

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## 6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ και ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ : ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

### 6.1 Εμπειρικές “Σχέσεις Εξασθενήσεως”

Ανατρέχοντας στην πρόσφατα δημοσιευμένη βιβλιογραφία, επιλέξαμε 4 εμπειρικές εκφράσεις για την εκτίμηση τής κορυφαίας επιτάχυνσης και τών φασματικών τιμών. Οι σχέσεις αυτές έχουν προκύψει από στατιστική επεξεργασία πληθώρας καταγραφών, προερχομένων από παγκόσμια σεισμικά γεγονότα (συμπεριλαμβανομένων και αντιστοίχων τού ελληνικού χώρου). Λαμβάνεται υπόψιν : (α) το μέγεθος τού σεισμού, (β) η απόσταση από το ρήγμα (σε km), (γ) οι τοπικές εδαφικές συνθήκες, και (δ) το είδος τής σεισμικής διάρρηξης (δηλ. ο μηχανισμός γένεσης). Αναφέρεται ότι για τις αλγεβρικές εκφράσεις που χρησιμοποιούνται εδώ έχει χρησιμοποιηθεί ο γεωμετρικός μέσος όρος τών κορυφαίων τιμών τών δύο οριζοντίων συνιστωσών.

#### **(α) Σχέση Εξασθενήσεως κατά Ambraseys, Simpson & Bommer (1996)**

Έχει προκύψει από 422 καταγραφές, από 157 επιφανειακούς σεισμούς που συνέβησαν στον ευρωπαϊκό χώρο (συμπεριλαμβανομένης φυσικά τής Ελλάδας), στην Μέση Ανατολή, με μεγέθη  $M_S$  μεταξύ 4 και 8. Έχει την μορφή :

$$\log [A_H, \text{ or } SA(T)] = C_1(T) + C_2(T) M_S + C_4(T) \log r + C_A S_A + C_S S_S + \sigma P$$

όπου  $A_H$  είναι η τιμή τής κορυφαίας γεωμετρικώς-μέσης οριζόντιας επιτάχυνσης, και  $SA(T)$  η φασματική επιτάχυνση σε ιδιοπερίοδο  $T$  σε  $g$ ,

$M_S$  το επιφανειακό μέγεθος, και

$$r = \sqrt{R^2 + h_o^2}$$

Με  $R$  συμβολίζεται η απόσταση από την προβολή του ρήγματος στην επιφάνεια σε km, ενώ  $h_o$  είναι ένας συντελεστής. Η παράμετρος  $P$  παίρνει την τιμή 0 για να υπολογισθεί η μέση τιμή, και 1 για την μέση τιμή + μία τυπική απόκλιση (δηλαδή, τιμή με πιθανότητα υπερβάσεως 16%). Οι γεωτεχνικές συνθήκες λαμβάνονται υπόψη με τις παραμέτρους  $S_A$  και  $S_S$  ως εξής :

$S_A = 0$  και  $S_S = 1$  , για μαλακό έδαφος

$S_A = 1$  και  $S_S = 0$ , για σκληρό έδαφος

$S_A = 0$  και  $S_S = 0$ , για βράχο

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση του εδαφικού προφίλ (βράχος, σκληρό έδαφος, μαλακό έδαφος) γίνεται με βάση την ταχύτητα του διατμητικού κύματος  $V_s$  , ως εξής :

$V_s > 750$  m/s για βράχο

$V_s = 360 - 750$  m/s για σκληρό έδαφος (A), και

$V_s = 180 - 360$  m/s για μαλακό έδαφος (S).

Οι συντελεστές  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_4$ ,  $C_A$ ,  $C_S$ ,  $h_o$ ,  $\sigma$  δίνονται σε πίνακες, τόσο για την κορυφαία επιτάχυνση, όσο και για τις φασματικές τιμές σε διάφορες τιμές ιδιοπεριόδων.

### **(β) Σχέση Εξασθενήσεως των Spudich et al (1999) --- SEA99**

Αποτελεί βελτιωμένη έκφραση της σχέσης SEA96 για την οποία έχει ληφθεί υπόψη ένα μεγαλύτερο πλήθος καταγραφών, εμπλουτισμένο με καταγραφές πρόσφατων σεισμών. Έχει προκύψει από στατιστική επεξεργασία σεισμών από τεκτονικό περιβάλλον εφελκυσμού (δηλαδή από “κανονικές” διαρρήξεις). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν σεισμούς απ' την δυτική και την κεντρική Βόρεια Αμερική,

την Ευρώπη (κυρίως απ' την Ιταλία και την Ελλάδα), την Νέα Ζηλανδία, και την Τουρκία. Η σχέση είναι τής μορφής :

$$\log Y = b_1 + b_2 (M - 6) + b_3 (M - 6)^2 + b_5 \log D + b_6 \Gamma + \sigma_{\log Y}$$

όπου  $Y$  = η οριζόντια κορυφαία τιμή τής εδαφικής επιτάχυνσης (σε g) ή τής φασματικής ταχύτητας (σε cm/s),  $M = M_w$  το μέγεθος σεισμικής ροπής για το οποίο ισχύει περίπου  $M_w \approx M_s$  στην περιοχή που εδώ ενδιαφέρει ( $M_s \approx 5.9$ ) και :

$$D = \sqrt{R^2 + h^2}$$

όπου  $R$  = η απόσταση από την προβολή τού ρήγματος στην επιφάνεια. Η παράμετρος  $\Gamma$  λαμβάνει την τιμή 0 για βράχο και 1 για έδαφος.

Οι συντελεστές  $b_1, b_2, b_3, b_5, b_6$  και  $\sigma_{\log Y}$  δίδονται σε Πίνακες τόσο για την κορυφαία τιμή τής επιτάχυνσης όσο και για την φασματική ταχύτητα.

#### **(γ) Σχέση Εξασθενήσεως τών Boore et al (1997)**

Έχει προκύψει από την στατιστική επεξεργασία σεισμών τής δυτικής Βόρειας Αμερικής μεγέθους  $M_s > 5.0$ , τών οποίων το επίκεντρο βρίσκεται σε μικρό σχετικά βάθος (ρηχοί σεισμοί). Η σχέση είναι τής μορφής :

$$\ln Y = b_1 + b_2 (M - 6) + b_3 (M - 6)^2 + b_4 D + b_5 \ln D + b_v \ln (V_s / V_A) + \sigma_{\log Y}$$

όπου  $Y$  = η κορυφαία επιτάχυνση (σε g), ή η φασματική ταχύτητα (σε cm/s),  $M = M_w$  το μέγεθος σεισμικής ροπής και :  $D = \sqrt{R^2 + h^2}$ , με  $R$  = απόσταση τής θεωρούμενης θέσης από την προβολή τού ρήγματος στην επιφάνεια.

Ο συντελεστής  $b_1$  ποικίλλει ανάλογα με το είδος τής σεισμικής διάρρηξης : διάρρηξη “οριζόντιας διάρρηξης” (strike slip), “ανάστροφης

διάρρηξης” (reverse-slip), ή όλοι οι μηχανισμοί διάρρηξης μαζί. Οι συντελεστές  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, \dots, b_N$  είναι πινακοποιημένες συναρτήσεις της περιόδου.

Οι εδαφικές συνθήκες λαμβάνονται υπόψη στον καθορισμό της φασματικής τιμής της επιτάχυνσης μέσω της τιμής της ταχύτητας τού διατμητικού κύματος  $V_s$  (m/s) στα πρώτα 30 m τού εδαφικού προφίλ,  $V_{s,30}$ . Βελτιώνεται έτσι η χονδροειδής κατάταξη τού εδαφικού υποβάθρου σε μια από τις δύο κατηγορίες : *βραχώδης ή μή-βραχώδης*, την οποία υιοθέτησαν "εξανάγκης" οι άλλοι ερευνητές.

#### **(δ) Σχέση Εξασθενήσεως τών Abrahamson & Silva (1997)**

Προέκυψε από στατιστική επεξεργασία 655 καταγραφών, 58 σεισμικών συμβάντων. Η σχέση είναι τής μορφής :

$$\ln Y = f_1(M, r_{\text{rupture}}) + F f_3(M) + HW f_4(M, r_{\text{rup}}) + S f_5(A_{\text{rock}})$$

όπου  $r_{\text{rupture}}$  = η ελάχιστη απόσταση από το επίπεδο τού ρήγματος (km),  $M = M_w$  το μέγεθος σεισμικής ροπής,  $F$  = συντελεστής εξαρτώμενος από τον μηχανισμό διαρρήξεως ( $F = 1$  για ανάστροφη διάρρηξη,  $F = 0.5$  για ανάστροφη-λοξή διάρρηξη, και  $F = 0$  για κάθε άλλη περίπτωση). Για περιοχές με βραχώδεις σχηματισμούς ή μικρού-πάχους εδαφικές στρώσεις ο συντελεστής  $S$  λαμβάνεται ίσος με 0, ενώ για βαθείς εδαφικούς σχηματισμούς  $S = 1$ . Ο συντελεστής  $HW$  λαμβάνει υπόψη τη διαφοροποίηση τού σεισμικού κραδασμού σε σχέση με τη θέση ως προς το ρήγμα : άνω τέμαχος ("hanging wall") ή κάτω τέμαχος ("footwall").

Οι συναρτήσεις  $f_1(M, r_{\text{rupture}})$ ,  $f_3(M)$ ,  $f_4(M, r_{\text{rupture}})$  και  $f_5(A_{\text{rock}})$  συναρτήσει τών παραμέτρων  $M$ ,  $r_{\text{rupture}}$ , και  $A_{\text{rock}}$ , εκφράζονται με αντίστοιχους συντελεστές οι οποίοι δίνονται σε πίνακες.

#### **Σύγκριση Σχέσεων Εξασθενήσεως**

Οι ανωτέρω σχέσεις απεικονίζονται σε κοινό διάγραμμα στο Σχήμα

6.1, ενώ στο Σχήμα 6.2 συγκρίνονται με τα φάσματα τών καταγραφών στο ΚΕΔΕ και στα Σεπόλια. Οι φασματικές τιμές έχουν υπολογιστεί για : μέγεθος σεισμού  $M_s = 5.9$  , απόσταση  $R = 5$  km (ως μέση τιμή για τις πληγείσες περιοχές), για τις περιπτώσεις *βραχώδους ή μή-βραχώδους* εδάφους.

Αντιστοίχως, οι σχέσεις για την μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση συναρτήσει της αποστάσεως  $R$  (km) (που εδώ περιγράφεται ως η απόσταση από την προβολή τού ρήγματος στην επιφάνεια) συγκρίνονται μεταξύ τους στο Σχήμα 6.3, για μέγεθος  $M_s = M_w = 5.9$ , δηλαδή όσο το μέγεθος τού σεισμού τής Αθήνας.

### **Φάσματα Αποκρίσεως τής Κατακόρυφης Επιτάχυνσης**

Οι Ambraseys & Simpson (1996) προσδιορίζουν τον λόγο τών φασματικών τιμών τής κατακόρυφης πρὸς την οριζόντια επιτάχυνση,  $SA_V / SA_H$  , συναρτήσει τής περιόδου  $T$ . Η αναλυτική έκφραση τής σχέσης είναι :

$$q_{SA} = \frac{SA_V}{SA_H} = C_1 + C_2 M_s + C_3 R + \sigma P$$

όπου

$C_1$  : πινακοποιημένες συναρτήσεις τής περιόδου  $T$

$M$  : το επιφανειακό μέγεθος  $M_s$

$R$  : η απόσταση από την προβολή τού ρήγματος στην επιφάνεια

$P$  : δυϊκή παράμετρος = 0 (για την μέση τιμή [m]) ή 1 (για την μέση τιμή συν μία τυπική απόκλιση [m+σ])

Στο Σχήμα 6.4 συγκρίνονται το [m + σ] φάσμα τής κατακόρυφης επιτάχυνσης απ' την ανωτέρω σχέση, με τις αντίστοιχες εμπειρικές σχέσεις τών Abrahamson & Silva (1997), και με τα κατακόρυφα φάσματα τών καταγραφών στο Μοναστηράκι και στα Σεπόλια, μετά από επικλιμάκια αναγωγή ως προς την απόσταση (για ένα μέσο  $R = 5$  km).

## 6.2 Φάσματα Αποκρίσεως από Στατιστική Επεξεργασία Καταγραφών

Η μέθοδος βασίζεται στην επιλογή και στατιστική επεξεργασία επιταχυνσιογραφημάτων από σεισμούς μεγέθους περί το  $M_s = 5.9$ , σε αποστάσεις μικρότερες των 10 km, και κατά προτίμησιν σε σκληρό έδαφος ή βράχο. Με αυτά τα κριτήρια προκρίθηκαν 11 καταγραφές από 6 σεισμούς:

- Parkfield (1996)
- Coyote Lake (1979)
- Whittier Narrows (1987)
- Καλαμάτας (1986)
- Πύργου (1993)
- Αιγίου (1995) [μία μόνον συνιστώσα, η οποία είχε προκύψει για το

“υπόβαθρο” από αντίστροφη ανάλυση τής κυματικής διάδοσης στον εδαφικό σχηματισμό (Γκαζέτας 1996)].

Τα χαρακτηριστικά των καταγραφών αυτών συνοψίζονται στον Πίνακα 6.1, ενώ οι χρονοϊστορίες των 2 οριζοντίων συνιστωσών και τής κατακόρυφης συνιστώσας, μαζί με τα αντίστοιχα φάσματα αποκρίσεως παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.5 έως 6.10.

Στις καταγραφές αυτές προστέθηκαν και οι 4 ισχυρότερες (ως προς την μέγιστη επιτάχυνση) καταγραφές τής Αθήνας (SPLB, SGMA, MNSA, ΚΕΔΕ). Οι χρονοϊστορίες και τα αντίστοιχα φάσματα απόκρισης των καταγραφών αυτών έχουν ήδη παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3.

Τα φάσματα αποκρίσεως όλων των καταγραφών συγκρίνονται στο Σχήμα 6.11: (α) σε κανονική μορφή και (β) κανονικοποιημένα ως προς

την κορυφαία τιμή της επιτάχυνσης. Οι ανωτέρω καταγραφές υποβλήθηκαν σε υπό- ή επι-κλιμάκια αναγωγή, ώστε να “αναχθούν” στις προδιαγραφείς τιμές  $M_s$  (5.9), σε μία σταθερή απόσταση αναφοράς  $R$  (5 km), και ένα σταθερό εδαφικό προφίλ (σκληρό έδαφος ή βράχος). Οι συντελεστές αναγωγής βασίσθηκαν στις προαναφερθείσες σχέσεις εξασθενήσεως (μέσος όρος της  $A_H$ ), δείχνονται δέ, στον Πίνακα 6.1 , ενώ τα προκύπτοντα φάσματα συγκρίνονται με τα αρχικά στο Σχήμα 6.12.

Επιπλέον, γιά να ληφθεί ιδιαιτέρως υπόψιν το “σεισμοτεκτονικό περιβάλλον “ τού συγκεκριμένου σεισμού, για κάθε μία από τις 10 καταγραφές ορίζεται ένας “συντελεστής βαρύτητας” αναλόγως του κατά πόσον συντρέχει ένας από τους ακόλουθους παράγοντες :



Χαρακτηριστικά τών καταγραφών που επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση τού Πθανού Ελαστικού Φάσματος Επιταχύνσεων

Σεισμός/ Καταγραφή/ (Έτος)	Μέγεθος M	Απόσταση (km)	Μένιστες οριζόντιες επιταχύνσεις (g)	Τοπικές Εδαφικές Συνθήκες	Τύπος Διαρρήξεω ς	Παράμετροι Τροποποίησης	Συν/στής Τροποποίησης	Συντελεστής Βαρύτητας
1. Parkfield / 1438 Temblor / (1966)	$M_w = 6.1$	$R_{clos} = 9.9$ km $R_{jb} = 16.1$ km	0.36 0.27	βράχος	ανάστροφη	M, r	1.4	0.85
2. Coyote Lake / Gilroy Array #6 / (1979)	$M_w = 5.7$	$R_{clos} = 3.1$ km $R_{jb} = 1.2$ km	0.43 0.32	σκληρός εδαφικός σχηματισμός	οριζόντια	M, r	0.7	0.50
3. Whittier Narrows / Garvey Reservoir – Control Building / (1987)	$M_w = 6.0$	$R_{clos} = 12.1$ km	0.38 0.46	σκληρός εδαφικός σχηματισμός	οριζόντια	-	1	0.85
4. Καλαμάτα / Κτίριο Νομαρχίας (1986)	$M_s = 6.0$	$R_{jb} \approx 5$ km	0.24 0.27	σκληρός εδαφικός σχηματισμός	κανονική	-	1	1
5. Πύργος / Αγροτική Τράπεζα / (1993)	$M_s = 5.5$	$R_{jb} \approx 5$ km	0.15 0.45	σκληρός εδαφικός σχηματισμός	κανονική	M, r	1.44	0.9
6. Αίγιο / "υπόβαθρο" κτιρίου ΟΤΕ / (1993)	$M_s = 6.2$	$R_{jb} \approx 5$ km	0.39	Μαλακός βράχος	κανονική	-	1	1
7. Πάρνηθα / SPLB / (1999)	$M_s = M_w = 5.9$	$R_{jb} \approx 10$ km	0.36 0.33	13m αλλούβια επί σχιστολίθου	κανονική	r, S	1.2	1
8. Πάρνηθα / SGMA / (1999)	$M_s = M_w = 5.9$	$R_{jb} \approx 10$ km	0.15 0.24	αθηναϊκός σχιστόλιθος	κανονική	r	1.5	1
9. Πάρνηθα / MNSA / (1999)	$M_s = M_w = 5.9$	$R_{jb} \approx 10$ km	0.23 0.40	αλλούβια επί αποσσωμαμένου σχιστολίθου	κανονική	r, S	1.3	0.80
10. Αθήνα / ΚΕΔΕ (1999)	$M_s = M_w = 5.9$	$R_{jb} \approx 10$ km	0.25 0.30	μάργα	κανονική	r, S	1.35	1

$r_{clos}$  : η μικρότερη απόσταση από το επίπεδο τού ρήγματος

$r_{jb} = R$  : η μικρότερη απόσταση από την προβολή τού ρήγματος στην επιφάνεια (κατά Joyner & Boore)

S : εδαφικές συνθήκες

- ιδιάζων αζιμουθιακός προσανατολισμός και κατευθυντικότητα της διάρρηξης
- ασυνήθεις τοπογραφικές ή εδαφικές συνθήκες
- διαφορετικός τύπος διαρρήξεως.

Για παράδειγμα, η έντονη επίδραση της κατευθυντικότητας (directivity effects) στην καταγραφή Gilroy # 6 κατά τον σεισμό Coyote Lake 1979 πηγάζει και από το γεγονός ότι ο καταγραφικός σταθμός βρίσκεται δίπλα στο οριζόντιας-διάρρηξης (strike slip) ρήγμα. Το φάσμα της καταγραφής αυτής είναι ιδιαιτέρως πλούσιο σε περιόδους περί τα 0.80 sec. Ο “συντελεστής βαρύτητας” για την καταγραφή αυτή λαμβάνεται ίσος με 0.50.

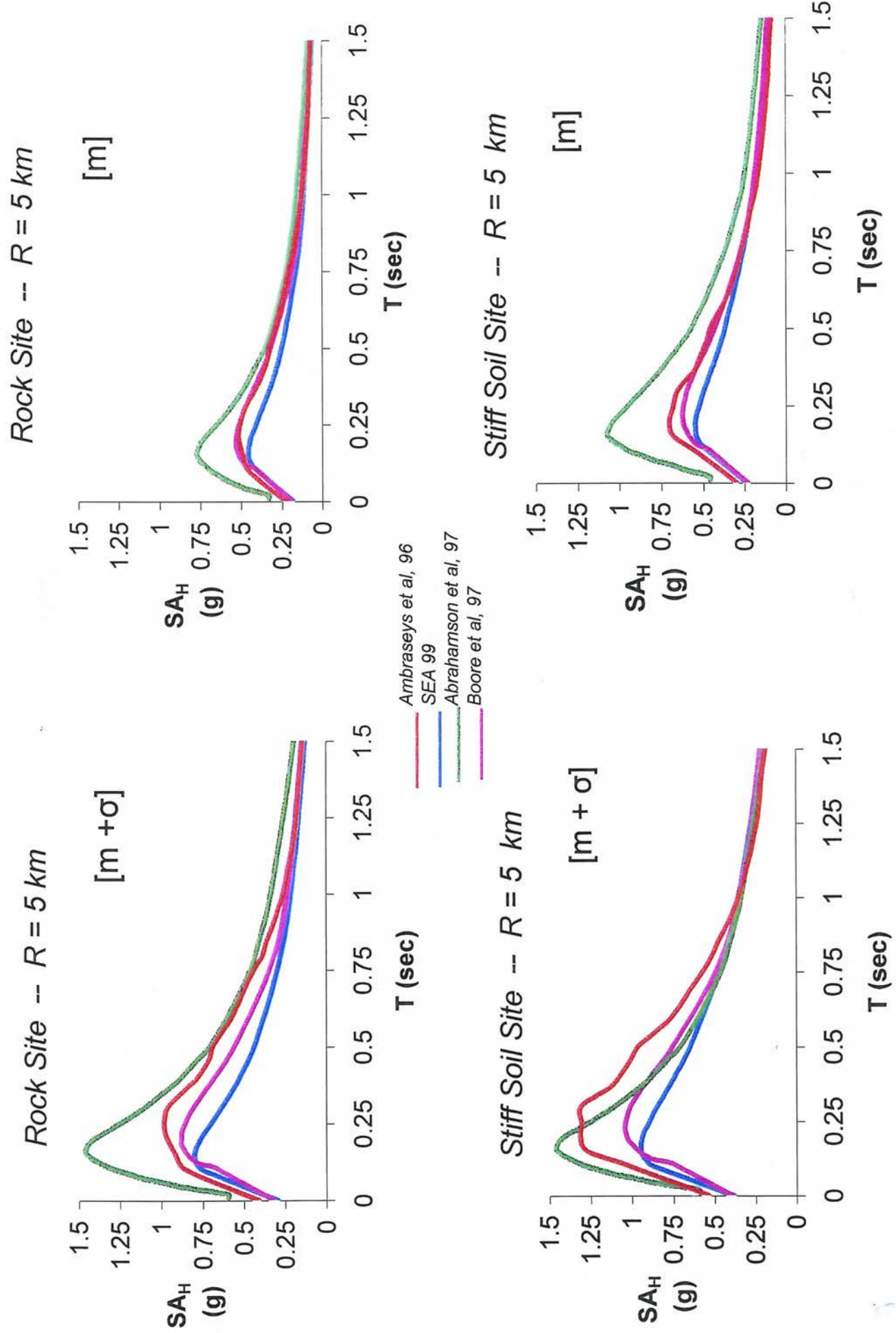
Παρά τον αναμφισβήτητο υποκειμενικό χαρακτήρα των ανωτέρω συντελεστών, η μέθοδος αυτή [ που είχε προταθεί από τους Seed-Bolt-Idriss-Helmberger και αναπτύχθηκε και εφαρμοσθεί από την PG&E (1988) ] οδηγεί σε ρεαλιστικά αποτελέσματα. Άλλωστε, τελικός οδηγός για τις τιμές των προτεινομένων φασμάτων επιταχύνσεως είναι και οι τιμές  $\bar{S}_A$  των αντίστροφων αναλύσεων του Κεφαλαίου 5.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας δείχνονται στο Σχήμα 6.13 υπό την μορφή τριών φασμάτων αποκρίσεως : τού μέσου [m] φάσματος (με μέγιστη τιμή περί το 0.80 g για  $T \approx 0.20$  sec), τού μέσου πλέον μιάς τυπικής αποκλίσεως [m+σ] φάσματος (με μέγιστη τιμή περί το 1.20 g), και τού μέσου μειωμένου κατά μία τυπική απόκλιση [m – σ] φάσματος (με μέγιστη τιμή περί το 0.40 g). Τα τρία αυτά φάσματα είναι τα ίδια στο άνω και κάτω διάγραμμα. Συγκρίνονται όμως με τις “m” και “m + σ” προβλέψεις, αντιστοίχως, των 4 εμπειρικών συσχετίσεων  $S_A$  (M, R, S) οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν κεφάλαιο. Από την σύγκριση προκύπτει ότι η σχέση των Abrahamson et al (1997) είναι αυτή που προσεγγίζει καλύτερα τα φάσματα των 10 σχετικών καταγραφών, τόσο τα “m” όσο και τα “m + σ” .

Επιπλέον, η σύγκριση των φασμάτων των δύο επικρατεστέρων σχέσεων (Ambramson et al 1997 και BJJF97) με τα διορθωμένα (για M, R, S) φάσματα αποκρίσεως : των καταγραφών της Αθήνας, των καταγραφών παλαιότερων ελληνικών σεισμών, αλλά και καταγραφών από την Καλιφόρνια (Σχήματα 6.14, 6.15 και 6.16, αντιστοίχως), φανερώνει ότι τα καταλληλότερα επιταχυνσιογραφήματα για τον σεισμό της Πάρνηθας είναι αυτά των εξής πέντε τροποποιημένων καταγραφών : SPLB, ΚΕΔΕ, Καλαμάτα–Νομαρχία, Πύργος, Parkfield (Σχήματα 6.17 και 6.18). Αυτές λοιπόν είναι οι κυριότερες καταγραφές (αλλά όχι μόνον αυτές) που έχουν χρησιμοποιηθεί για να περιγράψουν την διέγερση στις διάφορες αναλύσεις (εδαφοδυναμικές και "δομοστατικές" των κεφαλαίων της παρούσης Εκθέσεως

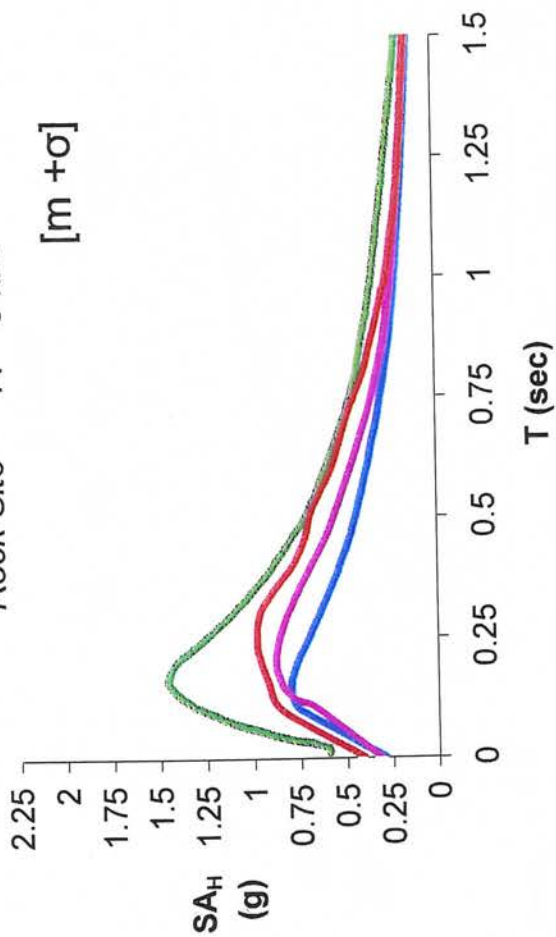
ΣΧΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6

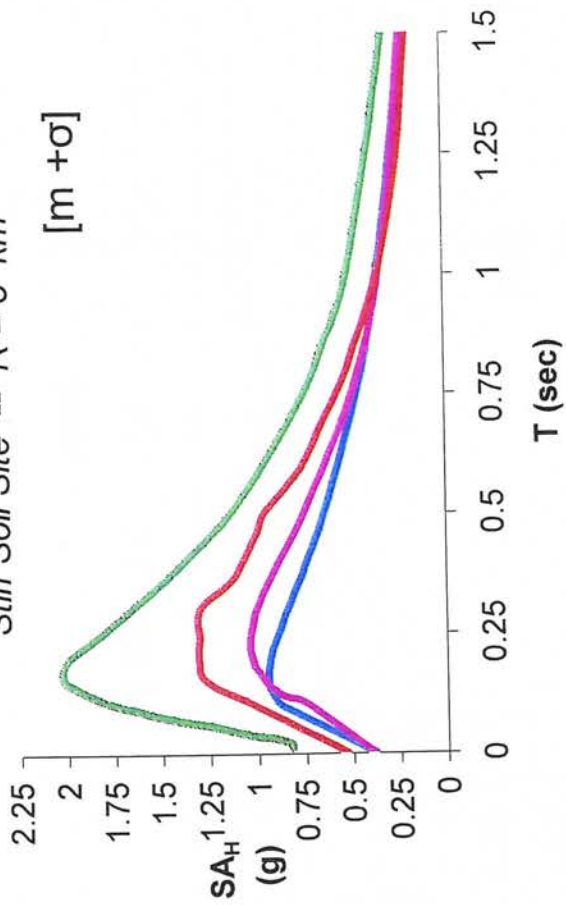


Σχήμα 6.1

Rock Site --  $R = 5 \text{ km}$

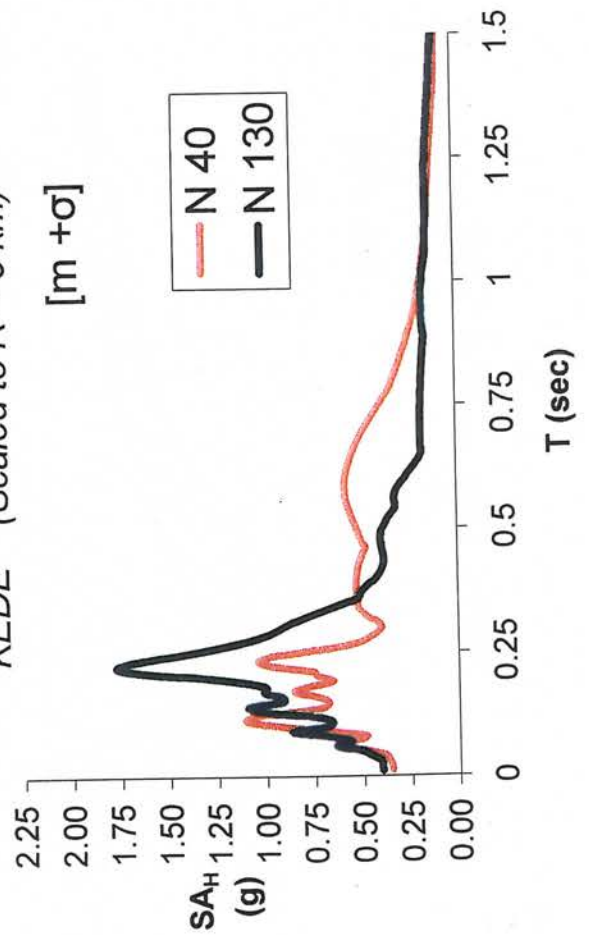


Stiff Soil Site --  $R = 5 \text{ km}$

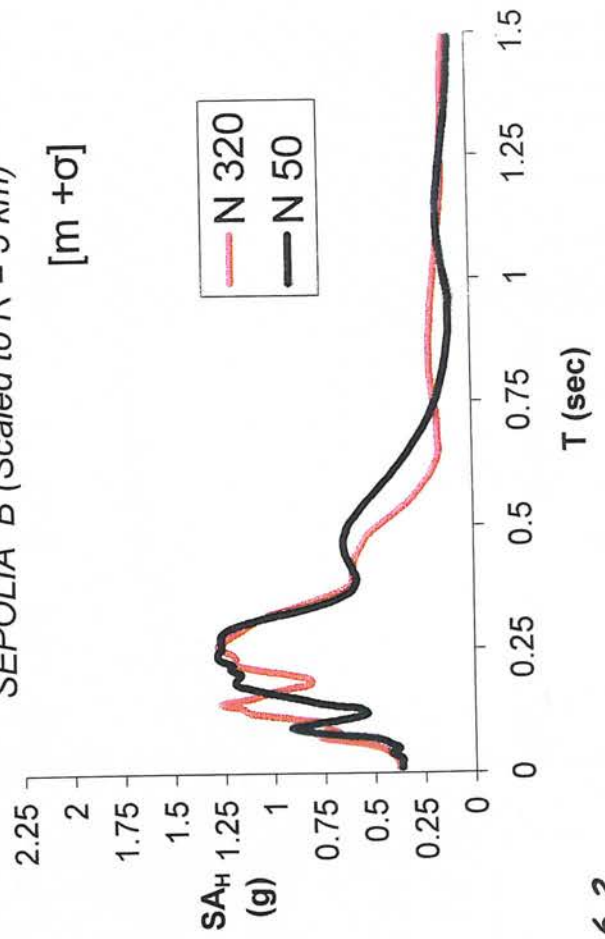


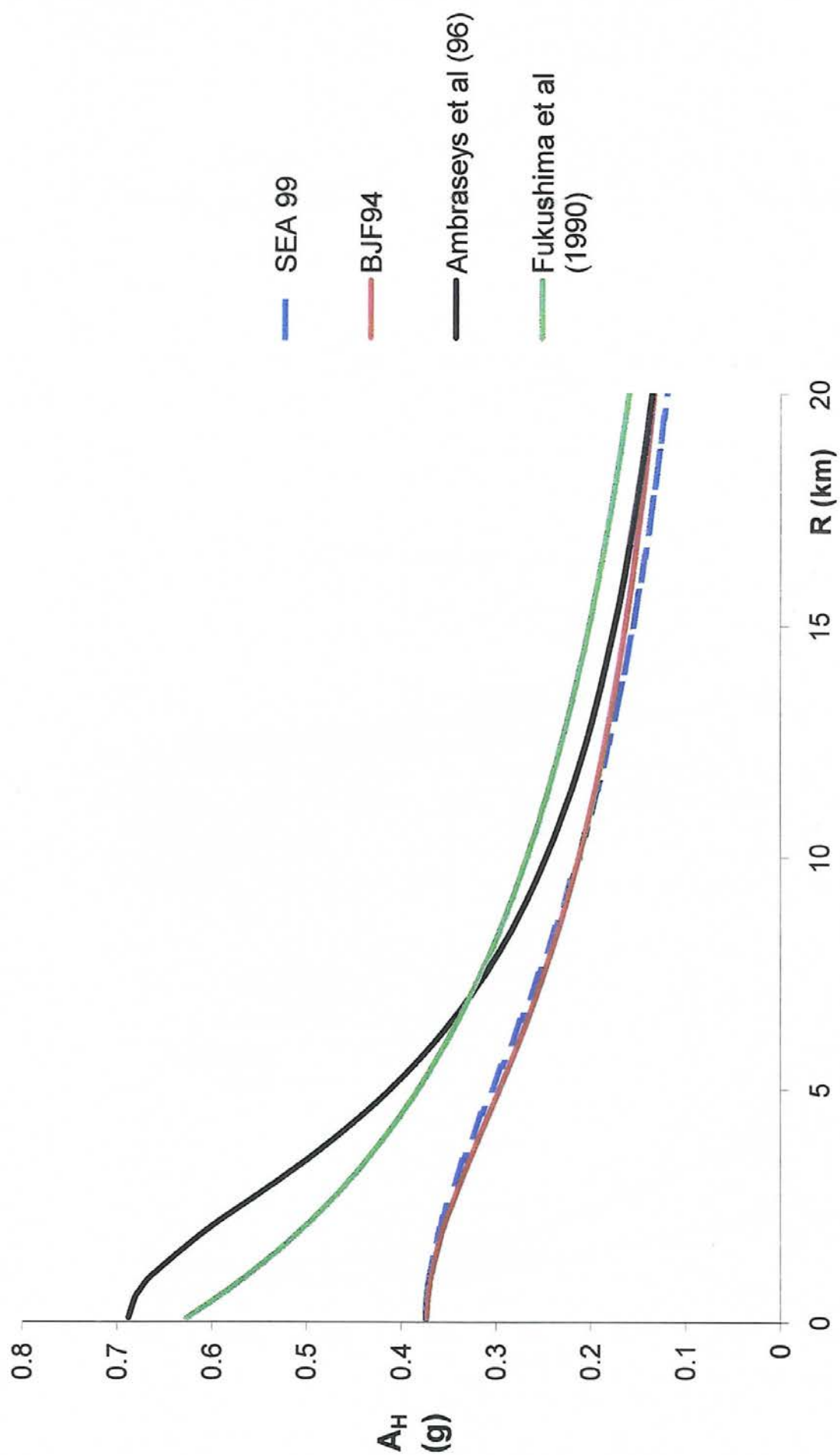
Ambraseys et al, 96  
SEA 99  
Abrahamson et al, 97  
Boore et al, 97

KEDE (Scaled to  $R = 5 \text{ km}$ )



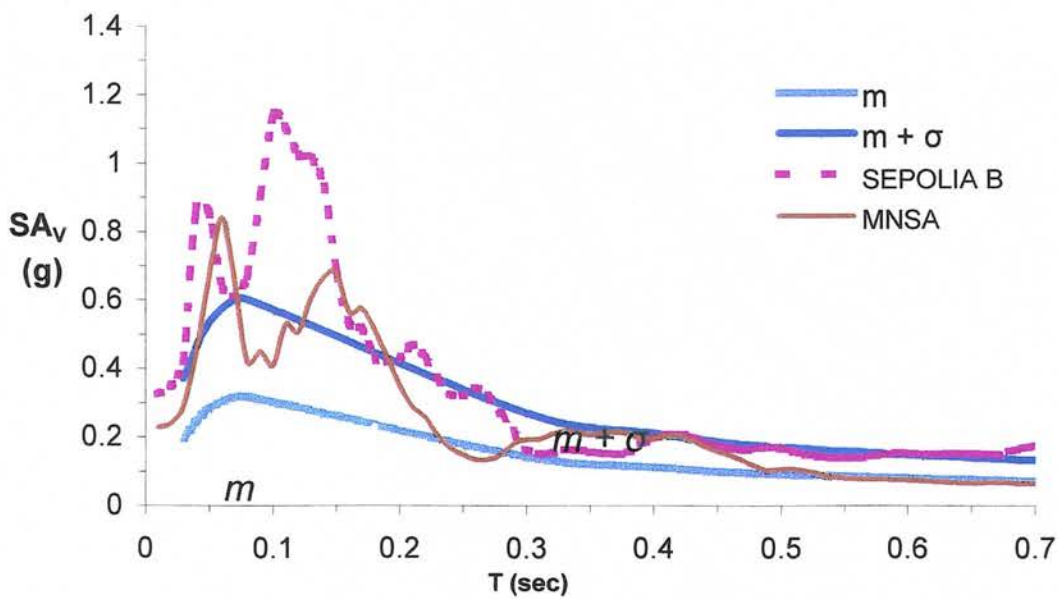
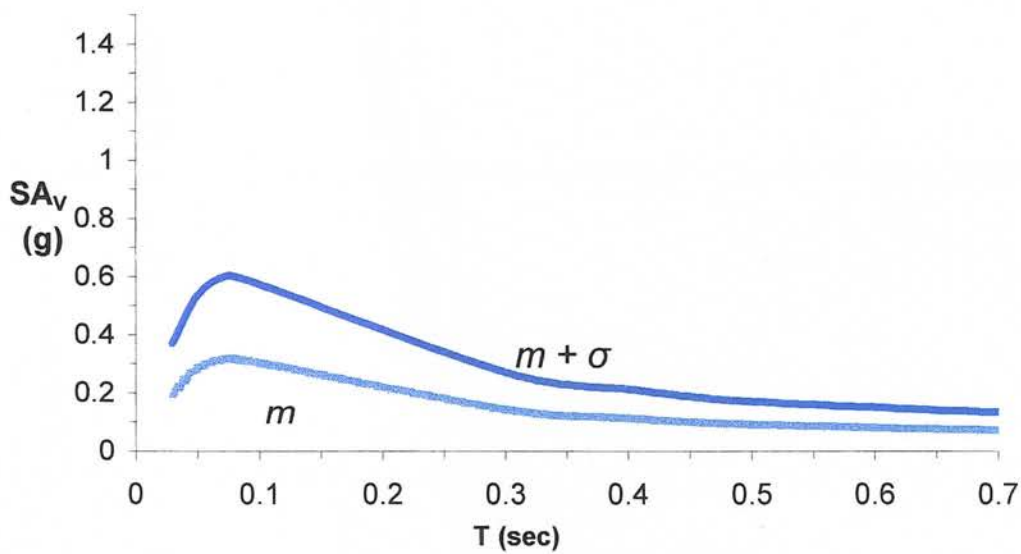
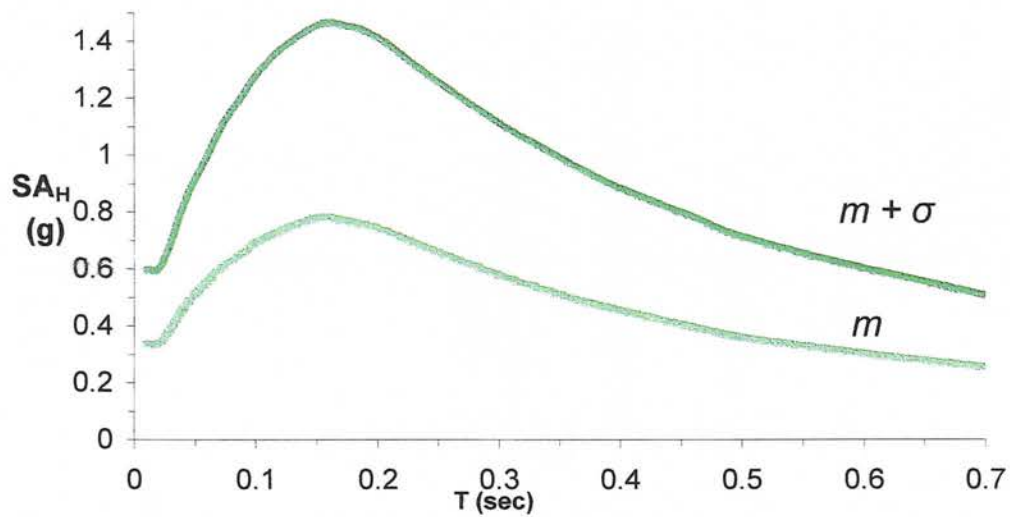
SEPOLIA B (Scaled to  $R = 5 \text{ km}$ )





Σχήμα 6.3

Καμπύλη απομειώσεως της επιτάχυνσης συναρτήσει της απόστασης  $R$  (km) από την προβολή του ρήγματος στην επιφάνεια

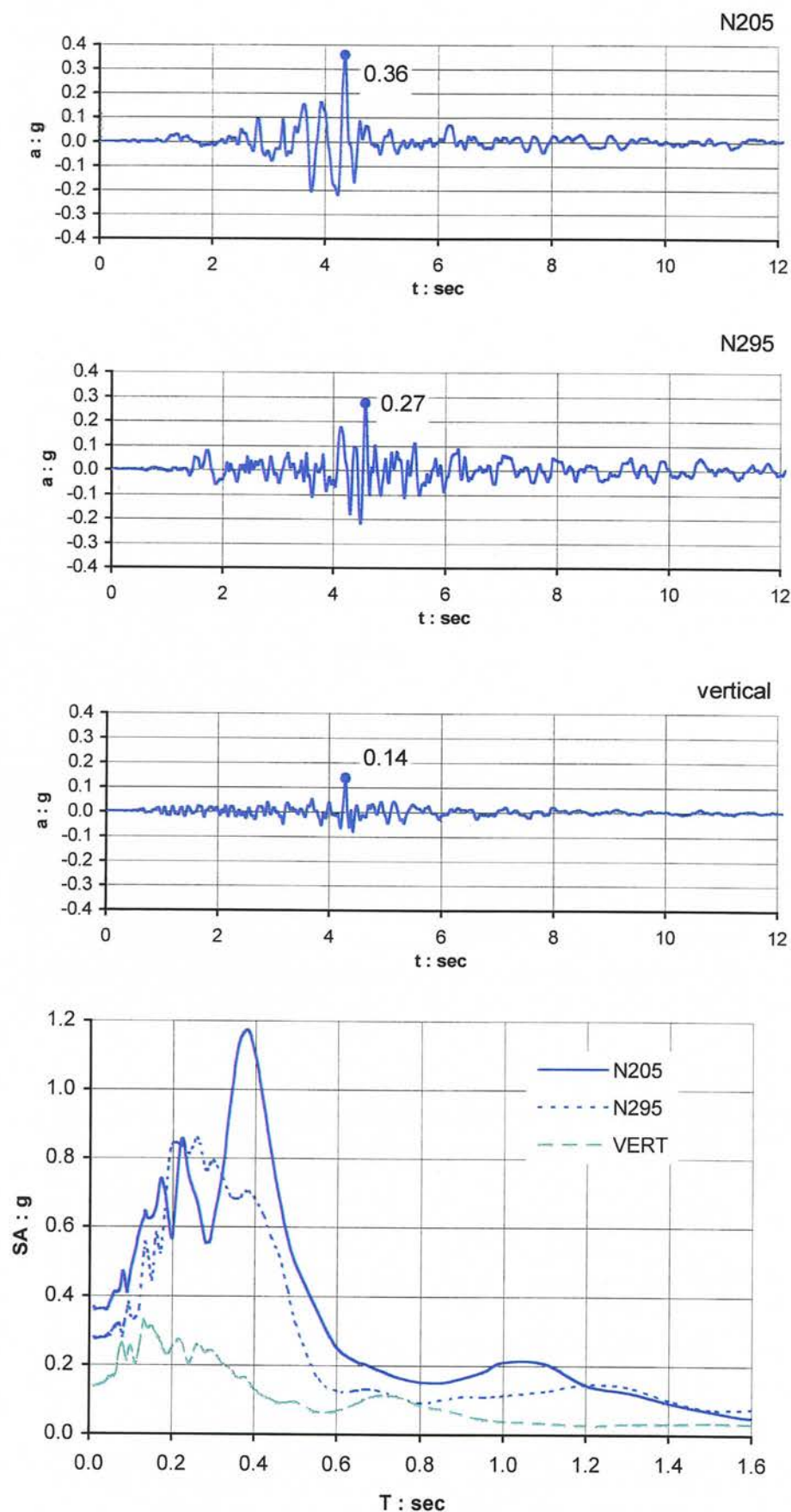


Σχήμα 6.4

Φάσματα οριζοντίων και κατακόρυφων επιταχύνσεων από σχέσεις εξασθενήσεως

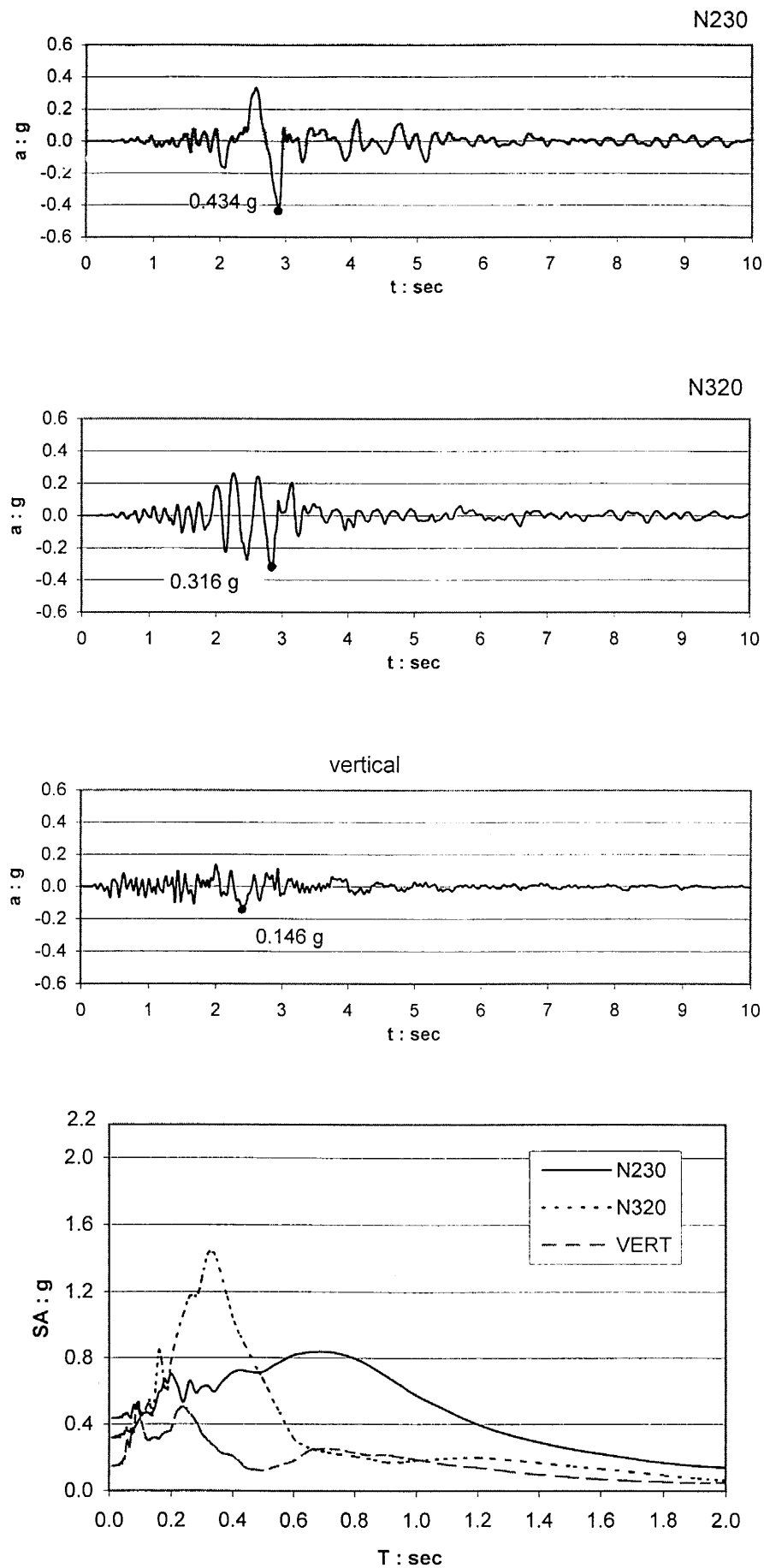


**Parkfield 1966 Earthquake**  
*Record at Temblor station ( $M_s = 6.1$ ,  $r_{jb} = 9.9$  km)*



**Σχήμα 6.5**

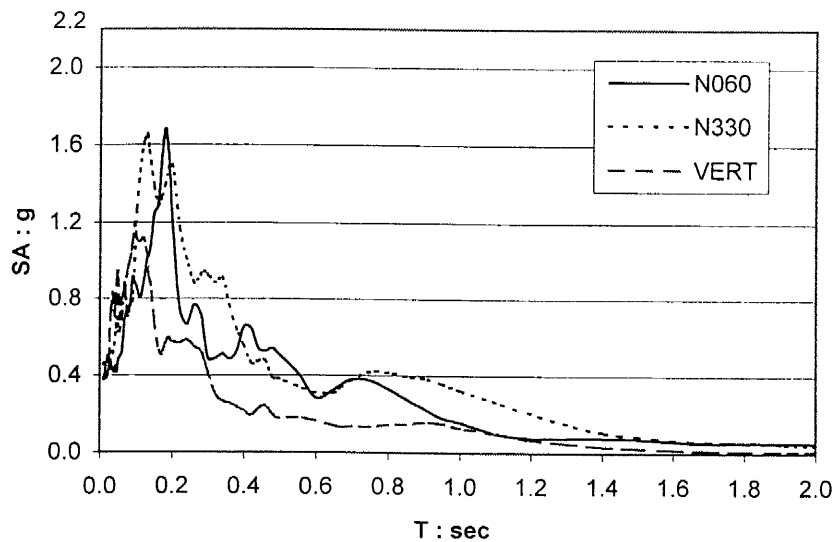
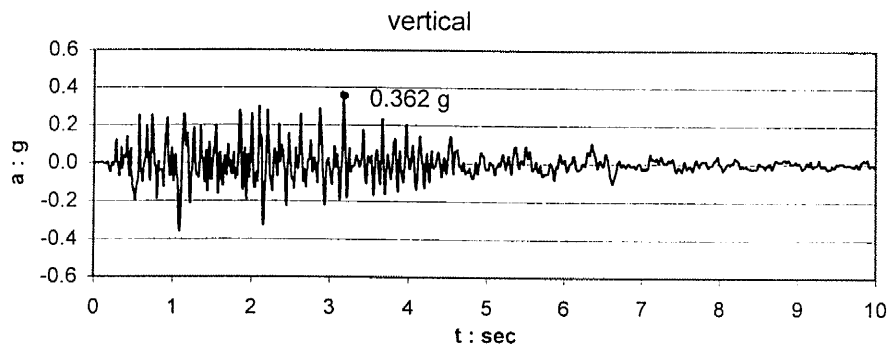
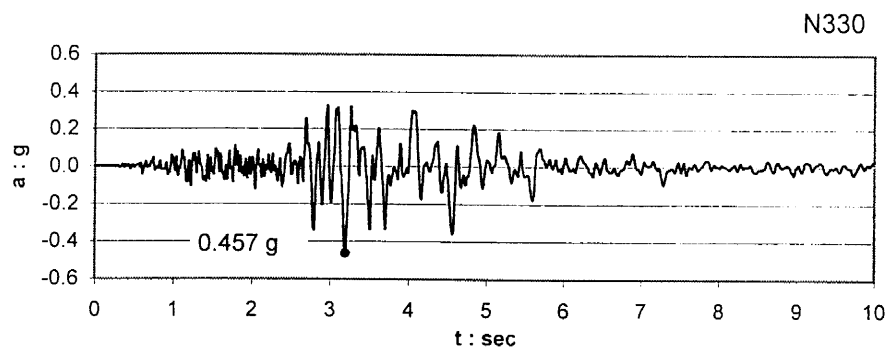
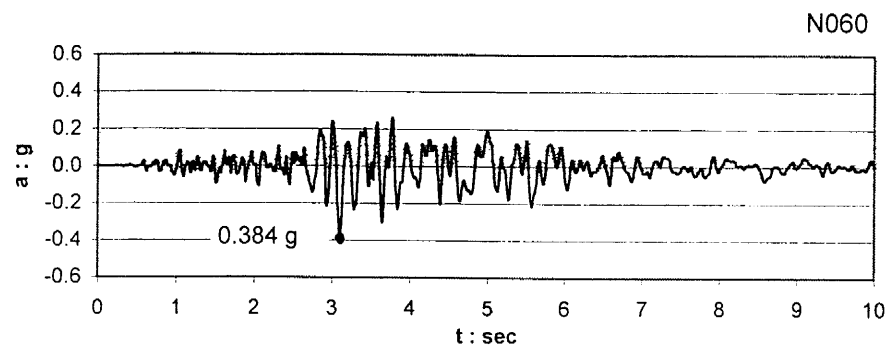
*Coyote Lake Earthquake (1979)  $M_w = M_s = 5.7$*   
*Record at Gilroy Array #6 - stiff soil ( $r_{closest} = 3.1$  km,  $r_{jb} = 1.2$  km)*



**Σχήμα 6.6**

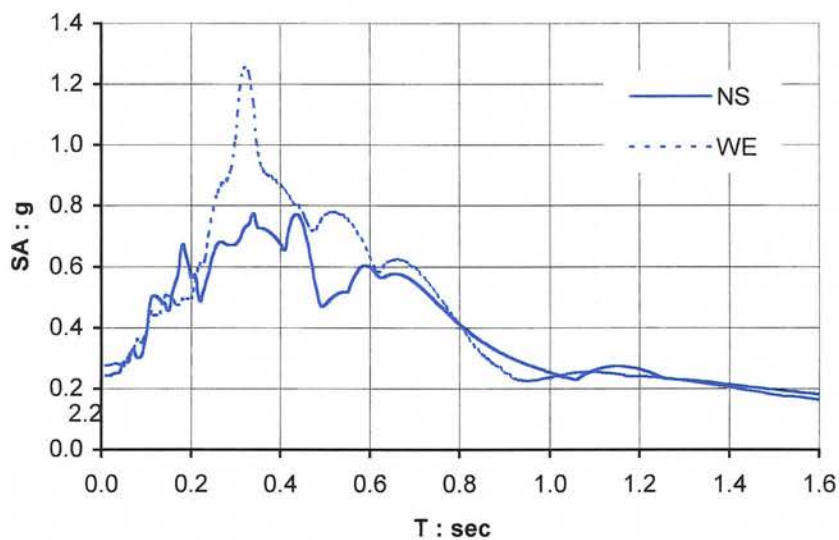
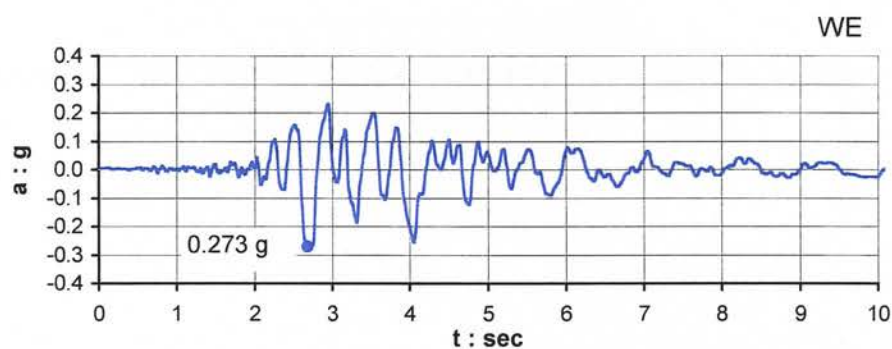
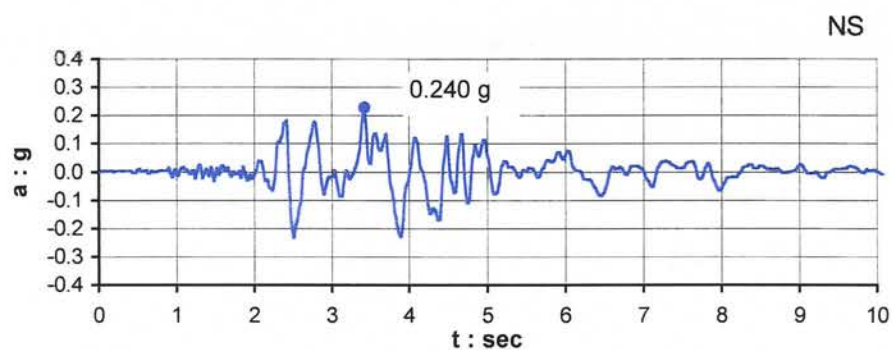
*Whittier Narrows Earthquake (1987)  $M_w = 6.0$ ,  $M_s = 5.7$*

*Record at Garvey Reservoir, Control Building - shallow stiff soil ( $r_{closest} = 12.1$  km)*



*Σχήμα 6.7*

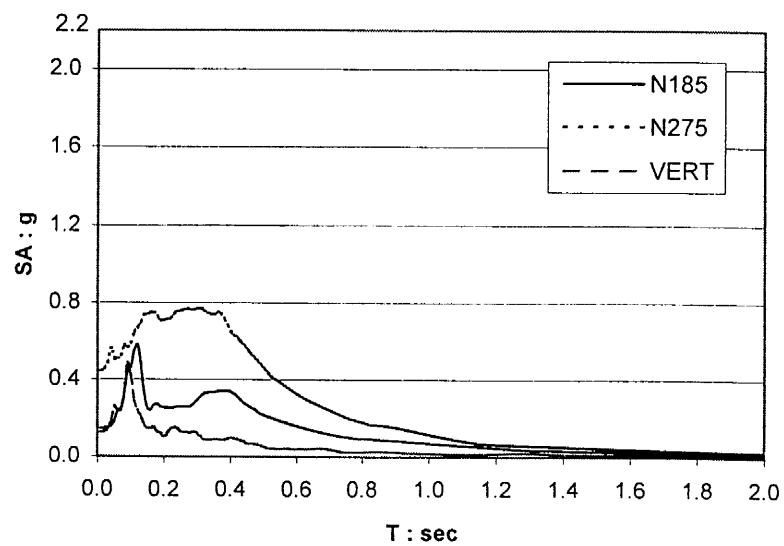
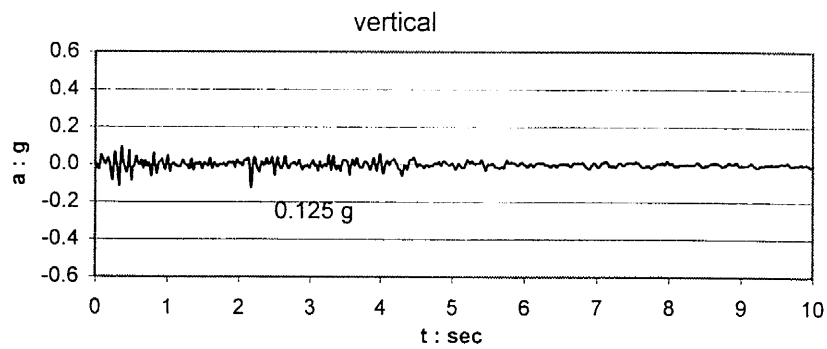
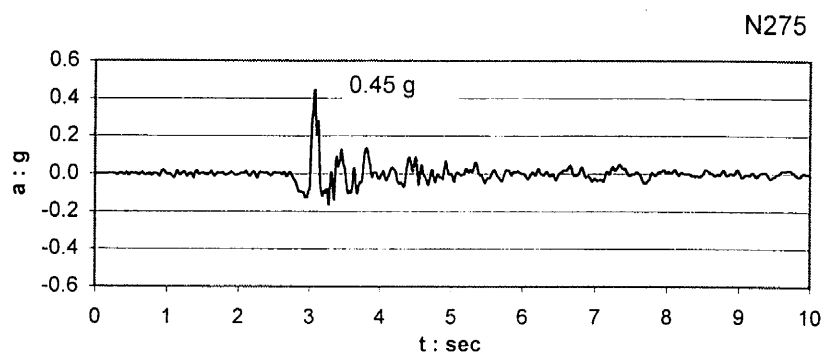
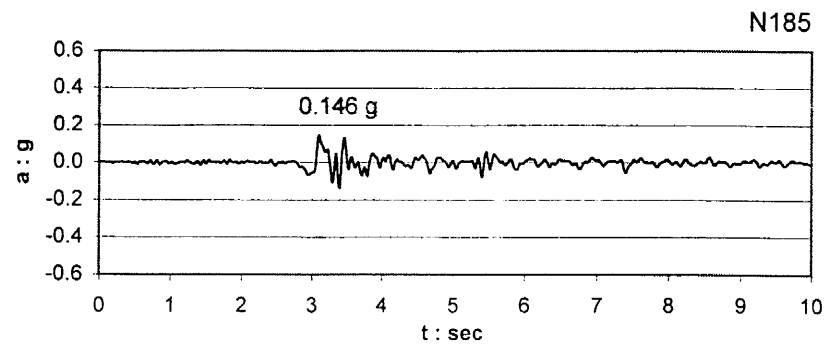
**Kalamata 1986 Earthquake**  
*Record at Administration Building ( $M_s = 6.0$  -  $r_{jb} = 5$  km)*



**Σχήμα 6.8**

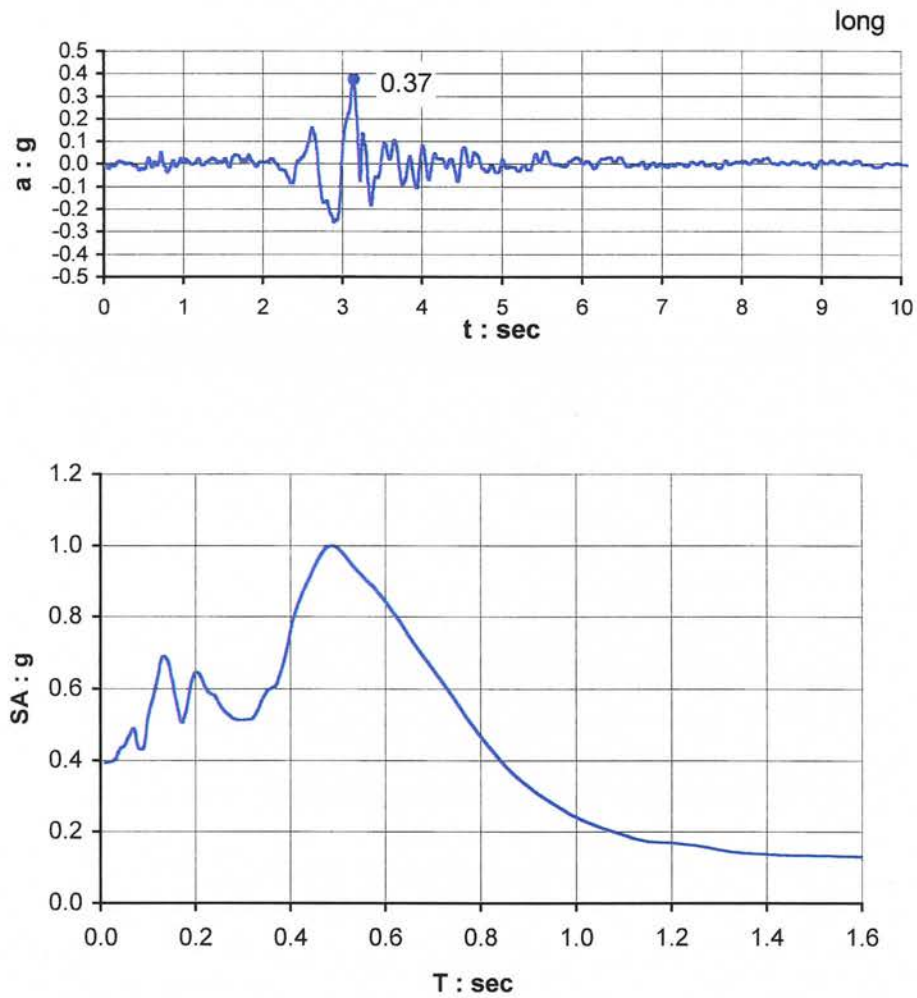
*Pyrgos Earthquake (1993)  $M_s = 5.5$*

*Record at Agric. Bank  $r_{epic} = 12.5$  m*

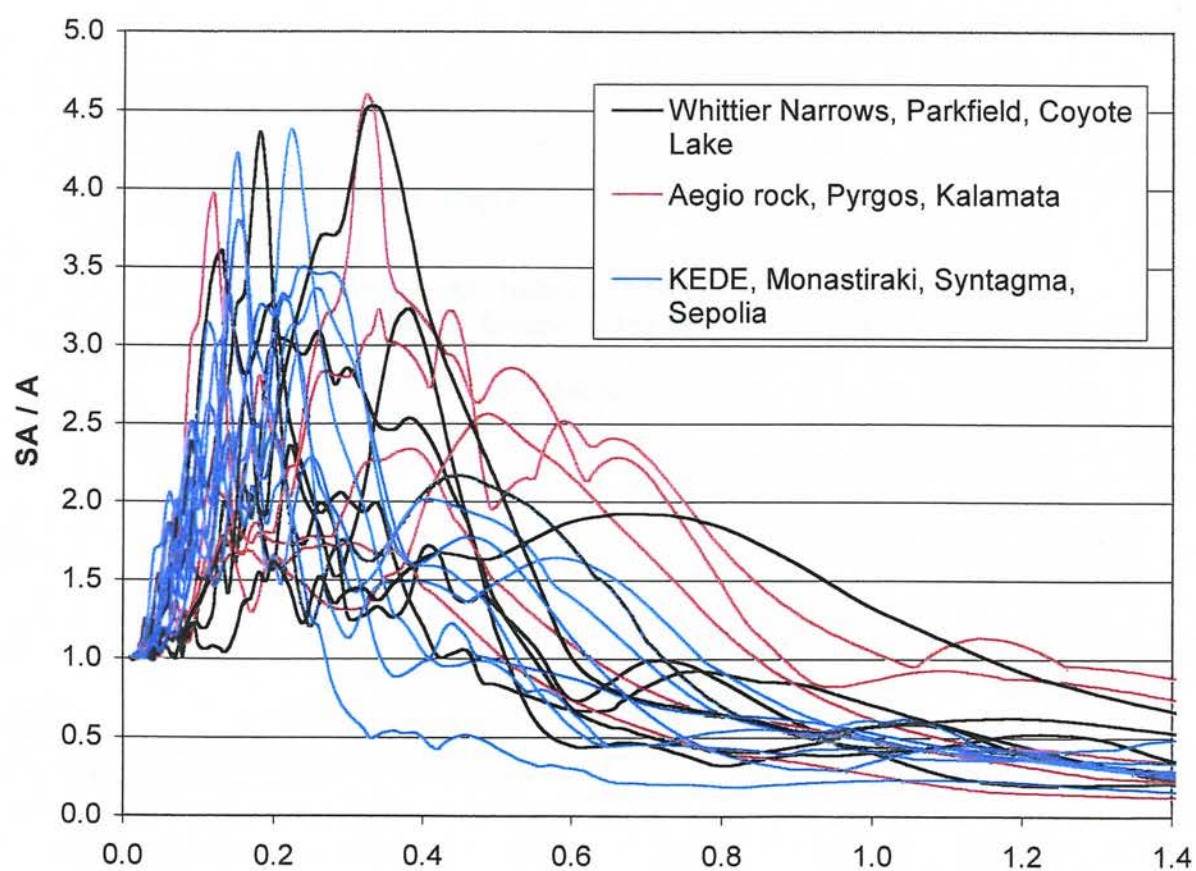
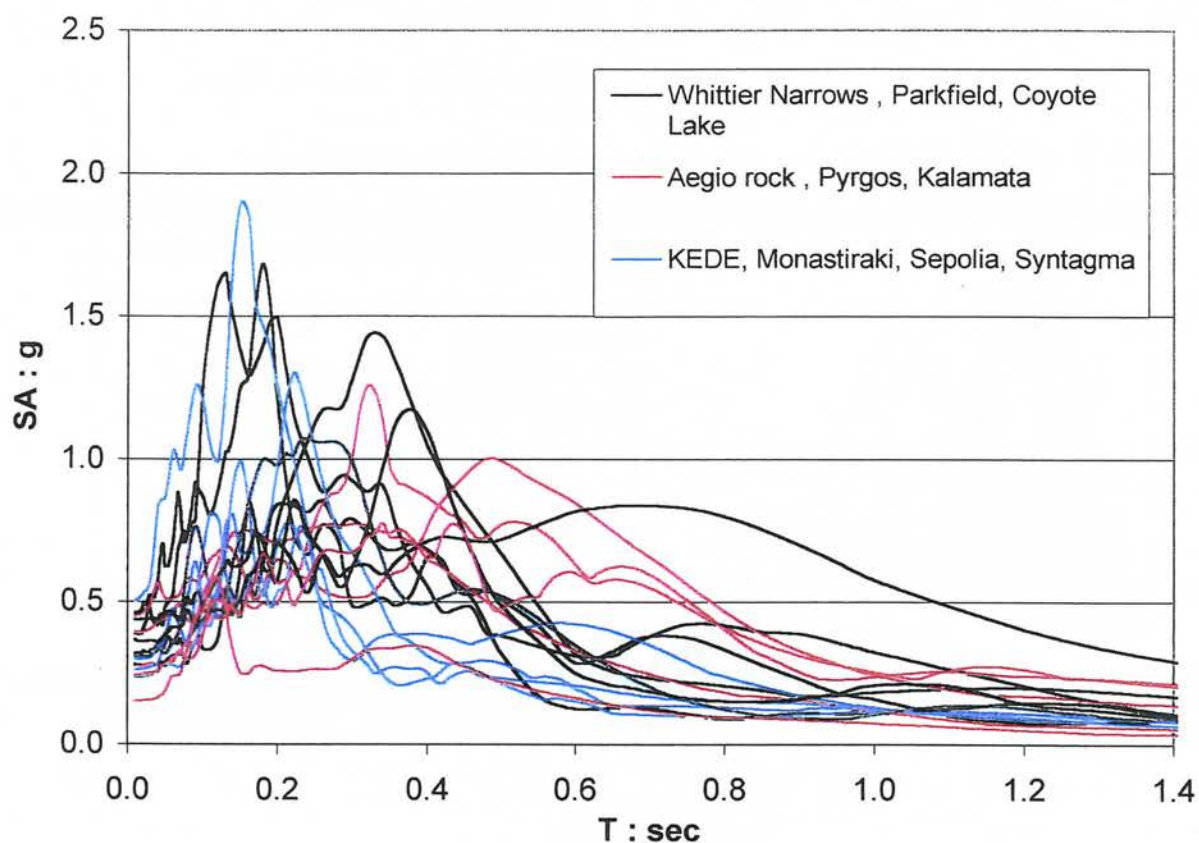


**Σχήμα 6.9**

*Aigion 1995 Earthquake*  
*Calculated Input motion at rock*  
*from a record at Aigion ( $M_s = 6.2$ ,  $r_{clos} = 5$  km)*



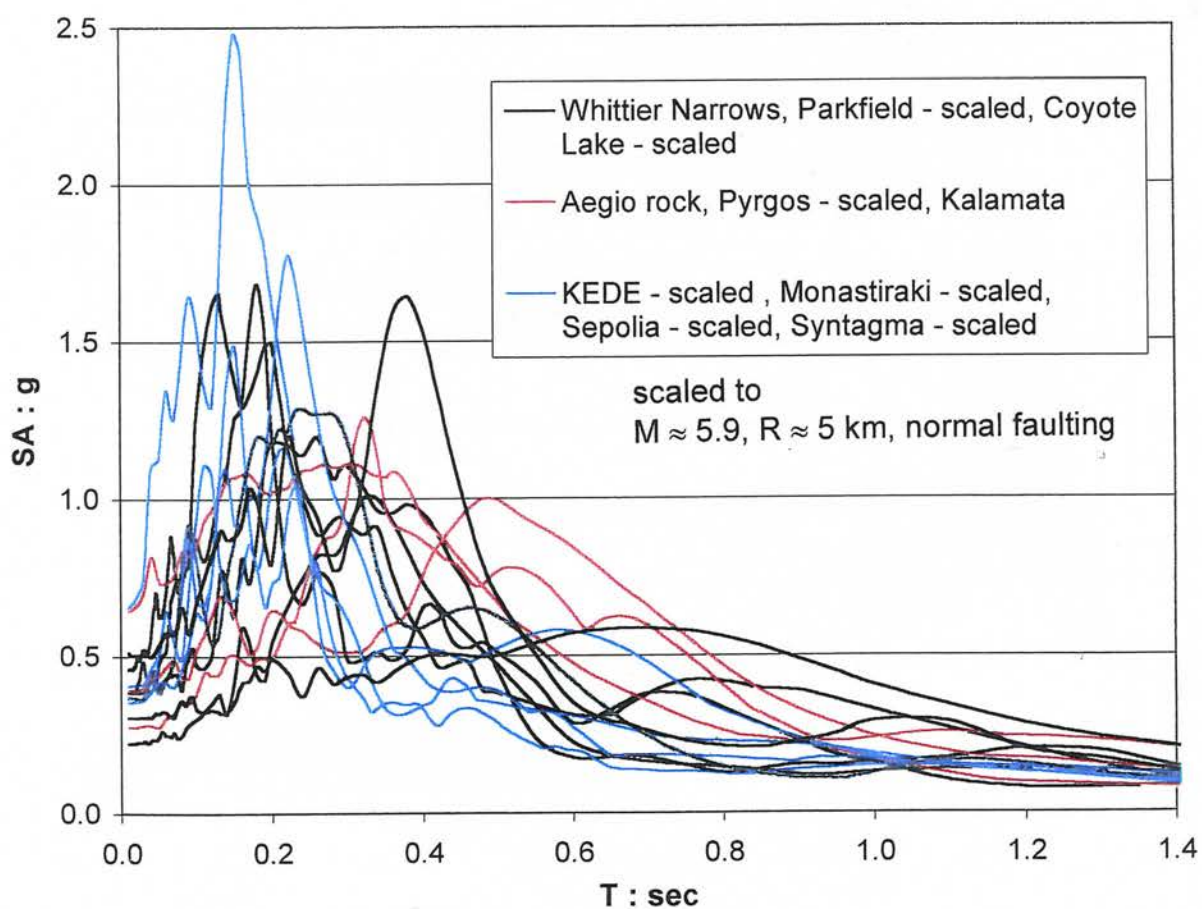
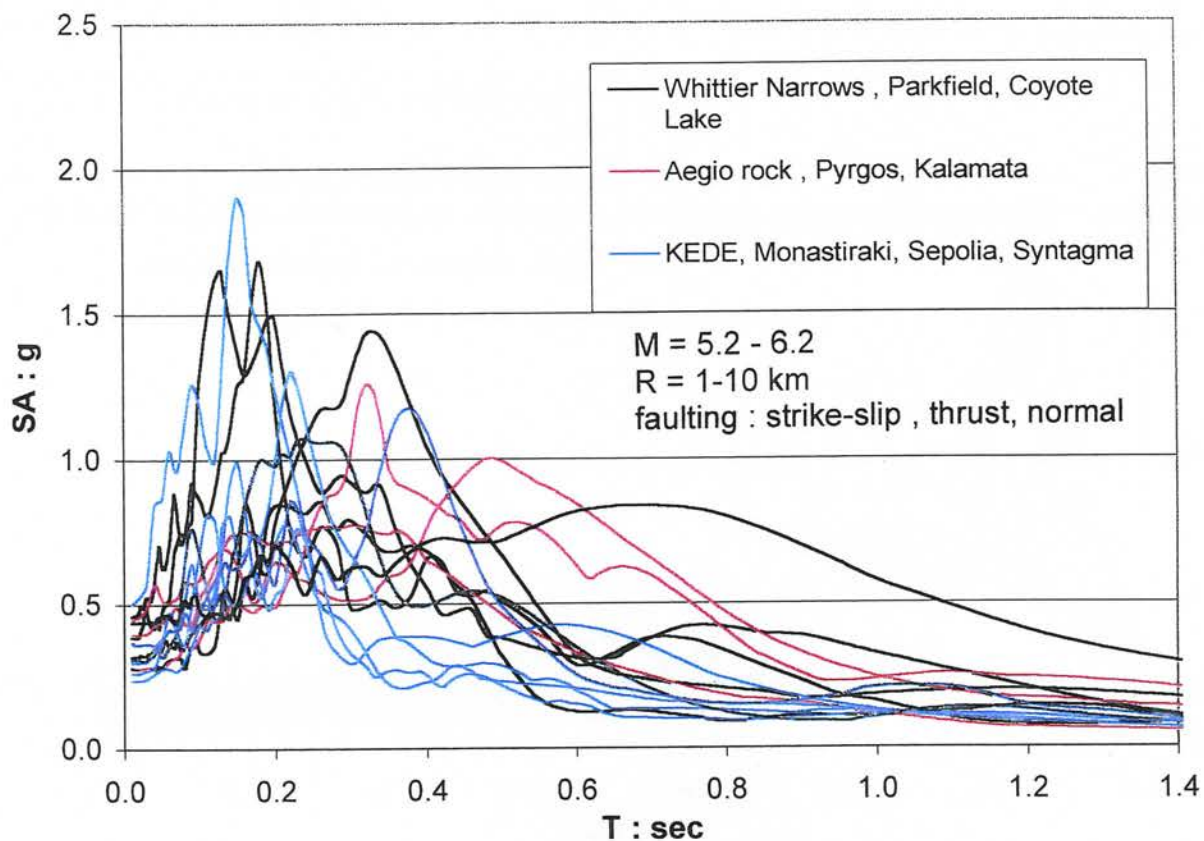
*Σχήμα 6.10*



Σχήμα 6.11

Φάσματα απόκρισης και κανονικοποιημένα φάσματα απόκρισης (ως προς την κορυφαία τιμή της επιτάχυνσης) των καταγραφών που επιλέχθηκαν για στατιστική επεξεργασία

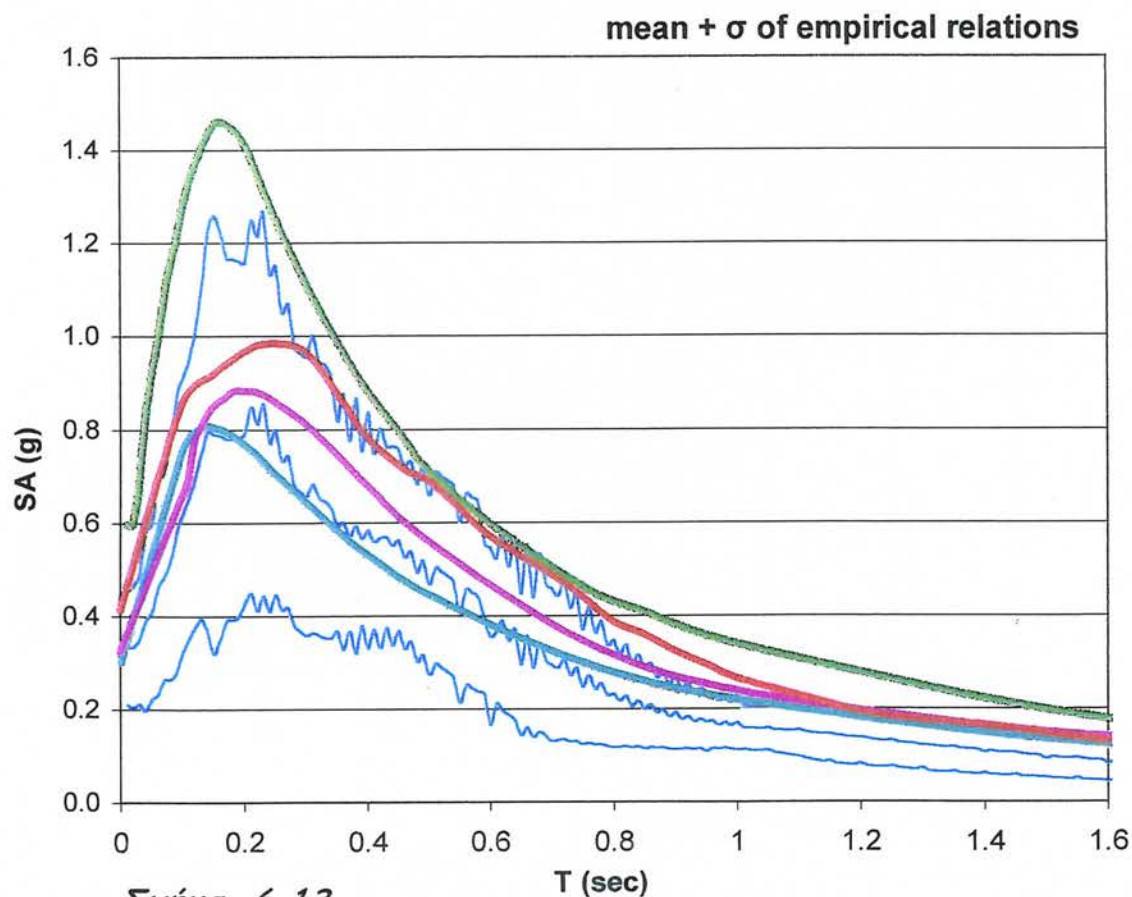
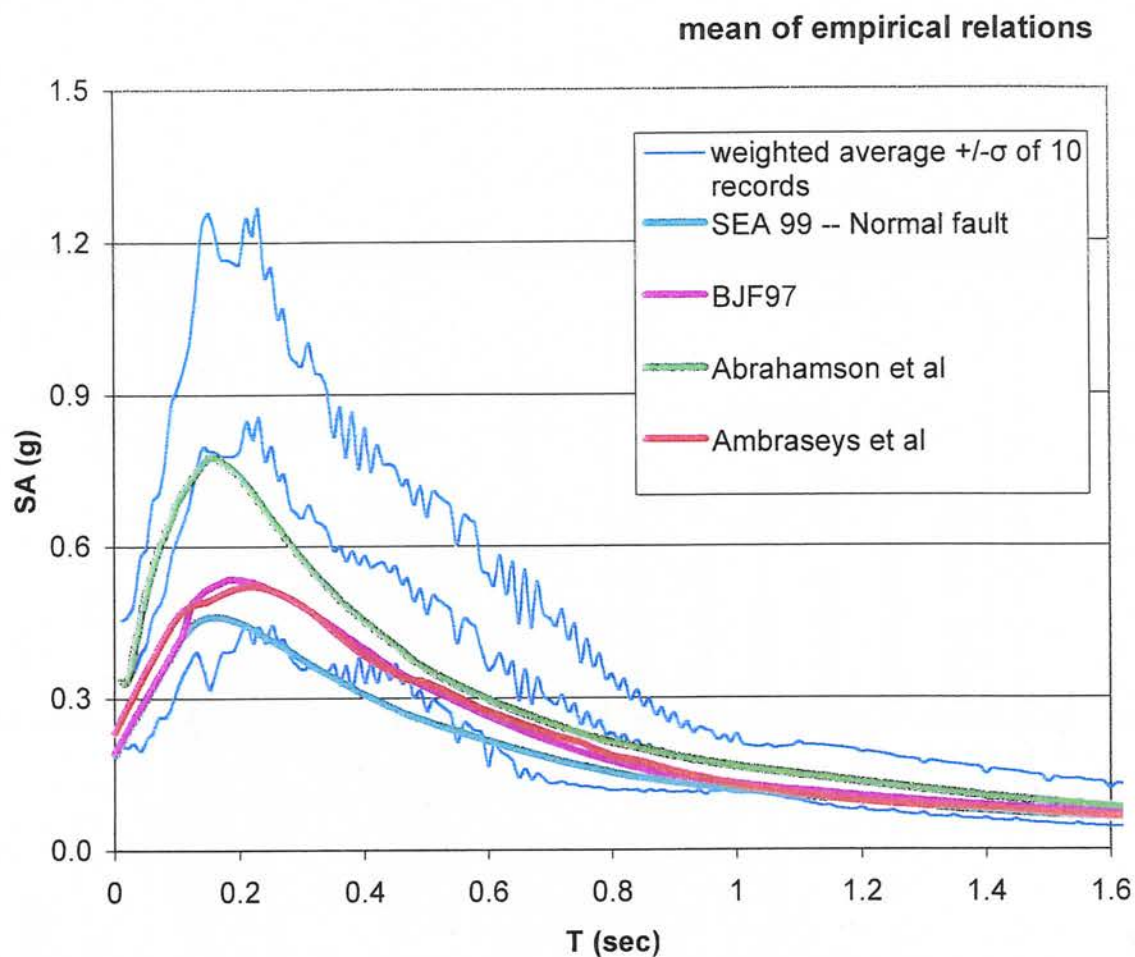




**Σχήμα 6.12**

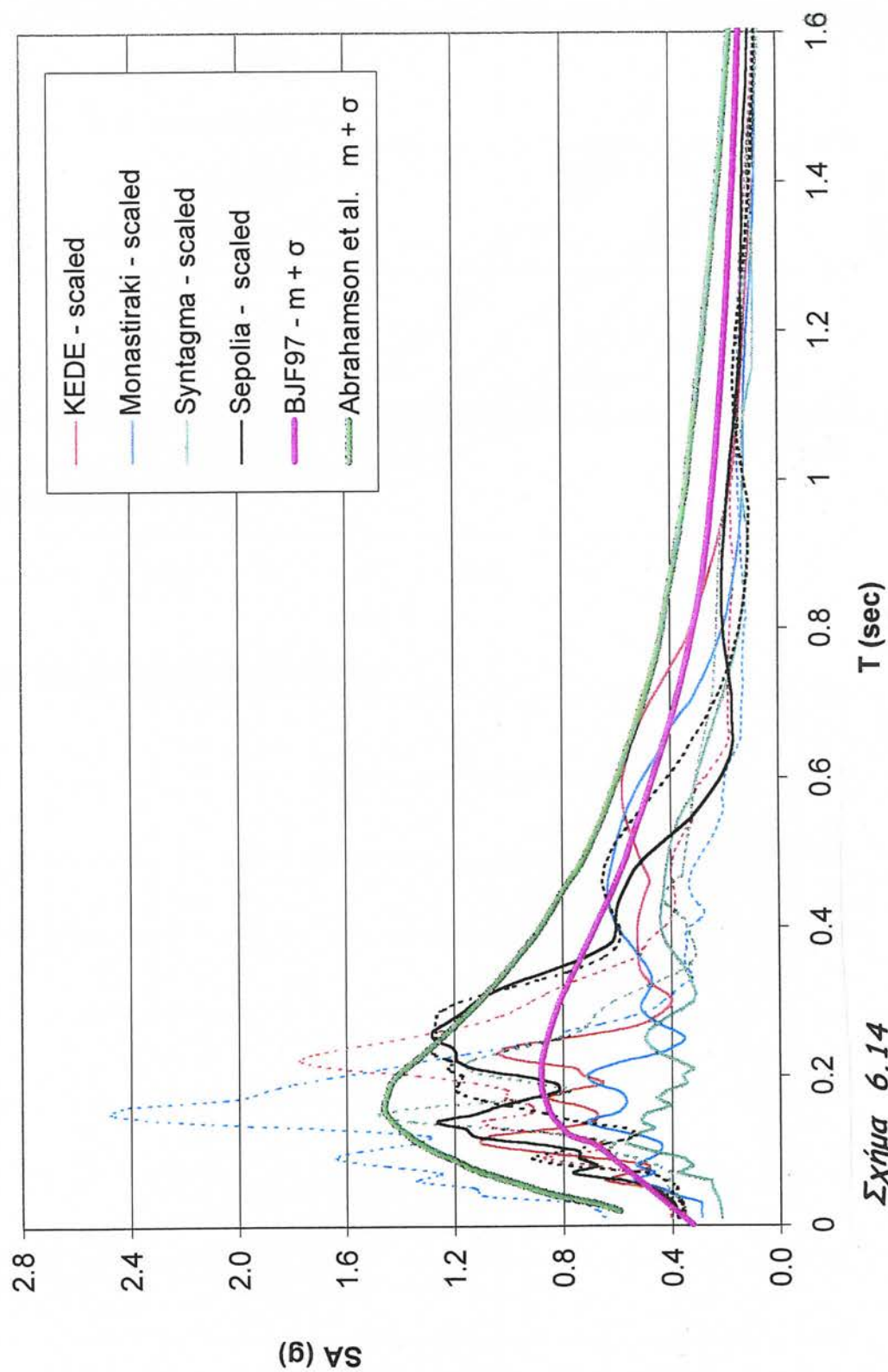
Σύγκριση των φασμάτων απόκρισης των καταγραφών που επιλέχθηκαν για στατιστική επεξεργασία πριν και μετά την υπό ή επικλιμάκια αναγωγή τους.





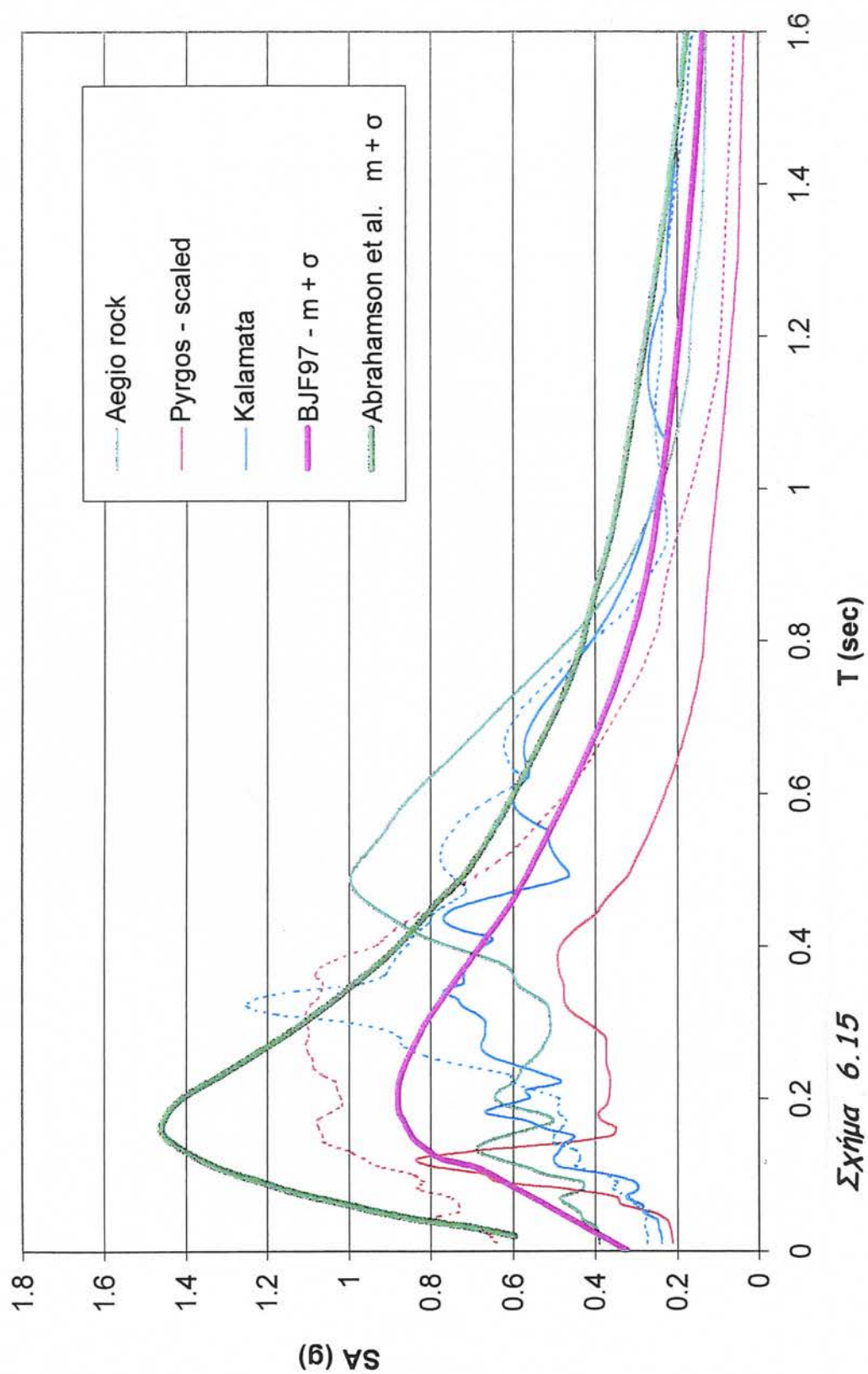
**Σχήμα 6.13**

Σταθμιστικός μέσος όρος και διακύμανση ( $\pm \sigma$ ) των φασματικών τιμών των επιταχυνσιογραμμάτων που επιλέχθηκαν και σύγκριση με τις εμπειρικές σχέσεις εξασθενήσεως



**Σχήμα 6.14**

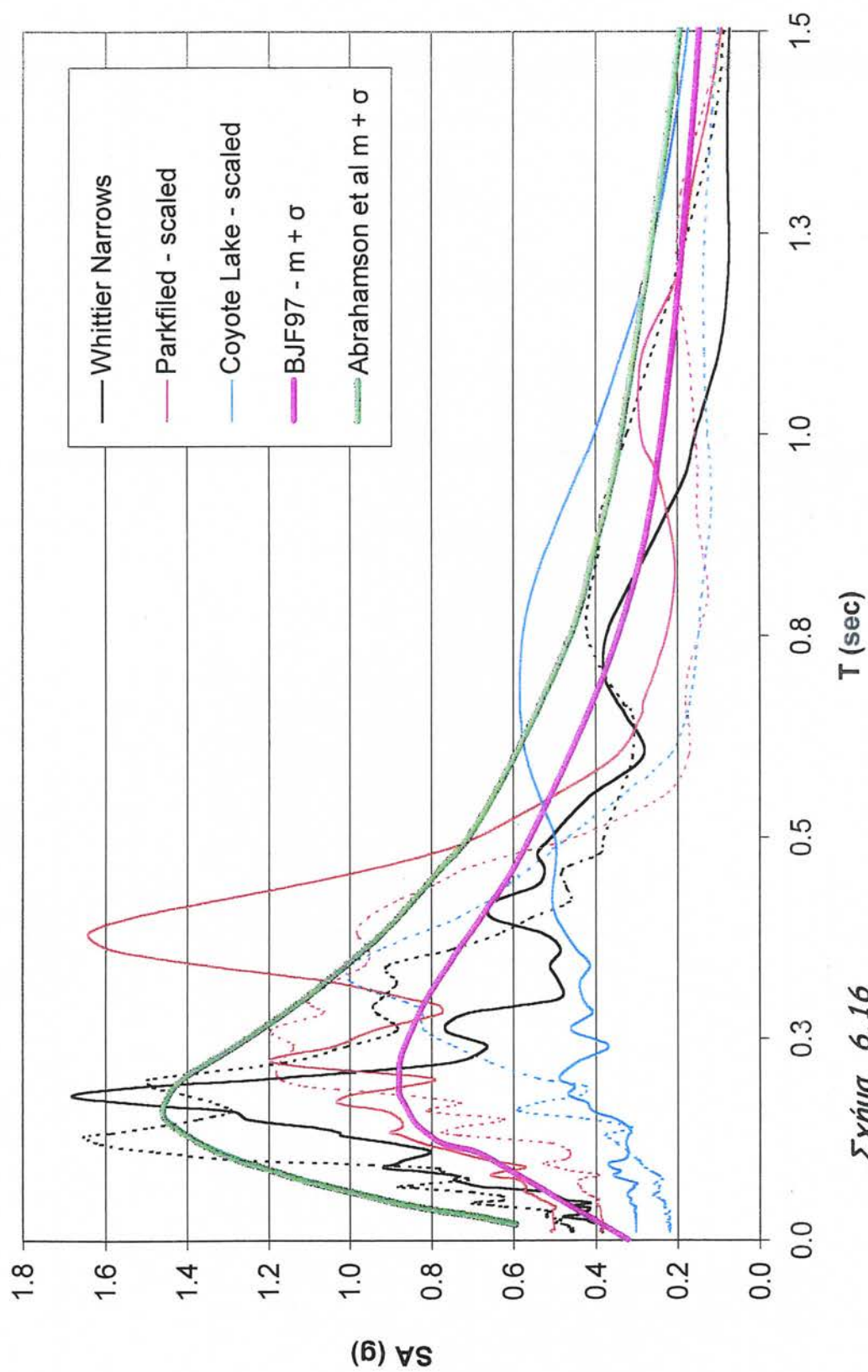
Σύγκριση των φασμάτων απόκρισης των ελαφρώς τροποποιημένων καταγραφών που επιλέχθηκαν από το σεισμό της Αθήνας με τις εμπειρικές σχέσεις των Abrahamson et al (1997) και Joyner et al (1997)



**Σχήμα 6.15**

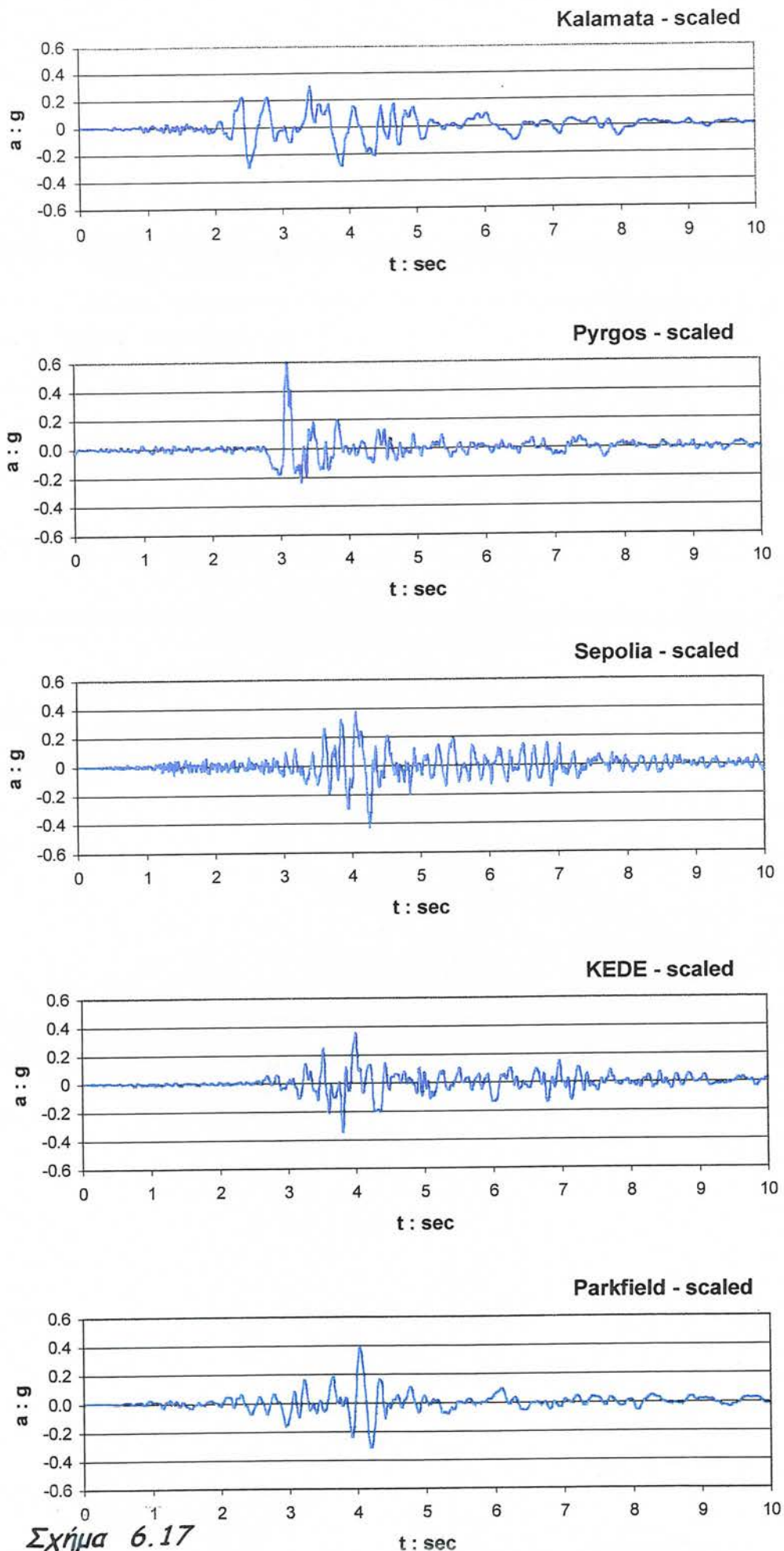
Σύγκριση των φασμάτων απόκρισης των ελαφρώς τροποποιημένων καταγραφών που επιλέχθηκαν από ελληνικούς σεισμούς με τις εμπειρικές σχέσεις των Abrahamson et al (1997) και Joyner et al (1997)





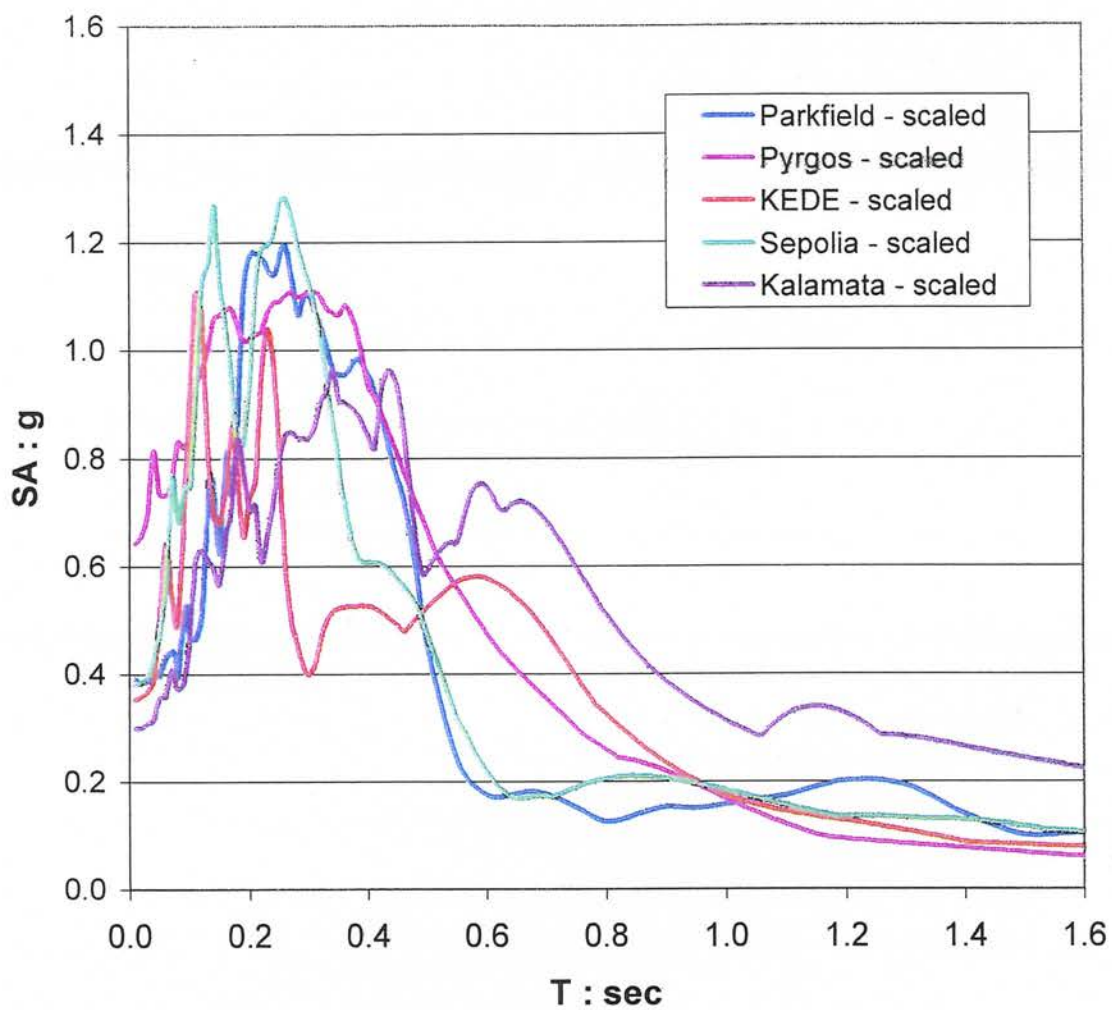
Σχήμα 6.16

Σύγκριση των φασμάτων απόκρισης των ελαφρώς τροποποιημένων καταγραφών που επιλέχθηκαν από σεισμούς που έγιναν στην Αμερική με τις εμπειρικές σχέσεις των Abrahamson et al (1997) και Joyner et al (1997)



**Σχήμα 6.17**

Χρονοϊστορίες των ελαφρώς τροποποιημένων καταγραφών που επιλέχθηκαν για τις εδαφοδυναμικές αναλύσεις : Parkfield 1996, Κалаμάτα 1986, Πύργος 1993, ΚΕΔΕ και Σεπόλια από το σεισμό της Αθήνας 1999.



**Σχήμα 6.18**

Φάσματα απόκρισης των ελαφρώς τροποποιημένων καταγραφών που επιλέχθηκαν για τις εδαφодυναμικές αναλύσεις : Parkfield (1996), Καλαμάτα (1986), Πύργος (1993), ΚΕΔΕ και Σεπόλια (από το σεισμό της Αθήνας, 1999).