

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

ΗΜΙ-ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΙΣΧΥΡΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Εισαγωγή

Ένα σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη της ισχυρής σεισμικής κίνησης σε κάποια συγκεκριμένη θέση, είναι οι ημι-εμπειρικές σεισμικές προσομοιώσεις. Κατά την ημι-εμπειρική σεισμική προσομοίωση, με κατάλληλη παραμετροποίηση, λαμβάνονται υπόψη όλοι οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την τελική εδαφική κίνηση σε κάποια θέση:

- α) οι ιδιότητες της σεισμικής εστίας (μέγεθος σεισμού, μηχανισμός γένεσης, ροπή κλπ.)
- β) οι ιδιότητες του δρόμου διάδοσης των σεισμικών κυμάτων ανάμεσα στην εστία και στη θέση ενδιαφέροντος (μήκος δρόμου, στρωματογραφία, απόσβεση, σκέδαση κλπ.) και
- γ) οι ιδιότητες της τοπικής γεωλογίας γύρω από τη θέση ενδιαφέροντος (είδος πετρωμάτων ή προσχώσεων, πυκνότητα κλπ.).
- δ) ο τρόπος διάρρηξης (μονόδρομη ή αμφίδρομη)
- ε) η σχετική θέση του τόπου παρατήρησης με το επίπεδο του ρήγματος (κατευθυντικότητα).

Ημι-εμπειρικές μέθοδοι – Η μέθοδος των εμπειρικών συναρτήσεων Green

Οι μέθοδοι αυτές έχουν προταθεί και εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια και στηρίζονται στην εξής βασική ιδέα: Αντί να υπολογίζεται στη θέση παρατήρησης η θεωρητική απόκριση παλμού (θεωρητική συνάρτηση Green) κάποιας συνάρτησης πηγής, όπως γίνεται στις θεωρητικές μεθόδους, χρησιμοποιείται αναγραφή ενός μικρού σεισμού που προέρχεται από το ρήγμα που μελετάμε και έχει καταγραφεί στη θέση που μας ενδιαφέρει. Η αναγραφή ενός μικρού σεισμού εξαρτάται περισσότερο από τα χαρακτηριστικά της διαδρομής και ιδιομορφίες της τοπικής γεωλογίας παρά από το μηχανισμό γένεσης. Έτσι, χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά της διαδρομής και της θέσης καταγραφής που εμπεριέχει η κυματομορφή του μικρού σεισμού, σε συνδυασμό με την αναπαράσταση της διάρρηξης (αριθμού υπορηγμάτων, κατανομή της ολίσθησης στο ρήγμα κλπ), παράγονται τα ζητούμενα συνθετικά σειсмоγράμματα. Ονομάζονται ημι-εμπειρικές μέθοδοι γιατί κατά την προσομοίωση χρησιμοποιείται συνδυασμός πραγματικών καταγραφών μικρών σεισμών καθώς και παραμέτρων που στηρίζονται σε θεωρητικές προσεγγίσεις.

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιείται η πιο χαρακτηριστική ημι-εμπειρική μέθοδος, η λεγόμενη μέθοδος των εμπειρικών συναρτήσεων Green που προτάθηκε από τον K. Irikura (1986). Για την προσομοίωση στην ημι-εμπειρική αυτή μέθοδο, το ρήγμα χωρίζεται σε υπορήγματα και το συνθετικό είναι αποτέλεσμα μιας υπέρθεσης της αναγραφής του μικρού σεισμού, τόσες φορές, όσο είναι ο λόγος των σεισμικών ροπών τους, κατάλληλα διορθωμένων ως προς το χρόνο, κάθε φορά ανάλογα με την σχετική απόσταση του κάθε υπορήγματος και της διαδρομής. Για να ισχύει ο νόμος ομοιότητας θα πρέπει:

$$\frac{M_o}{m_o} = N_W \cdot N_L \cdot N_T \quad (1)$$

όπου :

M_o/m_o είναι ο λόγος των ροπών τους

N_W ο αριθμός των υπορηγμάτων κατά μήκος του ρήγματος

N_L ο αριθμός των υπορηγμάτων κατά πλάτος του ρήγματος και

N_T ο αριθμός των περιπτώσεων που αθροίζεται οι μικρός σεισμός σε κάθε υπορήγμα για να αναπαρασταθεί ο χρόνος ανόδου του μεγάλου σεισμού

Η μέθοδος αυτή έχει ελεγχθεί και στην Ελλάδα (Diagourtas et al. 1993, 1994, 1997, 2002 και Makropoulos et al. 1995) με την προσομοίωση αρκετών ισχυρών σεισμών και σύγκριση των παραγόμενων συνθετικών με παρατηρηθείσες αναγραφές. Τα αποτελέσματα είναι πολύ θετικά, τόσο σε ότι αφορά την αναπαράσταση των μεγίστων πλατών της κίνησης, όσο και το συχνοτικό περιεχόμενο ακόμα και των υψηλότερων συχνοτήτων.

Η μόνη παράμετρος που είναι τελείως απρόβλεπτη πριν την εκδήλωση του σεισμού, είναι η κατευθυντικότητα και ο τρόπος διάρρηξης. Για αυτό το λόγο σε μία ολοκληρωμένη μελέτη προσομοίωσης συγκεκριμένου σεισμού, είναι απαραίτητο να τεκμηριώνεται το πιθανότερο σενάριο διάρρηξης, προσομοιώνοντας όλα τα θεωρητικώς πιθανά σενάρια και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με πραγματικές αναγραφές σε συγκεκριμένες θέσεις έχοντας ως συγκριτικά κριτήρια τις τιμές μέγιστης επιτάχυνσης, ταχύτητας, μετατόπισης, διάρκειας ισχυρής κίνησης και φασματικών τιμών. Όταν δε χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη μέθοδος για την εκτίμηση ισχυρής κίνησης μελλοντικού σεισμού, πρέπει να προσομοιώνονται όλα τα πιθανά σενάρια διάρρηξης και να λαμβάνεται ως σεισμός σχεδιασμού το δυσμενέστερο ως προς τις παραπάνω τιμές σενάριο.

Στη συγκεκριμένη μελέτη θα χρησιμοποιήσουμε το γεγονός της ύπαρξης καταγραφών μετασεισμών στις ίδιες ακριβώς θέσεις που καταγράφηκε ο κύριος σεισμός (Χαλάνδρι, Σεπόλια, ΚΕΔΕ και Μοναστηράκι), ούτως ώστε να τεκμηριώσουμε τις παραμέτρους προσομοίωσης και ιδιαίτερα τον τρόπο διάρρηξης. Στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε το τεκμηριωμένο σενάριο

διάρρηξης, για να προσομοιώσουμε τη σεισμική κίνηση του σεισμού της 7^{ης} Σεπτεμβρίου 1999 στις υπόλοιπες θέσεις καταγραφής της μετασεισμικής ακολουθίας (Αδάμες, Φυλή, Θριάσιο, Μενίδι, Άνω Λιόσια, Μεταμόρφωση, Καματερό και Θρακομακεδόνες).

Τεκμηρίωση μοντέλου

Οι παράμετροι του πίνακα 8.1 χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση της κίνησης του κύριου σεισμού στις θέσεις Χαλάνδρι, Σεπόλια, ΚΕΔΕ και Μοναστηράκι. Σε όλες τις προσομοιώσεις οι συγκεκριμένοι παράμετροι παρέμειναν σταθεροί. Ο μεγάλος αριθμός καταγραφών του μετασεισμικού δικτύου σε συνάρτηση με τις υπολογισθείσες εστιακές παραμέτρους μεγάλης ακριβείας, μας δίνουν πολλαπλές επιλογές εμπειρικών συναρτήσεων Green.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1	
Μήκος ρήγματος	12 χλμ
Πλάτος ρήγματος	8 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	105°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-80°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	55°
Βάθος του άνω ίχνους ρήγματος	4000 μ
Χρόνος ανόδου συνάρτησης Green	0.03 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.

Στην πράξη, κατά τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν αρκετοί μετασεισμοί που είχαν επίκεντρο κοντά στο επίκεντρο του κυρίου σεισμού, παρόμοι μηχανισμό γένεσης και είχαν καταγραφεί και στους τέσσερεις σταθμούς. Επιβεβαιώθηκαν γι'ακόμα μία φορά τα εξής:

- Μετασεισμοί που καταγράφονται στον ίδιο σταθμό που προέρχονται από γειτονικούς υποκεντρικούς χώρους (τα υπόκεντρά τους δεν διαφέρουν πάνω από 2χλμ) εμφανίζουν κοινά χαρακτηριστικά τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και στο συχνοτικό, ακόμη κι αν έχουν διαφορετικό μηχανισμό γένεσης.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ των επικέντρων τους τόσο η ομοιότητα αυτή καταστρέφεται.
- Εάν κατά την προσομοίωση χρησιμοποιήσουμε μετασεισμούς που η απόσταση των υποκέντρων τους είναι μεγαλύτερη των 3-4χλμ και κατά συνέπεια οι κυματομορφές τους διαφέρουν αρκετά, τα συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα του ισχυρού σεισμού που προσομοιώνεται διαφέρουν λιγότερο. Με άλλα λόγια ο τρόπος διάρρηξης παίζει

καθοριστικότερο ρόλο στην διαμόρφωση της τελικής κίνησης απ'ότι η επιλογή της εμπειρικής συνάρτησης Green.

Για το λόγο αυτό, κατά τις προσομοιώσεις, ως μόνη ελεύθερη παράμετρος ήταν το σημείο έναρξης της διάρρηξης που κατά συνέπεια καθορίζει και τον τρόπο διάρρηξης αφού θεωρούμε ότι η διάρρηξη έχει σταθερή ταχύτητα και κυκλικό μέτωπο.

Ο στόχος λοιπόν ήταν να εντοπίσουμε το σενάριο εκείνο της διάρρηξης το οποίο όταν το χρησιμοποιήσουμε προσομοιώνουμε καλύτερα τις καταγραφές του κυρίου σεισμού και στις τέσσερις θέσεις.

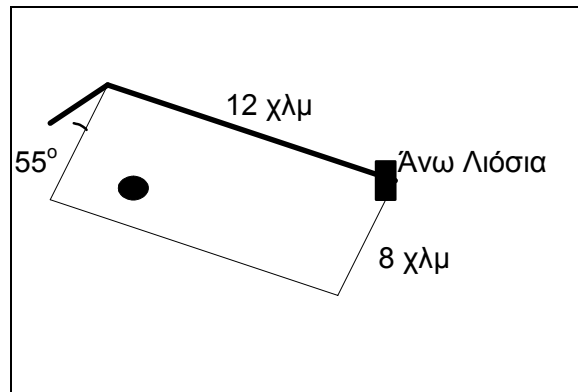
Ανάλογα με το μέγεθος και κατ' επέκταση τη σεισμική ροπή του κάθε μετασεισμού, η επιφάνεια του ρήγματος διακριτοποιείται αναλόγως ώστε πάντα να ισχύει ο νόμος ομοιότητας. Σε όλες τις προσπάθειες προσομοίωσης, τα καλύτερα αποτελέσματα τα είχαμε για διάρρηξη που ξεκινά κοντά στο δυτικό άκρο του ρήγματος (σε απόσταση ίση περίπου με το $\frac{1}{4}$ του μήκους του ρήγματος) και σε βάθος ίσο περίπου με τα $\frac{3}{4}$ του πλάτους του ρήγματος. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα βρίσκονται σε συμφωνία με το υπολογισθέν σεισμικό υπόκεντρο του κυρίου σεισμού και τις εκτιμώμενες διαστάσεις του ρήγματος αν λάβουμε υπόψη μόνο τη διασπορά των μετασεισμών.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε παραδείγματα σεισμικών προσομοιώσεων στις τέσσερις θέσεις που διαθέτουμε και καταγραφή του κυρίου σεισμού, χρησιμοποιώντας ως εμπειρικές συναρτήσεις Green τις καταγραφές του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου 1999 (05:59).

Για τις συγκεκριμένες προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν οι παράμετροι του πίνακα 8.2.

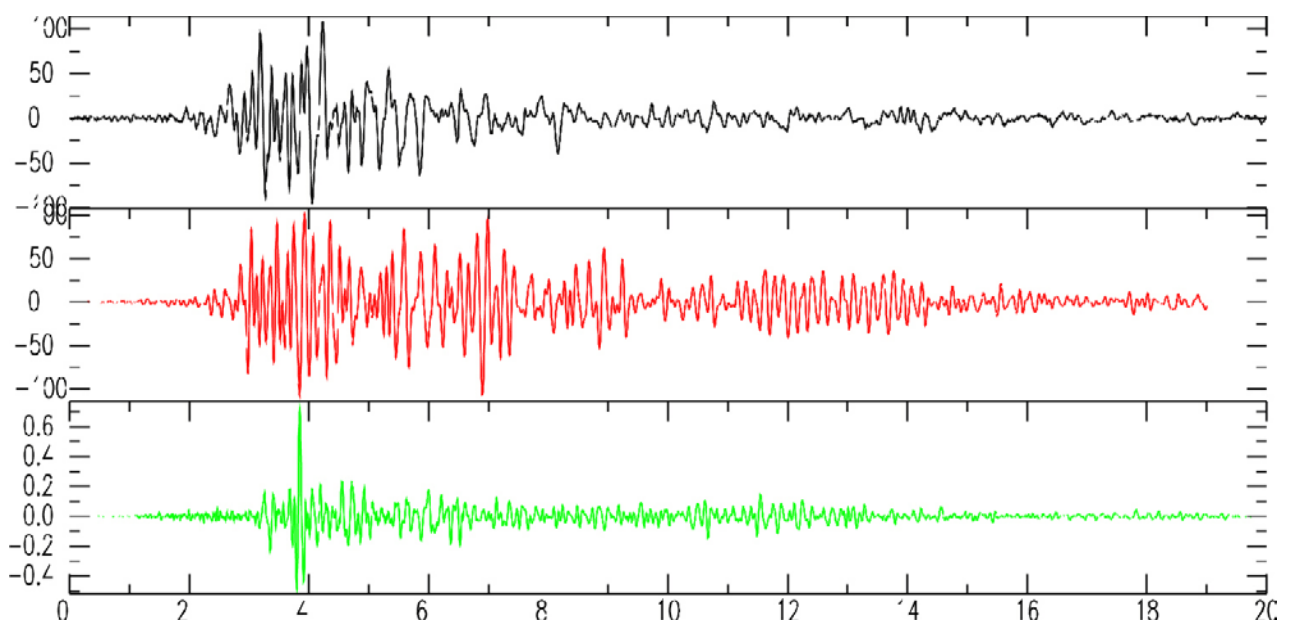
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2	
Μήκος ρήγματος	12 χλμ
Πλάτος ρήγματος	8 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	105°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-80°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	55°
Βάθος του άνω ίχνους ρήγματος	4000 μ
Χρόνος ανόδου συνάρτησης Green	0.03 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Διαστάσεις στοιχειώδους υπορήγματος	1000X1000 μ
Αριθμός υπορηγμάτων	12 μήκοςX 8 πλάτος

και παρουσιάζουμε τις συγκρίσεις των συνθετικών επιταχυνσιογραφημάτων με τις πραγματικές καταγραφές για έναρξη της διάρρηξης στο υπορήγμα 3x6 (σχ. 8.1) έχοντας την αρχή των αξόνων στο δυτικό άκρο του ρήγματος.

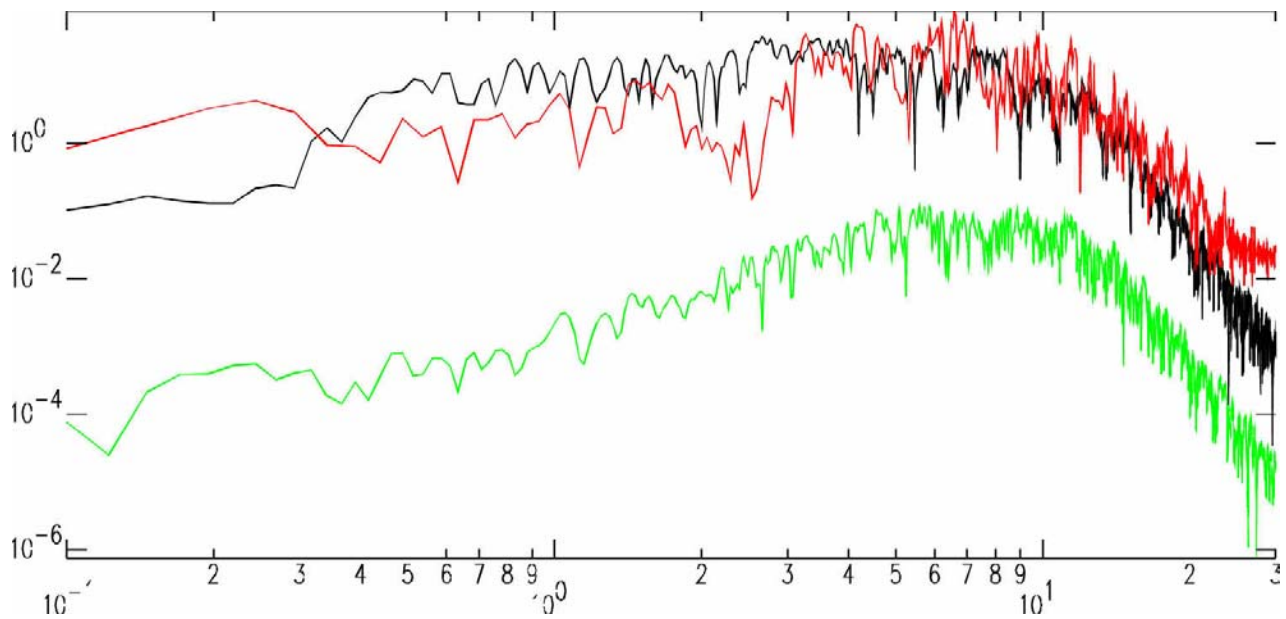


Σχήμα 8.1 Αναπαράσταση του ρήγματος της Πάρνηθας. Η μαύρη κουκίδα υποδεικνύει το σημείο έναρξης της διάρρηξης

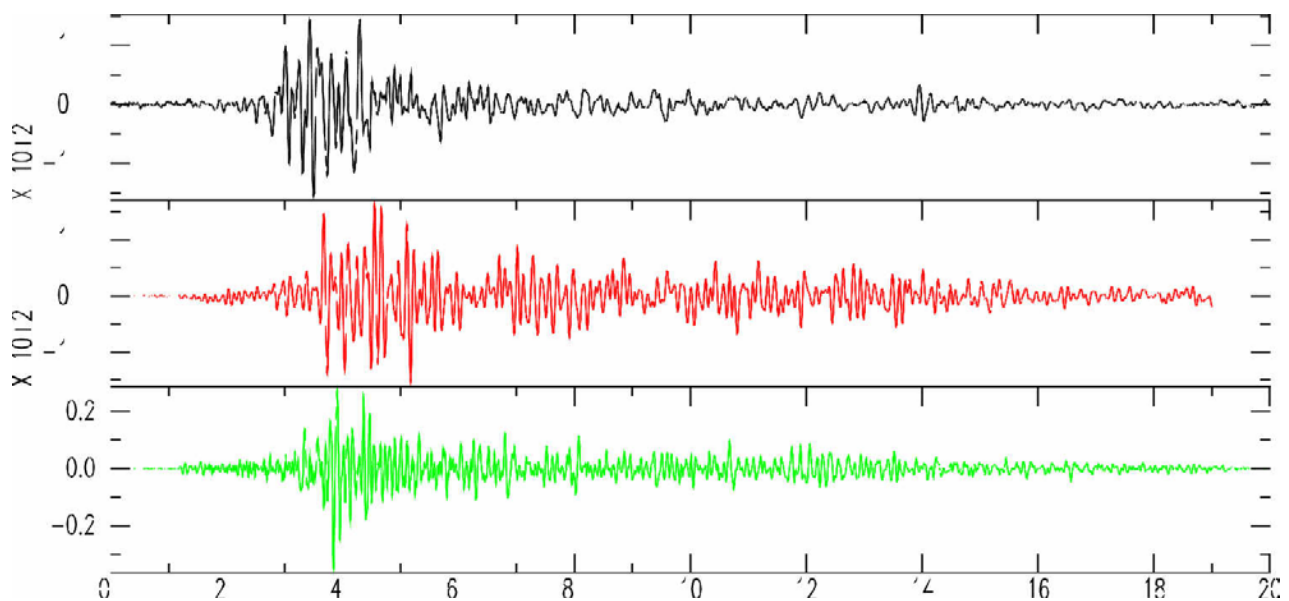
Προσομοίωση της ισχυρής κίνησης στη θέση Χαλάνδρι



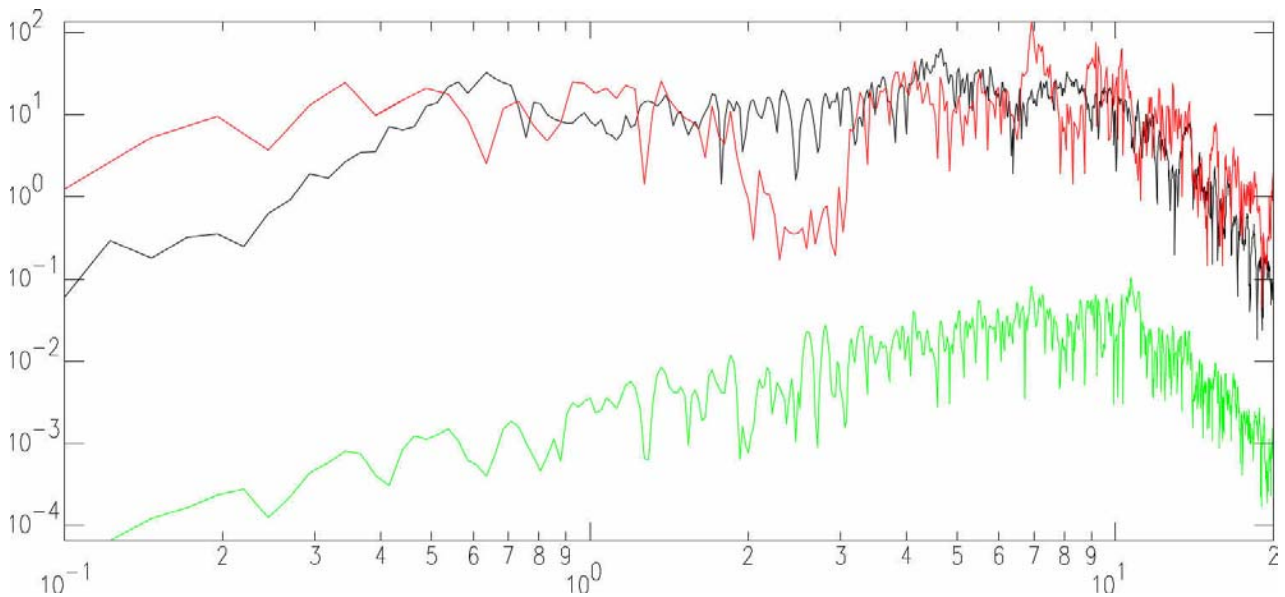
Σχήμα 8.2. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται η πραγματική καταγραφή, με κόκκινο το συνθετικό και με πράσινο ο μετασεισμός της 28 Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 8.3. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται το φάσμα της πραγματική καταγραφή, με κόκκινο του συνθετικού και με πράσινο του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου.

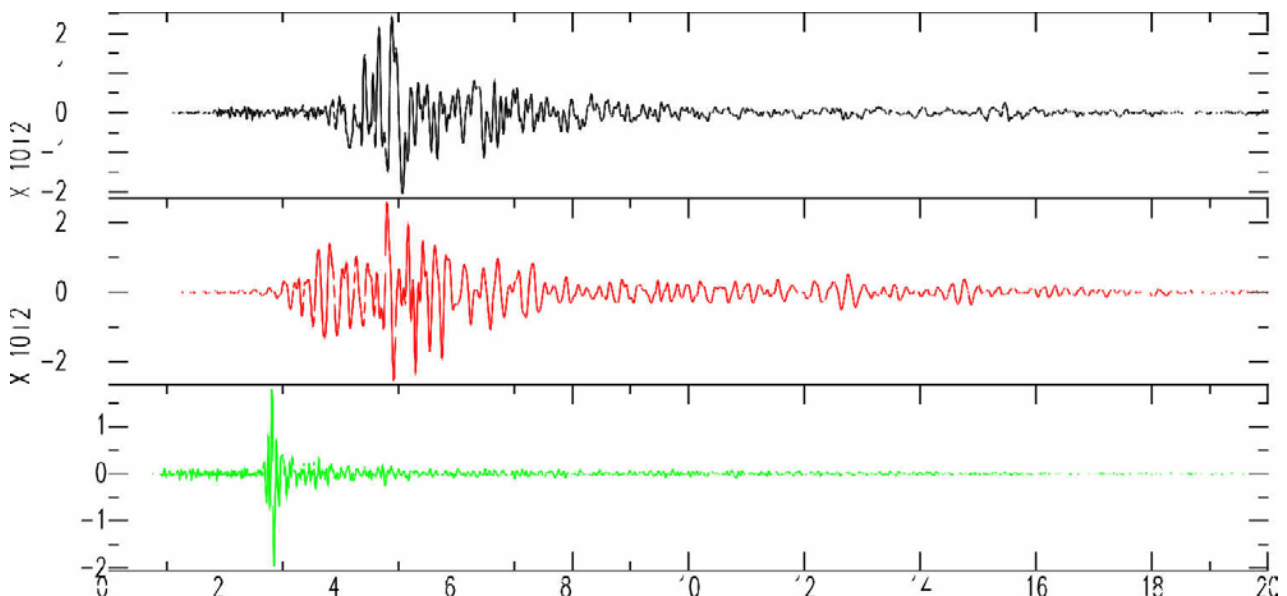


Σχήμα 8.4. Αποτελέσματα προσομοίωσης της transversal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται η πραγματική καταγραφή, με κόκκινο το συνθετικό και με πράσινο ο μετασεισμός της 28 Σεπτεμβρίου.

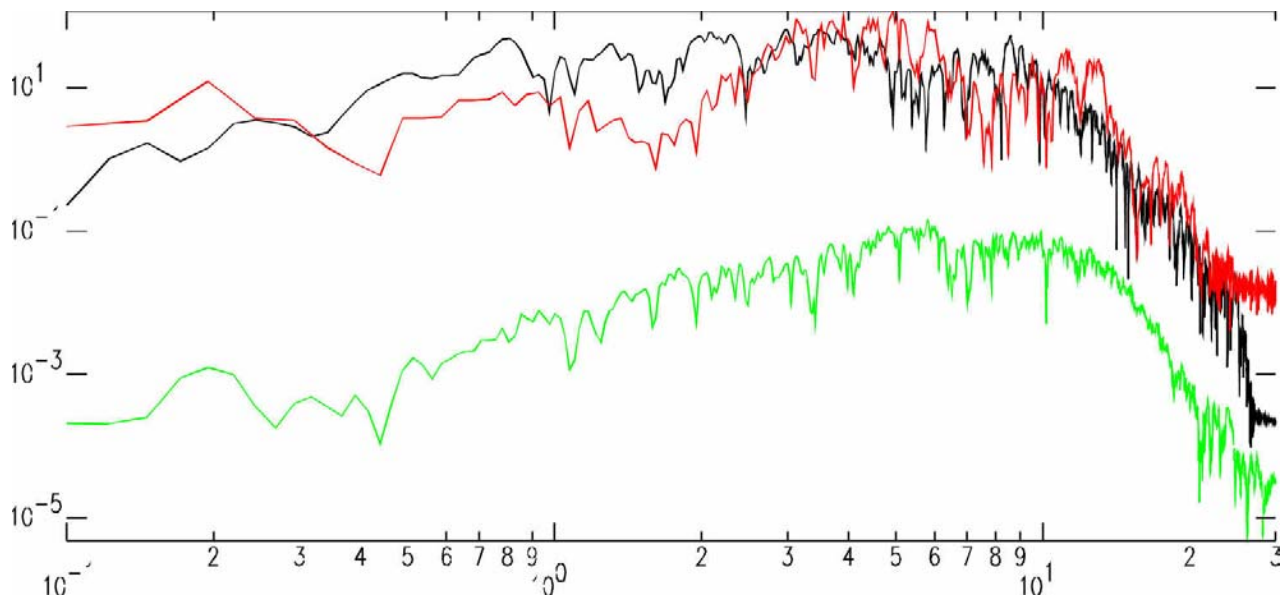


Σχήμα 8.5. Αποτελέσματα προσομοίωσης της transversal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται το φάσμα της πραγματική καταγραφή, με κόκκινο του συνθετικού και με πράσινο του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου

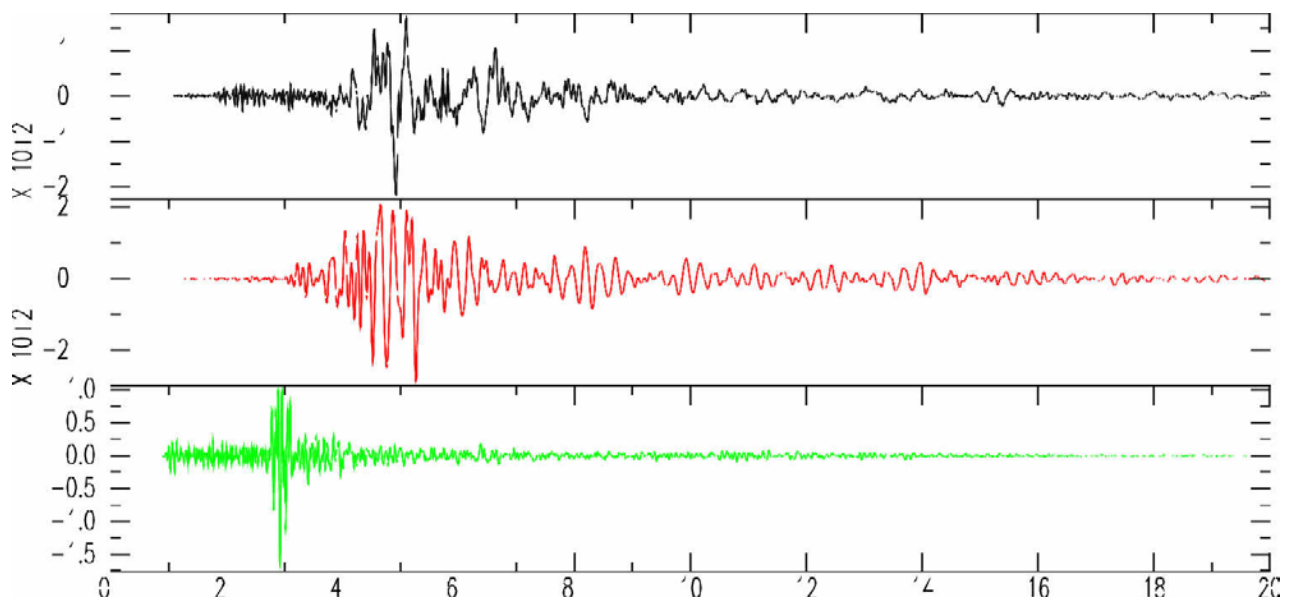
Προσομοίωση της ισχυρής κίνησης στη θέση Σεπόλια



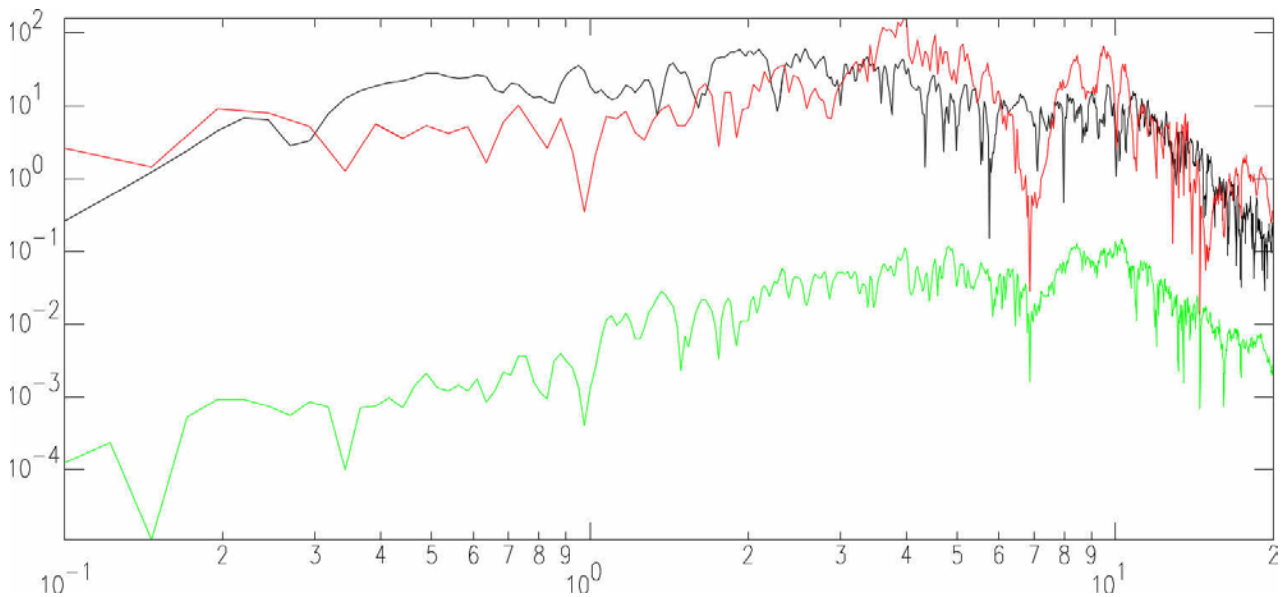
Σχήμα 8.6. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται η πραγματική καταγραφή, με κόκκινο το συνθετικό και με πράσινο ο μετασεισμός της 28 Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 8.7. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται το φάσμα της πραγματική καταγραφή, με κόκκινο του συνθετικού και με πράσινο του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου.

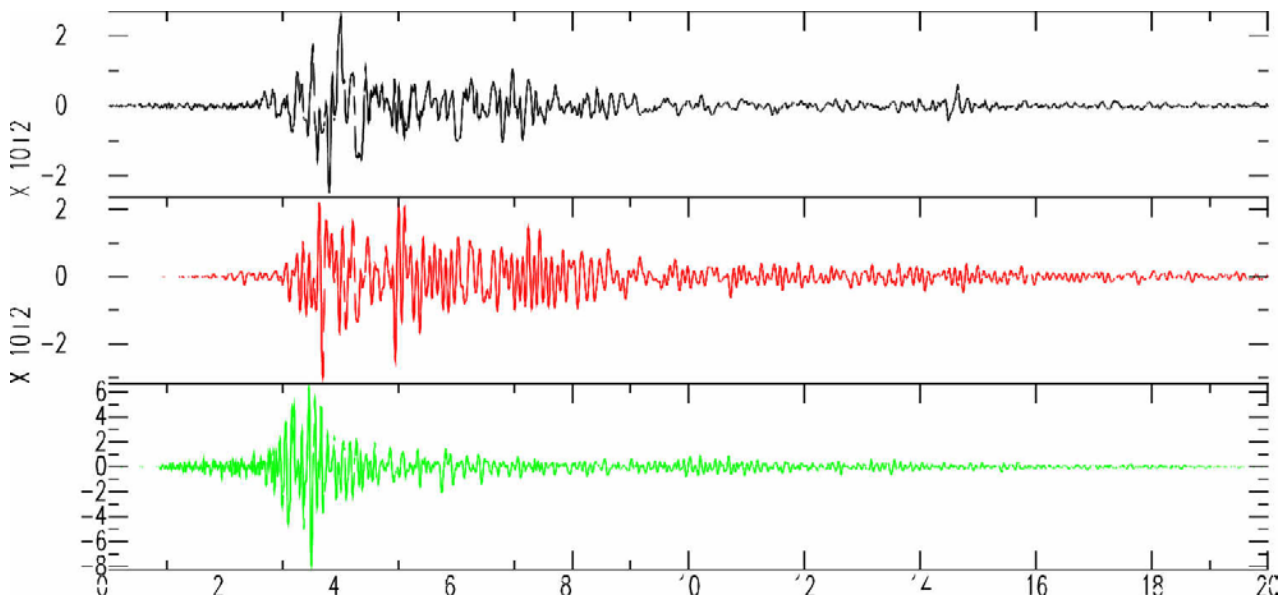


Σχήμα 8.8. Αποτελέσματα προσομοίωσης της transversal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται η πραγματική καταγραφή, με κόκκινο το συνθετικό και με πράσινο ο μετασεισμός της 28 Σεπτεμβρίου.

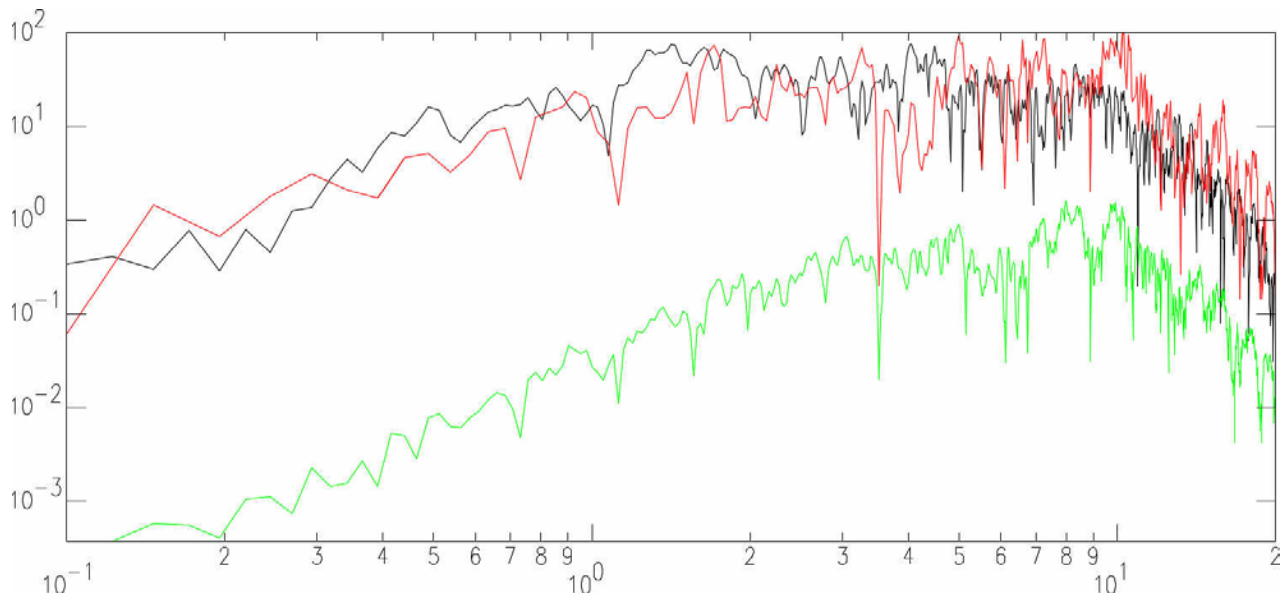


Σχήμα 8.9. Αποτελέσματα προσομοίωσης της transversal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται το φάσμα της πραγματική καταγραφή, με κόκκινο του συνθετικού και με πράσινο του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου

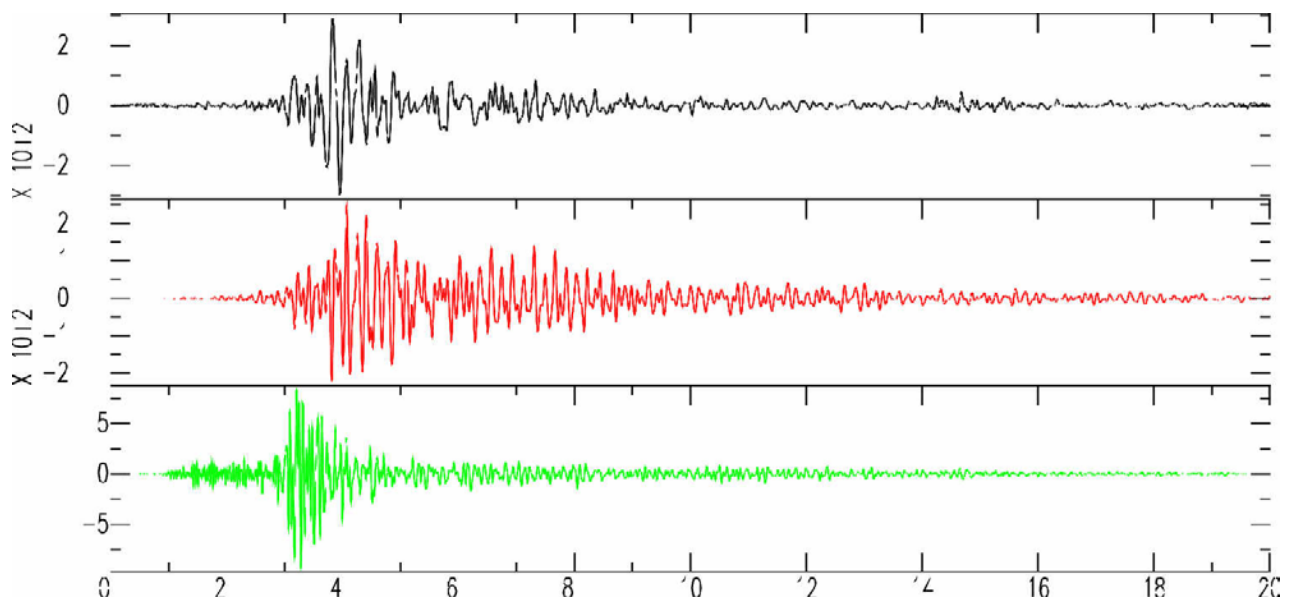
Προσομοίωση στη θέση ΚΕΔΕ



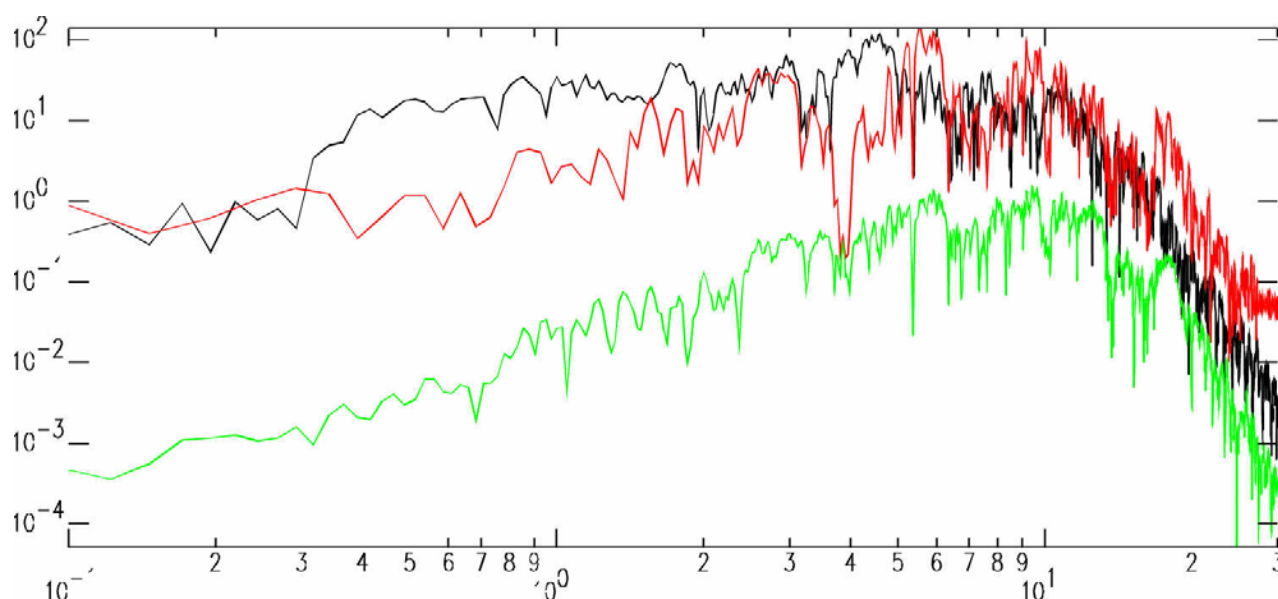
Σχήμα 8.10. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται η πραγματική καταγραφή, με κόκκινο το συνθετικό και με πράσινο ο μετασεισμός της 28 Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 8.11. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται το φάσμα της πραγματική καταγραφή, με κόκκινο του συνθετικού και με πράσινο του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου.



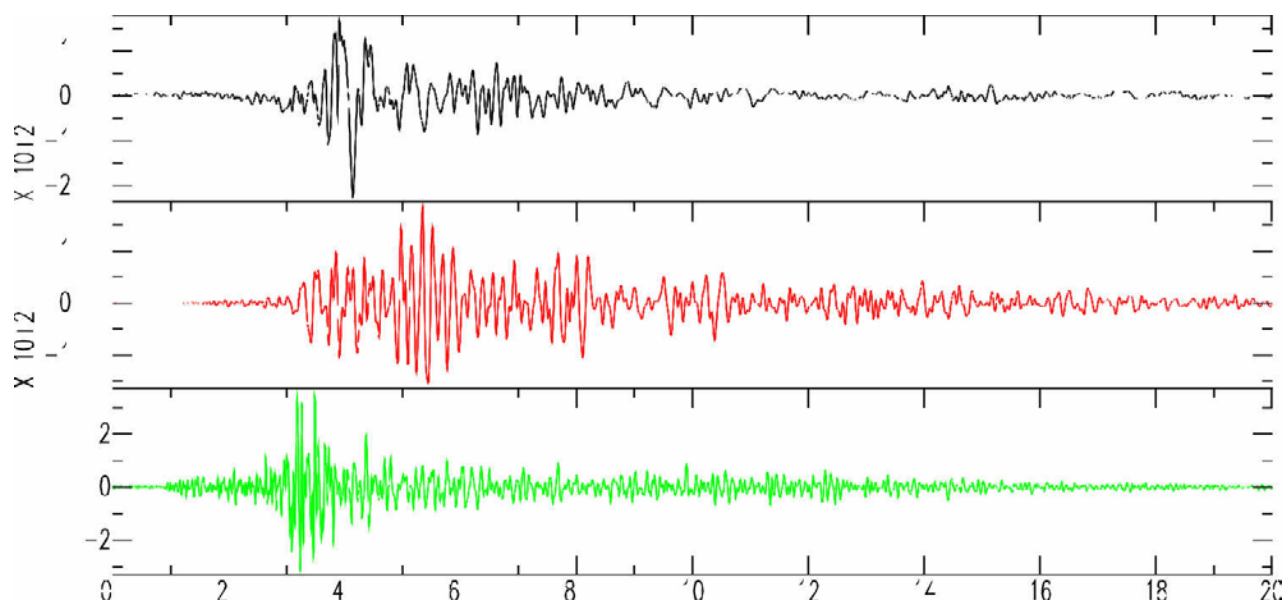
Σχήμα 8.12. Αποτελέσματα προσομοίωσης της transversal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται η πραγματική καταγραφή, με κόκκινο το συνθετικό και με πράσινο ο μετασεισμός της 28 Σεπτεμβρίου.



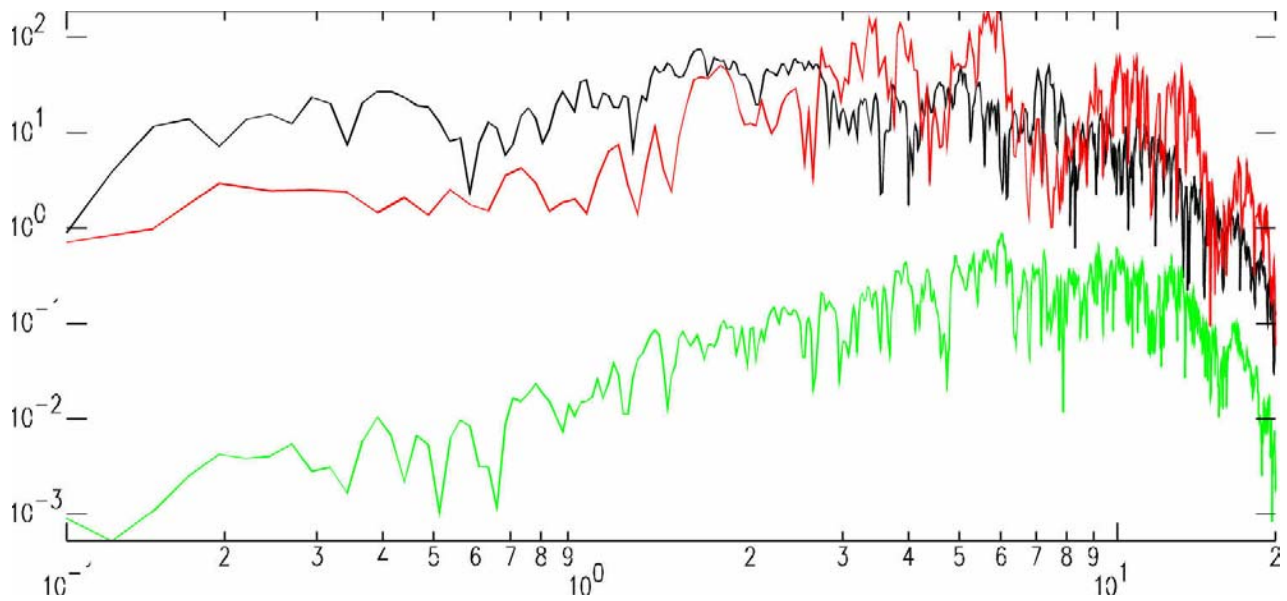
Σχήμα 8.13. Αποτελέσματα προσομοίωσης της transversal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται το φάσμα της πραγματική καταγραφή, με κόκκινο του συνθετικού και με πράσινο του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου.

Προσομοίωση στη θέση Μοναστηράκι

Λόγω του γνωστού προβλήματος της transversal συνειστώσας στο Μοναστηράκι, προσομοιώθηκε και συγκρίθηκε μόνο η longitudinal.



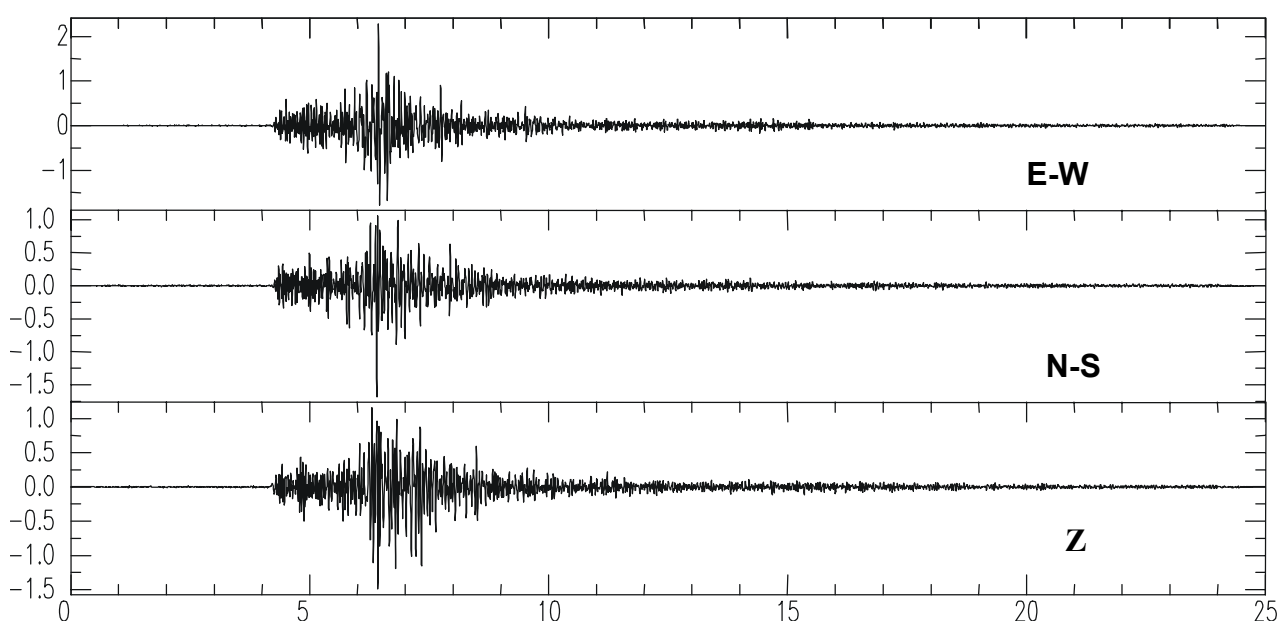
Σχήμα 8.14. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται η πραγματική καταγραφή, με κόκκινο το συνθετικό και με πράσινο ο μετασεισμός της 28 Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 8.15. Αποτελέσματα προσομοίωσης της longitudinal συνειστώσας. Με μαύρο παρουσιάζεται το φάσμα της πραγματική καταγραφή, με κόκκινο του συνθετικού και με πράσινο του μετασεισμού της 28 Σεπτεμβρίου.

Προσομοίωση τεκμηριωμένου μοντέλου διάρρηξης

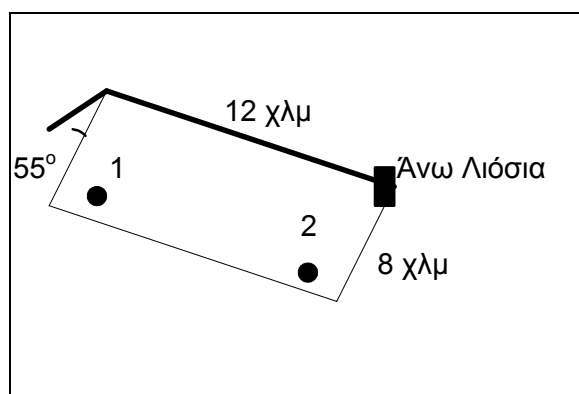
Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το τεκμηριωμένο μοντέλο / σενάριο διάρρηξης καθώς και τις καταγραφές συγκεκριμένου μετασεισμού, γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης της καταγραφής του κύριου σεισμού στις θέσεις αυτές. Προς τούτο, υπολογίστηκε η μέση σεισμική ροπή μετρώντας το επίπεδο Ω_0 του φάσματος μετατόπισης. Υπολογίστηκε ο λόγος της σεισμικής ροπής του κύριου σεισμού (όπως υπολογίστηκε από το Εργαστήριο Σεισμολογίας, 1.0×10^{25} dyne cm), ως προς τη μέση σεισμική ροπή της εμπειρικής συνάρτησης Green, για να εκτιμηθεί ο συνολικός αριθμός υπερθέσεων που πρέπει να γίνουν για να ισχύει ο νόμος ομοιότητας (βλ. Σχέση 3). Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι επειδή στον υπολογισμό των χρονικών διαφορών της κάθε υπέρθεσης, χρησιμοποιείται η ταχύτητα των κυμάτων S, η μέθοδος δίνει ρεαλιστικότερα αποτελέσματα για τα κύματα S, τα οποία δίνουν και τα μεγαλύτερα πλάτη κίνησης.



Σχήμα 8.16 Τρεις συνιστώσες της αναγραφής του μετασεισμού της 10/9 που χρησιμοποιήθηκε ως εμπειρική συνάρτηση Green.

Προσομοίωση της ισχυρής κίνησης στη θέση Άνω Λιόσια

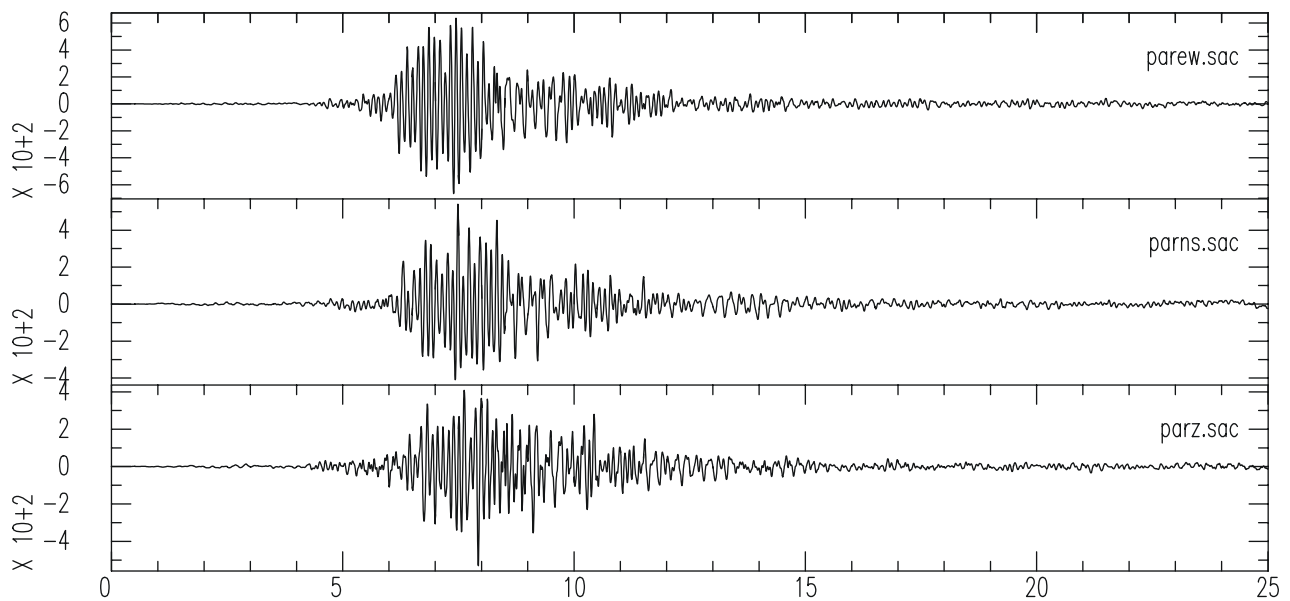
Στο σχήμα 8.17 φαίνεται η αναπαράσταση του ρήγματος της Παρνηθας μήκους 12 χιλιομέτρων, πλάτους 8 χιλιομέτρων και κλίσης 55 μοιρών, Οι διαστάσεις του ρήγματος αντιστοιχούν σε μέγιστο σεισμικό μέγεθος ροπής της τάξης του $M_w=6 R$.



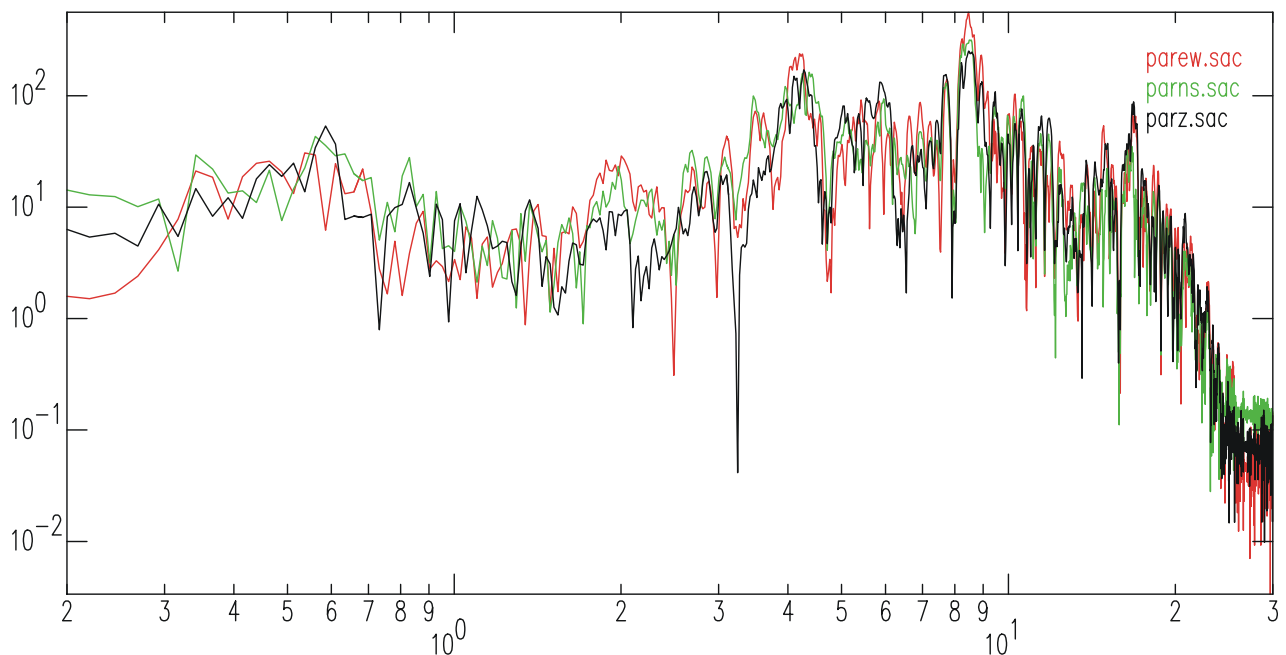
Σχήμα 8.17 Αναπαράσταση του ρήγματος της Πάρνηθας

Χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους του πίνακα 8.3, προσομοιώνουμε την πιθανή κίνηση στη θέση Άνω Λιόσια. Στο σχήμα 8.18 φαίνονται οι χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση του Δήμου Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του συγκεκριμένου σεναρίου, ενώ στο σχήμα 8.19 φαίνονται τα φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3	
Μήκος ρήγματος	12 χλμ
Πλάτος ρήγματος	8 χλμ
Αζιμούθιο ρήγματος	105°
Κατεύθυνση διανύσματος ολίσθησης	-80°
Κλίση του επιπέδου ρήγματος	55°
Βάθος του άνω ίχνους ρήγματος	4000 μ
Χρόνος ανόδου συνάρτησης Green	0.01 δευτ.
Ταχύτητα διάρρηξης	2.7 χλμ/δευτ.
Διαστάσεις στοιχειώδους υπορήγματος	500X500 μ
Αριθμός υπορηγμάτων	24 μήκοςX16 πλάτος
Υπορήγμα έναρξης διάρρηξης	4X12



Σχήμα 8.18 Χρονοσειρές των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση του Δήμου Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Πάρνηθας - Μονόδρομη διάρρηξη προς ανατολάς



Σχήμα 8.19 Φάσματα Fourier των παραπάνω χρονοσειρών των τριών συνιστωσών της επιτάχυνσης στη θέση του Δήμου Άνω Λιοσίων που προκύπτει από την εξομοίωση του σεναρίου ρήγμα Πάρνηθας

Στο Παράρτημα 6 παρουσιάζονται οι προσομοιώσεις του τεκμηριωμένου μοντέλου διάρρηξης για όλες τις υπόλοιπες θέσεις.

Συμπεράσματα

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της σεισμικής κίνησης στη θέση του Δήμου Άνω Λιοσίων, μπορούν να βγουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

☞ Η γεωμετρία, το αζιμούθιο του ρήγματος της Πάρνηθας και η θέση του Δήμου Άνω Λιοσίων, πιθανολογούν σημαντικά φαινόμενα κατευθυντικότητας σεισμικής διάρρηξης. Στο δυσμενέστερο σενάριο, η διάρρηξη ξεκινά από το δυτικό άκρο του ρήγματος σε βάθος γύρω στα 10 χλμ. και κατευθύνεται προς το ανατολικό άκρο και προς την επιφάνεια, ακριβώς δηλαδή προς τη θέση του Δήμου Άνω Λιοσίων. Οι μέχρι τώρα προσομοιώσεις μας και σε άλλες θέσεις της Αττικής, συγκλίνουν στην άποψη ότι το συγκεκριμένο δυσμενές σενάριο, είναι και το επικρατέστερο σενάριο του σεισμού της 7/9/1999. Αποτελέσματα αυτής της κατευθυντικότητας είναι οι υψηλές τιμές οριζόντιας επιτάχυνσης, ιδιαίτερα στη Α-Δ συνιστώσα, καθώς και σχετικά υψηλές τιμές κατακόρυφης επιτάχυνσης. Θετικό στοιχείο ήταν η σχετικά μικρή διάρκεια της ισχυρής εδαφικής κίνησης (γύρω στα 5 δευτερόλεπτα) και συνδέεται άμεσα με τις διαστάσεις του ρήγματος και την ταχύτητα διάρρηξης (12χλμ / 2.7χλμ/δευτ.~4.5 δευτ.) καθώς και το γεγονός ότι η διάρρηξη δεν έφτασε μέχρι την επιφάνεια (πιθανότερα σταμάτησε στα 4 χλμ βάθος, όπως προκύπτει από τη μελέτη της μετασεισμικής ακολουθίας).

☞ Η ημι-εμπειρική προσομοίωση για το ρήγμα της Πάρνηθας αποκαλύπτει δύο φασματικές κορυφές επιτάχυνσης, γύρω στα 4-5 και 8-9 Hz. και πλούσιο περιεχόμενο σε υψηλές συχνότητες (πάνω από 10Hz)

☞ Μερικές τιμές σε διάφορα σενάρια είναι υψηλότερες των αποτελεσμάτων της στοχαστικής προσέγγισης γιατί αντιπροσωπεύουν τα συγκεκριμένα πιο δυσμενή σενάρια και όχι στατιστικά μέγιστες τιμές.

Βιβλιογραφία

- Diagourtas, D., Makropoulos, K., Gariel, J-C., Wajeman, N., Hatzfeld, D. and Bard P-Y., 1993. Simulation of strong ground motion using empirical Green's function method. Preliminary results. 2nd Inter. Geophysical Congress, Florina, v1, 222-235.
- Diagourtas, D., Wajeman, C., Makropoulos, K.C., Hatzfeld, D., Bard P-Y., Gariel, J-C., 1994. Strong ground motion simulation of recent earthquakes in central Greece using empirical Green's function method. XIX EGS 1994 Gen. Assem. In Grenoble, Annales Geophysicae, Suppl. I, Vol 12, p.C 138.
- Diagourtas, D., Makropoulos, K.C., Wajeman, C., Hatzfeld, D., Bard P-Y., Gariel, J-C., 1994. Simulation of strong ground motion of the 14 July 1993 Patras earthquake and its contribution in the assessment of seismic hazard, Patras region, W. Greece. Proc. XXIV ESC Gen. Assem. Athens. VIII, 1446-1454.
- Diagourtas, D., Makropoulos, K.C. and Gariel, J-C., 1997. The rupture process of the $M_s=6.2$, 1995, June 15, Aigion earthquake. IASPEI 29th Gen. Assem.
- Irikura, K., 1986. Prediction of strong acceleration motions using empirical Green's function. Proc. Seventh Jap. Earth. Eng. Symp., 151-156.
- Makropoulos, K.C. & Diagourtas, D., 1995. The Corinthian Gulf (Greece) strong motion databank. European Seismic Design Practice, Elnashai (ed) Balkema.
- D. Diagourtas, N. Theodulis, K. Makropoulos, A. Kiratzi, Z. Roumelioti, N. Voulgaris, 2002. Strong ground motion simulation of the Sept. 7, 1999 Athens (Greece) Earthquake ($M 5.9$). Ανακοίνωση στο XXVIII ESC General Assembly, Genoa.