

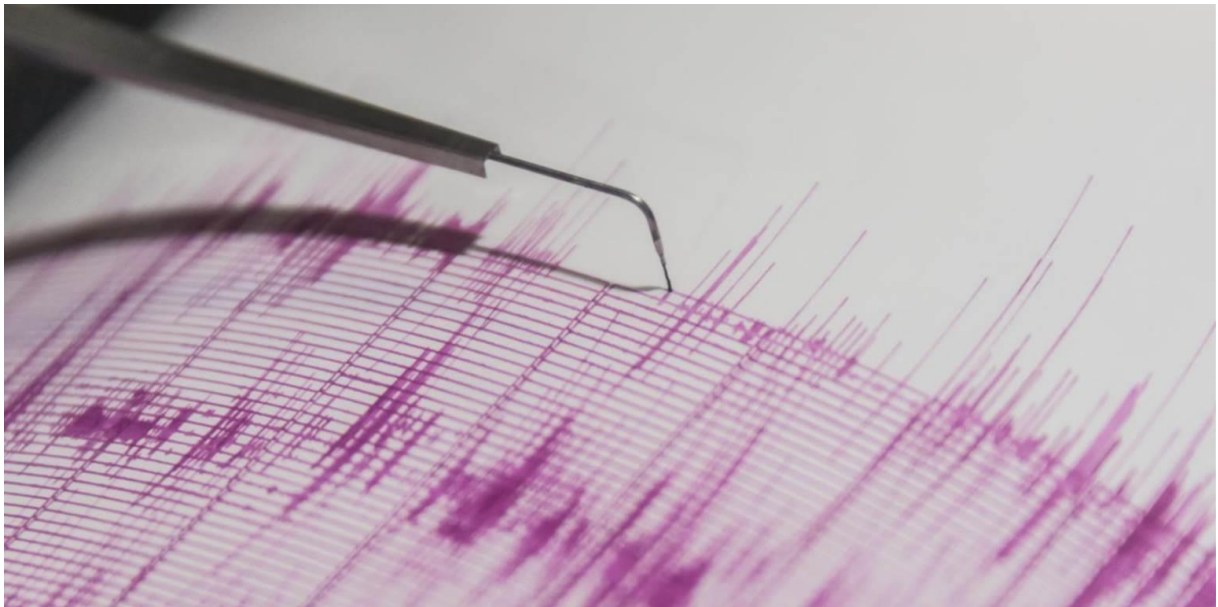


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Ι 1^{ου} ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΟΙ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Κοραλία Μαλέκα

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: mm20251

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Γεώργιος Τσιγαρίδας (Επικουρος Καθηγητής)

Ακαδημαϊκό έτος 2020 - 2021

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα αποτελεί μια από τις πιο σεισμογενείς χώρες παγκοσμίως. Με αφορμή το παραπάνω γεγονός, στην παρακάτω αναφορά αναλύονται οι σεισμοί, δηλαδή οι αισθητές αναταράξεις της επιφάνειας εξαιτίας της απότομης κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών μέσα στο εσωτερικό της Γης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα σεισμών στον ελλαδικό χώρο ανά τα χρόνια, οι οποίοι προκάλεσαν καταστροφικές ζημιές τόσο στον άνθρωπο όσο και στο τόπο στον οποίο συνέβησαν. Ακόμη, περιγράφονται με χρονολογική σειρά τα σεισμογραφικά όργανα με τα οποία γίνεται η μέτρηση του σεισμού, αλλά και αναφέρεται η κυματική του σεισμού, τονίζοντας τα σεισμικά κύματα και τη σημασία τους. Λόγω όλων των προηγούμενων, λοιπόν, υπογραμμίζεται η επικινδυνότητα του σεισμού, καθώς και η μέτρηση του με δύο κλίμακες. Τέλος, παρουσιάζεται ο τρόπος προσδιορισμού του επίκεντρου ενός σεισμού και παρουσιάζεται αναλυτικότερα ένα σεισμογραφικό όργανο, ο επιταχυνσιογράφος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ.....	3
2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	4
3. ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ.....	5
4. ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΣΜΟΥ	7
5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΠΙΚΕΝΤΡΟΥ.....	9
6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ	11
7. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	13
8. ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΟΙ	14
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	16

1. Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ

Σεισμός ονομάζεται το φυσικό φαινόμενο της δόνησης του εδάφους που δημιουργείται κατά τη διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων που βρίσκονται στο εσωτερικό της γης από φυσικές αιτίες.

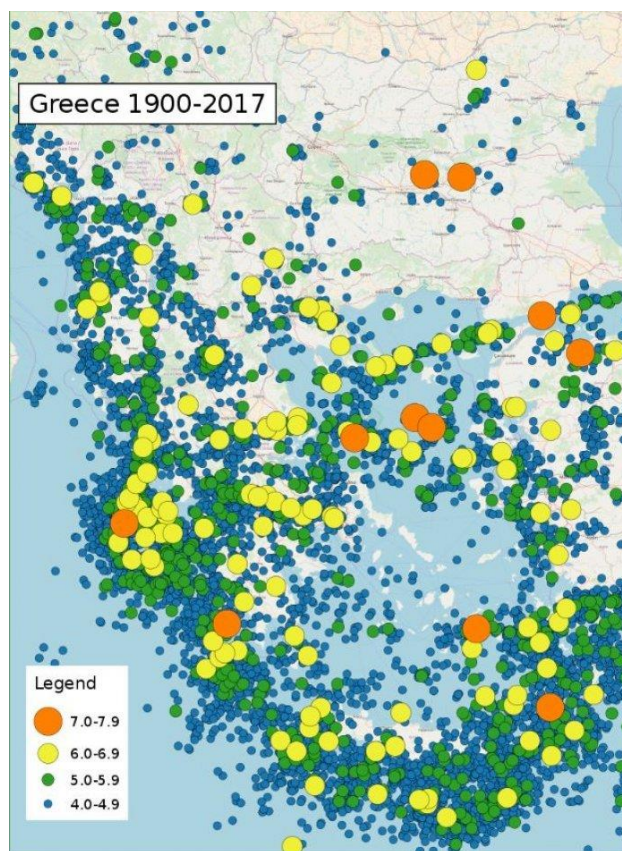
Σύμφωνα με τον Αμερικανό σεισμολόγο Reid (1910), το φαινόμενο αυτό συμβαίνει διότι τα πετρώματα βρίσκονται υπό την επίδραση συνεχών τάσεων που συντελούν στην ελαστική παραμόρφωση τους και τη συσσώρευση μέσα σε αυτά τεράστιων ποσών συσσωρευμένης ενέργειας.

Κάθε σεισμός έχει τη δική του ταυτότητα που τη προσδιορίζουν φυσικά χαρακτηριστικά, επαγόμενα φαινόμενα και επιπτώσεις.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός σεισμού είναι:

1. Το μέγεθος
2. Το σημείο (επίκεντρο)
3. Ο χρόνος εκδήλωσης του και
4. Ο βαθμός που έγινε αισθητός σε τοπικό επίπεδο.

Ο σεισμός εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις του έχει ως επακόλουθα την ενεργοποίηση άλλων γεωλογικών φαινομένων όπως η ρευστοποίηση εδαφών, οι καταπτώσεις βράχων, οι κατολισθήσεις και τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (τσουνάμι) με εξίσου σοβαρές επιπτώσεις.



Εικόνα 1: Σεισμοί στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1900-2017.

2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Είναι γνωστό πως η Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη από πλευράς σεισμικότητας και την έκτη παγκοσμίως. Αιτία για τους πολλούς σεισμούς είναι η θέση της χώρας, η οποία βρίσκεται στη σύνθετη οριακή ζώνη στην ανατολική Μεσόγειο μεταξύ της Αφρικανικής πλάκας και της Ευρασιατικής πλάκας. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) παρουσιάζονται περιπτώσεις σεισμών που συνέβησαν στην Ελλάδα μεταξύ την περίοδο 1970-2000.

Πίνακας 1: Οι πιο καταστροφικοί σεισμοί στην Ελλάδα την περίοδο 1970-2000.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΤΟΠΟΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΘΥΜΑΤΑ
20 Ιουνίου 1978	Θεσσαλονίκη	6,5	VIII	45
9 Ιουλίου 1980	Βόλος	6,5	VIII	0
17 Ιανουαρίου 1983	Κεφαλονιά	7,0	VI	0
13 Σεπτεμβρίου 1986	Καλαμάτα	6,0	IX	20
13 Μαΐου 1995	Κοζάνη	6,6	IX	0
7 Σεπτεμβρίου 1999	Αθήνα	5,9	VIII	143

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1, ο πιο ισχυρός σεισμός κατά τη περίοδο αυτή είναι αυτός που συνέβη στην Κεφαλονιά το 1983, με μέγεθος 7 R, ενώ ο πιο καταστροφικός σεισμός αποτελεί αυτός στην Αθήνα, το 1999, με τα θύματα του να φτάνουν τους 143 ανθρώπους, παρόλο την μικρή τους διάρκεια, αυτή των 15 δευτερολέπτων.

Κοντά στο κέντρο της Αθήνας παρατηρήθηκαν γραμμικές επιταχύνσεις που ξεπέρασαν το 0,5 g και έφτασαν έως το 0,7 g, αλλά δεν υπήρχαν επιταχυνσιόμετρα κοντά στο επίκεντρο του σεισμού.

Οι περιοχές που επηρεάστηκαν περισσότερο από το σεισμό, ήταν τα Άνω Λιόσια, το Μενίδι, οι Θρακομακεδόνες και η Φυλή Αττικής, όπου υπολογίζεται ότι τοπικά ο σεισμός είχε ισχύ IX στην κλίμακα Μερκάλι, ήταν δηλαδή «πολύ καταστροφικός».

3. ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

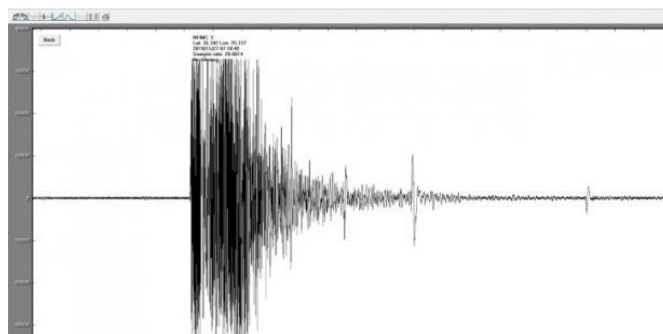
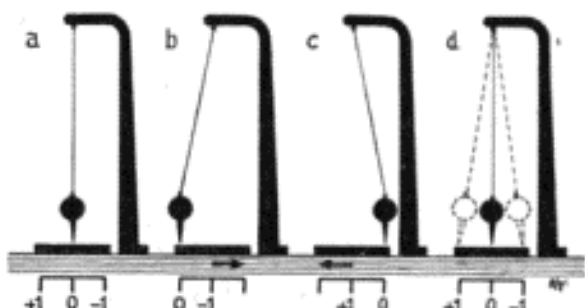
Τα σεισμικά κύματα που ξεκινούν από την εστία (δηλαδή τη θέση από την οποία ξεκινά ο σεισμός) και οδεύουν μέσα από τα διάφορα στρώματα της Γης φθάνουν στους σταθμούς παρατήρησης και καταγράφονται από τα διάφορα σειсмоγραφικά όργανα. Για να περιγραφεί πλήρως η κίνηση των υλικών σημείων της Γης απαιτούνται τρία είδη σειсмоγραφικών οργάνων, αυτά που καταγράφουν την **μετάθεση**, αυτά που καταγράφουν την **περιστροφή** και αυτά που καταγράφουν την **παραμόρφωση**. Κατά σειρά ιστορικής εξέλιξης και επιστημονικής αξίας διακρίνουμε:

1. **Σεισμοσκόπια:** όργανα που απλώς σημειώνουν την γένεση των σεισμών ή αναγράφουν αυτούς πάνω σε ακίνητη αιθαλωμένη πλάκα δίνοντας έτσι πληροφορίες για την κατεύθυνση και την ένταση της σεισμικής κίνησης.



Εικόνα 2: Σεισμοσκόπιο

2. **Σεισμογράφοι:** όργανα με τα οποία επιτυγχάνεται αυτόματη αλλά όχι πιστή αναγραφή της σεισμικής κίνησης. Η αναγραφή αυτή, που λέγεται σεισμογράφημα, γίνεται με γραφίδα πάνω σε αιθαλωμένη ταινία ή με φωτεινή κηλίδα πάνω σε φωτογραφική ταινία. Ο σεισμογράφος αποτελείται από το εκκρεμές, το σύστημα ενίσχυσης (ή μεγέθυνσης) και το σύστημα αναγραφής.

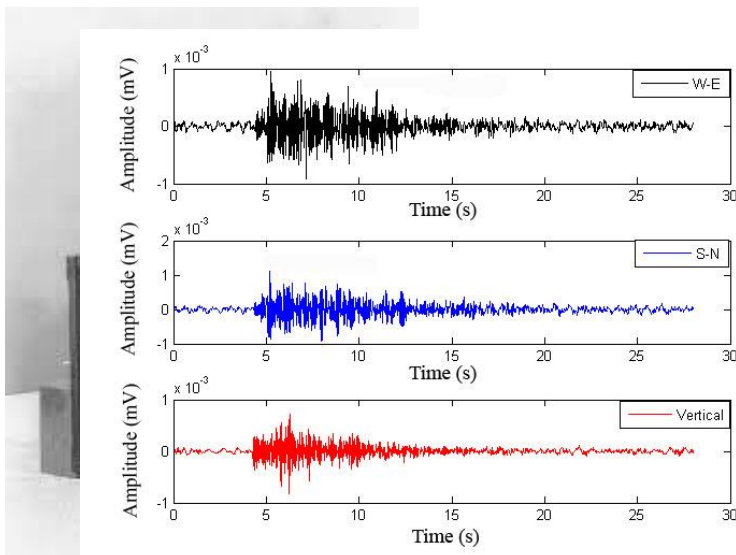


Εικόνα 3: Σεισμογράφος

Εικόνα 4: Σεισμογράφημα

3. **Σεισμόμετρα:** όργανα που γράφουν με σημαντική ακρίβεια τις σεισμικές κινήσεις. Η βασική διαφορά μεταξύ σεισμομέτρου και σεισμογράφου είναι ότι το

σεισμόμετρο διαθέτει συσκευή με την οποία πετυχαίνεται απόσβεση της αιώρησης του εκκρεμούς και έτσι είναι δυνατή η πιστότερη αναγραφή της σεισμικής κίνησης. Οι αναγραφές των σεισμομέτρων λέγονται σειсмоγράμματα.



Εικόνα 5: Σεισμόμετρο

Εικόνα 6: Σεισμόγραμμα

4. **Επιταχυνσιογράφοι:** Οι επιταχυνσιογράφοι αποτελούν ειδική κατηγορία σεισμογραφικών οργάνων. Τα σεισμογραφήματα των οργάνων αυτών παρέχουν τη σεισμική επιτάχυνση σε συνάρτηση με τον χρόνο λόγω της ιδιοσυχνότητάς τους η οποία είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη δεσπόζουσα συχνότητα του σεισμού. Η βασική τους χρησιμότητα είναι σε εφαρμογές Τεχνικής Σεισμολογίας, γι' αυτό και εγκαθίστανται σε τεχνικές κατασκευές (κτήρια, γέφυρες, φράγματα, πυρηνικούς σταθμούς κλπ).



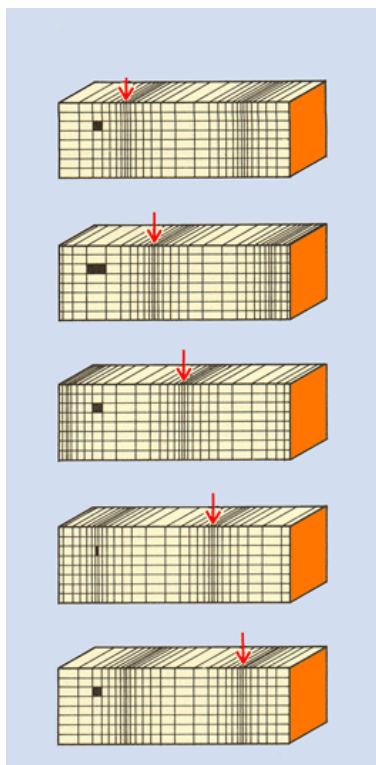
Εικόνα 7: Επιταχυνσιογράφος

4. ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΣΜΟΥ

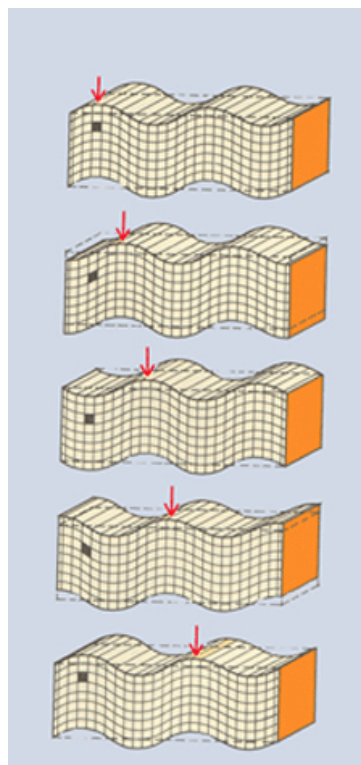
Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, απελευθερώνεται μηχανική ενέργεια που διαδίδεται μέσα στη Γη με τη μορφή ελαστικών κυμάτων. Δύο βασικές κατηγορίες από τα ελαστικά κύματα, είναι τα **κύματα χώρου** (body waves), τα οποία διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις στο εσωτερικό της Γης και τα **επιφανειακά κύματα** (surface waves), τα οποία διαδίδονται μόνο κατά μήκος των επιφανειακών στρωμάτων της Γης.

- Τα κύματα χώρου αποτελούνται από τα επιμήκη κύματα (P-waves) και τα εγκάρσια κύματα (S-waves).

Στα επιμήκη κύματα τα μόρια της ύλης δονούνται παράλληλα προς τη διεύθυνση διάδοσης δημιουργώντας έτσι πυκνώματα και αραιώματα, ενώ στα εγκάρσια κύματα τα μόρια της ύλης δονούνται κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης δημιουργώντας όρη και κοιλίες.



Εικόνα 8: Διάδοση επιμηκών κυμάτων



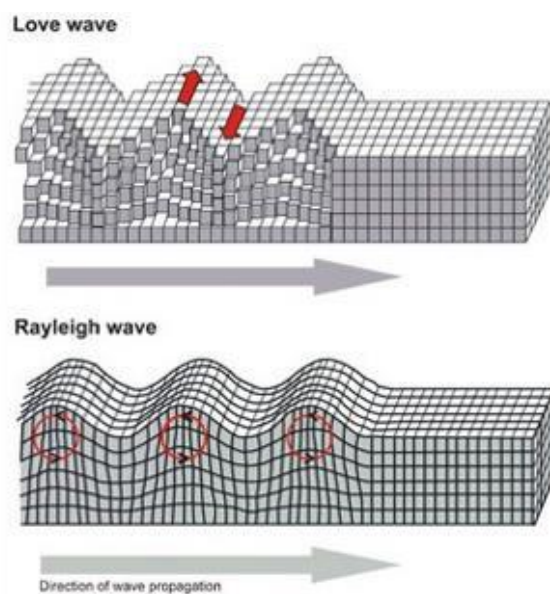
Εικόνα 9: Διάδοση εγκάρσιων κυμάτων

Ακόμη, τα επιμήκη κύματα κινούνται με ταχύτητα περίπου 5-7 km/sec και η διάδοσή τους είναι δυνατή σε στερεό και σε ρευστό μέσο (π.χ. στο εξωτερικό τμήμα του πυρήνα της γης), ενώ η διάδοση των εγκάρσιων κυμάτων είναι δυνατή μόνο σε στερεό μέσο, με ταχύτητα περίπου 3-5 km/sec.

- Τα επιφανειακά κύματα αποτελούνται κυρίως από τα κύματα Rayleigh (R) και τα κύματα Love (L).

-Κύματα Rayleigh: Οι τροχιές των κυμάτων αυτών είναι ελλειπτικές, κάθετα στην επιφάνεια του εδάφους και παράλληλα στην διεύθυνση διάδοσής τους. Διαδίδονται σε στερεό μέσο.

-Κύματα Love: Εμφανίζουν οριζόντια πόλωση και κινούνται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσής τους. Η ταχύτητά τους είναι μικρότερη από των κυμάτων χώρου, αλλά μεγαλύτερη των κυμάτων Rayleigh.

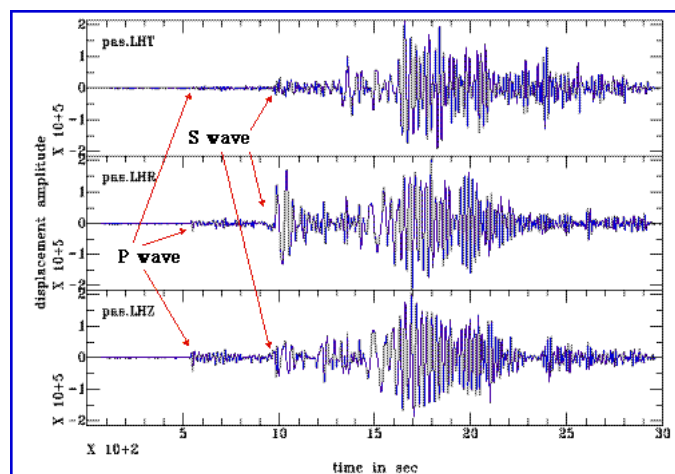


Εικόνα 10: Διάδοση κυμάτων Love και Rayleigh

Υπάρχουν και άλλα είδη σεισμικών κυμάτων που αποτελούν συνδυασμό των προηγούμενων. Για παράδειγμα τα διαυλικά κύματα που διαδίδονται μέσα σε στρώμα μικρής ταχύτητας και τα στάσιμα κύματα που παράγονται από τη συμβολή των Love και Rayleigh και προκαλούν την ελεύθερη ταλάντωση της Γης.

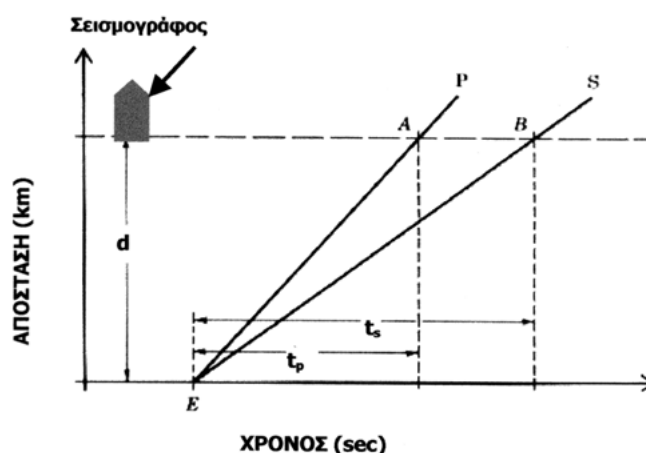
5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΠΙΚΕΝΤΡΟΥ

Από ένα σεισμόγραμμα, είναι δυνατόν να βρεθεί η χρονική στιγμή άφιξης των P και S κυμάτων, τα οποία αν και δημιουργούνται την ίδια χρονική στιγμή στην εστία του σεισμού, φτάνουν στο σταθμό παρατήρησης σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, καθώς έχουν διαφορετική ταχύτητα. Οπότε, πρώτα καταφθάνουν τα P κύματα και στη συνέχεια τα S κύματα.



Εικόνα 11: Σεισμόγραμμα

Τα παραπάνω περιγράφονται από ένα διάγραμμα απόστασης - χρόνου, στο οποίο ο κατακόρυφος άξονας είναι η απόσταση (με 0 την εστία του σεισμού) και ο οριζόντιος άξονας ο χρόνος. Σε ένα απλό παράδειγμα, θεωρώντας αμελητέα την καμπυλότητα της Γης και υποθέτοντας ότι σε κάποια χρονική στιγμή E (ο χρόνος γένεσης) συμβαίνει ο σεισμός, δημιουργώντας τα κύματα P και S τα οποία διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις.



Εικόνα 12: Διάγραμμα απόστασης-χρόνου

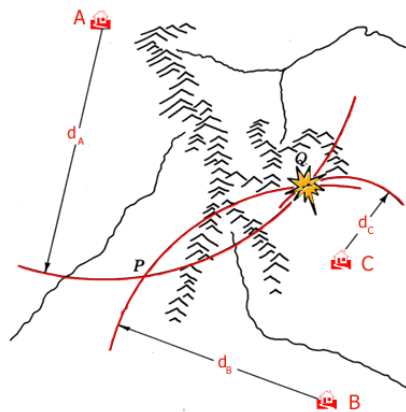
Δεδομένα αποτελούν η χρονική διαφορά άφιξης $t_{s-p} = t_s - t_p$ των P και S κυμάτων, που μετράμε από το σεισμόγραμμα και οι ταχύτητες u_p και u_s των P και S κυμάτων, ενώ το ζητούμενο είναι η απόσταση d μεταξύ σταθμού και επικέντρου, η οποία υπολογίζεται ως:

$$d = \frac{u_p u_s}{(u_p - u_s)} (t_s - t_p)$$

και γνωρίζοντας την απόσταση d (την επικεντρική απόσταση), υπολογίζεται ο χρόνος διαδρομής των P κυμάτων από το επίκεντρο στο σταθμό παρατήρησης άρα και ο χρόνος γένεσης του σεισμού E ως:

$$t_p = \frac{d}{u_p}$$

Έτσι, βρίσκεται το πόσο μακριά από το σταθμό παρατήρησης (από το σεισμόμετρο) είναι το επίκεντρο και πριν πόση ώρα από την άφιξη των κυμάτων στο σταθμό γεννήθηκε ο σεισμός. Όμως δεν γίνεται να βρεθεί τίποτα σχετικά με την κατεύθυνση από την οποία προήλθαν τα σεισμικά κύματα. Αυτό προϋποθέτει παρόμοιες μετρήσεις από άλλους δύο ή περισσότερους σταθμούς παρατήρησης.



Εικόνα 13: Σχήμα με την επικεντρική απόσταση d από τρεις σταθμούς παρατήρησης και η καταγραφή κατεύθυνσης των κυμάτων

Στην πραγματικότητα οι υπολογισμοί είναι πιο πολύπλοκοι. Πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως η καμπυλότητα της Γης, η ανομοιογένεια της Γης κλπ. Η χρήση πυκνών δικτύων σεισμομέτρων δίνουν τη δυνατότητα να οριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι τοπικοί γεωλογικοί παράγοντες και άρα οι ταχύτητες διάδοσης των σεισμικών κυμάτων κατά περιοχή.

6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ

Κατά τη γένεση ενός σεισμού υπάρχει έκλυση ενέργειας λόγω της παραμόρφωσης και της μετατροπής της σε κυματική ενέργεια, που είναι τα σεισμικά κύματα.

Το μέτρο της ολικής ενέργειας που εκλύεται από τον σεισμό και υπολογίζεται από μετρήσεις διαφόρων σεισμικών παραμέτρων (πλάτος, διάρκεια, περίοδος) πάνω στα σειсмоγράμματα όπου γράφονται τα σεισμικά κύματα ονομάζεται μέγεθος M , το οποίο επινοήθηκε από τον Richter το 1935.

Έτσι, η κλίμακα αυτή ονομάστηκε κλίμακα τοπικού μεγέθους M_L .

Άλλες κλίμακες μέτρησης σεισμού που αναπτύχθηκαν ανά τα χρόνια είναι:

- Επιφανειακό μέγεθος M_s
- Χωρικό μέγεθος m_b
- Μέγεθος διάρκειας
- Μέγεθος ροπής M_w

με την τελευταία να είναι η πιο ακριβής και να χρησιμοποιείται πλέον σε ευρεία κλίμακα.

Για τον υπολογισμό του τοπικού μεγέθους από τις καταγραφές σειсмоγράφων οποιουδήποτε τύπου προτάθηκε από τους Bullen and Bolt το 1985, η σχέση:

$$M_L = \log a + 2.56 \log \Delta - 1.67$$

όπου a είναι η μέγιστη μετάθεση (σε μm) και Δ είναι η επικεντρική απόσταση σε km ($\Delta < 600 km$).

ΚΛΙΜΑΚΑ RICHTER

Η κλίμακα Richter είναι λογαριθμική. Αύξηση 1 βαθμού Richter αντιπροσωπεύει δεκαπλασιασμό του πλάτους των δονήσεων που καταγράφονται από ένα σειсмоγράφο Wood-Anderson και 31,5 φορές μεγαλύτερη έκλυση ενέργειας, ενώ αύξηση 2 βαθμών Richter αντιπροσωπεύει 1.000 φορές μεγαλύτερη έκλυση ενέργειας.

Ως «βαθμός 0» επιλέχθηκε η ασθενέστερη δόνηση που μπορούσε να καταγραφεί την εποχή που καθιερώθηκε η κλίμακα. Οι σύγχρονοι σειсмоγράφοι καταγράφουν και ασθενέστερες δονήσεις από εκείνες που αρχικά είχαν επιλεγεί για να ορίσουν το «0», οι οποίες ορίζονται με αρνητικές τιμές. Άρα, πλέον η ασθενέστερη δόνηση που μπορεί να υπάρξει είναι - 2,0 R, που ισοδυναμεί με το σπάσιμο μίας πέτρας.

Συγκεκριμένα, η κλίμακα Richter ξεκινά με βαθμό < 0 R (μικροσεισμός, που δεν γίνεται αισθητός) και φτάνει σε βαθμό > 10 R (παγκόσμιος, που είναι εξαιρετικά απίθανος).

Ο ισχυρότερος σεισμός που έχει συμβεί μέχρι και σήμερα παγκοσμίως είναι αυτός στη Χιλή, στις 22 Μαΐου 1960, μεγέθους 9,5 R.

Κλίμακα Ρίχτερ	
< 0 R Μικροσεισμός	6,0 - 6,9 R Ισχυρός
0 - 0,9 R Μικροσεισμός	7,0 - 7,9 R Καταστροφικός
1,0 - 1,9 R Μικροσεισμός	8,0 - 8,9 R Εξαιρετικά Καταστροφικός
2,0 - 2,9 R Ασήμαντος	9,0 - 9,9 R Ασύλληπτα Καταστροφικός
3,0 - 3,9 R Πολύ Ασθενής	
4,0 - 4,9 R Ασθενής	
5,0 - 5,9 R Μέτριος	≥ 10,0 R Παγκόσμιος

Εικόνα 14: Κλίμακα Richter

ΚΛΙΜΑΚΑ MERCALLI

Η κλίμακα Mercalli προσδιορίζει την ένταση του σεισμού και όχι το μέγεθος του.

Με βάση αυτή την κλίμακα, οι σεισμοί ταξινομούνται σε 12 επίπεδα, ανάλογα με την έντασή τους και τις ζημιές που επιφέρουν. Τα επίπεδα αυτά αναγράφονται με λατινικούς αριθμούς και ξεκινούν από το I (επίπεδο 1, μη αισθητός σεισμός, καταγράφεται μόνο από σειсмоγράφους) και το ύψιστο δυνατό επίπεδο που μπορεί να υπάρξει είναι το XII (12) και αντιστοιχεί σε έναν σεισμό που θα επέφερε ολική καταστροφή σε κάθε ανθρώπινη κατασκευή και θα άλλαζε το γεωγραφικό ανάγλυφο της περιοχής.

Κλίμακα Μερκάλι	
I. Μη αισθητός	
II. Ελάχιστα αισθητός	
III. Ασθενής	
IV. Μέτριος	IX. Πολύ Καταστροφικός
V. Σχετικά Ισχυρός	X. Εξαιρετικά Καταστροφικός
VI. Ισχυρός	XI. Ασύλληπτα Καταστροφικός
VII. Πολύ Ισχυρός	
VIII. Καταστροφικός	XII. Ολική Καταστροφή (ή Κατακλυσμιαίος)

Εικόνα 15: Κλίμακα Mercalli

7. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

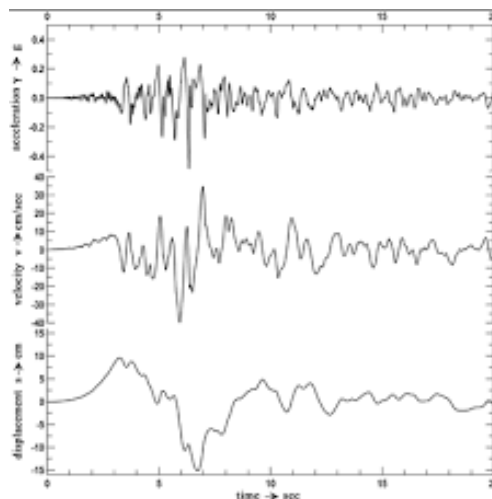
- Σεισμική επικινδυνότητα (seismic hazard) ονομάζεται η πιθανότητα (π.χ. 5%) κάποια εδαφική παράμετρος να ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή (π.χ. 0,5g) , σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα (π.χ. 10 χρόνια). Η εδαφική παράμετρος μπορεί να είναι η επιτάχυνση, ταχύτητα, μετατόπιση, ένταση, διάρκεια κλπ.

Η εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και εξαρτάται από παράγοντες όπως: η σεισμικότητα, η επίδραση του μέσου και οι τοπικές εδαφικές συνθήκες.

- Σεισμικός κίνδυνος (seismic risk): Ορίζεται σαν: (επικινδυνότητα x τρωτότητα) ή αλλιώς (hazard * vulnerability). Ο σεισμικός κίνδυνος μπορεί να εκφραστεί σε οικονομικό κόστος, κόστος σε ανθρώπινες ζωές κλπ, ανά μονάδα χρόνου.
- Τρωτότητα (Vulnerability): Ο βαθμός της βλάβης (ή η πιθανότητα φθοράς) που προκαλεί στο κτίριο κάποιο σεισμικό φορτίο.

Ως σεισμικές επικινδυνότητες θεωρούνται:

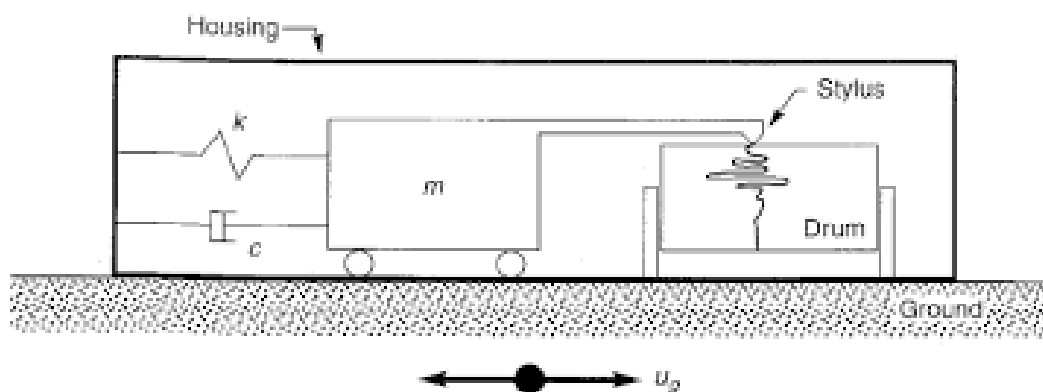
1. Η σεισμική δόνηση με διάρκεια δευτερολέπτων έως λεπτών
2. Η κατασκευαστική επικινδυνότητα των κτηριακών μονάδων μιας περιοχής
3. Η ρευστοποίηση κοντά σε ποτάμια ή παράλιες περιοχές και οι κατολισθήσεις
4. Η δημιουργία τσουνάμι



Εικόνα 16: Σεισμική επικινδυνότητα

8. ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΟΙ

Η συσκευή που χρησιμοποιείται εδώ και πολλές δεκαετίες για την καταγραφή της χρονικής μεταβολής της επιτάχυνσης μιας διέγερσης καλείται επιταχυνσιογράφος και αποτελείται από ένα σύστημα μάζας - ελατηρίου – αποσβεστήρα. Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται πάνω σε οποιαδήποτε επιφάνεια με σκοπό τη μέτρηση της κίνησής της και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την μεταβολή της επιτάχυνσης ως προς το χρόνο. Για να αποφευχθεί η συνεχής λειτουργία των επιταχυνσιογράφων, η έναρξη συλλογής δεδομένων συνδέεται άμεσα με την άφιξη των πρώτων ισχυρών κυμάτων μιας διέγερσης ενώ παράλληλα το τέλος των καταγραφών σηματοδοτείται από τις τελευταίες ασθενείς δονήσεις.



Εικόνα 17: Επιταχυνσιογράφος

Ο πρώτος επιταχυνσιογράφος κατασκευάστηκε από τον μηχανικό J.Fresman το 1930. Έκτοτε έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στο σχεδιασμό τέτοιου είδους οργάνων με αποτέλεσμα να κατασκευαστούν αρκετοί τύποι. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, ο πιο συνηθισμένος επιταχυνσιογράφος ήταν αυτός που χρησιμοποιούσε οπτική εγγραφή πάνω σε ταινίες (film). Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, όμως, κατασκευάστηκαν ψηφιακοί επιταχυνσιογράφοι οι οποίοι παρέχουν την δυνατότητα μεταφοράς των δεδομένων τους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Μερικά από τα είδη επιταχυνσιογράφων είναι τα παρακάτω:

- Πιεζοηλεκτρικός επιταχυνσιογράφος (piezoelectric accelerometer) : Βασίζεται στην ιδιότητα κάποιων υλικών (κυρίως κρυσταλλικών και κεραμικών) σύμφωνα με την οποία τα υλικά αυτά μπορούν να παράγουν ηλεκτρική τάση σε περίπτωση που υποβληθούν σε καταστάσεις πίεσης ή ταλάντωσης. Η τάση $\propto$ του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από την διέγερση του υλικού αυτού είναι ανάλογη της επιτάχυνσης της διέγερσης.
- Πιεζωμικρός επιταχυνσιογράφος (piezoresistive accelerometer) : Αποτελείται από ένα ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο η μάζα ελέγχει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος λειτουργώντας ως διακόπτης. Οποιαδήποτε μορφή ταλάντωσης διεγείρει τη μάζα και το κύκλωμα ανοιγοκλείνει. Η τάση που παράγεται είναι ανάλογη της επιτάχυνσης.

- Επιταχυνσιόμετρα με οπτικές ίνες :
Πρόκειται για επιταχυνσιόμετρο όπου το φως που συγκεντρώνεται στους δέκτες είναι ανάλογο με την επιτάχυνση που εφαρμόζεται. Σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ηλεκτρομαγνητικών και ραδιοφωνικών παρεμβολών επειδή πραγματοποιείται μόνο η μεταφορά του φωτός αποκλειστικά διαμέσου της καλωδίωσης.
- Επιμηκυνσιομετρικός επιταχυνσιογράφος :
Αποτελεί την πιο απλή μορφή επιταχυνσιογράφου καθώς αποτελεί ένα σύστημα μάζας - ελατηρίου - αποσβεστήρα.

Ανάλογα με τη συχνότητα του σήματος που πρόκειται να καταγραφεί χρησιμοποιείται και ο αντίστοιχος επιταχυνσιογράφος δεδομένου ότι κάθε επιταχυνσιογράφος μπορεί να καταγράψει με ακρίβεια κινήσεις των οποίων η συχνότητα είναι μικρότερη κατά 60% της ιδιοσυχνότητάς του.

Στη σεισμική διέγερση, που πραγματοποιήθηκε στην Αθήνα το 1999, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις καταγεγραμμένες τιμές επιτάχυνσης που είχαν συλλεχθεί από κεντρικούς σεισμολογικούς σταθμούς. Συγκεκριμένα, στο επιταχυνσιογράφημα του σεισμολογικού σταθμού στο Μοναστηράκι εντοπίστηκε μέγιστη τιμή επιτάχυνσης 0.51g ενώ ταυτόχρονα ο αντίστοιχος σταθμός που είχε τοποθετηθεί στο Σύνταγμα προσδιόριζε μέγιστη τιμή ίση με 0.24g.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πέλλης Σ., «Σεισμοί και σεισμικά κύματα», Βιβλιοθήκη της Φυσικής, 2013

- Ροντογιάννη-Τσιαμπάου Θ., «Γεωλογία: Θεμελιώδεις έννοιες για μηχανικούς», 222-233, 2019, Εκδόσεις Τζιόλα
- Ινστιτούτο Γεωδυναμικής, «Σεισμογραφικά Όργανα», Εθνικό Ατεροσκοπείο Αθηνών, 2018
- Τομέας Γεωφυσικής, «Σεισμομετρία», 1-18, ΑΠΘ
- Μουζούλα Δ.Ν., «Διεύρυνση χαρακτηριστικών μετρήσεων επιτάχυνσης από σύγκριση καταγραφών πολλαπλών επιταχυνσιογράφων», 1-24, 2013
- Σώκος Ε., «Σεισμική επικινδυνότητα», 1-21, 2017
- Παυλίδης Σ., «Εισαγωγή στη Γεωλογία», ΑΠΘ

EΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα εξωφύλλου: <https://www.neakriti.gr/article/kriti/1594125/seismos-8-rihter-se-apeutheias-sundesj/>
- Εικόνα 1: https://www.ethnos.gr/ellada/51461_seismoj-stin-ellada-oi-megalyteroi-tsoynami-kai-ta-rihter-stin-attiki,σελ.3
- Εικόνα 2: http://www.geo.auth.gr/courses/ggp/mth1063e/pdf/4th_Chapter.pdf,σελ.5
- Εικόνα 3: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/instruments.htm>,σελ.5
- Εικόνα 4: <https://www.iefimerida.gr/ellada/i-katagrafi-toy-seismoy-apo-seismografo-stin-kriti>,σελ.5
- Εικόνα 5: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/instruments.htm>,σελ.6
- Εικόνα 6: <https://it.wikipedia.org/wiki/Sismogramma>,σελ.6
- Εικόνα 7: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/instruments.htm>,σελ.6
- Εικόνα 8: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/seismic-waves.htm>,σελ.7
- Εικόνα 9: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/seismic-waves.htm>,σελ.7
- Εικόνα 10: <http://atlaswikigr.wikifoundry.com/page/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE+%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B7%CE%BD%CE%B5%CE%AF%CE%B1+%CF%84%CE%BF%CF%85+%CF%86%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%BF%CF%85+%CF%84%CE%BF%CF%85+%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D>,σελ.8
- Εικόνα 11: https://geol105.sitehost.iu.edu/images/gaia_chapter_3/seismic.htm,σελ.9
- Εικόνα 12: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/epi-location/epi-location.files/p-s-diagram.gif>,σελ.9
- Εικόνα 13: <http://www.gein.noa.gr/HTML/WEB-EDU/epi-location.htm>,σελ.10
- Εικόνα 14: <https://insuranceworld.gr/63772/eidiseis/diethni-eidiseis/klimaka-richter-gia-to-cyber-proteinei-i-scor/>,σελ.12
- Εικόνα 15: http://daskalosa.eu/geography_e/geography_e_26-o_rolos_ton_ifaisteion.html,σελ.12

- Εικόνα 16: https://www.google.com/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2F%2F180d422e28775e2a854f0b3798de6eb979f3550ff1127e73510c9564b5d97deb&imgrefurl=ftp%3A%2F%2Fgeophysics.geo.auth.gr%2Fpub%2Fusers%2Ftakis%2FENG_SEISM_classroom2019_S.Hazard.pdf&tbnid=KI53KC5CDRh_LM&vet=12ahUKEwie66fT85XuAhVQgM4BHVzACxkQMyhKegQIARBc..i&docid=YUx3GS2mWejiM&w=385&h=388&q=%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%84%CE%B1%CF%87%CF%85%CE%BD%CF%83%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%83&ved=2ahUKEwie66fT85XuAhVQgM4BHVzACxkQMyhKegQIARBc ,σελ.13
- Εικόνα 17: https://www.google.com/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2F%2F1d4cfbadfb4ca197a90e824ff913e4447f4b0f2f5310df33d8470d8f5f785aa4&imgrefurl=ftp%3A%2F%2Fgeophysics.geo.auth.gr%2Fpub%2Fusers%2Ftakis%2FENG_Seism_1.pdf&tbnid=l6FM-637TB07vM&vet=12ahUKEwie66fT85XuAhVQgM4BHVzACxkQMygOegUIARCtAQ..i&docid=TvE3E52sc1iWFM&w=639&h=253&q=%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%84%CE%B1%CF%87%CF%85%CE%BD%CF%83%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%83&ved=2ahUKEwie66fT85XuAhVQgM4BHVzACxkQMygOegUIARCtAQ ,σελ.14