

R4.1. Πρότυπο Σεναρίου STEAM DataScEd4CiEn

Ενεργοί Πολίτες για την Αντιμετώπιση των Σεισμών ως Κοινωνικού Ζητήματος

Εισαγωγή	2
Τίτλος.....	2
Συγγραφική ομάδα	3
Περίληψη του σεναρίου	3
Ηλικιακή ομάδα μαθητών	3
«Περιεχόμενο της Επιστήμης Δεδομένων στο STEAM για την Ενεργό Πολιτεϊότητα και την Κοινωνική Δικαιοσύνη από τις Πρώτες Σχολικές Ηλικίες»	3
Γνωστικά αντικείμενα και θεματικές ενότητες.....	3
Ερωτήματα πραγματικής ζωής.....	4
Στόχοι του σεναρίου	4
Δεξιότητες και ικανότητες.....	5
Διδακτικές προσεγγίσεις και στρατηγικές/θεωρίες μάθησης.....	6
Σύνδεση του εθνικού αναλυτικού προγράμματος με το σενάριο DataScEd4CiEn	6
1. Επιστημονική Ικανότητα	6
2. Ψηφιακή Ικανότητα	7
3. Επικοινωνία στη Μητρική Γλώσσα (Γλωσσική Ικανότητα).....	7
4. Κοινωνική και Πολιτειακή Ικανότητα.....	7
5. Μαθαίνω πώς να Μαθαίνω.....	7
6. Κριτική Σκέψη και Επίλυση Προβλημάτων	8
Σχεδιασμός του Εκπαιδευτικού Σεναρίου	8
Σχέδια μαθημάτων	8
Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης	13
Διδακτικοί πόροι (υλικά και τεχνολογικά εργαλεία).....	13
Υλικά	13
Διαδικτυακά εργαλεία.....	13
Αξιολόγηση	14
Αρχική αξιολόγηση	14
Εργαλεία αξιολόγησης.....	14
Βιβλιογραφία:.....	14
Biology and geology annexes:.....	15
Σ1:Παραρτήματα Βιολογίας και Γεωλογίας	15
Σ2: Πώς γνωρίζουμε τι υπάρχει κάτω από τον γήινο φλοιό;	15
Σ3: Σεισμικά κύματα	19
1. Επιφανειακά σεισμικά κύματα.....	19

α. Κύματα Love.....	20
β. Κύματα Rayleigh.....	20
2. Κύματα σώματος	21
α. Πρωτεύοντα κύματα (P-waves).....	21
2. Κύματα σώματος	22
β. Δευτερεύοντα κύματα (S-waves).....	22
Σύνοψη των βασικών διαφορών	22
Πώς τα σεισμικά κύματα μάς βοηθούν να κατανοήσουμε το εσωτερικό της Γης:.....	23
Σ4: Πείραμα σεισμικών κυμάτων.	24
Γράψτε τον τίτλο στο τετράδιό σας: Διερεύνηση των σεισμικών κυμάτων με τη χρήση ενός Slinky.....	24
Στόχοι, οι μαθητές θα	24
Υλικά:	24
Πορεία δραστηριοτήτων:	25
Μέρος 1: Εισαγωγή στα σεισμικά κύματα	25
Μέρος 2: Πρακτική δραστηριότητα.....	25
Μέρος 3: Σύγκριση κυμάτων P και S.....	26
Μέρος 4: Συμπεράσματα.....	26
Σ5: Το μαγνητικό πεδίο της Γης, η φυσική μας ασπίδα, και ο εντοπισμός του επίκεντρου ενός σεισμού	26
1. Εξασθένηση του μαγνητικού πεδίου της Γης.....	28
2. Γεωφυσικές μεταβολές	29
3. Κλιματικές επιπτώσεις (υπό διερεύνηση).....	29
Συμπεράσματα	29
Παραρτήματα Μαθηματικών: Ενεργοί Πολίτες για την Αντιμετώπιση των Σεισμών ως Κοινωνικού Ζητήματος	35
Αιτιολόγηση.....	36
Σ1 και Σ2: Αναγνώριση προτύπων σε ιστορικά δεδομένα σεισμών.....	38
Σ3 και Σ4: Κατανόηση της δεσμευμένης πιθανότητας για την πρόβλεψη της εμφάνισης σεισμού στο Puerto Real	41
Σ5: Μεγέθη και μονάδες μέτρησης του μεγέθους των σεισμών	45
Πριν από την ανάγνωση	45
Κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης.....	45
Μετά την ανάγνωση.....	47
Σ6: Γραφική αναπαράσταση του μεγέθους ροπής (Moment Magnitude).....	49
.....	49
Σ7: Τελικό προϊόν – Συγγραφή δημοσιογραφικού άρθρου.....	52
Βιβλιογραφία.....	53

Με τη συγχρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ωστόσο, οι απόψεις και οι γνώμες που διατυπώνονται εκφράζουν αποκλειστικά τις απόψεις των συντακτών και δεν αντιπροσωπεύουν κατ' ανάγκη τις απόψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Ευρωπαϊκού Εκτελεστικού Οργανισμού Εκπαίδευσης και Πολιτισμού (EACEA). Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο EACEA δεν μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνοι για αυτές

Εισαγωγή

Τίτλος

Ενεργοί Πολίτες για την Αντιμετώπιση των Σεισμών ως Κοινωνικού Ζητήματος

Συγγραφική ομάδα

Manuel Pavón Iglesias και Ana Serradó Bayés

Περίληψη του σεναρίου

Στο παρόν εκπαιδευτικό σενάριο, οι μαθητές διερευνούν την επιστήμη και την επιστήμη δεδομένων που σχετίζονται με τους σεισμούς μέσα από μια διαθεματική προσέγγιση, η οποία ενσωματώνει τη Γεωγραφία, τη Βιολογία και Γεωλογία, τα Μαθηματικά και τη Στατιστική, καθώς και τη Γλώσσα. Κατά τη διάρκεια δεκαπέντε διδακτικών ενοτήτων, οι μαθητές μελετούν τι είναι ένας σεισμός, πώς και γιατί προκαλείται, πώς μετράται το μέγεθός του και σε ποιες περιοχές του κόσμου εμφανίζονται συχνότερα σεισμικά φαινόμενα. Παράλληλα, διερευνούν ιστορικά δεδομένα από ορισμένους από τους ισχυρότερους σεισμούς που έχουν καταγραφεί παγκοσμίως, καθώς και δεδομένα που αφορούν τη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής όπου βρίσκεται το σχολείο τους. Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων αυτών, αξιολογούν τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες αξιοποιούν την επιστήμη δεδομένων για την παρακολούθηση και την πρόβλεψη της σεισμικής δραστηριότητας.

Καθώς συλλέγουν, οργανώνουν, αναλύουν και ερμηνεύουν δεδομένα από πραγματικά σεισμικά γεγονότα και ιστορικά αρχεία, οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν κατά πόσο οι σεισμοί αποτελούν μια ρεαλιστική απειλή για τη δική τους κοινότητα. Η μαθησιακή διαδικασία ολοκληρώνεται με τη δημιουργία ενός δημοσιογραφικού άρθρου με τίτλο **«Φοβάσαι έναν σεισμό στο Puerto Real; Ναι ή όχι;»**. Στο τελικό αυτό προϊόν, οι μαθητές αξιοποιούν τα δεδομένα, τα γραφήματα και τα συμπεράσματα που ανέπτυξαν κατά τη διάρκεια του έργου, προκειμένου να διαμορφώσουν τεκμηριωμένη άποψη, να υποστηρίξουν τη θέση τους με αποδεικτικά στοιχεία και να επικοινωνήσουν τα ευρήματά τους με τρόπο έγκυρο, σαφή και ελκυστικό προς ένα ευρύτερο κοινό.

Ηλικιακή ομάδα μαθητών

15–16 ετών (Α΄ Λυκείου / Grade 10).

«Περιεχόμενο της Επιστήμης Δεδομένων στο STEAM για την Ενεργό Πολιτειότητα και την Κοινωνική Δικαιοσύνη από τις Πρώτες Σχολικές Ηλικίες»

Γνωστικά αντικείμενα και θεματικές ενότητες

Περιγραφή των γνωστικών αντικειμένων και των θεματικών ενότητων που ενσωματώνονται στην Εκπαίδευση στην Επιστήμη Δεδομένων στο STEAM για την Ενεργό Πολιτειότητα και την Κοινωνική Δικαιοσύνη.

Ερωτήματα πραγματικής ζωής

1. Τι προκαλεί έναν σεισμό και πώς συμβάλλουν οι τεκτονικές πλάκες στη σεισμική δραστηριότητα;
2. Πώς μετρούν οι επιστήμονες την ισχύ ενός σεισμού και τι είναι η Κλίμακα Μεγέθους Ροπής (Moment Magnitude Scale);
3. Ποιες περιοχές του κόσμου είναι περισσότερο ευάλωτες στους σεισμούς και γιατί παρουσιάζουν υψηλότερη σεισμική δραστηριότητα;
4. Πώς μπορούμε να προβλέψουμε την εκδήλωση ενός σεισμού και γιατί η πρόβλεψή του αποτελεί τόσο μεγάλη πρόκληση;
5. Πώς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δεδομένα πραγματικού χρόνου από πηγές, όπως το IGN, για την παρακολούθηση των σεισμών;
6. Πώς επηρεάζουν ιστορικά σεισμικά γεγονότα, όπως εκείνα στην Ιαπωνία ή τη Χιλή, την κατανόησή μας σχετικά με τους σεισμικούς κινδύνους;
7. Ποιους κινδύνους αντιμετωπίζουν οι κάτοικοι του Puerto Real σε περίπτωση ενός μεγάλου σεισμού και πόσο πιθανό είναι να συμβεί ένας τέτοιος σεισμός στην περιοχή;
8. Πώς μπορούμε να αναπαραστήσουμε οπτικά τα σεισμολογικά δεδομένα ώστε να επικοινωνούμε αποτελεσματικά τα ευρήματά μας;
9. Ποιες ηθικές παράμετροι πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη κατά την επικοινωνία σεισμολογικών δεδομένων προς το κοινό;
10. Με βάση την έρευνά σας, θα πρέπει οι κάτοικοι του Puerto Real να φοβούνται τους σεισμούς; Γιατί ή γιατί όχι;

Στόχοι του σεναρίου

1. Βιολογία και Γεωλογία:
Οι μαθητές πρέπει να:
 - α. ορίζουν τι είναι ένας σεισμός και να εξηγούν τον τρόπο δημιουργίας του.
 - β. αναγνωρίζουν τις τεκτονικές διεργασίες που ευθύνονται για τη σεισμική δραστηριότητα.

- γ. κατανοούν τον τρόπο με τον οποίο μετράται το μέγεθος ενός σεισμού μέσω της Κλίμακας Μεγέθους Ροπής (Moment Magnitude Scale – Mw) και τη σχέση της με την αρχική κλίμακα Richter.
2. Γεωγραφικό πλαίσιο: Οι μαθητές να είναι σε θέση να:
- α. εντοπίζουν τις κύριες σεισμογενείς ζώνες του πλανήτη.
 - β. αξιολογούν τον σεισμικό κίνδυνο στην περιοχή του Puerto Real και στη γύρω περιοχή.
3. Ιστορική διερεύνηση:
- α. διερευνούν σημαντικούς σεισμούς της παγκόσμιας ιστορίας με βάση το μέγεθος και τις επιπτώσεις τους.
 - β. αναλύουν τα αίτια και τις συνέπειες των σημαντικότερων σεισμικών γεγονότων.
4. Γραμματισμός στην Επιστήμη Δεδομένων: Οι μαθητές θα είναι σε θέση να
- α. χρησιμοποιούν τη διαδικτυακή βάση δεδομένων σεισμών του **IGN** για την παρακολούθηση και οπτικοποίηση της σεισμικής δραστηριότητας των τελευταίων δέκα ετών.
 - β. δημιουργούν γραφήματα και οπτικές αναπαραστάσεις της συχνότητας, του μεγέθους και της γεωγραφικής κατανομής των σεισμών.
 - γ. αναλύουν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών που σχετίζονται με τη σεισμική δραστηριότητα.
 - δ. διαμορφώνουν μοντέλα άτυπης στατιστικής επαγωγής μέσα από την αναγνώριση προτύπων και τη μελέτη της μεταβλητότητας των δεδομένων.
 - ε. κατασκευάζουν μοντέλα πρόβλεψης βασισμένα σε δέντρα αποφάσεων (Decision Trees), αξιοποιώντας τεχνικές μηχανικής μάθησης για τη διερεύνηση της πιθανότητας εκδήλωσης σεισμών.
 - ζ. ερμηνεύουν πραγματικά σεισμολογικά δεδομένα και ιστορικά σεισμικά γεγονότα.
5. Επικοινωνία και Δημοσιογραφία: Οι μαθητές θα είναι σε θέση να:
- α. συγγράφουν ένα δημοσιογραφικό άρθρο βασισμένο στα δεδομένα και στις οπτικές αναπαραστάσεις που δημιούργησαν.
 - β. παρουσιάζουν τα συμπεράσματά τους σχετικά με τον σεισμικό κίνδυνο στο Puerto Real, αξιοποιώντας τα μοντέλα πρόβλεψης που ανέπτυξαν.
 - γ. διατυπώνουν τεκμηριωμένη θέση στο ερώτημα του τίτλου του άρθρου **«Φοβάσαι έναν σεισμό στο Puerto Real; Ναι ή όχι;»**, υποστηρίζοντάς την με κατάλληλα επιστημονικά δεδομένα.

Δεξιότητες και Ικανότητες

1. Οι μαθητές θα μάθουν να μην αποδέχονται τα δεδομένα άκριτα. Κατά την ανάλυση σεισμολογικών δεδομένων (όπως το μέγεθος, η τοποθεσία και η συχνότητα των σεισμών), θα θέτουν τα ακόλουθα ερωτήματα:
- Από πού προέρχονται τα δεδομένα;
 - Πώς συλλέχθηκαν ή μετρήθηκαν;
 - Ποια στοιχεία ενδέχεται να απουσιάζουν ή να είναι παραπλανητικά;
- Η κριτική αυτή στάση θα βοηθήσει τους μαθητές να διαμορφώνουν πιο τεκμηριωμένες και υπεύθυνες ερμηνείες των δεδομένων.

2. Προθυμία να εργάζονται με την αβεβαιότητα

Η πρόβλεψη σεισμών και η εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου περιλαμβάνουν πολύπλοκες μεταβλητές και ελλιπή δεδομένα. Οι μαθητές θα διαπιστώσουν στην πράξη ότι:

- Τα δεδομένα δεν παρέχουν πάντοτε σαφείς απαντήσεις.
- Τα επιστημονικά μοντέλα (π.χ. για την πρόβλεψη σεισμών) έχουν περιορισμούς.

Αυτό θα τους βοηθήσει να εξοικειωθούν με την αβεβαιότητα και να αναπτύξουν πιθανολογική συλλογιστική, η οποία αποτελεί βασική στάση στην Επιστήμη Δεδομένων.

3. Νοηματοδότηση μέσω των δεδομένων

Αντί να δημιουργούν απλώς γραφήματα ή να συνοψίζουν στατιστικά στοιχεία, οι μαθητές θα:

- διατυπώνουν ουσιαστικά ερωτήματα,
- χρησιμοποιούν τα δεδομένα για να εξάγουν συμπεράσματα και να υποστηρίζουν τις θέσεις τους,
- συνδυάζουν ποσοτικά τεκμήρια με το πραγματικό πλαίσιο στο δημοσιογραφικό τους άρθρο.

Αυτό ενισχύει τη συνήθεια της αξιοποίησης των δεδομένων όχι μόνο για υπολογισμούς, αλλά και για την κατανόηση και ερμηνεία των φαινομένων.

4. Επιχειρηματολογία με τη χρήση δεδομένων

Οι μαθητές θα εξασκηθούν στη χρήση δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων, προκειμένου να:

- διατυπώνουν θέση απαντώντας στο ερώτημα του τελικού προϊόντος: «Φοβάσαι έναν σεισμό στο Puerto Real, ναι ή όχι;».
- υποστηρίζουν τη θέση τους γραπτώς με λογικά επιχειρήματα, τεκμήρια και οπτικές αναπαραστάσεις.

Η στάση αυτή ενισχύει τη συλλογιστική που βασίζεται σε δεδομένα και βοηθά τους μαθητές να επικοινωνούν σύνθετες ιδέες με αποτελεσματικό και υπεύθυνο τρόπο.

5. Περιέργεια και κίνητρο για διερεύνηση

Μέσα από την πρόσβαση σε πραγματικά σεισμολογικά δεδομένα και σχετικά εργαλεία, οι μαθητές θα ενθαρρύνονται να:

- διερευνούν πρότυπα και αποκλίσεις,
- ερευνούν ζητήματα προσωπικού ή τοπικού ενδιαφέροντος.

Αυτό καλλιεργεί μια διερευνητική στάση απέναντι στα δεδομένα, όπου οι μαθητές παρακινούνται από την ανακάλυψη και όχι απλώς από την εύρεση της σωστής απάντησης.

6. Ηθική επίγνωση και υπευθυνότητα

Κατά την ερμηνεία και την κοινοποίηση δεδομένων σχετικά με φυσικές καταστροφές, οι μαθητές θα προβληματιστούν σχετικά με:

- τον πραγματικό αντίκτυπο που μπορεί να έχει ο τρόπος παρουσίασης των δεδομένων (π.χ. πρόκληση φόβου έναντι ενίσχυσης της ετοιμότητας),
- τη σημασία της ακρίβειας, της διαφάνειας και της παροχής του κατάλληλου πλαισίου κατά την επικοινωνία πληροφοριών.

Με τον τρόπο αυτό καλλιεργείται το αίσθημα της ηθικής ευθύνης κατά την εργασία με δεδομένα που επηρεάζουν την κατανόηση και την ασφάλεια του κοινού.

Διδακτικές προσεγγίσεις και στρατηγικές μάθησης / θεωρίες μάθησης

Στο παρόν εκπαιδευτικό σενάριο, η μεθοδολογία της μάθησης μέσω διερεύνησης (Inquiry-Based Learning – IBL) εισάγεται ως η βασική διδακτική προσέγγιση, με στόχο την ενίσχυση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών και της επιστημονικής τους κατανόησης μέσα από τη διερεύνηση και την επίλυση προβλημάτων. Η διαδικασία της διερεύνησης ξεκινά με την παρουσίαση ενός ερωτήματος πραγματικής ζωής, όπως: «Θα πρέπει οι κάτοικοι του Puerto Real να φοβούνται έναν σεισμό;». Το ανοιχτό αυτό ερώτημα ενθαρρύνει τους μαθητές να αναπτύξουν την κριτική τους σκέψη και να αναλύσουν δεδομένα, καθώς διερευνούν τη σεισμική δραστηριότητα τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι μαθητές αναλύουν πραγματικά σεισμολογικά δεδομένα από το **IGN**, χρησιμοποιώντας ψηφιακά εργαλεία για τη δημιουργία γραφημάτων και την αναγνώριση προτύπων στη συχνότητα και το μέγεθος των σεισμών. Εργαζόμενοι σε ομάδες και πραγματοποιώντας ανεξάρτητη έρευνα, εξασκούνται στη διατύπωση υποθέσεων, στον έλεγχο προβλέψεων και στη σύνθεση δεδομένων, προκειμένου να υποστηρίξουν τα συμπεράσματά τους.

Το τελικό προϊόν — ένα δημοσιογραφικό άρθρο — λειτουργεί ως μέσο επικοινωνίας των ευρημάτων τους, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τεκμηριωμένα στοιχεία για να επιχειρηματολογήσουν υπέρ ή κατά της αντίληψης ότι οι σεισμοί αποτελούν πραγματική απειλή για το Puerto Real.

Η προσέγγιση αυτή δεν συμβάλλει μόνο στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικής διερεύνησης, όπως η ερμηνεία δεδομένων, αλλά καλλιεργεί επίσης σημαντικές στάσεις, όπως ο σκεπτικισμός, η περιέργεια και η ηθική υπευθυνότητα, καθώς οι μαθητές μαθαίνουν να αξιολογούν και να επικοινωνούν αποτελεσματικά πολύπλοκα επιστημονικά δεδομένα. this learning situation, the **inquiry-based learning (IBL)** methodology will be introduced as a core approach to foster student engagement and scientific understanding through active investigation and problem-solving.

Σύνδεση του Εθνικού Αναλυτικού Προγράμματος με το σενάριο DataScEd4CiEn

1. Επιστημονική Ικανότητα

- **Κατανόηση των φυσικών φαινομένων:** Οι μαθητές θα κατανοήσουν πώς δημιουργούνται οι σεισμοί, πώς μετράται το μέγεθός τους (Κλίμακα Μεγέθους Ροπής – Moment Magnitude Scale) και πώς οι τεκτονικές πλάκες επηρεάζουν τη σεισμική δραστηριότητα.
- **Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων:** Οι μαθητές θα εργαστούν με πραγματικά σεισμολογικά δεδομένα, προκειμένου να εντοπίσουν πρότυπα, να συγκρίνουν μεγέθη σεισμών και να κατανοήσουν τους σεισμικούς κινδύνους σε παγκόσμιο και περιφερειακό επίπεδο.
- **Χρήση επιστημονικής ορολογίας:** Οι μαθητές θα αναπτύξουν την ικανότητα να εξηγούν σύνθετες έννοιες χρησιμοποιώντας την κατάλληλη επιστημονική ορολογία, τόσο στον γραπτό όσο και στον προφορικό λόγο.

2. Ψηφιακή Ικανότητα

- **Αναζήτηση και επαλήθευση πληροφοριών:** Οι μαθητές θα μάθουν να χρησιμοποιούν διαδικτυακές βάσεις δεδομένων (π.χ. USGS, EMSC) για την αναζήτηση και εξαγωγή σχετικών σεισμολογικών δεδομένων.
- **Οπτικοποίηση δεδομένων:** Οι μαθητές θα χρησιμοποιούν ψηφιακά εργαλεία (π.χ. λογιστικά φύλλα και λογισμικό δημιουργίας γραφημάτων) για να δημιουργούν γραφήματα και διαγράμματα που υποστηρίζουν τα συμπεράσματά τους.
- **Κριτική χρήση της τεχνολογίας:** Οι μαθητές θα αξιολογούν τις πηγές και θα επαληθεύουν την αξιοπιστία των πληροφοριών που συλλέγουν από το διαδίκτυο.

3. Επικοινωνία στη Μητρική Γλώσσα (Γλωσσική Ικανότητα)

- **Συγγραφή με συγκεκριμένο σκοπό και για συγκεκριμένο κοινό:** Μέσα από τη συγγραφή του τελικού δημοσιογραφικού άρθρου, οι μαθητές θα εξασκηθούν στη δομημένη και στοχευμένη γραφή με σκοπό την ενημέρωση και την πειθώ.
- **Προφορική επικοινωνία:** Οι συζητήσεις στην τάξη, οι αντιπαραθέσεις απόψεων (debates) και οι παρουσιάσεις θα βοηθήσουν τους μαθητές να εκφράζουν τα επιστημονικά τους ευρήματα με σαφήνεια και συνοχή.
- **Ανάλυση και παραγωγή κειμένων:** Οι μαθητές θα αναλύσουν παραδείγματα δημοσιογραφικής γραφής και θα εφαρμόσουν αντίστοιχες τεχνικές για τη δόμηση των δικών τους άρθρων.

4. Κοινωνική και Πολιτειακή Ικανότητα

- **Ευαισθητοποίηση σχετικά με τοπικά και παγκόσμια ζητήματα:** Οι μαθητές θα διερευνήσουν τον τρόπο με τον οποίο φυσικές καταστροφές, όπως οι σεισμοί, επηρεάζουν κοινότητες σε ολόκληρο τον κόσμο και θα αξιολογήσουν τον σεισμικό κίνδυνο για τη δική τους πόλη (Puerto Real).
- **Κοινωνική υπευθυνότητα και ετοιμότητα:** Η διδακτική ενότητα ενθαρρύνει τους μαθητές να προβληματιστούν σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι κοινότητες μπορούν να προετοιμαστούν για φυσικούς κινδύνους και προάγει την ανάπτυξη ενεργών, ενημερωμένων και υπεύθυνων πολιτών.

5. Ικανότητα «Μαθαίνω πώς να Μαθαίνω»

- **Δεξιότητες έρευνας:** Οι μαθητές θα σχεδιάζουν και θα διεξάγουν διερευνήσεις, θα συνθέτουν πληροφορίες από διαφορετικές πηγές και θα εξάγουν τεκμηριωμένα συμπεράσματα.

- **Αυτορρύθμιση και αυτονομία:** Μέσα από τη διαδικασία συγγραφής του τελικού άρθρου, οι μαθητές θα διαχειρίζονται τον χρόνο τους, θα λαμβάνουν αποφάσεις και θα αναθεωρούν την εργασία τους με αυτονομία.
- **Συνεργασία και αναστοχασμός:** Η εργασία σε ομάδες και η συμμετοχή σε διαδικασίες ανατροφοδότησης θα βοηθήσουν τους μαθητές να αξιολογούν τη δική τους μάθηση και να βελτιώνονται μέσα από την ανατροφοδότηση των συμμαθητών τους.

6. Κριτική Σκέψη και Επίλυση Προβλημάτων

- **Αξιολόγηση του κινδύνου:** Οι μαθητές θα χρησιμοποιούν επιστημονική συλλογιστική και δεδομένα για να αξιολογούν κατά πόσο ένας σεισμός αποτελεί πραγματική απειλή για την περιοχή τους.
- **Λήψη αποφάσεων με βάση τεκμηριωμένα στοιχεία:** Οι μαθητές θα διατυπώνουν θέση στο άρθρο τους (ναι ή όχι) και θα την αιτιολογούν χρησιμοποιώντας γεγονότα, αριθμητικά δεδομένα και τεκμηριωμένη επιχειρηματολογία.

Σχεδιασμός του Εκπαιδευτικού Σεναρίου

Περιγραφή των σχεδίων μαθημάτων: τίτλος της δραστηριότητας, γνωστικό αντικείμενο, πορεία υλοποίησης, χρόνος και διδακτικοί πόροι. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα και συμπεριλάβετε συνδέσμους προς την ενότητα των Παραρτημάτων, όπου παρέχεται η αναλυτική περιγραφή κάθε δραστηριότητας.

Σχέδια μαθήματος

Τίτλος της δραστηριότητας	Πορεία υλοποίησης	Χρόνος/Παράρτημα
Διδακτική Ενότητα 1: Κίνητρο για το έργο		
Γνωστικό αντικείμενο STEAM: Βιολογία και Γεωλογία	Γιατί η Γη αποτελείται από διαδοχικά στρώματα; Μέσα από δύο δραστηριότητες ακρόασης, οι μαθητές καλούνται να θυμηθούν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα στρώματα της Γης.	Παράρτημα B1 60'

Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Τα στρώματα της Γης, οι ασυνέχειες και τα χαρακτηριστικά τους.
------------------------------------	--

Διδακτική Ενότητα 2: Πώς γνωρίζουμε τι υπάρχει κάτω από τον γήινο φλοιό;		
Γνωστικό αντικείμενο STEAM: Βιολογία και Γεωλογία	Πώς γνωρίζουμε τι υπάρχει κάτω από τον γήινο φλοιό; Οι μαθητές μελετούν ένα κείμενο που συνοδεύεται από δραστηριότητες, προκειμένου να εξοικειωθούν με τις έμμεσες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη του εσωτερικού της Γης.	Παράρτημα B2 60'
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Εξοικείωση με τις έμμεσες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη του εσωτερικού της Γης.	

Διδακτική Ενότητα 3: Σεισμικά κύματα		
Γνωστικό αντικείμενο STEAM: Βιολογία και Γεωλογία	Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα χωρίζεται και οι μαθητές συναντώνται σε ομάδες ειδικών (expert groups), όπου μελετούν και αναλύουν τα διαφορετικά είδη σεισμικών κυμάτων. Έπειτα, επιστρέφουν στις αρχικές τους ομάδες και μοιράζονται τις πληροφορίες που συνέλεξαν σχετικά με κάθε τύπο σεισμικού κύματος. Για το σπίτι, οι μαθητές παρακολουθούν βίντεο, ώστε να προετοιμαστούν για την επόμενη διδακτική ενότητα.	Παράρτημα B3 60'
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Είδη, χαρακτηριστικά των σεισμικών κυμάτων.	

Διδακτική Ενότητα 4: Πείραμα με σεισμικά κύματα		
Γνωστικό αντικείμενο STEAM	Πείραμα με σεισμικά κύματα Μέσα από μια πρακτική δραστηριότητα με τη χρήση ενός Slinky , οι μαθητές θα:	Παράρτημα B4

	- κατανοήσουν τις διαφορές μεταξύ των κυμάτων P και των κυμάτων S, - μάθουν πώς διαδίδονται τα σεισμικά κύματα στο εσωτερικό της Γης, - συσχετίσουν την κίνηση των κυμάτων με πραγματικά γεωλογικά φαινόμενα.	60'
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	- Κατανόηση των διαφορών μεταξύ των κυμάτων P και των κυμάτων S. - Κατανόηση του τρόπου διάδοσης των σεισμικών κυμάτων στο εσωτερικό της Γης. - Συσχέτιση της κίνησης των κυμάτων με πραγματικά γεωλογικά φαινόμενα.	

Διδακτική Ενότητα 5: Το μαγνητικό πεδίο της Γης, η φυσική μας ασπίδα, και ο εντοπισμός του επίκεντρου ενός σεισμού

Γνωστικό αντικείμενο STEAM	Η διδακτική ενότητα αποτελείται από δύο μέρη και απαιτεί τουλάχιστον 2,5 ώρες για την ολοκλήρωσή της. Στο πρώτο μέρος, μέσα από μια δραστηριότητα ανάγνωσης, οι μαθητές αναλύουν τα χαρακτηριστικά του μαγνητικού πεδίου της Γης και τις συνέπειες μιας υποθετικής εξασθένησής του. Στο δεύτερο μέρος, συμμετέχουν σε μια πρακτική δραστηριότητα με στόχο τον εντοπισμό του επίκεντρου ενός σεισμού.	Παράρτημα B5 2.5 ώρες
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	- Τα χαρακτηριστικά και η σημασία του μαγνητικού πεδίου της Γης. - Ο τρόπος εντοπισμού του επίκεντρου ενός σεισμού.	

Διδακτική Ενότητα 6: Αξιολόγηση

Γνωστικό αντικείμενο STEAM	Τελικό διαγώνισμα	1 hour
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Οι μαθητές ολοκληρώνουν ένα τελικό διαγώνισμα, το οποίο συνοψίζει και αξιολογεί τις γνώσεις που απέκτησαν σχετικά με τη γεώσφαιρα κατά τις πέντε προηγούμενες διδακτικές ενότητες.	

Διδακτική Ενότητα 7: Αιτιολόγηση

Γνωστικό αντικείμενο STEAM:	Οι μαθητές: 1. Μελετούν ένα κείμενο σχετικά με την ιστορική	Annex I 20'
------------------------------------	--	--------------------------------

Μαθηματικά	ανάλυση του σεισμού που σημειώθηκε στον Κόλπο του Κάδιθ την 1η Νοεμβρίου 1755. 2. Αναλύουν τις επιπτώσεις ενός σεισμού. 3. Προβληματίζονται σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) μπορεί να συμβάλει στην πρόβλεψη των σεισμών. 4. Αναλύουν τους στόχους και τις γνώσεις που αναμένεται να αποκτηθούν στο μάθημα των Μαθηματικών.	
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Να διερευνούν σημαντικούς σεισμούς στην παγκόσμια ιστορία με βάση το μέγεθος και τις καταστροφές που προκάλεσαν. Να αναλύουν τα αίτια και τις συνέπειες των σεισμών αυτών.	

Lesson 8: S1 and S2. Recognition of patterns in historic earthquakes		
Γνωστικό αντικείμενο STEAM: Μαθηματικά	Οι μαθητές: 1. Παρακολουθούν ένα βίντεο και συνοψίζουν πώς τα ιστορικά δεδομένα μπορούν να συμβάλουν στην πρόβλεψη και την προετοιμασία για μελλοντικούς σεισμούς. 2. Σκέφτονται πόσοι σεισμοί έχουν σημειωθεί στην Ιβηρική Χερσόνησο τα τελευταία δέκα χρόνια. 3. Επισκέπτονται την ιστοσελίδα του Εθνικού Γεωγραφικού Ινστιτούτου (IGN) και αναζητούν πληροφορίες για το προηγούμενο ερώτημα. 4. Αποκτούν πρόσβαση στον κατάλογο σεισμών από το 1370 μ.Χ. έως σήμερα και εντοπίζουν τα δεδομένα που αντιστοιχούν στα τελευταία δέκα χρόνια. 5. Αναλύουν τις μεταβλητές που περιλαμβάνονται στον πίνακα των δεδομένων που συλλέχθηκαν. 6. Χρησιμοποιούν το CODAP με δείγμα 5.000 περιπτώσεων και πραγματοποιούν ανάλυση δεδομένων. 7. Αξιολογούν την αξιοπιστία των πληροφοριών ενός δημοσιογραφικού άρθρου μέσω εκτεταμένης ανάλυσης επίσημων δεδομένων.	Παράρτημα 2 120'
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	• Να χρησιμοποιούν τη διαδικτυακή βάση δεδομένων σεισμών του IGN για την παρακολούθηση και την οπτικοποίηση της σεισμικής δραστηριότητας των τελευταίων δέκα ετών στην περιοχή. • Να δημιουργούν γραφήματα και οπτικές αναπαραστάσεις	

	που απεικονίζουν τη συχνότητα, το μέγεθος και τις τοποθεσίες των σεισμών. • Να αναλύουν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των διαφορετικών μεταβλητών που σχετίζονται με τους σεισμούς. • Να εξάγουν γενετικά μοντέλα για άτυπη επαγωγική συλλογιστική σχετικά με τη μεταβλητότητα των δεδομένων και την αναζήτηση προτύπων. • Να αξιολογούν τον τοπικό σεισμικό κίνδυνο στο Puerto Real και στη γύρω περιοχή.
--	--

Διδακτική Ενότητα 9: S3 και S4. Κατανόηση της δεσμευμένης πιθανότητας για την πρόβλεψη της εκδήλωσης σεισμού στο Puerto Real		
Γνωστικό αντικείμενο STEAM	Οι μαθητές: 1. Κατανοούν τι είναι ο πίνακας συνάφειας (contingency table) και η δεσμευμένη πιθανότητα. 2. Προσδιορίζουν, χρησιμοποιώντας έναν πίνακα συνάφειας, τις απλές και τις δεσμευμένες πιθανότητες εμφάνισης σεισμών με επίκεντρο το Puerto Real. 3. Αποκτούν πρόσβαση στον κατάλογο σεισμών του IGN και χρησιμοποιούν τον αλγόριθμο δέντρου αποφάσεων (Decision Tree) του CODAP για να πραγματοποιήσουν ανάλυση προβλεπτικής μοντελοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικές μεταβλητές, και να κατασκευάσουν έναν πίνακα συνάφειας με βάση τις πληροφορίες που προκύπτουν από το δέντρο αποφάσεων. 3. Εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τις διαφορές που προκύπτουν κατά την εργασία με διαφορετικά δείγματα. 4. Αναλύουν την αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων, εισάγοντας τις βασικές αρχές της μηχανικής μάθησης. 5. Κατανοούν τις έννοιες του πληθυσμού, του δείγματος και της δειγματοληψίας μέσω της δραστηριότητας στο Edpuzzle: https://edpuzzle.com/assignments/67c5cad0851a1199b5ff31d6/watch	Παράρτημα 3 120'
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	• Να κατασκευάζουν προβλεπτικά μοντέλα μηχανικής μάθησης με χρήση δέντρων αποφάσεων, προκειμένου να προσδιορίζουν τις προϋποθέσεις και τους περιορισμούς της εκδήλωσης σεισμών. • Να ερμηνεύουν πραγματικά σεισμολογικά δεδομένα και ιστορικά σεισμικά γεγονότα.	

Διδακτική Ενότητα 10: S5. Πολλαπλές κλίμακες και μονάδες μέτρησης του μεγέθους των σεισμών

Γνωστικό αντικείμενο STEAM	Οι μαθητές: 1. Με στόχο τη σύνδεση με το γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας και της Γεωλογίας, καλούνται να απαντήσουν στο ερώτημα: «Γνωρίζετε πώς μετράται το μέγεθος ενός σεισμού;». 2. Μελετούν ένα κείμενο από επίσημη ιστοσελίδα της Κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών σχετικά με το Μέγεθος Ροπής (Moment Magnitude) και την κλίμακα Richter, διερευνώντας τις διαφορετικές κλίμακες μέτρησης του μεγέθους των σεισμών και τους λόγους για τους οποίους υπάρχουν τόσες πολλές. 3. Συλλογίζονται σχετικά με τους αριθμούς και τις μεταβλητές που εμφανίζονται στις εξισώσεις οι οποίες μοντελοποιούν τις διαφορετικές κλίμακες μέτρησης του μεγέθους ενός σεισμού. 4. Εισάγονται στην έννοια και τον συμβολισμό του λογαρίθμου. Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να λειτουργήσει ως εισαγωγή στην έννοια του λογαρίθμου, στον συμβολισμό του ή στην αλλαγή βάσης των λογαρίθμων.	Παράρτημα 4 60'
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Να κατανοούν πώς μετράται το μέγεθος ενός σεισμού με τη χρήση της Κλίμακας Μεγέθους Ροπής (Moment Magnitude Scale – Mw), η οποία βασίζεται στην αρχική κλίμακα Richter.	

Διδακτική Ενότητα 11: S6. Γραφική αναπαράσταση του μεγέθους ροπής

Γνωστικό αντικείμενο STEAM	Οι μαθητές: 1. Μελετούν τι είναι το μέγεθος ροπής (Moment Magnitude) και τις υπόλοιπες κλίμακες μέτρησης του μεγέθους των σεισμών. 2. Μετασχηματίζουν την εξίσωση του μεγέθους ροπής σε συνάρτηση, όπου η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι το MO και η εξαρτημένη μεταβλητή είναι το MW. 3. Χρησιμοποιούν το GeoGebra Classic για να σχεδιάσουν τη γραφική παράσταση της συνάρτησης και να αναλύσουν τις ιδιότητές της. 4. Προσδιορίζουν τον ρυθμό μεταβολής και τον μέσο ρυθμό μεταβολής της σεισμικής ροπής.	Παράρτημα 5 60'
--	---	---

	5. Ερμηνεύουν τον ρυθμό μεταβολής και τον μέσο ρυθμό μεταβολής, ώστε να κατανοήσουν την αύξηση της συνάρτησης του μεγέθους ροπής. 6. Γενικεύουν την κατάσταση και σε άλλες λογαριθμικές συναρτήσεις.	
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Να κατανοούν πώς μετράται το μέγεθος ενός σεισμού με τη χρήση της Κλίμακας Μεγέθους Ροπής (Moment Magnitude Scale – Mw), η οποία βασίζεται στην αρχική κλίμακα Richter.	

Διδακτική Ενότητα 12: S7. Τελικό προϊόν – Συγγραφή δημοσιογραφικού άρθρου		
Γνωστικό αντικείμενο STEAM	Οι μαθητές: 1. Μελετούν τα βασικά χαρακτηριστικά της δημοσιογραφικής γραφής. 2. Συγγράφουν ένα δημοσιογραφικό άρθρο βασισμένο στα δεδομένα και στα γραφήματα που δημιούργησαν κατά τη διάρκεια του εκπαιδευτικού σεναρίου, με τίτλο: 3. «Φοβάσαι έναν σεισμό στο Puerto Real, ναι ή όχι;» 4. Αναλύουν κατά πόσο το δημοσιογραφικό τους άρθρο ανταποκρίνεται στα βασικά χαρακτηριστικά της δημοσιογραφικής γραφής. 5. Βελτιώνουν το άρθρο τους, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.	Παράρτημα 6 120'
Αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα	Develop a journalist article based on collected data and visual representations. Να αναπτύσσουν ένα δημοσιογραφικό άρθρο βασισμένο στα δεδομένα που συλλέχθηκαν και στις οπτικές αναπαραστάσεις που δημιουργήθηκαν.	

Χρονοδιάγραμμα Υλοποίησης

Περιγράψτε για κάθε κατηγορία τον προβλεπόμενο χρόνο υλοποίησής της.

Χρόνος προετοιμασίας: 1 ώρα

Προβλεπόμενος χρόνος διδασκαλίας ανά γνωστικό αντικείμενο STEAM:

- **STEAM Βιολογία και Γεωλογία:** 7 διδακτικές ενότητες των 60 λεπτών η καθεμία.
- **STEAM Μαθηματικά:** 5 διδακτικές ενότητες, συνολικής διάρκειας 500 λεπτών.

Χρόνος αξιολόγησης:

Διδακτικοί πόροι (υλικά και τεχνολογικά εργαλεία)

Περιγράψτε το διδακτικό υλικό και τα τεχνολογικά εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν στις επιμέρους διδακτικές ενότητες.

Υλικά

Το διδακτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί περιλαμβάνεται στα επιμέρους παραρτήματα του σεναρίου.

Διαδικτυακά εργαλεία

Geogebra: [geogebra.org](https://www.geogebra.org)

CODAP: <https://codap.concord.org/>

Spanish National Geographic Institute: <https://www.ign.es/web/ign/portal>

Αξιολόγηση

Αρχική αξιολόγηση

Δεν απαιτείται αρχική αξιολόγηση, καθώς το σενάριο ξεκινά με μια διδακτική ενότητα αφιερωμένη στην κινητοποίηση των μαθητών και στη διερεύνηση των προϋπαρχουσών αντιλήψεών τους σχετικά με τα στρώματα της Γης.

Εργαλεία αξιολόγησης

Περιγράψτε τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των παρακάτω:

- **Εργαλεία αξιολόγησης στη Βιολογία και Γεωλογία:**
 - Διδακτική Ενότητα 4: Πρακτική δραστηριότητα με τη χρήση ενός Slinky.
 - Διδακτική Ενότητα 5: Πρακτική δραστηριότητα – Εντοπισμός του επίκεντρου ενός σεισμού.
 - Διδακτική Ενότητα 6: Τελικό διαγώνισμα.
- **Των γνώσεων των μαθητών σχετικά με την Επιστήμη Δεδομένων για την Ενεργό Πολιτεία και την Κοινωνική Δικαιοσύνη στο πλαίσιο του θέματος του σεναρίου:**
 - Οι δραστηριότητες που εκπονήθηκαν από τους μαθητές στις Διδακτικές Ενότητες 7, 8 και 10.
 - Το τελικό προϊόν: Συγγραφή δημοσιογραφικού άρθρου.
- **Της στάσης των μαθητών απέναντι στη μάθηση της Επιστήμης Δεδομένων (παραρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην τάξη είναι ευπρόσδεκτα):**
 - Το ερωτηματολόγιο τελικής αξιολόγησης των μαθητών του έργου **DataScEd4CiEn** (DataScEd4CiEn students' post-survey).

Βιβλιογραφικές αναφορές:

Lee, H. S., Wilkerson, M., Grover, S., Shin, H., & Macrander, C. (2022). *Developing students' data science competencies through exploratory data analysis tasks: A framework and design principles*. Journal of the Learning Sciences, 31(1), 60–101.

Παραρτήματα Βιολογίας και Γεωλογίας:

Σ1: Γιατί η Γη αποτελείται από διαδοχικά στρώματ



1. Παρατηρήστε την εικόνα. Τι συμβαίνει; Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;

2. Ακούστε τον/την εκπαιδευτικό σας και προσπαθήστε να συμπληρώσετε τις πληροφορίες που λείπουν από το φωτοαντίγραφο σας. Χρησιμοποιήστε μπλε στυλό. [S1 SA5 Layers of the earth](#)

3. Συνεργαστείτε με τα μέλη της ομάδας σας. Μοιραστείτε τις πληροφορίες που έχετε καταγράψει και συμπληρώστε, με μαύρο στυλό, όσα στοιχεία δεν καταφέρατε να σημειώσετε.

4. Παρακολουθήστε το βίντεο και συμπληρώστε, με κόκκινο στυλό, τις πληροφορίες που εξακολουθούν να λείπουν.

Γιατί η Γη αποτελείται από διαδοχικά στρώματα; (Why Does the Earth Have Layers?). [Why Does The Earth Have Layers?](#)

Όμως... η βαθύτερη γεώτρηση που έχει πραγματοποιηθεί στη Γη είναι η γεώτρηση Κολα, με βάθος **12.262 μέτρα**, δηλαδή περίπου **12 km** σε σύγκριση με την ακτίνα της Γης (**6.378 km**). Με άλλα λόγια, έχουμε διατρήσει μόλις το **0,18%** του εσωτερικού της Γης.

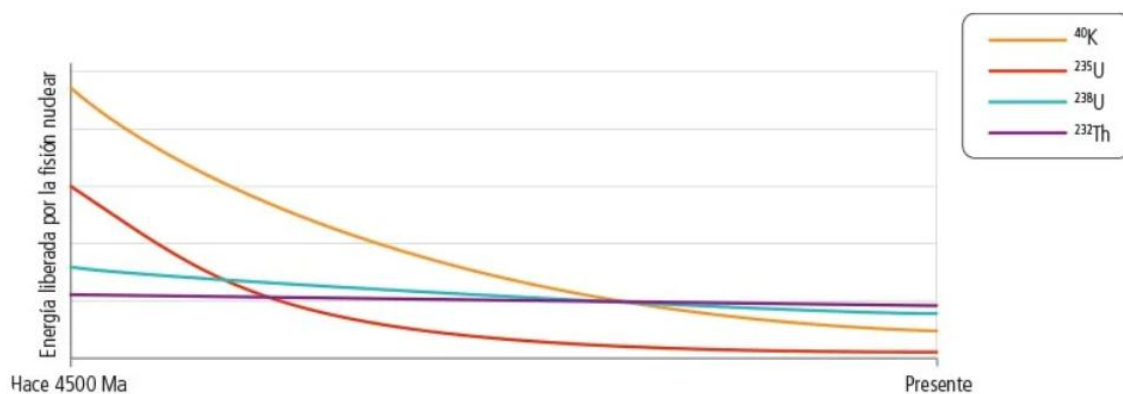
Άρα, πώς γνωρίζουμε τι υπάρχει στο εσωτερικό της Γης;

Σ2: Πώς γνωρίζουμε τι υπάρχει κάτω από τον γήινο φλοιό;

Παρά τα αρκετά φιλόδοξα εγχειρήματα για τη διάνοιξη γεώτρησης που θα διαπερνούσε ολόκληρο τον γήινο φλοιό, κάτι τέτοιο δεν έχει ακόμη επιτευχθεί. Ωστόσο, αυτό δεν εμπόδισε τους επιστήμονες να ερευνήσουν και να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με την εσωτερική δομή και τη σύσταση της Γης. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι για να μελετήσουμε το εσωτερικό της Γης.

1. Για παράδειγμα, όταν ένα ηφαίστειο εκρήγνυται, πετρώματα που προέρχονται από το εσωτερικό της Γης φτάνουν στην επιφάνεια. Ένα από αυτά τα πετρώματα είναι ο **κιμπερλίτης (kimberlite)**, ένα πυριγενές πέτρωμα και σπάνια παραλλαγή του περιδοτίτη, γνωστό επειδή αποτελεί το κύριο πέτρωμα μέσα στο οποίο σχηματίζονται τα διαμάντια. Τα διαμάντια σχηματίζονται σε βάθος περίπου **150 km**, όταν ο άνθρακας κρυσταλλώνεται. Επομένως, τα πετρώματα αυτά μας παρέχουν στοιχεία σχετικά με τη σύσταση των πετρωμάτων που βρίσκονται σε αυτό το βάθος.
2. Επιπλέον, τα ηφαίστεια μάς δείχνουν ότι το υλικό στο εσωτερικό της Γης μπορεί να φτάσει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ του βάθους και της θερμοκρασίας. Τα πετρώματα αποτελούν πολύ καλό θερμομονωτικό υλικό. Γι' αυτό το εσωτερικό της Γης παραμένει θερμό ακόμη και έπειτα από **4,5 δισεκατομμύρια χρόνια**. Ποιες είναι οι πηγές αυτής της θερμότητας;
 - α. Η θερμότητα που απομένει από τις συγκρούσεις οι οποίες σημειώθηκαν κατά τον σχηματισμό της Γης.
 - β. Ο μανδύας περιέχει ραδιενεργά στοιχεία, όπως το ουράνιο και το θόριο, τα οποία υφίστανται αντιδράσεις πυρηνικής σχάσης, μετατρέπονται σε μόλυβδο και απελευθερώνουν ενέργεια.
 - γ. Ο εξωτερικός πυρήνας είναι υγρός, αλλά στερεοποιείται σταδιακά, διαδικασία που επίσης απελευθερώνει θερμότητα.

δ. Παρατηρήστε το γράφημα. Η θερμική ενέργεια που παρείχαν τα ραδιενεργά στοιχεία παρέμενε πάντοτε η ίδια; Ποια ισότοπα παρείχαν τη μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας στην πρώιμη Γη; Γιατί πιστεύετε ότι σήμερα δεν αποδίδουν την ίδια ποσότητα θερμότητας;



Εικόνα: SM e-book Βιολογία και Γεωλογία, Δ' τάξη ΕSO.

3. Όλα τα σώματα του Ηλιακού Συστήματος σχηματίστηκαν την ίδια χρονική περίοδο και προήλθαν από την ύλη ενός νεφελώματος. Μπορούμε, επομένως, να θεωρήσουμε ότι οι μετεωρίτες αποτελούν τμήματα αυτών των σωμάτων. Υπάρχουν μετεωρίτες που αποτελούνται από σίδηρο και νικέλιο και ονομάζονται **σιδηρίτες (siderites)**. Άλλοι, οι **χονδρίτες (chondrites)**, αποτελούνται από πυριτικά ορυκτά, όπως ο ολιβίνη και ο πυρόξενος, παρόμοια με τον περιδοτίτη. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι το εσωτερικό της Γης ενδέχεται να αποτελείται από τα ίδια υλικά.
4. **Η πυκνότητα** αποτελεί μία ιδιότητα που μπορεί να μας παρέχει στοιχεία σχετικά με τη σύσταση του εσωτερικού της Γης.

α. Υπολογίστε την πυκνότητα του πιο συνηθισμένου πετρώματος στην επιφάνεια της Γης: του γρανίτη.



Image: Sm e-book biología y geología 4º de ESO.

β. Παρατηρήστε τον πίνακα. Ποια πετρώματα έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα; Εκείνα που βρίσκονται στην επιφάνεια της Γης, όπως ο γρανίτης, ή εκείνα που βρίσκονται στο εσωτερικό της Γης, όπως οι χονδρίτες και οι σιδηρίτες;

	Granite	Chondrite	Siderite
Density (g/cm ³)	¿?	3.3	8.0

γ. Η μάζα της Γης είναι $5,97 \times 10^{24}$ kg. Ο όγκος της μπορεί να υπολογιστεί εφόσον γνωρίζουμε την ακτίνα της:

$$V = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = 1,08 \times 10^{12} \text{ km}^3$$

Με βάση αυτά τα δεδομένα, μπορείτε να υπολογίσετε ότι η μέση πυκνότητα της Γης είναι 5,5 g/cm³.

Αν στην επιφάνεια της Γης συναντάμε γρανίτη με πυκνότητα 2,75 g/cm³, ενώ η μέση πυκνότητα της Γης είναι 5,5 g/cm³, τι συμπέρασμα μπορείτε να διατυπώσετε;

5. **Το μαγνητικό πεδίο.** Ο εσωτερικός πυρήνας είναι στερεός και αποτελείται κυρίως από σίδηρο και νικέλιο. Επιπλέον, περιβάλλεται από λιωμένο μέταλλο (τον εξωτερικό πυρήνα), στο οποίο αναπτύσσονται ρεύματα μεταφοράς και ηλεκτρικά ρεύματα που συνδέονται με τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου της Γης.

Το μαγνητικό αυτό πεδίο μας προστατεύει από τους ηλιακούς ανέμους (πρωτόνια, πυρήνες ηλίου και ηλεκτρόνια), οι οποίοι κινούνται με ταχύτητες που κυμαίνονται από **300 έως 1.200 km/s**.

Χωρίς το μαγνητικό πεδίο της Γης, οι ηλιακοί άνεμοι θα είχαν απομακρύνει την ατμόσφαιρά μας.

6.

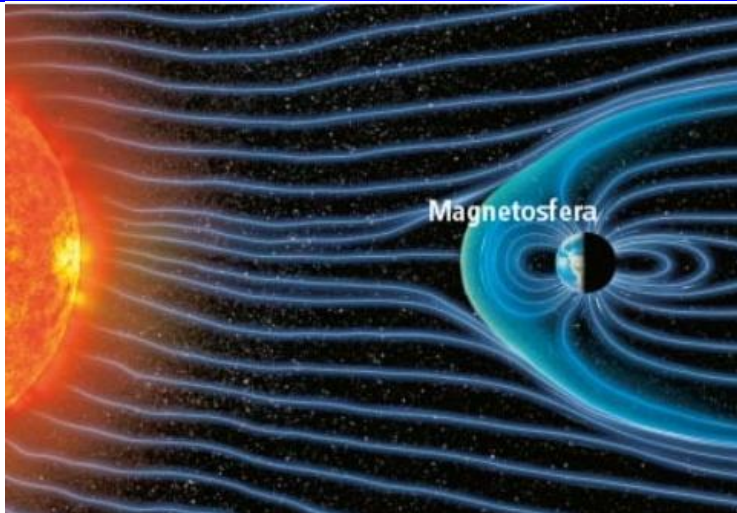
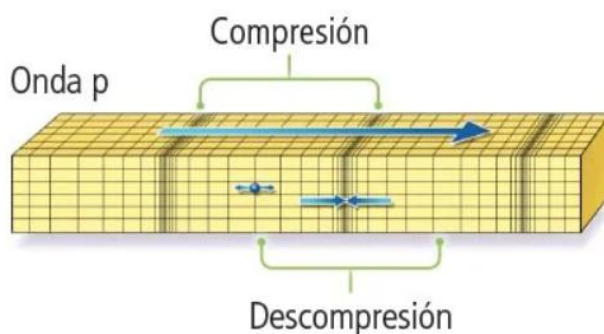


Image: Sm e-book biología y geología 4º de ESO.

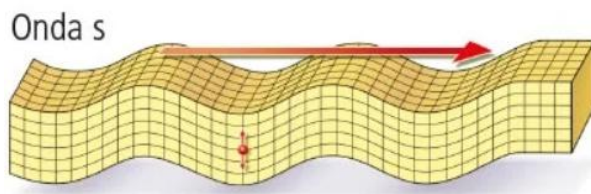
7. Σεισμικά κύματα

Τα σεισμικά κύματα που παράγονται κατά τη διάρκεια των σεισμών αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή πληροφοριών για τη μελέτη του εσωτερικού της Γης. Η ταχύτητα διάδοσής τους εξαρτάται από το υλικό μέσα από το οποίο διέρχονται.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι σεισμικών κυμάτων: τα **κύματα P (πρωτεύοντα κύματα)** και τα **κύματα S (δευτερεύοντα κύματα)**. Τα κύματα P διαδίδονται τόσο μέσα από στερεά όσο και μέσα από υγρά υλικά. Τα κύματα S διαδίδονται μόνο μέσα από στερεά υλικά.



Εικόνα: SM e-book Βιολογία και Γεωλογία, 4.º ESO.



Εικόνα: SM e-book, Βιολογία και Γεωλογία, 4.^η ΕΣΟ.

Ένας σεισμός με επίκεντρο το σημείο **Ο** (σεισμική εστία) καταγράφεται, έπειτα από ορισμένο χρονικό διάστημα, στους σεισμολογικούς σταθμούς **Α**, **Β**, **Γ** και **Δ**. Η εικόνα παρουσιάζει τις διαδρομές των μετώπων των σεισμικών κυμάτων, ενώ στον παρακάτω πίνακα δίνονται η απόσταση μεταξύ της σεισμικής εστίας και των διαφορετικών σταθμών, καθώς και ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι να φτάσουν τα σεισμικά κύματα σε κάθε σταθμό.

Σ3: Σεισμικά κύματα

Συνεργατική μάθηση: Ομάδες ειδικών (Expert Groups)

Θυμάστε τι μάθατε για τα σεισμικά κύματα;



Εικόνα από: [Mezclas coloidales y Efecto Tyndall](#)

Σήμερα θα εμβραθύνετε τις γνώσεις σας σχετικά με τα σεισμικά κύματα. Κάθε μέλος της ομάδας σας θα συναντηθεί με μέλη άλλων ομάδων, σχηματίζοντας **ομάδες ειδικών (Expert Groups)**, προκειμένου να μελετήσει σε βάθος έναν συγκεκριμένο τύπο σεισμικού κύματος.

Ομάδα ειδικών 1. Επιφανειακά κύματα

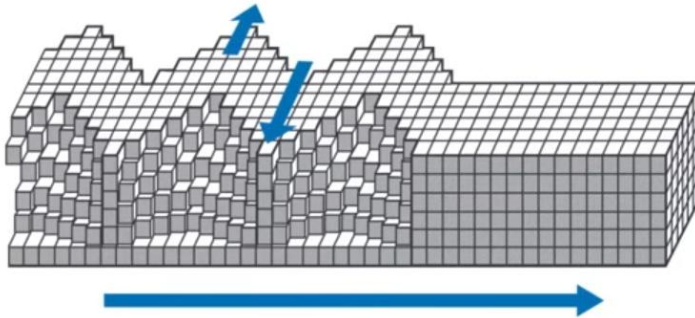
Τα σεισμικά κύματα είναι δονήσεις που διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και προκαλούνται από φαινόμενα όπως οι σεισμοί, η ηφαιστειακή δραστηριότητα ή οι εκρήξεις. Τα κύματα αυτά ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο διάδοσής τους στο εσωτερικό της Γης: **τα κύματα σώματος** και **τα επιφανειακά κύματα**. Κάθε κατηγορία παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφορετική συμπεριφορά.

1. Επιφανειακά κύματα

Τα **επιφανειακά κύματα** διαδίδονται κατά μήκος της επιφάνειας της Γης και κινούνται με μικρότερη ταχύτητα από τα κύματα σώματος. Είναι τα κύματα που προκαλούν τις μεγαλύτερες καταστροφές κατά τη διάρκεια ενός σεισμού.

Υπάρχουν δύο τύποι επιφανειακών κυμάτων:

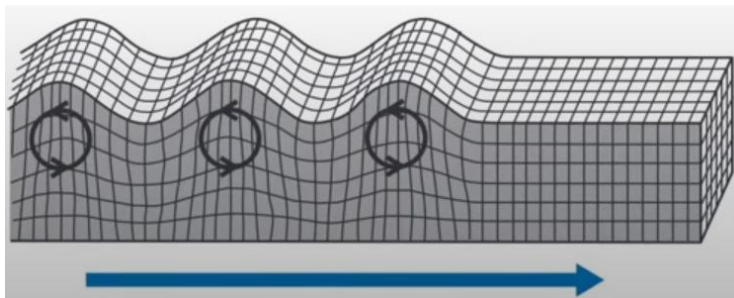
α. Κύματα Love



Πηγή: Peycheva (2021). *Διάδοση σεισμικών κυμάτων: Κύματα Love* (η εικόνα προσαρμόστηκε από τον Olivadoti, 2001).

- **Τύπος:** Πρόκειται για έναν τύπο επιφανειακού κύματος που προκαλεί οριζόντια, πλευρική κίνηση του εδάφους, παρόμοια με την κίνηση ενός φιδιού.
- **Ταχύτητα:** Τα κύματα Love διαδίδονται ταχύτερα από τα κύματα Rayleigh, αλλά βραδύτερα από τα κύματα σώματος.
- **Επίδραση:** Είναι υπεύθυνα για την πρόκληση εκτεταμένων καταστροφών, εξαιτίας της οριζόντιας κίνησης και της έντονης δόνησης που δημιουργούν στην επιφάνεια της Γης.

β. Κύματα Rayleigh



Πηγή: Peycheva (2021). *Διάδοση σεισμικών κυμάτων: Κύματα Rayleigh* (η εικόνα προσαρμόστηκε από τον Olivadoti, 2001).

- **Τύπος:** Πρόκειται για έναν ακόμη τύπο επιφανειακού κύματος που προκαλεί κυματοειδή κίνηση, παρόμοια με τα κύματα της θάλασσας. Το έδαφος κινείται τόσο κατακόρυφα όσο και οριζόντια, προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος.
- **Ταχύτητα:** Τα κύματα Rayleigh διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα από τα κύματα Love και αποτελούν συνήθως τα βραδύτερα από όλα τα σεισμικά κύματα.

- **Επίδραση:** Τα κύματα Rayleigh προκαλούν κυρίως κατακόρυφη μετακίνηση του εδάφους, η οποία μπορεί να επιφέρει εκτεταμένες ζημιές σε κτίρια, οδικά δίκτυα και άλλες κατασκευές.

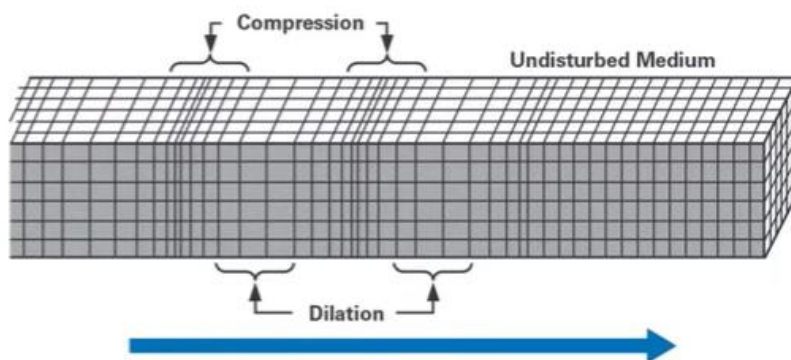
Ομάδα ειδικών 2. Κύματα σώματος – Κύματα P (Πρωτεύοντα κύματα)

Τα σεισμικά κύματα είναι δονήσεις που διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και προκαλούνται από φαινόμενα όπως οι σεισμοί, η ηφαιστειακή δραστηριότητα ή οι εκρήξεις. Ανάλογα με τον τρόπο διάδοσής τους, ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: **τα κύματα σώματος** και **τα επιφανειακά κύματα**. Κάθε κατηγορία παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφορετική συμπεριφορά.

2. Κύματα σώματος

Τα **κύματα σώματος** διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες:

α. Πρωτεύοντα κύματα (κύματα P)

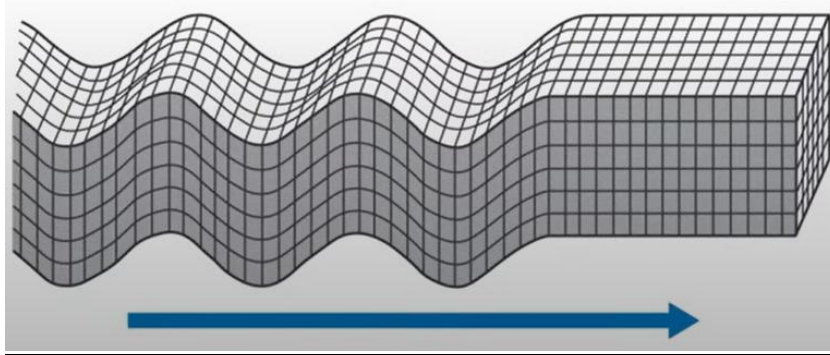


Πηγή: Peyscheva (2021). Διάδοση σεισμικών κυμάτων: Πρωτεύοντα κύματα (P-waves) (η εικόνα προσαρμόστηκε από τον Olivadoti, 2001).

- **Τύπος:** Διαμήκη (συμπιεστικά) κύματα.
- **Κίνηση:** Τα κύματα P διαδίδονται με παλινδρομική κίνηση προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος, παρόμοια με τα ηχητικά κύματα.
- **Ταχύτητα:** Είναι τα ταχύτερα σεισμικά κύματα και τα πρώτα που καταγράφονται από τους σειсмоγράφους.
- **Μέσο διάδοσης:** Τα κύματα P μπορούν να διαδίδονται τόσο μέσα από στερεά όσο και μέσα από υγρά υλικά.

- **Επίδραση:** Λόγω της μεγάλης ταχύτητάς τους, τα κύματα P είναι τα πρώτα που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Ωστόσο, συνήθως προκαλούν τις μικρότερες καταστροφές.

Ομάδα ειδικών 3: Κύματα σώματος – Κύματα S (Δευτερεύοντα κύματα)



Πηγή: Psycheva (2021). *Διάδοση σεισμικών κυμάτων: Δευτερεύοντα κύματα (S-waves)* (η εικόνα προσαρμόστηκε από τον Olivadoti, 2001).

Τα σεισμικά κύματα είναι δονήσεις που διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και προκαλούνται από φαινόμενα όπως οι σεισμοί, η ηφαιστειακή δραστηριότητα ή οι εκρήξεις. Ανάλογα με τον τρόπο διάδοσής τους, ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: **τα κύματα σώματος** και **τα επιφανειακά κύματα**. Κάθε κατηγορία παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφορετική συμπεριφορά.

2. Κύματα σώματος

Τα **κύματα σώματος** διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες:

β. Δευτερεύοντα κύματα (κύματα S)

- **Τύπος:** Εγκάρσια (διατμητικά) κύματα.
- **Κίνηση:** Τα κύματα S προκαλούν κίνηση του εδάφους κάθετα προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος, δημιουργώντας πλευρική ή κατακόρυφη ταλάντωση.
- **Ταχύτητα:** Τα κύματα S διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα από τα κύματα P και, για τον λόγο αυτό, καταγράφονται δεύτερα από τους σειсмоγράφους.
- **Μέσο διάδοσης:** Τα κύματα S διαδίδονται μόνο μέσα από στερεά υλικά και δεν μπορούν να διαπεράσουν υγρά (για παράδειγμα, ο εξωτερικός πυρήνας της Γης είναι υγρός).

- **Επίδραση:** Τα κύματα S προκαλούν συνήθως μεγαλύτερες καταστροφές από τα κύματα P, λόγω του μεγαλύτερου πλάτους τους και της έντονης πλευρικής ταλάντωσης που προκαλούν.

Summary of Key Differences

Type	Motion	Speed	Medium	Cause of Damage
P-waves	Compressional (longitudinal)	Fastest	Solid & Liquid	Low damage
S-waves	Shear (transverse)	Slower than P-waves	Solid	Moderate damage
Love Waves	Horizontal (side-to-side) Like a snake	Faster than Rayleigh	Solid surface	High damage
Rayleigh Waves	Elliptical (rolling)	Slowest	Surface	High damage

Τα σεισμικά κύματα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση της εσωτερικής δομής της Γης και της συμπεριφοράς των σεισμών.

Ομάδα ειδικών 4: Κύματα σώματος και το εσωτερικό της Γης

Τα σεισμικά κύματα είναι δονήσεις που διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης και προκαλούνται από φαινόμενα όπως οι σεισμοί, η ηφαιστειακή δραστηριότητα ή οι εκρήξεις. Ανάλογα με τον τρόπο διάδοσής τους, ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: **τα κύματα σώματος και τα επιφανειακά κύματα**. Κάθε κατηγορία παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφορετική συμπεριφορά.

Πώς τα σεισμικά κύματα μας βοηθούν να κατανοήσουμε το εσωτερικό της Γης:

1. Πώς αποκαλύπτονται τα στρώματα της Γης:

- Ο τρόπος με τον οποίο τα κύματα P και τα κύματα S διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης παρέχει πολύτιμα στοιχεία για τα διαφορετικά στρώματα που συνθέτουν το εσωτερικό του πλανήτη.

- **Εξωτερικός πυρήνας:** Επειδή τα κύματα **S** δεν μπορούν να διαδοθούν μέσα από υγρά, η απουσία τους σε ορισμένες περιοχές της Γης (όπως στη **ζώνη σκιάς**, δηλαδή στην περιοχή της επιφάνειας της Γης όπου δεν ανιχνεύονται κύματα S) αποτελεί ένδειξη ότι ο εξωτερικός πυρήνας είναι υγρός. Αντίθετα, τα κύματα **P** μπορούν να διαδοθούν μέσω του εξωτερικού πυρήνα, αλλά υφίστανται **διάθλαση** (εκτρέπεται η πορεία τους), γεγονός που μας βοηθά να κατανοήσουμε την πυκνότητα και τη σύσταση αυτού του στρώματος.
- **Εσωτερικός πυρήνας:** Τα κύματα **P** μπορούν να διαδοθούν μέσα από τον εσωτερικό πυρήνα, ο οποίος είναι στερεός, παρέχοντας έτσι αποδείξεις για τη στερεή του φύση. Ο χρόνος που απαιτείται για τη διάδοσή τους και οι διαδρομές που ακολουθούν συμβάλλουν στον προσδιορισμό της σύστασης και του μεγέθους του εσωτερικού πυρήνα.

2. Προσδιορισμός της σύστασης και της πυκνότητας

- Η ταχύτητα με την οποία τα κύματα P και τα κύματα S διαδίδονται μέσα από τα διαφορετικά στρώματα της Γης παρέχει πληροφορίες για την πυκνότητα και την ελαστικότητα των υλικών. Για παράδειγμα, τα σεισμικά κύματα που διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα συνήθως υποδηλώνουν υλικά μικρότερης πυκνότητας ή περισσότερο ρευστά, ενώ τα ταχύτερα κύματα υποδηλώνουν υλικά μεγαλύτερης πυκνότητας και μεγαλύτερης ακαμψίας.

3. Διαμόρφωση του σεισμικού μοντέλου της Γης:

- Αναλύοντας τον τρόπο με τον οποίο τα κύματα P και τα κύματα S διαδίδονται στο εσωτερικό της Γης, οι επιστήμονες μπορούν να δημιουργήσουν λεπτομερή μοντέλα της εσωτερικής δομής του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένου του πάχους και της σύστασης του φλοιού, του μανδύα, του εξωτερικού πυρήνα και του εσωτερικού πυρήνα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μελέτης του τρόπου με τον οποίο τα σεισμικά κύματα διαθλώνται, ανακλώνται ή απορροφώνται στα όρια μεταξύ των διαφορετικών στρωμάτων της Γης.

4. Σεισμική τομογραφία:

- Η σεισμική τομογραφία αξιοποιεί τους χρόνους άφιξης και τις διαδρομές των σεισμικών κυμάτων για τη δημιουργία τρισδιάστατων απεικονίσεων του εσωτερικού της Γης. Η τεχνική αυτή έχει συμβάλει στην αποκάλυψη σύνθετων χαρακτηριστικών, όπως τα ρεύματα μεταφοράς στον μανδύα, η

κατανομή της θερμότητας και οι δυναμικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στον πυρήνα της Γης.

Συνοψίζοντας, τα κύματα P και τα κύματα S είναι θεμελιώδους σημασίας για την κατανόηση του εσωτερικού της Γης. Η συμπεριφορά τους κατά τη διάδοσή τους μέσα από διαφορετικά υλικά επιτρέπει στους σεισμολόγους να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τη σύσταση, τη φυσική κατάσταση (στερεή ή υγρή) και τη δομή των επιμέρους στρωμάτων της Γης.

Ας κάνουμε ένα μικρό πείραμα.: [Demonstrating P and S Seismic Waves](#)

Βίντεο για τη μελέτη σας:

[GCSE Physics - Seismic Waves #75](#)

[How earthquakes show us the inside of the Earth](#)

[Earthquakes and Seismology in Earth's Interior](#)

Στο σπίτι: [Seismic Slinky—An analogy for P & S waves \[educational\]](#)

Σ4: Πείραμα για τα σεισμικά κύματα

Πρακτική δραστηριότητα Γεωλογίας για τα κύματα P (Πρωτεύοντα κύματα) και τα κύματα S (Δευτερεύοντα κύματα) με τη χρήση ενός Slinky

Γράψτε τον παρακάτω τίτλο στο τετράδιό σας:

Διερεύνηση των σεισμικών κυμάτων με τη χρήση ενός Slinky

Λεξιλόγιο:

- **Coil:** σπείρα (έλικα) του Slinky.
- **Shear motion:** διατμητική (πλευρική) κίνηση.
- **Hands-on:** πρακτική δραστηριότητα.

Στόχοι, οι μαθητές:

1. 1 μακρύ **Slinky** για κάθε ομάδα (κατά προτίμηση μεταλλικό, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη διάδοση των κυμάτων).
2. Αυτοκόλλητη ταινία ή μαρκαδόροι για τη σήμανση του Slinky.
3. Χρονόμετρο (προαιρετικά).

Δραστηριότητες:

- Ένα μακρύ **Slinky** για κάθε ομάδα (κατά προτίμηση μεταλλικό, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη διάδοση των κυμάτων).
- Αυτοκόλλητη ταινία ή μαρκαδόροι για τη σήμανση του Slinky.
- Χρονόμετρο (προαιρετικά).
- Φύλλο εργασίας με καθοδηγητικές ερωτήσεις και διαγράμματα.

Βήματα της δραστηριότητας:

Μέρος 1: Εισαγωγή στα σεισμικά κύματα

1. Εισαγωγή και βασικές έννοιες:
 - Τα σεισμικά κύματα παράγονται κατά τη διάρκεια των σεισμών. Τα κύματα σώματος διακρίνονται σε **κύματα P (πρωτεύοντα ή συμπιεστικά κύματα)** και **κύματα S (δευτερεύοντα ή διατμητικά κύματα)**.
 - Τα κύματα **P** είναι **διαμήκη** και διαδίδονται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Τα σωματίδια του υλικού κινούνται **παράλληλα** προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος.
 - Τα κύματα **S** είναι **εγκάρσια** και διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα. Τα σωματίδια του υλικού κινούνται **κάθετα** προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος.
 - Προβολή διαγράμματος ή κινούμενης εικόνας (animation) που παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο τα σεισμικά κύματα διαδίδονται στα διαφορετικά στρώματα της Γης.
 - i. [P and S Waves Animation](#)
 - ii. [Seismic Wave - Javalab](#)
 - iii. https://ds.iris.edu/seismon/swaves/index.php?lat=-36&lon=-73&depth=19&mag=8.8&title=2010%20Off%20of%20Chile&date=2010-02-27T06:34Z&w_terrain=false&wiki=https%3A%2F%2Fwww.iris.edu%2Fhq%2Fetm%2Fevent%2F962

Μέρος 2: Πρακτική δραστηριότητα

Δραστηριότητα 1: Προσομοίωση των κυμάτων P

1. Τεντώστε το **Slinky** πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια, ενώ δύο μαθητές κρατούν από ένα άκρο.

2. Ο ένας μαθητής σπρώχνει και τραβά γρήγορα το άκρο του **Slinky** (συμπίεση και αποδέσμευση), ώστε να δημιουργηθεί ένα **διαμήκες κύμα**.
3. Παρατηρήστε:
 - ο Πώς το κύμα διαδίδεται κατά μήκος του **Slinky**.
 - ο Την κατεύθυνση της κίνησης των σωματιδίων σε σχέση με την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος.
4. Απαντήστε στο τετράδιό σας::
 - ο Τι συμβαίνει με την απόσταση μεταξύ των σπειρών του **Slinky** καθώς το κύμα διαδίδεται;

Δραστηριότητα 2: Προσομοίωση των κυμάτων S

1. Κρατήστε το **Slinky** όπως και στην προηγούμενη δραστηριότητα. Αυτή τη φορά, ο ένας μαθητής κινεί το άκρο του **πλευρικά**, κάθετα προς το μήκος του **Slinky**.
2. Παρατηρήστε:
 - ο Πώς μεταβάλλεται το σχήμα του κύματος.
 - ο Την κατεύθυνση της κίνησης των σωματιδίων σε σχέση με την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος.
3. Απαντήστε στο τετράδιό σας:
 - ο Σε τι διαφέρει αυτή η κίνηση από την κίνηση των κυμάτων P;

Μέρος 3: Σύγκριση των κυμάτων P και των κυμάτων S

1. Δημιουργήστε διαδοχικά και τους δύο τύπους κυμάτων και παρατηρήστε τη διαφορά στην ταχύτητα διάδοσής τους:
 - ο Δημιουργήστε κύματα **P** πιέζοντας και τραβώντας το **Slinky**.
 - ο Δημιουργήστε κύματα **S** κινώντας το **Slinky** πλευρικά.
2. Απαντήστε στο τετράδιό σας::
 - ο Λαμβάνοντας υπόψη μόνο όσα παρατηρήσατε κατά τη διάρκεια του πειράματος, ποια κύματα φαίνεται να διαδίδονται ταχύτερα, τα κύματα **P** ή τα κύματα **S**;
 - ο Συμβαίνει το ίδιο και στην πραγματικότητα; Αν όχι, γιατί πιστεύετε ότι αυτό παρατηρείται στο συγκεκριμένο μοντέλο;

Μέρος 4: Συμπεράσματα

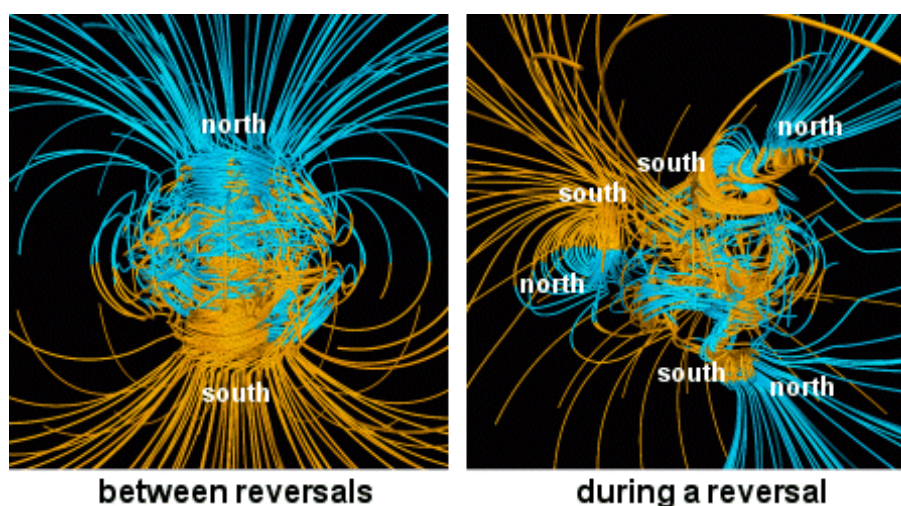
1. Answer in your notebook:

- Γιατί τα κύματα **P** φτάνουν πρώτα στους σειсмоγράφους κατά τη διάρκεια ενός σεισμού; Γιατί τα κύματα **S** δεν διαδίδονται μέσω του εξωτερικού πυρήνα της Γης;
- Ποιες είναι οι βασικές διαφορές μεταξύ των κυμάτων **P** και των κυμάτων **S**;
- Τι συμβαίνει στην ταχύτητα διάδοσης των σεισμικών κυμάτων όταν αυξάνεται η πυκνότητα του υλικού μέσα από το οποίο διέρχονται;
- Τι συμβαίνει στα κύματα **P** όταν διαδίδονται μέσα από ένα υγρό;
- Σχεδιάστε και ονομάστε την κίνηση των σωματιδίων στα κύματα **P** και στα κύματα **S**.
- Αναζητήστε τι είναι η **ζώνη σκιάς (shadow zone)**.

Σ5: Το μαγνητικό πεδίο της Γης: η φυσική μας ασπίδα και ο εντοπισμός του επίκεντρου ενός σεισμού

Μέρος 1: Το μαγνητικό πεδίο της Γης – Η φυσική μας ασπίδα

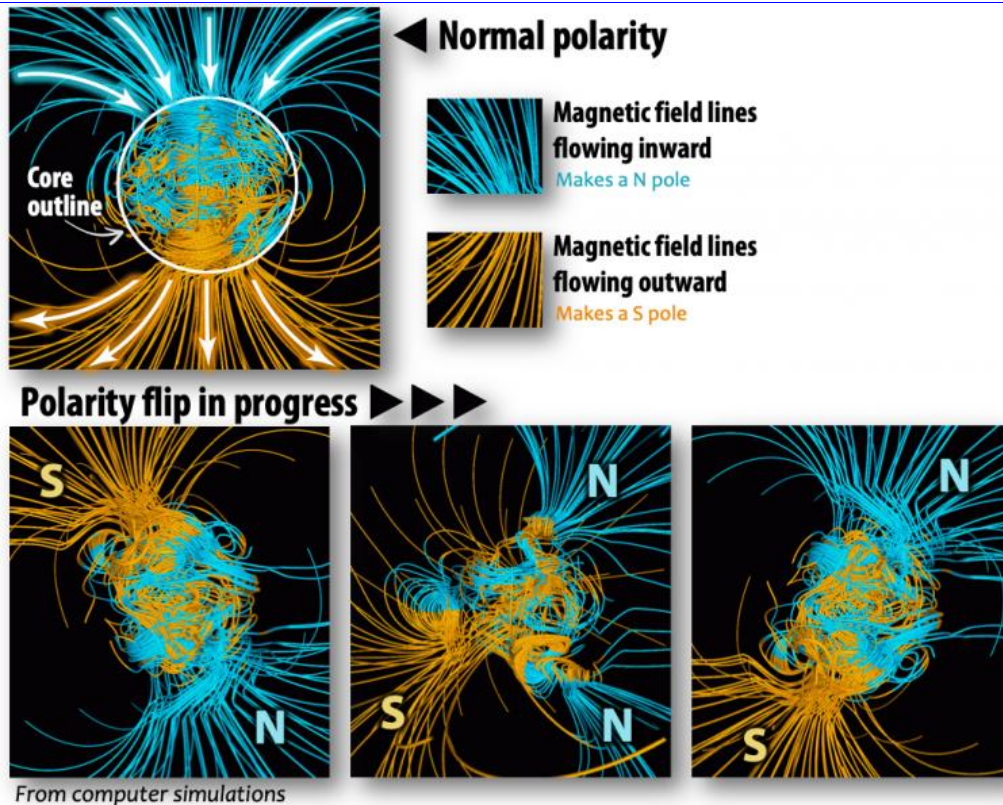
Το μαγνητικό πεδίο της Γης υφίσταται αντιστροφές κατά τη διάρκεια των γεωλογικών χρόνων, γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να αλλάζει την πολικότητά του: ο μαγνητικός βορράς γίνεται νότος και ο μαγνητικός νότος γίνεται βορράς. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως **γεωμαγνητική αντιστροφή**, δεν πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα, αλλά συμβαίνει σε περιόδους που κυμαίνονται από χιλιάδες έως εκατομμύρια χρόνια.



Εικόνα: Glatzmaier και Roberts (1995). Τρισδιάστατη, αυτοσυνεπής προσομοίωση σε υπολογιστή της αντιστροφής του γεωμαγνητικού πεδίου.

Κατά μέσο όρο, το μαγνητικό πεδίο της Γης αντιστρέφεται κάθε **200.000 έως 300.000 χρόνια**, αν και το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αντιστροφών παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις. Για παράδειγμα, η τελευταία αντιστροφή, γνωστή ως **αντιστροφή Brunhes–Matuyama**, πραγματοποιήθηκε πριν από περίπου **780.000 χρόνια**. Η ολοκλήρωση μιας αντιστροφής μπορεί να διαρκέσει από μερικές χιλιάδες έως αρκετές δεκάδες χιλιάδες χρόνια.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, το μαγνητικό πεδίο δεν αντιστρέφεται στιγμιαία. Αντίθετα, εξασθενεί, γίνεται ασταθές και μπορεί να εμφανίσει πολλαπλούς μαγνητικούς πόλους σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη, πριν σταθεροποιηθεί στη νέα του πολικότητα. Η διαδικασία εξελίσσεται σταδιακά και δεν υπάρχει συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα για κάθε μεμονωμένη αντιστροφή.



<https://pressbooks.bccampus.ca/physicalgeologyh5p/chapter/3-4-earths-magnetic-field-2/>

Η επόμενη αντιστροφή του μαγνητικού πεδίου της Γης, γνωστή ως **γεωμαγνητική αντιστροφή**, θα μπορούσε να έχει σημαντικές, αλλά όχι καταστροφικές, συνέπειες. Ακολουθούν οι κυριότερες πιθανές επιπτώσεις:

1. Εξασθένηση του μαγνητικού πεδίου της Γης

- Κατά τη διάρκεια μιας γεωμαγνητικής αντιστροφής, το μαγνητικό πεδίο της Γης εξασθενεί σημαντικά. Αυτό ενδέχεται να αυξήσει την ευπάθεια της Γης στην ηλιακή και την κοσμική ακτινοβολία, επιτρέποντας σε μεγαλύτερη ποσότητα αυτών των ακτινοβολιών να φτάσει στην επιφάνεια του πλανήτη.
- Η **μαγνητόσφαιρα**, η οποία προστατεύει τη Γη από αυτά τα ενεργειακά φορτισμένα σωματίδια, ενδέχεται για ένα χρονικό διάστημα να μην παρέχει το συνηθισμένο επίπεδο προστασίας. Αυτό θα μπορούσε να αυξήσει τον κίνδυνο έκθεσης στην ακτινοβολία για τους αστροναύτες, τα αεροσκάφη που πετούν σε μεγάλα υψόμετρα και, ενδεχομένως, να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου σε βάθος χρόνου για άτομα που ζουν σε μεγάλα υψόμετρα ή κοντά στους πόλους.

- Η αυξημένη έκθεση σε φορτισμένα σωματίδια θα μπορούσε επίσης να επηρεάσει τη λειτουργία των δορυφόρων, προκαλώντας πιθανές βλάβες στα ηλεκτρονικά τους κυκλώματα. [2]
- Η αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια μιας γεωμαγνητικής αντιστροφής θα μπορούσε να προκαλέσει περισσότερες παρεμβολές στα συστήματα επικοινωνίας που βασίζονται στα ραδιοκύματα, όπως το **GPS**, οι δορυφορικές επικοινωνίες και οι ραδιοφωνικές μεταδόσεις.
- **Επιπτώσεις στον προσανατολισμό των ζώων:** Πολλά ζώα, όπως τα αποδημητικά πτηνά και οι θαλάσσιες χελώνες, χρησιμοποιούν το μαγνητικό πεδίο της Γης για τον προσανατολισμό και τη μετανάστευσή τους. Μια γεωμαγνητική αντιστροφή θα μπορούσε να διαταράξει αυτές τις διαδικασίες, αν και δεν είναι σαφές σε ποιον βαθμό. Ορισμένα είδη ενδέχεται να προσαρμοστούν, ενώ άλλα μπορεί να αντιμετωπίσουν δυσκολίες κατά τις μεταναστευτικές τους διαδρομές.
- Η εξασθένηση του μαγνητικού πεδίου θα μπορούσε να προκαλέσει την εμφάνιση εντονότερου **σέλαος** (βόρειου και νότιου) σε γεωγραφικά πλάτη πιο απομακρυσμένα από τους πόλους, καθώς περισσότερα φορτισμένα σωματίδια από τον Ήλιο θα εισέρχονται βαθύτερα στην ατμόσφαιρα.
- Οι γεωμαγνητικές καταιγίδες και τα υψηλής ενέργειας φορτισμένα σωματίδια θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη λειτουργία ηλεκτρονικών συστημάτων, όπως τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και να προκαλέσουν επιβλαβή ηλεκτρικά ρεύματα σε δορυφόρους και γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

2. Γεωφυσικές μεταβολές

- Παρόλο που μια γεωμαγνητική αντιστροφή δεν προκαλεί άμεσα ηφαιστειακές εκρήξεις ή σεισμούς, θεωρείται ότι η διαδικασία αυτή συνδέεται με μακροχρόνιες μεταβολές στη δυναμική του εσωτερικού της Γης. Το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο ενδέχεται να σχετίζεται με άλλες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στα βαθύτερα στρώματα του πλανήτη, ωστόσο **δεν υπάρχουν άμεσα επιστημονικά στοιχεία που να συνδέουν τις γεωμαγνητικές αντιστροφές με φυσικές καταστροφές στην επιφάνεια της Γης.**

3. Κλιματικές επιπτώσεις (αβέβαιες)

- Δεν υπάρχουν αδιάσειστα επιστημονικά στοιχεία που να υποστηρίζουν ότι οι γεωμαγνητικές αντιστροφές προκαλούν σημαντικές κλιματικές αλλαγές. Ωστόσο, έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι οι μεταβολές στην ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη, λόγω αλλαγών στη μαγνητική της προστασία, θα μπορούσαν να έχουν μικρές επιπτώσεις στα κλιματικά πρότυπα.

- Το μαγνητικό πεδίο της Γης επηρεάζει κυρίως την έκθεση του πλανήτη στην ηλιακή ακτινοβολία και όχι τη συνολική θερμοκρασία της Γης.

Συμπέρασμα

Η σταδιακή εξέλιξη μιας γεωμαγνητικής αντιστροφής σημαίνει ότι οι επιπτώσεις της είναι απίθανο να γίνουν αισθητές ταυτόχρονα ή να προκαλέσουν σοβαρές αναστατώσεις σε ανθρώπινη χρονική κλίμακα. Αν και μια γεωμαγνητική αντιστροφή δεν θεωρείται άμεσα καταστροφικό γεγονός, θα μπορούσε να έχει μακροπρόθεσμες συνέπειες στην τεχνολογία, στον προσανατολισμό των ζώων και στις διαστημικές υποδομές, όπως οι δορυφόροι. Ωστόσο, η μετάβαση πραγματοποιείται σε ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, γεγονός που επιτρέπει την προσαρμογή και τη λήψη κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης. Η σημαντικότερη άμεση ανησυχία αφορά πιθανότατα την αυξημένη έκθεση στην ακτινοβολία και τις επιπτώσεις της σε ευαίσθητα ηλεκτρονικά συστήματα και τεχνολογικές υποδομές. Η γεωμαγνητική αντιστροφή αποτελεί ένα φυσικό, αν και σχετικά σπάνιο, φαινόμενο στη γεωλογική ιστορία της Γης. Ο πλανήτης έχει υποστεί πολλές τέτοιες αντιστροφές στο παρελθόν, χωρίς να υπάρχουν ενδείξεις ότι αυτές συνδέθηκαν με μαζικές εξαφανίσεις ειδών ή με μη αναστρέψιμες κλιματικές μεταβολές.

Μέρος 2: Πρακτική δραστηριότητα – Εντοπισμός του επίκεντρου ενός σεισμού

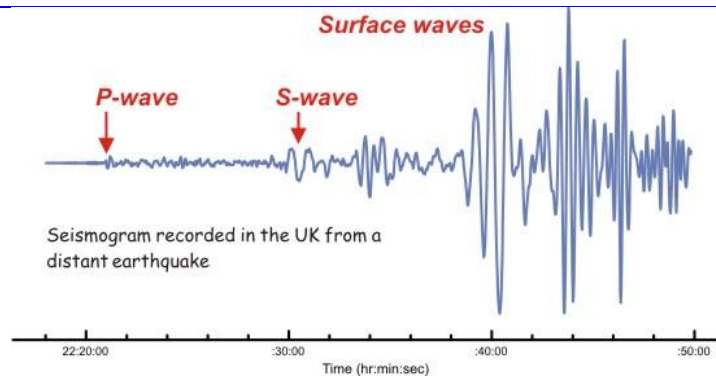
Πρακτική δραστηριότητα: Εντοπισμός του επίκεντρου ενός σεισμού

Οι σεισμολόγοι χρησιμοποιούν τη **διαφορά στον χρόνο άφιξης** των κυμάτων **P** και **S** σε έναν σεισμολογικό σταθμό για να υπολογίσουν την απόσταση του σταθμού από το επίκεντρο του σεισμού. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή ως **τριγωνισμός** και περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Κατανόηση των κυμάτων P και των κυμάτων S:

Τα κύματα P (Πρωτεύοντα κύματα) είναι τα ταχύτερα σεισμικά κύματα και φτάνουν πρώτα στον σεισμολογικό σταθμό.

Τα κύματα S (Δευτερεύοντα κύματα) διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα και φτάνουν στον σεισμολογικό σταθμό μετά τα κύματα P.



Εικόνα:

https://earthquakes.bgs.ac.uk/education/eq_guide/eq_booklet_how_we_measure.htm

Η διαφορά στο **πλάτος** των κυμάτων **S** και **P** σε έναν σειсмоγράφο σχετίζεται με τις φυσικές και δυναμικές ιδιότητες αυτών των σεισμικών κυμάτων.

Τα **κύματα P** είναι **διαμήκη κύματα**, στα οποία τα σωματίδια του υλικού κινούνται παράλληλα προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Αυτός ο τύπος κίνησης προκαλεί μικρότερη παραμόρφωση του μέσου, με αποτέλεσμα να καταγράφονται μικρότερα πλάτη στον σειсмоγράφο.

Αντίθετα, τα **κύματα S** είναι **εγκάρσια κύματα**, στα οποία τα σωματίδια κινούνται κάθετα προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Η κίνηση αυτή προκαλεί μεγαλύτερη παραμόρφωση του υλικού, γεγονός που οδηγεί στην καταγραφή μεγαλύτερων πλατών στον σειсмоγράφο.

2. Διαφορά χρόνου άφιξης και υπολογισμός της απόστασης:

Η διαφορά μεταξύ του χρόνου άφιξης των κυμάτων **P** και **S** (συμβολίζεται ως $\Delta T = T_{\text{S}} - T_{\text{P}}$) αυξάνεται όσο μεγαλώνει η απόσταση από το επίκεντρο του σεισμού. Οι σεισμολόγοι χρησιμοποιούν αυτή τη χρονική διαφορά για να εκτιμήσουν πόσο μακριά από τον σεισμολογικό σταθμό σημειώθηκε ο σεισμός.

Για τη μετατροπή της τιμής ΔT σε απόσταση χρησιμοποιείται ένα **διάγραμμα χρόνου διαδρομής (travel-time curve)** ή μια **μαθηματική εξίσωση**, τα οποία συσχετίζουν τη διαφορά των χρόνων άφιξης των κυμάτων με την απόσταση μεταξύ του σειсмоγράφου και του επίκεντρου του σεισμού.

2. Προσδιορισμός του επίκεντρου του σεισμού:

Για να προσδιοριστεί το επίκεντρο ενός σεισμού:

Μετρήστε τη διαφορά χρόνου (ΔT) μεταξύ της άφιξης των κυμάτων **P** και **S** σε έναν σεισμολογικό σταθμό. Χρησιμοποιήστε το **διάγραμμα χρόνου διαδρομής (travel-time curve)** για να υπολογίσετε την απόσταση (**D**) μεταξύ του σεισμολογικού σταθμού και του επίκεντρου του σεισμού.

Determining Epicenter Distance

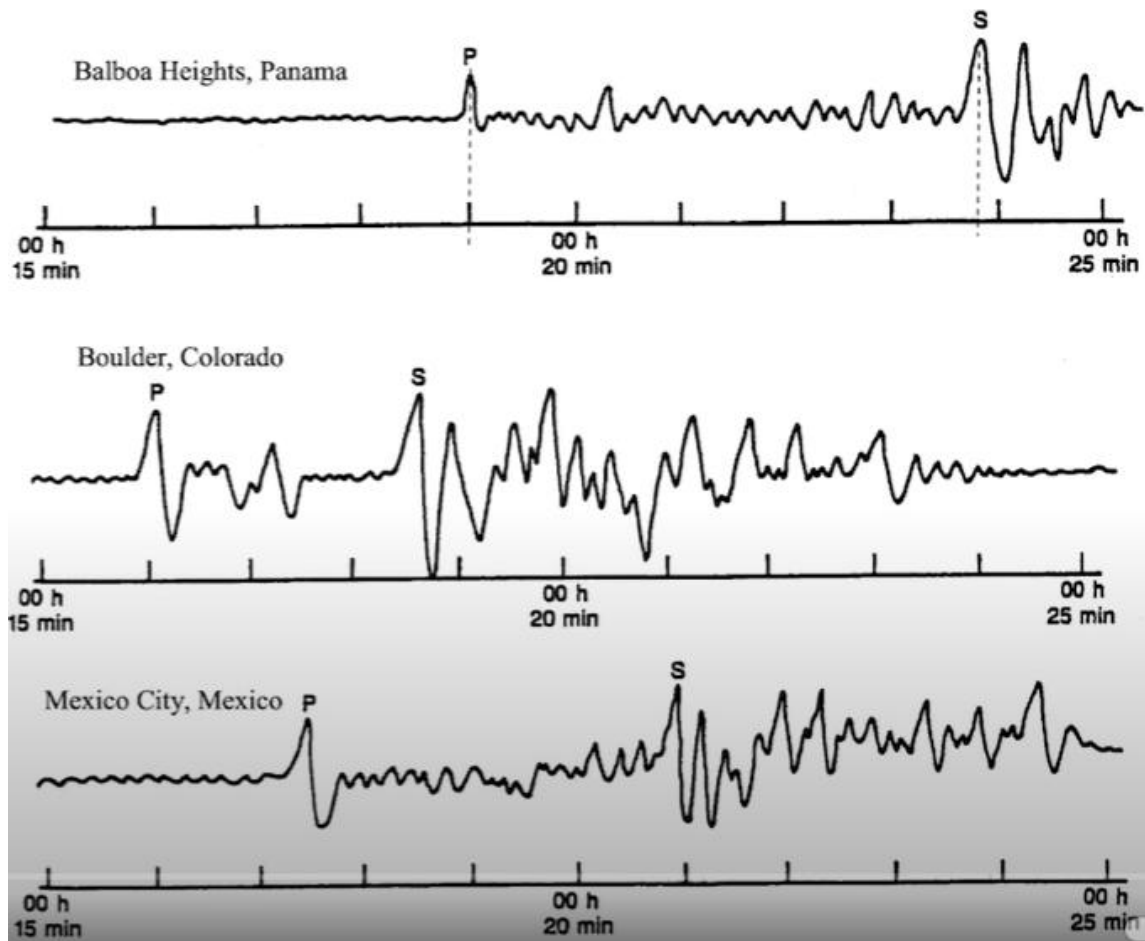
Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για **τουλάχιστον τρεις σεισμολογικούς σταθμούς**. Για κάθε σταθμό, σχεδιάστε σε έναν χάρτη έναν κύκλο με **κέντρο** τον σεισμολογικό σταθμό και **ακτίνα** ίση με την υπολογισμένη απόσταση **D**. Το **σημείο τομής** των τριών κύκλων αντιστοιχεί στη θέση του **επίκεντρου του σεισμού**.

4. Γιατί τρεις σταθμοί?

Η χρήση **τριών σεισμολογικών σταθμών** εξασφαλίζει τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης του επικέντρου. Με τη χρήση μόνο **δύο σταθμών**, προκύπτουν **δύο πιθανά σημεία τομής** των κύκλων, γεγονός που δεν επιτρέπει τον μοναδικό εντοπισμό του σεισμού. Η προσθήκη ενός **τρίτου σταθμού** δημιουργεί ένα μοναδικό σημείο τομής, το οποίο αντιστοιχεί στο πραγματικό επίκεντρο του σεισμού. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **τριγωνισμός** και επιτρέπει στους σεισμολόγους να προσδιορίζουν με μεγάλη ακρίβεια τη θέση του επικέντρου ενός σεισμού.

Άσκηση: Εντοπισμός του επίκεντρου ενός σεισμού

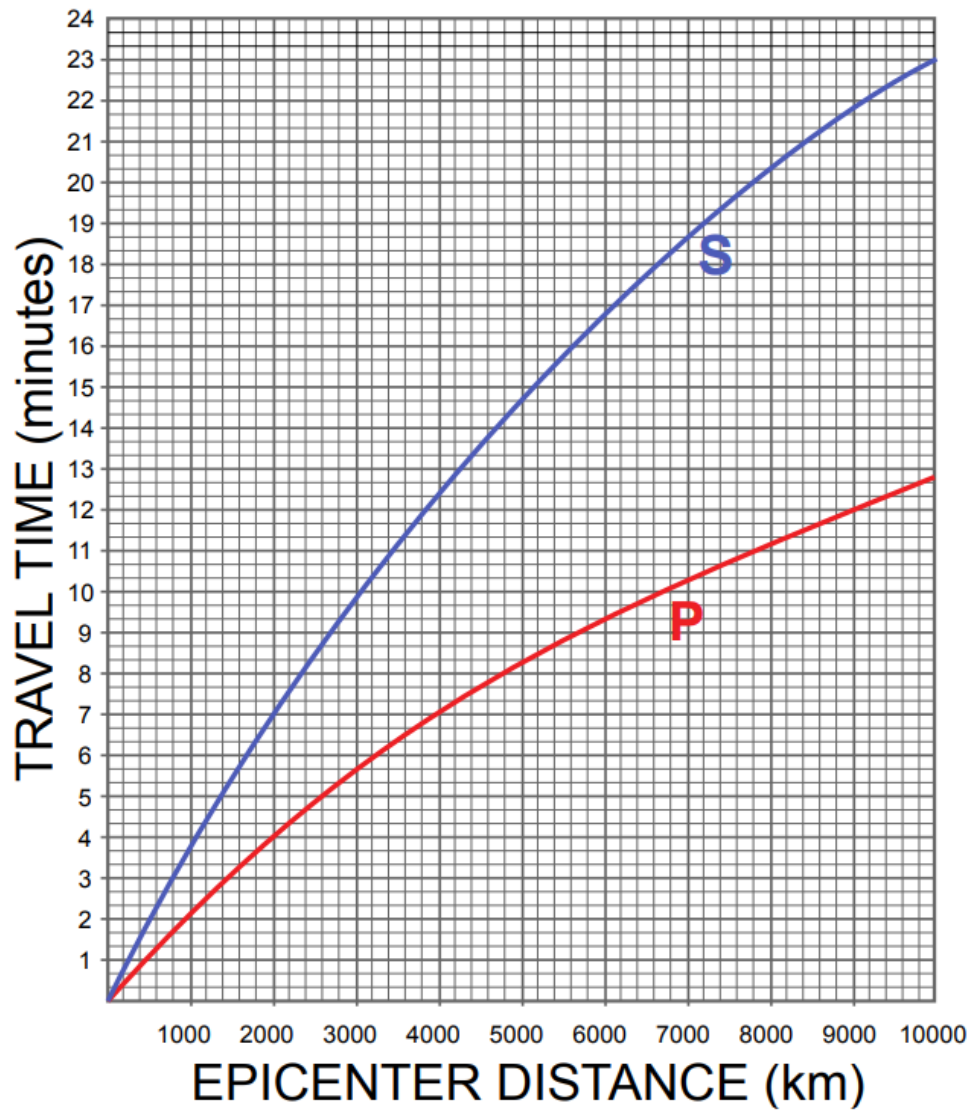
Βρείτε το επίκεντρο αυτού του σεισμού, ο οποίος έχει καταγραφεί σε **τρεις διαφορετικούς** **σεισμολογικούς** **σταθμούς**:

Εικόνα: [How to Find the Epicenter of an Earthquake](#)

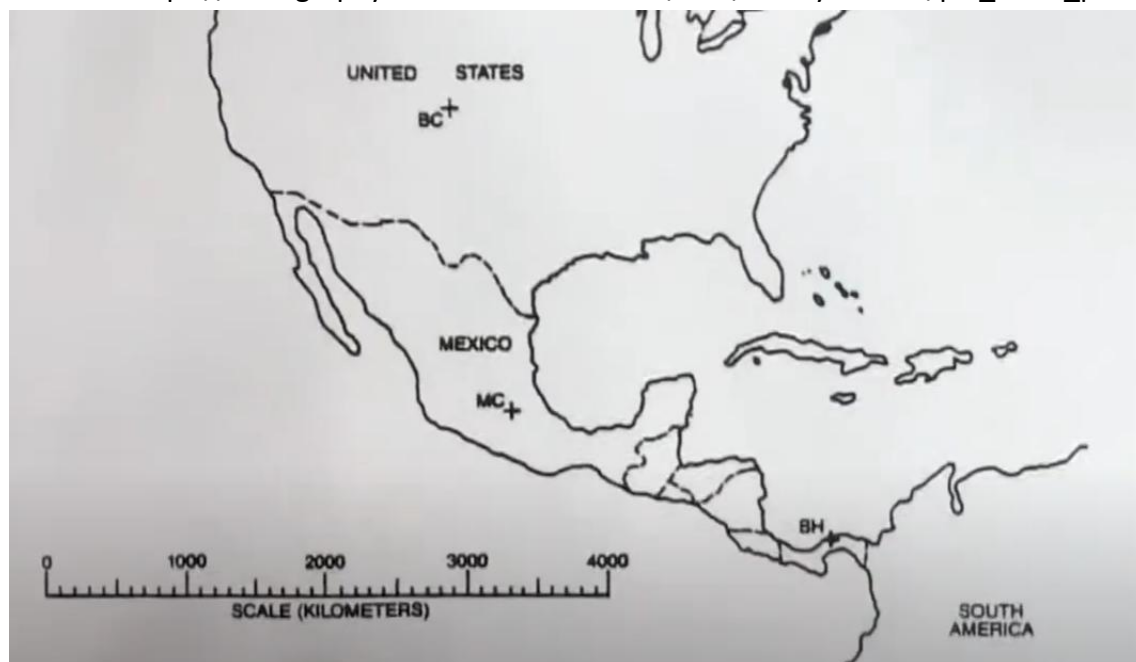
Πίνακας δεδομένων:

Πόλη	Διαφορά χρόνου άφιξης κυμάτων P και S (ΔT)	Απόσταση από το επίκεντρο
Balboa Heights		
Boulder		
Πόλη του Μεξικού		

Earthquake P- and S-wave travel time



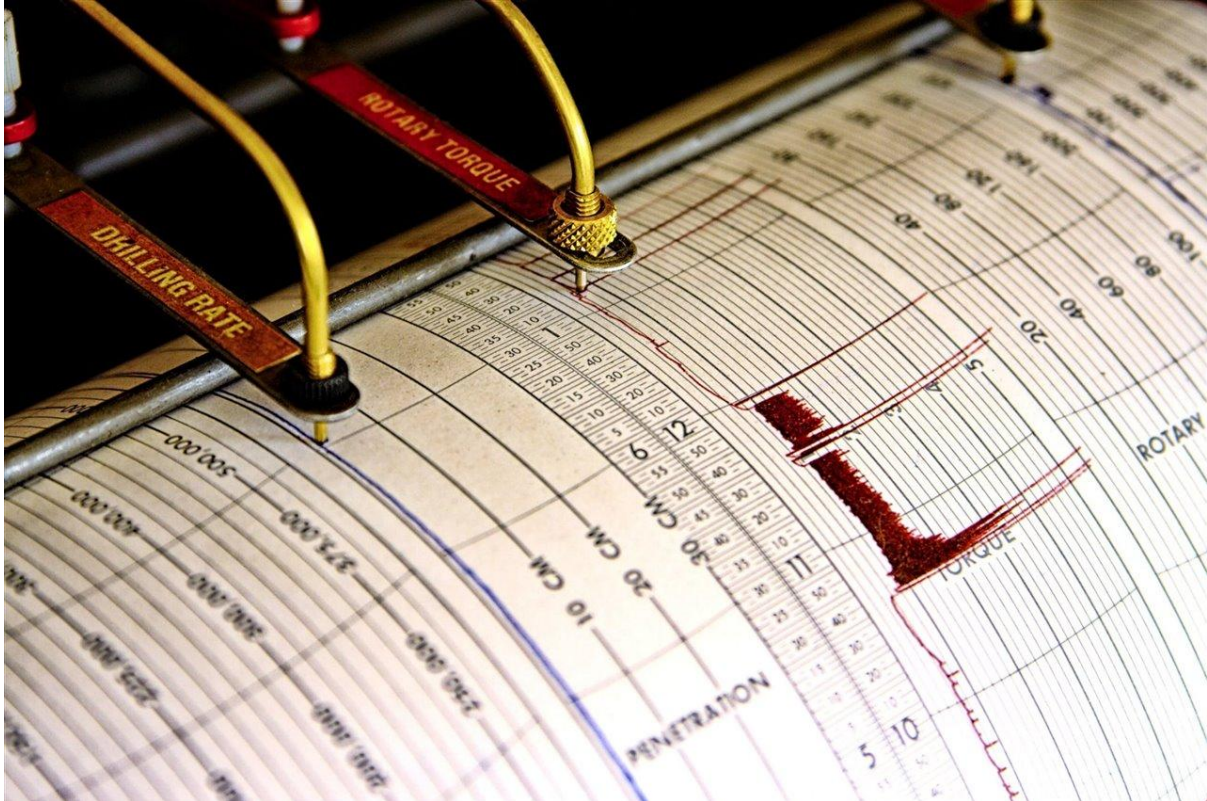
Εικόνα: https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/files/mathyouneed/p-s_wave_plot.pdf



Εικόνα: [How to Find the Epicenter of an Earthquake](#)

Λύση: [How to Find the Epicenter of an Earthquake](#)

Παραρτήματα Μαθηματικών: Ενεργοί Πολίτες για την Αντιμετώπιση των Σεισμών ως Κοινωνικού Ζητήματος!



https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/terremoto-como-medir-escala-richter_18965

Αιτιολόγηση

Η ιστορική μελέτη του σεισμού της **1ης Νοεμβρίου 1755**, ενός από τους πιο καταστροφικούς σεισμούς που έχουν καταγραφεί στην ιστορία των γεωεπιστημών, έχει επικεντρωθεί τόσο στις τεράστιες καταστροφές που προκάλεσε όσο και στα φιλοσοφικά ερωτήματα που ανέδειξε. Η εκτεταμένη καταστροφή στη Λισαβόνα και στον Κόλπο του Κάδιθ άφησε πίσω της πλήθος ιστορικών εγγράφων και εικονογραφικού υλικού, τα οποία χρησιμοποιούνται από τις αρχές του 20ού αιώνα για τη μελέτη της ιστορικής σεισμολογίας. Η ανάλυση των ιστορικών πηγών δείχνει ότι ο σεισμός της Λισαβόνας αποτέλεσε σημείο καμπής στον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονταν τις «ανωμαλίες» της φύσης. Παράλληλα, ανέδειξε την ευάλωτη θέση του ανθρώπου απέναντι στις καταστροφικές συνέπειες ενός τόσο ισχυρού και απρόβλεπτου φυσικού φαινομένου (Araujo, 2021). Σε αντίθεση με τη Λισαβόνα, το ισπανικό λιμάνι του **Κάδιθ** θεωρήθηκε ότι σώθηκε σχεδόν «θαυματουργικά», παρά τον φόβο που περιγράφεται στις μαρτυρίες των κατοίκων. Σύμφωνα με ιστορικές αναφορές: «Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας προκάλεσε φόβους ότι η πόλη θα βυθιζόταν. Τα νερά κατέστρεψαν το στηθαίο των δυτικών οχυρώσεων. Σε μια μικρή πλημμυρισμένη περιοχή το νερό έφτασε τα 90–120 εκατοστά μέσα στα σπίτια. Τρεις γυναίκες και τρία παιδιά πνίγηκαν. Αυτές ήταν οι μοναδικές ανθρώπινες απώλειες που προκάλεσε η θάλασσα στην πόλη.» Όλες οι ιστορικές μαρτυρίες συμφωνούν ότι οι σημαντικότερες ζημιές στο Κάδιθ συγκεντρώθηκαν στη δυτική πλευρά των τειχών της πόλης, κατά μήκος του όρμου και της παραλίας **La Caleta**, ανάμεσα στο **Φρούριο Santa Catalina** και στον κυματοθραύστη που οδηγεί στο **Φρούριο San Sebastián**.



Εικόνα 1. Σχετικές θέσεις των περιοχών που αναφέρονται στη συζήτηση για τις ζημιές που προκλήθηκαν στην πόλη από τον σεισμό του 1755 (Blanc, 2008).

Οι επιπτώσεις ενός σεισμού μπορούν γενικά να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. **Φυσικές επιπτώσεις**, όπως η κατάρρευση κτιρίων, οι ρωγμές στο έδαφος και οι κατολισθήσεις.
2. **Κοινωνικές επιπτώσεις**, δηλαδή οι συνέπειες για τους ανθρώπους, όπως οι τραυματισμοί, οι απώλειες ζώων, η μετακίνηση πληθυσμών και οι ψυχολογικές επιπτώσεις.
3. **Οικονομικές επιπτώσεις**, δηλαδή οι ζημιές στις υποδομές, στις επιχειρήσεις και στη συνολική οικονομία μιας περιοχής.
4. **Περιβαλλοντικές επιπτώσεις**, όπως οι μεταβολές στο φυσικό τοπίο, οι κατολισθήσεις, τα τσουνάμι και άλλες αλλαγές στο περιβάλλον.

Εδώ και πολλά χρόνια, αποτελεί στόχο των σεισμολόγων, των γεωλόγων και των ειδικών της πολιτικής προστασίας να μπορούν να προβλέπουν με ακρίβεια **τη θέση, το μέγεθος και τον χρόνο εκδήλωσης ενός σεισμού**, ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι για τον πληθυσμό και οι ζημιές στις υποδομές.

Για τον σκοπό αυτό έχουν μελετηθεί πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως:

- η παρατήρηση προσεισμών,
- οι μεταβολές στο μαγνητικό πεδίο της Γης,
- οι μικροσεισμικές δονήσεις,
- οι αλλαγές στη στάθμη των υπόγειων υδάτων,
- η ασυνήθιστη συμπεριφορά των ζώων,
- η περιοδικότητα των σεισμών,
- η μεταφορά τάσεων στα γεωλογικά ρήγματα,
- καθώς και πολλές άλλες μέθοδοι.

Μέχρι σήμερα, καμία από αυτές τις προσεγγίσεις δεν έχει οδηγήσει σε μια αξιόπιστη μέθοδο πρόβλεψης των σεισμών. Όπως συμβαίνει με κάθε μορφή πρόβλεψης, μια μέθοδος μπορεί να θεωρηθεί χρήσιμη μόνο όταν είναι **ακριβής τις περισσότερες φορές** (Earle, 2015).

Τεχνητή Νοημοσύνη και πρόβλεψη σεισμών

Με στόχο τη βελτίωση της πρόβλεψης των σεισμών, το **Lincoln Laboratory** του **Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασαχουσέτης (MIT)** έχει αναπτύξει συστήματα που βασίζονται στην **Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI)**.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της προσέγγισης αυτής είναι:

- Τα αλγοριθμικά μοντέλα εκπαιδεύονται χρησιμοποιώντας περισσότερα από **10 χρόνια δεδομένων** της ολικής

περιεκτικότητας ηλεκτρονίων της ιονόσφαιρας (**TEC – Total Electron Content**) που σχετίζονται με περισσότερους από **10.000 σεισμούς**.

- Στόχος των μοντέλων είναι να **αναγνωρίζουν προσεισμικά σήματα** και να τα ταξινομούν με βάση:
 - το μέγεθος του σεισμού,
 - τη γεωγραφική περιοχή,
 - και το χρονικό παράθυρο πριν από την εκδήλωση του σεισμού.
- Έχουν δοκιμαστεί διάφορες μέθοδοι **Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning)**, οι οποίες δείχνουν ότι τα δεδομένα TEC μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά για την αναγνώριση πιθανών προσεισμικών ενδείξεων.

Ας δούμε πώς λειτουργεί η Μηχανική Μάθηση σε αυτήν την εφαρμογή.

<https://youtu.be/3gWlQ8pY9XA?si=FoXnChdQAfgj2VRu>

[Can You Help Seismic Researchers and AI Predict Earthquakes?](#)

Στόχος της παρούσας μαθησιακής κατάστασης είναι η αξιοποίηση γνώσεων και δεξιοτήτων των Μαθηματικών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για την εκτίμηση της **πιθανότητας εκδήλωσης σεισμού στο Puerto Real**. Μέσα από την ανάλυση πραγματικών δεδομένων, τη χρήση στατιστικών μεθόδων, πιθανοτήτων και ψηφιακών εργαλείων, οι μαθητές θα διερευνήσουν κατά πόσο τα μαθηματικά μπορούν να συμβάλουν στην κατανόηση και την πρόβλεψη φυσικών φαινομένων.

Θα μάθουμε:

MAB.4.A.1.2. Να εκφράζουμε ποσότητες χρησιμοποιώντας πραγματικούς αριθμούς με την απαιτούμενη ακρίβεια.

MAB.4.A.1.3. Να αναπαριστούμε την ίδια ποσότητα με διαφορετικούς τρόπους.

MAB.4.A.2.1. Να εκτελούμε πράξεις με πραγματικούς αριθμούς για την επίλυση προβλημάτων σε πραγματικά πλαίσια.

MAB.4.A.2.2. Να εφαρμόζουμε τις αντίστροφες ιδιότητες των πράξεων (πρόσθεση–αφαίρεση, πολλαπλασιασμός–διαίρεση, ύψωση στο τετράγωνο–εξαγωγή τετραγωνικής ρίζας) χρησιμοποιώντας πραγματικούς αριθμούς και ψηφιακά εργαλεία.

MAB.4.B.2. Να μελετούμε γραφικά την αύξηση και τη μείωση συναρτήσεων σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής, υπολογίζοντας απόλυτους, σχετικούς και μέσους ρυθμούς μεταβολής με τη βοήθεια τεχνολογικών εργαλείων.

MAB.4.D.3. Να χρησιμοποιούμε μεταβλητές, συνδέοντας αλγεβρικές εκφράσεις με πραγματικά προβλήματα και αναγνωρίζοντας τις διαφορετικές χρήσεις τους.

MAB.4.E.1.1. Να εφαρμόζουμε στρατηγικές συλλογής και οργάνωσης δεδομένων από πραγματικές καταστάσεις που περιλαμβάνουν δισδιάστατες στατιστικές μεταβλητές, χρησιμοποιώντας πίνακες διπλής εισόδου.

MAB.4.E.1.2. Να αναλύουμε και να ερμηνεύουμε στατιστικούς πίνακες και γραφήματα ποιοτικών, διακριτών και συνεχών ποσοτικών μεταβλητών σε πραγματικά περιβάλλοντα.

MAB.4.E.1.3. Να υπολογίζουμε και να ερμηνεύουμε μέτρα θέσης και διασποράς, αξιολογώντας τη μεταβλητότητα των δεδομένων.

MAB.4.E.1.4. Να αναπαριστούμε στατιστικά δεδομένα μίας ή δύο μεταβλητών με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων (υπολογιστικό φύλλο, εφαρμογές, υπολογιστική μηχανή κ.ά.), να τα αναλύουμε και να εξάγουμε τεκμηριωμένα συμπεράσματα.

MAB.4.E.1.5. Να διερευνούμε τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών και να αξιολογούμε, με τη βοήθεια τεχνολογικών εργαλείων, κατά πόσο είναι κατάλληλη η εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης.

MAB.4.E.2.1. Να σχεδιάζουμε, να πραγματοποιούμε και να αναλύουμε σύνθετα πειράματα, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα που τα συνοδεύει.

MAB.4.E.2.2. Να υπολογίζουμε πιθανότητες χρησιμοποιώντας τον κανόνα του Laplace και τεχνικές απαρίθμησης σε απλά και σύνθετα πειράματα (δενδροδιαγράμματα, πίνακες κ.ά.) και να εφαρμόζουμε τις γνώσεις αυτές για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Σ1 και Σ2: Αναγνώριση προτύπων στους ιστορικούς σεισμούς

1. Παρακολουθήστε το πιο κάτω βίντεο

<https://youtu.be/1jBHvWIRbFE?si=UvYLGt5wzXqzDOqa>

και συνοψίστε πώς τα ιστορικά σεισμολογικά δεδομένα μπορούν να συμβάλουν στην **πρόβλεψη** και την **προετοιμασία** για μελλοντικούς σεισμούς.

2. **Σκεφτείτε** πόσοι σεισμοί πιστεύετε ότι έχουν σημειωθεί στην **Ιβηρική Χερσόνησο** και στα **Κανάρια Νησιά** με μέγεθος **ίσο ή μεγαλύτερο από 1,5** κατά τις **τελευταίες δέκα ημέρες**.
3. **Επισκεφθείτε** την ιστοσελίδα του **Instituto Geográfico Nacional (IGN)** και πραγματοποιήστε έρευνα:
4. Πόσοι σεισμοί μεγέθους **$M \geq 1,5$** έχουν καταγραφεί στην Ιβηρική Χερσόνησο και στα Κανάρια Νησιά τις τελευταίες **10 ημέρες**; Χρησιμοποιήστε τον κατάλογο των πρόσφατων σεισμών του IGN για να καταγράψετε τα αποτελέσματά σας.
<https://www.ign.es/web/en/ign/portal/ultimos-terremotos>
5. Αποκτήστε πρόσβαση στον Κατάλογο Σεισμών του Instituto Geográfico Nacional (IGN), ο οποίος περιλαμβάνει σεισμούς από το 1370 μ.Χ. έως σήμερα. Στη συνέχεια, εφαρμόστε φίλτρο ημερομηνιών και αναζητήστε τα δεδομένα που αντιστοιχούν στην περίοδο από 01/01/2015 έως σήμερα.
<https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>
 - α. Πόσοι σεισμοί έχουν καταγραφεί από την 01/01/2015 έως σήμερα;
 - β. Ποιες μεταβλητές περιλαμβάνει ο πίνακας δεδομένων; Καταγράψτε τις μεταβλητές που εμφανίζονται στον κατάλογο σεισμών (π.χ. ημερομηνία, ώρα, μέγεθος, γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, βάθος, περιοχή κ.ά.). Εάν δεν μπορείτε να αποκτήσετε πρόσβαση στον διαδικτυακό κατάλογο, χρησιμοποιήστε τον πίνακα δεδομένων:

[IGN catalogue](#)

6. Αποκτήστε πρόσβαση στο δείγμα του CODAP, το οποίο περιλαμβάνει 5.000 περιπτώσεις σεισμολογικών δεδομένων, και πραγματοποιήστε ανάλυση δεδομένων.
<https://codap.concord.org/app/static/dg/en/cert/#shared=https%3A%2F%2Fcfm-shared.concord.org%2FdCwE7Mq3YwZV5BJnzTTD%2Ffile.json>
- α. Για τη μεταβλητή βάθος (depth), υπολογίστε και παρουσιάστε σε ένα γράφημα τα μέτρα κεντρικής τάσης, τα μέτρα θέσης και τα μέτρα διασποράς. Επικολλήστε το γράφημα στον χώρο που ακολουθεί.
- β. Για τη μεταβλητή μέγεθος (magnitude), υπολογίστε και παρουσιάστε σε ένα γράφημα τα μέτρα κεντρικής τάσης, τα μέτρα θέσης και τα μέτρα διασποράς. Επικολλήστε το γράφημα στον χώρο που ακολουθεί.
- γ. Δημιουργήστε ένα διάγραμμα διασποράς (scatter plot) που να παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ του βάθους και του μεγέθους των σεισμών. Προσθέστε την ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης (γραμμή ελαχίστων τετραγώνων) και εμφανίστε την αβεβαιότητα προσαρμογής (fit uncertainty).
- δ. Ερμηνεύστε τα αποτελέσματα της ανάλυσής σας και διατυπώστε συμπεράσματα σχετικά με τα πρότυπα των σεισμών των τελευταίων δέκα ετών. Η απάντησή σας θα πρέπει να έχει έκταση περίπου 250 λέξεων.

7. Στις εφημερίδες της **20ής Ιανουαρίου 2015** αναφερόταν:
«Δεύτερος σεισμός στον Κόλπο του Κάδιθ τις πρώτες πρωινές ώρες της χθεσινής νύχτας.
Η σεισμική δόνηση είχε μέγεθος 4,2 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ και σημειώθηκε 60 χιλιόμετρα ανοιχτά των ακτών του Κάδιθ.»

Αποκτήστε πρόσβαση στο δείγμα δεδομένων των σεισμών του Κόλπου του Κάδιθ (Golfo de Cádiz), το οποίο θα βρείτε στον παρακάτω σύνδεσμο

<https://codap.concord.org/app/static/dg/en/cert/#shared=https%3A%2F%2Fcfm-shared.concord.org%2FXCYuXmSxMj0h68B0R25O%2Ffile.json>

- α) Αναζητήστε χρονικά πρότυπα στους σεισμούς με βάθος μεγαλύτερο από 60 km και μέγεθος μεγαλύτερο από 4,0.

- α. Φιλτράρετε τα δεδομένα ώστε να εμφανίζονται μόνο οι σεισμοί που πληρούν και τις δύο παρακάτω προϋποθέσεις και απεικονίστε τους σε έναν χάρτη.
- β. Ερμηνεύστε τα αποτελέσματα και αναζητήστε πιθανά μοτίβα.
- γ. Αξιολογήστε την αξιοπιστία της πληροφορίας που δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα.

Σ3 και Σ4: Κατανόηση της δεσμευμένης πιθανότητας για την πρόβλεψη της εκδήλωσης σεισμού στο Puerto Real

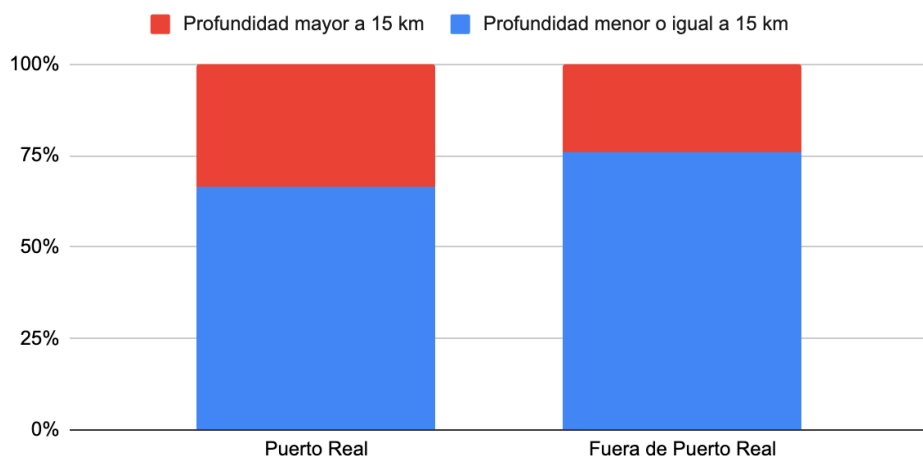
Στόχος είναι να προσδιοριστούν διαφορετικές πιθανότητες εκδήλωσης ενός σεισμού που θα μπορούσε να επηρεάσει το Κάδιθ, λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικούς πίνακες συνάφειας.

Ο πίνακας συνάφειας αποτελεί έναν από τους πιο συνηθισμένους τρόπους σύνοψης κατηγορικών δεδομένων. Γενικά, η ανάλυση επικεντρώνεται στο αν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ μιας μεταβλητής που ονομάζεται **γραμμή** και μιας άλλης μεταβλητής που ονομάζεται **στήλη**, καθώς και στον υπολογισμό της ισχύος αυτής της σχέσης. Για παράδειγμα, ο πίνακας συνάφειας συσχετίζει τον αριθμό των σεισμών που σημειώθηκαν από την **1η Ιανουαρίου 2008** έως τις **2 Φεβρουαρίου 2024** με το **βάθος** των σεισμών.

Πίνακας	Puerto Real	Έξω από το de Puerto Real	Σύνολο
Βάθος μικρότερο ή ίσο με 15 km	2	105392	105394
Βάθος μεγαλύτερο από 15 km	1	33486	33487
Σύνολο	3	138878	138881

Τα δεδομένα μπορούν επίσης να αναπαρασταθούν **γραφικά**:

Puerto Real y Fuera de Puerto Real



Tabla

Εάν εφαρμόσουμε τον **κανόνα του Laplace**, ο οποίος αναφέρει ότι όταν όλα τα δυνατά αποτελέσματα ενός τυχαίου πειράματος είναι **ισοπίθανα**, η πιθανότητα ενός ενδεχομένου **A** ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των ευνοϊκών αποτελεσμάτων προς τον συνολικό αριθμό των δυνατών αποτελεσμάτων του πειράματος.

Η πιθανότητα αυτή εκφράζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$P(A) = \frac{\text{Number of favourable cases to A}}{\text{Total number of possible cases}}$$

Πίνακας πιθανοτήτων	Αποτέλεσ α A	Αποτέλεσμα όχι A	Σύνολο
Αποτέλεσμα B	P(A and B)	P(no A and B)	P(B)
Αποτέλεσμα όχι B	P(A and no B)	P(no A and no B)	P(no B)
Σύνολο	P(A)	P(no A)	1

Σε ένα πείραμα που περιλαμβάνει δύο ενδεχόμενα, έστω ότι το **A** είναι ένα γεγονός που αντιστοιχεί στο πρώτο ενδεχόμενο και το **B** ένα γεγονός που αντιστοιχεί στο δεύτερο. Γνωρίζουμε ήδη πώς υπολογίζεται η πιθανότητα **P(B)**, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους δυνατούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να συμβεί το γεγονός **B**.

Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις μας ενδιαφέρει να υπολογίσουμε την πιθανότητα **P(A|B)**, δηλαδή την πιθανότητα να έχει συμβεί το γεγονός **A**, δεδομένου ότι γνωρίζουμε ήδη πως συνέβη το γεγονός **B**.

Η πιθανότητα αυτή ονομάζεται **δεσμευμένη πιθανότητα (conditional probability)** και εκφράζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

1. Χρησιμοποιώντας τον πίνακα συνάφειας του παραπάνω παραδείγματος, να προσδιορίσετε τα εξής:

α. Συμπληρώστε τον πίνακα πιθανοτήτων.

β. Υπολογίστε την πιθανότητα το επίκεντρο του σεισμού να ήταν στο **Puerto Real**, εφόσον γνωρίζουμε ότι ο σεισμός σημειώθηκε σε βάθος **μικρότερο από 15 km**.

γ. Υπολογίστε την πιθανότητα το επίκεντρο του σεισμού να ήταν στο **Puerto Real**, εφόσον γνωρίζουμε ότι ο σεισμός σημειώθηκε σε βάθος **μεγαλύτερο από 15 km**.

δ. Διατυπώστε συμπέρασμα σχετικά με την πιθανότητα εκδήλωσης ενός καταστροφικού σεισμού στο **Puerto Real**.

Γνωρίζουμε ότι σεισμοί με μέγεθος μεγαλύτερο από **5 MbLg** μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όταν το επίκεντρό τους βρίσκεται σε βάθος **μικρότερο από 15 km**.

2. Χρησιμοποιώντας τον πίνακα συνάφειας, να προσδιορίσετε τα εξής:

3. α. Υπολογίστε την πιθανότητα το επίκεντρο του σεισμού να ήταν στο **Puerto Real**, εφόσον γνωρίζουμε ότι ο σεισμός σημειώθηκε σε βάθος **μικρότερο από 15 km**.

β. Υπολογίστε την πιθανότητα το επίκεντρο του σεισμού να ήταν στο **Puerto Real**, εφόσον γνωρίζουμε ότι ο σεισμός σημειώθηκε σε βάθος **μεγαλύτερο από 15 km**.

γ. Διατυπώστε συμπέρασμα σχετικά με την πιθανότητα εκδήλωσης ενός **καταστροφικού σεισμού** στο **Puerto Real**.

Γνωρίζουμε ότι οι σεισμοί με μέγεθος μεγαλύτερο από **5 MbLg** μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, εάν το επίκεντρό τους βρίσκεται σε βάθος **μικρότερο από 15 km**.

4. Χρησιμοποιώντας τον πίνακα συνάφειας, να προσδιορίσετε τα εξής:

Tabla de contingencia	Magnitud inferior a 6	Magnitud superior o igual a 6	Total
Profundidad menor o igual a 15 km	105390	2	105392
Profundidad mayor a 15 km	33485	2	33487
Total	138875	4	138879

α. Ποια είναι η πιθανότητα εκδήλωσης σεισμού με μέγεθος **μεγαλύτερο ή ίσο του 6** και βάθος **μικρότερο ή ίσο των 15 km**;

β. Εάν γνωρίζουμε ότι το μέγεθος του σεισμού ήταν **μεγαλύτερο ή ίσο του 6**, ποια είναι η πιθανότητα το βάθος του να είναι **μικρότερο από 15 km**;

3. Αποκτήστε πρόσβαση στον κατάλογο σεισμών του Instituto Geográfico Nacional (IGN), ο οποίος περιλαμβάνει δεδομένα από την **1η Ιανουαρίου 2015** έως σήμερα, μέσω του παρακάτω συνδέσμου::
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1OwZaRX62fqj8AWZHcuG4L-rVQTEURyhA2qjj2pY65b8/edit?usp=sharing>

α. Αντιγράψτε όλες τις στήλες του καταλόγου σεισμών και εισαγάγετέ τις στο λογισμικό CODAP:

<https://codap.concord.org/>

β) Επιλέξτε τον πίνακα δεδομένων και εισαγάγετε (Import) ένα νέο τυχαίο δείγμα (Random Sample Table) από το πρόχειρο (Clipboard).

γ) Από το μενού με τις τρεις τελείες (:) επιλέξτε Import και επικολλήστε τον παρακάτω σύνδεσμο, ο οποίος αντιστοιχεί στον αλγόριθμο δέντρου αποφάσεων (Decision Tree Algorithm).

<https://codap.xyz/plugins/arbor/>

δ) Πραγματοποιήστε ανάλυση δεδομένων με **δέντρο αποφάσεων**, λαμβάνοντας υπόψη την τοποθεσία, το βάθος μικρότερο των 15 km και το μέγεθος μεγαλύτερο από 6 Mg.

Πού προβλέπεται ότι θα σημειωθεί ο σεισμός;

ε) Χρησιμοποιήστε το δέντρο αποφάσεων για να δημιουργήσετε έναν πίνακα συνάφειας και να υπολογίσετε την πιθανότητα εμφάνισης σεισμού με βάθος μικρότερο των 15 km και μέγεθος μεγαλύτερο από 6 Mg.

4. Εκτελέστε ξανά το CODAP με ένα άλλο τυχαίο δείγμα και πραγματοποιήστε την ανάλυση με δέντρο αποφάσεων, λαμβάνοντας υπόψη την τοποθεσία, το βάθος μικρότερο των 15 km και το μέγεθος μεγαλύτερο από 6 Mg. Αναλύστε τις διαφορές σε σχέση με το προηγούμενο δείγμα.

5. Διατυπώστε συμπεράσματα σχετικά με τις διαφορές που εντοπίζετε στις δύο αναλύσεις με δέντρο αποφάσεων.

6. Συμπεραίνετε:

- α. Ποια ήταν τα διαφορετικά στάδια στη μελέτη των σεισμών στην Ισπανία από τότε που γεννηθήκατε;
- β. Ποια είναι η πιθανότητα ένας σεισμός στον Κόλπο του Κάδιθ να προκαλέσει καταστροφικό τσουνάμι;
- γ. Είναι τα δείγματα που επιλέχθηκαν επαρκώς αντιπροσωπευτικά;

7. Κατανόηση των εννοιών **πληθυσμός**, **δείγμα** και **δειγματοληψία** μέσω δραστηριότητας στο Edpuzzle.

Σ5. Τα διαφορετικά μεγέθη και οι μονάδες μέτρησης των σεισμών

Πριν από την ανάγνωση

1. Γνωρίζετε πώς μετριέται το μέγεθος ενός σεισμού;

Κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης

Διαβάστε το παρακάτω κείμενο: <https://www.usgs.gov/faqs/moment-magnitude-richter-scale-what-are-different-magnitude-scales-and-why-are-there-so-many>

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένα από αυτά τα μεγέθη.:

Τύπος μεγέθους	Εύρος μεγέθους	Εύρος απόστασης.	Εξίσωση.
M_{ww} (σεισμική ροπή – μέθοδος W-phase, γενικός συμβολισμός M_w)	~5.0 και άνω	1 - 90 degrees	$M_w = 2/3 * (\log_{10}(M_0) - 16.1)$, όπου M₀ είναι η σεισμική ροπή.
M_{wc} (σεισμική ροπή – μέθοδος κεντροειδούς <i>centroid</i>)	~5.5 και άνω	20 - 180 βαθμοί	$M_w = 2/3 * (\log_{10}(M_0) - 16.1)$, όπου M₀ είναι η σεισμική ροπή.

M _{wb} (σωματικά κύματα)	~5.5 to ~7.0	30 - 90 βαθμοί	$M_W = 2/3^*$ ($\log_{10}(M_0) - 16.1$), όπου M₀ είναι η σεισμική ροπή.
M _{wr} (περιφερειακή)	~4.0 to ~6.5	0 - 10 βαθμοί	$M_W = 2/3^*$ ($\log_{10}(M_0) - 16.1$), όπου M₀ είναι η σεισμική ροπή.
M _{s20} or M _s (20sec surface wave)	~5.0 to ~8.5	20 - 160 βαθμοί	$M_S = \log_{10} (A/T) + 1.66 \log_{10} (D) + 3.30$.
m _b (βραχεία περίοδος σωματικών κυμάτων)	~4.0 to ~6.5	15 - 100 βαθμοί	$m_b = \log_{10}(A/T) + Q(D,h)$, όπου A είναι το πλάτος της εδαφικής κίνησης (σε μικρόμετρα), T η αντίστοιχη περίοδος (σε

			δευτερόλεπτα) και $Q(D, h)$ ένας διορθωτικός παράγοντας που εξαρτάται από την απόσταση και το εστιακό βάθος.
--	--	--	---

Μετά την ανάγνωση

1. Έχετε κατανοήσει τι αντιπροσωπεύουν οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται σε καθεμία από τις εξισώσεις;

Οι **λογάριθμοι** μπορούν να θεωρηθούν ως η ‘**αντίστροφη πράξη**’ της ύψωσης σε δύναμη.

Για παράδειγμα, γνωρίζουμε ότι η ακόλουθη εκθετική εξίσωση είναι σωστή:

$$3^2 = 9$$

Σε αυτή την περίπτωση, η βάση είναι το 3 και ο εκθέτης είναι το 2.

Γράφουμε την εξίσωση αυτή σε **λογαριθμική μορφή** ως εξής: $\log_3 9 = 2$.

Ιστορική σημείωση:

Οι λογάριθμοι αναπτύχθηκαν τον 17ο αιώνα από τον Σκωτσέζο μαθηματικό **John Napier (1550–1617)**. Αποτελούσαν έναν ευφυή τρόπο μετατροπής πολύπλοκων πολλαπλασιασμών σε πολύ απλούστερες προσθέσεις και των διαιρέσεων σε αφαιρέσεις. Σύμφωνα με μια γνωστή ιστορία, όταν ήταν νέος, ο Napier βοηθούσε τον πατέρα του, ο οποίος ήταν φοροεισπράκτορας. Καθώς είχε κουραστεί να πραγματοποιεί συνεχώς πολλαπλασιασμούς και διαιρέσεις μεγάλων αριθμών, επινόησε τους λογαρίθμους για να κάνει τους υπολογισμούς ευκολότερους.

Ο λογάριθμος ενός θετικού πραγματικού αριθμού b ως προς βάση a , όπου $a > 0$, $a \neq 1$ και $b > 0$, είναι ένας πραγματικός αριθμός c , τέτοιος ώστε όταν η βάση αυψωθεί στην δύναμη c , το αποτέλεσμα να είναι ίσο με b :

$$\log_a b = c \Leftrightarrow a^c = b \text{ donde } b > 0, a \in (0,1) \cup (1,\infty)$$

Διαβάστε προσεκτικά τον ορισμό και απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:

- α. Ποια είναι η σχέση μεταξύ της βάσης της δύναμης και της βάσης του λογαρίθμου;
- β. Ποια είναι η σχέση μεταξύ του εκθέτη της δύναμης και της τιμής του λογαρίθμου;
- γ. Γιατί η βάση του λογαρίθμου πρέπει να είναι διαφορετική από το 1;

Σ6. Γραφική αναπαράσταση του μεγέθους σεισμικής ροπής

Η ποσότητα της ενέργειας που απελευθερώνεται από έναν σεισμό, με βάση τη σεισμική ροπή, ορίζεται ως εξής:

$$MO = : DA$$

όπου **MO** είναι η σεισμική ροπή, μετρημένη σε **dyne-cm**. **μ** είναι η ακαμψία του πετρώματος, μετρημένη σε **dyne/cm²**. **D** είναι η μέση μετατόπιση του ρήγματος σε **cm** και **A** είναι το εμβαδόν του τμήματος του ρήγματος που υπέστη θραύση, εκφρασμένο σε **cm²**.

Η νέα κλίμακα μεγέθους, που ονομάζεται **μέγεθος σεισμικής ροπής (moment magnitude)**, αναπτύχθηκε από τον **Hiroo Kanamori** του **Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Καλιφόρνιας**. Η ακόλουθη έκφραση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του:

$$MW = 2/3 \log MO - 10.7$$

Τα μεγέθη των μεγάλων σεισμών υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας αυτή τη νέα κλίμακα και, για ορισμένους από αυτούς, μεταβλήθηκαν σημαντικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σεισμός της Χιλής το 1960, ο οποίος είχε μέγεθος επιφανειακών κυμάτων (**Ms**) ίσο με **8,3**, ενώ όταν υπολογίστηκε το **μέγεθος σεισμικής ροπής (Moment Magnitude, Mw)**, η τιμή του ήταν **9,5**.

Μετά την ανάγνωση

Αν θεωρήσουμε το **M₀** ως την ανεξάρτητη μεταβλητή και το συμβολίσουμε με **x**, και το **Mw** ως την εξαρτημένη μεταβλητή και το συμβολίσουμε με **y**, μπορούμε να σχεδιάσουμε τη συνάρτηση που προσδιορίζει το **μέγεθος σεισμικής ροπής (Mw)** από την τιμή της **σεισμικής ροπής (M₀)**.

Για τον σκοπό αυτό,

1. Ανοίξτε το GeoGebra Classic (<https://www.geogebra.org/classic>) και πληκτρολογήστε στη γραμμή εισαγωγής την ακόλουθη έκφραση:

$$y = \frac{2}{3} \log x - 10.7$$

- α. Παρατηρήστε τη γραφική παράσταση και προσδιορίστε:

- i. Το πεδίο ορισμού
- ii. Το σύνολο τιμών
- iii. Τα σημεία τομής με τους άξονες X και Y
- iv. Τη συνέχεια
- v. Τα διαστήματα αύξησης και μείωσης
- vi. Το μέγιστο και το ελάχιστο
- vii. Την κυρτότητα και την κοιλότητα
- viii. Την περιοδικότητα

Να θυμάστε ότι:

Ο **ρυθμός μεταβολής** μιας συνάρτησης είναι η αύξηση ή η μείωση που παρουσιάζει η συνάρτηση όταν μεταβαίνουμε από μία τιμή σε μία άλλη στον άξονα των τετμημένων. Χ. **$RC[x_1, x_2] = f(x_2) - f(x_1)$**

Ο **μέσος ρυθμός μεταβολής μιας συνάρτησης $y = f(x)$** από $x = a$ to $x = b$ είναι:

$$ARC = \frac{f(b) - f(a)}{b - a}$$

2. Υπολογίστε τον ρυθμό μεταβολής και τον μέσο ρυθμό μεταβολής της σεισμικής ροπής για τις ακόλουθες τιμές::

$a = 50,80 \times 10^{20}$ din/cm² (που αντιστοιχεί στον σεισμό που σημειώθηκε στις 25/09/2016 στο S. Cúllar, GR).)

$b = 32,70 \times 10^{24}$ din/cm² (που αντιστοιχεί στον σεισμό που σημειώθηκε στις 25/01/2016 στο Alborán Sur)

3. Ερμηνεύστε τον ρυθμό μεταβολής και τον μέσο ρυθμό μεταβολής, ώστε να κατανοήσετε την αύξηση της συνάρτησης της σεισμικής ροπής.

4. Σχεδιάστε τη συνάρτηση: $f(x) = \log_2(x)$
α. Κατασκευάστε τον πίνακα τιμών::

x	1/4	1/2	1	2	4
y=f(x)					

- α. Αναλύστε το πεδίο ορισμού, το σύνολο τιμών, τα σημεία τομής με τους άξονες, τη συνέχεια, την αύξηση και τη μείωση, τα μέγιστα και τα ελάχιστα, καθώς και την κυρτότητα και την κοιλότητα.
- β. Compute the rate and the average rate of change for $x_1 = 1$ and $x_2 = 4$
5. Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση καθεμιάς από τις παρακάτω λογαριθμικές συναρτήσεις με τη βοήθεια του GeoGebra (<https://www.geogebra.org/classic>), αναλύστε τις ιδιότητές της και υπολογίστε τον μέσο ρυθμό μεταβολής για $x=4$ to $x=6$:
- $f(x) = \log x$
 - $f(x) = -\log(x-3)$
 - $f(x) = \log_2(x + 2)$

Σ7. Τελικό προϊόν: Συγγραφή δημοσιογραφικού άρθρου

1. **Διαβάστε ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της δημοσιογραφικής γραφής:**
<https://writingcenter.uagc.edu/journalistic-writing>
2. Γράψτε ένα δημοσιογραφικό άρθρο βασισμένο στα δεδομένα και τα γραφήματα που δημιουργήσατε κατά τη διάρκεια της μαθησιακής δραστηριότητας, με τίτλο:
Φοβάστε το ενδεχόμενο ενός σεισμού στο Puerto Real; Ναι ή όχι;
3. Αξιολογήστε κατά πόσο το δημοσιογραφικό σας άρθρο πληροί τις αρχές της απλότητας, της συντομίας, της ακρίβειας, της αντικειμενικότητας, της πραγματολογικής ορθότητας, της αμεροληψίας και της ισορροπίας, καθώς και τη δομή της ανεστραμμένης πυραμίδας.
4. Βελτιώστε το άρθρο σας, εφόσον είναι απαραίτητο.

Βιβλιογραφία

Araújo, A. C. (2021). The 1755 Lisbon Earthquake: The Catastrophe and the Reconstruction, "Storicamente", 17 (2021), no. 5.

<https://doi.org/10.52056/9788833138732/05>

Almagro, M. (09/03/2015). ¿Qué probabilidad hay de que haya un terremoto en Cádiz? *Voz de Cádiz*. <https://www.lavozdigital.es/cadiz-provincia/201503/07/terremotos-posible-cadiz-20150304160610-pr.html>

Blanc, P. L. (2009). The tsunami in Cadiz on 1 November 1755: A critical analysis of reports by Antonio Ulloa and by Louis Godin. *Comptes Rendus Geoscience*, 340(4), 251-261.

Earle, S. (2015). Physical Geology. *BCcampus*.

<https://opentextbc.ca/geology/chapter/11-5-forecasting-earthquakes-and-minimizing-damage-and-casualties/>

Glatzmaiers, G., Roberts, P. A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal. *Nature* 377, 203–209 (1995). <https://doi.org/10.1038/377203a0>

IGN (s.d.). Historia del Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de: <https://www.ign.es/web/ign/portal/qsm-nuestra-historia>

IGN (s.d.). Catálogo de Terremotos. Recuperado de: <https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>

IGN (s.d.). Descripción del tipo de Magnitud. Recuperado de: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/SIS-Tipo-Magnitud.pdf>

Población, A. J. (25/11/2019). Para qué sirven los logaritmos: dos retos sin usar la calculadora. *ABC Ciencia*. Recuperado de: https://www.abc.es/ciencia/abci-para-sirven-logaritmos-retos-sin-usar-calculadora-201911250122_noticia.html

UAGG (2025). Journalistic Writing. *The University of Arizona. Global Campus. Writing Center*. <https://writingcenter.uagc.edu/journalistic-writing>

USGS (s.d.). Moment magnitude, Richter scale -what are the different magnitude scales, and why are there so many?.

<https://www.usgs.gov/faqs/moment-magnitude-richter-scale-what-are-different-magnitude-scales-and-why-are-there-so-many>