEP	10	30:04,2	40,648	20,83	12,2	2,1
2	DEC	9	51:45,1	40,648	21,728	3,4	2,6
2	AUG	9	47:19,6	40,649	20,805	5,1	1,9
12	SEP	10	00:27,2	40,65	20,829	13	1,4
19	SEP	10	05:17,8	40,65	20,869	8,4	2,8
2	JUL	8	27:33,9	40,65	21,451	17,3	2,8
12	SEP	10	49:37,3	40,651	20,82	14,3	2,1
11	SEP	10	40:21,5	40,651	20,823	14	2,1
27	DEC	8	25:21,4	40,651	20,89	0	2,6
12	SEP	10	39:56,6	40,652	20,878	1,7	1,5
11	SEP	10	21:43,1	40,653	20,833	14	2,3
14	SEP	10	42:58,9	40,653	20,876	3,4	2,3
1	JUL	8	03:18,2	40,654	21,48	15,7	2,6
1	JUL	8	31:57,6	40,655	21,469	14,7	3,7
1	JUL	8	48:21,3	40,655	21,497	9,4	3,3
18	FEB	9	24:04,2	40,656	20,616	0	2,2
11	SEP	10	30:19,0	40,656	20,828	12,9	1,5
11	SEP	10	04:59,0	40,656	20,837	9,1	1,8
15	JUL	10	41:03,5	40,657	20,179	8,4	2,2
5	JAN	9	13:05,2	40,658	20,829	13	1,4
11	SEP	10	52:37,0	40,658	20,917	0,1	3,2
11	SEP	10	50:50,6	40,659	20,872	5,7	2,3
2	JUN	9	31:28,5	40,662	21,462	13,5	2,5
1	JUL	8	17:46,4	40,662	21,517	2	3,7
26	AUG	9	41:01,5	40,665	19,849	0	2,3
20	SEP	10	54:52,1	40,665	20,92	2,7	2,6
14	DEC	9	31:58,3	40,666	20,613	12,4	2
14	FEB	9	58:21,3	40,666	21,239	11,4	3,6
4	SEP	9	51:08,1	40,667	19,84	0	2,6
8	APR	8	19:05,9	40,667	20,653	0	3,4
3	SEP	8	58:12,5	40,667	20,737	15,5	2,4

28	AUG	8	18:37,6	40,668	20,722	14,5	2,4
20	SEP	10	30:06,4	40,669	20,915	2,2	2,7
31	AUG	8	28:55,2	40,672	20,704	14,8	2
22	OCT	9	04:51,6	40,672	21,596	9,4	2,3
3	OCT	9	52:17,9	40,674	21,535	19,4	1,9
18	FEB	9	34:43,1	40,676	20,673	0	2,1
19	JUL	8	48:16,7	40,678	20,952	14,5	2,4
28	SEP	8	33:36,7	40,681	20,738	0	2,7
28	AUG	8	56:34,3	40,681	20,743	4	2,3
11	SEP	10	47:12,5	40,681	20,94	0	4
24	OCT	8	43:29,0	40,682	20,715	1,9	2,1
8	NOV	8	50:02,6	40,682	21,301	16,2	1,7
26	OCT	10	23:42,7	40,683	20,769	1,6	2,5
28	SEP	8	03:14,4	40,684	20,568	10	2,2
3	SEP	8	47:01,1	40,684	20,723	0	2,1
20	NOV	8	49:28,2	40,684	21,324	16,9	1,6
28	AUG	8	42:43,5	40,685	20,667	8,1	2,8
28	AUG	8	31:13,8	40,685	20,761	1,6	3,5
28	SEP	8	11:52,3	40,686	20,686	0	3,1
5	SEP	8	33:08,5	40,687	20,678	12,5	2,6
3	SEP	8	04:05,7	40,687	20,765	3,5	2,3
28	AUG	8	52:35,0	40,688	20,669	15,9	2,8
28	AUG	8	37:08,9	40,688	20,724	0	3,7
29	AUG	8	24:13,5	40,688	20,81	4,7	2,2
17	MAY	8	53:08,2	40,689	21,174	0	3,3
19	AUG	8	29:44,3	40,691	21,224	8,5	1,7
28	SEP	8	55:29,1	40,692	20,723	3,5	2,7
28	AUG	8	08:27,9	40,693	20,748	0,5	3,2
14	MAY	9	54:48,3	40,694	19,642	1,3	2,3
29	OCT	9	32:06,6	40,694	20,351	8,8	2,1
1	JUL	8	07:00,0	40,694	21,474	20,4	2,4
25	JUL	10	16:50,6	40,694	21,564	11,1	2,1
25	MAY	10	22:13,2	40,696	20,703	1,5	1
28	AUG	8	27:57,8	40,698	20,749	0	2,1
22	MAR	8	32:57,5	40,699	20,335	0	4,3
18	OCT	9	02:20,7	40,7	20,73	1,8	1,9
28	AUG	8	48:51,2	40,701	20,648	13,4	2,6
28	MAY	10	36:44,3	40,701	20,837	9,7	1,5
31	OCT	8	32:10,0	40,701	21,434	7,5	1,6
18	MAY	8	57:09,8	40,703	20,316	0	3
15	OCT	8	48:47,2	40,703	21,452	1,5	1,7
28	JUL	8	49:24,8	40,703	21,888	2,6	4,2
1	JAN	10	39:18,7	40,704	19,721	0	2,6
12	JUL	10	22:13,2	40,704	21,632	2,1	2,2
16	JAN	10	52:44,2	40,706	21,409	1,1	2,8
9	JAN	11	59:24,6	40,708	20,373	0	2,4

27	FEB	8	06:13,6	40,708	21,893	1,2	2,2
4	SEP	8	27:22,6	40,71	21,614	55,7	2
28	AUG	8	02:38,7	40,712	20,535	12,6	3,1
29	JUL	8	35:06,0	40,713	21,886	0,4	3,6
22	MAR	10	06:39,7	40,714	21,827	23,1	2
21	FEB	9	45:08,4	40,716	21,505	2,2	1,6
7	MAY	9	22:21,1	40,718	21,446	7,3	1,6
5	APR	9	06:36,5	40,718	21,866	13,2	2
26	JAN	11	05:12,8	40,72	20,712	0	2,2
22	AUG	8	59:58,9	40,721	21,729	13,9	1,3
27	OCT	9	13:59,8	40,722	21,433	5,2	1,7
23	AUG	8	27:02,3	40,722	21,488	5,8	1,9
26	JAN	11	44:28,7	40,724	20,741	0,1	2,4
16	DEC	9	45:01,8	40,725	21,613	5,6	2,3
25	JAN	11	06:03,5	40,726	20,699	4,4	3
9	APR	8	53:31,5	40,727	21,687	0,3	2,1
15	JUL	9	14:07,1	40,728	19,593	16	2,4
16	NOV	10	01:23,4	40,729	21,039	0	2,2
20	JUL	8	38:15,8	40,73	20,683	2,1	2,5
5	JUL	9	14:31,7	40,731	19,64	0	3,5
26	JAN	11	39:21,4	40,734	20,641	2,5	2,8
18	JAN	10	10:36,3	40,734	21,353	17,5	2,1
9	AUG	9	40:46,5	40,735	20,609	15,4	2
26	JAN	11	45:55,5	40,738	20,63	13,1	2,4
3	SEP	9	06:18,1	40,738	20,66	12,8	2,2
18	JAN	10	51:42,9	40,738	21,355	17,3	2,3
26	JAN	11	03:34,7	40,739	20,64	15	3
4	JAN	10	37:42,9	40,739	21,454	18,5	2,1
17	NOV	9	54:53,8	40,739	21,754	1,2	1,7
6	MAR	9	29:58,3	40,74	21,974	8,9	2,4
16	JAN	10	24:35,3	40,741	21,302	12,6	2,2
18	JAN	10	12:37,2	40,741	21,351	18	2,2
16	APR	9	58:20,4	40,743	20,305	0	2,8
18	JAN	10	40:07,3	40,743	21,368	19	1,9
16	JAN	10	25:34,0	40,744	21,306	11,1	2,2
19	JAN	10	07:44,3	40,744	21,319	16,9	2
6	FEB	9	29:24,7	40,744	21,604	1,8	2
28	JUN	8	59:49,5	40,745	20,825	9,6	2,8
17	AUG	8	56:54,7	40,745	20,919	28,7	2,4
24	MAR	9	19:00,4	40,746	21,259	10	2,2
16	JAN	10	21:08,4	40,746	21,323	9,8	2,2
16	NOV	9	32:33,8	40,746	21,735	20,1	2,3
26	JAN	11	11:12,1	40,748	20,661	0	3,4
14	JAN	8	43:14,5	40,755	21,87	9,3	3,7
17	JUL	9	45:17,8	40,756	19,575	0	3,1
30	JAN	10	05:08,5	40,756	20,826	3,2	2,6

16	JAN	9	05:26,5	40,756	20,938	33,3	1,9
16	NOV	9	34:57,3	40,76	21,697	22,5	2,1
18	JAN	10	45:49,7	40,763	21,282	13,6	3,2
5	NOV	9	42:12,8	40,766	19,718	0	3,1
16	JAN	10	18:31,2	40,768	21,331	9,2	2,5
21	APR	10	08:34,1	40,769	21,747	16,5	2,1
15	SEP	10	38:01,3	40,771	20,85	15,1	1,5
8	OCT	9	18:22,3	40,782	21,279	9,5	2,4
29	APR	9	08:23,7	40,784	21,702	10,4	2
26	DEC	9	51:40,3	40,786	21,109	14,2	1,8
7	MAY	10	35:18,2	40,791	21,786	0,1	2,2
11	MAY	8	08:12,9	40,794	21,177	21,3	2,2
11	JAN	10	22:11,5	40,796	20,861	16,9	1,9
23	APR	8	23:42,3	40,799	19,778	1,3	3,5
19	AUG	10	34:49,4	40,801	21,455	1,9	2,7
30	APR	10	27:53,4	40,803	19,585	1,6	2,7
18	OCT	9	23:33,0	40,805	21,432	4,8	2,2
3	OCT	9	09:51,8	40,808	21,439	6,4	1,9
1	FEB	8	28:13,8	40,813	20,749	2,8	3,1
26	MAY	10	36:39,3	40,814	19,568	6,1	2,7
26	JUL	8	03:01,5	40,83	20,788	13,1	3,3
31	OCT	8	34:25,7	40,831	19,894	0	2,6
16	JUL	8	11:15,0	40,833	20,761	17,6	3
18	JUL	10	40:06,0	40,835	20,636	0	2,4
26	JUL	8	11:24,2	40,837	20,773	12,1	2,3
4	SEP	8	15:09,7	40,851	19,806	4,7	2,3
25	MAY	10	10:40,4	40,859	21,779	14,1	1,3
9	AUG	10	49:03,6	40,867	20,146	16,4	3,4
10	OCT	9	41:24,8	40,87	20,702	0	2,2
27	APR	9	12:36,2	40,87	21,844	12,1	1,9
4	JUN	10	12:53,0	40,873	19,669	4,9	2,1
8	SEP	9	51:19,1	40,875	20,638	16,3	2,7
9	DEC	9	05:53,1	40,876	20,697	0	1,8
4	OCT	9	28:15,1	40,876	21,481	16,2	1,5
9	DEC	9	16:57,0	40,877	20,735	0,1	2,5
9	DEC	9	55:44,3	40,879	20,704	10,5	2
10	OCT	9	56:27,6	40,879	20,706	0,1	2,6
1	JUL	8	40:09,1	40,882	20,798	31,4	2,5
10	OCT	9	49:09,7	40,884	20,688	0	2,4
9	OCT	9	35:01,9	40,885	20,8	0	1,8
18	SEP	10	50:42,2	40,888	19,976	0	1,9
10	OCT	9	31:03,3	40,892	20,688	15,4	2,4
31	JUL	10	02:49,1	40,896	20,714	0	2,6
10	OCT	9	28:39,7	40,897	20,72	5,7	4,2
10	OCT	9	07:40,8	40,897	20,763	0,1	2,8
10	OCT	9	41:35,3	40,898	20,718	1,3	2,7

10	OCT	9	27:22,9	40,9	20,735	0	2,5
1	APR	10	44:12,8	40,9	21,879	15,8	2,6
7	JUL	10	23:07,1	40,903	20,812	1,7	2
9	OCT	9	48:20,1	40,907	20,741	0	2,5
31	JUL	9	43:27,4	40,916	20,555	0	2,4
4	NOV	8	12:55,0	40,918	20,677	5,4	2
20	JUN	10	33:58,3	40,918	20,747	0	2,8
27	AUG	10	57:10,7	40,921	20,779	0	1,8
15	JAN	10	04:14,4	40,926	20,689	8,9	2,3
31	JUL	9	13:27,7	40,927	20,59	0,1	3,3
31	JUL	9	18:50,8	40,932	20,585	0,6	2,7
23	AUG	8	26:14,9	40,94	21,406	9,8	1,7
26	AUG	9	22:24,8	40,941	21,148	1,8	1,4
18	JUN	10	38:34,9	40,946	20,727	0	2,9
24	AUG	8	29:09,4	40,949	19,83	4,6	2,5
30	SEP	9	55:19,5	40,949	20,05	0	2,3
6	AUG	8	31:17,8	40,954	19,944	0	2,2
29	AUG	9	53:55,9	40,963	21,127	1,3	1,5
20	JUN	10	25:40,5	40,964	20,7	1,9	1,7
28	AUG	9	00:43,5	40,966	21,122	15,6	2,3
4	SEP	9	59:43,1	40,971	21,12	3,5	2,1
16	OCT	9	06:39,2	40,977	19,953	7,1	2,4
28	AUG	9	06:35,8	40,978	21,181	22	1,9
31	JUL	8	27:37,3	40,98	21,015	0,4	3,6
31	JUL	8	49:48,6	40,986	20,975	16,7	
8	OCT	8	26:28,3	40,994	19,61	57,4	2,9
21	DEC	9	24:47,5	40,995	20,675	10,3	2,8
26	JUL	10	28:25,3	40,999	20,827	0	3,1
26	AUG	10	19:31,1	41	20,882	7,7	2,8
26	JUL	8	34:11,4	41,004	21,631	4,8	1,8
7	OCT	9	13:34,6	41,009	20,678	8,8	2,4
18	JUL	9	55:35,2	41,026	21,357	0	2,3
17	MAR	9	12:20,2	41,029	19,893	0	2,5
28	JUL	9	18:26,1	41,029	21,361	0	2,4
17	JUL	9	22:59,8	41,03	21,336	0	2,9
30	DEC	9	54:44,6	41,031	20,176	16,5	2,8
12	AUG	9	25:37,4	41,043	20,318	4,2	2,7
15	APR	9	43:12,2	41,051	20,302	8,8	2,6
8	AUG	9	44:52,4	41,058	21,359	1,5	2,1
28	SEP	9	08:24,9	41,059	20,143	11,1	3
6	SEP	8	17:42,0	41,06	20,299	0	2,2
24	JUN	9	09:35,3	41,067	21,349	0	2,4
1	OCT	10	58:35,9	41,07	20,341	1,9	3,1
2	OCT	10	47:36,6	41,072	20,093	6,2	2,5
24	JUN	9	53:04,2	41,075	21,347	0	2,3
12	FEB	9	45:24,4	41,076	20,179	0	

10	MAR	9	58:37,3	41,085	20,253	0	3
24	AUG	8	53:37,6	41,085	20,807	15,2	2,5
25	OCT	8	07:15,6	41,092	20,156	7	2,3
7	APR	10	13:31,3	41,1	20,195	0	2,9
5	AUG	9	39:08,7	41,113	19,52	5,1	2,9
17	MAY	10	25:42,2	41,113	20,216	0	2,2
2	OCT	8	12:47,9	41,124	20,557	0,9	2,7
27	MAY	10	25:11,2	41,126	20,45	16,3	2,1
31	MAR	8	09:03,5	41,132	21,979	10,9	2,3
8	AUG	9	50:26,9	41,134	19,574	9,2	2,5
19	SEP	8	14:48,9	41,135	20,194	0	2,8
18	AUG	9	42:23,7	41,142	21,177	13,4	2,2
11	JUN	10	04:19,1	41,144	19,992	3	2,1
9	SEP	9	37:28,0	41,145	19,527	4,3	3,2
7	JAN	8	55:37,1	41,145	20,738	6,6	3
7	JAN	8	35:36,3	41,148	20,753	3,4	3,2
25	OCT	8	09:18,2	41,149	20,272	0	3,5
8	JAN	8	16:05,6	41,149	20,762	0	2,8
15	SEP	9	09:13,1	41,15	19,508	2,6	2,6
12	MAR	8	47:02,9	41,15	20,364	1,4	3,3
22	NOV	9	08:31,2	41,155	20,103	0	2,2
5	AUG	9	32:34,1	41,161	19,603	10,9	3,8
30	MAY	10	40:28,5	41,162	20,277	0	3,7
12	JAN	8	49:13,9	41,162	20,837	0	2,9
29	DEC	10	32:33,9	41,163	19,592	1,2	2,7
6	MAR	9	06:46,3	41,163	19,63	15,5	4,1
22	JUL	10	23:37,1	41,165	22,001	2	2,2
25	NOV	9	47:58,3	41,167	20,823	14	2
21	JUN	8	06:54,9	41,168	20,237	11,8	3,2
2	SEP	8	27:06,3	41,169	20,128	0	2,4
30	NOV	9	52:13,1	41,17	20,814	9,2	2
12	MAR	10	44:37,7	41,17	20,866	1,2	3
13	JAN	8	43:59,3	41,173	20,743	1,6	2,8
12	MAR	10	05:00,4	41,173	20,774	11,6	2,4
28	MAY	8	30:30,2	41,173	21,993	3	2,5
18	MAR	9	20:35,8	41,174	19,519	4,8	4,1
29	NOV	10	48:22,4	41,174	20,236	0	2,9
14	FEB	8	35:36,5	41,175	20,354	1,3	4,2
16	NOV	9	18:30,2	41,177	19,662	8,8	2,3
13	SEP	9	26:46,8	41,177	20,033	0	2,1
18	SEP	8	55:27,5	41,178	20,075	0	2,5
15	MAY	9	49:51,3	41,178	20,227	16,7	1,9
9	JAN	8	51:00,7	41,178	20,765	1,2	3,3
15	SEP	9	37:41,2	41,18	19,525	5,7	3,8
16	MAR	10	32:34,3	41,181	20,167	4,7	2,3
13	AUG	8	55:00,5	41,181	20,806	17,3	2,5

12	MAR	10	51:32,4	41,182	20,808	0,3	2,6
13	AUG	9	49:39,9	41,184	19,622	8,5	3,6
22	APR	10	14:42,5	41,184	20,195	6,1	3,3
14	JUN	8	52:32,0	41,184	20,967	14,1	3,3
11	JUL	8	50:39,3	41,185	20,249	0	3,1
7	JAN	8	09:08,3	41,186	20,726	1,5	2,8
12	JAN	8	49:29,8	41,187	20,732	1,5	3
14	MAY	10	08:21,8	41,188	20,273	1	1,8
2	DEC	10	58:07,6	41,189	21,951	1,9	1,5
21	JUN	8	16:43,2	41,19	20,261	0	4,2
24	OCT	8	00:16,2	41,19	20,289	0,7	3,8
24	OCT	8	56:41,5	41,19	20,297	0,2	3,4
16	OCT	9	30:29,0	41,19	20,528	1,8	2,4
4	AUG	8	44:25,5	41,19	21,195	10,8	1,9
17	APR	10	49:59,9	41,191	20,272	0	2,6
12	MAR	10	21:38,6	41,191	20,795	7,4	2,7
13	AUG	8	11:57,0	41,192	20,797	16,3	3
24	OCT	8	39:23,6	41,193	20,268	1,1	2,7
6	JAN	8	26:17,0	41,193	21,059	17,6	2,8
13	MAR	10	10:33,7	41,195	20,858	0	2,7
9	JUL	10	15:11,2	41,196	20,073	8,3	4,2
24	OCT	8	34:53,7	41,196	20,286	0	1,9
24	NOV	9	42:24,3	41,197	20,866	7,3	2,1
1	AUG	10	22:16,8	41,198	20,021	12,1	3,2
17	APR	10	27:27,1	41,199	20,381	1,8	2
13	AUG	8	37:13,1	41,199	20,805	0	2,2
27	JUN	9	45:11,9	41,2	20,205	10,7	2,4
1	FEB	8	40:46,7	41,201	20,311	0	3,5
6	MAY	10	06:07,5	41,201	20,32	0,6	4,1
26	APR	10	20:07,1	41,203	20,224	0,2	2,8
8	NOV	8	36:05,4	41,203	20,466	0	3,6
22	APR	10	10:00,6	41,204	20,22	0	2,4
7	MAR	10	29:18,9	41,205	20,218	0	2,1
24	OCT	8	16:57,0	41,205	20,28	0,1	2,5
7	DEC	9	21:36,7	41,205	20,292	0	2,5
21	MAY	8	04:25,8	41,207	20,155	12,9	3,6
28	JUN	9	27:02,5	41,208	20,196	10,1	2,8
5	FEB	10	49:08,8	41,209	19,505	13,3	2,7
28	APR	10	49:33,2	41,209	20,298	0,2	2,8
25	MAY	10	17:04,6	41,209	21,967	2,5	1,5
12	APR	10	54:33,5	41,21	20,193	1,3	2,7
26	OCT	9	41:59,5	41,21	20,652	0,2	2,3
22	APR	10	26:35,3	41,211	20,215	0,4	2,6
11	JUN	10	55:09,5	41,211	20,239	13,9	2,6
10	MAY	8	18:00,5	41,212	20,259	0	2,9
26	MAY	9	11:07,0	41,213	20,266	0,1	3,4

24	OCT	8	19:40,6	41,213	20,3	0	2,5
26	OCT	8	07:02,5	41,213	20,321	0	2,8
29	OCT	8	04:22,0	41,216	20,394	1,8	3,3
15	OCT	8	27:35,0	41,216	21,059	0,1	2,5
27	MAR	10	35:00,9	41,217	20,12	22,7	2,8
27	NOV	9	07:05,2	41,221	20,9	18,6	1,9
24	APR	9	40:44,5	41,224	20,296	0	2,9
12	MAR	10	52:07,3	41,224	20,849	0,1	2,5
7	MAR	9	51:21,0	41,225	19,432	23,6	4,2
27	MAY	9	34:47,8	41,228	20,267	1,5	3,9
26	SEP	9	35:51,3	41,23	19,535	14,4	2,4
21	JUN	9	50:24,2	41,23	20,225	0	2,5
28	MAY	9	43:34,6	41,23	20,344	0	3,5
12	APR	10	15:25,2	41,231	20,218	0	3
28	OCT	8	08:07,8	41,232	20,32	0,5	2,4
8	OCT	9	18:16,9	41,233	19,502	11,4	2,5
6	MAR	10	29:42,1	41,235	20,235	1,2	3
24	OCT	8	31:19,6	41,236	20,311	0	4,1
4	JUL	9	16:07,9	41,237	20,251	11,3	2,6
7	MAR	10	51:29,1	41,237	20,282	21,2	2,5
24	OCT	8	14:53,1	41,239	20,296	0	2,1
22	JUL	10	25:25,9	41,24	20,846	0	3
28	JUL	9	41:41,7	41,241	20,287	0	2,1
28	OCT	8	19:45,7	41,243	20,339	1,7	3,2
28	AUG	9	32:35,0	41,245	19,948	0	2,3
24	OCT	8	51:30,4	41,245	20,322	0	2,5
24	OCT	8	52:18,7	41,247	20,313	1	3,5
4	FEB	10	55:13,9	41,247	20,382	0	3
25	APR	9	01:32,8	41,248	19,99	0	2,7
10	MAR	9	13:42,5	41,249	20,494	11,7	3,1
27	OCT	8	27:04,6	41,25	20,35	0	2
11	MAR	9	45:41,0	41,251	20,509	1,6	3,1
25	MAY	10	36:48,0	41,252	20,294	0	2,1
29	OCT	8	13:19,0	41,253	20,353	0,3	3
13	AUG	9	04:45,8	41,256	19,411	14,6	2,4
10	MAR	9	34:09,1	41,256	20,499	3,2	2,9
17	OCT	9	14:08,5	41,256	20,576	0	2,7
12	OCT	10	31:40,2	41,261	20,169	3,5	2,7
3	JUN	8	47:50,4	41,261	20,933	2,3	2,5
12	JUL	10	34:14,2	41,262	20,004	17,3	2,6
24	OCT	8	06:02,0	41,262	20,298	0,4	
24	OCT	8	08:07,3	41,264	20,348	0	2,3
12	SEP	9	39:18,5	41,266	19,724	10,3	2,8
24	OCT	8	32:28,9	41,267	20,335	0	2,8
28	OCT	8	23:28,4	41,267	20,356	1,7	3
21	APR	8	32:22,5	41,271	21,942	10,8	2,5

12	NOV	8	58:24,6	41,272	20,333	0	2,3
10	MAR	9	28:57,2	41,275	20,514	0,1	2,4
10	MAR	9	09:17,3	41,276	20,511	10,9	2,8
30	OCT	9	00:45,1	41,276	21,012	0	2,7
10	MAR	9	26:18,6	41,277	20,491	5	3,4
10	MAR	9	02:13,2	41,277	20,509	13,8	2,9
10	MAR	9	51:46,9	41,282	20,522	0	3
10	MAR	9	23:01,6	41,283	20,512	0	2,9
7	AUG	10	18:35,2	41,285	20,298	0	2,8
25	OCT	8	26:21,5	41,286	20,337	0	
16	SEP	9	49:22,5	41,288	19,456	16,9	2,3
9	MAR	9	58:34,3	41,291	20,601	0,6	3,4
10	MAR	9	23:11,3	41,293	20,495	5,1	2,6
10	MAR	9	10:30,0	41,293	20,522	2	3,4
9	APR	9	59:30,5	41,295	19,399	15,6	2,6
10	MAR	9	32:57,7	41,297	20,541	0	4
10	MAR	9	50:47,5	41,298	20,558	15,4	2,4
20	JUN	9	00:10,5	41,302	20,251	0	2,7
2	APR	9	45:23,4	41,303	19,466	31,1	3,3
1	JUL	8	18:00,9	41,304	20,226	26,9	2,7
24	OCT	8	37:40,1	41,313	20,352	2	2,7
11	MAY	9	14:54,0	41,314	21,015	6,2	2,3
29	OCT	8	22:32,3	41,315	20,393	0,1	2,6
11	APR	9	03:41,6	41,316	20,054	6,7	2,1
29	APR	10	28:39,3	41,316	20,333	0	2,7
5	FEB	10	51:02,5	41,321	20,853	0	2,4
19	JUN	8	50:05,6	41,33	21,04	1,5	4,4
16	SEP	9	33:33,3	41,333	19,383	18,5	3,2
6	JUN	8	47:43,3	41,337	21,05	10,6	3
13	JUN	10	31:06,2	41,339	19,594	13	3,6
30	OCT	10	42:38,8	41,341	21,058	4,5	3
18	JUN	10	16:15,9	41,342	20,06	0,5	2,8
14	MAY	8	17:57,6	41,342	20,368	5,2	3,4
6	JUN	8	49:54,8	41,351	21,071	2	2,8
14	MAY	10	49:53,9	41,352	20,669	0	2,5
15	MAR	8	29:15,9	41,357	19,796	5,4	3,6
13	JUN	10	21:10,2	41,364	19,607	19,9	3,1
2	NOV	10	42:17,3	41,364	21,101	2,5	2,6
13	JUN	10	36:08,5	41,367	19,489	11,2	3,1
13	JUN	10	19:13,4	41,367	19,589	18,4	2
27	APR	10	51:05,3	41,367	20,259	16,1	2,6
3	OCT	9	35:56,5	41,371	20,895	4	1,8
21	FEB	9	29:01,0	41,372	20,404	0	3,7
9	JAN	8	29:20,6	41,376	20,894	1,5	2,6
20	DEC	8	24:48,8	41,378	20,409	0	3,2
12	NOV	9	31:34,1	41,381	20,921	16,9	2,2

24	MAY	10	55:30,1	41,383	20,519	0	1,8
13	MAY	10	46:56,6	41,387	19,499	8,8	3,1
12	FEB	10	13:49,1	41,39	20,405	8,1	3,3
12	FEB	10	23:32,0	41,39	20,431	3	3,5
19	MAY	8	28:51,9	41,392	19,716	14,4	4,3
6	FEB	8	52:53,6	41,394	19,556	15,9	3,6
15	MAR	8	10:07,4	41,394	19,885	1,4	3,7
25	OCT	8	03:56,7	41,394	20,233	40,5	2,6
28	SEP	10	01:16,0	41,396	20,39	0	3,3
24	JUN	8	02:23,8	41,398	20,216	0	3,4
7	OCT	10	05:55,2	41,398	20,643	0	2,8
25	OCT	8	50:09,8	41,4	20,391	16,6	2,7
8	SEP	9	52:38,1	41,409	20,435	1,5	1,9
30	MAY	10	57:56,4	41,411	20,344	3,6	1,9
27	MAR	10	39:45,3	41,414	20,112	0,2	2,6
12	JAN	10	09:49,3	41,418	19,97	1,6	1,9
4	JAN	10	48:21,7	41,418	20,009	14,8	2,8
20	DEC	8	15:57,6	41,419	20,356	23,6	1,9
1	OCT	9	30:47,0	41,421	21,021	2,5	2,8
24	FEB	10	33:37,9	41,424	19,964	7,8	3
2	APR	8	50:50,7	41,429	20,812	2,1	3,1
19	SEP	9	56:16,6	41,429	21,057	0	2,4
25	FEB	10	22:05,3	41,43	20,028	12	3,6
9	SEP	9	32:13,7	41,43	20,463	0	2,2
14	SEP	9	53:19,2	41,43	20,48	0	2,4
7	SEP	9	11:42,8	41,43	20,494	4,5	2,8
26	FEB	10	50:57,0	41,432	20,008	8,8	2,7
23	SEP	9	19:37,5	41,433	20,442	8,5	2
9	SEP	9	48:26,5	41,433	20,487	0	2,9
19	MAY	10	26:13,9	41,436	19,618	0	2,3
12	FEB	10	29:53,0	41,436	20,41	14,8	2,6
13	SEP	9	23:03,8	41,436	20,453	7,6	2,7
26	SEP	9	35:08,8	41,437	20,442	0,1	2,9
12	SEP	9	42:55,5	41,437	20,481	0	4,1
26	SEP	10	27:03,5	41,437	21,019	1,2	3,1
25	JUN	8	05:30,6	41,438	19,788	9,1	4,1
12	SEP	9	50:34,4	41,438	20,459	0	2,3
7	SEP	9	21:46,3	41,44	20,472	0,3	3,5
7	SEP	9	09:18,5	41,441	20,466	10,1	2,7
14	SEP	9	26:48,5	41,441	20,483	1,2	2,8
22	SEP	9	52:59,1	41,444	20,482	1,9	2,6
8	SEP	9	09:02,9	41,445	20,471	1,5	2,7
7	SEP	9	22:14,3	41,446	20,441	8,2	2,7
8	SEP	9	28:46,9	41,446	20,442	8,2	2,3
12	SEP	9	31:00,8	41,446	20,442	0	3
7	SEP	9	19:31,7	41,446	20,488	0	3,4

7	SEP	9	04:18,7	41,448	20,447	0	3
11	SEP	9	18:33,3	41,449	20,445	9	2,4
7	SEP	9	34:18,6	41,449	20,459	0	3,1
9	SEP	9	45:36,2	41,449	20,473	0,1	2,7
7	SEP	9	43:14,8	41,449	20,498	7,8	2,8
18	MAY	9	25:10,9	41,45	19,535	5,7	2,5
18	NOV	9	16:45,2	41,45	19,985	0,1	4,2
8	SEP	9	40:59,6	41,45	20,437	2,4	2,6
28	FEB	9	36:31,7	41,452	19,554	13	3,7
27	SEP	9	32:30,8	41,452	20,433	0	2,8
14	JUN	9	12:52,4	41,453	19,684	10,8	3,4
9	SEP	9	37:50,3	41,453	20,456	0	1,9
5	JUL	9	40:21,6	41,454	19,55	5,2	3,2
7	SEP	9	34:24,6	41,454	20,467	1,6	3,5
13	SEP	9	45:49,8	41,454	20,499	9,6	2,2
7	SEP	9	24:25,1	41,454	20,521	0	2,8
2	APR	10	44:04,7	41,455	19,929	0	3,1
6	APR	9	31:30,1	41,456	19,173	12,4	2,7
7	SEP	9	42:31,5	41,456	20,456	2,5	3,2
15	SEP	9	22:43,1	41,457	20,453	7,6	2,3
7	SEP	9	24:35,5	41,458	20,488	0	3,7
7	SEP	9	20:30,2	41,461	20,496	0,2	3,7
14	SEP	9	59:15,2	41,462	20,496	0,2	3,3
15	JUL	9	17:00,2	41,464	19,505	5,9	2,3
16	JUN	9	34:13,4	41,465	19,484	11,8	2
4	MAY	10	22:26,5	41,465	20,353	0	2,4
7	SEP	9	11:14,0	41,465	20,473	2,5	3,8
6	SEP	9	36:04,5	41,465	20,493	0	3,3
21	SEP	9	49:38,4	41,465	20,528	0	2,3
12	SEP	9	06:27,4	41,469	20,476	0	3,9
5	JUL	8	34:26,0	41,47	20,358	17,2	3,2
8	SEP	9	05:09,9	41,47	20,466	0,1	2,5
7	SEP	9	03:38,0	41,471	20,472	9,1	3
17	NOV	9	54:21,5	41,472	20,476	0	2,4
10	SEP	9	19:29,7	41,476	20,493	1,8	2,6
3	OCT	9	02:10,2	41,477	20,428	0	2,9
7	APR	9	49:52,8	41,479	19,496	10,2	3,2
13	SEP	9	13:13,1	41,48	20,488	0	3
22	SEP	9	47:39,0	41,48	20,49	0	2,7
7	SEP	9	15:31,7	41,481	20,482	0	3,3
18	SEP	9	47:22,8	41,482	20,478	3,2	2,9
21	JUL	10	40:51,1	41,483	19,806	5,2	2,5
6	SEP	9	01:20,0	41,491	20,491	1,1	3,5
3	OCT	9	22:38,9	41,493	20,482	0	3,3
12	SEP	9	11:16,9	41,496	20,47	1,7	2,3
10	MAR	9	52:21,8	41,498	19,723	9,9	2,9

12	SEP	9	36:27,5	41,498	20,463	7,1	2,2
7	SEP	9	48:38,0	41,498	20,6	2	3,6
20	JUN	9	31:45,1	41,499	19,485	6,7	2,7
7	OCT	8	11:42,6	41,501	19,381	32,3	3,1
10	MAR	8	48:06,8	41,503	21,002	5,7	2,9
23	JUN	9	20:18,7	41,503	21,035	3,2	2,1
6	SEP	9	31:31,6	41,504	20,473	0	3,2
15	OCT	9	57:27,7	41,507	19,864	10,9	2,6
4	OCT	9	27:44,4	41,512	20,459	2,8	3
6	SEP	9	22:12,9	41,512	20,481	0,2	2,8
20	SEP	9	35:37,8	41,513	20,455	3,4	2,3
8	SEP	9	17:58,4	41,518	20,443	2,5	2,2
7	NOV	9	18:32,1	41,519	20,506	11,2	2,6
9	SEP	9	03:10,7	41,52	20,477	0	2,5

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

S.G. Holtkamp - M.R. Brudzinski. *Earthquake swarms in circum-Pacific subduction zones*, 2011

Emily E. Brodsky - Vassilis Karakostas - Hiroo Kanamori. *Earthquakes in Greece*, 2000

Diane I. Doser and Annette M. Veilleux. *A Comprehensive Study of the Seismicity of the Kenai Peninsula–Cook Inlet Region, South-Central Alaska*, 2009

Mark Naylor¹ - Katerina Orfanogiannaki² - David Harte³. *Exploratory Data Analysis: Magnitude, Space, and Time*, 2010

Eleftheria E. Papadimitriou - Vassilios G. Karakostas. *Episodic occurrence of strong ($M_w \geq 6.2$) earthquakes in Thessalia area (central Greece)*, 2003

Papazachos, B.C., Karakaisis, G.F. and Hatzidimitriou, P.M. *Further information on the transform fault of the Ionian sea*, *Proc. XXIV Gen. As. Europ. Seism. Com.*, Athens, 19-24, Sept., 1994, 1, 377-384, 1994.

Papazachos, C. B. *The active crustal deformation field of the Aegean area inferred from seismicity and GPS data*. *J. Geophys. Res.*, 2001.

Papazachos, C. B. *Seismological and GPS evidence for the Aegean – Anatolia interaction*. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 2653 – 2656, 1999.

King, G., Sturdy, D. and Whitney, J. *Landscape geometry and active tectonics of northwest Greece*. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 105, 137 – 161, 1993.

McKenzie, D. P. *Active tectonics of the Mediterranean region*. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 30, 109 – 185, 1972.

Oral, M.B., Reilinger, R.E., Toksoz, M.N., King, R.W., Barka, A.A., Kiniki, J. and Lenk, D. *Global Positioning System offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean. EOS, 76, 9 - 11, 1995.*

Ritsema, A.R. *The earthquake mechanism of the Balkan region. R. Netherl. Meteorol. Inst. Sci. Rep., 74, 1 – 36, 1974.*

Scordilis, E.M., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Panagiotopoulos, D.G., Connakis, P.E. and Papazachos, B.C. *Evidence for transform faulting in the Ionian Sea. The Cephalonia island earthquake sequence of 1983. Pure Appl. Geophys., 123, 388 – 397, 1985.*

ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

(http://www.seismoi.gr/)	[η πρόσβαση έγινε: 12/08/2011]
(http://el.wikipedia.org)	[η πρόσβαση έγινε: 28/07/2011]
(http://www.geo.auth.gr)	[η πρόσβαση έγινε: 18/08/2011]
(http://www.usgs.gov/)	[η πρόσβαση έγινε: 18/08/2011]
(http://www.ngri.org.in/index.jsp)	[η πρόσβαση έγινε: 22/08/2011]
(http://www.gi.alaska.edu/)	[η πρόσβαση έγινε: 22/08/2011]
(http://www.emsc-csem.org)	[η πρόσβαση έγινε: 22/08/2011]

