

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΙΣΧΥΡΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

#### Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, γίνεται κατ'αρχήν προσπάθεια προσομοίωσης της σεισμικής κίνησης του σεισμού της 7<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1999 χρησιμοποιώντας θεωρητική-αναλυτική προσέγγιση. Η προσομοίωση θα γίνει για τη θέση Άνω Λιόσια, με στόχο τη διερεύνηση του ρόλου της κατευθυντικότητας της διάρρηξης σε μια περιοχή που βρίσκεται στο ανατολικό άκρο του ρήγματος, καθώς και την προσπάθεια εκτίμησης των παραμέτρων της ισχυρής κίνησης στο εγγύς πεδίο.

Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η ίδια μεθοδολογία για να εκτιμηθούν και αξιολογηθούν οι παράμετροι της σεισμικής κίνησης στην ίδια περιοχή προερχόμενη από θεωρητικά πιθανά δυσμενέστερα για την Αττική μελλοντικά σεισμικά σενάρια. Γίνεται διερεύνηση της σεισμικής κίνησης που μπορεί να παρουσιαστεί ως αποτέλεσμα μελλοντικού σεισμού στις ρηξιγενείς ζώνες των Αλκυονίδων και της Αταλάντης.

#### Θεωρητικές μέθοδοι - Η μέθοδος του διακριτού κυματάριθμου

Οι θεωρητικές μέθοδοι προσομοίωσης της σεισμικής κίνησης, στηρίζονται σε καθαρά θεωρητικές σεισμολογικές γνώσεις ακτινοβολίας και διάδοσης σεισμικών κυμάτων. Η εδαφική κίνηση εγγύς πεδίου υπολογίζεται προσομοιώνοντας τους βασικούς παράγοντες που την επηρεάζουν. Για την προσομοίωση της σεισμικής πηγής χρησιμοποιείται μια κατανομή συγκεκριμένου αριθμού παλμών διπλού ζεύγους σε συγκεκριμένες αποστάσεις μεταξύ τους πάνω στο επίπεδο του ρήγματος, έτσι ώστε διεγείροντας τη μία μετά την άλλη, μετά από κάποιο συγκεκριμένο χρόνο, να έχουμε μία αναπαράσταση του μηχανισμού γένεσης του σεισμού, καθώς και της κατευθυντικότητας της διάρρηξης. Στη συνέχεια, γνωρίζοντας το μοντέλο κατανομής ταχυτήτων του δρόμου διάδοσης και χρησιμοποιώντας αναλυτική κυματική θεωρία

(γεωμετρική απόσβεση, ανακλάσεις, διαθλάσεις, σκέδαση κλπ.), προσομοιώνεται η διάδοση της ακτινοβολίας της πηγής ανάμεσα στην εστία και στη θέση ενδιαφέροντος. Είναι φανερό, λοιπόν, ότι η αποτελεσματικότητα της θεωρητικής προσέγγισης εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια γνώσης των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση και ιδιαίτερα από τη γεωμετρία του ρήγματος και το μοντέλο κατακόρυφης κατανομής ταχυτήτων του μέσου διάδοσης. Το αποτέλεσμα είναι μία ρεαλιστική αναπαράσταση των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης των χαμηλών κυρίως συχνοτήτων, (έως μέγιστο 4 Hz για μεγάλους σχετικά σεισμούς  $M > 6$ ).

Αυτό συμβαίνει γιατί με τα θεωρητικά μοντέλα δεν είναι δυνατή η πρόβλεψη των υψηλότερων συχνοτήτων που προέρχονται από απότομες αλλαγές της ταχύτητας διάρρηξης, απρόβλεπτες ανομοιογένειες της διαδρομής (αδυναμία γνώσης της δομής σε μικρή κλίμακα) ή ακόμη της επίδρασης της τοπικής γεωλογίας κοντά στη θέση παρατήρησης.

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιείται μία από τις πιο πρόσφατες και πληρέστερες μεθόδους θεωρητικής προσομοίωσης, η λεγόμενη μέθοδος διακριτού κυμματάριθμου (Discrete Wave-number method) η οποία αναπτύχθηκε από τον M. Bouchon (1981) για εύρεση απόκρισης παλμού σημειακής πηγής (θεωρητική συνάρτηση Green) και εξελίχθηκε από τον J.-C. Gariel (1988) για αναπαράσταση διάρρηξης με κατάλληλη κατανομή πηγών διπλού ζεύγους πάνω στο ρήγμα γνωστής γεωμετρίας (μήκος, πλάτος, αζιμούθιο και κλίση). Η κατευθυντικότητα της διάρρηξης αναπαρίσταται από την έναρξή της από κάποια συγκεκριμένη πηγή, ανάλογα με το συγκεκριμένο σενάριο: μονόδρομη ή αμφίδρομη (Unilateral, bilateral), και τη διάδοσή της πάνω στο επίπεδο του ρήγματος, έχοντας σταθερή ταχύτητα και κυκλικό μέτωπο.

Η “πηγή” στο εγγύς πεδίο, αναπαρίσταται με μια κατανομή παλμών διπλού ζεύγους πάνω σε γνωστής γεωμετρίας επίπεδο ρήγματος, και την ενεργοποίησή της κάθε πηγής με συγκεκριμένη χρονική διαφορά αναπαριστώντας τη διάρρηξη. Η εξομοίωση της κίνησης στο σημείο ενδιαφέροντος επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό και το κατάλληλο άθροισμα της συνεισφοράς της κάθε πηγής. Για να υπολογιστεί, λοιπόν, η απόκριση κάθε πηγής είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικές

τυποποιήσεις του κυματικού πεδίου, είτε σαν διπλό άθροισμα επιπέδων κυμάτων είτε σαν άθροισμα κυλινδρικών κυμάτων. Οι δύο τυποποιήσεις είναι ισοδύναμες με μόνη διαφορά το χρόνο υπολογισμού. Η απόκριση κάθε πηγής χρησιμοποιώντας τυποποίηση επιπέδων κυμάτων, σε καρτεσιανές συντεταγμένες γράφεται:

$$G(x, y, z, \omega) = \frac{4\pi^2}{L_x L_y} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} g(k_n, k_m, \omega) e^{-ik_n x} e^{-ik_m y} \quad (1)$$

$$\text{όπου} \quad k_n = \frac{2\pi}{L_x} n \quad k_m = \frac{2\pi}{L_y} m$$

$k_n, k_m$  = κυματικοί αριθμοί στις 2 οριζόντιες συνιστώσες

$L_x, L_y$  = χωρική περιοδικότητα του μοντέλου στις διευθύνσεις x και y

Στην περίπτωση που το κυματικό πεδίο αναπαρίσταται με υπέρθεση κυλινδρικών κυμάτων, η απόκριση κάθε σημειακής πηγής σε κυλινδρικές συντεταγμένες (r, θ, z) είναι:

$$G(r, \theta, z, \omega) = \frac{\pi}{L} \sum_{n=0}^{+\infty} \epsilon_n \sum_{i=0}^1 g(k_n, \theta, z, \omega) J_i(k_n r) \quad (2)$$

$$\text{όπου} \quad \epsilon_n = 1 \quad \text{εάν} \quad n = 0$$

$$\epsilon_n = 2 \quad \text{εάν} \quad n \neq 0 \quad k_n = \frac{2\pi}{L} n \quad J_i = \text{συνάρτηση Bessel τάξης } i$$

Με αυτή την τυποποίηση ο υπολογισμός απλουστεύεται αναγόμενος τώρα σε ένα απλό άθροισμα στον ακτινικό κυματάρημο. Αυτή είναι και η τυποποίηση που χρησιμοποιείται παρακάτω.

Για τη διάδοση του κυματικού πεδίου προτιμάται η μέθοδος που προτείνει ο Kennett (1979), που βασίζεται στην τυποποίηση με χρήση των πινάκων ανάκλασης-διάδοσης (reflection-transmission matrixes), από την κλασική μέθοδο Thomson-Haskell (Haskell, 1964), που βασίζεται στην διάδοση του πίνακα τάσης-μετατόπισης (stress-displacement matrixes) λόγω της μαθηματικής αστάθειας που μπορεί να προκαλέσει η παρουσία εκθετικών τύπου  $e^{i\omega(v/\gamma)z}$ . Σαν δεδομένα εισόδου διάδοσης, είναι απαραίτητη η γνώση του μοντέλου ταχυτήτων της περιοχής.

Από τη στιγμή λοιπόν που υπολογίζεται αναλυτικά θεωρητική συνάρτηση Green στο σημείο ενδιαφέροντος ως συνεισφορά της κάθε σημειακής πηγής που είναι κατανεμημένη πάνω στο επίπεδο του ρήγματος, είναι δυνατό να υπολογιστούν οι χρονοσειρές επιτάχυνσης, ταχύτητας ή μετατόπισης με κατάλληλη συνέλιξή της με τη συνάρτηση της πηγής.

Η συνάρτηση πηγής που χρησιμοποιείται, βασίζεται στο γνωστό μοντέλο μετάθεσης (dislocation model) που για τον καθορισμό του χρειάζονται να οριστούν πέντε παράμετροι: μήκος και πλάτος ρήγματος, ο χρόνος ανόδου που καθορίζει την ταχύτητα ολίσθησης, η ταχύτητα διάρρηξης και τέλος η τιμή της τελικής μετάθεσης πάνω στο ρήγμα.

Τα δεδομένα εισόδου (input data) της προσομοίωσης χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Τα δεδομένα μοντέλου “πηγής” και τα δεδομένα του μοντέλου “διάδοσης”. Είναι προφανές ότι όσο πιο ρεαλιστικά είναι τα δεδομένα εισόδου, τόσο πιο ρεαλιστικά θα είναι και τα αποτελέσματα.

Για τον καθορισμό των απαραίτητων δεδομένων εισόδου του μοντέλου πηγής ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Καθορισμός ρηγμάτων και γεωμετρίας τους
- Κατανομή πηγών διπλού ζεύγους στο επίπεδο του ρήγματος
- Καθορισμός μηχανισμού γένεσης σεισμού σχεδιασμού
- Καθορισμός σεναρίων διάρρηξης προσδιορίζοντας ανάλογα το σημείο έναρξης της διάρρηξης και ταχύτητας διάρρηξης

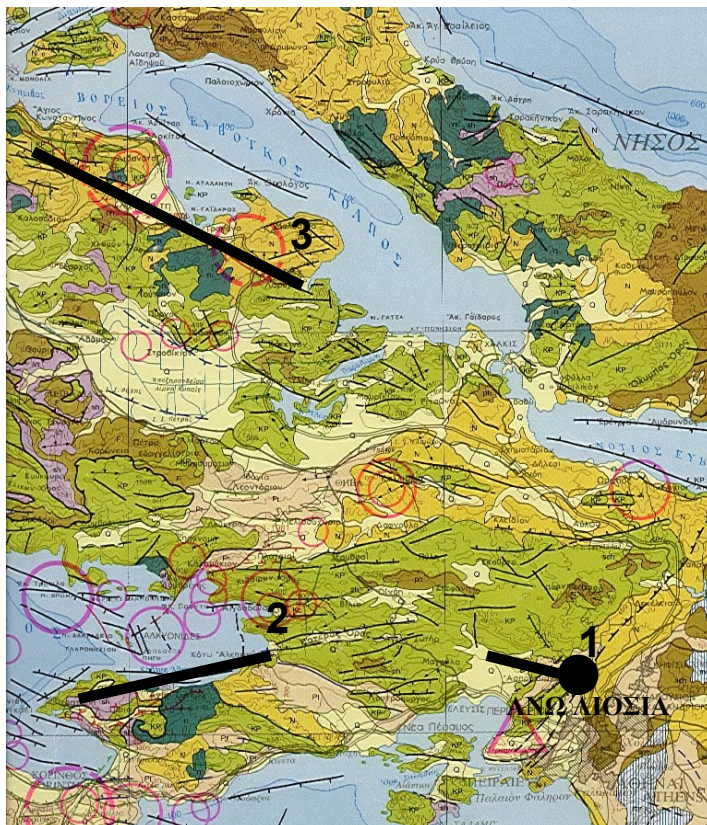
## **ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΣΗ ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΑ**

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται η μέθοδος θεωρητικής προσομοίωσης του διακριτού κυμμάριθμου (Discret Wave-number method) για να βρεθούν τα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης στη θέση Άνω Λιόσια, τόσο λόγω του σεισμού της 7<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 2004, όσο και από πιθανούς μελλοντικούς σεισμούς που

θα προέλθουν από τα πιο σημαντικά γειτονικά ρήγματα που είναι αυτά που θα καθορίσουν και τις μέγιστες τιμές σχεδιασμού.

### Καθορισμός ρηγμάτων και γεωμετρίας τους

Τα σεισμοτεκτονικά δεδομένα, καθώς και οι πληροφορίες των ιστορικών σεισμών μας οδηγούν στον καθορισμό των ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής (σχήμα 9.1) με το μεγαλύτερο σεισμικό δυναμικό. Εκτός, λοιπόν, από το ρήγμα της Πάρνηθας (1), μήκους 12 χιλιομέτρων περίπου και κλίσης  $55^\circ$  προς νότο, που αποτελεί πια τον κύριο σεισμό σχεδιασμού της περιοχής, δεν είναι δυνατό να αγνοηθούν τόσο το ρήγμα του ανατολικού Κορινθιακού (2) μήκους 25 χιλιομέτρων και κλίσης  $37^\circ$  που προκάλεσε τον σεισμό των Αλκυονίδων στις 24 Φεβρουαρίου 1981, όσο και το μεγάλο ρήγμα της Αταλάντης (3), μήκους 50 χιλιομέτρων περίπου και κλίσης  $60^\circ$  προς τα βορειοανατολικά.



Σχήμα 9.1 Ρήγματα σχεδιασμού για την περιοχή των Άνω Λιοσίων

### Κατανομή πηγών διπλού ζεύγους στο επίπεδο του ρήγματος

Ο αριθμός των σημειακών πηγών διπλού ζεύγους που κατανέμονται πάνω στο ρήγμα είναι σε άμεση σχέση με το μοντέλο ταχυτήτων και την τελική μέγιστη συχνότητα των συνθετικών. Η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών πηγών καθορίζει το ελάχιστο μήκος κύματος, δηλαδή τη μέγιστη συχνότητα. Η ταχύτητα δε των κυμάτων χώρου στο κάθε στρώμα παίζει σημαντικό ρόλο στο βαθμό επιρροής του κυματικού πεδίου από το συγκεκριμένο στρώμα. Άρα για να καθοριστεί η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο πηγών  $\Delta x$  και κατ' επέκταση ο συνολικός αριθμός των πηγών, ακολουθείται ο

$$\text{εξής κανόνας : } \Delta x \leq \frac{1}{4} \lambda_{\min} = \frac{1}{4} \frac{\beta_{\min}}{f_{\max}}$$

όπου  $\beta_{\min}$  η ελάχιστη ταχύτητα των κυμάτων χώρου και

$f_{\max}$  η μέγιστη συχνότητα των συνθετικών.

### Καθορισμός μηχανισμού γένεσης σεισμού σχεδιασμού

Και τα τρία ρήγματα είναι ρήγματα κανονικής διάρρηξης, Στην περίπτωση των ρηγμάτων ανατολικού Κορινθιακού και Πάρνηθας, η κατεύθυνση ολίσθησης (rake) λαμβάνεται κατά σύμβαση Aki-Richards σύμφωνα με τους μηχανισμούς γένεσης του Harvard (CMT solutions) και ΕΚΠΑ  $-64^\circ$  και  $-80^\circ$  αντίστοιχα. Στην περίπτωση του ρήγματος της Αταλάντης η κατεύθυνση ολίσθησης λαμβάνεται  $-90^\circ$  (καθαρά κανονική διάρρηξη).

### Καθορισμός σεναρίων διάρρηξης προσδιορίζοντας ανάλογα το σημείο έναρξης της διάρρηξης και ταχύτητας διάρρηξης

Η επιλογή, λοιπόν, του σημείου έναρξης της διάρρηξης καθορίζει την κατευθυντικότητα της. Εάν για παράδειγμα το σημείο έναρξης της διάρρηξης βρίσκεται στο ένα άκρο του ρήγματος, τότε η διάρρηξη αρχίζει από εκεί και

κατευθύνεται προς το άλλο άκρο (μονόδρομη διάρρηξη). Εάν το σημείο έναρξης της διάρρηξης βρίσκεται στο μέσον του ρήγματος, τότε πρόκειται για αμφίδρομη διάρρηξη. Επειδή τα ρήγματα του σχήματος 9.1, έχουν εμφανή πιθανότητα κατευθυντικότητας, ελέγχονται και τα δύο διαφορετικά σενάρια διάρρηξης, την προς ανατολάς και την προς δυσμάς κατεύθυνση.

### **Καθορισμός μοντέλου ταχυτήτων**

Όσο αφορά την παραμετροποίηση της διάδοσης των σεισμικών κυμάτων, γίνεται συνδυασμένη χρήση τόσο του μοντέλου ταχύτητας που προήλθε ως αποτέλεσμα αντιστροφής των χρόνων άφιξης κυμάτων χώρου των δεδομένων του μεγάλης κλίμακας Ευρωπαϊκού σεισμολογικού προγράμματος με σκοπό την σεισμοτεκτονική μελέτη της ευρύτερης περιοχής το καλοκαίρι του 1992, δίνοντας τις τιμές της ταχύτητας σε βάθος, όσο και των αποτελεσμάτων της γεωφυσικής διερεύνησης που έλαβε χώρα στο Δήμο Άνω Λιοσίων κατά τη διάρκεια της μικροζωνικής μελέτης που συμμετείχε το ΕΚΠΑ και μας δίνει λεπτομερή κατανομή της ταχύτητας στα επιφανειακά στρώματα.

### **Αποτελέσματα**

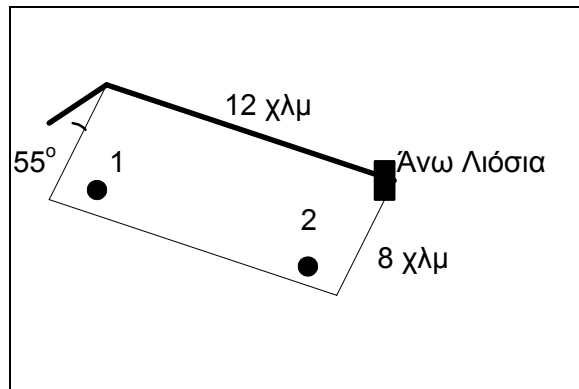
Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα που προέρχονται από της παρακάτω θεωρητικές προσομοιώσεις, αναπαράγουν το κυματικό πεδίο μέχρι μέγιστο 4-5 Hz. Η ρεαλιστική αναπαραγωγή αξιόπιστων συνθετικών για μεγαλύτερες συχνότητες, όπως προαναφέρθηκε, δεν είναι δυνατή μέσω θεωρητικών μεθόδων. Κατά συνέπεια τα παραγόμενα συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα αντιπροσωπεύουν κινήσεις υποβάθρου, λόγω του γεγονότος ότι η πολύπλοκη επιφανειακή δομή της τάξης των μέτρων είναι σχεδόν διαφανής για τη συγκεκριμένη συχνοτική ζώνη.

## Μονάδες και συμβάσεις

Πρέπει να σημειώσουμε ότι σε όλα τα παρακάτω διαγράμματα χρονοσειρών, οι μονάδες των οριζοντίων αξόνων είναι σε δευτερόλεπτα και των κατακόρυφων σε  $\text{cm/sec}^2$ , ενώ στα διαγράμματα φασμάτων Fourier, οι μονάδες των οριζοντίων αξόνων είναι σε Hz και των κατακόρυφων σε  $\text{cm/sec}$ . Η σειρά δε αναγραφής των χρονοσειρών είναι πρώτα η συνιστώσα Α-Δ (Ε-Ω), μετά η Β-Ν (Ν-Σ) και τέλος η κατακόρυφη (Ζ) και όπου υπάρχει χρώμα με κόκκινο, πράσινο και μαύρο αντίστοιχα.

### Α) Ρήγμα Πάρνηθας

Στο σχήμα Α.1 φαίνεται η αναπαράσταση του ρήγματος της Πάρνηθας μήκους 12 χιλιομέτρων, πλάτους 8 χιλιομέτρων και κλίσης 55 μοιρών. Οι διαστάσεις του ρήγματος αντιστοιχούν σε μέγιστο σεισμικό μέγεθος ροπής της τάξης του  $M_w=6$  R. Εξετάζονται δύο σενάρια διάρρηξης. Στο πρώτο η διάρρηξη ξεκινά από το δυτικό μέρος του ρήγματος (σημείο 1) και διαδίδεται προς ανατολάς. Στο δεύτερο, η διάρρηξη ξεκινά από το ανατολικό μέρος (σημείο 2) και διαδίδεται προς δυσμάς.



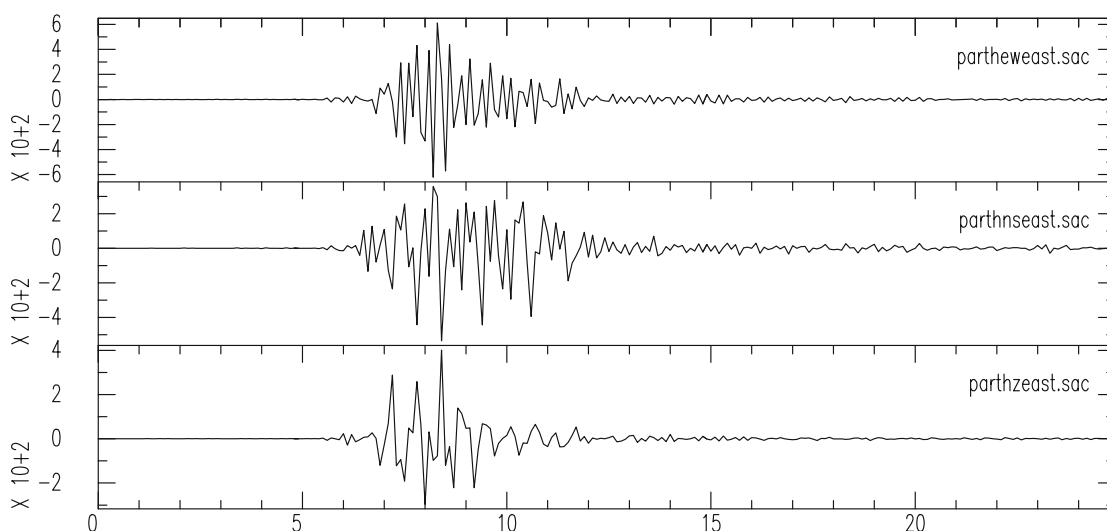
Σχήμα Α.1 Αναπαράσταση του ρήγματος της Πάρνηθας



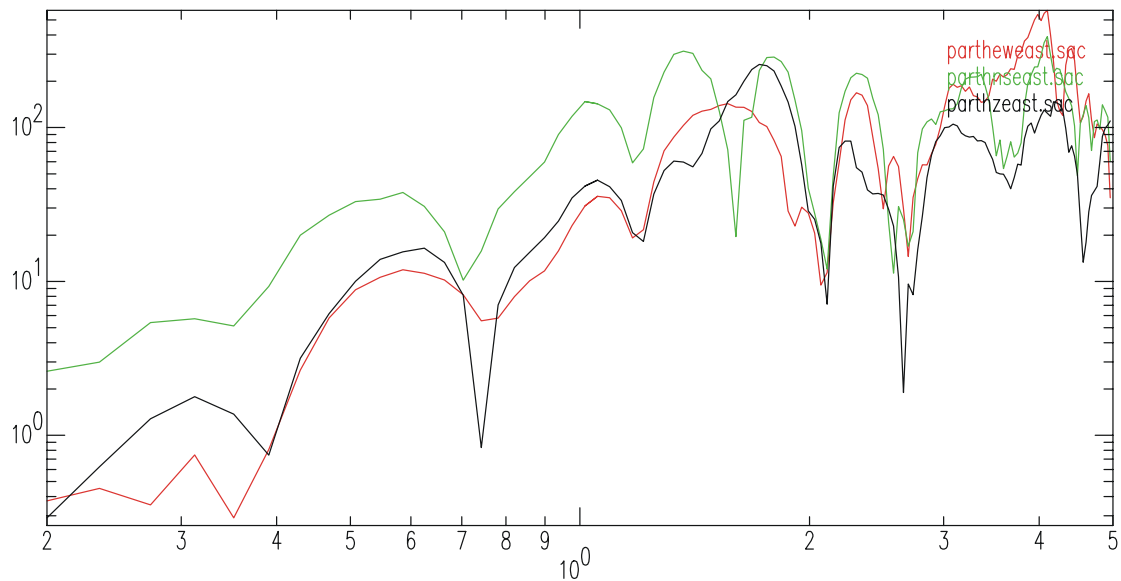
**Σενάριο I - Μονόδρομη διάρρηξη προς ανατολάς**

Στον πίνακα A1 φαίνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση, ενώ στο σχήμα A.2 φαίνονται οι χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου, ενώ στο σχήμα A.3 φαίνονται τα φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	
Μήκος ρήγματος	12 χλμ
Πλάτος ρήγματος	8 χλμ
Αξιμούθιο ρήγματος	105°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-80°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	55°
Βάθος του άνω ίχνους ρήγματος	4000 μ
Χρόνος ανόδου της συνάρτησης πηγής	0.3 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Μετάθεση πάνω στο ρήγμα	0.3 μ



Σχήμα A.2 Χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου *ρήγμα Πάρνηθας - Μονόδρομη διάρρηξη προς ανατολάς*

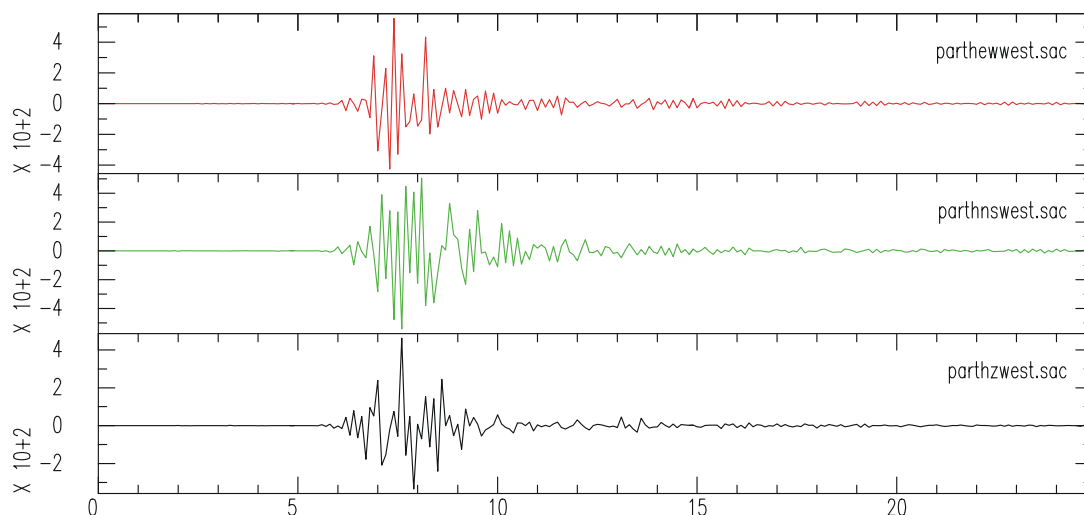


Σχήμα Α.3 Φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιουσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Πάρνηθας - Μονόδρομη διάρρηξη προς ανατολάς

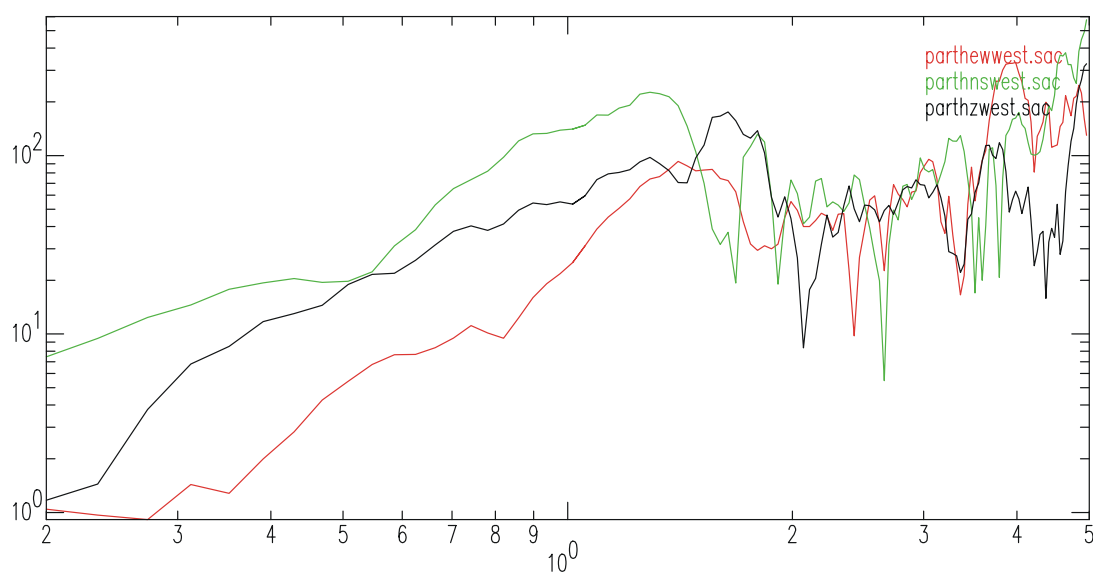
### Σενάριο II - Μονόδρομη διάρρηξη προς δυσμάς

Στον πίνακα Α2 φαίνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση. Οι παράμετροι είναι οι ίδιοι με αυτές του πρώτου σεναρίου (Πίνακας Α1), επειδή το μόνο που αλλάζει είναι η κατευθυντικότητα της διάρρηξης. Στο σχήμα Α.4 φαίνονται οι χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιουσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου. Στο σχήμα Α.5 φαίνονται τα φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α2	
Μήκος ρήγματος	12 χλμ
Πλάτος ρήγματος	8 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	105°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-80°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	55°
Βάθος ταιου άνω ίχνους ρήγματος	4000 μ
Χρόνος ανόδου της συνάρτησης πηγής	0.3 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Μετάθεση πάνω στο ρήγμα	0.3 μ



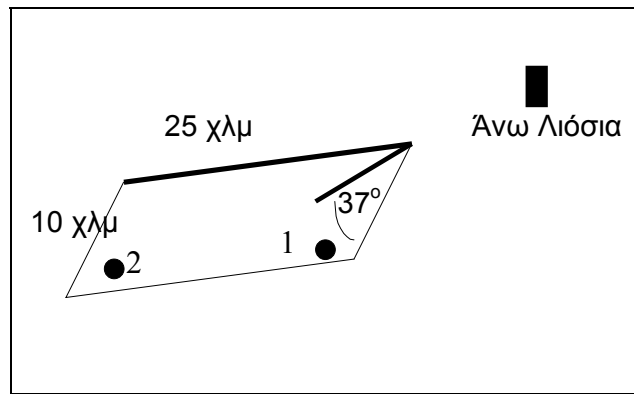
Σχήμα Α.4 Χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Πάρνηθας - Μονόδρομη διάρρηξη προς δυσμάς



Σχήμα Α.5 Φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Πάρνηθας - Μονόδρομη διάρρηξη προς δυσμάς

**B) Ρήγμα ανατολικού Κορινθιακού (Αλκυονίδων)**

Στο σχήμα B.1 φαίνεται η αναπαράσταση του ρήγματος του ανατολικού Κορινθιακού μήκους 25 χιλιομέτρων, πλάτους 10 χιλιομέτρων και κλίσης 37 μοιρών, αντιπροσωπευτικό για ένα σεισμό μεγέθους ροπής  $M_w=6.6$ . Εξετάζονται δύο σενάρια διάρρηξης. Στο πρώτο η διάρρηξη ξεκινά από το δυτικό μέρος του ρήγματος (σημείο 2) και διαδίδεται προς ανατολάς. Στο δεύτερο, η διάρρηξη ξεκινά από το ανατολικό μέρος (σημείο 1) και διαδίδεται προς δυσμάς.

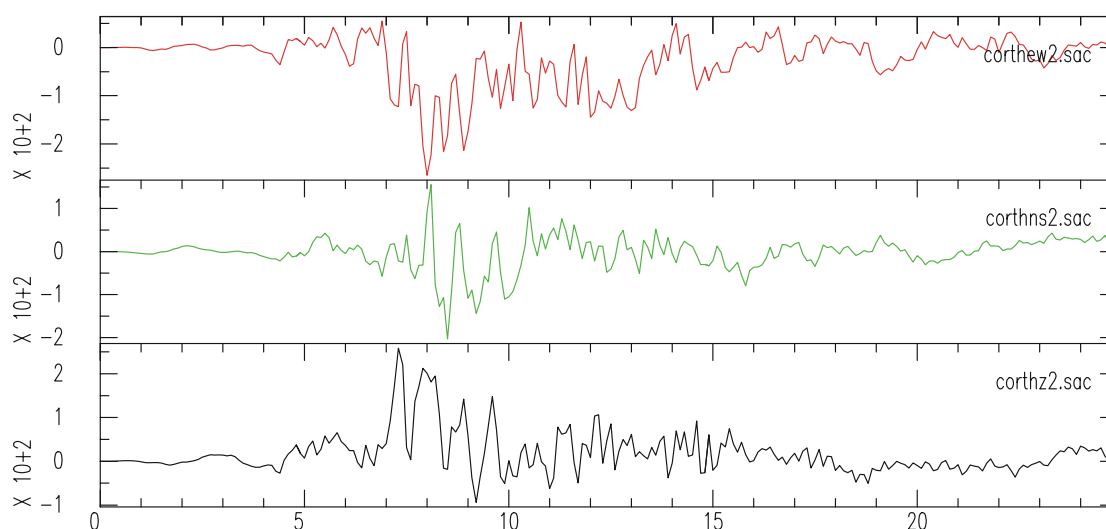


Σχήμα B.1 Αναπαράσταση του ρήγματος του ανατολικού Κορινθιακού

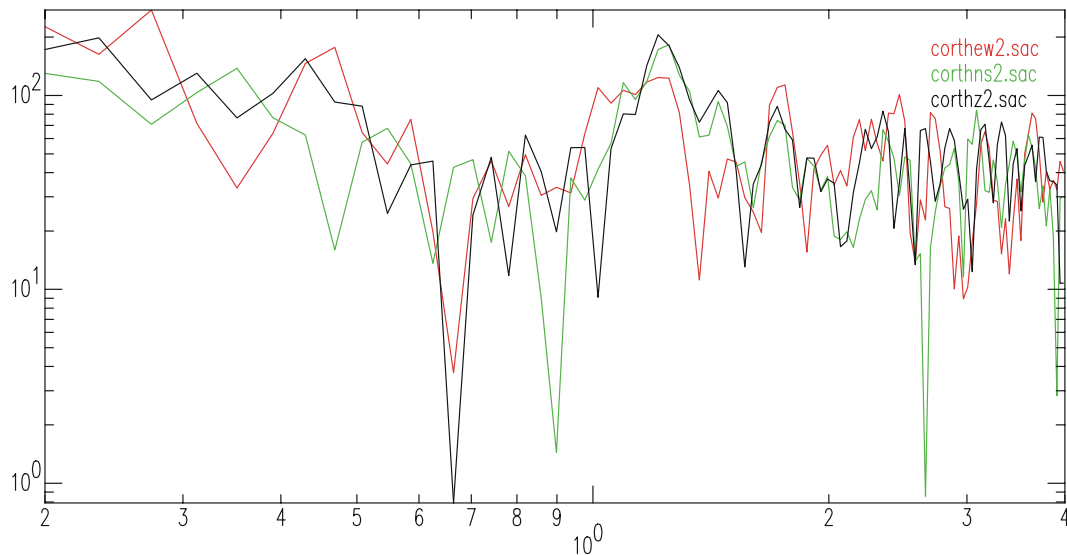
**Σενάριο I - Μονόδρομη διάρρηξη προς ανατολάς**

Στον πίνακα B1 φαίνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση, ενώ στο σχήμα B.2 φαίνονται οι χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου. Στο σχήμα B.3 φαίνονται τα φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β1	
Μήκος ρήγματος	25 χλμ
Πλάτος ρήγματος	10 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	285°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-64°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	37°
Βάθος ταυ άνω ίχνους ρήγματος	500 μ
Χρόνος ανόδου της συνάρτησης πηγής	0.4 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Μετάθεση πάνω στο ρήγμα	0.6 μ



Σχήμα Β.2 Χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα ανατολικού Κορινθιακού - Μονόδρομη διάρρηξη προς ανατολάς

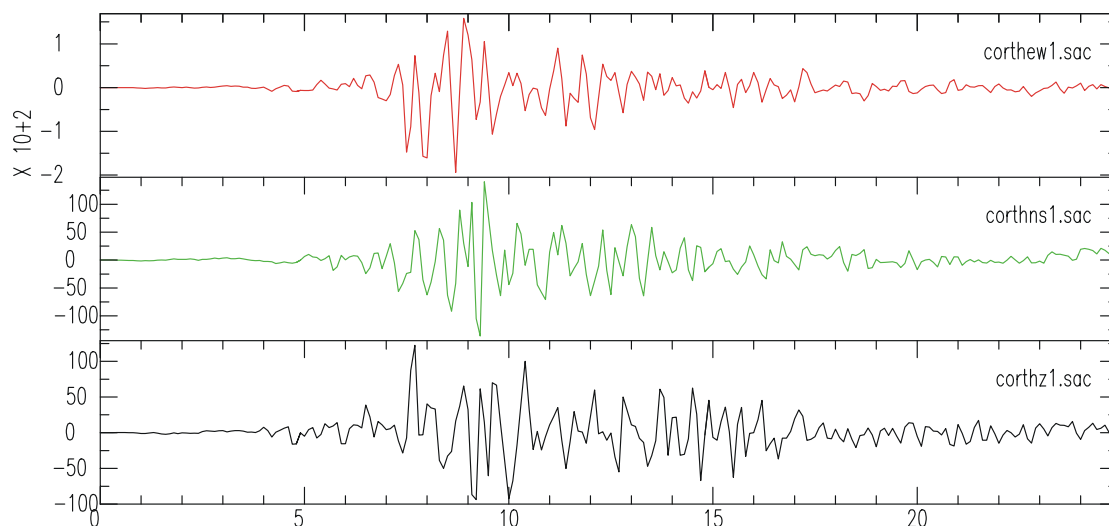


Σχήμα Β.3 Φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του ρήγματος ανατολικού Κορινθιακού - Μονόδρομη διάρρηξη προς ανατολάς

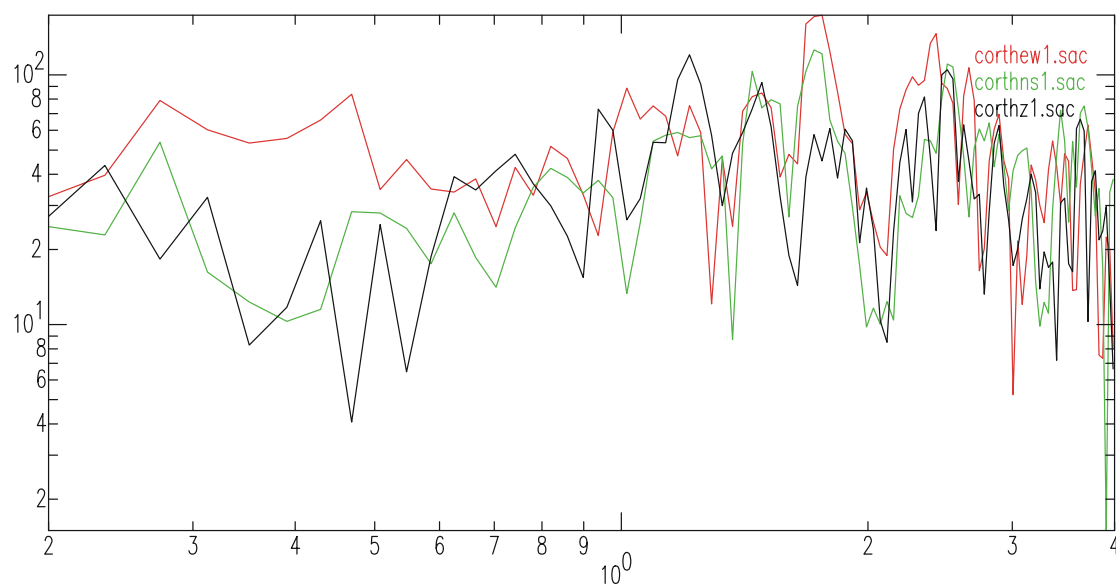
### Σενάριο II - Μονόδρομη διάρρηξη προς δυσμάς

Στον πίνακα Β2 φαίνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση. Οι παράμετροι είναι οι ίδιοι με αυτές του πρώτου σεναρίου (Πίνακας Β1), επειδή το μόνο που αλλάζει είναι η κατευθυντικότητα της διάρρηξης. Στο σχήμα Β.4 φαίνονται οι χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου. Στο σχήμα Β.5 φαίνονται τα φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β2	
Μήκος ρήγματος	25 χλμ
Πλάτος ρήγματος	10 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	285°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-64°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	37°
Βάθος ταιου άνω ίχνους ρήγματος	500 μ
Χρόνος ανόδου της συνάρτησης πηγής	0.4 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Μετάθεση πάνω στο ρήγμα	0.6 μ



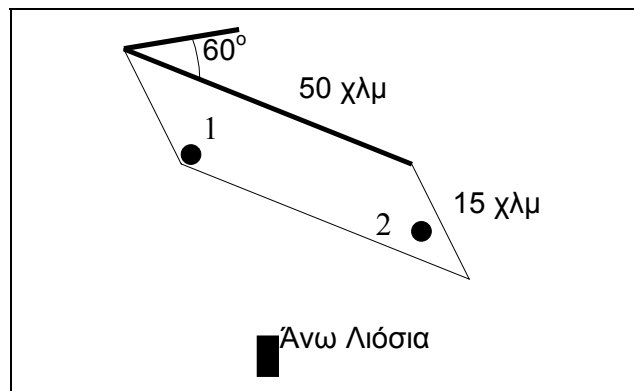
Σχήμα Β.4 Χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα ανατολικού Κορινθιακού - Μονόδρομη διάρρηξη προς δυσμάς



Σχήμα Β.5 Φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του ρήγμα ανατολικού Κορινθιακού - Μονόδρομη διάρρηξη προς δυσμάς

### Γ) Ρήγμα Αταλάντης

Στο σχήμα Γ.1 φαίνεται η αναπαράσταση του ρήγματος του της Αταλάντης μήκους 50 χιλιομέτρων, πλάτους 15 χιλιομέτρων και κλίσης 60 μοιρών, αντιπροσωπευτικό για ένα σεισμό μεγέθους ροπής  $M_w=7.2$ . Εξετάζονται δύο σενάρια διάρρηξης. Στο πρώτο η διάρρηξη ξεκινά από το ΝΑ άκρο του ρήγματος (σημείο 2) και διαδίδεται προς το ΒΔ. Στο δεύτερο, η διάρρηξη ξεκινά από το ΒΔ άκρο (σημείο 1) και διαδίδεται προς το ΝΑ.



Σχήμα Γ.1 Αναπαράσταση του ρήγματος της Αταλάντης

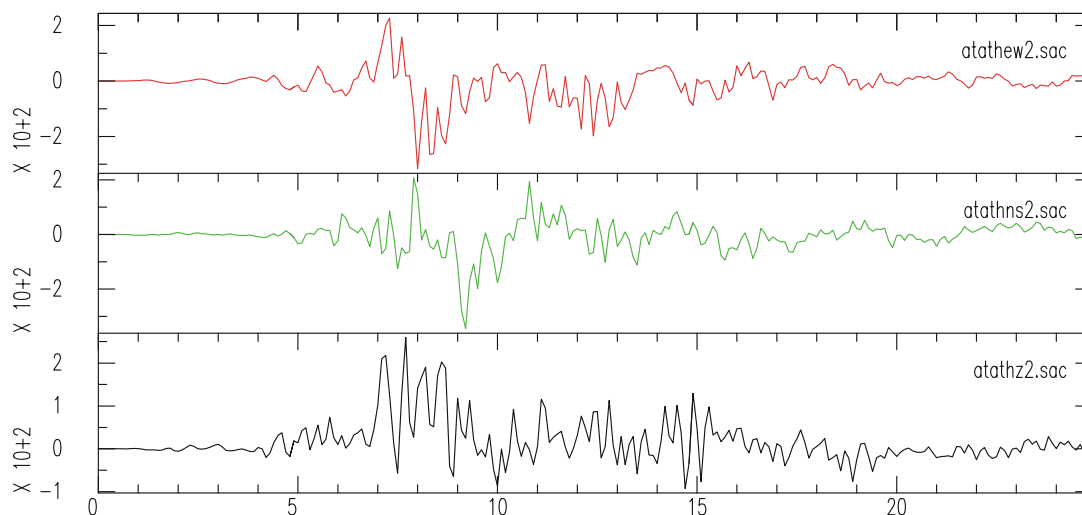
#### Σενάριο Ι - Μονόδρομη διάρρηξη με κατεύθυνση ΝΑ-ΒΔ

Στον πίνακα Γ1 φαίνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση, ενώ στο σχήμα Γ.2 φαίνονται οι χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου. Στο σχήμα Γ.3 φαίνονται τα φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών.

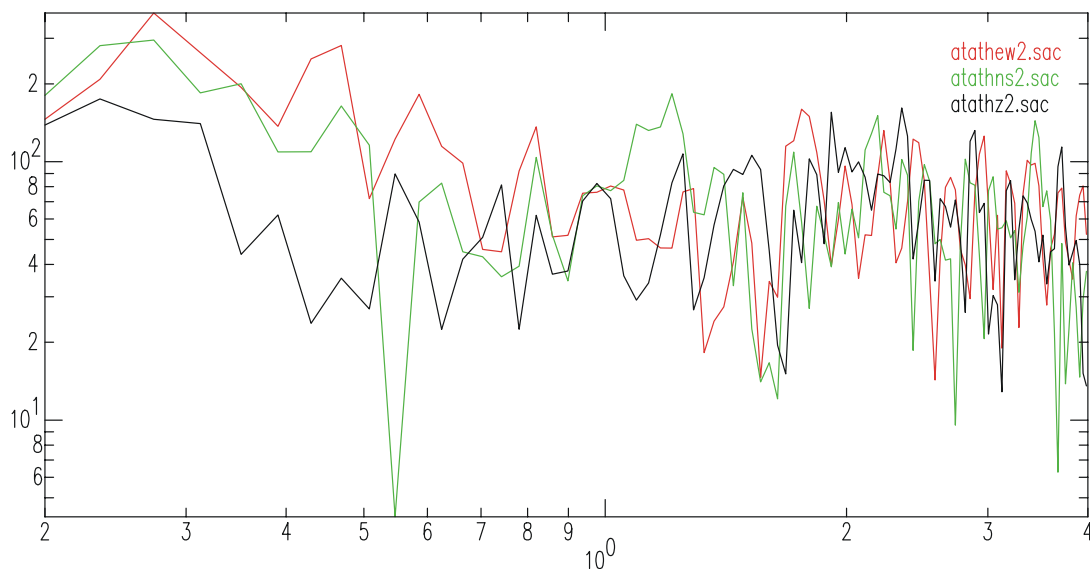
ΠΙΝΑΚΑΣ Γ1	
Μήκος ρήγματος	50 χλμ
Πλάτος ρήγματος	15 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	310°



Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-90°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	60°
Βάθος του άνω ίχνους ρήγματος	0 μ
Χρόνος ανόδου της συνάρτησης πηγής	1 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Μετάθεση πάνω στο ρήγμα	1.0 μ



Σχήμα Γ.2 Χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Αταλάντης - Μονόδρομη διάρρηξη με κατεύθυνση NA-BΔ

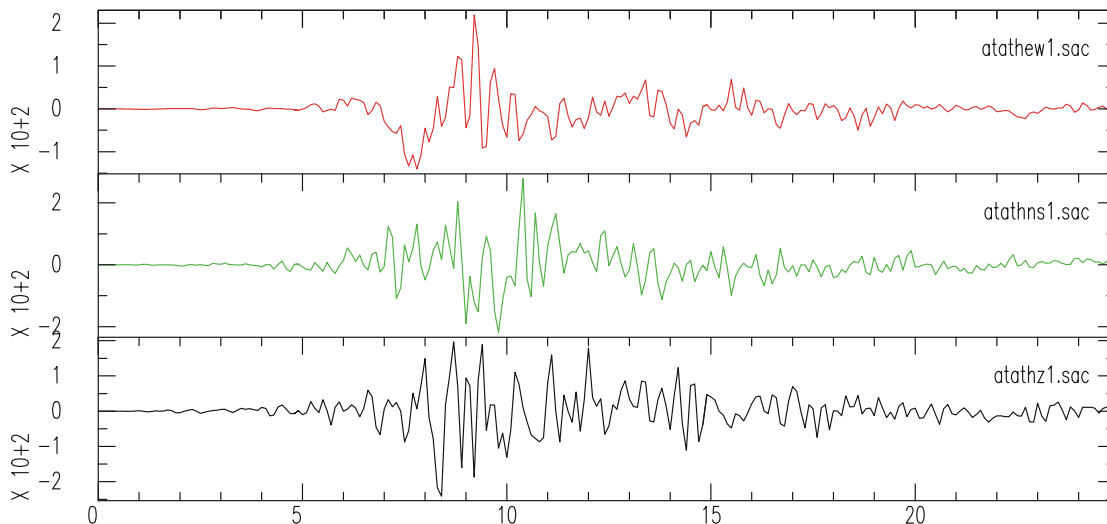


Σχήμα Γ.3 Φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Αταλάντης - Μονόδρομη διάρρηξη με κατεύθυνση NA-BΔ

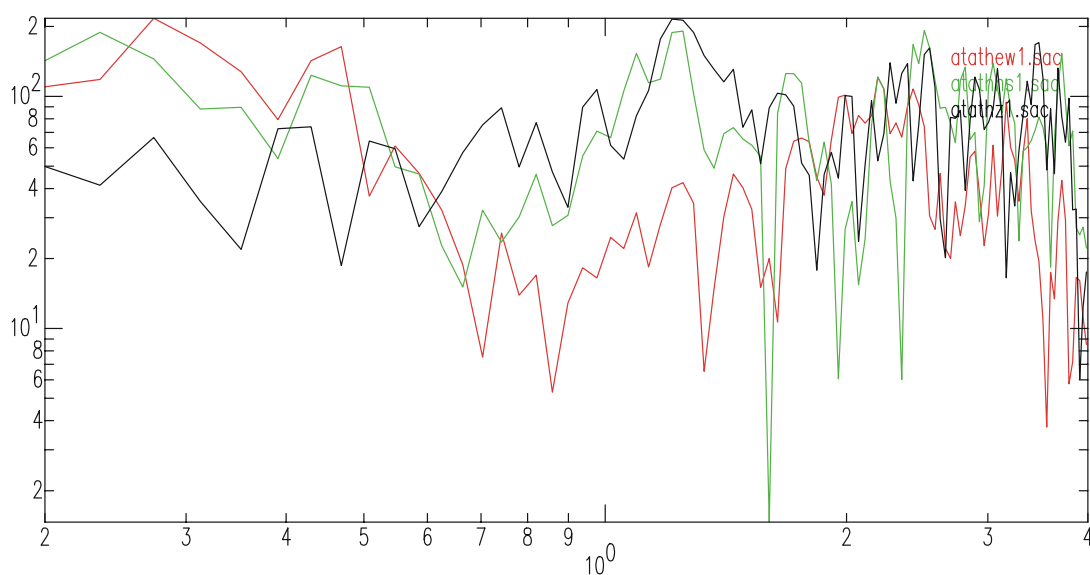
**Σενάριο II - Μονόδρομη διάρρηξη με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ**

Στον πίνακα Γ2 φαίνονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση. Οι παράμετροι είναι οι ίδιοι με αυτές του πρώτου σεναρίου (Πίνακας Γ1), επειδή το μόνο που αλλάζει είναι η κατευθυντικότητα της διάρρηξης. Στο σχήμα Γ.4 φαίνονται οι χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου. Στο σχήμα Γ.5 φαίνονται τα φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών.

ΠΙΝΑΚΑΣ Γ2	
Μήκος ρήγματος	50 χλμ
Πλάτος ρήγματος	15 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	310°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-90°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	60°
Βάθος ταου άνω ίχνους ρήγματος	0 μ
Χρόνος ανόδου της συνάρτησης πηγής	1 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Μετάθεση πάνω στο ρήγμα	1.0 μ



Σχήμα Γ.4 Χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου *ρήγμα Αταλάντης - Μονόδρομη διάρρηξη με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ*



Σχήμα Γ.5 Φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση των Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Αταλάντης - Μονόδρομη διάρρηξη με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ

## Βιβλιογραφία

- Bouchon, M., 1981. A simple method to calculate Green's functions for an elastic layered media, Bull. Seism. Soc. Am., 71, 959-971.
- Gariel J.-C., 1988. Simulation numerique des mouvements forts en champ proche. PhD.
- Kennett, B.L.N. & N. J. Kerry, 1979. Seismic waves in a stratified half-space. Geophys. J. Roy. Ast. Soc., 57, 557-583.